МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра «Электроника»

«Допущен к защите»
Зав. кафедрой «Электроника»
_____
А.А. Копесбаева к.т.н., проф.
«___»_____2014г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: «Устройства сбора и передачи данных в узлах учета тепловой энергии в жилых домах»

Специальность «5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

Выполнил _____ст. гр. ЭСТ-10-1 Д.Е. Бадырова

Научный руководитель _____Б.А. Жумагазин., ст.преп.

Консультанты:
по экономической части:
Бекишева А.И., к.э.н., доцент

_____ «02» апреля 2014 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
Санатова Т.С., к.т.н., доцент

_____ «03» 06 2014 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Жумагазин Б.А., ст. преп.

_____ «03» 06 2014 г.
(подпись)

Рецензент: Касимов А.О., к.т.н.
_____ «03» 06 2014 г.
(подпись)

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Факультет «Радиотехники и связи»
Специальность «5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации»
Кафедра «Электроника»

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Студента Д.Е.Бадырова

Тема проекта «Устройства сбора и передачи данных в узлах учета тепловой энергии в жилых домах» утверждена приказом ректора № 115 от 24 сентября 2013 г.

Срок сдачи законченной работы « 15» мая 2014г.

Исходные данные к проекту (требуемые параметры результатов проектирования) и исходные данные корпоративной сети.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломного проекта

1. Технологическая часть (общее описание автоматизированной системы контроля и учета энергоресурсов).
2. Конструкторский часть (общие принципы создания АСКУЭ, анализ реализации проекта АСКУЭ).
3. Программная часть (оценка эффективности передачи кодовых форматов в УСПД).
4. Общие вопросы охраны труда (расчет освещения и пожарной безопасности помещения).
5. Технико–экономическая часть (расчет экономического эффекта от исследования данной системы).

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): в данной работе содержится 27 рисунков и 27 таблиц.

Рекомендуемая основная литература:

1) Подгурский Ю., Заборовский В. Технологии и компоненты передачи данных по линиям электропитания. Сети, ЦНИИ РТК. 1999. № 10.

2) КР 1446 ХК1. Приёмопередатчик по сети переменного тока 110–380 В. ОАО Ангстрем, www.angstrem.ru

3) Князевский Б.А. Охрана труда. – М.: Высшая школа, 2002. – 365 с.

4) Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Выпускная работа бакалавров. Экономический раздел. – Алматы: АИЭС, 2008. - 20 с.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов работы

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Технологическая часть	Б.А. Жумагазин	30.03.14	
Разработка сети	Б.А. Жумагазин	15.04.14	
Программное обеспечение	Б.А. Жумагазин	30.04.14	
Безопасность жизнедеятельности	Т.С. Санатова	4.05.14	
Экономическая часть	А.И. Бекишева	10.05.14	

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	2	3	4
1	1. Технологическая часть 1.1 Анализ мирового опыта организации АСКУЭ 1.2 Процесс деятельности АСКУЭ БП г. Астаны 1.3 Основные технические требования	30.03.14	
2	2. Конструкторская часть 2.1 Описание масштаба проекта АСКУЭ БП и расчетное обоснование мощности проекта 2.2 Принципы создания АСКУЭ БП 2.3 Описание архитектуры АСКУЭ БП 2.4 Анализ возможных вариантов мест размещения объектов АСКУЭ БП	15.04.14	
3	3. Программное обеспечение 3.1 Разработка схемы УСПД. Обоснование выбора микроконтроллера для УСПД 3.2 Расчет абонентской нагрузки в сотовой сети АСКУЭ БП 3.3 Расчет надежности	5.05.14	
4	4. Безопасность жизнедеятельности	10.05.14	
5	5. Технико-экономическое обоснование		

Дата выдачи задания «20» января 2014 г.

Заведующий кафедрой _____ А.А. Копесбаева
(подпись)

Руководитель _____ Б.А. Жумагазин
(подпись)

Задание принял к исполнению
студент _____ Д.Е. Бадырова
(подпись)

АҢДАТПА

Бұл жұмыс тұрғын үйлердегі есепке алу торабында түрлі үлгілі құрылғыларды қосу және сұрау, алғашқы өңдеу және келген деректерді сақтау, оқиға журналын жүргізу, әр түрлі байланыс арнасын қолдану арқылы барлық жүйенің біріңгай уақытын қамтамасыз ету және жоғары бақылау мекемелеріне деректерді жіберуді іске асыратын жинау және деректерді жіберу құрылғысын (ЖДЖҚ) өңдеуге арналған.

ЖДЖҚ энергетика нысандарында, өнеркәсіп кәсіпорындарында, сонымен қатар электр энергиясымен жабдықтаушы немесе тұтынушымен өздігінен өзара есептесуді жүзеге асыратын басқа да мекемелерде пайдаланыла алады.

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена разработке устройства сбора и передачи данных (УСПД) в узлах учета жилых домах, осуществляющего подключение и опрос приборов учёта различного типа, первичную обработку и хранение полученных данных, ведение журнала событий, обеспечение единого времени всей системы и передачу данных в вышестоящие контролирующие организации, используя различные каналы связи.

УСПД может быть использовано на объектах энергетики, промышленных предприятиях, а также в других организациях, осуществляющих самостоятельные взаиморасчёты с поставщиками или потребителями электроэнергии.

SUMMORY

Work is devoted to the development of information collection and transmission of data (DRC) at the nodes excluding homes, carrying out survey and connection of meters of various types, primary processing and storage of the data logging, providing a single time the entire system and data transfer to higher monitoring organizations , using various communication channels.

DRC can be used at power plants, industrial facilities, and other organizations engaged in separate settlements with suppliers and consumers of electricity.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 7

1 Технологическая часть 8

1.1 Анализ мирового опыта организации учета энергоресурсов при помощи автоматизированных систем 8

1.2 Процесс деятельности АСКУЭ БП на примере г. Астаны 17

1.3 Основные технические требования 19

1.4 Постановка задач дипломного проектирования 21

2 Конструкторская часть 22

2.1 Описание масштаба проекта АСКУЭ БП и расчетное обоснование мощности проекта 23

2.2 Общие принципы создания АСКУЭ БП 24

2.3 Общее описание архитектуры АСКУЭ БП 26

2.4 Анализ возможных вариантов мест размещения объектов АСКУЭ БП 27

2.5 Анализ вариантов реализации АСКУЭ БП г.Астаны 30

2.6 Обоснование и выбор технологии и оборудования системы передачи данных верхнего уровня 39

2.7 Выбор элементов УСПД 41

3 Программная часть 44

3.1 Разработка схемы УСПД. Обоснование выбора микроконтроллера для УСПД 45

3.2 RS-485 рекомендованный стандарт для использования в балансных многоточечных системах 57

3.3 Оценка эффективности передачи кодовых форматов в УСПД 62

4 Безопасность жизнедеятельности 87

5 Технико-экономическое обоснование работы 100

Заключение 108

Список литературы 109

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизированная система контроля и учета данных по потребляемой заказчиком Электроэнергии (АСКУЭ) - это смарт-система, интегрирующая в единое целое данные с удаленных счетчиков на основе беспроводной или проводной связи.

УСПД является одним из основных элементов АСКУЭ энергетических объектов. Оно предназначено для сбора информации от счетчиков электроэнергии, ее обработки, привязки ко времени, запоминания, хранения, отображения и передачи по каналам связи в центры сбора и обработки информации.

- обеспечение высокой достоверности передачи в сложных условиях эксплуатации, в частности в условиях высокого уровня помех в каналах связи. В этих условиях передаваемые сигналы должны быть надежно защищены от не обнаруживаемых искажений (ошибок), от неправильного приема кодовых форматов вследствие ошибок синхронизации, от потерь сообщений и возникновения ложных сообщений, и в том числе их трансформации;
- обеспечение минимального времени передачи в условиях узкополосных каналов связи с повышенным уровнем помех путем применения короткоформатных кодов;
- обеспечение передачи произвольной последовательности бит от источника данных, т. е. применение “бит-ориентированных» кодов.

Целью дипломного проекта является анализ существующей АСКУЭ в современном мире, выбор датчиков, расходомеров, каналов связи для АСКУЭ быта и разработка УСПД (устройство сбора и передачи данных). Особенностью разрабатываемого УСПД является сбор и передача данных о потребления электроэнергии, холодной и горячей воды, а также тепла в каждой квартире жилого дома.

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Анализ мирового опыта организации учета энергоресурсов при помощи автоматизированных систем

Во многих странах с развитой рыночной экономикой проблемы энергосбытовых организаций решаются путем внедрения автоматизированной системы контроля и учета энергоресурсов бытовых потребителей (АСКУЭ БП).

В мировой практике подобные системы имеют обозначение «AMR systems» (Automatic Meter Reading – система автоматического считывания показаний счетчиков). Почти все ведущие производители счетчиков длительное время трудились над разработкой примитивных, надежных и дешевых систем для бытовых потребителей. При разработке таких систем соблюдались два основных подхода: система должна быть окупаемой и обеспечивать повышенную надежность функционирования. В настоящее время данные системы созданы, производятся серийно и широко внедряются во многих странах.

Наряду с пионерами и мировыми лидерами в области использования AMR – США, Канадой, Японией, Францией, Израилем, Германией, Швейцарией и Италией – появилось несколько стран с развивающейся экономикой, верящих в перспективу AMR, например, Украина и Бразилия.

В настоящее время наиболее общепринятой техникой связи AMR во всем мире является радиосвязь, а за ней следует технология связи PLC (Power Line Communication – связь по низковольтной сети). При этом в Америке приоритет имеет радиосвязь, а в других странах в большинстве случаев – PLC. Широкое применение PLC неудивительно, ведь для технологии AMR необходимы площади покрытия, близкие к 100%, чтобы достигнуть каждого дома или предприятия. Во многих странах единственная среда связи, которая удовлетворяет этому требованию, – электрический сетевой провод.

Технические решения, используемые в системах AMR на базе PLC-технологии, позволяют:

- сохранить у большинства потребителей дешевые однотарифные электронные счетчики или даже счетчики индукционной системы при условии встраивания в них адаптеров импульсов с передачей данных от них по силовой сети в групповые устройства сбора данных;
- внедрять у каждого потребителя любые тарифные системы, изменяя только программное обеспечение в устройстве сбора данных, без монтажных работ и замены счетчиков;
- списывать показания счетчиков по многоквартирному дому за несколько секунд дистанционно – не входя в помещения, где они

установлены. При этом сами контролеры лишаются возможности изменять показания счетчиков;

- выявлять хищения электроэнергии, сигнализировать об этом и даже дистанционно отключать неплательщиков.

Системы с передачей информации по силовой сети универсальны и многофункциональны, так как наравне с обработкой информации о потреблении различных видов энергетических ресурсов (тепла, газа, горячей и холодной воды) могут быть легко дополнены и другими функциями, например охранно-пожарной сигнализацией. Это только повышает их эффективность и снижает сроки окупаемости. На постсоветском пространстве в 2005 году разработан проект «Правил приборного учета электроэнергии в Республике Беларусь», который содержит специальный раздел «Учет активной электроэнергии в жилищно-коммунальном хозяйстве и непромышленной сфере», предписывающий потребителям энергии в этих сферах осуществлять учет «в рамках соответствующих АСКУЭ - быт коммерческого учета электроэнергии, реализуемых согласно общим требованиям настоящих Правил». Правила рекомендуют «в качестве каналов связи нижнего уровня (от счетчиков к УСПД) использовать готовую общедомовую питающую электрическую сеть напряжением 0,4 кВ», то есть использование PLC-технологии.

Преимущества организации учета при помощи автоматизированных систем общеизвестны и такие систем долгие годы применяются как за рубежом, так и в России на средних и крупных промышленных предприятиях. Кроме функций учета они обычно также осуществляют контроль и управление электропотреблением на этих предприятиях. Основной экономический эффект для потребителя от применения этих систем состоит в уменьшении платежей за используемую энергию и мощность, а для энергокомпаний в снижении пиков потребления и уменьшении капиталовложений на наращивание пиковых генерирующих мощностей.

Относительно низкое потребление среднего бытового абонента и многочисленность этих абонентов делают экономически нецелесообразным простой перенос автоматизированных систем учета, используемых на промышленных предприятиях, даже в многоквартирные городские дома, не говоря уж о сельской местности. Они просто не окупают себя.

В России Москва приняла решение об оснащении новых многоквартирных домов системами, когда каждый счетчик имеет датчик импульсов, от него по двум проводам эти импульсы собираются на УСД в каждом подъезде, а затем на центральный вычислительный блок с модемом и радиостанцией для связи с ВЦ. Все это для того, чтобы раз в месяц снять показания счетчиков и выписать счета абонентам.

Московский Энергосбыт показывал расчеты, что такая система может окупиться, если на нее дополнительно подключить учет воды, газа, противопожарную и охранную сигнализацию квартир. Сейчас все это запускается только под учет электроэнергии. Очень дорогое решение,

выгодное только производителям и наладчикам систем, от которого в конечном счете придется отказаться, если не по экономическим соображениям, то по соображениям низкой надежности – представляется затруднительным обеспечить сохранность дополнительных жгутов сигнальных проводов в стояках домов и электронных устройств в щитовых, практически никем не эксплуатируемых.

На Западе в последние годы ряд ведущих фирм в области учета («Шлюмберже», «Ландис и Гир» и др.) начали серийный выпуск специализированных ИИС для бытовых потребителей, отличающихся от промышленных целым рядом важных специфических особенностей, основным из которых является использование для передачи информации и команд управления нагрузкой и тарифными механизмами счетчиков силовой сети. Начаты работы в этой области и в России. Разработки ведутся в Энергосбыте Мосэнерго по системе сбора информации от электросчетчиков по силовой сети, которую поддерживает Московский завод электроизмерительных приборов (МЗЭП) и Мытищинский электротехнический завод (МЭТЗ). Уже начата опытная эксплуатация системы в двух московских жилых домах.

Наиболее удачный пример комплексного решения проблем организации учета электроэнергии у бытовых потребителей в Европе имеется в Италии. Компания Enel, монополист в области энергосбытовой деятельности в этой стране, запланировала массовую замену 30 млн. устаревших индукционных счетчиков на специально разработанные электронные счетчики, объединенные по силовой сети в единую систему дистанционного управления абонентской сетью – TELEGESTORE. Реализация проекта началась в июне 2000 года.

Система состоит из трех основных частей: дистанционной системы учета, системы управления абонентами и потенциальной системы предоставления дополнительных оплачиваемых услуг. В качестве коммуникационной среды для передачи информации используется распределительная сеть низкого напряжения (PLC-технология), а также телекоммуникационная сеть общего пользования. Архитектура системы приведена на рисунке 1.1.

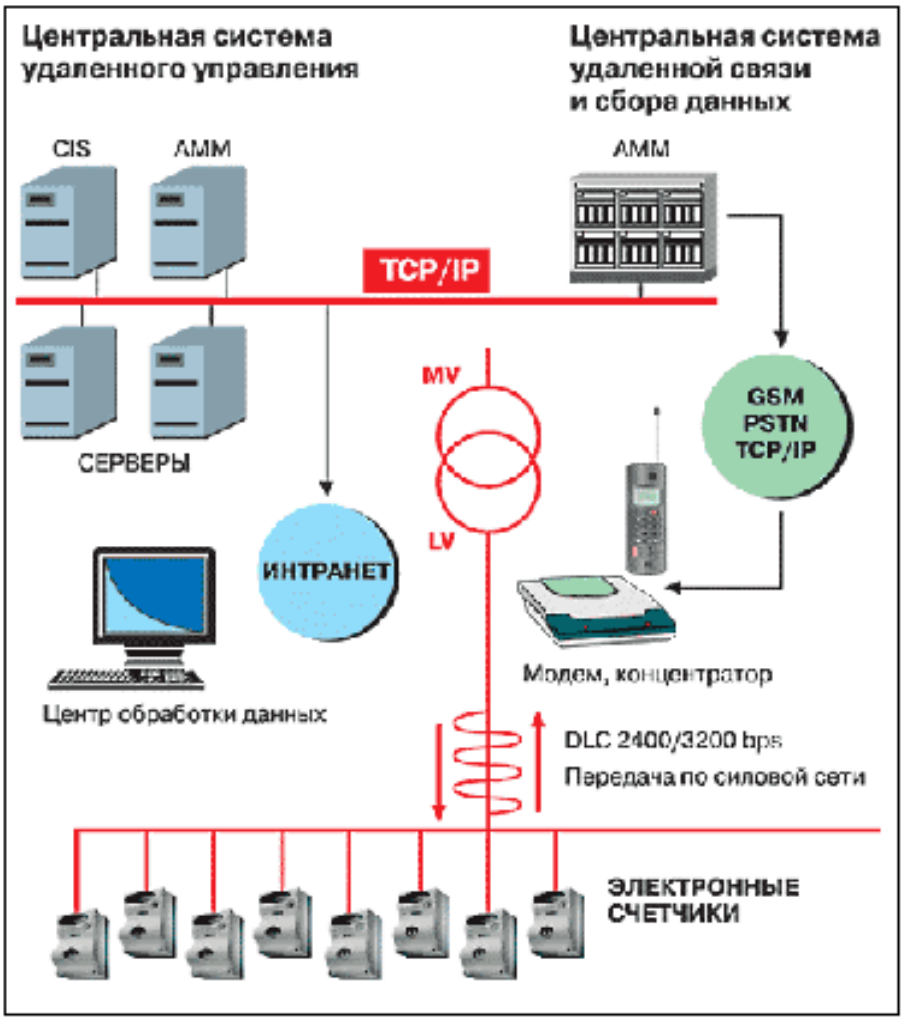


Рисунок 1.1 - Архитектура системы TELEGESTORE

Архитектура системы TELEGESTORE состоит из:

- MV – среднее напряжение;
- LV – низкое напряжение;
- CIS – система сервисного информирования клиентов;
- AMM – автоматическая система управления счетчиками;
- DLC – распределительная коммуникационная сеть по силовым проводам

Электронный счетчик объединяет в себе функции прибора учета, прерывателя цепи и устройства связи с каналом распределительной сети (DLC). Счетчик измеряет активную и реактивную энергию, разработан с учетом международных стандартов (CEN 61036, CEN 61268) и имеет следующие основные параметры: класс точности – 1, диапазон токов 5–40 А или 5–50 А, срок службы 15 лет.

Концентратор, установленный почти на каждой трансформаторной подстанции 20;10/0,4 кВ, способен управлять передачей информации как в центральную систему, так и в электронные счетчики.

Концентратор опрашивает электронные счетчики по принципу «master–slave» (главный – подчиненный). Связь между концентратором и счетчиком осуществляется по сети DLC, CENELEC 82 кГц (первичная несущая частота) или 75 кГц (вторичная несущая частота). Эти частоты зарезервированы в Италии для энергокомпаний.

Модемы, установленные на ТП, осуществляют передачу данных, собранные концентратором, в центральную систему по телекоммуникационной сети (GSM, ISDN и т.д.) с использованием протокола TCP/IP.

Центральная система (AMM) собирает и отправляет данные от/на концентраторы и управляет системой.

Операционный центр управляет вводом данных измерений и контрактными операциями с клиентами.

При разработке системы MITOS использовались два основных подхода: система должна быть окупаемой и обеспечивать повышенную надежность функционирования. Она отвечает эти требованиям, представляя собой законченный ряд устройств модульной конструкции, приспосабливаемых под конкретные нужды энергосбытовой организации.

Система обеспечивает двусторонний обмен данными по проводам электрической сети низкого напряжения между традиционными индукционными одно- и трехфазными счетчиками одно- и двухтарифной системы, дополненных специальными электронными компонентами, и элементами системы. Компоненты системы встраиваются в корпуса счетчиков только изготовления фирмы «Шлюмберже». Помимо дистанционного снятия показаний система обеспечивает такие функции, как выявление хищений электроэнергии, дистанционное отключение и подключение абонента, подключение тарифов, управление энергопотреблением абонента и т.п. Все элементы системы могут быть переконфигурированы дистанционно. Модульность системы позволяет оптимизировать ее архитектуру, обеспечивая наименьшие расходы при установке и эксплуатации.

Израильская компания «POWERCOM» — член группы компаний DSI, занимается обслуживанием высокими технологиями, как военного, так и гражданского потребительского рынка по всему миру.

Разработанная ею система EPSM (система контроля и управления электроснабжением) дает возможность энергосбытовым организациям решить задачи автоматического считывания показаний счетчиков, управлению нагрузкой, обнаружению несанкционированного потребления энергии и внедрению схем многотарифной оплаты энергии у потребителей, оснащенных простейшими однотарифными счетчиками индукционной системы.

Структурная организация системы EPSM аналогична структуре централизованной системы итальянского «МИТОСА», так как она состоит из тех же составных частей: центрального компьютера (CC), концентратора (CR) и блока дистанционного управления счетчиком (RMU). По особому заказу в

случае необходимости система может быть дополнена блоком отключения нагрузки и образцовыми («спорными») счетчиками.

Блоки дистанционного управления счетчиками (RMU) приспособлены к совместной работе с существующими электромеханическими счетчиками. PATU считывает показания, эти данные заносятся в ЗУ и затем передаются в концентратор по имеющимся проводам электросети с использованием специальных (PLC) модемов. Передача информации по проводам электросети основана на технологии широкополосной связи, которая была специально разработана для военных целей, чтобы обеспечивать надежную связь в условиях большой насыщенности электронными помехами. RMU принимает от концентратора команды, такие, как изменение тарифного периода цены на энергию, установку часов, отключение или включение квартирной сети или предварительно заданных нагрузок.

Центральный компьютер собирает информацию от всех концентраторов и передает данные о периодах потребления энергии и объеме потребленной энергии на компьютер энергосбытовой компании по линиям городской телефонной сети, по радио или линиям сотовой системы передачи цифровой информации (пейджерная связь).

Система осуществляет следующие функции:

- накопление данных по потреблению энергии в различные тарифные зоны суток (TOU);
- накопление данных по спросу (потребности в электроэнергии);
- отключение потребителя (по отдельному заказу);
- обнаружение хищений энергии (по отдельному заказу);
- регистрация потребления по каждой фазе (по отдельному заказу);
- встроенный анализатор состояния (BIT), прибор диагностики;
- гибкая автоматическая установка пути связи;
- автоматическая установка связи.

Накопление данных по потреблению энергии в различные тарифные зоны суток означает, что показания квалифицируются в зависимости от периода пользования энергией и позволяет применять многотарифный метод оплаты, при котором каждому периоду времени соответствует определенный тариф. В системе применяют различные тарифы в зависимости от дня недели (рабочие или нерабочие дни), вида потребителя (промышленный или бытовой) и т.п. Тарифы могут меняться с учетом инфляции или других изменениях политики цен. Таблицы тарифов внедряются в систему оператором центрального компьютера. В центральном компьютере находятся и главные часы системы, которые синхронизируют работу всех остальных элементов.

Данные по потреблению подсчитываются и формируются в блоки каждые 5 минут.

В швейцарском городе Цуг на заводе фирмы «Ландис и Гир» начато производство системы DATAGIR AMDES (Automatic Meter Data Exchange System — автоматизированная система обмена счетными данными) с

двусторонней передачей информации по силовой сети, аналогичной системам «МИТОС» и «POWERCOM».

Система может: переключать тарифы; управлять нагрузкой; дистанционно считывать показания счетчиков; сигнализировать о происходящих событиях.

Возможно совместное оперативное управление для предприятий, обеспечивающих поставку электроэнергии, газа, вода и тепла.

В состав системы устройства передачи данных со счетчиков (MCU) в точках учета и управления, расположенных по всей силовой сети одной ступени трансформации (0,4 кВ). Эти устройства используют сеть 0,4 кВ для передачи данных в региональные концентраторы (RC), которые, в свою очередь, передают данные различными способами (по телефонным линиям, радиоканалам, сети линий ВН) на центральную станцию С2000. Центральная станция рассылает информацию в MCU через RC, обеспечивая двустороннюю систему передачи данных.

Устройства передачи данных со счетчиков (MCU) устанавливаются у потребителей энергии и подключаются к сети 0,4 кВ, т.е. к коммуникационному каналу. MCU считывает показания со счетчиков, переключает реле, обрабатывает и передает данные в RC. MCU может запоминать данные со счетчиков имеющих как цифровые, так и импульсные выходы. Оно может оснащаться тарифным модулем, что позволяет изменять тарифы дистанционно. Модульная конструкция MCU дает возможность адаптировать его для любых потребителей.

Региональный концентратор (RC) является связующим элементом системы между центральной станцией и подсоединенным к нему MCU. Он обнаруживает и регистрирует новые MCU, добавляемые в сеть, и таким образом выполняет автоматическое формирование и корректировку конфигурации системы. Он автоматически распределяет задания, определенные центральной станцией; собирает данные, запрашиваемые из MCU, и сохраняет их до тех пор, пока они не будут считаны центральной станцией. RC регулярно синхронизирует время и дату для всех MCU. Различные RC могут выполнять свои функции как одновременно, так и независимо друг от друга.

Центральная станция С2000 — это своего рода интерфейс между оператором и существующими системами обработки данных для одного или более вида энергии (электроэнергии, газа, воды и тепла). Она организует связь с RC, посылает им команды, запрашивает данные, собранные RC, обрабатывает их, сохраняет в базе данных и представляет результаты как графически, так и численно.

В системе DATAGIR AMDES все данные защищены от фальсификации ввиду их важности (безопасность для платежных документов и т. п.). Все модули имеют ограниченный доступ (система паролей). Например, после запроса с центральной станции, RC сначала идентифицирует запрашивающего и проверяет его полномочия.

АСКУЭ бытовых потребителей МЗЭП («ЭМОС-МЗЭП») и фирмы «Континиум» («АСКУЭР «Континиум») имеют общую функциональную схему (рисунок 1.2). Они представляют собой измерительно-вычислительные комплексы для удаленного сбора импульсов с телеметрических выходов счетчиков электроэнергии, холодной и горячей воды, газа, преобразования собранной информации в цифровую форму (поименованную величину) для ее хранения, привязки к астрономическому времени и передачи по цифровым каналам связи. Это может быть электросеть 0,4 кВ, как в вышеупомянутом случае, или телефонная, или какая-либо другая линия.

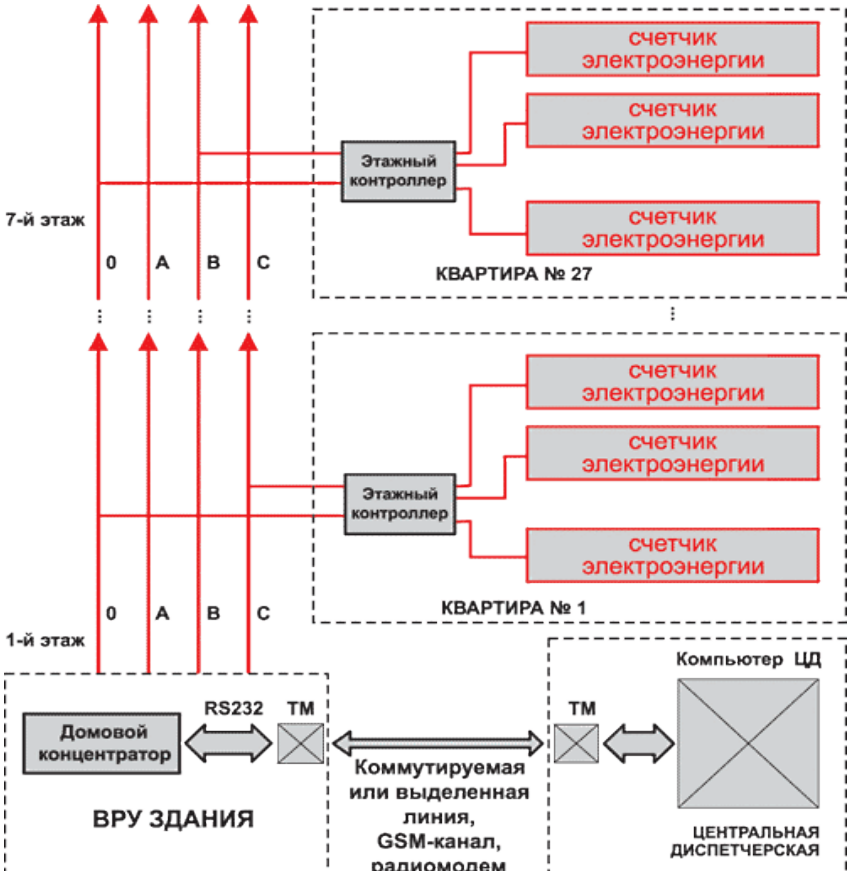


Рисунок 1.2 – Обобщенная функциональная схема по автоматизированному дистанционному снятию показаний счетчиков электроэнергии

Создание АСКУЭ, подобных итальянской системе TELEGESTORE, актуально в силу того, что многочисленные создаваемые сбытовые организации в условиях реструктуризации и жесткой конкуренции смогут экономически выжить, только предлагая своим потребителям гибкие взаимовыгодные тарифные системы, дифференцированные как по уровням потребления (блочные тарифы), так и по времени. Системы, подобные TELEGESTORE, помогут внедрять любые тарифные системы с наименьшими затратами.

Во внедряемой в Италии системе учета подкупает глубокая продуманность и планомерность внедрения проекта, а также обширный

комплекс решаемых системой учета проблем. В Республике Казахстан отсутствует структура, координирующая техническую политику в области учета энергосбытовых организаций на розничном рынке электроэнергии. Следствием такого положения является то, что каждый регион в этой сфере пытается идти своим путем, без необходимых ориентиров, что, в конечном счете приведет к массе ошибок и огромному перерасходу средств.

Способствует этому также и то, что разработчики наиболее перспективных автоматизированных систем учета бытовых потребителей с использованием PLC-технологии разрознены и их разработки недостаточно финансируются. Надежды на то, что в ближайшее время будет создана организация, координирующая деятельность энергосбытовых организаций, не оправдываются. Представляется наиболее целесообразным в сложившейся ситуации, чтобы эту роль взяло на себя научно-производственное объединение, объединяющее в своих рядах ведущих отечественных производителей технических средств учета, во взаимодействии с ассоциациями энергоменеджеров и региональных энергетических комиссий, или ассоциация потенциальных пользователей АСКУЭ бытовых потребителей.

В заключение, необходимо отметить, что у систем с передачей информации от счетчиков по силовой сети большие перспективы, так как они позволяют успешно решать старые проблемы, существующие в области учета многие десятки лет, решаемые в разных странах по-разному, но нигде не решенные до конца.

Учитывая, что квартира жителя развитых стран оснащена несколькими счетчиками (газа, тепла, горячей и холодной воды, электричества), которые эксплуатируются зачастую разными энергокомпаниями, то проблема эта не совсем простая.

При наличии же устойчивого двустороннего канала связи по силовой сети от счетчика до устройства сбора данных, единственного для всех видов счетчиков, подключенных к сети одного силового трансформатора, все решается очень практично.

В случае, когда все счетчики, установленные в квартире, не имеют отсчетных устройств (почти как датчики), их можно установить где угодно, а не ставить их только в местах, удобных для обозрения. Все счетчики передают по силовой сети данные о расходе того или иного ТЭР в устройство сбора данных (УСД). На основании собранных контролерами энергокомпаний тем или иным способом данных от этих УСД (без посещения квартир) житель получает от них счета об оплате за потребленные энергоресурсы.

Для желающих ежедневно контролировать собственное энергопотребление устанавливается «пользовательский дисплей», на который УСД по силовой сети передает интересующие потребителя данные о потреблении им всех видов ТЭР, действующих тарифах и т.д. и т.п.

Таким образом, в зарубежных странах системы АСКУЭ применяются повсеместно как в рамках промышленных предприятий — крупных

потребителей, так и коммерческого частного сектора. Данные системы называются AMR system — automatic meter reading system. Они ориентированы не только на учет электроэнергии, но и других энергоресурсов[1].

1.2 Процесс деятельности АСКУЭ БП на примере г. Астаны

1.2.1 Функциональная структура АСКУЭ БП г. Астаны

АСКУЭ БП г. Астаны представляет собой комплекс программно-технических средств, состоящий из (см. рисунок 1.3):

- первичных средств учета - цифровых счетчиков энергоресурсов (учета электроэнергии, холодной и горячей воды, газа и тепла – далее в тексте счетчики энергоресурсов);
- информационно-вычислительного комплекса (ИВК);
- каналов связи ИВК с первичными средствами учета;
- устройства синхронизации системного времени;
- каналов связи ИВК с сервером базы данных и субъектами обработки коммерческой информации;
- автоматизированных рабочих мест операторов;
- средств программного обеспечения счетчиков, ИВК, АРМ.

Функционирование АСКУЭ БП г. Астаны осуществляется нижеприведенным образом.

Первичных средств учета передают измеренные параметры энергоресурсов. Эти значения обрабатываются микропроцессорной схемой основной платы счетчика, преобразуются в значения и другие величины записываются в память счетчика в цифровом виде.

Каждые сутки ИВК и непосредственно коммуникационный сервер производит опрос цифровых счетчиков, подключенных к их портам. Полученная информация записывается в энергонезависимую память ИВК и непосредственно в БД сервера АСКУЭ БП г. Астаны при опросе коммуникационным сервером. Далее ИВК, по запросу с верхнего уровня АСКУЭ БП г. Астаны предоставляют данные на вышестоящий уровень с периодичностью: коммерческий профиль раз в сутки. Вышеописанные процедуры происходят автоматически, а время и частота опроса настраиваются вручную на этапе пуско-наладки системы.

В сервер баз данных, периодически поступают данные от ИВК и накапливаются все полученные данные в базе данных. По запросу от автоматизированных рабочих мест сервер осуществляет формирование отчетной информации о генерации, потреблении энергоресурсов по учетным группам.

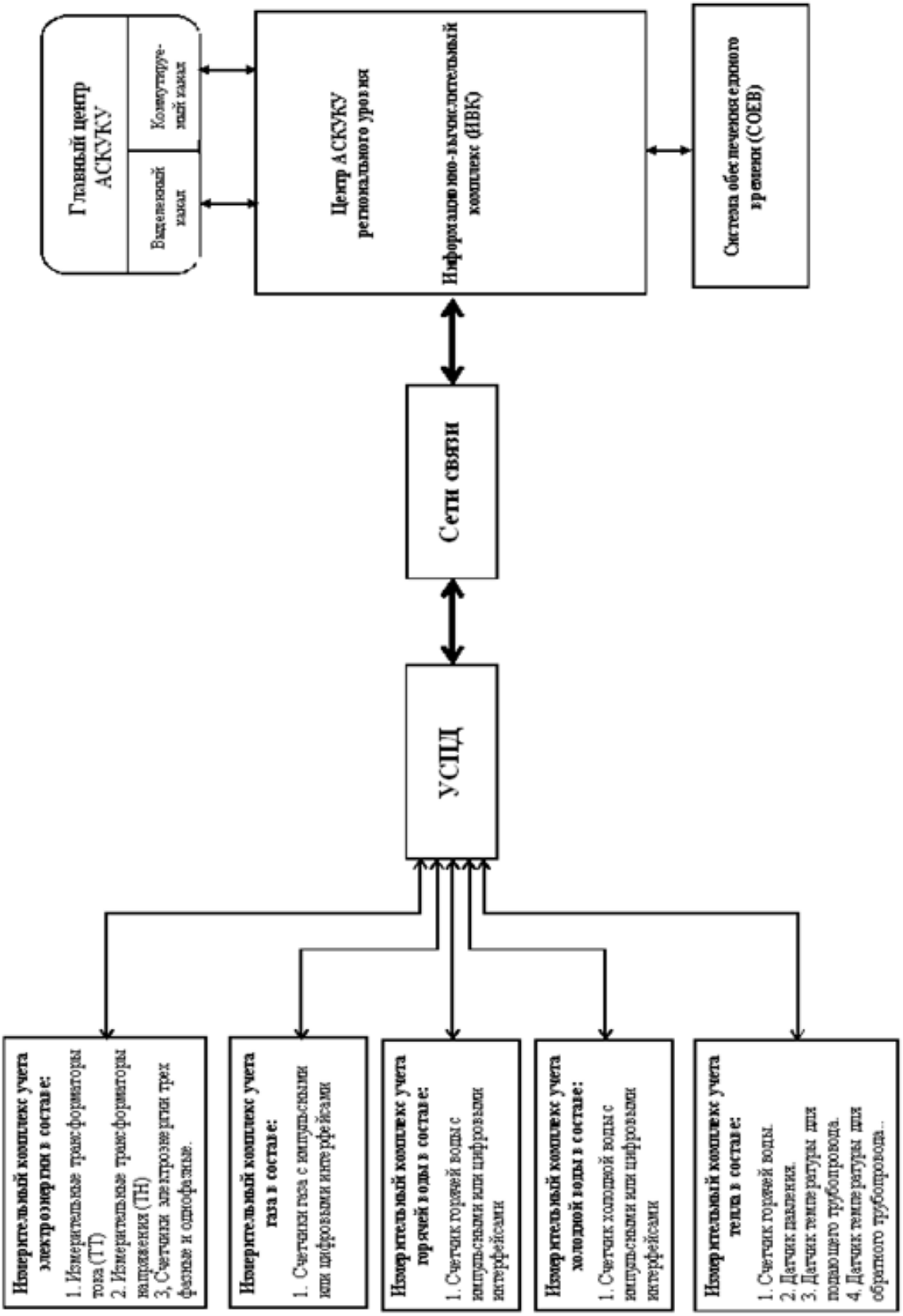


Рисунок 1.3 - Структура АСКУЭ БП

1.2.2 Процесс деятельности АСКУЭ БП г. Астаны

Процесс деятельности в условиях функционирования АСКУЭ БП г. Астаны состоит из процедур: получение данных о потреблении энергоресурсов в каждой точке учета АСКУЭ БП и представление этих данных в другим внешним заинтересованным организациям.

Процедура получения данных о потребленной энергоресурсов является полностью автоматической и состоит из различных взаимосвязанных операций измерения, обработки и хранения.

Процедура передачи данных в другим внешним заинтересованным организациям автоматизирована.

Организация работ, в условиях функционирования АСКУЭ БП г. Астаны, должна обеспечивать:

- Гарантии оплаты поставок энергоресурсов.
- Оперативный контроль за потреблением энергоресурсов.
- Взаимообмен согласованной информацией по учету энергоресурсов с субъектами рынка.
- Экспорт данных, необходимых для формирования расчетных документов;
- Осуществление контроля над достоверностью измерений[2].

1.3 Основные технические требования

1.3.1 Решения по структуре системы, подсистем, средствам и способам связи для информационного обмена между компонентами системы, подсистем

Структура и иерархия АСКУЭ БП должна соответствовать существующей структуре управления в секторе учета коммунальных услуг в г. Астане и включать следующие уровни:

- локальный;
- региональный;
- центральный.

Первый уровень АСКУЭ БП – локальный уровень. Это - измерительные комплексы учета электроэнергии, холодной и горячей воды, газа и тепла расположенные на жилых домах и зданиях предприятии.

В состав каждого локального уровня входят измерительные трансформаторы тока и напряжения, вторичные измерительные цепи и электронные счетчики электрической энергии с цифровыми интерфейсами, счетчики расхода горячей и холодной воды, счетчики расхода газа, датчики температуры и давления с импульсными или с цифровыми интерфейсами;

Программно-технический комплекс АСКУЭ БП локального уровня осуществляет:

- сбор со счетчиков их показаний с заданными интервалами;
- параметризация устройств коммерческого учета;
- хранение параметров устройств коммерческого учета;
- хранение данных коммерческого учета;
- контроль достоверности показаний счетчиков и работоспособности локальной системы;
- поддержание единого системного времени в локальной системе;

Второй уровень - Региональный уровень системы. Региональный уровень включает:

- диспетчерские центры районов, разделенные по административному или функциональному признаками города Астаны". Региональная база данных учета энергоресурсов формируется в главном центре сбора данных АСКУЭ БП.

Программно-технический комплекс АСКУЭ БП регионального уровня осуществляет:

- сбор с заданным интервалом и обработку информации от локальных уровней;
- формирование и хранение параметров устройств коммерческого учета;
- формирование региональной базы данных текущего и долговременного учета энергоресурсов;
- контроль работоспособности региональной системы;

Третий уровень - Центральный уровень системы. Центральный уровень включает центр АСКУЭ БП.

Программно-технический комплекс АСКУЭ БП центрального уровня осуществляет:

- сбор с заданным интервалом и обработку информации от региональных уровней;
- формирование полной базы данных текущего и долговременного учета энергоресурсов.
- контроль работоспособности системы в целом;

В качестве основного канала связи АСКУЭ БП г. Астаны используется: Ethernet, Internet, PLC модем, витая пара, телефонный модем, радио модем, GSM модем.

Серверный шкаф обеспечивает возможность размещения оборудования в промышленных помещениях, предотвращают несанкционированный доступ к оборудованию, обеспечивают климатическую защиту оборудования[3].

1.4 Постановка задач дипломного проектирования. Назначение и область применения УСПД

Разрабатываемое УСПД является программно-аппаратным комплексом.

УСПД служит для обеспечения сбора данных в АСКУЭ БП от счетчиков электроэнергии, теплосчетчиков и тепловычислителей (температуры, давления, объемного и массового расхода), расхода количества теплоты по цифровым интерфейсам, их обработки, обеспечения привязки полученных данных к единому времени измерительной системы, хранения и передачи данных установленных форматов на верхний уровень системы.

Функции УСПД:

Иметь до 256 точек учета на одно УСПД;

Сбор со счетчиков текущих (показания, измерения) и архивных (энергия, профили мощности) данных, журналов событий счетчиков;

Ведение архивов параметров с дискретностью от 30 мин (накопленная электроэнергия по тарифам, параметры электрической сети);

Опрос счетчиков по встроенным магистралям RS-485 и через преобразователи Ethernet (MOXA, ADAM и т.п.);

Интеллектуальная поддержка систем учета с концентраторами PLC;

Три уровня доступа к УСПД – чтение данных, конфигурирование, администрирование;

WEB-интерфейс для мониторинга работы и конфигурирования опроса.

УСПД должен иметь следующие цифровые интерфейсы передачи информации и приема команд:

- RS-485 для локальной связи с ПК (2400 бит/с);
- RS-485 (9600 бит/с);
- ИК-порт (1200-9600 бит/с);
- USB;
- PS/2 (RS-232);
- PLC;
- «Ethernet» (разъем Ethernet).
- GPRS.

УСПД должен иметь емкость памяти:

- 32 Мб (SDRAM) для нужд микропрограммы,
- 64 Мб (NANDFLASH) для хранения данных счетчиков и настроек самого концентратора[4].

2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Описание масштаба проекта АСКУЭ БП и расчетное обоснование мощности проекта

Проект реализуется на примере территории города Астаны. Размещение оборудования АСКУЭ БП, в частности одной из ее элементов – ПУ и УСПД определяется исходя из факторов указанных в предыдущем пункте: наличие развитой инфраструктуры района, технически исправных инженерных сетей и коммуникаций, наличие сотовой связи, плотность населения и т.д.

Расчетное обоснование мощности проекта определяется исходя из объема предполагаемого к установке оборудования, включающего пользовательские устройства, устройства сбора и передачи данных, а также аппаратно-программного обеспечения центра сбора и предоставления данных. Предполагается осуществлять внедрение АСКУЭ БП в несколько этапов:

АСКУЭ БП МЖД. Построение автоматизированной системы коммерческого учета коммунальных услуг в МЖД должно осуществляться поэтапно. Первоначально необходимо произвести установку ПУ и УСПД в дома не оборудованные средствами измерений (счетчики электроэнергии, воды, газа, тепла), далее, после отработки технологии сопряжения устройств различных назначений, а также проработки вопроса среды передачи данных и ее альтернативных вариантов, необходимо приступить к выполнению работ по подключению уже действующих средств измерений к АСКУЭ БП. Данный этап потребует более значительных временных и ресурсных затрат, связанных с разнородностью моделей средств измерений и диапазона их функциональных возможностей.

АСКУЭ БП коттеджного поселка, АСКУЭ БП промышленных объектов и бизнес центров. Проведение работ по подключению оборудования не имеют принципиальных отличий (в техническом плане) от технологии, использованной в МЖД.

АСКУЭ БП пригорода (в перспективе).

Схема взаимодействия и развития АСКУЭ БП представлена на рисунке 2.1.

Места размещения ПУ и УСПД определяются исходя из условия доступности проведения профилактических и ремонтных работ. Вместе с тем, УСПД должны размещаться в защищенном от несанкционированного доступа месте и работать в автономном режиме.

Выбор мест для установки оборудования определяется на основе тщательных предварительных исследований условий района. Учитывается существующая инфраструктура, которая может быть использована для размещения оборудования.

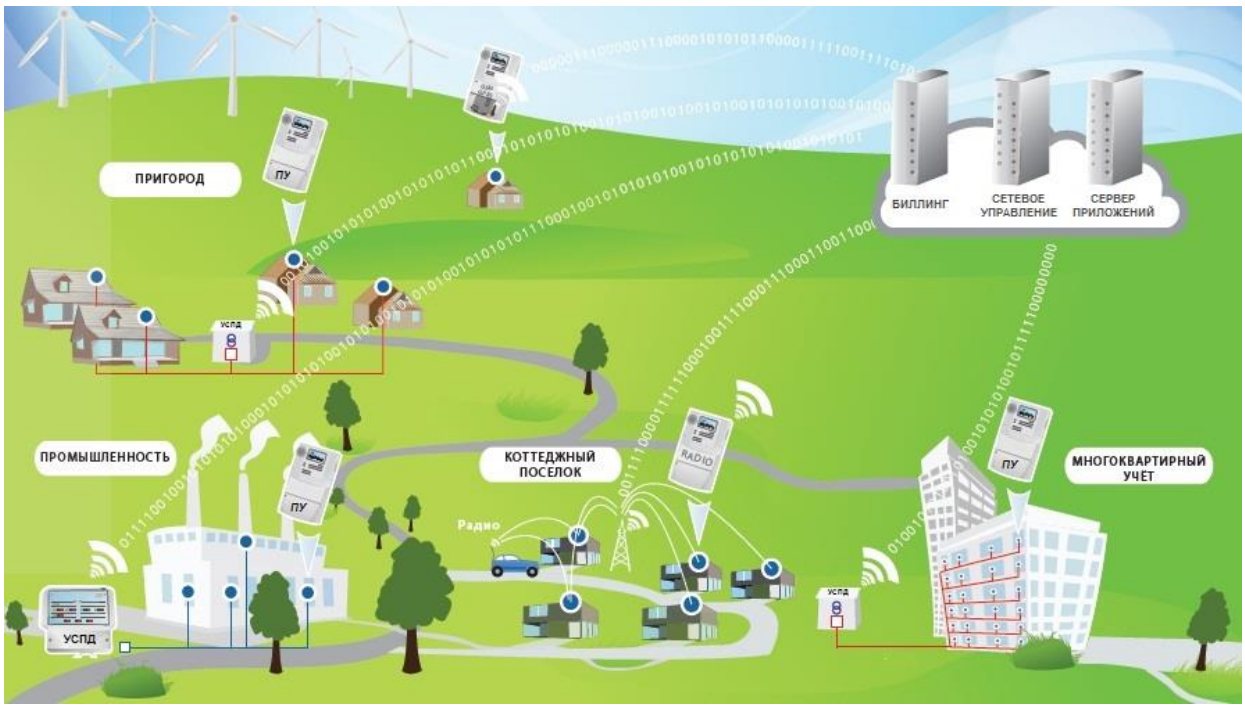


Рисунок 2.1 – Схема взаимодействия и развития АСКУЭ БП

Основные требования по установке ПУ и УСПД, а также составу оборудования и модулей программного обеспечения для конкретного приложения должны определяться на этапе проектирования в соответствии с техническим заданием.

Развитие и наращивание мощности до максимального расчетного объема производится в дальнейшем только за счет монтажа периферийных устройств в квартирах и установки дополнительных вычислительных средств в центральную диспетчерскую без нарушения нормального функционирования ранее установленной части системы.

В результате осуществления инвестиций по проекту АСКУЭ БП будут созданы:

- центр сбора и предоставления данных (ЦСПД);
- распределенная сеть устройств сбора и передачи данных (сеть УСПД), включая средства измерений (приборы учета – ПУ).

2.2 Общие принципы создания АСКУЭ БП

Создание АСКУЭ БП на примере в города Астана является сложным, многостадийным процессом, выполняющим интеграцию действующей системы учета ресурсов, в частности ее устаревших аналоговых средств измерений, с новой информационной инфраструктурой, основывающейся на применении современных средств измерений (приборов учета), обладающих высокой надежностью, многофункциональностью и универсальностью форматов предоставления данных.

Принцип построения системы, как указывалось ранее, основывается на поэтапном ее создании. Таким образом, описание выбора технологии и оборудования будет рассматриваться для каждого этапа в отдельности.

Вместе с тем, для каждого из рассмотренных далее вариантов создания системы, определены общие характеристики, отражающие их назначение:

– дистанционный многотарифный учет и контроль потребления ресурсов бытовых и мелкомоторных потребителей городского и сельского жилого сектора;

– предоставление абонентам достоверной и достаточной информации для правильной и своевременной оплаты за электроэнергию и другие ресурсы для оптимизации потребления при многоставочных тарифах;

– автоматизированный расчет потребления и выписка электронных счетов абонентам для оплаты потребленных ресурсов (коммунальных платежей) с использованием электронных носителей информации взамен абонентских книжек;

– обнаружение и регистрация длительности отключений сетевого напряжения, отклонений параметров сети, превышения допустимой потребляемой мощности, фактов несанкционированного доступа и отказов электрооборудования и приборов учета,

– расчет внутриобъектного баланса поступления и потребления ресурсов с целью выявления и расчета потерь (кражи).

Функциональные возможности ЦСПД:

– контроль и управления УСПД;

– модульная наращиваемая архитектура;

– визуализация процессов;

– создание высокого количества сетевых рабочих мест персонала с различными правами доступа;

– ведение архивов глубиной до пяти лет и генерация отчетов;

– поддержка различных типов каналов связи и протоколов обмена;

– поддержка открытых стандартов взаимодействия OPC, TCP/IP, SQL;

– интеграция с любыми другими подсистемами АСКУЭ БП через ЛВС;

– полноценное «горячее» резервирование всех подсистем;

– высокий коэффициент готовности – 0,9999.

2.3 Общее описание архитектуры АСКУЭ БП

АСКУЭ БП, как автоматизированная система, является системой измерений, учета и контроля основных ресурсов и представляет собой совокупность аппаратно-программного комплекса с первичными преобразователями (см. рисунок 2.2).

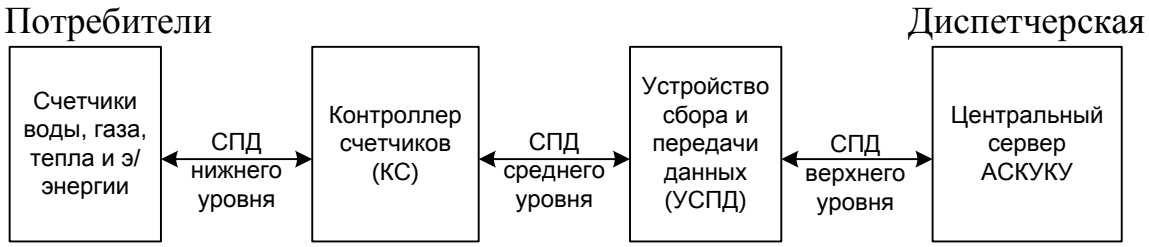


Рисунок 2.2 - Архитектура системы АСКУЭ БП г. Астаны

Данная система предназначена для сбора, передачи, обработки/архивирования и вывода информации, поступающей от приборов учета электрической и тепловой энергии, расхода жидкости и газа с возможностью наращивания своих функций.

Как и любая автоматизированная система, в не зависимости от многочисленных вариантов построения, АСКУЭ БП включает в себя комплекс технических средств, программного обеспечения и среду передачи данных.

Комплекс технических средств (далее – КТС) и программного обеспечения (далее – ПО) на рынке представлен обширным рядом продуктов в большинстве своем не интегрируемых друг с другом в силу различных конкурентных отношений между производителями оборудования в данной сфере.

Измерение электрической и тепловой энергии, расхода жидкости и газа и других параметров осуществляется первичными измерительными преобразователями (приборы учета – ПУ), входящими в состав КТС АСКУЭ БП.

ПО АСКУЭ БП имеет назначение в организации сбора, хранения, обработки данных по потреблению/генерации электрической и тепловой энергии, учета расхода воды, газа и прочих параметров.

Поскольку для функционирования системы не требуется создания каких-либо «каркасных» информационных магистралей, в основу архитектуры такой сети положена «кластерная» технология. Кластером называется группа потребителей, имеющих канал связи с центральной диспетчерской. Архитектура системы будет выглядеть следующим образом.

Система передачи данных при построении данных систем играет ключевую роль и зачастую обуславливает выбор той или иной схемы создания и внедрения АСКУЭ БП.

Выбор системы передачи данных реализуется в построении системы передачи данных (далее – СПД) конкретного варианта, либо альтернативных вариантов технического решения по созданию АСКУЭ БП. СПД АСКУЭ БП основывается на типах каналов (линий) связи и технологиях передачи данных по этим каналам[5].

2.4 Анализ возможных вариантов мест размещения объектов АСКУЭ БП

Проект реализуется на территории города Астаны.

Размещение оборудования АСКУЭ БП (далее – Системы), в частности приборов учета (далее – ПУ), устройств сбора и передачи данных (далее – УСПД) и информационной системы (серверного оборудования), определяется исходя из следующих требований: наличие развитой инфраструктуры района, технически исправных инженерных сетей и коммуникаций, наличие каналов связи, плотность населения, наличие государственных и коммерческих структур и ведомств и т.д. Все эти показатели в той или иной мере определяют обоснованность выбора мест размещений.

Исходя из вышеизложенного, а также особенностей функционирования оборудования, наиболее целесообразно осуществлять создание Системы в несколько этапов.

На сегодняшний день, в столице Республике наблюдается активное строительство не только многоквартирных жилых домов (далее – МЖД), но также и крупных административных зданий и бизнес центров. Особенно, быстрорастущим строительством отличаются Есильский и Сарыаркинский районы города.

Вместе с тем, реализуя проект поэтапно, целесообразно начать установку ПУ и УСПД в многоквартирном жилом доме. Подобные мероприятия позволят произвести отработку комплекса технических решений, включающих испытание датчиков, системы сбора и передачи данных, а также проработать различные режимы работы Системы, включая нормальный и аварийный режим. Параллельно, в процессе установки ПУ и УСПД, необходимо создать Центр обработки и предоставления данных. Это позволят отработать техническую сторону вопроса создания АСКУЭ БП на локальном объекте, тем самым создав фундамент дальнейшего увеличения мощностей Системы.

В качестве вариантов размещения приборов учета можно выделить следующие:

Поквартирные приборы учета:

- Счетчики воды – в квартирах. Учитывая особенности застройки г.Астаны в квартирах могут устанавливаться от 2 до 8 водосчетчиков;

- Счетчики газа – устанавливаются в газифицированных домах, непосредственно в квартирах;

- Счетчики электроэнергии – могут устанавливаться как непосредственно в квартирах, так и на лестничных площадках;

- Счетчики тепловой энергии – согласно действующих СНИПов, их установка возможна в квартирах с горизонтальной подачей теплоснабжения.

По счетчикам тепловой энергии в квартирах с вертикальной подачей теплоснабжения поквартирный учет нецелесообразен, ввиду значительного удорожания стоимости проекта из-за количества приборов учета тепла (в среднем до 4-х приборов учета в зависимости от количества квартир) и трудозатрат по их установке.

2.4.1 Обоснование выбора месторасположения оборудования АСКУЭ БП

В качестве мест размещения общедомовых приборов учета возможны следующие варианты исходя из типизации объектов Астаны: МЖД новостройки, МЖД 70-х годов постройки, МЖД 20-х годов постройки и коттеджный поселок

1. МЖД новостройка. В качестве примера будет рассмотрено ЖК «Астана Жулдызы», находящийся на набережной реки Есиль. Два здания (7 и 20-этажей), объединены между собой стеклянной галереей. Узлы водо- и теплоснабжения вместе с электрощитовой находятся на территории паркинга на первом этаже. Каждый узел располагается в отдельной комнате на расстоянии друг от друга 2 метра

Рисунок 2.3 – Фотография ЖК Астана Жулдызы

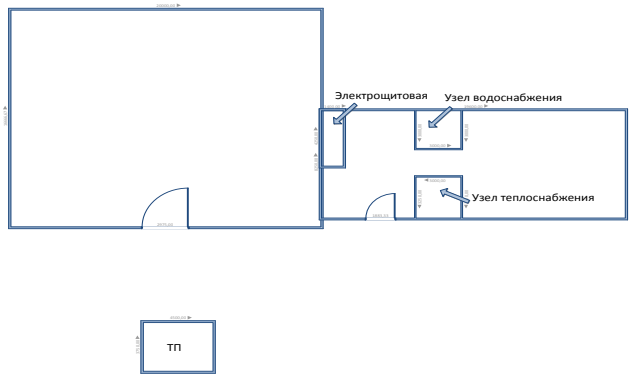


Рисунок 2.4 –Схема расположения основных узлов ЖК Астана Жулдызы

Электрощитовая также находится рядом на расстоянии 3-х метров. ТП установлена на улице, в 40-50 метрах от здания.

Рисунок 2.5 – Изображение со спутника ЖК Астана Жулдызы

2. Жилой дом (постройка времен 70-х годов).

Пятиэтажный дом 70-х годов, расположен на правом берегу города Астаны. На каждом этаже расположены по 4 квартиры. В одном подъезде 20 квартир. Дом состоит из 4 подъездов, таким образом всего в доме насчитывается 80 квартир. Водо- и теплоузлы установлены отдельно в подвальных помещениях двух подъездов.

Рисунок 2.6 – Фотография жилого дома

Электрощитовая находится снаружи в центре дома. ТП отдалена от дома на расстоянии 20 метров.

Рисунок 2.7 – Изображения со спутника

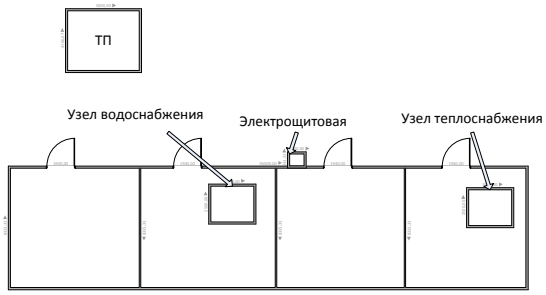


Рисунок 2.8 – Схема расположения основных узлов

2.5 Анализ вариантов реализации АСКУЭ БП г. Астаны

1) Первым вариантом подключения счетчиков воды, газа и тепла к АСКУЭ БП, будет построение архитектуры системы на основе протокола Everblu (СПД нижнего уровня).

EverBlu - это автоматическая система считывания показаний счетчиков воды, газа, тепла по беспроводной сети с дальностью до 300 м, с низким энергопотреблением. Передача данных Everblu работает на базе протокола Radian, спроектированного Европейской ассоциацией (EDF, GDF, Severn Trent Water, Aquametro, Itron,Schlumberger, Sontex and Viterra). Благодаря большому радиусу передачи показаний Everblu можно использовать в городе, пригороде и в сельской местности.

Everblu Cyble полностью совместим со всеми счетчиками энергоресурсов. Этот компактный модуль может быть легко закреплен на счетчике, без каких-либо проводных подключений и без крепления к стене. Модуль может поставляться уже смонтированным на счетчике (и соответствующим образом сконфигурированным). Модуль, приобретенный отдельно, можно легко установить на уже имеющемся счетчике без нарушения пломб. Электронный модуль герметизирован для защиты от неблагоприятных условий окружающей среды. Корпус выполнен из углеродного волокна, что делает его устойчивым к ударам и воздействию ультрафиолетового излучения. Технология RADIAN обеспечивает отличную радиосвязь даже в местах с большим количеством оборудования. Источник питания - литиевая батарея. (Срок службы 10 лет). Работа на нелицензируемой частоте 433 Мгц.

Технические характеристики:
Частота: 433 Мгц
Мощность: <10 мВт (0,0001 Вт)
Скорость передачи данных: 10 – 60 Кб\с

Рабочая температура: -40\+55 °С
Габариты: 92 х 57 х 50 мм
Срок службы батареи: 10 лет.
Соотношение Цена/Качество: 0,66

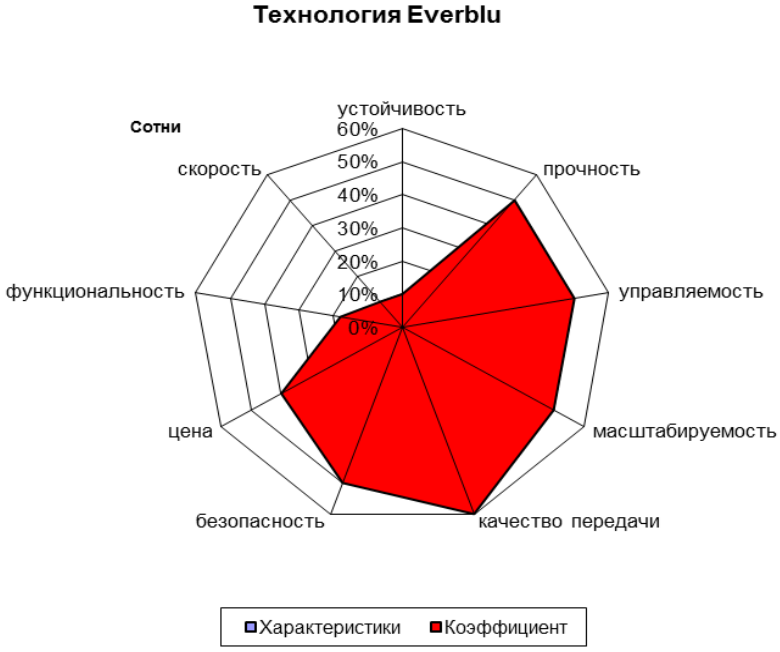


Рисунок 2.12 – Технология EverBlu

При использовании беспроводного радиомодуля Everblu дистанционный съем показаний счетчиков (воды, газа, электроэнергии и тепла) осуществляется следующим образом. Данные с ПУ передаются посредством использования радиоканала (на частот от 433МГц) на контроллер счетчиков (накопитель). На входе в накопитель радиосигнал преобразуется в универсальный протокол M-Bus. Далее данные передаются по беспроводному каналу (на частоте 868 МГц) на УСПД. Накопленные данные по потребителям о расходах энергоресурсов будут передаваться на центральный сервер для обработки, записи и хранения.

Стандарт M-Bus описывает совокупность правил построения аппаратных, логических и программных структур, предназначенных для централизованного сбора данных с сотен приборов учета с компактно расположенных объектов. Стандарт отвечает базовым требованиям:

а) гарантированной передачи данных относительно небольшого объема от большого числа неинициативных источников на расстояние до нескольких километров в условиях высокого уровня помех;

б) низкой стоимости оборудования и минимальных затрат на установку и эксплуатацию;

в) простоты расширения системы в течение срока службы.

Ориентировочный перечень необходимого оборудования АСКУЭ БП по технологии EverBlue:

- Однофазные ЭС класса 1,0 10(80)А, с модулем передачи данных по радиоканалу (433 МГц);
- Трехфазные ЭС прямого включения 380В, 10(85)А класса 1,0 актив и 2,0 по реактиву с модулем передачи данных по радиоканалу (433 МГц), и контактором для отключения нагрузки;
- Модуль сбора и беспроводной передачи (433 МГц) данных со счетчиков воды, газа, тепла – радиомодуль.
- Промежуточный модуль сбора – КС, обеспечивающий сбор данных с радиомодулей установленных на счетчиках и передающий данные по беспроводному каналу (868 МГц) на УСПД;
- УСПД – домовой концентратор с модулем беспроводного приема данных и передачи их на центральный сервер с использованием каналов Ethernet, GSM, CDMA.

Таблица 2.1 - Номенклатура оборудования входящего в состав комплекса технических средств

Наименование	Особенности	Изображение
Счетчик однофазный 10(60)А, кл. 1,0, 220В, IEC 62053-31 с радиомодемом EverBlu Pulse	Многотарифный (до 4-х тарифов). Встроенное отключающее реле. Температурный диапазон: от -40 до 60^{0}С	
Счетчик трехфазный 5(65)А,кл.1,0/2,0, 380В, IEC 62053-31, импульсный вывод S0 по стандарту DIN 43864, с радиомодемом EverBlu Pulse	Многотарифный (до 6-и тарифов). Встроенное отключающее реле. Пофазный учет Температурный диапазон: от -40 до 60^{0}С	
УСПД Устройство для связи счетчиков с центром. Поддержка GSM/GPRS, Ethernet,	Поддерживает:до 1200 счетчиков энергоресурсов до 255 контроллер счетчиков Каналы связи: Нижний уровень: FR (868 МГц) Связь с центром: GSM/GPRS, Ethernet, MV Синхронизация времени системы	
Промежуточный модуль сбора – КС с радиомодемом	Поддерживает до 50-и счетчиков. Интерфейсы: Нижний уровень: 433 МГц. Верхний уровень: 868 МГц.	

	Срок действия батарейки – 10 лет.	
Счетчик воды, с радиомодемом EverBlu Board	Интерфейс: Нижний уровень: импульсный выход. Верхний уровень: 433 МГц.	
Счетчик газа, с радиомодемом EverBlu Board	Интерфейс: Нижний уровень: импульсный выход. Верхний уровень: 433 МГц.	
Счетчик тепла, с радиомодемом EverBlu Board	Интерфейс: Нижний уровень: импульсный выход. Верхний уровень: 433 МГц.	

Вторым вариантом построения АСКУЭ БП для организации СПД нижнего уровня является использования беспроводного канала связи на основе протокола Zig Bee (стандарт IEEE 802.15.4) и PLC передача по силовым линиям связи.

ZigBee — стандарт для набора высокоуровневых протоколов связи, использующих небольшие, маломощные цифровые трансиверы, основанный на стандарте IEEE 802.15.4-2006 для беспроводных персональных сетей, таких как, например, беспроводные наушники, соединённые с мобильными телефонами посредством радиоволн коротковолнового диапазона. Технология определяется спецификацией ZigBee, разработанной с намерением быть проще и дешевле, чем остальные персональные сети, такие как Bluetooth. ZigBee предназначен для радиочастотных устройств, где необходима длительная работа от батареек и безопасность передачи данных по сети.

Радиоинтерфейс использует широкополосную модуляцию с прямым расширением спектра, которая управляется цифровым потоком в модуляторе. Двоичная фазовая манипуляция используется на полосах в 868 и 915 МГц, а офсетная квадратурная фазовая манипуляция, передающая по 2 бита в символе используется на полосе 2,4 ГГц. В чистом виде, при передаче через воздух скорость передачи данных составляет около 250 кбит/с для каждого канала в диапазоне 2.4 ГГц, 40 кбит/с для каждого канала в диапазоне 915 МГц и 20 кбит/с в диапазоне 868 МГц.

Технические характеристики:
Частота: 868 Мгц, 915 Мгц, 2,4 Ггц
Мощность: 0,2 Вт

Скорость передачи данных: 20-250 Кб\с
Рабочая температура: -40\+70 °С
Габариты: 116 х 89 х 73
Срок службы батареи: от 3 до 5 лет
Соотношение цена/качество: 1,25

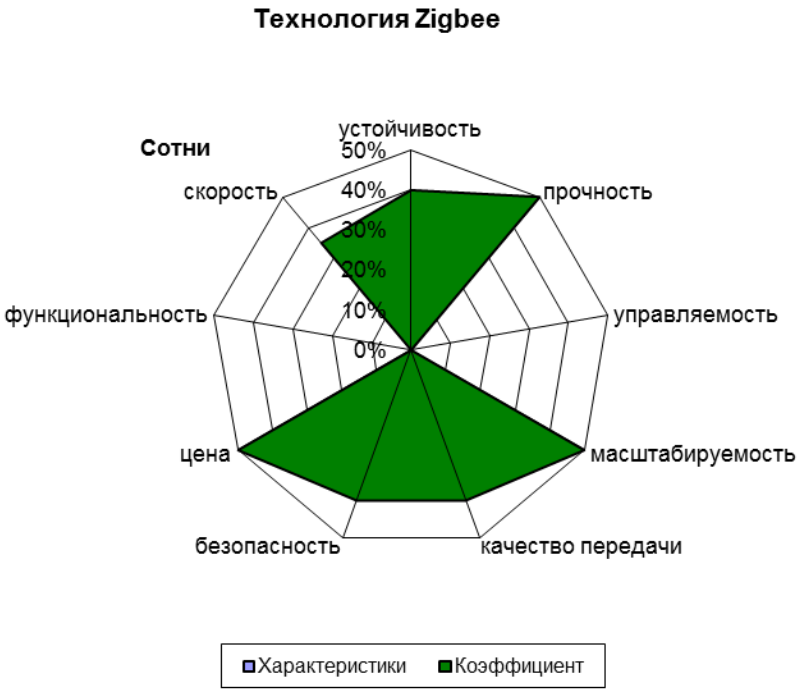


Рисунок 2.13 – Технология ZigBee

Основные преимущества данной технологии: - низкая стоимость и широкая область использования. Вместе с тем, отмечаем не высокая распространенность в РК.

При использовании беспроводного радиомодуля ZigBee дистанционный съем показаний счетчиков (воды, газа и тепла) осуществляется следующим образом. Данные с ПУ передаются посредством использования радиоканала (на частоте 2,4 ГГц) на контроллер счетчиков (КС). Данные с электронного счетчика электрической энергий и КС и использованием PLC-модема передаются по силовой линии на УСПД. Накопленные данные по потребителям о расходах энергоресурсов будут передаваться на центральный сервер для обработки, записи и хранения.

Ориентировочный перечень необходимого оборудования АСКУЭ БП с использованием технологии ZigBee:

– Однофазные ЭС класса 1,0 10(80)А, с PLC-модемом;

– Трехфазные ЭС прямого включения 380В, 10(85)А класса 1,0 актив и 2,0 по реактиву с PLC-модемом, и контактором для отключения нагрузки;

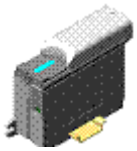
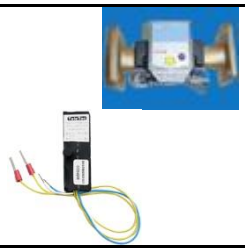
– Модуль сбора и беспроводной передачи (2,4 ГГц) данных со счетчиков воды, газа, тепла – радиомодуль.

– Промежуточный модуль сбора – КС, обеспечивающий сбор данных с радиомодулей установленных на счетчиках и передающий данные с использованием PLC-модема по силовой линии на УСПД;

– УСПД – домовой концентратор с PLC-модемом и передачи их на центральный сервер с использованием каналов Ethernet, GSM, CDMA.

Таблица 2.2 – Номенклатура оборудования входящего в состав комплекса технических средств

Наименование	Особенности	Изображение
ЭС однофазный 10(60)А, кл. 1,0, 220В, IEC 62053-31 с телеметрическим импульсным выходом и клеммой управления внешним реле, модуль PLC	Многотарифный (до 4-х тарифов). Встроенное отключающее реле. Температурный диапазон: от -40 до 60^{0}С	
ЭС трехфазный 5(65)А,кл.1,0/2,0, 380В, IEC 62053-31, с телеметрическим импульсным выходом и клеммой управления внешним реле, модуль PLC	Многотарифный (до 4-х тарифов). Встроенное отключающее реле. Пофазный учет Температурный диапазон: от -40 до 60^{0}С	
Маршрутизатор Устройство для связи счетчиков с центром. Поддержка GSM/GPRS, Ethernet,	Каналы связи: Нижний уровень: PLC LV-магистрали (PL - канал), физической среда - трёхфазная линия электропередач 0.4 кВ; RF модем (радиоканал), среда обмена – частота 2.4 ГГц в диапазоне 15-100м) Связь с центром: GSM/GPRS, Ethernet Синхронизация времени системы	

Наименование	Особенности	Изображение
Устройство для подключения ПУ воды, газа, тепла в систему, с PLC модемом	Поддерживает до 4-х счетчиков. Интерфейсы: Нижний уровень: импульсный выход, M-BUS Верхний уровень: PLC	
ПУ воды, с радиомодемом ZigBee, либо импульсным выходом (в зависимости от объекта)	Интерфейс: Верхний уровень: ZigBee (IEEE802.15.4). импульсный выход.	
ПУ газа, с радиомодемом ZigBee, либо импульсным выходом (в зависимости от объекта)	Интерфейс: Верхний уровень: ZigBee (IEEE802.15.4). импульсный выход.	
ПУ тепла, с радиомодемом ZigBee, либо импульсным выходом (в зависимости от объекта)	Интерфейс: Верхний уровень: ZigBee (IEEE802.15.4). импульсный выход.	

Третьим, альтернативным вариантом построения АСКУЭ БП является использование технологии EverBlu в системе передачи данных нижнего уровня, как наиболее выгодной по соотношению цена/качество, и технологии PLC для организации СПД среднего уровня.

Технология PLC (Power Line Communication) - телекоммуникационная технология, базирующаяся на использовании силовых электросетей для высокоскоростного информационного обмена. PLC решение использует так называемый CENELEC –A (9…95 kHz) диапазон частот, который предназначен исключительно для нужд электро-снабжающих компаний для передачи данных. Передача данных по PLC – это одно из самых эффективных решений для энергоучета в многоквартирных домах. Для передачи данных используются существующие линии электропередачи. На трансформаторной подстанции либо в доме установлен ДК. Каждый электросчетчик оборудован PLC модемом, обеспечивающим передачу данных (по воде, газу, теплу, электроэнергии) с электросчетчика в ДК.

PLC модем может быть установлен под контактную крышку электросчетчика в типовых решениях либо на ДИН рейку для обьединения счетчиков в группы.

Электронный счетчик электрической энергии можно использовать совмещая в нем функции КС. При этом отпадает необходимость отдельной установки КС. Технологическое решение будет выглядеть следующим видом:

Данные с ПУ (воды, газа и тепла) оборудованные радиомодулями Everblu соединяются с КС в исполнении счетчика электрической энергии. Далее информация передается по силовой линии сети 0,4 кВ в УСПД. Раз в сутки УСПД будет направлять данные на центральный сервер по беспроводному каналу GSM.

Ориентировочный перечень необходимого оборудования КТС:

– Однофазные ЭС класса 1,0 10(80)А, с PLC-модемом;

– Трехфазные ЭС прямого включения 380В, 10(85)А класса 1,0 актив и 2,0 по реактиву с PLC-модемом, и контактором для отключения нагрузки;

– Промежуточный модуль сбора – КС, обеспечивающий сбор данных с радиомодулей установленных на счетчиках и передающий данные с использованием PLC-модема по силовой линии на УСПД;

– Модуль сбора и беспроводной передачи (433 МГц) данных со счетчиков воды, газа, тепла – радиомодуль.

– Промежуточный модуль сбора – КС, обеспечивающий сбор данных с радиомодулей установленных на счетчиках и передающий данные по беспроводному каналу (868 МГц) на УСПД;

– УСПД – домовой концентратор с модулем беспроводного приема данных и передачи их на центральный сервер с использованием каналов Ethernet, GSM, CDMA.

Таблица – 2.3 - Номенклатура оборудования входящего в состав комплекса технических средств

Наименование	Особенности	Изображение
ЭС однофазный 10(60)А, кл. 1,0, 220В, IEC 62053-31 с телеметрическим импульсным выходом и клеммой управления внешним реле, модуль PLC	Многотарифный (до 4-х тарифов). Встроенное отключающее реле. Температурный диапазон: от -40 до 60^0	

Наименование	Особенности	Изображение
ЭС трехфазный 5(65)А,кл.1,0/2,0, 380В, IEC 62053-31, с телеметрическим импульсным выходом и клеммой управления внешним реле, модуль PLC	Многотарифный (до 4-х тарифов). Встроенное отключающее реле. Пофазный учет Температурный диапазон: от -40 до 60^0С	
Маршрутизатор Устройство для связи счетчиков с центром. Поддержка GSM/GPRS, Ethernet,	Каналы связи: Нижний уровень: • PLC LV-магистрали (PL - канал), физической среда - трёхфазная линия электропередач 0.4 кВ; • RF модем (радиоканал), среда обмена – частота 433 МГц Связь с центром: GSM/GPRS, Ethernet Синхронизация времени системы	
Промежуточный модуль сбора – КС с радиомодемом	Поддерживает до 50-и счетчиков. Интерфейсы: Нижний уровень: 433 МГц. Верхний уровень: PLC. Срок действия батарейки – 10 лет.	
Счетчик воды, с радиомодемом EverBlu Board	Интерфейс: Нижний уровень: импульсный выход. Верхний уровень: 433 МГц.	
Счетчик газа, с радиомодемом EverBlu Board	Интерфейс: Нижний уровень: импульсный выход. Верхний уровень: 433 МГц.	
Счетчик тепла, с радиомодемом EverBlu Board	Интерфейс: Нижний уровень: импульсный выход. Верхний уровень: 433 МГц.	

2.6 Обоснование и выбор технологии и оборудования системы передачи данных верхнего уровня

В качестве среды передачи данных могут быть использованы следующие сети:

- GPRS;
- Wi-Fi;
- Wi-Max;
- LTE;

GPRS (англ. General Packet Radio Service — «пакетная радиосвязь общего пользования»).

Принцип работы:

При использовании GPRS информация собирается в пакеты и передаётся через неиспользуемые в данный момент голосовые каналы, такая технология предполагает более эффективное использование ресурсов сети GSM. При этом является приоритетом передачи — голосовой трафик или передача данных — выбирается оператором связи. Возможность использования сразу нескольких каналов обеспечивает достаточно высокие скорости передачи данных, теоретический максимум 171,2 кбит/с. Существуют различные классы GPRS, различающиеся скоростью передачи данных и возможностью совмещения передачи данных с одновременным голосовым вызовом.

В GPRS максимально возможная скорость передачи данных составляет 171,2 Кбит/с — это почти в 12 раз быстрее работы передачи данных в обычных сетях GSM (9,6 Кбит/с). Однако на практике скорости не так высоки — обычно 30-40 Кбит/с и и завися от загруженности сети, кроме того отмечаем высокие цены на трафик.

Принцип работы: Обычно схема Wi-Fi сети содержит не менее одной точки доступа и не менее одного клиента.. Точка доступа передаёт свой идентификатор сети (SSID) с помощью специальных сигнальных пакетов на скорости 0,1 Мбит/с каждые 100 мс. Поэтому 0,1 Мбит/с — наименьшая скорость передачи данных для Wi-Fi. При попадании в зону действия двух точек доступа с идентичными SSID приёмник может выбирать между ними на основании данных об уровне сигнала. Однако, стандарт не описывает все аспекты построения беспроводных локальных сетей Wi-Fi. Поэтому каждый производитель оборудования решает эту задачу по-своему, применяя те подходы, которые он считает наилучшими с той или иной точки зрения.

Технические характеристики:

Частота: 2.4 Ггц, 5 ГГц (по всему миру)

Мощность: ≈ 3 Вт

Скорость передачи данных: 11-54Мб\с

Рабочая температура: -20\+70 °C

Габариты: зависит от модели устройства

В качестве преимуществ отмечаем: стабильность передачи данных в зданиях и возможность развернуть сеть без прокладки кабеля. К недостаткам относят: работу на загруженных частотах; относительно высокую стоимость оборудования и работу в загруженном диапазоне 2.4 Ггц.

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access 802.16e-2005) - это технология беспроводного широкополосного доступа к сети Интернет. Принцип действия сети на базе WiMAX очень похож на принцип работы сотовой связи. Существуют базовые станции, пользовательское и прочее коммуникационное оборудование оператора, связанное с Интернетом. Базовые станции установлены на расстоянии нескольких километров друг от друга. Одна «перекидывает» сигнал другой в условиях прямой видимости в частотном диапазоне от 10 до 66 ГГц. Хотя бы одна базовая станция должна соединяться с сетью провайдера при помощи проводов. Таким образом, вся цепочка базовых станций соединяется на операторском конце с Интернетом по проводам.

Технические характеристики:

Частота: 2.3ГГц, 2.5ГГц, 3.5ГГц (зависит от страны) 5.8 ГГц (по всему миру).

Мощность: ≈3 Вт

Скорость передачи данных: 15-75 Мб\с

Рабочая температура: -30\+75 °С

Габариты: зависит от модели устройства

К преимуществам данной технологии относится:

- защита от попыток нарушения конфиденциальности;
- предотвращение фальсификации (нарушение аутентичности источника – потребителя);
- целостность данных;
- исключение отказа в обслуживании.

В качестве недостатков отмечаем: высокую стоимость и наличие сильных затруднений при прохождении сигнала через препятствия (металл. бетон, ж-бетон).

Применимость в Казахстане: Внедрение технологии WiMAX в Республике Казахстан началось еще в 2005 году. Из-за небольшого качества покрытия по городу Астана, и не стабильного сигнала передачи разное время суток использование WiMAX затруднено. Кроме того, в силу технического несовершенства оборудования сети беспроводной связи и прекращения технической поддержки со стороны поставщика оборудования компания ТОО «ВеТОР» под торговой маркой Ducat 4G и АО «Нурсат» прекратили предоставление услуги WiMAX.

3GPP Long Term Evolution (LTE) — название технологии мобильной передачи данных. Проект 3GPP является стандартом по совершенствованию технологий для удовлетворения будущих потребностей в скорости передачи данных.

Радиус действия базовой станции LTE может быть различным в зависимости от мощности и используемых частот. В оптимальном случае это порядка 5 км, но при необходимости дальность действия может составлять 30 км или даже 100 км (при достаточном поднятии антенны).

Принцип работы:

Serving SAE Gateway или просто Serving Gateway (SGW) — обслуживающий шлюз сети LTE. Предназначен для обработки и маршрутизации пакетных данных поступающих из/в подсистему базовых станций.

Mobility Management Entity (MME) — узел управления мобильностью. Предназначен для осуществления «эстафетной передачи» (хэндовера) между базовыми станциями сети LTE, а также сетей второго и третьего поколений данного оператора.

Home Subscriber Server (HSS) — сервер абонентских данных. HSS представляет собой объединение VLR, HLR, AUC выполненных в одном устройстве.

Policy and Charging Rules Function (PCRF) — узел выставления счетов абонентам за оказанные услуги связи.

Технические характеристики:

Частота: 900 Мгц, 1800 Мгц, 2100 Мгц, 2.5-2.69 Ггц

Мощность: 0,2 Вт

Скорость передачи данных: 5-20 Мб\с

Рабочая температура: -40\+70

К преимуществам данной технологии относят: высокую скорость и гибкость в использовании частотного канала. В качестве недостатков необходимо отметить необходимость модернизации или замена оборудования для внедрения Lte.

2.7 Выбор элементов УСПД

Основные предлагаемые компоненты УСПД

Разрабатываемое УСПД представляет собой программируемые микропроцессорное устройство, состоящее из микропроцессорного контроллера и набора цифровых интерфейсов. В состав УСПД могут входить компоненты каналообразующей аппаратуры (модемы, блоки питания)

для приема-передачи данных по различным каналам связи. Цифровые интерфейсы обеспечивают соединение контроллера с ТС и предоставляют внешним приложениям (устройствам более высокого уровня) каналы для дистанционного доступа к данным, получаемым с ТС.

УСПД имеет:

- встроенный управляющий микропроцессорный контроллер;
- оперативную память;
- flash-память для хранения управляющих программ и данных;
- последовательные интерфейсы RS485 и RS232;

- интерфейс USB 1.0;
- интерфейс Ethernet 10/100;
- плату МСС со встроенным GSM модемом Siemens MC55;
- встроенный импульсный блок электропитания на 5 В;
- Микросхему PLC: TCC081C.

Конструктивно микропроцессорный контроллер, контроллеры поддержки интерфейсов и элементы памяти объединены в отдельный вычислительный модуль АРМ9.

Последовательные внешние интерфейсы RS232:

УСПД имеет три внешних интерфейса RS232, выполненных в виде разъема RJ-45.

Последовательный внешний интерфейс RS485:

УСПД имеет один внешний интерфейс RS485, выполненный в виде разъема Xt1 слот.

Интерфейс Ethernet: Интерфейс Ethernet предназначен для подключения УСПД к локальной компьютерной сети как для опроса ТС, так и для передачи данных на верхний уровень системы.

Интерфейс USB:

УСПД имеет встроенный интерфейс USB-HOST с двумя разъемами для поддержки USB 1.0.

Модемы сетей сотовой радиосвязи:

В УСПД дополнительно устанавливается модуль МСС со встроенным GSM модемом Siemens MC55 для работы в сетях сотовой радиосвязи GSM 900/1800. Встроенный модем представляет собой устройство передачи данных по каналам сотовой радиосвязи, имеет интерфейс SIM карты, последовательный интерфейс данных для подключения к микропроцессорному контроллеру и интерфейс SMA для подключения внешней антенны.

Технология PLC: PLC (power line communication) – цифровой интерфейс передачи информации, который предполагает использование для передачи сигналов на физическом уровне кабелей сетевого напряжения. При этом в сетях присутствует переменное напряжение (обычно 220 В, 50 Гц), которое одновременно питает коммуникационное оборудование. Цифровая информация передается с помощью модулирования на высокой частоте.
Преимуществом данной технологии является экономичность, поскольку нет необходимости в прокладке дополнительных кабелей и коммуникаций, используются существующие сети переменного напряжения. Однако дальность передачи зависит от многих условий, таких как несущая частота передачи, качество проводников (проводов и соединений), электромагнитные помехи на линии и другие. В УСПД предлагается микросхема PLC - TCC081C.

Держатель SIM карты:

Держатель SIM карты имеет выдвигающийся лоток, куда вставляется стандартная SIM карта мобильного телефона стандарта GSM900/1800, со снятым PIN-кодом, зарегистрированная у оператора мобильной связи по

необходимому тарифному плану, включая услуги GSM

GPRS и GSM DATA.

Стабилизатор электропитания:

Импульсный стабилизатор электропитания преобразует постоянное входное напряжение 24 В, подключаемое к разъему электропитания, в выходное напряжение 5 В для электропитания GSM модема, процессорного

модуля и схем интерфейсов. Уровень входного напряжения электропитания (с учетом пульсаций и провалов) не должен выходить за указанный диапазон (24±2) В.

Таймер RTC:

Модуль APM9 имеет таймер “реального” времени (RTC), который построен на базе микросхемы DS3231SM. Таймер подключется к вычислительному модулю APM9 по интерфейсу I2C.

FLASH память с последовательным доступом:

FLASH память построена на микросхеме AT45DB624DCNU объемом 8 Мб. Передача данных происходит по линиям *MOSI, MISO, SPCK* интерфейса SPI.

Сторожевой таймер:

Для повышения надежности работы УСПД имеет сторожевой таймер, который представляет собой двоичный счетчик тактовых импульсов с периодом примерно 1 секунда. При переполнении счетчика (примерно че-

рез 10 секунд.) происходит СБРОС (аппаратный RESET) вычислительного модуля APM9. Сброс счетчика осуществляется подачей импульса на выход WD_RST, который должен вырабатываться процессорным модулем с периодичностью не более 10 секунд[6].

Технические характеристики модуля вычислительного

Процессор RISC AT91RM9200
Частота, МГц 166
Разрядность, бит 32
Память ОЗУ, Мб 32
Память Flash для ПО, Мб 4
Память Flash для данных, Мб 4
Ethernet (с трансформаторной развязкой 1,5 КВ),
Мбит/с 10/100
USB-HOST (x2) .....USB 1.0
Хранение данных при отключении питания, лет,
не менее 3,5
Последовательные интерфейсы UART0, UART1,
UART2, UART3,
I2C (порт TWI), SPI

Таблица 2.7 - Технические характеристики интерфейсов RS232, RS485, Ethernet, USB

Обозначение интерфейса	Характеристика	Значение
RS232	Размер слова, бит	От 5 до 9 бит
	Стоповых бит	1,2
	Паритет	Четный, нечетный, без паритета
	Скорость, бит/с	От 300 до 115200
RS485	Паритет	Четный, нечетный, без паритета
	Скорость, бит/с	От 300 до 115200
Ethernet	Скорость, Мбит/с	10 и 100
	Совместимость	С IEEE 802.3 стандартом
	Режимы	Полный дуплекс и полудуплекс
	Доступ	Прямой к памяти
USB-HOST	Скорость, Мбит/с	1,5
	Напряжение электропитания подключаемых USB устройств, В	5
	Ток нагрузки, мА, не более	200

Технические характеристики GSM модема

Таблица 2.8 - Технические характеристики GSM модема сотовой радиосвязи

Параметр	GSM модем
Стандарт сотовой связи	EGSM900/GSM1800
Диапазон частот приема, МГц	От925 до 960 От 1805 до 1880
Диапазон частот передачи, МГц	От 880 до 915 От 1710 до 1785
Разнос частот между каналами приема и передачи, МГц	45;95
Выходная мощность излучения, Вт, не более	2
Вид передачи данных	DATA, GPRS

3 ПРОГРАММНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Разработка схемы УСПД . Обоснование выбора микроконтроллера для УСПД

Выбор микроконтроллера для УСПД является одним из самых важных решений, от которых зависит успех или провал задуманного проекта. При выборе микроконтроллера для УСПД необходимо учесть и оценить большое количество факторов.

Основная цель это - выбрать для УСПД наименее дорогой микроконтроллер (чтобы снизить общую стоимость системы), но в то же время удовлетворяющий спецификации системы, т.е. требованиям по производительности, надежности, условиям применения и т.д.

Первый шаг, приступая к выбору, надо определить требуемые для разрабатываемой системы характеристики микроконтроллера, которая является определяющим фактором в процессе выбора.

Второй шаг проведение поиска микроконтроллеров, которые удовлетворяют всем системным требованиям, т.е. найти микроконтроллер, который наиболее полно удовлетворяет предъявляемые требования, имеет минимум внешних навесных компонентов и подходит по стоимости и габаритам. Ясно, что однокристальный микроконтроллер предпочтительней из-за цены и надежности.

Последняя стадия выбора состоит из нескольких этапов, цель которых сузить список приемлемых микроконтроллеров до одного. Эти этапы включают в себя анализ цены, доступности, средств разработки, поддержки производителя, стабильности производства конкретных микроконтроллеров и наличия других производителей или поставщиков. Чтобы прийти к оптимальному решению, возможно, весь процесс придется повторить несколько раз. Поэтому для оптимизации процесса разработки устройств на базе современных микроконтроллеров проектируются отладочные комплексы, в которых воплощены все возможности контроллеров на физическом и программном уровне. Имея такой комплекс разработчику не надо распыляться на изучение огромного количества информации, как по аппаратной, так и по программной части, а нужно лишь сконцентрироваться на решении своей задачи. Такой метод разработки является зачастую быстрее, экономичнее и надежнее.

Основной упор в данной разработке необходимо сделать на топологию печатной палаты и грамотный подбор компонентов, т.к. планируемое преимущество устройства над аналогами в удобстве использования и меньшей стоимости. В силу того что в проектируемом устройстве планируется совмещение большого количества функциональных возможностей, то наиболее технологичным решением является разделение устройства на функциональные блоки для увеличения ремонтопригодности и

упрощения этапа отладки, когда параллельно разрабатываются и отлаживаются несколько вариантов узлов и производиться тестирование каждого из них как отдельно, так и в комплексе.

Появление микроконтроллеров с ядром ARM сделало переход с 8 на 32 разрядные встраиваемые системы естественным и неотвратимым событием. Постоянно повышающаяся функциональная насыщенность встраиваемых систем обуславливает рост требований к мощности используемых микроконтроллеров и их программ.

Однако до настоящего времени самыми популярными во встраиваемых системах оставались 8 разрядные микроконтроллеры, которые по показателю цена/функциональность были вне конкуренции.

От существовавших 32 разрядных микроконтроллеров они отличались рядом преимуществ:

- низкой ценой;
- низким потреблением энергии;
- относительной доступностью качественных средств разработки и отладки.

Развитие 16 раз рядных микроконтроллеров идёт существенно более медленными темпами, чем 32разрядных. Это лишний раз говорит о том, что при принятии решения о смене 8 разрядного микроконтроллера на более мощный в качестве основной стратегической перспективы имеет смысл рассматривать, в первую очередь, сразу 32 разрядные микросхемы, минуя 16 раз рядные, за исключением особых случаев, о которых будет сказано ниже.

Стоимость как функция уровней технологии и интеграции. Что же изменилось за последние годы и позволило говорить о массовом вторжении 32 разрядных микроконтроллеров в область 8 разрядных приложений.

Во-первых, произошёл массовый переход полупроводниковой индустрии на технологию 0,18 мкм, что резко снизило размеры 32разрядного кристалла и сделало их стоимость сопоставимой со стоимостью аналогичной 8 разрядной микросхемы. Однако простого снижения цены было недостаточно.

Помимо стоимости самого микроконтроллера на конечную цену всей системы значительное влияние оказывала стоимость необходимых периферийных устройств. В этом плане 8 разрядные микроконтроллеры традиционно «давали фору» любому 32 разрядному конкуренту: они работали от единственного источника питания, интегрировали силовые выводы и всевозможные каналы связи, имели встроенную систему сброса, генерировали системную тактовую частоту от встроенного генератора. Помимо этого, важнейшими требованиями являлись предсказуемое поведение системы при сбоях (функции brownout детектора и сторожевого таймера) и наличие защиты FLASH памяти от несанкционированного считывания (lock bits).

Именно появление 32разрядных микроконтроллеров, соединивших в себе эти два важнейших качества

– низкую стоимость и высочайшую функциональную насыщенность;

– сделало их прямыми конкурентами традиционных 8разрядных систем.

Микроконтроллеры с ядром ARM – лидеры рынка. До сих пор, упоминая 32 разрядные микроконтроллеры для встраиваемых систем, мы не называли конкретные архитектуры. Однако на данный момент можно утверждать, что безусловным лидером являются микроконтроллеры с ядром ARM, захватившие 75% рынка.

Хорошо это или плохо – вопрос спорный, однако, по крайней мере, проблему выбора этот факт существенно упрощает.

Если вы в настоящее время задумались над переходом на 32 разрядный микроконтроллер с 8 разрядного, то микроконтроллер с ядром ARM – это первый кандидат в списке претендентов.

Архитектура ARM. Сокращение ARM происходит от названия английской компании Advanced RISC Machines, основанной в 1990 г. в результате сотрудничества компаний Acorn и Apple Computer's.

Первое ядро, названное ARM6, было разработано в 1991 г., однако реальное воплощение получила только следующая разработка – ядро ARM7, созданное в 1993 г. Компания не занимается непосредственным производством микросхем. Возможно, эта особенность, которая, на первый взгляд, воспринимается как недостаток, и способствовала удивительной популярности архитектуры ARM. Фирма поставляет свои разработки в электронном виде, на основе которых клиенты конструируют свои собственные микропроцессоры и микроконтроллеры.

Клиентами ARM являются свыше 60 производителей полупроводников, среди которых можно выделить такие известные компании, как Altera, Analog Devices, Atmel, Cirrus Logic, Fujitsu, MagnaChip (Hynix), Intel, Freescale (Motorola), National Semiconductor, NXP (Philips), OKI, ST Microelectronics и Texas Instruments.

В настоящее время архитектура ARM занимает лидирующие позиции и охватывает 75% рынка 32разрядных встраиваемых RISC микропроцессоров. Фактически можно говорить об архитектуре ARM как о промышленном стандарте. Распространённость ядра предоставляет возможность разработчику более гибко использовать свои и сторонние программные наработки как при переходе на новое процессорное ARM ядро, так и при «миграциях» между разными типами ARM микроконтроллеров.

Особенности архитектуры ARM**.** Архитектура ARM отражает собственную философию компании, суть которой – максимальное удовлетворение требованиям встраиваемых систем. Для этого разработчики не стали замыкаться в формальных рамках RISC архитектуры, а в одном продукте реализовали идеи, ранее считавшиеся несовместимыми.

Хотя в своей основе ядро ARM отталкивается от идеологии RISC архитектуры (ограниченный набор команд, очередь выборки инструкций, активное использование регистров и ограниченный доступ к памяти), оно не

является «чистым» представителем RISC.Не все инструкции ARM выполняются за один цикл. Например, есть инструкции, позволяющие переслать между памятью и регистрами 16 слов по 32 разряда. Поскольку подобные операции активно используются компиляторами при каждом вызове и возврате из функций, введение таких инструкций существенно ускоряет работу программы, и минимизируют размер кода.

В состав системы команд входят так же инструкции обращения к аппаратному сопроцессору. Это позволяет разработчикам микроконтроллеров на базе ARM расширять возможности базовой архитектуры, добавляя свои сопроцессоры в случае необходимости.
Дополнительно к ARM архитектуре могут интегрироваться несколько расширений:

- Thumb® – 16разрядный набор инструкций, улучшающий эффективность использования памяти программ;
- DSP – набор арифметических инструкций для цифровой обработки сигналов;
- Jazelle™ – расширение для аппаратного непосредственного исполнения Java инструкций;
- Media – расширение для 2…4 кратного увеличения скорости обработки аудио и видеосигналов.

Набор инструкций Thumb. Первоначальная система команд ARM содержала только 32разрядные инструкции. Однако для систем, критичных к стоимости и объёму памяти программ, к которым относятся практически все встраиваемые системы реального времени, большая длина инструкций оказалась «узким местом», ограничивающим распространение новой архитектуры.

FLASH память – один из наиболее дорогих компонентов системы, и снижение её объёмов – актуальная задача. Поэтому в 1995 г. система команд ARM дополнилась новым набором 16разрядных инструкций, получившим название Thumb.

Это стало в инженерном смысле очень красивым решением проблемы. Из всего набора инструкций ARM были отобраны наиболее употребляемые инструкции и перекодированы в 16 разрядные опкоды. При выборке такой инструкции процессор ARM с помощью простого аппаратного дешифратора восстанавливает истинный 32 разрядный код инструкции, который и выполняется процессором. Таким образом, стандартное 32 разрядное ядро без каких-либо переделок получило возможность работы с 16 битовыми инструкциями.

При разработке Thumb пришлось пожертвовать некоторыми инструкциями, было снижено по сравнению с ARM количество доступных регистров, режимов адресации, ограничен доступ к некоторым системным ресурсам (регистрам состояния, сопроцессорам).

Однако при необходимости процессор может легко сменить режим выбора инструкций, переходя из Thum в ARM и обратно. Имея это в виду,

разработчик может гибко управлять поведением своей программы, используя наиболее эффективный для каждого случая набор команд.

Технология SIMD. Технология SIMD (несколько данных в одной инструкции) используется в media расширении и нацелена на увеличение скорости обработки данных в приложениях, где требуется малое энергопотребление. SIMD расширения оптимизированы под широкий диапазон программного обеспечения, в том числе под аудио видео кодеки, где эти технологии позволяют увеличить быстродействие обработки в 4 раза.

Набор инструкций DSP**.** Многие приложения предъявляют повышенные требования по быстродействию реально-временной обработки сигналов. Традиционно в таких ситуациях разработчики прибегают к использованию цифрового сигнального процессора (DSP), что увеличивает энергопотребление и стоимость, как самой разработки, так и конечного устройства. Для устранения этих недостатков в ряд ARM процессоров интегрированы инструкции ЦСП, выполняющие 16 и 32разрядные арифметические операции.

Технология Jazelle. Технология ARM Jazelle предназначена для приложений с поддержкой языка программирования Java. Она предлагает уникальное сочетание высокой производительности, малой системной стоимости и невысоких запросов к энергопотреблению, что не может быть достигнуто одновременно, если использовать сопроцессор или специализированный Java процессор.

Технология ARM Jazelle является расширением 32разрядной RISC архитектуры, которое позволяет ARM процессору выполнять Java код на аппаратном уровне. При этом достигается непревзойдённое быстродействие исполнения Java кода с помощью ARM архитектуры.

Таким образом, разработчики имеют возможность свободно реализовывать Java приложения, в том числе операционные системы и прикладной код, на одном процессоре.

В настоящее время технология Jazelle интегрирована в следующие ARM процессоры: ARM1176JZ(F)S, ARM1136J(F)S, ARM1026EJS, ARM926EJS и ARM7EJS.

Традиционные ARM процессоры поддерживают два набора инструкций. В режиме ARM поддерживаются 32 разрядные инструкции, а в режиме Thumb наиболее популярные инструкции сжимаются до 16 разрядного формата. Технология Jazelle расширяет эту концепцию, добавляя третий набор инструкций – Java, который активизируется в новом Java режиме.

Технология интеллектуального управления энергопотреблением.

Одна из основных задач, которую решают разработчики портативных устройств, например, смартфонов, персональных цифровых помощников и аудио видео плееров, – это оптимизация энергопотребления, что позволяет улучшить эксплуатационные характеристики готового устройства за счёт продления ресурса батареи питания или уменьшения размеров устройства.

Традиционным методом снижения энергопотребления является использование экономичных режимов работы, например, холостой ход (idle) или сон (sleep), которые различаются глубиной деактивации внутренних элементов. Как правило, активный режим работы такой системы рассчитан на наихудшие условия функционирования и характеризуется максимальной загрузкой. Тем самым неоправданно сокращается срок службы батареи. Поэтому для оптимизации расходования энергии бата процессоров ARM. Технология является сочетанием аппаратных и программных компонентов, которые совместно выполняют динамическое управление напряжением питания (power scaling).

Суть метода динамического управления напряжением питания можно понять, проанализировав формулу потребляемой мощности для КМОП процессоров: где P – общая потребляемая мощность, C – переключаемая ёмкость, f_c – частота процессора, VDD – напряжение питания, IQ – ток утечки в статическом режиме.

Из формулы следует, что энергопотребление зависит от частоты и напряжения питания. Снижение частоты для уменьшения энергопотребления широко используется в микроконтроллерах и системах на кристаллах (PSoC), но недостатком этого метода является уменьшение быстродействия. Метод динамического управления напряжением основан на изменении напряжения питания, однако если возможности регулировки исчерпаны, то как дополнительный используется метод регулировки частоты процессора.

Семейства ядер и процессоров ARM**.** К настоящему времени разработано восемь основных семейств ядер: ARM7™, ARM9™, ARM9E™, ARM10E™, ARM11™, Cortex, SecurCore™ и OptimoDE Data Engines.

Помимо перечисленных семейстов, существуют также специфические ядра, разработанные совместно с компанией Intel: XScale™ и StrongARM®. Первоначально для обозначения различных вариантов ядер и процессоров компания ARM использовала свою внутреннюю систему обозначений, которая предполагала, что имя любого ядра или процессора формируется в соответствии с шаблоном – ARM{x}{y}{z}{T}{D}{M}{I}{E}{J}{F}{S}, где:

x – семейство;

y – блок управления или защиты памяти;

z – память кэш;

T – поддержка режима Thumb;

D – JTAG порт;

M – быстрый умножитель;

I – встроенный блок эмуляции;

E – расширенный набор инструкций (подразумевает обязательное наличие функций TDMI, поэтому в случае использования индекса E индексы TDMI из названия опускаются);

J – поддержка Java инструкций (режим Jazelle);

F – блок векторной арифметики над числами с плавающей точкой;

S – синтезируемая версия (поставляется производителю кристалла в виде исходного текста, требующего компиляции (синтеза), в отличие от несинтезируемых версий, которые имеют заданную и неизменяемую топологию).

Процессоры ARM разрабатывались для удовлетворения потребностей следующих основных категорий систем:

- встраиваемые системы реального времени;
- универсальные платформы для приложений на базе открытых операционных систем, включающих: Linux, Palm OS, Symbian OS и Windows CE;
- системы защиты данных для смарт карт, SIM карт и платёжных терминалов.

Процессоры ARM для приложений на базе открытых операционных систем**.** Приложения на базе операционных систем предъявляют к процессорам требования по аппаратной поддержке многозадачности и повышенной производительности. Для достижения этих целей в состав процессоров вводятся блоки управления памятью (MMU – Memory Management Unit) и сверхоперативная память (кэш).

Таблица 3.1 - Перечень процессоров ARM для указанных приложений

Семейство	Название ядра/процессора	Размер кэш памяти кода/данных, байт	Блок управления памятью (MMU, MPU)	Thumb®	DSP	Jazelle™
Cortex	ARM Cortex-A8	переменный	MMU	есть	есть	есть
ARM10E™	ARM1020E	32k/32k	MMU	есть	есть	нет
	ARM1022E	16k/16k	MMU	есть	есть	нет
	ARM1026EJ-S	переменный	MMU или MPU	есть	есть	есть
ARM11™	ARM11MPCore	переменный	MMU	есть	есть	есть
	ARM1136J(F)-S	переменный	MMU	есть	есть	есть
	ARM1176JZ(F)-S	переменный	MMU	есть	есть	есть
ARM7™	ARM720T	8k	MMU	есть	нет	нет
ARM9™	ARM920T	16k/16k	MMU	есть	нет	нет
	ARM922T	8k/8k	MMU	есть	нет	нет
ARM9E™	ARM926EJ-S	переменный	MMU	есть	есть	есть

Ядра и процессоры ARM для систем реального времени. Самое главное требование, предъявляемое к системам реального времени – быстрая и

детерминированная реакция на внешние события. Иногда для решения этой задачи приходится жертвовать производительностью; в таблице 3.2 показано, что у большинства ядер и процессоров, разработанных для систем реального времени, отсутствует память кэш, а там, где она есть, кэш не может быть отключен программно. Отсутствие кэш обеспечивает детерминированность реакции процессора на внешнее событие.

Таблица 3.2 – Характеристики процессоров с указанием наличия кэш

Семейство	Название ядра/процессора	Размер кэш памяти кода/данных, байт	Блок управления памятью (MMU)	Thumb®	DSP	Jazelle™
Cortex	ARM Cortex-M3	-	MPU (опционально)	есть	нет	нет
	ARM Cortex-R4	OK-64k	MPU	есть	есть	нет
	ARM Cortex-R4F	OK-64k	MPU	есть	есть	нет
ARM10E™	ARM1026EJ-S	переменный	MMU или MPU	есть	есть	есть
ARM11™	ARM1156T2(F)-S	переменный	MPU	есть	есть	нет
ARM7™	ARM7EJ-S	-	-	есть	нет	нет
	ARM7TDMI	-	-	есть	нет	нет
	ARM7TDMI-S	-	-	есть	нет	нет
ARM9E™	ARM946E-S	переменный	MPU	есть	нет	нет
	ARM966E-S	-	-	есть	нет	нет
	ARM968E-S	-	DMA	есть	есть	нет
ARM9™	ARM996HS	-	MPU (опционально)	есть	есть	нет

Системы защиты данных для смарт-карт, SIM-карт и платежных терминалов. Эти процессоры относятся к области специфических приложений. В рамках данного обзора они не представляют для нас интереса и приведены здесь таблице 3.3 для справки.

Таблица 3.3 – Характеристики процессора семейства SecurCore™

Семейство	Название ядра/процессора	Размер кэш памяти кода/данных, байт	Блок управления памятью	Thumb®	DSP	Jazelle™
SecurCore™	SecureCore	-	MPU	есть	нет	нет

	SC100					
	SecureCore SC200	-	MPU	есть	есть	есть

Микроконтроллеры с ядром ARM – прямой конкурент 8-разрядным микроконтроллерам**.** Из всего многообразия процессоров ARM нас больше всего интересуют микросхемы, составляющие прямую конкуренцию 8разрядным микроконтроллерам. Поэтому далее мы сконцентрируем внимание на микроконтроллерах с ядром ARM7, которые наиболее полно отвечают требованиям встраиваемых систем реального времени, работающих без использования операционных систем.

Поэтому в последние годы наблюдается повышенный интерес к 32-разрядным контроллерам. Многие разработчики, которым уже тесно в рамках 8-разрядной архитектуры, начинают осваивать более мощные семейства, причем класс 16-разрядных решений остается в стороне, так как не имеет практически никаких преимуществ (даже ценовых) перед 32-разрядными.

В настоящее время число микросхем с 32разрядной архитектурой чрезвычайно велико, и перед разработчиком стоит нелёгкий выбор – какой из них, в конце концов, отдать предпочтение. Для облегчения этой работы имеет смысл определить требования к выбираемому микроконтроллеру. Необходимо, чтобы микросхема обладала достаточной производительностью, содержала на кристалле нужную периферию, а также имела достаточный набор программных и аппаратных средств разработки. Для того чтобы оптимально решать конкретные задачи, выбираемая микросхема должна принадлежать к какому либо семейству. Не следует забывать и о таком важном аспекте, как квалифицированная техническая поддержка со стороны производителя. Ведь современный 32разрядный микроконтроллер – это система на кристалле, функционально аналогичная системной плате персонального компьютера класса Pentium, а по набору периферийных контроллеров подчас и превосходящая типовую системную плату. Чтобы научиться пользоваться всеми возможностями такой микросхемы, приходится внимательно читать техническое описание, которое занимает 700 – 1000 страниц, а также изучать программирование.

Возвращаясь к теме выбора, можно выделить две группы универсальных 32_разрядных микроконтроллеров начального уровня (как правило, это приборы с набором команд RISC_архитектуры).

Первая группа – микросхемы производительностью 50 – 70 MIPS, с Flash памятью и ОЗУ на кристалле, как правило, имеющие корпус TQFP с числом выводов от 48 до 176.

Вторая группа – это микросхемы производительностью 180 – 250 MIPS, с внешним загрузочным ПЗУ, как правило, имеющим интерфейс SPI, и внешней оперативной памятью (обычно SDRAM), со скоростью шины

60...133 МГц. Такие микросхемы выпускаются в 208 выводных корпусах PQFP и в корпусах BGA, с числом выводов 217 – 324. Интересно, что в обеих вышеописанных группах присутствуют микросхемы на базе ядра ARM. В первой – это ARM7, во второй – ARM9.

Микросхемы на ядре ARM7 уже достаточно хорошо освещены на страницах специализированных изданий, чего нельзя сказать о микроконтроллерах с ядром ARM9. Ядро ARM9TDMI является развитием ARM7TDMI и совместимо с ним на уровне исходных кодов. Аббревиатура TDMI означает следующее:

- T (Thumb architecture extension) – наличие 16_битного набора команд THUMB;
- D (core has debug extension) – наличие аппаратного доступа к ядру для отладки;
- M (core has enhanced multiplier) – наличие аппаратного умножителя;
- I (core has Embedded ICE Macrocell) – наличие встроенного модуля для подключения внутрисхемного эмулятора.

Ядра с обозначением TDMI поддерживают два набора команд – 32 битный набор ARM и 16 битный набор THUMB, являющийся подмножеством набора ARM. В ряде приложений использование набора команд THUMB приводит к уменьшению размера кода и более быстрому выполнению последнего. В отличие от микросхем ARM7, контроллеры на ядре ARM9, как правило, имеют на кристалле кэш память команд и данных, что повышает общую производительность процессора. Корпорация ATMEL выпускает ряд моделей таких микроконтроллеров (см. таблицу 3.1).

Микросхемы имеют раздельное питание ядра и периферийных модулей 1,8 и 3,3 В соответственно. Причём напряжение питания ядра можно изменять в диапазоне 1,65…1,95 В, управляя таким образом потребляемой мощностью (при соответствующем изменении частоты ядра контроллера). Такое сочетание параметров позволяет применять микроконтроллеры ARM9 в самых разных приложениях, в том числе для построения низко потребляющих систем, работающих в режиме реального времени. Для отладки программ предлагается недорогой внутрисхемный эмулятор AT91SAM_ICE. Кстати, он же используется и с микроконтроллерами AT91SAM7. Отличительная особенность микроконтроллеров корпорации Atmel практически любого семейства – наличие на кристалле обширной периферии. Фирменная черта таких микроконтроллеров – хорошо продуманная технология обмена данными между ядром и портами ввода/вывода.

Разработчику необходимо обеспечить возможность взаимодействия встроенных приложений как с внешними устройствами, так и с ядрами, и предоставить программисту максимальный доступ к управлению этими операциями. Необходимо также обеспечить бесшовную и непрерывную передачу данных между памятью и периферийными устройствами без остановок на переинициализацию счётчика транзакций. Это становится

особенно актуальным, если нужно производить передачу потоков данных одновременно по нескольким каналам. Таким образом, в ряде задач на первое место выходит подсистема обслуживания обмена данными между внешними устройствами и внутренней памятью контроллера, иными словами – модуль прямого доступа к памяти.

Atmel добавила в архитектуру процессоров семейства ARM9 многоканальный контроллер периферийных каналов прямого доступа к памяти (PDC – Peripheral DMA Controller), напрямую осуществляющий обмен данными между периферийными устройствами, внутренними регистрами и внешней памятью (см. рис. 1). Как правило, периферийный модуль микроконтроллера AT91 имеетдва выделенных канала PDC. Один из них предназначен для приёма данных, другой – для передачи. Каждый канал периферийного контроллера PDC содержит 32 битный регистр – указатель адреса, 16_битный регистр – счётчик пересылок, 32 битный регистр – указатель следующего адреса памяти и 16 битный регистр – счётчик для следующих пересылок. Периферийные модули переключают потоки данных PDC, используя сигналы приёма передачи. По окончании пересылки первого программного блока данных соответствующий периферийный модуль генерирует прерывание окончания пересылки, после чего автоматически начинается пересылка второго блока данных. Обработка данных первого блока может выполняться параллельно процессором ARM. В этом случае отсутствуют «медленные» прерывания, замедляющие обновление регистров указателей в режиме реального времени.

Таким образом, обеспечивается высокоскоростная пересылка данных в периферийный контроллер. PDC имеет выделенные регистры состояния, указывающие для каждого канала возможность или невозможность пересылки. В любой момент времени можно считать из памяти адрес размещения очередной пересылки и количество оставшихся пересылок.

Все микроконтроллеры Atmel семейства ARM9 содержат модуль управления памятью (MMU, Memory Management Unit). Этот модуль необходим для полноценной работы операционных систем класса Linux или Windows. Для микросхем без модуля MMU, таких как микросхемы на базе ядра ARM7, разработана усечённая операционная система microLinux с ограниченными возможностями. «Родоначальником» семейства ARM9 у ATMEL является микроконтроллер AT91RM9200, построенный на ядре ARM920TDMI. Эта микросхема выпускается уже несколько лет и изделия на его основе производят многие компании в мире.

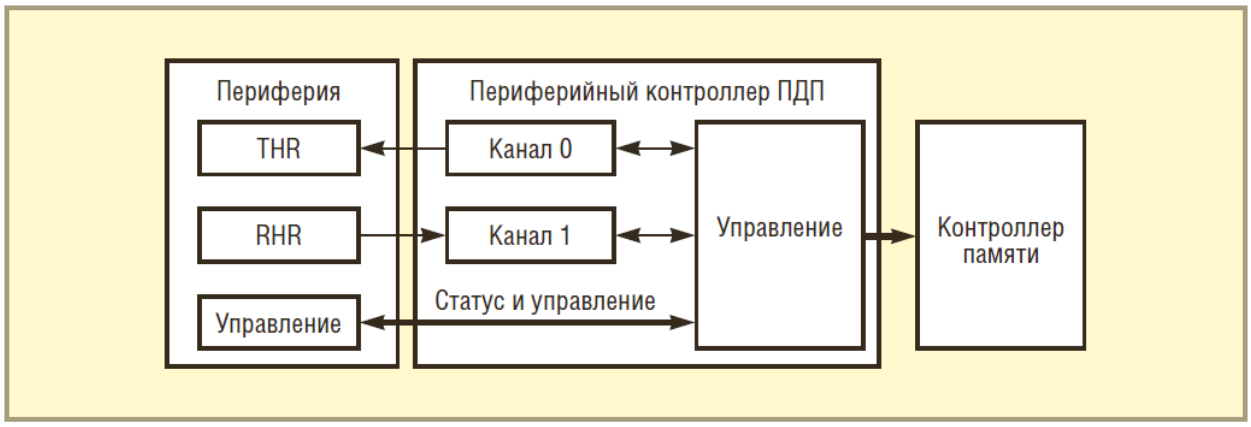


Рисунок 3.1 – Структура многоканального контроллера PDC

Самые первые микроконтроллеры семейства SAM7 – AT91SAM7A1 и AT91SAM7A1 и AT91SAM7A2 – не имели Flash-памяти на кристалле. Фактически, каждый современный микроконтроллер содержит на кристалле помимо модулей задержки запуска после подачи питания (POR,Power-on-Reset) и слежением за уровнем питания (BOD, Brown-Out-Detector) также Flash-память, в которой размещается программа, а при необходимости, и данные. Содержимое этой Flash-памяти может быть модифицировано как средствами самой программы, так и «из внешнего мира». Естественно, доступ к памяти снаружи можно запретить, установив бит защиты памяти. Контроллеры SAM7 имеют расширенные возможности для управления доступом к Flash-памяти. Существует набор битов для блокировки (lock bits), которые запрещают возможность модификации содержимого определенного регионов памяти, и собственно, бит защиты (security bits), который предотвращают несанкционированный доступ к содержимому Flash-памяти. Важно, что при установленном security bit происходит блокировка работы интерфейса JTAG.

Контроллер имеет четыре способа загрузки памяти:

- посредством внешнего программатора;
- через интерфейс JTAG;
- через порт UART;
- через порт USB.

Контроллер содержит на кристалле отдельное масочное ПЗУ, в котором находится программа автопрограммирования. Таким образом, для загрузки микросхемы по портам UART или USB нужен лишь соответственный стандартный кабель UART или USB, причем при использовании USB-кабеля не требуется отдельного источника питания.

В режиме программирования контроллер при запуске опрашивает порты UART и USB и, в случае обнаружения активности на одном из них, переходит в режим ожидания внешней команды. Что интересно, опрос порта UART происходит с автосканированием частоты, таким образом, можно получить соединение на скорости 115200 бод, используя различные

номиналы кварцевых резонаторов и коэффициенты настройки цепи ФАПЧ генератора[7].

3.2 Рекомендация RS-485 стандарт для использования в балансных многоточечных системах

RS-485 (Recommended Standard 485 или EIA/TIA-485-A) – рекомендованный стандарт передачи данных по двухпроводному полудуплексному многоточечному последовательному симметричному каналу связи. Совместная разработка ассоциаций: Electronic Industries Alliance (EIA) и Telecommunications Industry Association (TIA). Стандарт описывает только физические уровни передачи сигналов (т.е. только 1-й уровень модели взаимосвязи открытых систем OSI). Стандарт не описывает программную модель обмена и протоколы обмена. RS-485 создавался для расширения физических возможностей интерфейса RS232 по передаче двоичных данных.

Название: Recommended Standard 485 Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Multipoint Systems.

Электрические характеристики генераторов и приёмников для использования в балансных многоточечных системах.

Разработчик: Electronics Industries Association (EIA).

Ассоциация промышленной электроники.

Выпуски стандарта:

- RS-485A (Recommended Standard 485 Edition: A) год выпуска 1983.
-EIA 485-A год выпуска 1986.
-TIA/EIA 485-A год выпуска 1998.
- TIA/EIA 485-A год редакции 2003.

Международные и национальные стандарты основанные на стандарте RS-485.

ISO/IEC 8482 (1993г. действующий)
Издатель: ISO, IEC
Название: Information technology - Telecommunications and information exchange between Systems - Twisted pair multipoint interconnections.
Старые редакции:
ISO 8284 (1987г. не действующий)
ITU-T v.11 (1996г. действующий)
Издатель: INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION
Название: Electrical characteristics for balanced double-current interchange circuits opertiong at data signalling rates up to 10 Mbit/s.
Старые редакции:
ITU-T v.11 (1993г. не действующий)
CCITT v.11 (1988г. не действующий)
ANSI/TIA-485-A (1998г. действующий)

Издатель: American National Standards Institute, ANSI
Название: Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems.

Свойства интерфейса стандарта RS-485.

1. Двунаправленная полудуплексная передача данных. Поток последовательных данных передаётся одновременно только в одну сторону, передача данных в другую сторону требует переключения приёмопередатчика. Приёмопередатчики принято называть "драйверами"(driver), это устройство или электрическая цепь, которая формирует физический сигнал на стороне передатчика.

2. Симметричный канал связи. Для приёма/передачи данных используются два равнозначных сигнальных провода. Провода означаются латинскими буквами "A" и "B". По этим двум проводам идет последовательный обмен данными в обоих направлениях (поочередно). При использовании витой пары симметричный канал существенно повышает устойчивость сигнала к синфазной помехе и хорошо подавляет электромагнитные излучения создаваемые полезным сигналом.

3. Дифференциальный (балансный способ передачи данных). При этом способе передачи данных на выходе приёмопередатчика изменяется разность потенциалов, при передаче "1" разность потенциалов между AB положительная при передаче "0" разность потенциалов между AB отрицательная. То есть, ток между контактами A и B, при передачи "0" и "1", течёт (балансирует) в противоположных направлениях.

4. Многоточечность. Допускает множественное подключение приёмников и приёмопередатчиков к одной линии связи. При этом допускается подключение к линии только одного передатчика в данный момент времени, и множество приёмников, остальные передатчики должны ожидать освобождения линии связи для передачи данных.

5. Низкоимпендансный выход передатчика. Буферный усилитель передатчика имеет низкоомный выход, что позволяет передавать сигнал ко многим приёмникам. Стандартная нагрузочная способность передатчика равна 32-м приёмникам на один передатчик. Кроме этого, токовый сигнал используется для работы "витой пары" (чем больше рабочий ток "витой пары", тем сильнее она подавляется синфазные помехи на линии связи).

6. Зона нечувствительности. Если дифференциальный уровень сигнала между контактами AB не превышает ±200мВ, то считается, что сигнал в линии отсутствует. Это увеличивает помехоустойчивость передачи данных.

Технические характеристики RS-485.

- Допустимое число приёмопередатчиков (драйверов) 32
- Максимальная длина линии связи 1200 м (4000ft)
- Максимальная скорость передачи 10 Мбит/с
- Минимальный выходной сигнал драйвера ±1,5 В
- Максимальный выходной сигнал драйвера ±5 В

- Максимальный ток короткого замыкания драйвера 250 мА
- Выходное сопротивление драйвера 54 Ом
- Входное сопротивление драйвера 12 кОм
- Допустимое суммарное входное сопротивление 375 Ом
- Диапазон нечувствительности к сигналу ±200 мВ
- Уровень логической единицы (Uab) >+200 мВ
- Уровень логического нуля (Uab) <-200 мВ

Входное сопротивление для некоторых приёмников может быть более 12 кОм (единичная нагрузка). Например, 48 кОм (1/4 единичной нагрузки) или 96 кОм (1/8), что позволяет увеличить количество приёмников до 128 или 256. При разных входных сопротивлениях приёмников необходимо, чтобы общее входное сопротивление не было меньше 375 Ом[8].

Описание работы RS-485.

Так как стандарт, RS-485 описывает только физический уровень процедуры обмена данными, то все проблемы обмена, синхронизации и квитирования, возлагаются на более высокий протокол обмена. Как мы уже говорили, наиболее часто, это стандарт RS-232 или другие верхние протоколы (ModBus , DCON и т.п.).

Сам RS-485 выполняет только следующие действия:

1. Преобразует входящую последовательность "1" и "0" в дифференциальный сигнал.
2. Передает дифференциальный сигнал в симметричную линию связи.
3. Подключает или отключает передатчик драйвера по сигналу высшего протокола.
4. Принимает дифференциальный сигнал с линии связи.

Если подключить осциллограф к контактам A-B (RS-485) и контактам GND-TDx(RS-232), то вы не увидите разницы в форме сигналов передаваемых в линиях связи. На самом деле, форма сигнала RS-485 полностью повторяет форму сигнала RS-232, за исключением инверсии (в RS-232 логическая единица передается напряжением -12 В, а в RS-485 +5 В).

Рисунок 3.2 Форма сигналов RS-232 и RS-485 при передаче двух символов "0" и "0".

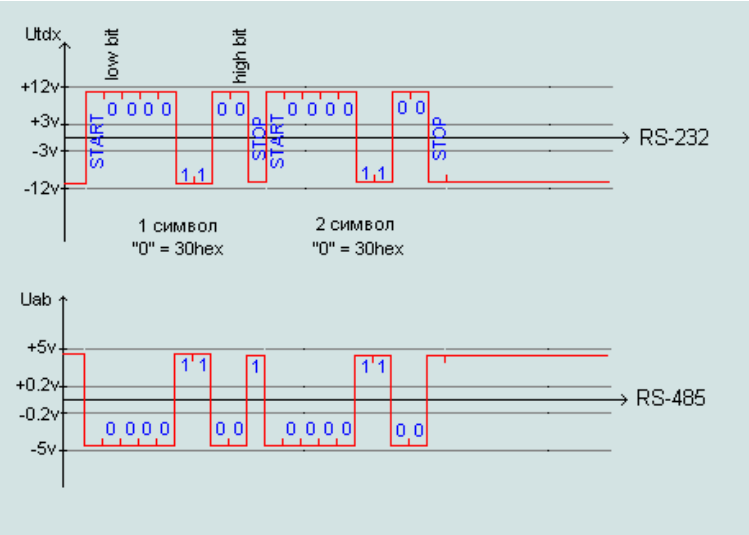


Рисунок 3.2 – Простое преобразование уровней сигнала по напряжению

Хотя форма сигналов одинаковая у выше указанных стандартов, но способ их формирования и мощность сигналов различны.

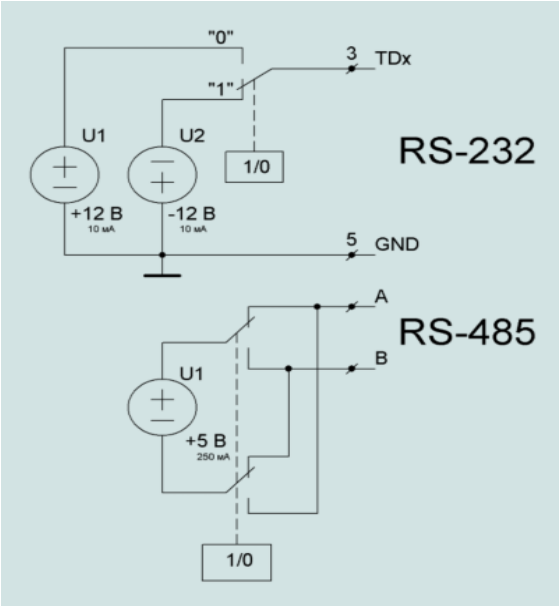


Рисунок 3.3 - Формирование сигналов RS-485 и RS-232

Преобразование уровней сигналов и новый способ их формирования позволил решить ряд проблем, которые в своё время не были учтены при создании стандарта RS-232.

Преимущества физического сигнала RS-485 перед сигналом RS-232

1. Используется однополярный источник питания +5В, который используется для питания большинства электронных приборов и микросхем. Это упрощает конструкцию и облегчает согласование устройств.

2. Мощность сигнала передатчика RS-485 в 10 раз превосходит мощность сигнала передатчика RS-232. Это позволяет подключать к одному передатчику RS-485 до 32 приёмников и таким образом вести широковещательную передачу данных.
3. Использование симметричных сигналов, у которой имеется гальваническая развязка с нулевым потенциалом питающей сети. В результате исключено попадание помехи по нулевому проводу питания (как в RS-232). Учитывая возможность работы передатчика на низкоомную нагрузку, становится возможным использовать эффект подавления синфазных помех с помощью свойств "витой пары". Это существенно увеличивает дальность связи. Кроме этого появляется возможность "горячего" подключения прибора к линии связи (хотя это не предусмотрено стандартом RS-485). Заметим что в RS-232 "горячее" подключение прибора обычно приводит к выходу из строя COM порта компьютера[9].

Описание обмена данными по стандарту RS-485:

Каждый приёмопередатчик (драйвер) RS-485 может находиться в одном из двух состояний: передача данных или приём данных. Переключение драйвера RS-485 происходит с помощью специального сигнала. Например, на рис.3 показан обмен данными с использованием преобразователя АС3 фирмы Овен. Режим преобразователя переключается сигналом RTS. Если RTS=1 (True) АС3 передает данные, которые поступают к нему от COM порта в сеть RS-485. При этом все остальные драйверы должны находиться в режиме приёма (RTS=0). По сути дела RS-485 является двунаправленным буферным мультиплексированным усилителем для сигналов RS-232.

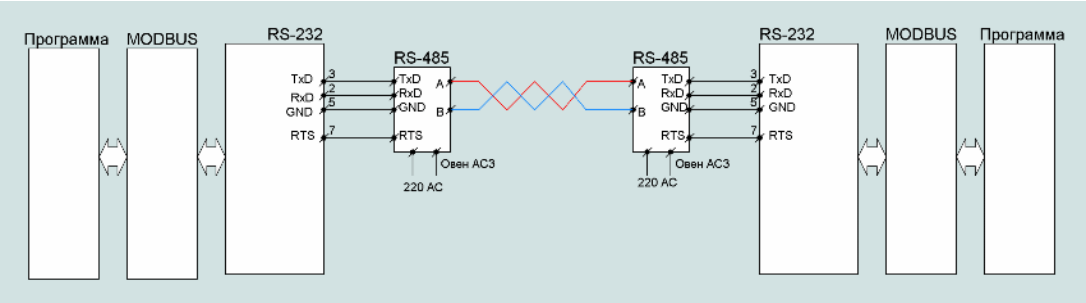


Рисунок 3.4 - Пример использования преобразователя Овен АС3

Ситуация когда в одно время будет работать более одного драйвера RS-485 в режиме передатчика приводит к потере данных. Эта ситуация называется "коллизией". Чтобы коллизии не возникали в каналах обмена данными необходимо использовать более высокие протоколы (OSI). Такие как MODBUS, DCON, DH485 и др. Либо программы, которые напрямую работают с RS-232 и решают проблемы коллизий. Обычно эти протоколы называют 485-тыми протоколами. Хотя на самом деле, аппаратной основой

всех этих протоколов служит, конечно, RS-232. Он обеспечивает аппаратную обработку всего потока информации. Программную обработку потока данных и решение проблем с коллизиями занимаются протоколы высшего уровня (Modbus и др.) и ПО.

Основные принципы реализации протоколов верхнего уровня (типа MODBUS)

Кратко рассмотрим эти протоколы, хотя они не имеют отношение к стандарту RS-485. Обычно протокол верхнего уровня включает в себя пакетную, кадровую или фреймовую организацию обмена. То есть, информация передаётся логически завершенными частями. Каждый кадр обязательно маркируется, т.е. обозначается его начало и конец специальными символами. Каждый кадр содержит адрес прибора, команду, данные, контрольную сумму, которые необходимы для организации многоточечного обмена. Чтобы избежать коллизий обычно применяют схему "ведущий"(master)-"ведомый"(slave). "Ведущий" имеет право самостоятельно переключать свой драйвер RS-485 в режим передачи, остальные драйверы RS-485 работают в режиме приёма и называются "ведомыми". Чтобы "ведомый" начал предавать данные в линию связи "ведущий" посылает ему специальную команду, которая дает прибору с указанным адресом право переключить свой драйвер в режим передачи на определенное время.

После передачи разрешающей команды "ведомому", "ведущий" отключает свой передатчик и ждет ответа "ведомого" в течение промежутка времени, который называется "таймаут". Если в течении таймаута ответ от "ведомого" не получен, то "ведущий" снова занимает линию связи. В роли "ведущего" обычно выступает программа, установленная на компьютер. Существуют и более сложная организация пакетных протоколов, которая позволяет циклически предавать роль "ведущего" от прибора к прибору. Обычно такие приборы называют "лидерами", либо говорят что приборы передают "маркер". Владение "маркером" делает прибор "ведущим", но он должен будет обязательно передать его другому прибору сети по определённому алгоритму. В основном, указанные выше протоколы, отличаются по этим алгоритмам.

Как мы видим, верхние протоколы имеют пакетную организацию и выполняются на программном уровне, они позволяют решить проблему с "коллизиями" данных и многоточечную организацию обмена данными.

Реализация приемопередатчиков(драйверов) RS-485.

Многие фирмы изготовляют приемопередатчики RS485. Называют их обычно конверторы RS232 - RS485 или преобразователи RS232-RS485. Для реализации этих приборов выпускается специальные микросхемы. Роль этих микросхем сводится к преобразованию уровней сигналов RS232C к уровню сигналов RS485 (TTL/CMOS) и обратно, а также обеспечение работы полудуплексного режима.

По способу переключения в режим передачи различают приборы:

1. Переключающиеся с помощью отдельного сигнала. Для перехода в режим передачи необходимо выставить активный сигнал на отдельном входе. Обычно это сигнал RST (COM порта). Эти приемопередатчики сейчас редко встречаются. Но, тем не менее, они иногда не заменимы. Допустим нужно прослушивать обмен данными между контроллерами промышленного оборудования. При этом, ваш приёмопередатчик не должен переходить в режим передачи, чтобы не создать коллизию в данной сети. Использование приёмопередатчика с автоматическим переключением здесь не допустимо. Пример такого конвертера Овен АС3.
2. С автоматическим переключением и без проверки состояния линии. Наиболее распространённые конверторы, которые переключаются автоматически при появлении на их входе информационного сигнала. При этом они не контролируют занятость линии связи. Эти конверторы требуют осторожного применения из-за высокой вероятности возникновения коллизий. Пример конвертора Овен АС3М.
3. С автоматическим переключением и с проверкой состояния линии. Наиболее продвинутые конверторы, которые могут передавать данные в сеть только при условии, что сеть не занята другими приёмопередатчиками и на входе имеется информационный сигнал[10].

3.3 Оценка эффективности передачи кодовых форматов в УСПД

Эффективность передачи кодовых форматов УСПД должны обеспечивать высокую достоверность передачи сообщений и высокую надежность передачи команд в режиме реального времени, т. е. с наименьшим запаздыванием по отношению к контролируемым процессам.

Основные требования к передаче данных в УСПД, используемых в АСКУЭ БП, сводятся к следующему:

- обеспечение высокой достоверности передачи в сложных условиях эксплуатации, в частности в условиях высокого уровня помех в каналах связи. В этих условиях передаваемые сигналы должны быть надежно защищены от не обнаруживаемых искажений (ошибок), от неправильного приема кодовых форматов вследствие ошибок синхронизации, от потерь сообщений и возникновения ложных сообщений, и в том числе их трансформации;

- обеспечение минимального времени передачи в условиях узкополосных каналов связи с повышенным уровнем помех путем применения короткоформатньх кодов;

- обеспечение передачи произвольной последовательности бит от источника данных, т. е. применение “бит-ориентированных» кодов.

Сообщения, передаваемые по каналам связи, формируются в кодовые конструкции (кодовые форматы) длиной n бит, содержащие информационные n_u, контрольные k и служебные биты (биты синхронизации, адресные, функционального назначении и пр.).

Правильно (без ошибок) принятый кодовый формат гарантирует правильность содержащихся в нем сообщен. Эффективность передачи кодового формата (EFF) определяется отношением правильно принятых информационных бит к общему числу бит в формате:

$$EFF = \frac{n_u q^n}{n} \qquad (3.1)$$

где $q = (1 — p)$ — вероятность правильного приема бита; q^n — вероятность правильного приема всех n бит в формате.

При подсчете эффективности телепередачи данных в системах следует также учитывать служебные сигналы, необходимые для ведения диалога между передатчиком и приемником квитирующие сигналы и пр.

Скорость передачи информации определяется средним числом бит информации в секунду, переданных от источника данных и правильно принятых приемником. В соответствии с этим скорость передачи кодовых форматов определяется как эффективность передачи в единицу времени: EFF·v, где v — скорость передачи сигналов, бит/с.

3.3.1 Стандартные кодовые форматы передачи информации

Формат FT1.1 обеспечивает расстояние Хэмминга d = 2, кодовое слово содержит 11 бит: 1 бит — старт, 8 бит — информация, 1 бит — защита по четности (нечетности) и 1 бит — стоп. Добавление в конце предложения одного контрольного 11 -битового слова образует формат FT1.2 1 с кодовым расстоянием d = 4.

Контрольное слово, так же как все остальные кодовые слова, имеет биты старт, стоп, бит четности и, кроме того, 8 бит контрольную сумму CS, образованную арифметическим суммированием всех ин формационных байт предшествующих кодовых слов по модулю 256.

Форматы FT2 и FT3 образуются кодовыми блоками длиной до 16 байт (n = 128 бит). Информационные кодовые слова этих форматов содержат по 8 бит (байт, октет). Контрольные слова формируются по законам циклического кода. Контрольное слово формата FT2 имеет длину 8 бит, что обеспечивает d = 4 при числе информационных байт до 15.

Контрольное слово формата FT 3 имеет длину 16 бит, что обеспечивает d = 6 при числе информационных байт до 14.

Асинхронная (старт-стопная) передача в электронных системах — метод передачи, при котором передаются группы синхронных сигналов, разделенные интервалами произвольной длительности.

При синхронной передаче момент начала передачи сообщения, определяемый моментом посылок стартового сигнала, может быть произвольным.

Размер “окна передачи” — число кодовых предложений, которые можно передавать без подтверждения приема перед тем, как обнаружена ошибка в предложении, требующая автоматического повторения передачи, требующая автоматического повторения передачи.

Форматы FT1.1 обеспечивают класс достоверности I_1 и могут использоваться при передаче информации с относительно невысокой достоверностью, например в циклических системах измерения.

Форматы FT1.2 и FT2 обеспечивают класс достоверности I_2 и должны при передаче сообщений с повышенной достоверностью, например информации контроля, важных параметров измерения и т. п.

Формат FT3 обеспечивает класс достоверности I_3 во всем диапазоне изменения вероятности ошибки на бит ($p < 0,5$) и класс I_3 при $p \le 10^{-3}$. Этот формат используется при передаче особо важных сообщений, например команд управления и т. п.

3.3.2 Характеристика достоверности стандартных кодовых форматов

Формат FT1.1. Вероятность приема ложного слова

$$R(FT1.1) = (\sum A_e p^e q^{9-e}) q^2; \quad (3.2)$$

где Ae- число не обнаруживаемых ошибок, кратности e, в 9 битах

$A_e = C_9^e$, e=2, 4, 6, 8

Сомножитель q2 учитывает вероятность правильного приема двух битов: старт-стоп.

Эффективность передачи кодового слова формата FT1.1

$$EFF(FT1.1) = \frac{8}{11} q^{11} = 0,73 q^{11}; \quad (3.3)$$

Если первое слово отводится для передачи числа L информационных слов в кодовом предложении, то эффективность передачи составит

$$EFF(FT1.1L) = \frac{8}{11(t+1)} q^{11(i+1)}; \quad (3.4)$$

где i- число информационных байт в предложении.

Формат FT1.2 d=4. Вероятность ложного сообщения

$$R'(FT1.2) \approx 0{,}5R(FT1.2)q^{11s}; \qquad (3.5)$$

где R(FT1.2) – вероятность необнаруживаемых ошибок в кодовом блоке формата FT1.2, состоящем из i кодовых слов, защищенных по паритету по горизонтали и вертикали; R'(FT1.2)- то же, что R(FT1.2), но с заменой контрольного слова, образованного защитой по паритету по вертикали, контрольной арифметической суммой всех информационных бит по вертикали по модулю 256. При этом вероятность ложных сообщений уменьшается примерно вдвое.

Коэффициент q11s соответствует вероятности правильного приема кодовых слов «старт» и «стоп» и кодового слова L, означающего число информационных байт в предложении. Для формата с фиксированной длиой s=2 (слово «старт» и слово «стоп»).

Для формата с переменной длиной s=5 (два слова «старт», два слова длина L и одно слово «стоп»).

Эффективность передачи формата FT1.2

$$EFF(FT1.2) = \frac{8i}{11(i+s+1)} q^{11(i+s+1)}; \qquad (3.6)$$

где s-число дополнительных контрольных слов, исключая слово контрольной суммы.

Формат FT2. Число необнаруживаемых ошибок кратности e в укороченном циклическом коде длиной n=128 приблизительно равно

Вероятность ложных сообщений

$$R(FT2) = (\sum_e A(FT2)p^e q^{n-e})q^8; \qquad (3.7)$$

Коэффициент q^8 определяет вероятность правильного приема контрольно слова длиной 8 бит. Эффективность передачи формата FT2 при числе информационных байт $i \le 15$ и одном байте старт

$$EFF(Ft2) = \frac{i}{i+2} q^{8(i+2)}; \qquad (3.8)$$

Формат FT3. Число необнаруживаемых ошибок кратности e в циклическом коде длины 8i, i=3,4,5…….,16 приблизительно равно

$$A(FT3) \approx \frac{1}{2^{15}} C_n^e; \qquad (3.9)$$

e = 6, 8, …, 256

Вероятность ложных сообщений

$$R(FT3) = (\sum_e A(FT3)p^e q^{n-e})q^{16}; \qquad (3.10)$$

Коэффициент q^{16} определяет вероятность правильного приема контрольного слова длиной 16 бит

Эффективность передачи формата FT3 при числе информационных байт i ≤ 14 и двух байтах старт

$$EFF(FT3) = \frac{i}{i+4} q^{8(i+4)} \quad ; \qquad (3.11)$$

На рисунке 3.5 представлены зависимости эффективности передачи кодовых форматов EFF, %, от вероятности ошибки на бит для рассмотренных кодовых форматов.

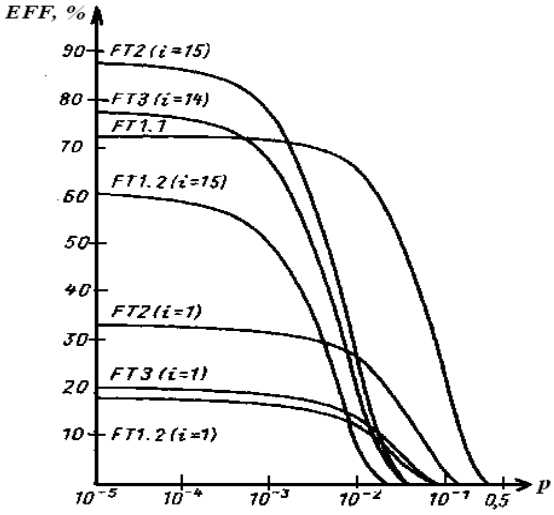


Рисунок 3.5 – Эффективность передачи кодовых форматов FT1.1, FT.2, FT2, FT31

3.3.3 Кодовый формат протокола HDLC

Протокол HDLC один из наиболее распространенных протоколов в системах связи, используемых для передачи данных различного назначения. Он предложен фирмой IBM и принят в качестве стандарта МККТТ. В разрабатываемых стандартах МЭК (ICE) по телемеханике наряду с принятыми протоколами асинхронной передачи, ставится также вопрос об использовании протокола HDLC для синхронной передачи в системах телемеханики.

При отсутствии передачи сообщений (спокойное состояние канала) первичная станция (станция, начинающая диалоговую процедуру передачи сообщений) посылает в канал связи чередующуюся последовательность единиц и нулей, называемую меандром. Меандр обеспечивает постоянную синхронизацию генераторов первичной и вторичной станций системы. Именно из-за наличия меандра в спокойном состоянии канала протокол HDLC может быть использован в системах с синхронным методом передачи данных

Основная проблема использования протокола HDLC в качестве стандартного для систем состоит в том, что формат HDLC обладает низким

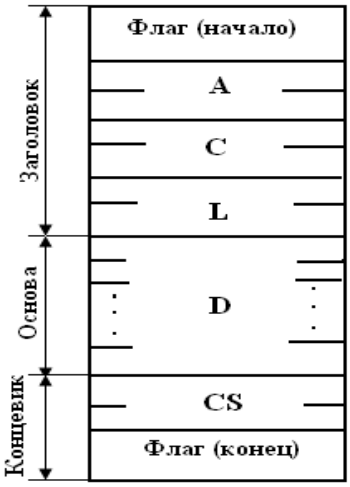
кодовым расстоянием, не превосходящим d = 2, т. е. в принципе возможны ложные сообщения при двукратных ошибках (хотя вероятность этих ошибок невелика)

Типовая структура кадра сообщений в протоколе HDLC представлена на рисунке 3.6.

Кадр состоит из трех частей: заголовка, в который входят байт начала (открывающий флаг) байты адреса A управления C и длины L (числа), основы — информационной байт данных D, «концевика» содержащего защитные байты CS и конец (закрывающий флаг). Открывающий и закрывающий флаги обычно совпадают и имеют всегда фиксированную последовательность бит: 01111110. Указанная последовательность (шесть единиц подряд, обрамленные нулями) встречается только во флагах кадра, благодаря чему они легко от различимы от прочих слов кадра. Такие слова носят название “прозрачных” маркеров. Для того чтобы обеспечить отличие флагов от остальных слов кадра и чтобы не вводить ограничения при передаче сообщений, в протоколе HDLC специфическая операция при кодировании всех слов кадра, кроме флагов, называемая бит-стаффингом.

Она состоит в том, что после кодирования последовательности из пяти единиц подряд принудительно вставляется разделительный бит 0, т. е. информационная последовательность, содержащая подряд шесть единиц (111111), в результате битстаффинга выглядит следующим образом: 1111101.

При декодировании такой последовательности производится устранение вставленного после пяти единиц нуля (т. е. операция, обратная бит-стаффингу). Тем самым достигается “прозрачность” флагов.



A - поле адреса, обычно 1, 2 байта; C — поле управления, обычно 1 байт;

L — поле длины данных, обычно 1 байт; D — данные (число байт определяется L); CS — поле защиты (контроля), обычно 1, 2 байта

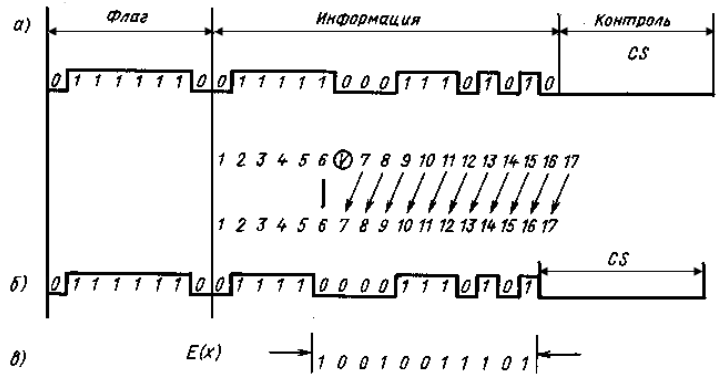
Рисунок 3.6 – Кадр сообщений в протоколе HDLC

Однако именно из-за бит-стаффияга протокол HDLC уязвим дня однократных ошибок (при отсутствия закрывающего флага) или двух кратных ошибок (при наличии закрывающего флага).

На рисунке 2.10. представлен пример кодовой последовательности в протоколе HDLC при отсутствии закрывающего флага, иллюстрирующий возможность ложного сообщения при однократной помехе, в результате которой 0 бит-стаффинга, подлежащий отбрасыванию при декодирования, превращается в информационный 0 из-за перехода бита №6 из 1 в 0. Положим, что начиная с бита №16 (После отброса бит-стаффинга) начинается проверочное слово CS.

В результате однократного искажения происходят сдвиг последовательности информационных символов: бит №8, №8 – как №9 и т. д..

При этом образуется код ошибки (начиная с бита №6): 10010011101, т. е. $E(x) = x^{10} + x^7 + x^4 + x^3 + x^2 + x^1$. Если этот вектор ошибки E(x) разделится на образующий полином P (x) без остатка, то однократная ошибка даст ложное сообщение. Положим, что высшая степень P (x) равна т, т.е. в контрольном слове CS осуществляется r проверок на четность. Следовательно, вероятность не обнаружения ошибки составляет при случайном наборе битов $1/2^r$.



а – переданная последовательность, *v* – бит – стаффинг; *б* – принятая последовательность; *в* – вектор ошибки E(x)

Рисунок 3.7 – Формирование вектора ошибки E(x) при однократной помехе в формате HDLC

Аналогичные ошибки при приеме возможны при ложном битстаффинге.

При наличии закрывающего флага всякая однократная помеха обнаруживается приемником. Дня образования ложного сообщения не обходимо минимум двойное искажение (d = 2).

Ложные сообщения могут возникнуть, например, при подавлении битстаффвяга (одна ошибка) и одном ошибочном (инверсном) бите (вторая ошибка).

Вычисление вероятностей ложных сообщений в протоколе HDLC представляет определенные трудности. Наиболее целесообразный метод определения вероятности не обнаруживаемых ошибок — метод перебора всех возможных ошибочных комбинаций с помощью ЭВМ.

Для ориентированной оценки вероятности не обнаруживаемых ошибок в коде HLDC можно рекомендовать следующие формулы, определяющие усредненные вероятности по всем возможным кодовым комбинациям и фазе воздействия ошибок в кадре: для однократных ошибок

$$R_1 = pq^{n-1} 2^{-r} A_1; \tag{3.12}$$

где

$$A_1 = \frac{5}{62}(n-r)\frac{1}{2}; \tag{3.13}$$

3.3.4 Кадры сообщений

Содержание и функциональное назначение сигналов, которыми обмениваются передающая и принимающая станции в системах с многоточечной структурой, в процессе реализации того или иного класса диалоговых процедур задаются специальными служебными байтами, которые наряду с информационными байтами входят в кодовую конструкцию, образующую кадры сообщений.

Кадры сообщения состоит из следующих частей: заголовка кадра и тела кадра, которые в свою очередь подразделяются на функциональные поля, содержащие один или несколько байт. Заголовок это начальный кодовый блок кадра, который включает поле длины кадра L, поле адреса A, поле управления данными C, поле данных D и, как всякий кодовый блок, поле контроля CS.Тело кадра содержит несколько информационных блоков (в зависимости от заданной длины L), оканчивающихся байтом (или байтами) контроля C S. Кадр обрамляется байтами начала (так же именуется флагом кадра) и конца кадра. Байты начала и конца кадра выполняют функции синхронизация и контроля длительности кадра.

В процессе диалога используются так называемые полные (длинные) кадры, которые применяются для передачи данных, либо укороченные (короткие) кадры — для передачи запросов, подтверждений и т. д.

Кадры сообщений, базируются на стандартных кодовых форматах FT1.2, FT2, FT3. При этом они соответствуют классам достоверности I_2 и I_3.

Длинный кадр на базе формата FT1.2 (с переменной длиной). В качестве слова “начало” используется байт 68 Н, который повторяется в четвертом байте. Второй и третий* байты отводятся для обозначения длины L; перед информационными байтами следуют байт управления С и байт адреса А.

Укороченный кадр формата FT1.2 начинается байтом “начало” 10Н. В качестве квитанций о приеме информации используются фиксированные байты Е5 Н либо А2 Н.

Аналогично формируются кадры на базе форматов FT2 и FT3.

Третий байт является повторением второго.

Назначение полей кадра

Поле — длинаL — обычно содержит один байт и обозначает число байт данных D) в информационных блоках кадра (в теле кадра). Значение L лежит в пределах 0—127 либо 0—255.

Адресное поле_ А кадра сообщения, посылаемого от передающей (первичной) к принимающей (вторичной) станции, содержит адрес принимающей станция (адрес назначения). Адресное поле кадра отвечающей (запрашиваемой) станции содержит адрес этой станции (адрес источника информации). Число байт адресного поля i зависит от конкретных условий применения. Число адресов составляет от 0 до 2^{8i} - 1. Первым передается адресный байт, соответствующий наименьшему (по номеру) адресу.

Адрес, предназначаемый всем станциям (циркулярный адрес), соответствует номеру $2^{8i} – 1$.

Поле управления С содержит информацию о направлении сообщения (от первичной станции ко вторичной или наоборот), о функциональном назначении кадра, о классе диалоговых процедур, а также сигналы, обеспечивающие функции защиты от потерь и повторения сообщений.

Последовательность передачи бит в линию, начиная со старшего разряда:

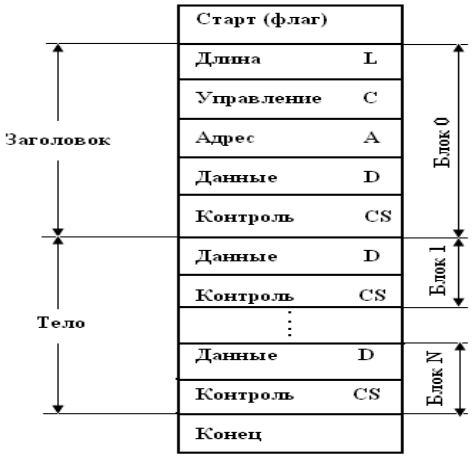


Рисунок 3.8 - Структура кадра сообщений

Первичная станция при каждой новой процедуре посылка—квитанция или запрос—ответ чередует значение СЧБ. Тем самым первичная станция как бы сохраняет копию номера посылки (четного—нечетного) до ее квитанции или ответа со стороны вторичной станции.

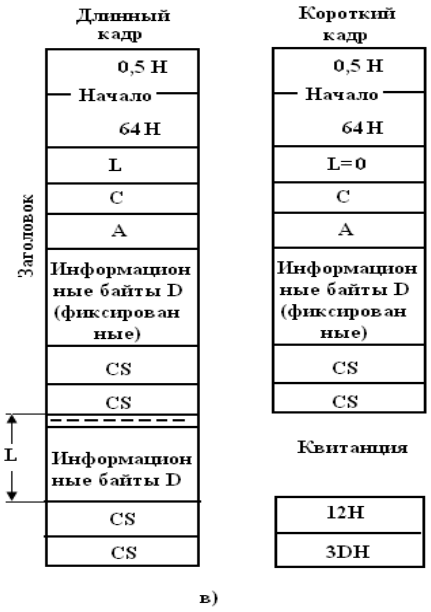
Если ответ или подтверждение (квитанция) отсутствуют, то новая посылка посылается с тем же значением СЧБ;

В случае посылки команды “установка в 0” (1RESET) (таблица 3.6.1) значение СЧБ всегда О и ОСБ равна 0.

Процедура передачи посылка без ответа — класс 31

а) Сигналы между пользовательскими и канальными уровнями (первичная процедура)

Первичная станция. От пользовательского уровня посылается сигнал ЗАК (S1) на установку процедуры S1 в канале связи. Если канальный уровень не способен осуществлять передачу сообщений (неисправность модема или неисправность передатчика и т. п.), то он уведомляет об этом пользовательский уровень сигналом уведомления УВК (отрицательная



квитанция).

Рисунок 3.9 - Кадры сообщений для стандартных кодовых форматов: а – кадры формата FT2; в – кадры формата FT3; L – поле длины; C – поле управления; A- поле адреса; CS – байт защиты

Вторичная станция. При правильном приеме сообщения (без обнаружения ошибок) канальный уровень посылает сигнал “разрешение исполнения принятых данных” РИ (1)), означающий, что пользователь может использовать полученные данные. После завершения приема сообщения

пользователь может уведомить об этом канальный уровень сигналом уведомления УВП.

б) Сигналы передачи по каналу связи (интерфейс канал—канал)

В канал посылается кадр (посылка 1)) с функциональным кодом в поле управления, соответствующий классу процедуры 81, и информационными данными 1. Между посылками очередных кадров необходимо выдерживать интервал спокойного состояния I. в соответствия с выбранными кодовыми форматами ETI .2, PT2 или ГТЗ. Принимающая станция сохраняет принятый кадр в буфере.

Таблица 3.4 - Функциональные коды поля управления С. Передача от вторичной станции (НПР=0)

Номер Кода	Элемент диалоговой процедуры	Назначение функционального кода
0	Квитанция	Положительное подтверждение (положительная квитанция) - КВП
1	Квитанция	Отрицательное подтверждение (отрицательная квитанция) – КВО
2-5	-	Резерв по согласованно с пользователем
6-7	-	
8	Ответ	
9	Ответ	Ответ – сообщение (информационные данные)
10	Ответ	Отрицательное сообщение: требуемые данные не могут быть переданы
11	Ответ	
12-13	-	Состояние канала связи или наличие данных для передачи
14-15	-	Резерв по согласованно с пользователем

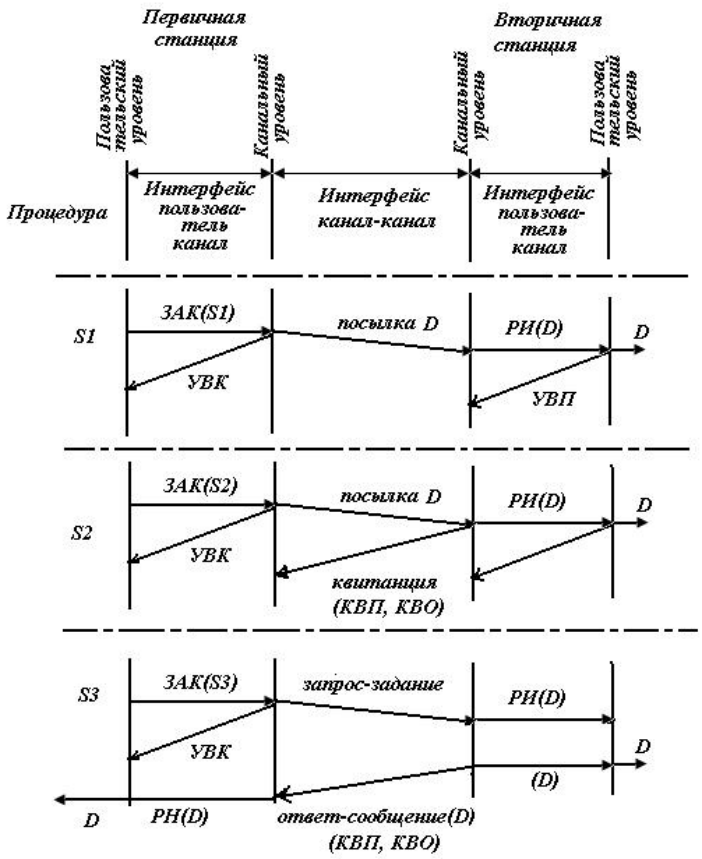


Рисунок 3.10 - Схемы обмена сигналами между канальными и пользовательскими уровнями при различных диалоговых процедурах

Процедуры передачи посылка—подтверждение — класс 82

а) Сигналы между пользовательским и канальным уровнями

Первичная станция. От пользовательского уровня поступает сигнал ЗАК на выполнение процедуры2 с указанием числа повторных посылок данных в случае неуспешной передачи (отсутствие квитанции). Если канальный уровень не в порядке (неисправности модема или передатчика и т. п.), то он сразу же уведомляет об этом пользовательский уровень уведомлением УВК (отрицательная квитанция). Если посылка данных по каналу оказывается неуспешной, о чем вторичная станция сообщает первичной соответствующей квитанцией, то канальный уровень передает пользовательскому уровню отрицательную квитанцию УВК. Это же уведомление передается пользователю, если процедура передачи данных оказывается неуспешной после заданного числа повторений (попыток).

Вторичная (квитирующая) станция. Сигнал РИ (1)) от канального уровня означает, что прием данных 1) прошел правильно (без ошибок) и пользователь может ими воспользоваться. Сигнал РИ (О) не вмещается, если новая посылка получена ранее установленного времени исполнения предшествующего сообщения. Разрешение на выдачу РИ (О) может производиться специальным сигналом от пользовательского уровня УВП,

сообщающим об освобождения пользователя для приема нового кадра данных.

б) Сигналы передачи по каналу связи

По каналу связи от первичной станция посылается кадр сообщения с функциональным кодом в поле управления, соответствующим процедуре S2, если предшествующая передача завершена. При успевшем приеме данных вторичная станция отвечает положительной квитанцией (КВП) - При неприеме данных, например из-за переполнения буфера памяти, от вторичной станции посылается отрицательная квитанция (КВО).

Защита от потери и от дублирования (повтора) сообщений. Первичная станция отмечает посылку каждого нового кадра сообщений сменой значения счетного байта СЧБ (0 -* 1 или 1 -* 0). Процедура передачи сообщения оказывается, когда первичная станция получает положительную неискаженную квитанцию от вторичной станции. Если квитанция искажается или вообще отсутствует, то посылка данных 1) от первичной станции повторяется с неизменным значением СЧБ. Максимальное число повторений задается на пользовательском уровне сигналом ЗАК (S2).

Если значение бита СЧБ в следующем кадре изменилось (что означает передачу новых данных), то записанная квитанция (или ответное сообщение) стирается и может быть заменена новой. Передача записываемой в памяти вторичной станции квитанции (или ответные сообщения) повторяется, если вновь принятые данные содержат ошибку.

Процедура запрос—ответ — класс 83

а) Сигналы между пользовательским и канальным уровнями

Первичная (запрашивающая) станция. От пользовательского УРОВНЯ поступает заказ ЗАК (S3) на процедуру S3 с указанием числа повторных запросов. Если канал не может (ПО тем или иным причинам) передать запрос, то пользовать немедленно вешается уведомление УВК (Отрицательная квитанция). Канальный уровень передает кадр запрос, если предыдущая процедура запрос—ответ закончена.

Если Процедура запрос—ответ заканчивается успешно, то канальный уровень вещает пользовательское уровню запрашиваемые данные в сопровождении сигнала РИ (В).

При получении отрицательного ответа от вторичной станции (когда запрашиваемые данные не могут быть переданы) канальный уровень вещает пользовательской сигнал УВК (отрицательную квитанцию). Этот же сигнал УВК передается при неуспешных запросах, повторяемых оговоренное число раз.

Вторичная (запрашиваемая) станция. Если запрос принять без ошибки, то канальный уровень вещает на пользовательский уровень сигнал РИ (З), после которого запрашиваемые данные поступают в канал для передачи ответа — сообщения.

б) Сигналы Передачи по каналу связи

В канал от запрашивающей станции посылается кадр запрос — задание, соответствующий процедуре запрос—ответ функционально к дом

По получении кадра запрос—задание вторичная станция посылает:

либо ответ-сообщение (В), если запрашиваем данные ГОТОВЫ, либо отрицательную квитанцию (КВО) в поле управления ответного кадра, если данные не готовы, либо отрицательную квитанцию в виде отдельного фиксированного байта (либо нескольких байт) при обнаружении ошибки при запросе.

Защита от потерь и Повторных сообщений. Первичная станция отмечает каждый НОВЫЙ кадр процедуры запрос—ответ сменой значения счетного бита (0 -+ 1, 1 - 0). Если предшествую кадр окончился неуспешно (т. е. вместо запрашиваемых данных пришла отрицательная квитанция) то кадр запрос задания повторяется с прежним значением бита СЧБ.

Вторичная станция принимает счетный бит СЧБ и запоминает его в буферной памяти, так же как и посланный ответ данных. Если новый кадр запроса приходит с изменившимся значением счв, То вторичная станция отвечает новыми запрашиваемыми данными и буферная память перезаписывается однако если запрос пришел с тем же значением СЧБ, то посланный ранее ответ данных повторяется.

3.4 Расчет абонентской нагрузки в сотовой сети АСКУЭ БП

Проектирование сетей сотовой подвижной связи, как и предварительный расчет базовой станции, обычно начинают с прогнозирования предполагаемой нагрузки, поэтому вопрос о нагрузке в соте, и в целом, во всей сети, является ключевым. Правильный расчет нагрузки делает систему гибкой, готовой к любым неординарным ситуациям. Изучению нагрузки уделяется много внимания, но в большинстве своем это работы по исследованию статистических данных уже работающих сетей. Данная информация, безусловно, важна, но только для дальнейшей эксплуатации сотовой сети, так как позволяет повысить пропускную способность базовой станции, избавиться от перегрузок или исправить погрешности результатов проектирования.

В настоящее время при расчете нагрузки ориентируются на данные, нормированные в рекомендации Международного союза электросвязи (ITU–T). Предлагаемое в рекомендации нормирование нагрузки рассматривается с точки зрения вероятности отказа в час наибольшей нагрузки (ЧНН) 30 наиболее загруженных дней года.

На данный момент вероятность отказа (блокировки) радиоканала составляет 5 – 10% , а на участке ЦКП – ТфОП составляет около 1% . Такая вероятность отказа радиоканала является несколько избыточной и поэтому многие фирмы–разработчики устанавливают более жесткие требования,

позволяющие добиться оптимального качества с меньшими потерями. На практике вероятность потерь составляет, приблизительно, от 3 до 5% .

Правильный порог вероятности потерь, возможно определить только после начала эксплуатации сети, когда нагрузка будет создаваться реальными абонентами с реальным трафиком, но, тем не менее, предварительные расчеты нагрузки позволят заложить тот фундамент, на котором будет основана вся сеть СПС.

Модели телетрафика – неоценимое для этой цели средство. Модели полезны в различных областях сетевой архитектуры, сетевых распределений и оценок характеристик протоколов. Изначально традиционные модели телетрафика были разработаны для стационарных сетей связи [11]. В частности, это была первая модель Эрланга для расчета вероятностей потерь в системе массового обслуживания.

Сотовая сеть является типичным примером системы массового обслуживания (СМО). В ней присутствуют все необходимые для этого характеристики СМО: случайный поток заявок, продолжительность вызова (длительность занятия радиоканала), конечное число обслуживания каналов, предоставляемых подвижным абонентам сотовой сети. Наибольший интерес, с точки зрения СМО, представляет модель для расчета абонентской нагрузки в соте с учетом конкретных параметров оборудования базовых станций.

При оценке нагрузки и, следовательно, емкости в сотовых сетях пользуются распространенной моделью Эрланга для систем с отказами (вероятность поступления вызова в момент, когда все каналы заняты [12].

$$P_{\text{A}} = \frac{\dfrac{A^n}{n!}}{\sum\limits_{i=0}^{n} \dfrac{A^i}{i!}} \qquad (3.14)$$

Уравнение (3.14) представляет собой известную формулу Эрланга и связывает один из важнейших показателей качества функционирования сети – вероятность отказа p_a – со значениями нагрузки A и числа каналов n. Данная формула Эрланга является табулированной. Но, как оказалось на практике, это не всегда является удобным для расчетов нагрузки при проектировании сотовой сети. Очевидная сложность процедуры определения нагрузки непосредственно при помощи формулы не позволяет рекомендовать ее для инженерного использования, тем более, что по ее виду ничего нельзя сказать о характере зависимости величины допустимой нагрузки от значений вероятностей отказа и числа каналов.

Точное решение уравнения (3.14) относительно нагрузки (A) невозможно. В то же время со сколь угодно высокой точностью оно может быть получено одним из методов приближенного решения нелинейных уравнений, например, с помощью итерационной процедуры Ньютона.

Исходя из формулы Эрланга и учитывая высокоточную формулу Стирлинга (3.15)

$$n! \approx \sqrt{2\pi n^n} e^{-n} \tag{3.15}$$

Воспользуемся методом итерационной процедуры Ньютона.

$$P_A = \frac{e^{-A}(\frac{Ae}{n})^n (2\pi n)^{-1/2}}{F(n)} \tag{3.16}$$

В результате получаем следующие соотношения:

где

$$F(n) = e^{-A} \sum_{i=0}^{n} \frac{A^i}{i!} \tag{3.17}$$

Основная трудность состоит в отыскании эффективной аппроксимации для функции F(n). Как оказалось, удовлетворяющим этим условиям, достаточно точным и удобным для последующего использования является следующее приближение:

$$F(n) \approx F_1(n) = \exp[-A\exp(an)]$$

(3.18)

Таким образом, используя аппроксимацию (3.18) и формулу (3.16), получаем следующий приближенный вариант уравнения (3.14):

$$P_A \approx \exp\{-A[1-\exp(\frac{-n\ln(1{,}7811A)}{A-0.5})]\}(\frac{Ae}{n})^n (2\pi n)^{-\frac{1}{2}} \tag{3.19}$$

Логарифмируя обе части (3.19) получаем:

$$D = n + n\ln(\frac{A}{n}) - A + A(1{,}7811A)^{-\frac{n}{A-0.5}}$$

(3.20)

$$R = \ln(p_A \sqrt{2\pi n})$$

(3.21)

В дальнейших рассуждениях большую роль играет параметр, который можно назвать критическим значением вероятности отказа в обслуживании $p_{АКР}$. Величина $p_{АКР}$ разделяет множество возможных значений p_A на два подмножества:

$$I_1 = \{p_A / p_A < p_{AKP}\},\ I_2 = \{p_A / p_A > p_{AKP}\}, \qquad (3.22)$$

Если $p_{\ldots}$ I_1, допустимая величина нагрузки меньше числа каналов n, т.е. A< n; напротив, при p_{al} I_2 имеет место обратное неравенство, т.е. A> n.

Решая уравнение (3.20) с учетом уравнений (3.21) и (3.22) получаем [10]:

$$A = \begin{cases} n(1 - z_1), при P_A \le P_{KP} \\ \dfrac{n}{1 - y_1}, при P_A > P_{KP} \end{cases} \qquad (3.23)$$

Используя приведенные формулы, вычислим нагрузку для стандартной конфигурации базовой станции (1,1,1), когда в каждом секторе работает по одному приемопередатчику и, соответственно, имеется всего 24 канала. Из этих 24 каналов 3 используются для передачи служебной информации, а для пользователей предоставляется 21 канал. Приняв n=21 и вероятность отказа p_A=0,05, рассчитаем нагрузку. Для начала необходимо сравнить вероятность отказа P_A и критическое значение вероятности отказа $P_{\text{КР}}$. Вычисляем по приведенным формулам данные вероятности:

$$P_{KP} = 0{,}00896 + \frac{\exp[f(n)]}{\sqrt{2\pi n}}, \qquad (3.24)$$

$$f(n) = 0{,}5615 \exp\left[\frac{-[0.5772 + \ln n}{2 \cdot n}\right],$$

$$f(n) = 0{,}5615 \exp\left[\frac{-[0.5772 + \ln 21}{2 \cdot 21}\right] = 0{,}515$$

Следовательно:

$$P_{\text{КР}} = 0{,}00896 + \frac{\exp[0{,}5151]}{\sqrt{2 \cdot 3{,}14 \cdot 21}} = 0{,}154$$

Получаем значение P_{KP} =0,154 при P_A=0,05. Сравниваем: $P_A < P_{KP}$. Значит, нагрузку А вычисляем по первой формуле. Для этого необходимы следующие дополнительные вычисления:

$$R = \ln(P_A \sqrt{2\pi n}) = \ln(0{,}05 \cdot \sqrt{2 \cdot 3{,}14 \cdot 21} = -0{,}555$$

$$r = (1{,}7811n)^{1+\frac{1}{2n}} = (1{,}7811 \cdot 21)^{1+\frac{1}{2 \cdot 21}} = 40{,}77$$

$$E = \ln(1{,}7811n) = \ln(1{,}7811 \cdot 21) = 3{,}62$$

$$z_1 = 2\frac{n - Rr}{2nE - 1} = 2\frac{21 - (-0{,}555) \cdot 40{,}77}{2 \cdot 21 \cdot 3{,}62 - 1} = 0{,}578$$

Используя рассчитанные значения, получаем нагрузку:

$$A = n(1 - z_1) = 21(1 - 0{,}578) = 8{,}862 \text{ Эрл}$$

По статистическим данным фирмы Ericsson один абонент в час наибольшей нагрузки создает нагрузку в 0,025 Эрл. Таким образом, базовая станция с данной конфигурацией может обслуживать:

$$N_{АБ} = 8{,}862/0{,}025 = 354 \text{ абонента}$$

В случае если бы выполнялось условие $P_A > P_{KP}$ дополнительно необходимо вычислить переменную y_1 по формуле:

$$y_1 = \frac{1.7811R - 1 + \frac{E}{2n}}{E - \frac{1}{2n} + \frac{E}{4n^2}} \qquad (3.25)$$

Анализ проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что ркр является первым этапом оценки допустимого значения нагрузки А и позволяет указать одну из границ диапазона изменения А. Если задаваемое значение ра меньше (больше) ркр, величина А будет меньше (больше) n. Это и есть ориентировочная оценка А; исследования расчетов подтвердило целесообразность исследования нагрузки при вероятности потерь от 0.01 до 0,05. Сравнительно небольшое возрастание нагрузки приводит к резкому росту вероятности отказа, т.е. к ухудшению качества обслуживания.

В связи с этим, приближенные соотношения, полученные в результате моделирования, представляют собой практический интерес и позволяют определить абонентскую нагрузку с заданной вероятностью отказа при заданном качестве связи.

Таким образом, полученная модель СМО и метод расчета нагрузки позволят АСКУЭ БП сотовых сетей прогнозировать распределение нагрузки в пределах зоны действия базовой станции.

3.5 Расчет надежности

Формулы необходимые для расчета:

Интенсивность потока отказов устройства рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \cdot m_i ,$$

где λ_i- интенсивность потока отказов i-го однотипного элемента;

m- количество однотипных элементов;

Среднее время работы устройства обратно пропорционально интенсивности

отказов:

$$T_{ср} = \frac{1}{\lambda};$$

Время безотказной работы с заданной вероятностью (P=0.99):

$$T_{ср} = T_{ср} \cdot (1 - P);$$

Вероятность отказов за заданное время функционирования изделия (t=10000 ч):

$$P_i = e^{-\lambda \cdot t}$$

3.5.1 Расчет надежности генератора тактовых импульсов

Таблица 3.5 - Исходные данные для расчета параметров надежности

№	Элемент устройства	Кол-во элементов, m	Интенсивность потока отказов элемента, $\lambda*10^{-5}$ 1/ч	Интенсивность потока отказов всех элементов, $\lambda*10^{-5}$ 1/ч
1	Кварц	1	0.025	0.025
2	Резистор	2	0.15	0.3
3	Конденсатор	1	0.035	0.035
4	Интегральная МС	2	0.010	0.020
5	Многоштырьковый разъем	1	0.020	0.020
6	Пайка	25	0.010	0.25
7	Печатный проводник	16	0.010	0.16

Интенсивность потока отказов всех элементов:

Λ= (0.025+0.3+0.035+0.020+0.25+0.16)$\cdot 10^{-5}$ =0.79$\cdot 10^{-5}$ 1/ч

Среднее время работы устройства обратно пропорционально интенсивности отказов:

$$T_{ср} = \frac{1}{0{,}79 \cdot 10^{-5}} = 125581 \text{ ч}$$

Время безотказной работы с заданной вероятностью (P=0.99):

$T_{ср}$= 12658.2*(1-0.99)=1255.8 ч

Вероятность отказов за заданное время функционирования изделия (t=10000 ч):

$$P_i = 2.73^{-0.79 \cdot 10^{-3} \cdot 10000} = 0.8937$$

Расчет надежности цифро-аналогового преобразователя

Таблица 3.6 - Исходные данные для расчета параметров надежности

№	Элемент устройства	Кол-во элементов, m	Интенсивность потока отказов элемента, $\lambda*10^{-5}$ 1/ч	Интенсивность потока отказов всех элементов, $\lambda*10^{-5}$ 1/ч
1	Интегральная МС	1	0.010	0.010
2	Пайка	17	0.010	0.17
3	Печатный проводник	15	0.010	0.15

Интенсивность потока отказов всех элементов:

Λ= (0.010+0.17+0.15)$\cdot 10^{-5}$ =0.33$\cdot 10^{-5}$ 1/ч

Среднее время работы устройства обратно пропорционально интенсивности отказов:

$$T_{ср} = \frac{1}{0.33 \cdot 10^{-5}} = 303030 \text{ ч}$$

Время безотказной работы с заданной вероятностью (P=0.99):

$T_{ср}$= 303030.3$\cdot$(1-0.99)= 3030 ч

Вероятность отказов за заданное время функционирования изделия (t=10000 ч):

$$P_i = 2.73^{-0.33 \cdot 10^{-3} \cdot 10000} = 0.9374 \text{ ч}$$

3.5.2 Расчет надежности усилителя напряжений

Таблица 3.7 - исходные данные для расчета параметров надежности

№	Элемент устройства	Кол-во элементов, m	Интенсивность потока отказов элемента, $\lambda*10^{-5}$ 1/ч	Интенсивность потока отказов всех элементов, $\lambda*10^{-5}$ 1/ч
1	Интегральная МС	1	0.010	0.010
2	Резистор	4	0.15	0.6
3	Пайка	11	0.010	0.11
4	Печатный проводник	9	0.010	0.09

Интенсивность потока отказов всех элементов:

$\lambda=(0.010+0.6+0.11+0.09)\cdot 10^{-5}=0.81\cdot 10^{-5}$ 1/ч

Среднее время работы устройства обратно пропорционально интенсивности отказов:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0.81 \cdot 10^{-5}} = 123457 \text{ ч}$$

Время безотказной работы с заданной вероятностью (P=0.99):

$$T_{\text{ср}} = 123457\cdot(1-0.99) = 1234{,}6 \text{ ч}$$

Вероятность отказов за заданное время функционирования изделия (t=10000 ч):

$$P_i = 2.73^{-0.81\cdot 10^{-3}\cdot 10000} = 0.9264 \text{ ч}$$

3.5.3 Расчет надежности фильтра нижних частот

Таблица 3.8 - Исходные данные для расчета параметров надежности

№	Элемент устройства	Кол-во элементов, m	Интенсивность потока отказов элемента, $\lambda*10^{-5}$ 1/ч	Интенсивность потока отказов всех элементов, $\lambda*10^{-5}$ 1/ч

1	Интегральная МС	1	0.010	0.010
2	Резистор	3	0.15	0.45
3	Конденсатор	2	0.075	0.15
4	Пайка	9	0.010	0.09
5	Печатный проводник	8	0.010	0.08

Интенсивность потока отказов всех элементов:

λ= (0.010+0.45+0.15+0.09+0.08)· 10^{-5} =0.78· 10^{-5} 1/ч

Среднее время работы устройства обратно пропорционально интенсивности отказов:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0.78 \cdot 10^{-5}} = 128205 \text{ ч}$$

Время безотказной работы с заданной вероятностью (P=0.99):

$$T_{\text{ср}} = 128205 \cdot (1-0.99) = 1282 \text{ ч}$$

Вероятность отказов за заданное время функционирования изделия (t=10000 ч):

$$P_i = 2.73^{-0.78 \cdot 10^{-3} \cdot 10000} = 0.9134 \text{ ч}$$

3.5.4 Расчет надежности оперативного запоминающего устройства

Таблица 3.10 - Исходные данные для расчета параметров надежности

№	Элемент устройства	Кол-во элементов, m	Интенсивность потока отказов элемента, $\lambda*10^{-5}$ 1/ч	Интенсивность потока отказов всех элементов, $\lambda*10^{-5}$ 1/ч
1	Интегральная МС	1	0.010	0.010
2	Пайка	32	0.010	0.32
3	Печатный проводник	30	0.010	0.3

Интенсивность потока отказов всех элементов:

λ= (0.010+0.32+0.3) · 10^{-5} =0.63·10^{-5} 1/ч

Среднее время работы устройства обратно пропорционально интенсивности отказов:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0.63 \cdot 10^{-5}} = 156732\text{ч}$$

Время безотказной работы с заданной вероятностью (P=0.99):

$T_{\text{ср}}$ = 47710·(1-0.99)= 1567.32 ч

Вероятность отказов за заданное время функционирования изделия (t=10000 ч):

$$P_i = 2.73^{-0.63 \cdot 10^{-3} \cdot 10000} = 0.8887 \text{ ч}$$

3.5.6 Расчет надежности постоянного запоминающего устройства

Таблица 3.11 - Исходные данные для расчета параметров надежности

№	Элемент устройства	Кол-во элементов, m	Интенсивность потока отказов элемента, λ*10^{-5} 1/ч	Интенсивность потока отказов всех элементов, λ*10^{-5} 1/ч
1	Интегральная МС	1	0.010	0.010
2	Пайка	8	0.010	0.08
3	Печатный проводник	6	0.010	0.06

Интенсивность потока отказов всех элементов:

λ= (0.010+0.08+0.06)· 10^{-5} =0.15· 10^{-5}1/ч

Среднее время работы устройства обратно пропорционально интенсивности отказов:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0.15 \cdot 10^{-5}} = 675756\text{ч}$$

Время безотказной работы с заданной вероятностью (P=0.99):

Тср = 47710*(1-0.99)= 6757.56 ч

Вероятность отказов за заданное время функционирования изделия (t=10000 ч):

$$P_i = 2.73^{-0.15\cdot10^{-3}\cdot10000} = 0.8350 \text{ ч}$$

3.5.7 Расчет надежности универсального последовательного интерфейса

Таблица 3.12 - Исходные данные для расчета параметров надежности

№	Элемент Устройства	Кол-во элементов, m	Интенсивность потока отказов элемента, $\lambda*10^{-5}$ 1/ч	Интенсивность потока отказов всех элементов, $\lambda*10^{-5}$ 1/ч
1	Интегральная МС	1	0.010	0.010
2	Пайка	27	0.010	0.27
3	Печатный проводник	29	0.010	0.29
4	Многоштырьковый Разъем	1	0.020	0.020

Интенсивность потока отказов всех элементов:

Λ= (0.010+0.27+0.29+0.020)* 10^{-5}=0.59*10^{-5} 1/ч

Среднее время работы устройства обратно пропорционально интенсивности отказов:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{0.59\cdot10^{-5}} = 169491 \text{ ч}$$

Время безотказной работы с заданной вероятностью (P=0.99):

T_{cp} = 47710*(1-0.99)= 1694.91 ч

Вероятность отказов за заданное время функционирования изделия (t=10000 ч):

$$P_i = 2.73^{-0.59\cdot10^{-3}\cdot10000} = 0.8725 \text{ ч}$$

3.5.8 Расчет надежности приемопередатчика

Интенсивность потока отказов всех элементов:

Λ= (0.28+0.1+0.02+0.45+0.036+0.020*1+0.57+0.3)* 10^{-5}=2.096*10^{-5} 1/ч

Среднее время работы устройства обратно пропорционально интенсивности отказов:

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{2.96 \cdot 10^{-5}} = 477101 \text{ ч}$$

Время безотказной работы с заданной вероятностью (P=0.99):

T_{cp} = 47710*(1-0.99)=4771.01 ч

Вероятность отказов за заданное время функционирования изделия (t=10000 ч):

$$P_i = 2.73^{-2,096 \cdot 10^{-3} \cdot 10000} = 0.8102 \text{ ч}$$

3.3.9 Расчет потребляемой мощности

Рпот = Uпот * Iпот

Мощность потребления ГТИ:

Рпот =(5В*22мА)*3+5В*31мА =265 мВт

Мощность потребления ЦАП:

Рпот=5В*125 мА =625 мВт

Мощность потребления усилителя напряжений:

Рпот=15В*4.7 мА =70.5 мВт

Мощность потребления фильтра нижних частот:

Рпот=15В*4.7 мА =70.5 мВт

Мощность потребления нейрочипа:

Рпот=3В*300 мА =900 мВт

Мощность потребления оперативного запоминающего устройства:

Рпот=5В*15 мА =75 мВт

Мощность потребления постоянного запоминающего устройства:

Рпот=3В*10 мА =30 мВт

Мощность потребления USB:

Рпот=5В*100 мА =500 мВт

Мощность потребления приемопередатчика:

Рпот=5В*40 мА =200 мВт

Мощность потребления коммутатора:

Рпот=5В*10 мА =50 мВт

Суммарная мощность потребления устройства:

Рпот=265 мВт+625 мВт +70.5 мВт+70.5 мВт +900 мВт+75 мВт+30 мВт+500 мВт+200 мВт+50 мВт=2786 мВт=2.79 Вт

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Анализ условий труда

В данном дипломном проекте рассматривается вопросы организации учета энергоресурсов при помощи автоматизированных систем. В целях обеспечения создания автоматизированной системы сбора и вставления счетов на оплату коммунальных услуг, требуется помимо установки УСПД и установки/замены ПУ, создание специализированного центра, обеспечивающего выполнение функций сбора, обработки, хранения и предоставления данных. ЦСПД может быть создан на базе существующего единого расчетного центра – ТОО «Астана-ЕРЦ», как единой абонентской и контролерской службы, осуществляющей ведение единой базы данных коммунального хозяйства.

На всех подстанциях АСКУЭ г. Астана соблюдены все нормы и требования по охране труда и безопасности жизнедеятельности. Проектом предусмотрено, что все внешние токопроводящие элементы технических средств АСКУЭ, которые могут находиться под напряжением или наведенным потенциалом, имеют защиту от случайного прикосновения, а сами технические средства имеют защитное заземление в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ).

Технические средства устанавливают таким образом, чтобы обеспечивалась их безопасная эксплуатация и техническое обслуживание.

Безопасность при эксплуатации обеспечивается комплексным выполнением следующих мероприятий:

- размещением оборудования с обеспечением необходимого для обслуживания пространства;
- устройством заземления;
- выбором марок кабелей, проводов и способов прокладки;
- оборудование помещений средствами пожаротушения.

В проекте предусмотрено использование технических средств из состава комплекса технических средств (КТС) «Энергия+», общая безопасность которых соответствует требованиям ГОСТ 12997-84, а по способу защиты человека от поражения электрическим током – соответствуют классу II по ГОСТ 12.2.007.0-75.

Серверы, входящие в состав АСКУЭ г.Астана, должны быть подключены к защитному заземлению, выполненному в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.007.0-75 и ГОСТ 25861-83.

Для питания вычислительной техники должна использоваться трехпроводная сеть с защитным заземлением и соответствующие розетки и вилки.

Заземление оборудования должно быть надежно соединено с контуром заземления. Сопротивление заземляющего проводника между оборудованием и контуром заземления не должно превышать 4 Ом (ПУЭ, 6-изд, п.1.7.65). В

качестве заземляющего проводника должен быть использован изолированный гибкий медный провод с сечением не менее 1,5 мм^2 (ПУЭ, 6-изд, п.1.7.76).

В помещениях все металлические несущие конструкции токопроводящих устройств (щиты, кабельные металлоконструкции, арматура освещения и т.п.) должны быть надежно присоединены к контуру заземления.

Безопасность средств вычислительной техники должна соответствовать ГОСТ 25861-83, ГОСТ Р 50571.21-2000, ГОСТ Р 50571.22-2000[12].

В помещении соблюдены требования по охране труда и по технике безопасности, так как, изначально, это помещение проектировалось как для серверной комнаты. Управление сетью будет производиться базовой станции. И обслуживающий персонал состоящей из семи человек будет находиться именно в базовой станции. поэтому будем рассматривать то помещение, где будет производиться управление всей сетью посредством обслуживающего персонала.

АСКУЭ г. Астаны – ТОО «Астана-ЕРЦ» представляет собой четырехэтажное здание, на четвертом этаже которого находится помещение для управления проектируемого объекта. На рисунке 4.1 показан план помещения. Помещение имеет следующие размеры: длина L = 9 м, ширина B = 5 м и высота H = 4 м.

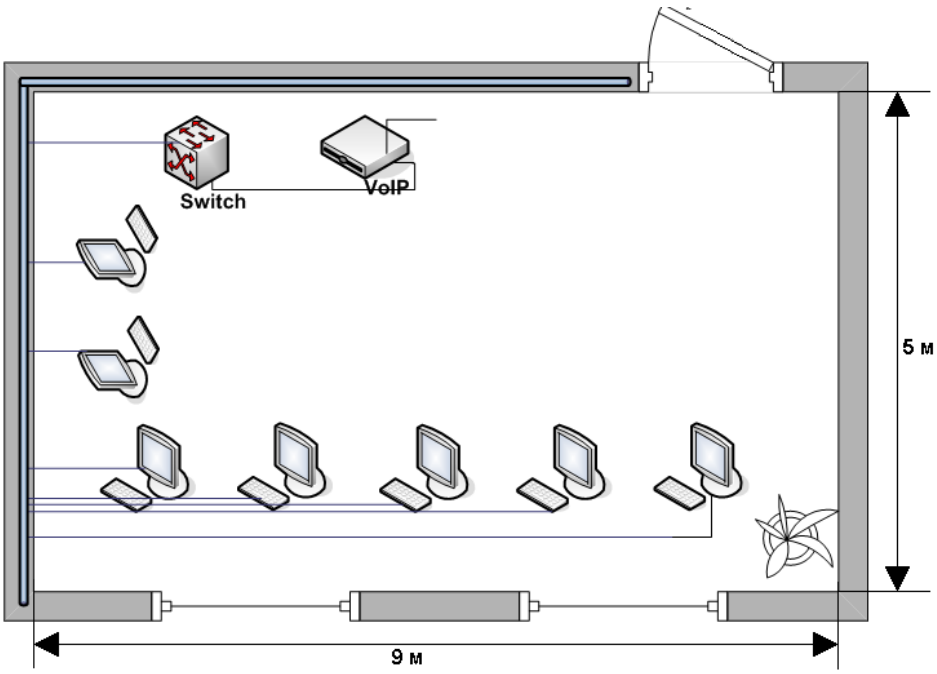


Рисунок 4.1 – План помещения

В здании АСКУЭ г. Астаны – ТОО «Астана-ЕРЦ» уровень опасных и вредных факторов не превышает установленных нормативов на рабочих местах и каждое рабочее место оператора максимально приспособлено для

характера выполняемых работ. Помещение светлое, сухое и чистое, полностью соответствует санитарно-гигиеническим нормам. Уровень опасных и вредных факторов не превышает установленных нормативов на рабочих местах. Для поддержания оптимальных и стабильных климатических условий используются кондиционеры. Расчет вентиляции приведен далее в подразделе 4.3.

Расстояние между столами не менее 1,2 м. А минимальные размеры рабочего места оператора составляют: площадь – 6 $м^2$.

Общая площадь помещения составляет – 45 $м^2$. В зале находятся 7 рабочих мест для операторов АСКУЭ. Теперь определим размеры площади на каждое рабочее место и получим, что на каждое рабочее место приходится 6,43 $м^2$, то есть соответствует нормам – 6 $м^2$.

Таким образом, рабочее место оператора максимально приспособлено для характера выполняемых работ. Так как это производственное помещение, освобожденное от демонтированного оборудования, используется заземление, проведенное ранее.В помещении расположены два окна, и освещение соответствуют нормам. Анализируя освещенность рабочего места, можно сказать, что нужно правильно организовать искусственное освещение и регулярно проверять люксметром.

Микроклимат производственного помещения оказывает значительное влияние на работника. В зависимости от энергозатрат организма ГОСТ 12.1.005-76 ССБТ "Воздух рабочей зоны, общие санитарно-гигиенические требования" предусматривает 3 категории работ. В данном помещении работа относится к категории Iа – легкая физическая работа, где энергозатраты организма (расход энергии при выполнении работы) – 172 – 232 Дж/с, 150 – 300 ккал/ч – производится сидя и не требует физического напряжения.

Таблица 4.1 – Параметры микроклимата для категории работ Iа

Нормы	Оптимальные			Допустимые		
Период работы	Температура воздуха, ˚С	Относит. влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более	Температура воздуха, ˚С	Относит. влажность, %, не более	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	22 - 24	30 - 60	0,1	21 - 25	80	0,1

Теплый	23 - 25	40 - 60	0,1	22 - 28	75	0,1 - 0,2

4.2 Анализ освещенности рабочего места

Для создания нормальных условий труда важную роль играет освещенность рабочих мест. Правильно спроектированное и организованное освещение производственных помещений способствует повышению комфортности труда, сохранению здоровья работающих.

Производственное освещение нормируется по СНиП-II - 4-79 в зависимости от разряда зрительной работы. Точность зрительной работы характеризуется размером объекта различения[13]. Так как в нашем помещении размеры объектов различения находятся в пределах 1 – 5 мм, разряд зрительной работы определен V – малой точности и поэтому будет экономична система общего освещения, при которой светильники располагаются в верхней зоне, обеспечивающей равномерную освещенность рабочего помещения площадью 45 м^2, высотой 4 м (рисунок 4.2).

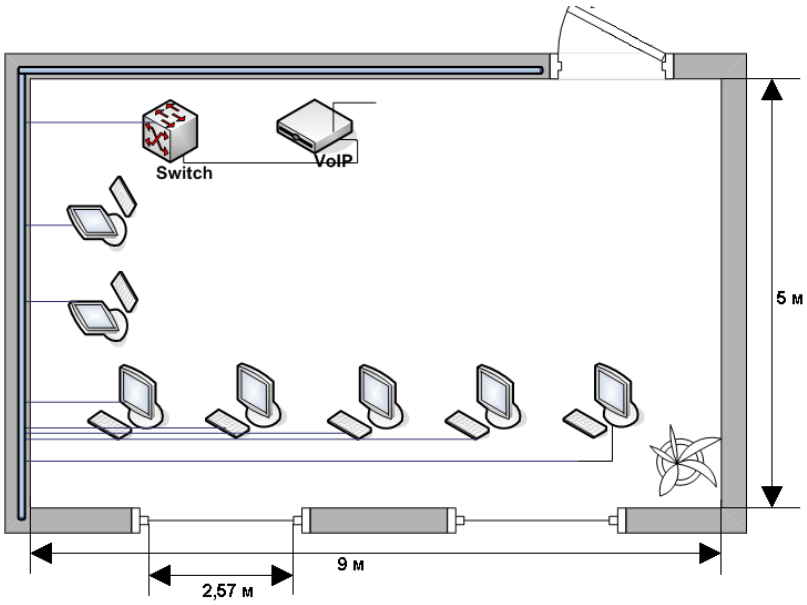


Рисунок 4.2 – Расположение окон

Естественное освещение по своему спектральному составу является наиболее благоприятным. По конструктивным особенностям естественное освещение подразделяется на боковое, осуществляемое через световые проемы в наружных стенах (окна); верхнее, осуществляемое через световые проемы в покрытии и фонари; комбинированное – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Освещению рабочих помещений предъявляются специальные требования. Естественное освещение осуществляется через окна, и нормирование производится с помощью коэффициента естественной

освещенности
(КЕО, %)

$$KEO = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100 \qquad (4.1)$$

где $E_в$ – освещенность точки внутри помещения, лк.

$E_н$ – наружная освещенность, лк.

КЕО определяется по СНиП II-4-79 [2]. В таблице 4.2 приведены нормы освещенности при искусственном освещении и КЕО при естественном освещении.

Таблица 4.2 – Нормы освещенности

Характеристика зрит. работы	Наименьш. Размер объекта различ., мм.	Разряд зрит. работы	Подразряд зрит. работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность		КЕО, %			
						Искусств. осв.		Естес. осв.		Совм. осв.	
						Комбинированное	общее	Верхнее или комбинирован.	боковое	Верхнее или комбинирован.	боковое
Малой точности	1-5	V	а	малый	темный	300	200	3	1,0	1,8	0,6

В помещении, где проектируется сеть, имеются два оконных проемов и освещение соответствуют нормам. Высота рабочей поверхности над уровнем пола – 0,8 м. Окна начинаются с высоты – 1,2 м. Площадь световых проемов равна – 10,3 м^2. В здании используется боковое одностороннее освещение, световые проемы расположены на одной стороне стены. Количество окон равно двум, длина каждой равна 2,57 м, а высота 2 м. Анализируя

освещенность рабочего места, можно сказать, что нужно правильно организовать искусственное освещение и регулярно проверять люксметром.

Искусственное освещение в данном помещении не соответствует требованиям, так как оно проектировалось не для зрительных работ необходимого для нас пятого разряда. То есть раньше здесь было кое-какое оборудование, но помещение не предназначалось для работ обслуживающего персонала за компьютером. Поэтому мы рассчитываем искусственное освещение для данного помещения.

4.3 Расчет искусственного освещения

Проектирование искусственного освещения заключается в решении следующих задач: выбор системы освещения, типа источника света, расположение светильников, выполнение светотехнического расчета и определение мощности осветительной установки.

Расчет искусственного общего освещения выполняется по методу коэффициента использования светового потока. Этот метод предназначен для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затененных предметов.

Размеры объектов различения находятся в пределах 1-5 мм, разряд зрительной зоны работы определен пятой малой точности, поэтому будет экономична система общего освещения, при которой светильники располагаются в верхней зоне, обеспечивающей равномерную освещенность рабочего помещения площадью 45 м^2, высотой 4 м.

На основании этих требований проведем расчет системы общего освещения рабочего места оператора АСКУЭ.

Расположение светильников в помещении определяется: h – высотой подвеса над рабочей поверхностью, z – расстояние между рядами люминесцентных ламп, l – расстоянием от крайних рядов светильников до стены.

$$h = H - \left(h_c + h_p\right) \tag{4.2}$$

где h_c – расстояние от светильника до перекрытия;

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Расчетная высота подвеса – рабочая поверхность находится на высоте 0,8 м от пола, высота свеса ламп – 0,5 м., следовательно,

$$h = 4-(0,8+0,5)=2,7 \text{ м}$$

Наивыгоднейшее расстояние между рядами светильников:

$$z = \lambda \times h = 1,2 \times 2,7 = 3,24 \text{ м} \tag{4.3}$$

где $\lambda = 1.2$ – коэффициент неравномерности;

h – высота подвеса.

Принимаем 2 ряда светильников с расстоянием от стен 0,7 м., между рядами по 3,6 м.

Нормируемая минимальная освещенность определяется по формуле:

$$E_{\min} = \frac{F_л \cdot N \cdot \eta}{S \cdot K \cdot z} \qquad (4.4)$$

где $F_л$ – световой поток одной лампы;

N – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока, т.е. доля светового потока всех ламп, падающая на освещаемую поверхность;

z – коэффициент неравномерности освещения;

$S = \mathrm{A} \times \mathrm{B}$ – площадь поля освещаемого помещения;

K – коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности в процессе эксплуатации системы освещения (загрязнение светильников, старение ламп).

Коэффициент использования светового потока представляет собой отношение светового потока, достигающего освещаемой поверхности, к полному световому потоку в помещении. Зависит от коэффициентов отражения стен $\rho_с$ и потолка $\rho_п$, показателя (индекса) помещения, который вычисляется по формуле:

$$\mathrm{i} = \frac{\mathrm{AB}}{\mathrm{H}_P(\mathrm{A} + \mathrm{B})} \qquad (4.5)$$

где $H_р$ – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (условно рабочей поверхностью считается горизонтальная поверхность на высоте 0,8 м. от пола). Люминесцентные светильники рекомендуется устанавливать на высоте 2,5 – 4 м.

Так как нормируется минимальная освещенность рабочей поверхности, то при расчетах вводится коэффициент неравномерности освещения z. Для люминесцентных ламп z = 1,1.

Задавшись числом ламп, из формулы (4.4) имеем

$$F_Л = \frac{E\min \cdot S \cdot \mathrm{K} \cdot z}{N \cdot \eta}, \qquad (4.6)$$

Для этой категории работ при общем освещении наименьшая освещенность E_{min} = 300 лк (люкс).

Коэффициент пульсации освещенности не более 15 %.

Коэффициент запаса K = 1,5.

Коэффициент неравномерности освещения z = 1,1.

Пусть помещение, где установлено оборудование, имеет следующие размеры: длина A = 9 м, ширина B = 5 м, высота H = 4 м.

Подвесной потолок оборудован светильниками с люминесцентными лампами ЛБ-40.

Коэффициенты отражения светового потока от стен и потолка соответственно равны: $p_{ст}$ =50%, $p_{пт}$ = 70%.

Определим необходимое число светильников при общей системе освещения.

Для помещения с ЭВМ уровень рабочей поверхности над полом равен 0,8 м. При этом $H_р$= 3,2 (высота подвеса над рабочей поверхностью).

Площадь помещения S = A×B =9×5 = 45 м^2.

Световой поток, создаваемый одной лампой $F_л$ = 3120 лм (люмен).

Определим сначала показатель (индекс) помещения

$$i = \frac{(A \times B)}{(H_P \times (A + B))} = \frac{(9 \times 5)}{(3.2 \times (9 + 5))} = 1.0 \qquad (4.7)$$

Теперь для i=1, коэффициентов отражения потолка $p_{пт}$=0,7 и стен $p_{ст}$=0,5 находим коэффициент использования светового потока – η = 50%.

Необходимое число светильников определяется по формуле:

$$N = \frac{(E_{min} \times S \times K \times z)}{(F_Л \times n \times p)} = \frac{(300 \times 45 \times 1{,}5 \times 1{,}1)}{(3120 \times 2 \times 0{,}5)} = 7{,}1 = 7 \text{ шт.} \qquad (4.8)$$

Число ламп в светильнике равно двум. Общее количество ламп равно:

N = (2×7) = 14 шт.

Разделив N на число рядов, можно определить число светильников устанавливаемых в каждом ряду.

Пусть светильники устанавливаются в два ряда. По семь светильников в каждом ряду (рисунок 4.4.1).

Длина светильника ЛБ-40 = 1,213 м, длина одного ряда 7×1,213 = 8,5 м. Размещаем в один ряд 7 светильников с расстоянием от стены 0,25 м.

4.4 Расчёт освещения методом удельной мощности

Сущность расчета освещения по методу удельной мощности заключается в том, что в зависимости от типа светильника и места его установки, высоты подвеса над рабочей поверхностью, освещенности на горизонтальной поверхности и площади помещения определяется значение удельной мощности.

Удельной мощностью называется отношение установленной мощности ламп к величине освещаемой площади (Вт/м^2), значения ее для различных ламп приведены в таблицах.

Большие значения удельной мощности принимаются для помещений с меньшей площадью освещения.

Затем, задавшись числом светильников, обеспечивающих равномерности освещенности, определяют мощность общей лампы по формуле

$$\rho = \frac{\omega \cdot S}{N} \qquad (4.9)$$

где ω - удельная мощность;

S – площадь помещения;

N – число светильников.

Этот метод является частным случаем метода коэффициента использования.

Принимаем к установке светильники ЛД и располагаем их параллельно в два ряда по семь в каждом.

$$N = 7 \cdot 2 = 14 \text{ шт.}$$

По таблице 4.5[6] удельная мощность светильника $\omega = 12$ Вт/м^2. Мощность одного светильника

$$\rho = \frac{\omega \cdot S}{N} = \frac{12 \cdot 45}{14} = 38 \text{ Вт}$$

Следовательно, нужно установить четырнадцать светильников мощностью 40 Вт. На рисунке 4.3 представлена схема расположения светильников.

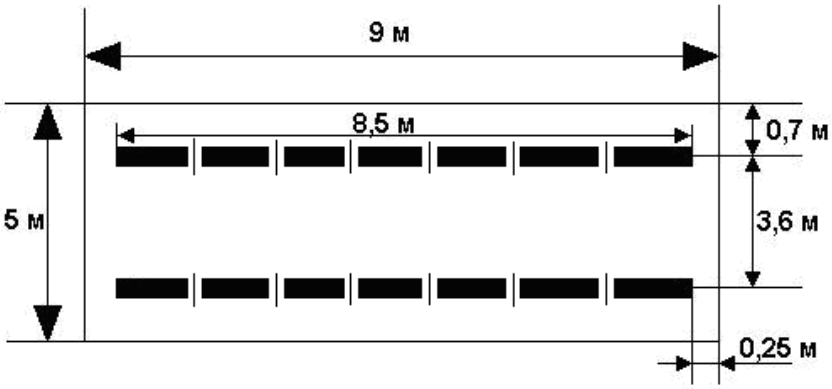


Рисунок 4.3 – Расположение светильников

4.5 Расчет системы вентиляции

В основу расчета всех систем вентиляции лежат приближенные методы, учитывающие с помощью коэффициентов различные факторы, влияющие на производительность вентиляции. Чем больше коэффициентов входит в расчетные формулы, тем больше факторов они учитывают, и точнее дают результаты.

Стоимость систем вентиляции и кондиционирования воздуха в зданиях сопоставима по величине с затратами, которые являются следствием плохого

качества воздуха. Задача кондиционирования воздуха состоит в поддержании таких параметров воздушной среды, при которых каждый человек благодаря своей индивидуальной системе автоматической терморегуляции организма чувствовал бы себя комфортно, т.е. не замечал влияния этой среды.

Перспективными с точки зрения создания нормальных микроклиматических условий в рабочей зоне является использование кондиционирующих установок.

Определим необходимое количество кондиционеров для создания комфортных условий труда в помещении. Расчет произведем по методике изложенной в [5] для теплого времени года. В помещении за счет тепловыделений производственного оборудования могут иметь место значительные избытки тепла (разность между тепловыделениями в помещении и теплоотдачей через стены, окна, двери и т.д.), удаление которых, прежде всего, должна обеспечить система вентиляции.

В помещениях со значительными тепловыделениями количество приточного воздуха, $м^3/ч$, необходимого для поглощения избытка тепла, рассчитывается по формуле:

$$L=\frac{\sum Q_{изб}}{C\cdot\left(t_{уд}-t_{пр}\right)\cdot\gamma_{пр}},\ м^3/ч \qquad (4.10)$$

где $Q_{изб}$ – избыточное выделение явной теплоты, Дж/ч;

С – теплоемкость воздуха, Дж/(кг*град);

$t_{уд}$ – температура удаляемого из помещения воздуха, 27^oC;

$t_{пр}$ – температура приточного воздуха, 20^oC;

$\gamma_{пр}$ – плотность приточного воздуха, 1,2 $кг/м^3$.

Избыточное тепло определяется по формуле

$$Q_{изб} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \qquad (4.11)$$

где Q_1 – тепловыделение от аппаратуры;

Q_2 – тепловыделение от источников освещения;

Q_3 – тепловыделение от людей;

Q_4 – теплопоступление от солнечной радиации сквозь окна.

Тепловыделение от аппаратуры

$$Q_1 = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 * \eta_4 * N_{ном} \qquad (4.12)$$

где η_1 – коэффициент использования номинальной мощности, равный 0,7 – 0,9;

η_2 – коэффициент загрузки, т.е. отношение средней потребляемой мощности к максимально необходимой, равной 0,5 – 0,8;

η_3 – коэффициент одновременной работы аппаратуры, равный 0,5 – 1;

η_4 – коэффициент, характеризующий долю механической энергии, превратившийся в тепло (η_4 = 0,65 – 1,0);

$N_{ном}$ – номинальная мощность всей аппаратуры.

$$Q_1 = 0{,}8*0{,}6*0{,}6*0{,}75*3500 = 756 \text{ кДж/ч.}$$

Тепловыделение от источников искусственного освещения рассчитывают, предполагая, что практически вся затрачиваемая энергия, в конечном счете, преобразуется в тепло, по формуле

$$Q_2 = \varphi * N_{осв} \qquad (4.13)$$

где φ – коэффициент, учитывающий количество энергии переходящей в тепло, φ = 0,8;

$N_{осв}$ – мощность осветительной установки помещения (12 ламп по 40 Вт каждая).

$$Q_2 = 0{,}8 * (12 * 40) = 384 \text{ Дж/ч.}$$

Тепловыделение от людей определяют по формуле

$$Q_3 = n * q_n \qquad (4.14)$$

где n – число работающих;

q_n – количество тепла, выделяемого одним человеком, Вт.

$$Q_3 = 7 * 120 = 840 \text{ Дж/ч.}$$

Количество тепла, поступающего в помещение через окна от солнечной радиации, определяют по формулам

$$Q_4 = F_{ост} * q * m * k \qquad (4.15)$$

где $F_{ост}$ – площадь окна, м ^{2};

m – число окон;

k – поправочный множитель, для металлического переплета k = 1,25;

q – теплопоступление через 1м^2 окна, q = 224Вт/ м^2 (окна выходят на юг, юго-восток, юго-запад).

$$Q_4 = 5{,}15 *224 * 2 *1{,}25 = 2884 \text{ Дж/ч.}$$

Определяем избыточное явное выделяемое тепло

$$Q_{изб} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 756*10 + 384 + 840 + 2884 = 4864 \text{ Дж/ч.}$$

Количество воздуха, которое необходимо ввести в помещение для поглощения избытков тепла

$$L = \frac{4864 Дж/ч}{1*1.2 кг/м^3 * \left(27^o C - 20^o C\right)} = 579 \text{ м}^3\text{/ч.}$$

По полученным расчетам необходимо выбрать кондиционер, обеспечивающий комфортные условия, т. е создающий и автоматически поддерживающий температуру, влажность, чистоту и скорость движения

воздуха и отвечающий оптимальным санитарно – гигиеническим требованиям для работы в АСКУЭ. В данном случае мы выбираем настенный кондиционер (сплит-система) GREE KF-50GW/A10 Fung Yun (рисунок 4.4). Подробная информация по кондиционеру приведена ниже.

Настенный кондиционер (сплит-система) GREE KF-50GW/A10 Fung Yun.

- Серия кондиционеров FUNG YUN, предназначенная для помещений площадью до 60 м^2, — один из примеров высокотехнологичных разработок GREE. Эти кондиционеры отличаются повышенной эффективностью охлаждения и обогрева, быстро обеспечивая заданные температурные параметры воздуха.
- Уникальная криокаталитическая технология удаляет из воздуха наиболее вредные соединения — аммиак, формальдегид, сероводород. Активный угольный фильтр задерживает мельчайшие частички пыли и удаляет неприятные запахи.
- Трёхступенчатая система очистки воздуха
- Эффективная теплоотдача внутреннего блока
- Автоматическое качание жалюзи
- Легкосъёмная панель внутреннего блока

Таблица 4.3 – Технические характеристики кондиционера

Название параметра	значение
Мощность охлаждения:	5.0, кВт
Питание:	220-50-1, В-Гц-Фаз
Потребляемая мощность холод / тепло:	1960, Вт
Рабочий ток холод / тепло:	9.0, А
Удаление влаги:	2.0, л/час
Циркуляция воздуха:	720, куб.м/час
Уровень шума внутр. max(min) / наружный:	38 / 58, дБ
Габариты внутр. блока (ШхВхГ):	907х290х195, мм
Габариты наруж. блока (ШхВхГ):	950х340х700, мм
Вес НЕТТО внутр. / наруж. блок:	12 / 59, Кг
Площадь помещения (выс. потолков до 3м.):	до 50, кв.м
Цена, в тенге	156 160

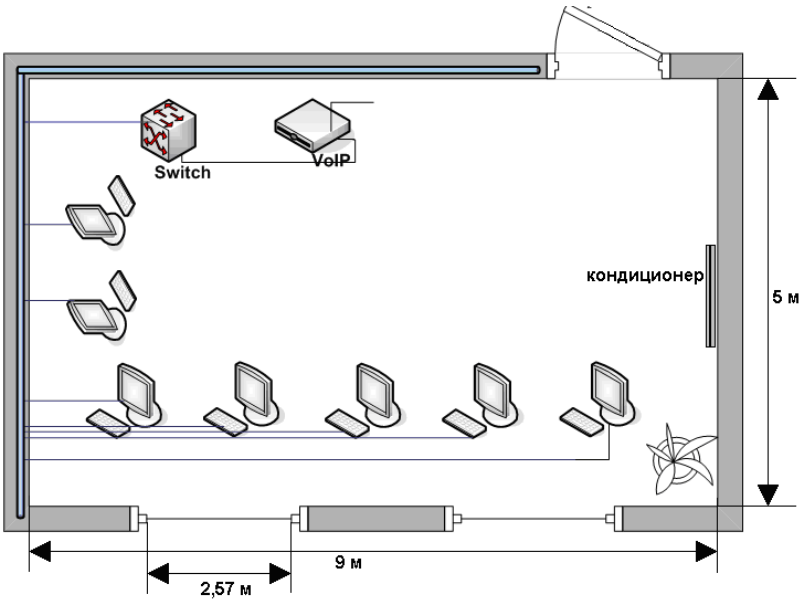


Рисунок 4.4 – Расположение кондиционера

В данной части дипломного проекта мною были рассчитаны такие разделы дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», как «Производственное освещение», «Промышленная вентиляция. Расчет воздухообмена в производственных помещениях». По результатам расчетов был выбран соответствующий всем требованиям кондиционер. А также был произведен анализ условий труда и производственного помещения в соответствии с требуемыми нормами по ПУЭ и СНиП.

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Темой дипломной работы является: «Устройства сбора и передачи данных в узлах учета тепловой энергии в жилых домах». Прежде всего, в работе преследуется цель автоматизации сбора показателей ежемесячных данных счетчиков. В технико-экономическом обосновании ведется расчет на одну установку для проведения исследовательской работы, где по итогам расчета, необходимо провести анализ по произведенным затратам, найти выгоду получаемую от данной установки для дальнейшего продвижения и усовершенствования данной системы.

Разработка и проведение исследовательских работ содержит в себе как интеллектуальный, так и физический труд. Необходимо рассчитать затраты на исследование автоматизированных систем учета энергоресурсов: рассчитать затраты по следующим статьям:

− материалы,
− спецоборудование для научных (экспериментальных) работ,
− основная заработная плата,
− дополнительная заработная плата,
− отчисления на социальные нужды,
− расходы на потерю электроэнергии,
− накладные расходы,
− арендная плата.

Таблица 5.1 – Расчет трудоемкости по созданию установки и проведение ИР

	Наименование этапов и содержание работ	Исполнитель	Трудоёмкость		Длительность цикла, дни	Заработная плата за час работы, тенге	Сумма заработной платы, тенге
			Норма-часы	от общей трудоёмк			
1	Постановка задачи	Руководитель	12	7,14%	2	6000	12000
2	Разработка содержания работы	Руководитель	12	7,14%	2	6000	12000
		Инженер-разработчик	12	7,14%	2	4150	8300
	Разработка принципиальн	Инженер-	26	15,5%	3	4150	12450

3	ой схемы установки УСПД	разработчик					
4	Сборка устройства	Инженер-конструктор	28	16,67%		4550	13650
5	Установка УСПД на месте	Монтажник	24	14,3%		3750	7500
6	Проведение исследовательских работ (тест установки)	Инженер-разработчик	18	10,7%		4150	8300
7	Устранение неполадок	Инженер-разработчик	12	7,14%		4150	8300
8	Сдача и проверка отчета	Руководитель	18	10,7%		6000	12000
	Итого:		162	100%			94500

Таким образом, общая продолжительность проведения единовременных работ составит 20 рабочих дней, а трудоемкость 162, при последовательном выполнении всех перечисленных в таблице 5.1 этапов работы. Для последующего производства продукции данная трудоемкость уже является рассчитанной. Необходимо также учитывать затраты на сборку и тестирование. Это не очень трудная задача и для полной сборки одного устройства и последующего тестирования, согласно таблице 5.1 необходимо 3 дня.

5.1 Расчет затрат на разработку установки УСПД:

Основная заработная плата исполнителей определяется по формуле:

$$C_{осн} = C_{ср} \cdot T \quad , \qquad (5.1)$$

где $C_{осн}$ – заработная плата исполнителей (тг.);

$C_{ср}$ – средняя дневная оплата труда работника организации-разработчика устройства (тг./чел.дн.);

T – трудоемкость разработки устройства (чел.дн.).

Таблица 5.2 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, тг/мес.	Оклад, тг./дн.	Трудоемкость, чел.-дн.	Сумма Тг.
Руководитель	120000	6000	6	36000
Инженер-конструктор	91000	4550	3	13650
Инженер-разработчик	83000	4150	9	37350
Монтажник	75000	3750	2	7500
Основная заработная плата исполнителей $З_{осн}$				94500

Дополнительная заработная плата исполнителей, учитывающая потери времени на отпуска и болезни (принимается в среднем 15% от основной заработной платы);

$$З_{доп} = 0{,}15 \cdot З_{осн}, \qquad (5.2)$$

$$З_{доп} = 0{,}15 \cdot 94500 = 14175 тг.$$

Отчисления на социальные нужды состоят из единого социального налога. Ставка налога рассчитывается, исходя из зарплаты сотрудника.

- Пенсионный фонд Республики Казахстан — 10 %
- Социальный налог—11%.

Фонд оплаты труда складывается из основной и дополнительной заработной платы:

$ФОТ = З_{осн} + З_{доп}$=94500+14175=108675 тг.

Пенсионные отчисления

$С_п$=ФОТ *10%=108675*0,1=10867,5 тг.

Социальный налог высчитывается после пенсионных отчислений

$$C_{соц} = (ФОТ - C_п) \cdot 11\% = (108675\text{-}10867{,}5)*0{,}11=10759 тг. \qquad (5.3)$$

В статью «Материалы» включаются затраты на основные и вспомогательные материалы, покупные полуфабрикаты и комплектующие изделия, необходимые для выполнения конкретной разработки [14]. Затраты по этой статье определяются по действующим ценам с учетом транспортно-заготовительных расходов, устанавливаемых в процентах от стоимости материалов, комплектующих и т.п.

Таблица 5.3 – Материальные расходы

Материалы и другие материальные ресурсы	Единица измерения	Количество	Цена за единицу тг.	Сумма тг.
Гетинакс	Листов шт.	2	400	800
Резисторы	Шт.	40	15	600
Конденсаторы	Шт.	50	30	1500
Припой	Гр.	120	1500	1500
Канифоль	Шт.	1	150	150
Кислота паяльная	Шт.	1	400	400
Транзисторы	Шт.	10	50	500
Разъёмы	Шт.	2	50	100
Итого				5500

Расходы на транспортировку составят 10% от итоговой суммы.
$C_м$=5500+550=6050 тг.

Таблица 5.4 – Расходы на полуфабрикаты и комплектующие

Наименование	Тип	Количество	Цена за единицу тг.	Сумма тг.
УСПД	устройство сбора и передачи данных	1	53000	53000
DS18B20	датчик	2	1150	2300
E10801	индикатор	4	140	560
ATmega8 AU	микроконтроллер	1	900	900
Корпус		1	1000	1000
Кабели		1	100	100
Итого				57860

Расходы на транспортировку составят 12% от итоговой суммы.
$C_к$=57860+0,12*57860=64803 тг.

Таблица 5.5 – Расходы на специальное оборудование

Оборудование	Цена за единицу т.	Количество	Сумма тг.
Паяльная станция	7000	1	7000
Штангенциркуль	3500	1	3500

LC метр	8000	1	8000
Мультиметр	3500	1	3500
Программатор	25000	1	25000
Персональный компьютер+ПО	250000	2	500000
Итого			547000

5.2 Амортизация

Амортизационные отчисления C_a определяются по формуле:

$$C_a = (H \cdot \Phi)/100\%, \quad (5.4)$$

где Н— среднегодовая норма амортизации, %

Ф — первоначальная стоимость оборудования, тенге.

Среднегодовая норма амортизации составляет 15 процентов от балансовой стоимости оборудования, т.к. срок эксплуатации в среднем превышает 6 лет [7].

$$C_a = (15 \cdot 547000)/100 = 82050 \text{ тг.}$$

Т.к. проект изначально разрабатывался как научно исследовательский, время, в течение которого будет использоваться оборудование 20 дней (менее 1 месяца).

Затраты на электроэнергию определим по формуле:

$$Э = W \cdot T \cdot S \cdot K_{ИМ} = \sum W \cdot S \quad (5.5)$$

где: W – установленная мощность приборов, потребляющих электроэнергию, кВт;

S – стоимость киловатт-часа электроэнергии (17 тг/кВт·ч);

$K_{ИМ}$ – коэффициент использования мощности (0,8…0,9);

T – время работы приборов, час.

Расходы на электроэнергию представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Расходы на электроэнергию

Наименование приборов	W, кВт	Число рабочих дней	$K_{ИМ}$	Время работы прибора, час	$\sum W$, кВт×ч
2 компьютера с монитором	0,3	20	0,9	162	43,74
Паяльная станция	0,2	20	0,9	28	7,56

Мультиметр	0,2	20	0,8	22	3,52
Программатор	0,2	20	0,8	25	4
LC метр	0,2	20	0,8	28	4,48
Итого					63,3

Затраты на электроэнергию:

$$Э = W \cdot T \cdot S \cdot K_{ИМ} = \sum W \cdot S = 63{,}3*17 = 1076{,}1 \text{ тг.}$$

Расходы на аренду помещения зависят от текущих цен на недвижимость в качестве арендной платы, так как длительность работ составляет не полный месяц (30 дней), а 20 дней, то возьмём суточную аренду помещения – 4500 тг/сутки. Данная цена включает коммунальные услуги и услуги телекоммуникаций (телефон и интернет).

В итоге затраты на аренду помещения составит 90000тг.

5.3 Общая сумма затрат разработки

$$С = ФОТ + С_{соц} + С_а + С_м + С_к + С_э + С_{арн} + Н, \quad (5.6)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда

$С_{соц}$ – социальный налог

$С_а$ – амортизация основных фондов

$С_м$ – расходы на материалы

$С_к$ – расходы на комплектующие

$С_э$ – расходы на электроэнергию

$С_{арн}$ – арендная плата

Н – накладные расходы 25% от суммы всех затрат

С=94500+10759+82050+6050+64803+1076+90000+0,25*(94500+10759+82050+6050+64803+1076+90000) =436548 тг.

Таблица 5.7 – Себестоимость разработки по всем статьям затрат

Наименование статей затрат	Сумма, тенге	Структура затрат %
ФОТ	94500	21,6%
Отчисления на социальные нужды	10759	2,5%
Амортизация	82050	18,8%
Затраты на электроэнергию	1076	2%
Прочие затраты	248110	56,9%
Итого	436548	100,00%

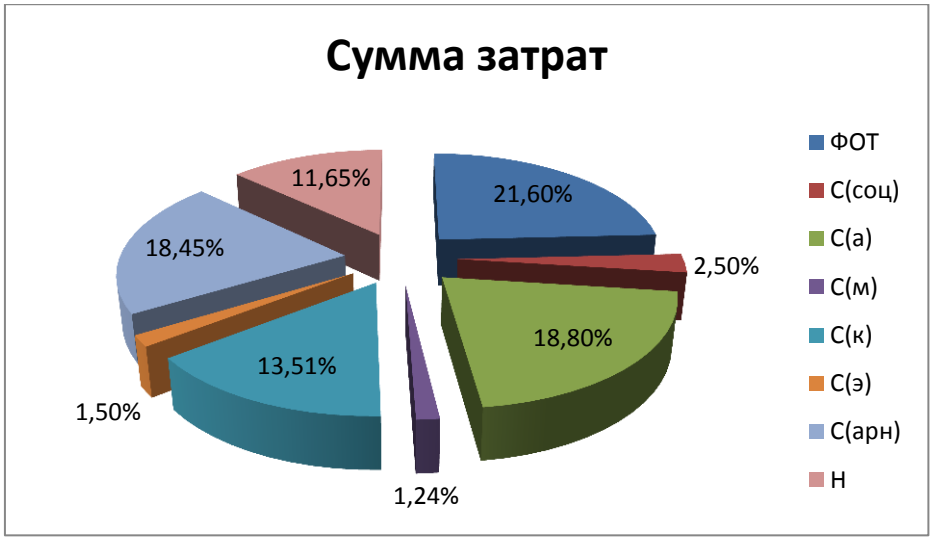


Рисунок 5.1 – Процентная доля суммы затрат

5.4 Анализ и рекомендации наиболее выгодного использования

Данная система контроля сохранить у большинства потребителей дешевые однотарифные электронные счетчики или даже счетчики индукционной системы при условии встраивания в них адаптеров импульсов с передачей данных от них по силовой сети в групповые устройства сбора данных; внедрять у каждого потребителя любые тарифные системы, изменяя только программное обеспечение в устройстве сбора данных, без монтажных работ и замены счетчиков; списывать показания счетчиков по многоквартирному дому за несколько секунд дистанционно – не входя в помещения, где они установлены. При этом сами контролеры лишаются возможности изменять показания счетчиков; выявлять хищения электроэнергии, сигнализировать об этом и даже дистанционно отключать неплательщиков.

На сегодняшний день в жилых домах установлены обычные счетчики учета электроэнергии, тепла, воды и разумеется, в таких случаях человеческий фактор не может не сказаться. Выгода от использования данной системы позволяет сократить расходы на персонал, также повышается надежность контроля, выявлять и устранять хищения.

Основное преимущество системы расширяемость технических характеристик, для разных клиентов можно разрабатывать с определенными характеристиками. То есть ничего лишнего, за что им придется платить, в отличие от промышленных систем с очень высокими ценами притом, что по первостепенной задаче учета энергоресурсов они не превосходят мою систему. При максимальной интеграции можно вообще доверить системе полностью автоматизированный контроль. Косвенно предприятие,

установившее данную систему, может получить выгоду за счет уменьшения брака и простоя, также за счет простоты работы и обслуживания данного устройства, дополнительных вложений не требующее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломного проекта, в первой главе проведен анализ мирового опыта по созданию АСКУЭ БП, предложена структура создания АСКУЭ БП в жилом многоквартирном доме, позволяющая вести контроль и учет потребления энергоресурсов.

Во второй главе было проведен анализ возможных вариантов мест размещения объектов АСКУЭ БП, а также обоснован выбор месторасположения оборудования АСКУЭ БП.

Третья глава посвящена разработка схемы УСПД. Выбран микроконтроллер для УСПД, разработана схема реализации устройства сбора и передачи данных.

В четвертой главе были рассмотрены вопросы охраны труда, а именно: анализ условий труда, выявление опасных и вредных производственных факторов, анализ существующего искусственного освещения и расчет системы кондиционирования помещения в котором будет проходить рабочий процесс.

В пятой главе произведен расчет себестоимости проекта, а также экономический эффект от внедрения новой системы.

Данная система позволит автоматизировать процесс сбора и обработки показаний данных счетчиков энергоресурсов, тем самым эта система позволяет вести энергосбережения и повысить эффективность потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация учета электроэнергии на розничном рынке и в ЖКХ // «Энергоэксперт». 2009. № 5.
2. Бурмистров А.В. Построение автоматизированной системы учёта электроэнергии и диспетчеризации в сетях 6/10 кВ и 0.4 кВ // Шестой научно-технический семинар «Системы АИИС КУЭ (АСКУЭ) и автоматизация расчётов с потребителями электроэнергии в энергосистемах». Сборник докладов. - М. - 2007.
3. Белов А.В. Разработка устройств на микроконтроллерах AVR. – М.: Наука и Техника, 2012. – 530 с.
4. Волокитин Д.А., Резник Ю.О., Соловьёв С.Ю. Программно-технический комплекс «ТопИнфо-АТ»: учёт электроэнергии на розничном и оптовом рынках // ИСУП. - №2. - 2007.
5. Measuring the Information Society – The ICT Development Index 2009 – International Telecommunication Union, available at www.itu.int/publ/D-IND-ICTOI-2009/en.6.Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. – М.: Додэка, 2008. – 558 с.
6. Тубинис В.В. АСКУЭ бытовых потребителей. Преимущества PLC-технологии связи. Новости электротехники. Информационно-справочное издание. - 2005. - № 2.
7. Внедрение систем автоматизированного учета и контроля параметров энергопотребления (АСКУЭ, АИИСКУЭ) [Электронный ресурс]// ООО ПВФ «Центр энергосберегающих технологий». [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.estc.dias.ru/askue/.
8. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR. Схемы, алгоритмы, программы – М.: Додэка, 2004. – 287 с.
9. РД 34.09.101-94. Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении. - М.: СПО ОРГРЭС, 1995.
10. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. – М.: Додэка, 2008. – 558 с.
11. АСКУЭ — Преимущества, Цели, Задачи [Электронный ресурс]// ТОО «KazNetworks». [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://kaznetworks.kz/index.php?dn=info&pa=asmm-benefits-and-objectives .
12. Кукин П.П, Лапин В.Л. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. – М.: Высшая школа, - 2007. – 250
13. Князевский Б.А. Охрана труда. – М.: Высшая школа, 2002. – 365 с.
14. Базылов Б.К. Методические указания для экономической части выпускной работы. – Алматы.: АИЭС, 2009. – 18 с.
15. Иващенко Н.П. Экономика фирмы: Учебник. – М.: Инфра-М, - 1999. – 196