

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения

Специальность Информационно-измерительная техника и технологии

Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА**

| Тема работы  |
|--|
| <b>Разработка информационно-измерительного комплекса для учета расхода электроэнергии в многоквартирном доме</b> |

УДК 621.311.003.1

**Студент**

| Группа | ФИО           | Подпись | Дата |
|--------|---------------|---------|------|
| 3-1401 | Пурахина О.В. |         |      |

**Руководитель**

| Должность             | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Степанов А.Б. |                           |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент    | Петухов О.Н. | к.э.н.                    |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент | Кырмакова О.С. |                           |         |      |

По разделу «Расчет надежности»

| Должность             | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Степанов А.Б. |                           |         |      |

По разделу «Конструкторско-технологическая часть»

| Должность             | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Степанов А.Б. |                           |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Зав. кафедрой                                   | ФИО                        | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|---|----------------------------|---------------------------|---------|------|
| Физических методов и приборов контроля качества | Суржиков Анатолий Петрович | д. ф.- м. н., профессор   |         |      |

Томск – 2016 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Электронного обучения  
Специальность Информационно-измерительная техника и технологии  
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Суржиков А.П.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломного проекта

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО                       |
|--------|---------------------------|
| 3-1401 | Пурахина Ольга Витальевна |

Тема работы:

Разработка информационно-измерительного комплекса для учета расхода электроэнергии в многоквартирном доме

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№277/с от 22.01.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2016

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Информационно-измерительный комплекс для учета расхода электроэнергии; до 4 каналов измерений в реальном времени с хранением и отправкой данных по запросу; продолжительность непрерывной работы на резервном питании - не менее 72 часов. Время передачи показаний на сервер – не более 1 мин; Изготовлен из ударопрочного пластика. Допустимые габариты: 200x150x60 мм. Погрешность одного канала не более 1.5%, надежность безотказной работы при 1000ч - 0,99. Температура от +10<sup>0</sup> С до + 40<sup>0</sup>С; относительная влажность не более 75%.

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Анализ методов и средств измерения расхода электроэнергии.</li> <li>2. Изучение существующих автоматизированных систем поквартирного учета потребления электроэнергии.</li> <li>3. Проектирование АСКУЭ, составление структурной и принципиальной схем.</li> <li>4. Расчет надежности и погрешности созданной системы.</li> </ol> |
| <p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>   | <p>Чертеж общего вида<br/>Чертеж печатной платы<br/>Чертеж нестандартной детали</p>   |
| <p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>  |   |
| <p><b>Раздел</b></p>   | <p><b>Консультант</b></p>   |
| <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>   | <p>Петухов О.Н.</p>   |
| <p>Социальная ответственность</p>  | <p>Кырмакова О.С.</p>   |
| <p>Расчет надежности</p>   | <p>Степанов А.Б.</p>  |
| <p>Конструкторско-технологическая часть</p>  | <p>Степанов А.Б.</p>  |
| <p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>   |   |

|  |                   |
|--|-------------------|
| <p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p> | <p>16.09.2015</p> |
|--|-------------------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность                    | ФИО                  | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------------|----------------------|------------------------|---------|------|
| <p>Старший преподаватель</p> | <p>Степанов А.Б.</p> |                        |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа        | ФИО                              | Подпись | Дата |
|---------------|----------------------------------|---------|------|
| <p>3-1401</p> | <p>Пурахина Ольга Витальевна</p> |         |      |

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 101 с., 21 рис., 24 табл., 27 источников, 4 прил.

Ключевые слова: электроэнергия, измерение электроэнергии, счетчики, автоматизированная система, учет расхода электроэнергии, многоквартирный дом.

Объектом исследования является автоматизированная система учета расхода электроэнергии в многоквартирном доме.

Цель работы – разработать автоматизированную систему учета расхода электроэнергии в многоквартирном доме, с передачей данных на центральный сервер ресурсоснабжающей организации.

В процессе исследования проводился сбор данных, систематизация и анализ информации по теме данного дипломного проекта, проектирование АСКУЭ.

В результате исследования была разработана автоматизированная система учета расхода электроэнергии в многоквартирном доме. Разработана структурная и принципиальная схемы этажного регистратора, а так же печатная плата.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

- До 512 абонентов в одной ветке системы;
- Небольшие габариты регистратора;
- Простой монтаж;
- Надёжная электробезопасность и низкая стоимость оборудования;

Область применения: учет расхода энергоресурсов бытовых потребителей.

В будущем планируется усовершенствование системы для контроля утечек и хищений электроэнергии.

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Введение  | 5  |
| 1 Характеристика объекта измерения  | 6  |
| 1.1 Системы электроснабжения  | 6  |
| 1.1.1 Основные элементы систем электроснабжения                             | 6  |
| 1.1.2 Электроснабжение жилых зданий   | 7  |
| 2 Анализ методов и средств измерения расхода электроэнергии                 | 9  |
| 2.1 Методы и средства измерения расхода электроэнергии                      | 9  |
| 2.2 Измерение мощности постоянного и переменного однофазного тока           | 9  |
| 2.3 Выбор метода измерения расхода электроэнергии в жилом доме              | 9  |
| 2.3.1 Индукционный счетчик  | 10 |
| 2.3.2 Электронные счетчики электроэнергии                                   | 11 |
| 2.4 Требования к расчетным счетчикам электрической энергии                  | 13 |
| 3 Автоматизированные системы поквартирного учета потребления электроэнергии | 15 |
| 3.1 АСКУЭ в России  | 15 |
| 3.2 Система TELEGESTORE   | 16 |
| 4 Проектирование АСКУЭ  | 21 |
| 4.1 Уровень первый - уровень сбора информации                               | 22 |
| 4.2 Уровень второй - связующий уровень                                      | 22 |
| 4.3 Третий уровень - уровень сбора, анализа и хранения данных               | 23 |
| 5 Структурная схема   | 26 |
| 6 Выбор элементной базы   | 29 |
| 6.1 Счетчик электроэнергии  | 29 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 6.2    | Разработка принципиальной схемы регистратора                    | 32 |
| 6.2.1  | Выбор микросхемы получателя сигналов                            | 32 |
| 6.2.2  | Выбор микроконтроллера  | 34 |
| 6.2.3  | Выбор тактового генератора                                      | 35 |
| 6.2.4  | Выбор преобразователя уровней RS-485                            | 36 |
| 6.2.5  | Выбор микросхемы преобразователя напряжения                     | 38 |
| 6.2.6  | Выбор автоматического переключателя на резервное питание        | 40 |
| 6.2.7  | Выбор аккумулятора резервного питания                           | 41 |
| 6.3    | Выбор устройства для организации беспроводной связи             | 42 |
| 7      | Алгоритм работы программы микроконтроллера                      | 46 |
| 7.1    | Описание работы программы контроллера                           | 47 |
| 8      | Расчет погрешности  | 48 |
| 9      | Расчет надежности   | 51 |
| 10     | Конструкторско-технологическая часть                            | 63 |
| 10.1   | Разработка конструкции  | 63 |
| 10.2   | Разработка печатной платы (ПП)                                  | 63 |
| 10.2.1 | Общие технические требования к ПП                               | 63 |
| 10.2.2 | Расчет конструктивных и электрических параметров печатной платы | 64 |
| 10.2.3 | Технология изготовления платы                                   | 67 |
| 10.3   | Общие положения при монтаже ПП                                  | 69 |
| 11     | Планирование комплекса работ на создание проекта                | 70 |
| 11.1   | Составление перечня работ                                       | 70 |
| 11.2   | Определение трудоемкости работ                                  | 72 |
| 11.3   | Построение графика работ  | 74 |

|  |    |
|--|----|
| 11.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)                                     | 77 |
| 11.4.1 Расчет материальных затрат НТИ  | 77 |
| 11.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ | 79 |
| 11.4.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы                    | 80 |
| 11.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)                         | 81 |
| 11.4.5 Накладные расходы   | 82 |
| 11.2 Определение трудоемкости работ  | 83 |
| 11.3 Построение графика работ  | 83 |
| 12 Социальная ответственность  | 88 |
| 12.1 Техногенная безопасность  | 88 |
| 12.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды                                  | 88 |
| 12.1.1.1 Неблагоприятные условия микроклимата  | 88 |
| 12.1.1.2 Недостаток освещения  | 89 |
| 12.1.1.3 Электромагнитное излучение  | 90 |
| 12.1.2 Опасные факторы   | 92 |
| 12.1.2.1 Возможность поражения электрическим током                                     | 92 |
| 12.1.2.2 Возникновение пожара  | 93 |
| 12.2 Региональная безопасность   | 93 |
| 12.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности                              | 95 |
| 12.4 Особенности законодательного регулирования  | 96 |
| 12.5 Безопасность в ЧС   | 98 |
| 12.5.1 Пожарная безопасность   | 98 |

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

## **Введение**

Электроэнергетика является базовой отраслью российской экономики, полностью обеспечивающей электрической и тепловой энергией внутренние потребности народного хозяйства и населения. Устойчивое развитие и надёжное функционирование отрасли во многом определяют энергетическую безопасность страны и являются важными факторами её успешного экономического развития.

В настоящее время для обеспечения устойчивого развития и надёжного функционирования отрасли электроэнергетики, прежде всего, необходимы новые энергоэффективные решения. Одним из таких решений является автоматизация системы контроля и учёта электрической энергии, которое позволяет существенно повысить эффективность использования энергоресурсов.

Однако реализация существующих автоматических систем контроля и учёта электроэнергии (АСКУЭ) связана со значительными экономическими затратами, в связи с чем в условиях экономического кризиса особенно актуальной становится проблема повышения эффективности использования электрической энергии на основе принципа минимизации затрат при внедрении АСКУЭ.

С целью решения данной проблемы было разработано устройство сбора, обработки и передачи информации и на его основе АСКУЭ. Предлагаемая система имеет существенные преимущества перед альтернативными решениями, основным из которых является значительно меньшие экономические затраты, необходимые для реализации системы.

В процессе разработки данного проекта была рассмотрена проблема эффективного использования электрической энергии, разработана АСКУЭ, обоснована экономическая целесообразность внедрения предлагаемой системы и определены основные этапы дальнейшей работы. Результаты работы отражены в соответствующих главах проекта.

# **1 Характеристика объекта измерения**

## **1.1 Системы электроснабжения**

### **1.1.1 Основные элементы систем электроснабжения**

Основным источником электроэнергии являются объединенные в энергосистемы электростанции.

Энергетической системой называют установки по преобразованию, производству, потреблению и распределению теплоты и энергии, которые в свою очередь, связаны между собой тепловыми, а так же, электрическими сетями с общим режимом управления, а электрической системой называют электрическую часть энергосистемы (генераторы, преобразовательные и распределительные устройства, линии электропередач (ЛЭП) и потребитель электроэнергии).

Так как напряжение генераторов ТЭЦ составляет 6-20кВ, близко расположенные потребители питаются на данном напряжении.

В случае, если электроснабжения потребителей находятся на значительном расстоянии, для связи с энергосистемой применяется напряжение выше генераторного. Для этого на станциях устанавливают трансформаторы, которые повышают генераторное напряжение до 110-220кВ. Для преобразования напряжения и связи отдельных частей системы, а так же питания мощных потребителей предназначены трансформаторные районные подстанции и узловые распределительные [1].

Электроэнергия передается и распределяется с помощью ЛЭП и электрических сетей различных напряжений. Напряжение линии выбирают в зависимости от мощности, передаваемой по ним, и их протяженности, при потере мощности и стоимость сооружений должны быть минимальны.

## 1.1.2 Электроснабжение жилых зданий

В Европе наиболее широко распространена система TN-S. Ранее в России использовалась система TN-C, в которой открытые проводящие части электроустановки (корпуса, кожухи электрооборудования) соединены с заземленной нейтралью источника совмещенным нулевым защитным и рабочим проводником (PEN) - "занулены". Данная система являлась относительно недорогой и простой, но не обеспечивала необходимый уровень электробезопасности.

В жилых зданиях металлические корпуса электрооборудования должны присоединяться к защитным проводникам, а сети штепсельных розеток должны выполняться трехпроводными. Это означает, что в жилых зданиях регламентировано применение систем TN-C-S и TN-S.

Наиболее перспективной системой для нашей страны является TN-C-S, которая позволяет обеспечить высокий уровень электробезопасности в электроустановках без их коренной реконструкции.

В системах заземления TN-C-S и TN-S электробезопасность потребителя обеспечивается не собственно системами, а возможностью применения в них устройств защитного отключения (УЗО) - самого современного и эффективного электрозащитного средства.

Чаще всего, электроснабжение жилых зданий осуществляется через вводно-распределительное устройство или главный распределительный щит (ВРУ) или (ГРЩ). При этом питание потребителей осуществляется от напряжения 220/380 В с глухозаземленной нейтралью (система TN-S). ГРЩ состоит из автоматов защиты и устройства управления, позволяющего отдельно отключать потребителей электропитания.

Мощность ГРЩ выбирается с расчетом на обеспечение возможности дополнительного подключения наружной световой рекламы, внешнего

освещения зданий, и т. д. В ГРЩ распределяется напряжение электропитания по групповым потребителям (освещение лестничных площадок, лифтовое оборудование, питание подвалов, чердаков, пожарная сигнализации, жилые помещения и прочее) [2].

Электроснабжение квартир и жилых помещений осуществляется по стоякам, через УЗО. Соответственно к питающим стоякам подключаются этажные распределительные щитки, которые образуют групповую сеть электропитания по квартирам.

В состав этажных электрощитков, как правило, входят электросчетчики, автоматические выключатели и УЗО. Автоматические выключатели сгруппированы по каждой цепи электропитания (освещение, розетки, электроплита, стиральная машина и т. д.). Для равномерной нагрузки на распределительную сеть цепи питания разных квартир подключаются к разным фазным проводникам.

## **2 Анализ методов и средств измерения расхода электроэнергии**

### **2.1 Методы и средства измерения расхода электроэнергии**

Так как измерение электроэнергии сводится к измерению мгновенного значения потребляемой мощности и его интегрированию, то в данном разделе был произведен обзор методов измерения мощности.

### **2.2 Измерение мощности постоянного и переменного однофазного тока**

Для измерения мощности в цепях неизменного и однофазового переменного тока используют приборы, именуемые ваттметрами, для которых употребляют электродинамические и ферродинамические измерительные механизмы.

Электродинамические ваттметры выпускают в виде переносных устройств больших классов точности (0,1 — 0,5) и употребляют для четких измерений мощности неизменного и переменного тока на промышленной и повышенной частоте (до 5000 Гц). Ферродинамические ваттметры чаще встречаются в виде щитовых устройств относительно низкого класса точности (1,5 — 2,5). Используют такие ваттметры преимущественно на переменном токе промышленной частоты. На неизменном токе они имеют значительную погрешность, обусловленную гистерезисом сердечников.

Для измерения мощности на больших частотах используют термоэлектрические и электрические ваттметры, представляющие из себя магнитоэлектрический измерительный механизм, снабженный преобразователем активной мощности в неизменный ток [3].

### **2.3 Выбор метода измерения расхода электроэнергии в жилом доме**

Так, как измерения электроэнергии выполняют методом интегрирования по времени электрической мощности контролируемой сети при помощи индукционного или электронного счетчика электроэнергии и

периодического считывания непрерывно нарастающих показаний счетчика, - необходимо рассмотреть оба вида счетчиков электроэнергии [4].

### 2.3.1 Индукционный счетчик

Измерительный механизм индукционного однофазного счетчика электрической энергии состоит из двух электромагнитов, которые расположены под прямым углом друг к другу, в магнитном поле которых располагается легкий алюминиевый диск. Устройство счетчика электрической энергии показано на рисунке 3.

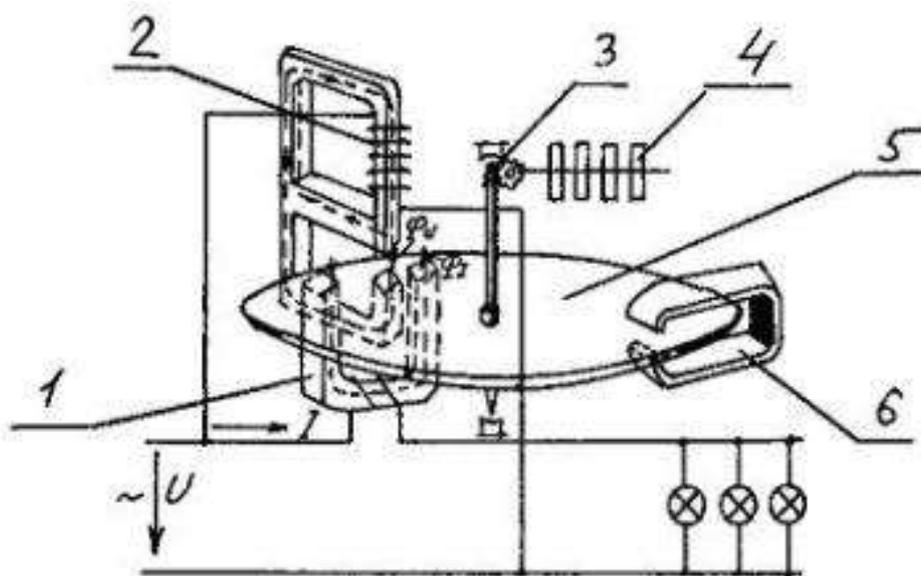


Рисунок 3 - Схема устройства индукционного счетчика электрической энергии: 1 - обмотка тока, 2 - обмотка напряжения, 3 - червячный механизм, 4 - счетный механизм, 5 - легкий алюминиевый диск, 6 - магнит для подтормаживания диска.

Для включения счетчика в цепь его токовую обмотку соединяют с электроприемниками последовательно, а обмотку напряжения - параллельно. При прохождении по обмоткам индукционного счетчика переменного тока в сердечниках обмоток возникают переменные магнитные потоки, которые, пронизывая алюминиевый диск, индуцируют в нем вихревые токи.

Взаимодействие вихревых токов с магнитными потоками электромагнитов создает усилие, под действием которого диск вращается. Последний связан со счетным механизмом, учитывающим частоту вращения диска, т.е. расход электрической энергии [5].

### **2.3.2 Электронные счетчики электроэнергии**

Электронный счетчик представляет собой преобразователь аналогового сигнала в частоту следования импульсов, подсчет которых дает количество потребляемой энергии.

Главным преимуществом электронных счетчиков по сравнению с индукционными, является отсутствие вращающихся элементов. Кроме того, они обеспечивают более широкий интервал входных напряжений, позволяют легко организовать многотарифные системы учета, имеют режим ретроспективы - т.е. позволяют посмотреть количество потребленной энергии за определённый период - как правило, ежемесячно; измеряют потребляемую мощность, легко вписываются в конфигурацию систем АСКУЭ и обладают ещё многими дополнительными сервисными функциями [6].

Разнообразие этих функций заключается в программном обеспечении микроконтроллера, который является неизменным атрибутом современного электронного счетчика электроэнергии.

Конструктивно электросчетчик состоит из корпуса с клеммной колодкой, измерительного трансформатора тока и печатной платы, на которой установлены все электронные компоненты.

Основными компонентами современного электронного счетчика являются: трансформатор тока, дисплей ЖКИ, источник питания электронной схемы, микроконтроллер, часы реального времени,

телеметрический выход, супервизор, органы управления, оптический порт (опционально).

ЖКИ представляет собой многоразрядный буквенно-цифровой индикатор и предназначен для индикации режимов работы, информации о потребленной электроэнергии, отображении даты и текущего времени.

Источник питания служит для получения напряжения питания микроконтроллера и других элементов электронной схемы. Непосредственно с источником связан супервизор. Супервизор формирует сигнал сброса для микроконтроллера при включении и отключении питания, а также следит за изменениями входного напряжения [7].

Часы реального времени предназначены для отсчета текущего времени и даты. В некоторых электросчётчиках данные функции возлагаются на микроконтроллер, однако для уменьшения его загрузки, как правило, используют отдельную микросхему, например, DS1307N. Использование отдельной микросхемы позволяет высвободить мощности микроконтроллера и направить их на выполнение более ответственных задач.

Телеметрический выход служит для подключения к системе АСКУЭ или непосредственно к компьютеру (как правило, через преобразователь интерфейса RS485/RS232). Оптический порт, который есть не во всех электросчётчиках, позволяет снимать информацию непосредственно с электросчётчика и в некоторых случаях служит для их программирования (параметризации) [8].

Сердцем электронного электросчётчика является микроконтроллер. Это может быть как микросхема компании Microchip (PIC-контроллер), так и производителей ATMEL или NEC.

В электронном счетчике выполнение практически всех функций возложено на микроконтроллер. Он является преобразователем АЦП

(преобразует входной сигнал с трансформатора тока в цифровой вид, производит его математическую обработку и выдаёт результат на цифровой дисплей.) Микроконтроллер также принимает команды от органов управления и управляет интерфейсными выходами [9].

Для решения нашей задачи, мы будем использовать электронные электросчетчики.

## **2.4 Требования к расчетным счетчикам электрической энергии**

Для учета электрической энергии используются приборы учета, типы которых утверждены федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию и метрологии и внесены в государственный реестр средств измерений [10].

Технические параметры и метрологические характеристики счётчиков электрической энергии должны соответствовать требованиям ГОСТ 31818.11-2012 Часть 11 «Счетчики электрической энергии», ГОСТ 31819.22-2012 Часть 22 «Статические счетчики активной энергии классов точности 0,2S и 0,5S», ГОСТ 31819.21-2012 Часть 21 «Статические счетчики активной энергии классов точности 1 и 2».

Каждый установленный расчетный счетчик должен иметь на винтах, крепящих кожух счетчика, пломбы с клеймом госповерителя, а на зажимной крышке - пломбу сетевой организации.

На вновь устанавливаемых трехфазных счетчиках должны быть пломбы государственной поверки с давностью не более 12 месяцев, а на однофазных счетчиках - с давностью не более 2 лет.

Основным техническим параметром электросчетчика является «класс точности», который указывает на уровень погрешности измерений прибора. Классы точности приборов учета определяются в соответствии с

техническими регламентами и иными обязательными требованиями, установленными для классификации средств измерений.

Таблица 1 - Допустимые классы точности расчетных счетчиков активной электроэнергии для различных объектов учета и потребителей

| <b>Категория потребителей</b>                         | <b>Уровень напряжения</b> | <b>Подключение</b> | <b>Класс точности</b>   |
|---|---------------------------|--------------------|---|
| Граждане-потребители                                  | Не имеет значения         | новое              | 2.0 и выше  |
| Многоквартирные дома                                  | 0,4 кВ и ниже             | новое              | 1.0 и выше  |
| Потребители с максимальной мощностью менее 670 кВт    | 35 кВ и ниже              | новое              | 1.0 и выше  |
| Потребители с максимальной мощностью менее 670 кВт    | 110 кВ и выше             | новое              | 0.5S и выше   |
| Потребители с максимальной мощностью не менее 670 кВт | Не имеет значения         | новое              | 0.5S и выше с возможностью измерения почасового объема потребления электрической энергии и обеспечивающие хранение данных за последние 120 дней и более |

### **3 Автоматизированные системы поквартирного учета потребления электроэнергии**

#### **3.1 АСКУЭ в России**

В России существует около 10 разработок систем АСКУЭ бытовых потребителей. Наиболее известные из них производятся на Московском заводе ЗАО «Связь инжиниринг М».

ЗАО «Связь инжиниринг М» с 2005 года занимается разработкой и производством АСКУЭ для базовых станций сотовых операторов, объектов коммунального и муниципального хозяйства, а также промышленных объектов. Разработанные компанией устройства позволяют осуществлять сбор и передачу данных с приборов учета, а с помощью программного обеспечения можно формировать необходимые отчеты для сбытовых компаний. Сегодня ЗАО «Связь инжиниринг М» предлагает комплексные решения по учету энергоресурсов для объектов жилищно-коммунального и муниципального хозяйства на базе разработанных устройств. Это в том числе и решения АСКУЭ многоквартирных домов на базе каналов GSM и Ethernet [11].

Предлагаемая система строится из двух подуровней:

- информационно-измерительный комплекс (ИИК) состоит из счетчиков электрической энергии и счетчиков тепловой энергии, а также каналобразующей аппаратуры. ИИК предназначен для выполнения измерений электрической и тепловой энергии, расхода горячей и холодной воды с последующей их передачей на верхний уровень системы (ИВК);

- информационно-вычислительный комплекс (ИВК) состоит из каналобразующей аппаратуры, сервера сбора и обработки данных и АРМ-ов (автоматизированных рабочих мест операторов). ИВК предназначен для выполнения регламентного опроса приборов учета уровня ИИК, контроля

достоверности полученной информации, промежуточного хранения, обработки и просмотра данных. На данном уровне система обеспечивает функцию сопряжения с биллинговыми системами. Требования к сопряжению с биллинговыми системами сбытовых организаций определяются отдельным документом в соответствии с требованиями установленных систем.

Данная система обеспечивает:

- коммерческий учет потребляемой электрической энергии;
- учет потребляемой тепловой энергии;
- учет расхода горячей и холодной воды;
- формирование отчетных документов;
- хранение учетной информации на сервере АСКУЭР.

### **3.2 Система TELEGESTORE**

В настоящее время крупнейшая национальная энергоснабжающая компания Enel успешно завершает в Италии работы по созданию уникальной автоматизированной системы Telegestore (Теледжесторе) для бытовых потребителей, которая позволит ей не только дистанционно считывать показания электросчетчиков, но и централизованно управлять электропотреблением и распределительной сетью.

В апреле 2004 года делегация российских специалистов посетила Италию с целью ознакомления на месте с ходом реализации фирмой Enel проекта Telegestore: штаб-квартиру фирмы Enel в Риме и опытный полигон фирмы Cesi (Чези) в Милане. Полигон Cesi был выбран компанией Enel для проведения полевых испытаний элементов Telegestore с целью воссоздания типичных условий в отношении помех, существующих в электрических сетях. Полевые испытания на данном полигоне начались в 2000 году и

ведутся до настоящего времени для отработки систем связи и испытания новых моделей компонентов системы (счетчиков и концентраторов).

С начала 90-х годов Enel проводила испытания систем дистанционного управления счетчиками. Так как системы дистанционного управления счетчиками были и являются выгодными с точки зрения эффективности затрат для энергоемких промышленных потребителей, в процессе испытаний выяснялось, являются ли они эффективными для массового потребителя.

Испытания на базе 70000 систем (40000 в Риме) подтвердили техническую жизнеспособность технологии дистанционного управления счетчиками с использованием каналов связи по низковольтной сети в диапазоне частот, определенном европейским стандартом CENELEC EN 50065 (PLC-связь).

В конце 1998 года Enel, производя анализ своих общих затрат на мероприятия в области учета и изучая аналогичный опыт США, пришла к выводу о целесообразности дистанционного управления средствами учета на массовом рынке.

Компания ENEL, монополист в области энергосбытовой деятельности в Италии, успешно осуществила план массовой замены 30 млн. устаревших индукционных счетчиков на специальные электронные счетчики, объединив их по силовой сети (PLC-технология) в единую систему дистанционного управления абонентской сетью (TELEGESTORE™), дает наиболее яркий пример комплексного решения проблем: как организации учета электроэнергии у бытовых потребителей в Европе, так и управления их электропотреблением [12].

При этом эта система очень эффективна в экономическом отношении, так как ENEL, исходя из существующих расценок за электроэнергию и

применяемых норм, смогла гарантировать ее окупаемость в течение 5 лет. Это подтверждается и опытом эксплуатации части этой системы по мере ее создания и начала работы. Практически за 5 лет создания с 2001 по 2006 гг. она себя уже окупила.

Описание работы системы:

1. Интегрированный счетчик (М) осуществляет учет, управление контактом и передачу по силовой сети данных до концентратора.

2. Телекоммуникационная система устанавливает связь по общей телекоммуникационной сети (GSM диапазон, коммутируемый телефонный канал, спутник и др.) с концентратором низкого напряжения (УСПД), который установлен в каждой подстанции среднего напряжения (1 концентратор — на каждый трансформатор).

3. Устройство сбора и передачи данных способно управлять связью в обоих направлениях: в направлении счетчиков (связь по силовой сети, полудуплексный режим, скорость 2400 бит/сек) и в направлении центральной дистанционной системы учета (по сети общего пользования).

Основные характеристики TELEGTOR<sup>TM</sup>:

- Дистанционное управление потреблением электроэнергии, многотарифность.
- Дистанционное изменение параметров контракта (заявленная потребность в электроэнергии).
- Дистанционное отключение, в случае необходимости, прерывателя цепи, интегрированного в корпус счетчика (например, в случае расторжения контракта).
- Контроль качества услуг, предоставляемых каждому отдельному абоненту (число и продолжительность прерываний).

- Выявление и предотвращение мошенничества.
- Передача абоненту данных в режиме реального времени в целях поддержки алгоритмов
- Гибкость графика, дистанционное снятие показаний, отсутствие биллинга, независимость от необходимости доступа к счетчику.

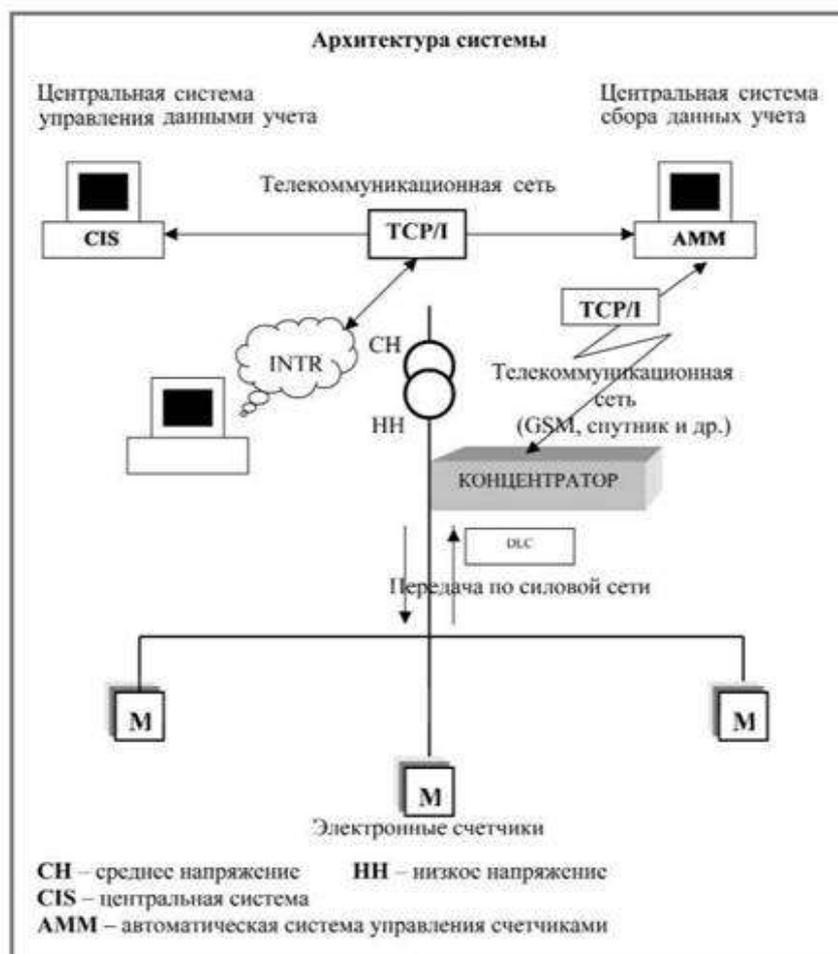


Рисунок 4 - Архитектура системы

Основные численные характеристики системы:

- Количество абонентов сети низкого напряжения — 27 млн.;
- Установлено измерительных групп — 30 млн.;
- Концентраторы — 330000;
- Срок окупаемости— 3-4 года.

## 4 Проектирование АСКУЭ

Основное назначение системы АСКУЭ - в разумных интервалах времени собрать в центрах управления все данные о потоках электроэнергии на всех уровнях напряжения и обработать полученные данные таким образом, чтобы обеспечить составление отчётов за потребленную или отпущенную электроэнергию (мощность), проанализировать и построить прогнозы по потреблению (генерации), выполнить анализ стоимостных показателей и, наконец, - самое важное - произвести расчёты за электрическую энергию [13].

На данный момент основным нормативным документом, в котором регламентируются основные требования к созданию АИИС КУЭ (АСКУЭ) розничного рынка, является Постановление правительства РФ № 530 от 31 августа 2006 г. «Об утверждении правил функционирования розничных рынков электрической энергии в переходный период реформирования энергетики».

Для организации системы АСКУЭ необходимо:

- в точках учёта энергии установить высокоточные средства учёта - электронные счётчики;
- цифровые сигналы передать в так называемые «сумматоры», снабженные памятью;
- создать систему связи (как правило, последнее время для этого используют GSM - связь), обеспечивающую дальнейшую передачу информации в местные (на предприятии) и на верхние уровни;
- организовать и оснастить центры обработки информации современными компьютерами и программным обеспечением.

Структурная схема организации АСКУЭ показана на рисунке 5. В ней можно выделить несколько отдельных основных уровней.

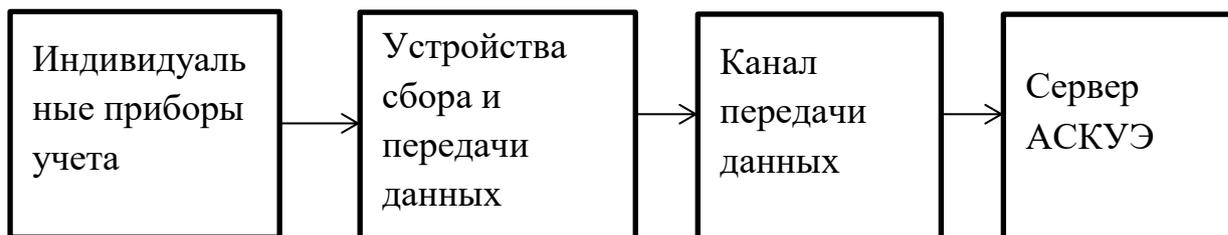


Рисунок 5 - Структурная схема АСКУЭ

#### **4.1 Уровень первый - уровень сбора информации**

Элементами этого уровня являются электросчётчики и различные устройства, измеряющие параметры системы. В качестве таких устройств могут применяться различные датчики как имеющие выход для подключения интерфейса RS-485, так и датчики, подключенные к системе через специальные аналого-цифровые преобразователи.

В системах АСКУЭ для соединения датчиков с контролерами применяют интерфейс RS-485. Входное сопротивление приемника информационного сигнала по линии интерфейса RS-485 обычно составляет 12 кОм. Так как мощность передатчика ограничена, это создает ограничение и на количество приемников, подключенных к линии. Согласно спецификации интерфейса RS-485 с учетом согласующих резисторов приёмник может вести до 32 датчиков.

#### **4.2 Уровень второй - связующий уровень**

На этом уровне находятся различные контролеры необходимые для транспортировки сигнала. В случае если требуется соединение более 32 датчиков, тогда в схеме на этом уровне появляется устройства, называемые концентраторы.

### **4.3 Третий уровень - уровень сбора, анализа и хранения данных**

Элементом этого уровня является компьютер, контролер или сервер. Основным требованием к оборудованию этого уровня является наличие специализированного программного обеспечения для настройки элементов системы.

В настоящее время практически все электронные электросчётчики оборудованы интерфейсом для включения в систему АСКУЭ. Даже те, которые не имеют этой функции, могут оснащаться оптическим портом для локального снятия показаний непосредственно на месте установки электросчётчика путём считывания информации в персональный компьютер. Поэтому, сегодня электросчётчик является сложным электронным устройством.

Однако не стоит думать, что только электронные счётчики можно использовать для дистанционного снятия показаний (а именно эта цель является основной в системах АСКУЭ).

Счетчики, в маркировке которых есть буква «Д», например, СРЗУ-И670Д, имеют телеметрический выход (импульсный датчик), обеспечивающий передачу по двухпроводной линии связи информации о проходящей через счетчик активной (реактивной) энергии в систему дистанционного сбора и обработки данных.

ДВ устройстве индукционного счетчика есть такой элемент, как алюминиевый диск. Скорость его вращения прямо пропорциональна потребляемой нагрузкой мощности. Вот скорость вращения диска, точнее количество оборотов и является численной характеристикой, которую можно преобразовать в импульсы и передать в линию связи. Поэтому на счётчики со встроенными датчиками наносят такой параметр, как количество импульсов на 1 кВт\*ч.

В качестве источника импульсов служит измерительный трансформатор, магнитный поток которого периодически пересекает металлический сектор, насаженный на ось диска. Импульсы, полученные от него, подаются на схему собственно самого датчика, а затем в линию связи. Питание датчик получает по этой же линии.

Импульсный датчик - преобразователь имеет в своей конструкции фотосветодиодную головку - т.е. пару фотодиод - светодиод. Датчик устанавливается внутри счётчика так, что головка направлена в сторону диска. Излучённый светодиодом сигнал отражается от диска и принимается фотодиодом. Благодаря затемнённому сектору диска, сигнал носит прерывистый характер.

Электронная схема на логических элементах отслеживает эти прерывания, преобразовывает и выдает в линию связи последовательно импульсов. Скважность (частота следования) этих импульсов прямо пропорциональна скорости вращения диска, и, следовательно, потребляемой мощности и её можно визуалью оценить по индикаторному светодиоду.

На другой стороне линии связи приёмное устройство принимает эти импульсы, подсчитывает их количество за определённый промежуток времени и выдает полученный результат на устройство отображения информации. Таким образом, происходит дистанционное считывание показаний электросчётчика. Именно так строились первые системы удалённого сбора информации.

Однако возникает закономерный вопрос - выше мы рассматривали интерфейсы RS 485 и RS 232, а здесь имеем последовательность импульсов.

Получается, всё равно индукционные счётчики мы не увяжем в рассмотренные выше современные схемы построения АСКУЭ? В принципе, сделать это можно. Преобразовать импульсную последовательность в тот же

RS 232 интерфейс большого труда не составляет, данный адаптер будет представлять собой относительно простую электронную схему. Но особого смысла в этом нет. Индукционные электросчётчики постепенно уходят в прошлое, а там где и устанавливаются, используются только как локальные приборы учёта.

Использование GSM-канала. Данная система может использовать для информационного обмена такие каналы связи, как GSM (GPRS), линии телефонной сети и спутниковые каналы доступа. Применение GSM-канала (GPRS-канала) экономически выгодно, является надежным и рациональным решением для построения распределенных АИИС ТУЭ. Система может централизованно снимать и обрабатывать показания счетчиков, расположенных, например, в разных цехах предприятия, значительно удаленных друг от друга. Как показала практика организации распределенных систем учета использование GSM-каналов (GPRS) связи позволяет в десятки раз сократить стоимость организации информационного обмена с оборудованием и сэкономить на обслуживании сетей связи (осуществляют операторы сотовой связи). При недоступности сотовой связи АИИС ТУЭ задействует спутниковые каналы доступа (функция резервирования) [14].

## 5 Структурная схема

Система имеет двухуровневую структуру. На первом уровне находятся собственно электрические счетчики, установленные в каждом щитке и этажный регистратор. Этажный регистратор считывает импульсы от счетчика электроэнергии и сохраняет её во внутренней памяти микроконтроллера. Также в состав этажного регистратора входят элементы управления питанием, индикации и интерфейса связи. Индикатор отображает подачу питания на регистратор. На втором уровне находятся ПК на который, по каналу связи RS-485, передаются накопленные данные с этажных регистраторов.

Компоненты разрабатываемой системы учета расхода электроэнергии в жилом доме:

- Первичные приборы учета – счетчик электроэнергии Энергомера СЕ101-R5. Счетчик имеет импульсный выход. Это однофазный электросчетчик серии «СЕ», который устанавливается на din-рейку. Осуществляет измерение активной энергии в однофазных двухпроводных цепях переменного тока. В качестве датчика тока используется шунт.
- Этажный регистратор. Регистратор используется для накопления численной информации с первичных счетчиков с привязкой ее к астрономическому времени, для передачи данных в цифровом формате в информационную сеть с использованием стандарта RS485. Структурная схема этажного регистратора показана на рисунке 6.

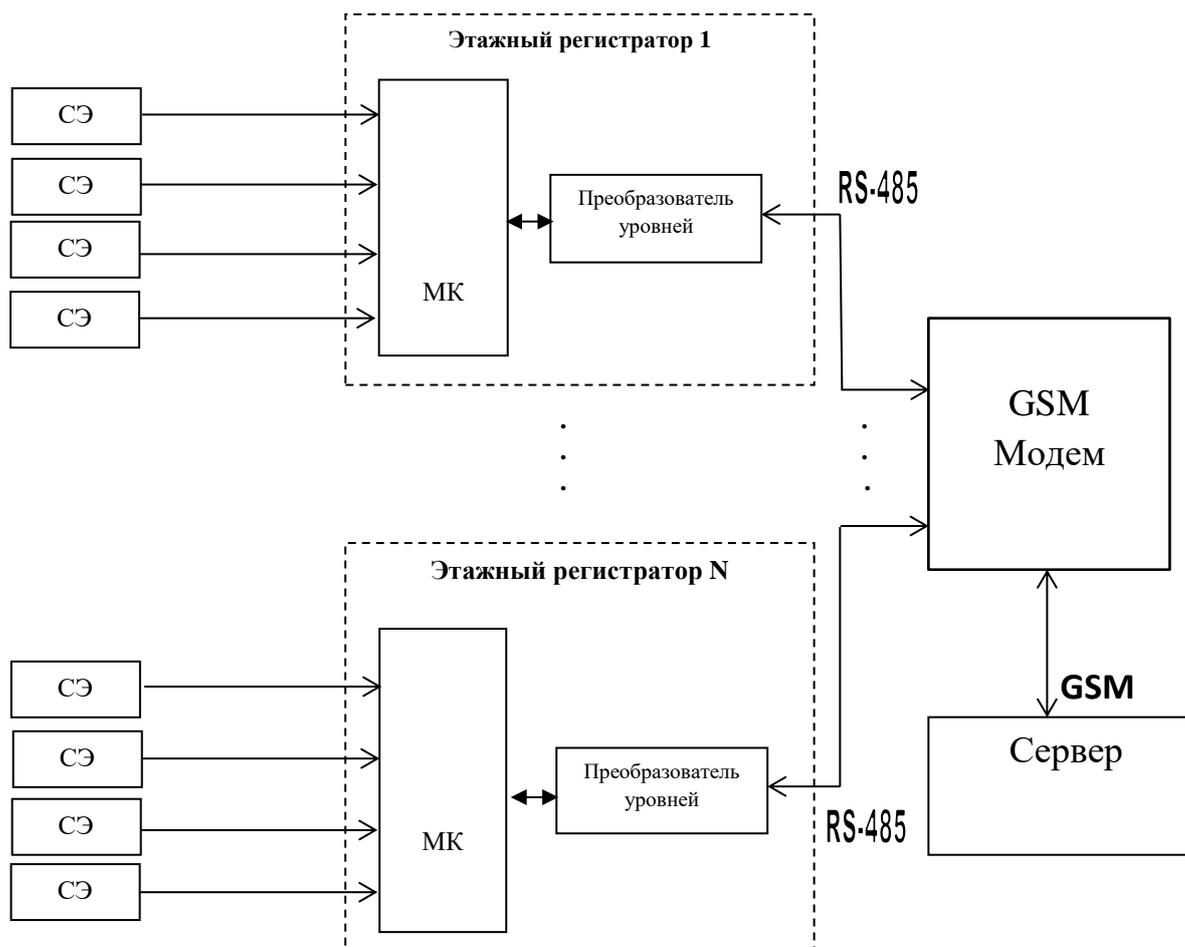


Рисунок 6 - Структурная схема этажного регистратора

Электросчетчики, расположенные в распределительных щитках определяют расход электроэнергии, на основе которого формируется значение выходной величины. Выходной величиной выбранных счетчиков являются импульсы, которые подаются на микроконтроллер. Основной функцией, выполняемой микроконтроллером, является сбор и хранение данных полученных с датчиков, и последующей передачей по каналу связи RS-485 на ПК.

Для возможности отображения информации используются предусмотренные механические дисплеи непосредственно на счётчиках. Энергонезависимая память используется для хранения архива, а также индивидуальных градуировочных коэффициентов датчиков расхода, других

констант, определяющих текущие настройки устройства, сохранения которых должно быть обеспечено при отключении, как основного блока питания, так и аккумуляторной батареи. Зафиксированный код по каждому каналу микропроцессора по запросу через интерфейс RS-485 передается для последующей обработки на ПК, где уже оператор с помощью специального программного обеспечения анализирует полученную информацию. Данная система позволит автоматизировать и упростить систему контроля расхода электроэнергии.

## 6 Выбор элементной базы

### 6.1 Счетчик электроэнергии



Рисунок 7 - Счетчик электроэнергии однофазный

Энергомера CE101-R5

ТУ 4228-054-22136119-2005

Однофазный электросчетчик серии «СЕ».

Устанавливается на din-рейку.

Осуществляет измерение активной энергии в однофазных двухпроводных цепях переменного тока. В качестве датчика тока используется шунт.

Нормативно-правовое обеспечение:

- Соответствует ГОСТ Р 52320-2005.
- Соответствует ГОСТ Р 52322-2005.
- Сертифицирован и внесен в Государственный реестр средств измерений РФ.

Характеристики надежности:

- Средняя наработка на отказ — 220 000 часов.

- Межповерочный интервал — 16 лет.
- Средний срок службы — 30 лет.
- Гарантийный срок (срок хранения и срок эксплуатации суммарно) — 5 лет с даты выпуска.

Особенности электросчетчика:

- Малое собственное энергопотребление.
- Наличие стандартного и оптического телеметрического выхода.
- Световой индикатор работы.
- Повышенная защита от хищений.
- Наличие шунта в качестве измерителя тока.
- Наличие в электросчетчиках механического или электронного сумматора.
- Устойчивость к климатическим, механическим и электромагнитным воздействиям.

Таблица 2 - Технические характеристики

| Показатели  | Величины               |
|---|------------------------|
| Класс точности  | 1                      |
| Число тарифов   | 1                      |
| Частота измерительной сети, Гц  | 50±2,5                 |
| Номинальное напряжение, В   | 230                    |
| Базовый (максимальный) ток, А   | 5 (60); 10 (100)       |
| Стартовый ток, мА   | 10; 20                 |
| Потребляемая мощность параллельной цепи, не более, В*А (Вт)           | 9 (0,8)                |
| Полная потребляемая мощность последовательной цепи, не более, В*А     | 0,1                    |
| Передаточное число импульсного телеметрического выхода, имп./кВт*ч    | 1600; 2000; 3200;      |
| Диапазон рабочих температур: с механическим отсчетным устройством, °С | от минус 40 до плюс 70 |
| Диапазон рабочих температур: с электронным отсчетным устройством, °С  | от минус 30 до плюс 70 |
| Габаритные размеры, не более, мм                                      | 110 x 89 x 72,5        |
| Габаритные размеры упаковки, не более, мм                             | 116,5 x 93 x 76        |
| Степень защиты по ГОСТ 14254-96                                       | IP51                   |

Разработка регистратора для данного счетчика обусловлена тем, что такие счетчики уже установлены в большинстве домов. Это позволяет провести модернизацию системы с меньшими затратами. Счетчик имеет импульсный телеметрический выход, который необходим для решения нашей задачи.

## **6.2 Разработка принципиальной схемы регистратора**

Для того что бы спроектировать регистратор необходимо разработать принципиальную схему, путём выбора подходящих под наши задачи элементов. Необходимо реализовать связь одновременно четырёх СЭ с регистратором, последующим хранением и обработкой данных в микроконтроллере, а так же последующей передачей данных уже по линии связи интерфейса RS-485 на ПК, через преобразователь интерфейсов RS-485/RS-232. Элементы принципиальной схемы выбираются исходя из требований технического задания, предъявляемых к системе учёта расхода электроэнергии, а так же из экономических и практических соображений.

Данное измерительное устройство (регистратор) является интеллектуальным (микропроцессорным) компонентом системы сбора данных и управления. Оно обеспечивает сбор информации, преобразование интерфейса и другие функции, необходимые для построения эффективной системы учета расхода электроэнергии. Устройство не содержит механических переключателей. Все настройки выполняются программно. Настраиваемые параметры запоминаются в ЭПЗУ и сохраняются при выключении питания.

### **6.2.1 Выбор микросхемы получателя сигналов**

Основное требование, предъявляемое к данной микросхеме, это обеспечить прием импульсных сигналов и передачу их на UART микроконтроллера сразу с нескольких счетчиков.

Нашему требованию соответствует микросхема MAX213. Внешний вид представлен на рисунке 8, Цоколёвка и функциональная схема MAX213 показаны на рисунке 9. Выбранная микросхема имеет четыре канала приёма-передачи.



Рисунок 8 - Микросхема МАХ213

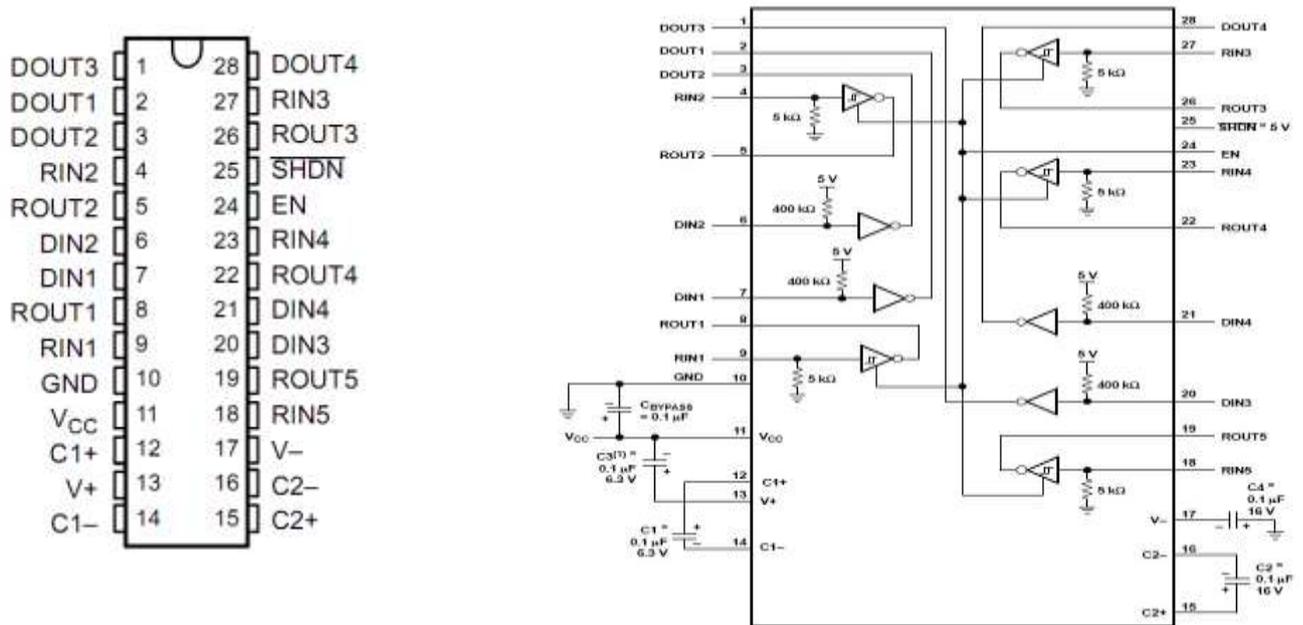


Рисунок 9 - Цоколёвка и функциональная схема МАХ213

Таблица 3 - Основные параметры МАХ213

|  |               |
|--|---------------|
| Скорость (макс.),МБод                                | 0.12          |
| T <sub>x</sub> ,шт                                   | 4             |
| R <sub>x</sub> ,шт                                   | 5             |
| Внешние конденсаторы: C <sub>ар</sub> .<br>Value,мкФ | 0.1           |
| Внешние конденсаторы: C <sub>ар</sub> ,шт            | 4             |
| R <sub>x</sub> SHDN,шт                               | 2             |
| ESD защита,кВ  | 15            |
| V <sub>CC</sub> ,В                                   | от 4.5 до 5.5 |
| I <sub>CC</sub> ,мА                                  | 15            |
| T <sub>A</sub> ,°C                                   | от -40 до 85  |

## 6.2.2 Выбор микроконтроллера

Главным критерием при выборе микроконтроллера в данной работе было наличие в нем как минимум 4-х универсальных портов ввода и достаточно большого объема внутренней памяти. Заданным условиям отвечает микроконтроллер ATxmega16A4-AU, функциональная схема которого приведена на рисунке 7.2. Микроконтроллеры фирмы Atmel являются наиболее доступными и имеют достаточно низкую цену.

Отличительные особенности:

- 8/16-битное высокопроизводительное RISC ЦПУ AVR
- 138 инструкций
- Аппаратное умножающее устройство
- 32 8-битных регистра, напрямую подключенные к ALU
- Стек в оперативной памяти
- Указатель стека доступен в пространстве памяти ввода-вывода
- Прямая адресация до 16 Мбайт памяти программ и 16 Мбайт памяти данных
- Полная поддержка 16/24-битного доступа к 16/24-битным регистрам ввода-вывода
- Эффективная поддержка 8-, 16- и 32-битных арифметических инструкций
- Защита от изменения настроек критических функций системы
- Энергонезависимые памяти программ и данных
- Температурный диапазон  $-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$  [15]

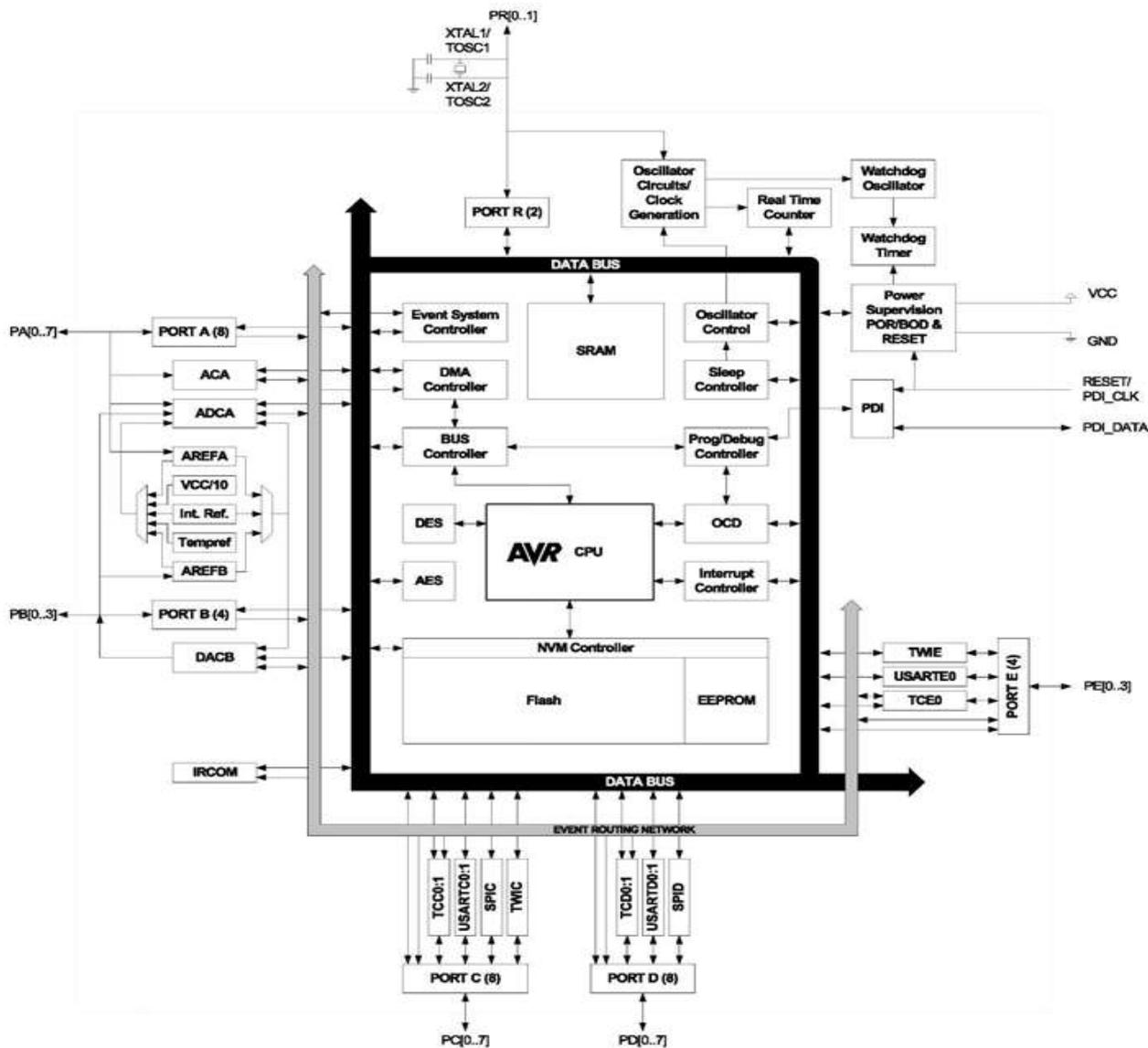


Рисунок 10 - Функциональная схема микроконтроллера ATxmega16A4-AU

### 6.2.3 Выбор тактового генератора

В микропроцессорной технике один тактовый импульс, как правило, соответствует одной атомарной операции. Обработка одной инструкции может производиться за один или несколько тактов работы микропроцессора, в зависимости от архитектуры и типа инструкции. Частота тактовых импульсов определяет скорость вычислений. Схема включения тактового генератора приведена на рисунке 11.

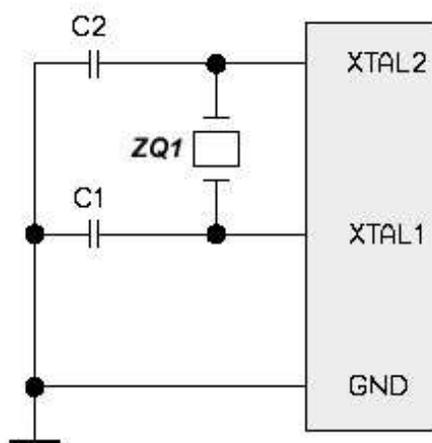


Рисунок 11 - Схема подключения тактового генератора

К ножкам XTAL1 и XTAL2 микроконтроллера подключается кварцевый резонатор. В проектируемом устройстве будет использоваться кварц – на 16 МГц. Для более стабильного запуска выводы кварцевого резонатора соединены с общим проводом через конденсаторы C11 и C13 емкостью 30 пФ.

#### 6.2.4 Выбор преобразователя уровней RS-485

В разрабатываемой системе связь этажного регистратора с GSM модемом осуществляется через интерфейс RS-485.

Интерфейс RS-485 обеспечивает обмен данными между устройствами по одной двухпроводной линии связи в полудуплексном режиме. Широко применяется в производстве при проектировании АСУ ТП.

RS-485 обеспечивает передачу данных со скоростью до 10 Мбит/с. Максимальная дальность зависит от скорости: при скорости 100 кбит/с — 1200 м, а при скорости 10 Мбит/с максимальная длина линии — 120 м.

RS-485 — многоточечный полудуплексный последовательный интерфейс передачи данных. Передача осуществляется с помощью дифференциальных сигналов по одной паре проводников. Разница напряжений между проводниками разной полярности означает 0, разница одинаковой полярности — логическая 1.

Для приема и передачи данных в стандарте RS-485 чаще всего используется единственная витая пара проводов. Однако, следуя стандартной логике, единица характеризуется напряжением от 2,5 до 5 В, а ноль – от 0 до 0,8 В, а при передаче по используемому каналу ноль и единица кодируются одинаковыми по величине (от 5 до 12В), но разными по знаку сигналами. Поэтому при передаче по RS-485 стандартные логические сигналы должны быть преобразованы в сигналы другого уровня[17].

Для этой цели используем схему преобразования логических сигналов стандартного уровня в сигналы уровня по стандарту RS-485 MAX485 фирмы MAXIM. Цоколёвка MAX485 приведена на рисунке 12.

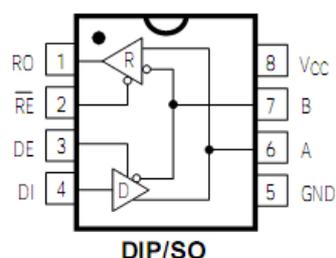


Рисунок 12 - Внешний вид расположение ножек микросхемы MAX485  
MAX485 – это отказоустойчивый, высокоскоростной, полудуплексный приемопередатчик с производительностью 20 Mbps, с высокой устойчивостью и напряжением питания 5 В.

Таблица 4 - Основные параметры MAX485

|                              |                 |
|------------------------------|-----------------|
| <b>Скорость (макс.),МБод</b> | 2.5             |
| <b>Интерфейс</b>             | RS-485          |
| <b>Тх,шт</b>                 | 1               |
| <b>Рх,шт</b>                 | 1               |
| <b>Рх/Тх Enable</b>          | Да              |
| <b>Устройств на шине</b>     | 32              |
| <b>V<sub>CC</sub>,В</b>      | от 4.75 до 5.25 |
| <b>I<sub>CC</sub>,мА</b>     | 0.9             |
| <b>T<sub>A</sub>,°С</b>      | от -40 до 85    |

### 6.2.5 Выбор микросхемы преобразователя напряжения

Для организации питания микроконтроллера и микросхем-драйверов будем использовать импульсный блок питания на базе микросхемы TNY264. Цоколёвка TNY264 приведена на рисунке 13. Принципиальная схема блока питания показана на рисунке 14. Преимущества данной микросхемы заключается в предельно простом управлении. Так, для того чтобы стабилизировать напряжение, не нужен широтно-импульсный модулятор. Поддержание выходного напряжения происходит в режиме вкл/выкл, по выводу EN/UV.

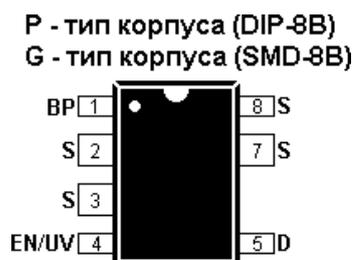


Рисунок 13 - Внешний вид расположение ножек микросхемы TNY264

## Основные параметры микросхемы TNY264:

- 700 вольтовый MOSFET транзистор;
- Генератор с фиксированной частотой 132кГц (124: 142 кГц);
- Схема защиты от КЗ в нагрузке;
- Схема защиты от заниженного входного напряжения;
- Схема защиты от повышенного входного напряжения;
- Схема защиты от обрыва цепи обратной связи;
- Схема защиты от перегрева кристалла микросхемы;
- Схема запуска от высокого входного напряжения;
- Схема авторестарта;
- Схема снижения ВЧ-помех (Jitter).

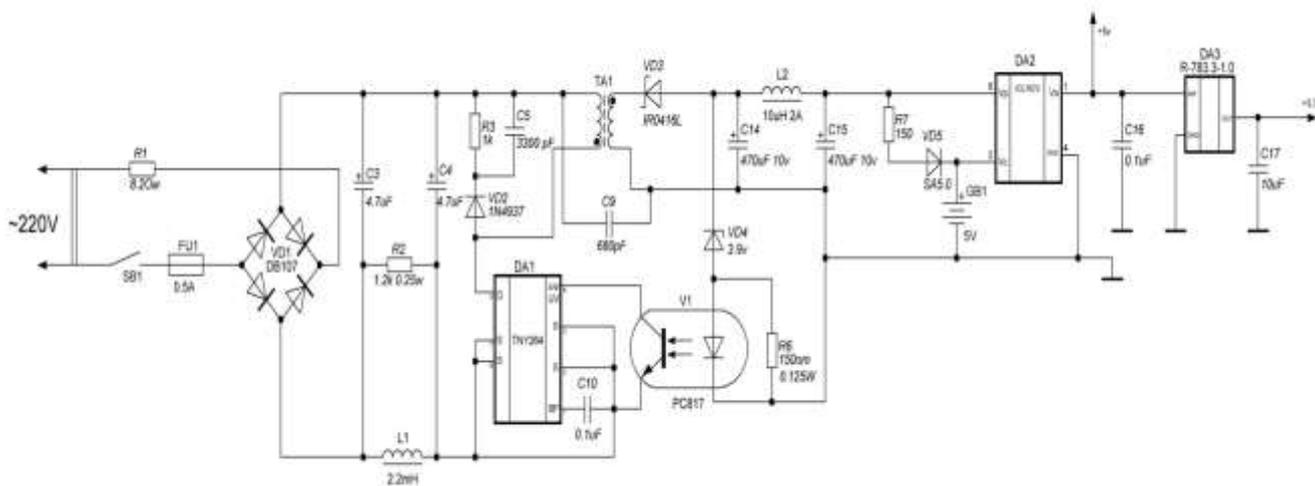


Рисунок 14 - Принципиальная схема импульсного блока питания на микросхеме TNY264

## 6.2.6 Выбор автоматического переключателя на резервное питание

По требованиям технического задания так же требуется организовать бесперебойное питание всего устройства. Для данных целей организуется система автоматического переключения на резервное (батарейное) питание при отключении питания сети 220В. Используем подходящую для этих задач микросхему ICL7673. Цоколёвка и функциональная схема микросхемы ICL7673 показана на рисунке 15. Типовая схема включения приведена на рисунке 16.

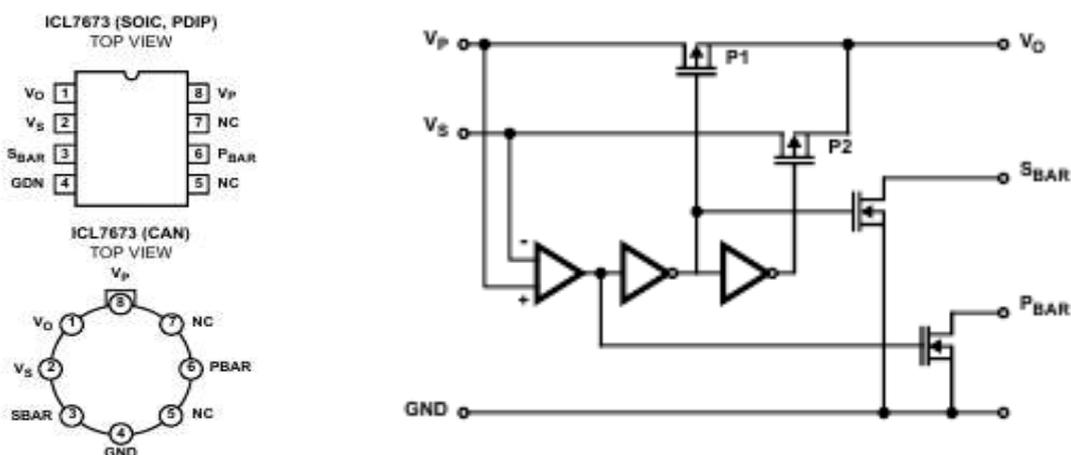


Рисунок 15 - Цоколёвка и функциональная схема ICL7673

Основные параметры микросхемы ICL7673:

Входное напряжение (VP or VS) питания .....GND - 0.3V to +18V

Выходные напряжения PBAR и SBAR .....GND - 0.3V to +18V

Пиковый ток

Вход VP (at VP = 5V) (Note 1) ..... 38mA

Вход VS (at VS = 3V) ..... 30mA

PBAR or SBAR ..... 150mA

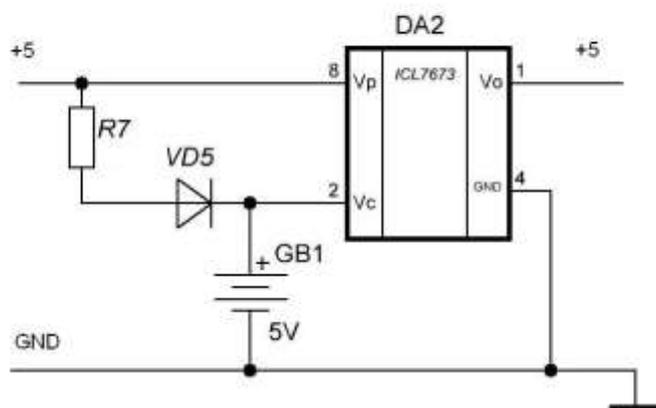


Рисунок 16 - Типовая схема включения микросхемы ICL7673

На ножку  $V_p$  подаётся напряжение питания от блока питания. На ножку  $V_c$  подаётся напряжение от резервного источника питания (литий-ионной батареи). В случае отключения питания от блока питания, микросхема ICL7673 автоматически переключается на резервный источник питания. Ножка  $V_o$  – выход бесперебойного питания 5 вольт. Ножка GND соединяется с общим проводом. При помощи резистора R7 и диода VD5, во время работы от блока питания, происходит подзарядка резервного источника питания (литий-ионной батареи).

### 6.2.7 Выбор аккумулятора резервного питания

Для организации бесперебойного питания разрабатываемого устройства, необходимо выбрать источник резервного питания для сохранения работоспособности устройства, в случае отключения питания от сети 220В.

Основными требованиями к источнику бесперебойного питания следующие:

- выходное напряжение 5В
- емкость не менее 9000мАч, для поддержания работы устройства не менее 72 часов.

Для данных целей планируется использовать 4 аккумуляторных батареи размера АА и емкостью 3000 мАч каждая, напряжение на выходе 1.2В.



Рисунок 17 - Аккумуляторная батарея

### **6.3 Выбор устройства для организации беспроводной связи**



Рисунок 18 - GSM модем TELEOFIS RX108-L2

Модем RX108-L2 – промышленный GSM модем в эргономичном пластиковом корпусе. Универсальное решение для передачи данных по сетям GSM. Подключение через последовательный интерфейс RS-485.

Модем применяется для передачи данных от приборов учета, контроллеров, устройств сбора и передачи данных. Является неотъемлемой частью систем диспетчеризации приборов учета [18].

Встроенные возможности по программированию на языке Python позволяют использовать модем в качестве программируемого контроллера со встроенным интерфейсом связи GSM/GPRS.

Таблица 5 - Характеристики модема RX108-L2

|   |                      |
|---|----------------------|
| <b>Функциональные характеристики</b>                |                      |
| Поддерживаемые стандарты связи                      | CSD, GPRS, SMS, USSD |
| Количество SIM карт                                 | 1                    |
| Тип модуля GSM                                      | Telit GL868-DUAL     |
| Функция безусловной перезагрузки                    | Есть                 |
| Встроенный TCP/IP стек                              | Есть                 |
| Поддержка Python                                    | Есть                 |
| Вход типа «АЦП» (настраиваемый как «сухой контакт») | 1                    |
| <b>Передача данных</b>                              |                      |
| Скорость приема данных по GSM интерфейсу (Download) | 85.6 кбит/с          |
| Скорость передачи данных по GSM интерфейсу (Upload) | 42.8 кбит/с          |
| Сервисы SMS   | MT, MO, CB           |
| Формат SMS  | PDU, TEXT            |
| <b>Параметры GSM канала</b>                         |                      |
| Диапазоны частот                                    | GSM: 900/1800МГц     |
| Мощность передатчика (EGSM 900)                     | 2Вт                  |
| Мощность передатчика (DCS 1800)                     | 1Вт                  |
| <b>Проводные интерфейсы</b>                         |                      |

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Тип основного интерфейса                         | RS-485                               |
| Скорость передачи данных по RS-485               | 1200-115200 бит/сек                  |
| Дальность связи по сети RS-485                   | до 1000м (при скорости 9600бит/сек.) |
| Наличие встроенного терминатора сети RS-485      | да (подключаемый, 120 Ом)            |
| <b>Электрические параметры</b>                   |                                      |
| Максимальный потребляемый ток                    | 400мА (при напряжении питания 12В)   |
| Напряжение питания постоянное                    | 6..28В                               |
| Количество выходов для питания внешних устройств | 1                                    |
| Выход для питания внешних устройств              | 7-30 В                               |
| <b>Конструктивные особенности</b>                |                                      |
| Тип разъёма интерфейса RS-485                    | Разрывной клемник                    |
| Материал корпуса                                 | ABS пластик                          |
| Класс защиты корпуса                             | IP30                                 |
| Габаритные размеры                               | 95x97x36 мм                          |
| Вес  | 120 г                                |
| <b>Параметры эксплуатации</b>                    |                                      |
| Диапазон рабочих температур                      | -40...+65°C                          |
| Относительная влажность                          | 90% (при 20°C)                       |
| Атмосферное давление                             | 83..106 мм. рт. ст.                  |
| <b>Параметры надёжности</b>                      |                                      |
| Наработка на отказ                               | 30 000 часов                         |
| Срок эксплуатации                                | 5 лет                                |

Данный модем, предназначен для подключения к сети RS-485 и передачи информацию на удаленный сервер, находящийся в

ресурсоснабжающей организации. Прибор полностью подходит по характеристикам и обладает сравнительно небольшой ценой [19].

## 7 Алгоритм работы программы микроконтроллера



## 7.1 Описание работы программы контроллера

При включении устройства, контроллер конфигурируется в соответствии с количеством счетчиков и частотой отправки данных, происходит синхронизация времени с сервером и запуск собственных часов реального времени, реализованных программно на микроконтроллере. Затем считываются последние сохраненные данные из внутренней памяти контроллера, и начинается отсчет импульсов от счетчиков, расположенных на этаже.

В зависимости от предустановок, показания могут передаваться непосредственно после их изменения, в определенное время, либо по запросу основного сервера. При отсутствии связи с основным сервером, данные накапливаются во внутренней памяти и передаются сразу после восстановления связи.

Формат хранения данных во внутренней памяти контроллера:

|         |       |       |     |      |        |           |
|---------|-------|-------|-----|------|--------|-----------|
| Счетчик | Число | Месяц | Год | Часы | Минуты | Показание |
|---------|-------|-------|-----|------|--------|-----------|

## 8 Расчет погрешности

Точность измерения является основной характеристикой качества измерений, а точность средств измерений, характеризуемая их погрешностью является основной характеристикой степени совершенства средств измерений.

Погрешность разрабатываемой системы учёта расхода электроэнергии в жилом доме, будет определяться основными погрешностями устройств, входящих в систему:

$$\gamma = \sqrt{\gamma_D^2 + \gamma_{МК}^2 + \gamma_K^2}$$

Где,  $\gamma_D$  – основная погрешность счетчика электроэнергии;

$\gamma_{МК}$  – основная погрешность микроконтроллера;

$\gamma_K$  – основная погрешность конвертера RS-232/UART, UART/RS485, RS485/RS232.

В качестве счетчиков электроэнергии были выбраны счетчики Энергомера CE101-R5.

Основная погрешность данных счетчиков в различных режимах не превышает  $\pm 1\%$ .

В свою очередь погрешность микроконтроллера зависит от его разрядности. Так как мы используем 8-разрядный микроконтроллер ATmega16A4-AU получим:

$$\gamma_{МК} = \frac{1}{2^8 - 1} \cdot 100\% = 0,39 \approx 0,4\%$$

где  $a=2$  – основание,  $m=8$  – разрядность.

Рассмотрим погрешности, вносимые в систему от конвертеров. Устройство сбора и передачи данных осуществляет сбор, накопление,

передачу на верхний уровень информации о расходе электроэнергии по цифровым интерфейсам. Конвертеры передают данные между счетчиками электроэнергии и МК, а так же между МК и GSM модемом, использующим физический уровень RS485. Так как данные устройства не совершают никаких операций над передаваемой информацией, а просто осуществляют ее хранение и передачу на верхний уровень, то влияние данных устройств на погрешность системы настолько мало (0,002-0,003%), что им можно пренебречь.

Рассчитаем погрешность одного канала:

$$\gamma = \sqrt{1^2 + 0,4^2} = 1,077\%$$

Из полученных расчетов видно, что погрешность каждого канала измерения зависит в основном от погрешности выбранных датчиков.

К дополнительной погрешности относится температурная, вызванная отклонением температуры окружающей среды от нормальной.

Рассчитаем дополнительную температурную погрешность микроконтроллера, вызванную кварцевым резонатором. Согласно технической документации температурный коэффициент кварцевого резонатора  $k_{tx} = 50 \cdot 10^{-6}$ . При изменении окружающей температуры на  $1^\circ\text{C}$  частота кварцевого резонатора изменится на  $10^{-6}$ . При изменении температуры на  $\Delta t$  частота кварцевого резонатора изменится на величину:

$$\Delta F_t = k_{tx} \cdot F_{\text{ном}} \cdot \Delta t$$

где  $F_{\text{ном}}$  - номинальное значение частоты резонатора при нормальной температуре окружающей среды ( $F_{\text{ном}} = 8 \text{ МГц}$ ).

Таким образом, частота резонатора находится в пределах:

$$F = F_{\text{ном}} \pm \Delta F_t = (8 \pm 0,4 \cdot 10^{-3}) \text{ МГц}$$

Относительное значение дополнительной погрешности равно:

$$\delta = \frac{\Delta F_t}{F_{\text{ном}}} \cdot 100\% = 0,005\%$$

## 9 Расчет надежности

Надежность - одно из важнейших свойств изделий, в том числе электронных измерительных устройств, которое определяет их эксплуатационную пригодность. Показатели надежности являются основными техническими параметрами изделия наряду с точностью, массогабаритными характеристиками и т.д. Техническое задание на разработку любого измерительного устройства должно обязательно содержать раздел с требованиями по надежности.

Согласно ГОСТ 27.002-89 под надежностью понимается свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значений всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Отметим, что признаки, по которым оценивается надежность любого технического устройства, называются критериями. К основным критериям надежности относятся:

- Безотказность – это свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.
- Долговечность - это свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.
- Ремонтопригодность - это свойство объекта, заключающееся в приспособлении к предупреждению и обнаружению причин возникновения их последствий путем проведения профилактических и капитальных ремонтов и технического обслуживания.

- Сохраняемость – это свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующие способность объекта выполнять требуемые функции в течение использования, после хранения и транспортировки.

Важно отметить, что понятие надежности для любого технического устройства связано с отказами.

Отказ – это событие, которое заключается в нарушении работоспособного состояния объекта.

Работоспособность - состояние изделия или устройства, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

В настоящее время существуют различные варианты классификации отказов. Отказы для радиоэлектронных устройств можно классифицировать:

1. по характеру возникновения отказа: внезапные и постепенные;
2. по времени существования отказа: постоянный, временной и перемежающийся (временные отказы, которые следуют один за другим);
3. по характеру проявления отказа: явный и неявный;
4. по зависимости отказов между собой: зависимый и независимый;
5. по причине возникновения отказа: конструктивный, производственный, эксплуатационный и деградационный.

Важно отметить, что надежность является комплексным свойством любого технического устройства. На практике с количественной стороны надежность оценивается рядом критериев, которые получили название

показателей надежности. Основные единичные и комплексные показатели приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Показатели надежности

| Свойства                          | Показатель   |
|-----------------------------------|--|
| Безотказность                     | -вероятность безотказной работы<br>-интенсивность отказов<br>-средняя наработка до отказа<br>-параметр потока отказов<br>-средняя наработка на отказ |
| Ремонтопригодность                | -вероятность восстановления<br>-интенсивность восстановления<br>-среднее время восстановления  |
| Безотказность и ремонтпригодность | -коэффициент готовности<br>-коэффициент простоя<br>-коэффициент технического использования<br>-коэффициент оперативной готовности                    |
| Долговечность                     | -назначенный ресурс<br>-средний ресурс между капитальными (средними) ремонтами<br>-средний срок службы   |
| Сохраняемость                     | -средний срок сохраняемости  |

Необходимо отметить, что на надежность любого технического устройства влияют различные факторы, возникающие на этапах его проектирования, производства и эксплуатации. Соответственно различают:

1. Расчётную надежность;

2. Производственную надежность;

3. Эксплуатационную надежность.

Следует заметить, что в идеальном случае значения расчетной, производственной и эксплуатационной надежностей должны совпадать.

Расчёт надежности проектируемой технической системы заключается в определении показателей надежности системы по известным характеристикам надежности составляющих элементов конструкции и компонентов системы с учетом условий эксплуатации.

Основным показателем безотказности изделия - вероятность безотказной работы  $P(\tau)$ . Вероятность безотказной работы  $P(\tau)$  - это безразмерная величина, которая зависит от времени наработки  $\tau$  и изменяющаяся в пределах от 0 до 1.

Для нерезервированных систем на основном временном участке работы, когда приработка изделия завершена и производственные дефекты, если такие выявились, устранены, а износ еще не наступил, то вероятность безотказной работы уменьшается со временем по экспоненциальному закону от значения 1. А среднее время наработки до отказа есть величина обратная.

Интенсивность отказа элементов и компонентов проектируемой системы (устройства) с учетом условий эксплуатации устройства можно определить перемножив все поправочные коэффициенты и номинальную интенсивность отказа.

Значения номинальной интенсивности отказов компонентов берутся из условий на данный компонент или из справочников, содержащих такие сведения. В таблице 7 приведены значения номинальной интенсивности отказов для некоторых типов элементов.

Таблица 7 - Значения номинальной интенсивности отказов

| Наименование элемента     | $\lambda_{\text{ср}} * 10^{-6}, 1/\text{час}$ |
|---------------------------|---|
| Конденсаторы керамические | 0,15  |
| Резисторы прецизионные    | 0,0125  |
| Конденсаторы керамические | 0,2   |
| Интегральные микросхемы   | 0,01  |
| Кварцевый резонатор       | 0,026   |
| Дроссель                  | 0,34  |
| Выключатель               | 3,9   |
| Плавкая вставка           | 7,2   |

В таблице 8 приведены значения отдельных поправочных коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$ , учитывающих влияние механических воздействий.

Таблица 8 - Поправочные коэффициенты влияния механических воздействий

| Условия эксплуатации аппаратуры | Вибрация<br>$k_1$ | Ударные нагрузки<br>$k_2$ | Суммарное воздействие<br>$k_\Sigma$ |
|---------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Лабораторные                    | 1,0               | 1,0                       | 1,0                                 |
| Стационарные (полевые)          | 1,04              | 1,03                      | 1,07                                |
| Корабельные                     | 1,3               | 1,05                      | 1,37                                |
| Автофургонные                   | 1,35              | 1,08                      | 1,46                                |
| Железнодорожные                 | 1,4               | 1,1                       | 1,54                                |
| Самолетные                      | 1,46              | 1,13                      | 1,65                                |

В таблице 9 приведены значения поправочного коэффициента  $K_3$ , учитывающего влияние влажности.

Таблица 9 - Поправочный коэффициент на воздействие влажности

| Влажность, % | Температура, °C | Поправочный коэффициент $k_3$ |
|--------------|-----------------|-------------------------------|
| 60...70      | 20...40         | 1,0                           |
| 90...98      | 20...25         | 2,0                           |
| 90...98      | 30...40         | 2,5                           |

В таблице 10 приведены значения поправочного коэффициента  $K_4$ , учитывающего влияние атмосферного давления.

Таблица 10 - Коэффициент влияния атмосферного давления

| Давление, кПа | Поправочный коэффициент $k_4$ | Давление, кПа | Поправочный коэффициент $k_4$ |
|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|
| 0,1...1,3     | 1,45                          | 32,0...42,0   | 1,2                           |
| 1,3...2,4     | 1,40                          | 42,0...50,0   | 1,16                          |
| 2,4...4,4     | 1,36                          | 50,0...65,0   | 1,14                          |
| 4,4...12,0    | 1,35                          | 65,0...80,0   | 1,1                           |
| 12,0...24,0   | 1,3                           | 80,0...100,0  | 1,0                           |
| 24,0...32,0   | 1,25                          |               |                               |

Коэффициенты электрической нагрузки  $K_n$  компонентов определяются отношением значения контролируемого параметра (тока, напряжения или мощности) рассматриваемого компонента к максимально возможному (допустимому) по техническим условиям значению этого параметра. Отметим, что в качестве контролируемого параметра для конкретного компонента устройства выбирается тот, от которого в наибольшей степени зависит надежность данного компонента. Контролируемые параметры и формулы вычисления коэффициентов нагрузки для основных видов элементов приведены в таблице 11.

Таблица 11 - Коэффициенты нагрузки компонентов

| Компоненты                | Контролируемые параметры   | Коэффициент нагрузки $K_H$                 |
|---------------------------|--|--|
| Микросхемы                | Входной ток микросхем, включенных на выходе,<br>$I_{вxi}$<br>Максимальный выходной ток $I_{вых max}$<br>Число нагруженных входов $n$ . | $\frac{\sum_{i=1}^n I_{вxi}}{I_{вых max}}$ |
| Транзисторы               | Мощность рассеиваемая на коллекторе, $P_k$   | $P_k/P_{k доп}$                            |
| Полупроводниковые диоды   | Обратное напряжение $U_o$  | $U_o/U_{o доп}$                            |
| Конденсаторы              | Напряжение на обкладках $U$  | $U/U_{доп}$                                |
| Трансформаторы            | Ток нагрузки $I_H$   | $I_H/I_{H доп}$                            |
| Электрические соединители | Ток $I_k$  | $I_k/I_{k доп}$                            |
| Резисторы                 | Рассеиваемая мощность $P$  | $P/P_{доп}$                                |

Для всех элементов принципиальной схемы устройства рассчитаем коэффициенты нагрузки. Результаты по определению уровня нагрузки приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Расчет коэффициентов нагрузки

| Элемент                 | Обозначение элемента | Отношение параметров  | Коэффициент нагрузки, кн |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| Конденсаторы            | C1                   | $K_H = U_p / U_{ном}$ | 0,3                      |
|                         | C2-C4                |                       | 0,7                      |
|                         | C5                   |                       | 0,3                      |
|                         | C6-C10               |                       | 0,8                      |
|                         | C11-C13              |                       | 0,14                     |
|                         | C14-C16              |                       | 0,8                      |
|                         | C17                  |                       | 0,14                     |
| Резисторы               | R1                   | $K_H = P_p / P_{ном}$ | 0,6                      |
|                         | R2,R3                |                       | 0,4                      |
|                         | R4,R5                |                       | 0,8                      |
|                         | R6,R7                |                       | 0,8                      |
| Дроссель                | L1,L2                | I/Iн                  | 0,8                      |
| Полупроводниковые диоды | VD1 – VD5            | $U_p / U_{ном}$       | 0,5                      |
| Микросхемы              | DA1-DA4,<br>DD1, DD2 | -                     | 1                        |
| Паяные соединения       | -                    | -                     | 1                        |
| Разъем                  | X1                   | -                     | 1                        |

Рассмотрим алгоритм определения поправочного коэффициента. При определении коэффициента  $\alpha_i$ , необходимо соблюдать следующее отношение температур:

$$t_c < t_{\text{кy}} < t_{\text{cp}}$$

где  $t_c$  – температура окружающей среды,  $t_{\text{кy}}$  – температура корпуса устройства,  $t_{\text{cp}}$  – температура воздуха внутри устройства.

Значения коэффициентов определяем по графикам на рисунках 19, 20, 21.

Несколько видов графиков приведены ниже.

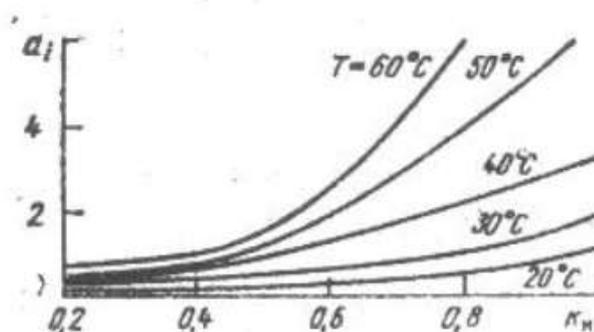


Рисунок 19 - Зависимость  $\alpha_i(T, k_n)$  для дросселей и трансформаторов

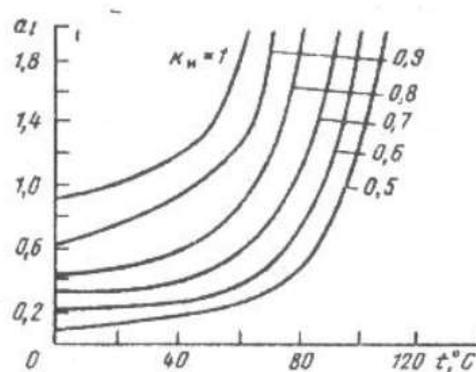


Рисунок 20 - Зависимость  $\alpha_i(T, k_n)$  для конденсаторов

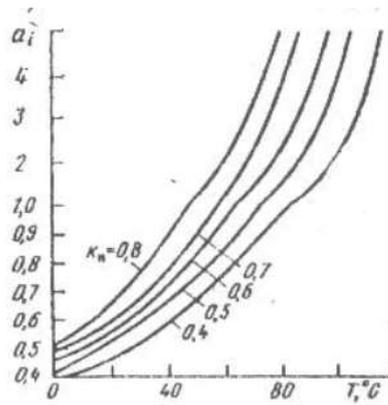


Рисунок 21 - Зависимость  $\alpha_i(T, k_n)$  для резисторов

Результаты расчета надежности устройства представлены в таблице 13.

Следовательно, среднее время безотказной работы:

$$T_{CP} = \frac{1}{\lambda_c} = 109890 \text{ (час)}.$$

Получаем вероятность безотказной работы устройства в течение 1000 часов:

$$P_c(t) = e^{-\frac{t}{T_{CP}}} = e^{-\frac{1000}{109890}} = 0,99$$

Произведенные расчеты показывают, что разработанное устройство удовлетворяет условиям технического задания по требованиям к показателям надежности.

Таблица 13 - Интенсивности отказов компонентов проектируемого устройства

| № гр. Элементов | Наименование элемента | Схемное обозначение элементов | Количество элементов в группе Nn | $\lambda_{0i} \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$ | тк, °С | $k_H$ | $\alpha_i(T, k_H)$ | Интенсивность отказов элементов группы с учетом внешних условий $\lambda_{0i} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$ | Интенсивность отказов в рабочем режиме $\lambda_{0i} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \alpha_i(T, k_H)^{-6}$ | Интенсивность отказов группы элементов |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|--|--------|-------|--------------------|--|---|--|
| 1               | Конденсаторы          | C1, C5                        | 2                                | 0,2                                      | 25     | 0,3   | 0,08               | 0,2  | 0,016   | 0,032                                  |
|                 |                       | C2 - C4                       | 3                                | 0,2                                      | 25     | 0,7   | 0,4                | 0,2  | 0,08  | 0,24                                   |
|                 |                       | C6- C10, C14-C16              | 8                                | 0,2                                      | 25     | 0,8   | 0,5                | 0,2  | 0,1   | 0,8                                    |
|                 |                       | C11- C13, C17                 | 4                                | 0,2                                      | 25     | 0,14  | 0,06               | 0,2  | 0,012   | 0,048                                  |
| 2               | Резисторы постоянные  | R1                            | 1                                | 0,43                                     | 25     | 0,6   | 0,57               | 0,43   | 0,2451  | 0,2451                                 |
|                 |                       | R2, R3                        | 2                                | 0,43                                     | 25     | 0,4   | 0,45               | 0,43   | 0,1935  | 0,387                                  |
|                 |                       | R4-R7                         | 4                                | 0,43                                     | 25     | 0,8   | 0,68               | 0,43   | 0,2924  | 1,17                                   |
| 3               | Индуктивность         | L1-L2                         | 2                                | 0,34                                     | 25     | 0,8   | 0,4                | 0,34   | 0,136   | 0,272                                  |
| 4               | Микросхемы            | DD1, DD2, DA1- DA4            | 6                                | 0,01                                     | 25     | 1     | -                  | 0,01   | 0,01  | 0,06                                   |
| 5               | Диоды                 | VD1-VD5                       | 5                                | 0,005                                    | 25     | 0,5   | -                  | 0,0025   | 0,0025  | 0,0125                                 |
| 6               | Паяные соединения     | -                             | 136                              | 0,04                                     | 25     | 1     | -                  | 0,04   | 0,04  | 5,44                                   |
| 7               | Разъем                | X1                            | 8                                | 0,05                                     | 25     | 1     | -                  | 0,05   | 0,05  | 0,4                                    |
| ИТОГО           |                       |                               |                                  |  |        |       |                    |  |   | 9,1*10 <sup>-6</sup>                   |

## **10 Конструкторско-технологическая часть**

### **10.1 Разработка конструкции**

Разработанное устройство служит для учёта расхода горячей воды в жилом доме. Данное устройство отвечает конструктивно-технологическим, эксплуатационным, надёжностным и экономическим требованиям, оптимальное сочетание которых обеспечивает важнейшие характеристики устройства: надёжность, достоверность показаний, допустимые условия эксплуатации.

Электронный блок прибора выполнен в стандартном корпусе. Конструкция прибора выполнена в переносном варианте. С целью повышения ремонтпригодности все элементы, размещённые на печатных платах, расположены маркировкой наружу и имеют буквенное обозначение на плате.

На лицевой панели расположен выключатель «ВКЛ»;

На боковой панели - разъемы для подключения ПК и для подключения датчиков. Технологичность конструкции изделий выражается показателями, характеризующими технологическую рациональность конструктивных решений и пригодность к использованию в составе других изделий. Технологичность конструкции нельзя рассматривать изолированно без взаимной связи и учета условий выполнения заготовительных процессов, процессов обработки, сборки и контроля.

Чертеж общего вида представлен в приложении Б.

### **10.2 Разработка печатной платы (ПП)**

#### **10.2.1 Общие технические требования к ПП**

Изготовление ПП должно производиться согласно всем требованиям чертежа и технических условий. К ПП предъявляются следующие требования:

Поверхность ПП не должна иметь пузырей, вздутий, посторонних включений, трещин и расслоений материала основания, снижающих

электрическое сопротивление и прочность изоляции. Материал основания ПП должен быть таким, чтобы при обработке (сверление, штамповка, распиловка), не образовывались трещины, отслоения и другие неблагоприятные явления, влияющие на эксплуатационные свойства, а также на электрические параметры плат.

Ширина печатных проводников и расстояние между ними устанавливаются требованиями чертежа. Печатные проводники должны быть с ровными краями. Цвет медного проводника может быть от светло-розового до темно-розового. Для повышения качества и надёжности проводников часто применяются гальванические покрытия, которые обеспечивают защиту проводников от коррозии, увеличивают сопротивление механическому износу, позволяют повысить предельно допустимые токи в схеме. На печатных проводниках недопустимы механические повреждения.

Толщина ПП также ограничена. В соответствии с международными требованиями номинальными толщинами ПП являются следующие: 0.2; 0.5; 0.8; 1.6; 2.4; 3.2; 6.4 мм. Величина допуска на толщину платы определяется чертежом. Прочность сцепления печатных проводников с основанием ПП определяет качество и надёжность печатной схемы ПП, предназначенные для установки радиоэлементов с гибкими выводами (резисторы, конденсаторы и т.п.), должны выдерживать не менее 5 одиночных перепаек, а ПП, предназначенные для установки многовыводных элементов (микросхемы и т.п.), - не менее 3 перепаек. Устойчивость при механических воздействиях и прочность ПП обеспечивается конструкцией узла или блока.

### **10.2.2 Расчет конструктивных и электрических параметров печатной платы**

Основной целью процесса конструирования является создание коммутационного устройства для объединения группы радиоэлементов в функциональный узел с обеспечением требуемых механических и

электрических параметров в заданном диапазоне эксплуатационных характеристик при минимальных затратах. Для этого необходимо: выбрать тип печатной платы, определить класс точности, установить габаритные размеры и конфигурацию, выбрать материал основания для печатной платы, разместить навесные элементы, определить размеры элементов рисунка, разместить их на плате и осуществить трассировку, обеспечить автоматизацию процессов изготовления и контроля платы и процесса сбора, изготовить конструкторскую документацию. Размеры платы выбираются на основании некоторых конструктивных расчетов. Согласно ГОСТ 10317-79 «Платы печатные. Основные размеры» размеры каждой стороны ПП должны быть кратными:

2.5 при длине до 100 мм;

5.0 - 350 мм;

10.0 - более 350 мм.

Максимальный размер любой из сторон должен быть не более 470 мм. Допуски на линейные размеры платы должны соответствовать установленным стандартами ГОСТ 25346-82 и ГОСТ 25347-82. Стандарт ГОСТ 23751-86 устанавливает 5 классов точности ПП. Исходя из этого положения выбираем 3-й класс точности для изготовления нашей платы (ПП с микросборками и микросхемами, имеющими штыревые и планарные выводы при средней и высокой насыщенности поверхности ПП навесными элементами).

При компоновке элементов на плоских печатных платах оперируют понятием установочной площади элемента, которую для большинства элементов вычисляют по формуле:

$$S_{\text{уст}} = 1.25 \cdot B \cdot L,$$

где  $B$  - ширина элемента;  $L$  - длина элемента.

При определении полной площади платы вводят коэффициент ее увеличения, равный 2-3. В результате полная площадь будет в 2-3 раза больше суммы установленных на ней элементов.

Все электрические соединения на плате выполнены пайкой, обеспечивающей достаточное механическое крепление элементов и хорошее электрическое соединение выводов элементов с проводниками плат. Микросхемы устанавливаются на плате с учетом некоторых требований: учет электрических связей между микросхемами и другими элементами схемы; получение требуемой плотности компоновки монтажа; возможность замены микросхемы при изготовлении и настройке устройства.

Рекомендуется разрабатывать печатные платы с соотношением сторон не более 3:1. Разработанная плата с размерами 155x130 мм удовлетворяет ГОСТ 4.010.020-83, ограничивающего ГОСТ 10317-79.

Разведенная плата, а так же сборочный чертеж представлены в приложении Б.

Толщина печатной платы определяется исходным материалом, используемой элементной базой и воздействующими механическими нагрузками. В данном устройстве толщина печатной платы была выбрана равной 1.6 мм. Все монтажные отверстия располагают в зоне контактных площадок. Металлизированные отверстия должны иметь контактные площадки с двух сторон печатной платы. Контактные площадки должны быть круглой формы, а предназначенные под установку первого вывода микросхем должны иметь квадратную форму. Диаметры отверстий были выбраны равными 3,6 мм. Рассчитаем ширину печатных проводников платы. Выберем ширину проводников 0.9 мм. Чтобы нагрев печатного проводника не выходил за пределы допустимого необходимо выполнение неравенства:

$$b \geq \frac{I_{max}}{i \cdot h},$$

где  $I_{max}$  - максимальное значение тока, А;

$i$  - допустимая плотность тока, А / мм (в нашем случае равна 25 А / мм<sup>2</sup>);

$h$  - толщина проводника, мм (в нашем случае равна 0.15 мм).

Проверим выполнение неравенства:  $0.2 / (25 \cdot 0.15) = 0.053$ . То есть  $b = 0.9$  больше 0.005 - неравенство выполняется. Значит, нагрев печатного проводника не будет выше допустимого. С другой стороны ширина печатного проводника должна быть такой, чтобы допустимое падение напряжения на нём не превышало 1-2% номинального рабочего напряжения. Должно быть выполнено условие:

$$b \geq (50 \div 100) \cdot \frac{P \cdot I \cdot I_{max}}{h \cdot U_{ном}},$$

где  $I$  - длина печатного проводника, м;

$P$  - удельная электропроводность меди, Ом/м<sup>2</sup>;

$U_{ном}$  - номинальное рабочее напряжение.

Проверим это неравенство:  $0.01 \cdot (75 \cdot 0.2 \cdot (15 \cdot 0.2) / (0.15 \cdot 15)) = 0.2$ . То есть  $b=0.9$  больше 0.2 - неравенство выполняется. Следовательно, допустимое падение напряжения не будет превышать допустимого, и выбранная ширина печатных проводников удовлетворяет нашим требованиям.

### **10.2.3 Технология изготовления платы**

Разработанная плата имеет размеры 155x130 мм и изготовлена из стеклотекстолита СФ ГОСТ 10316-78.

Разводка платы выполнялась при помощи программы Р-CAD. Плата изготовлена химическим комбинированным методом.

Технология изготовления платы следующая:

1. Изготовление заготовок:

- а) нарезка гильотинными ножницами,
- б) зачистка заготовок,
- в) сверление отверстий.

2. Подготовка поверхности заготовок:

- а) окунание в раствор (1%) щавелевой кислоты,
- б) очистка поверхности,
- в) обезжиривание поверхности,
- г) промывка и сушка.

3. Нанесение эмульсии:

- а) равномерное распределение эмульсии,
- б) сушка в центрифуге.

4. Получение рисунка схемы на плате:

- а) экспонированное,
- б) проявление изображения в воде,
- в) окрашивание в метил-лофиолете,
- г) химическое задубливание промывка,
- д) сушка на воздухе, ретуширование,
- е) термическое задубливание.

#### 5. Получение схемы платы:

- а) травление фольги,
- б) промывка и сушка заготовок,
- в) снятие ретуши и эмульсии,
- г) промывка,
- д) чистка электрокорцуидом,
- е) промывка и сушка на воздухе,
- ж) удаление непротравленных мест.

#### 6. Подготовка платы к металлизации:

- а) лакирование,

#### 7. Металлизация платы:

- а) обезжиривание и сушка на воздухе,
- б) обработка платы в растворе двухлористого олова,
- в) промывка и сушка, химическое меднение,
- г) чистка наждаком.

### **10.3 Общие положения при монтаже ПП**

Механический монтаж ПП производят в такой последовательности, чтобы при креплении деталей не были повреждены установленные ранее. Предназначенные для прибора детали должны быть обязательно проверены. Лучше устанавливать в прибор те детали, которые были испытаны на макете. Выводы деталей не должны быть слишком короткими, во избежание перегрева при пайке.

## **11 Планирование комплекса работ на создание проекта**

### **11.1 Составление перечня работ**

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 14:

Таблица 14 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| <b>Основные этапы</b>                          | <b>№ Работы</b> | <b>Содержание работы</b>                                | <b>Должность исполнителя</b>    |
|--|-----------------|---|---------------------------------|
| Разработка задания на НИР                      | 1               | Составление и утверждение задания НИР                   | Руководитель, студент-дипломник |
| <b>Проведение НИР</b>                          |                 |   |                                 |
| Выбор направления исследования                 | 2               | Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме | Студент-дипломник               |
|  | 3               | Выбор моделей и способов анализа                        | Студент-дипломник               |
|  | 4               | Календарное планирование работ                          | Руководитель, студент-дипломник |
| Теоретические и экспериментальные исследования | 5               | Разработка моделей для исследования                     | Руководитель, студент-дипломник |
|  | 6               | Поиск методов решения                                   | Студент-дипломник               |
|  | 7               | Реализация моделей                                      | Студент-дипломник               |
| Обобщение и оценка результатов                 | 8               | Анализ полученных результатов, выводы                   | Студент-дипломник               |
|  | 9               | Оценка эффективности полученных результатов             | Руководитель, студент-дипломник |
| Оформление отчета по НИР                       | 10              | Составление пояснительной записки                       | Студент-дипломник               |

## 11.2 Определение трудоемкости работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{ож\ i}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min\ i}$  - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max\ i}$  - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где  $T_{pi}$  - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} * k, \quad (3)$$

где  $T_{ki}$  - продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

$T_{pi}$  - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$k$  – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кз}}{T_{кз} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (4)$$

где  $T_{кз}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вд}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пд}$  – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кз}}{T_{кз} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365}{366 - 119} = 1,48$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ  $T_{к}$  нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в таблице 15.

Таблица 15 - Временные показатели проведения ВКР

| № раб.       | Исполнители                     | $t_{\min}$ , чел-дн. | $t_{\max}$ , чел-дн.            | $t_{\text{ож}}$ , чел-дн. | $T_p$ , раб. дн. | $T_k$ , кал. дн. |
|--------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------|------------------|
|              |                                 | 1                    | Студент-дипломник, руководитель | 1                         | 3                | 1.8              |
| 2            | Студент-дипломник               | 12                   | 15                              | 13.2                      | 13.2             | 20               |
| 3            | Студент-дипломник               | 7                    | 10                              | 8.2                       | 8.2              | 13               |
| 4            | Руководитель, студент-дипломник | 3                    | 7                               | 4.6                       | 2.3              | 4                |
| 5            | Руководитель, Студент-дипломник | 14                   | 20                              | 16.4                      | 8.2              | 13               |
| 6            | Студент-дипломник               | 6                    | 10                              | 7.6                       | 7.6              | 12               |
| 7            | Студент-дипломник               | 12                   | 15                              | 13.2                      | 13.2             | 20               |
| 8            | Студент-дипломник               | 3                    | 6                               | 4.2                       | 4.2              | 7                |
| 9            | Руководитель, студент-дипломник | 1                    | 3                               | 1.8                       | 0.9              | 2                |
| 10           | Студент-дипломник               | 10                   | 14                              | 11.6                      | 11.6             | 18               |
| <b>Итого</b> |                                 |                      |                                 |                           |                  | <b>111</b>       |

### 11.3 Построение графика работ

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в рамках таблицы 15 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

| Этапы | Содержание работ                                      | Тэ,<br>Ка<br>л.<br>дн | Время выполнения работы |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |   |   |   |
|-------|---|-----------------------|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|
|       |   |                       | 10                      | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |   |   |   |
| 1     | Составление и утверждение задания на НИР              | 2                     | ■                       |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |   |   |   |
| 2     | Изучение поставленной задачи                          | 20                    | ■                       | ■  | ■  | ■  |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |   |   |   |
| 3     | Выбор моделей и способов анализа                      | 13                    |                         |    |    | ■  | ■  | ■  |    |    |    |     |     |     |     |     |   |   |   |
| 4     | Календарное планирование работ                        | 4                     |                         |    |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  |    |     |     |     |     |     |   |   |   |
| 5     | Разработка моделей для исследования                   | 13                    |                         |    |    |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   |     |     |     |   |   |   |
| 6     | Поиск методов решения                                 | 12                    |                         |    |    |    |    |    |    | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■   |     |   |   |   |
| 7     | Реализация моделей                                    | 20                    |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |     | ■   | ■   | ■   | ■   | ■ | ■ | ■ |
| 8     | Анализ полученных результатов                         | 7                     |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     | ■   | ■ | ■ | ■ |
| 99    | Оценка эффективности полученных результатов           | 2                     |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     | ■ | ■ | ■ |
| 110   | Оформление отчетной документации о проделанной работе | 21<br>8               |                         |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |   | ■ | ■ |



Руководитель



Студент-дипломник

## 11.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

### 11.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расxi} , \quad (5)$$

Где,  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_t$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 16 - Материальные затраты

| Наименование              | Единица измер.   | Количество |           |           | Цена за ед., руб. |           |           | Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб. |           |           |
|---------------------------|------------------|------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|---|-----------|-----------|
|                           |                  | Экс.<br>1  | Экс.<br>2 | Экс.<br>3 | Экс.<br>1         | Экс.<br>2 | Экс.<br>3 | Экс.<br>1                                     | Экс.<br>2 | Экс.<br>3 |
| Бумага                    | лист             | 200        | 250       | 120       | 1                 | 1         | 1         | 230   | 287,5     | 138       |
| Картридж                  | шт.              | 1          | 2         | 1         | 1000              | 1000      | 1000      | 1150  | 2300      | 1150      |
| Интернет                  | М/бит<br>(пакет) | 20         | 20        | 20        | 15                | 15        | 15        | 345   | 345       | 345       |
| Ручка                     | шт.              | 1          | 2         | 1         | 25                | 12        | 12        | 28,7  | 27,6      | 13,8      |
| Дополнительная литература | шт.              | 2          | 2         | 2         | 400               | 350       | 680       | 920   | 805       | 1564      |
| Тетрадь                   | шт.              | 1          | 1         | 2         | 10                | 10        | 10        | 11,5  | 11,5      | 23        |
| Набор для черчения        | шт.              | 1          | 1         | 1         | 150               | 180       | 150       | 172,5   | 207       | 172,5     |
| <b>Итого</b>              |                  |            |           |           |                   |           |           | 2857  | 3983      | 3406      |

### 11.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При покупке оборудования следует учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его стоимости.

Таблица 17 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

| №            | Наименование оборудования | Кол-во единиц оборудования |        |        | Цена единицы оборудования, руб. |        |        | Общая стоимость оборудования, руб. |        |        |
|--------------|---------------------------|----------------------------|--------|--------|---------------------------------|--------|--------|------------------------------------|--------|--------|
|              |                           | Экс. 1                     | Экс. 2 | Экс. 3 | Экс. 1                          | Экс. 2 | Экс. 3 | Экс. 1                             | Экс. 2 | Экс. 3 |
| 1            | Конденсаторы              | 25                         | 14     | 8      | 3                               | 4      | 3      | 86,25                              | 64,4   | 27,6   |
| 2            | Резисторы                 | 15                         | 20     | 10     | 6                               | 7      | 5      | 103,5                              | 161    | 57,5   |
| 3            | Контроллер                | 2                          | 3      | 1      | 213                             | 370    | 225    | 489,9                              | 1276,5 | 258,75 |
| 4            | Паяльник                  | 1                          | 1      | 1      | 450                             | 450    | 450    | 517,5                              | 517,5  | 517,5  |
| 5            | Припой                    | 1                          | 1      | 1      | 150                             | 150    | 150    | 172,5                              | 172,5  | 172,5  |
| 6            | Корпус                    | 1                          | 2      | 1      | 150                             | 150    | 150    | 172,5                              | 345    | 172,5  |
| 7            | Кабель                    | 1                          | 1      | 1      | 200                             | 200    | 200    | 230                                | 230    | 230    |
| <b>Итого</b> |                           |                            |        |        |                                 |        |        | 1772                               | 2767   | 1436   |

### 11.4.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей

#### ТЕМЫ

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 18.

Таблица 18 - Расчет основной заработной платы

| №            | Наименование этапов                             | Исполнители по категориям | Трудоемкость, чел.-дн. | Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб. | Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб. |
|--------------|---|---------------------------|------------------------|--|---|
| 1            | Составление и утверждение задания НИР           | Руководитель, Студент     | 2                      | 4,4  | 8,8   |
| 2            | Изучение поставленной задачи и поиск материалов | Студент                   | 20                     | 0,8  | 16  |
| 3            | Выбор моделей и способов анализа                | Студент                   | 13                     | 0,8  | 10,4  |
| 4            | Календарное планирование работ                  | Руководитель<br>Студент   | 4                      | 4,4  | 17,6  |
| 5            | Разработка моделей для исследования             | Руководитель, Студент     | 13                     | 4,4  | 57,2  |
| 6            | Поиск методов решения                           | Студент                   | 12                     | 0,8  | 9,6   |
| 7            | Реализация моделей                              | Студент                   | 20                     | 0,8  | 16  |
| 8            | Анализ полученных результатов, выводы           | Студент                   | 7                      | 0,8  | 5,6   |
| 9            | Оценка эффективности полученных результатов     | Руководитель, Студент     | 2                      | 4,4  | 8,8   |
| 10           | Составление пояснительной записки               | Студент                   | 18                     | 0,8  | 14,4  |
| <b>Итого</b> |   |                           |                        |  | 164,4                                       |

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{zn} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6)$$

Где,  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 35000 рублей, а студента 7800 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = K_{доп} * Z_{осн}, \quad (7)$$

Где,  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 40000 рублей, студента – 8800 рублей.

#### **11.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (8)$$

Где,  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 19 - Отчисления во внебюджетные фонды

| <b>Исполнитель</b>                              | <b>Основная заработная плата, руб.</b> | <b>Дополнительная заработная плата, руб.</b> |
|---|--|--|
| Руководитель проекта                            | 35000                                  | 4212   |
| Студент-дипломник                               | 7800                                   | 936  |
| Коэффициент отчислений<br>во внебюджетные фонды | 0,271                                  |  |
| <b>Итог</b>                                     |  | <b>13 000</b>                                |

#### 11.4.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{накл} = (\sum статеи) * K_{нр}, \quad (9)$$

Где,  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы при первом эксперименте равны:  
 $Z_{\text{накл}} = 204219 * 0,16 = 32675$  руб.

#### **11.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Таблица 20 - Расчет бюджета затрат НИИ

| Наименование статьи  | Сумма, руб. |        |        |
|--|-------------|--------|--------|
|  | Экс. 1      | Экс. 2 | Экс. 3 |
| 1. Материальные затраты НИИ  | 2857        | 3983   | 3406   |
| 2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ | 1772        | 2767   | 1436   |
| 3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы                    | 164400      | 164400 | 164400 |
| 4. Затраты по дополнительной заработной плате                                | 22190       | 22190  | 22190  |
| 5. Отчисления во внебюджетные фонды  | 13000       | 13000  | 13000  |
| 6. Накладные расходы   | 32675       | 33014  | 32709  |
| 7. Бюджет затрат НИИ   | 236894      | 239354 | 237141 |

#### **11.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования.**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (10)$$

Где  $I_{финр}^{исп.i}$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  - стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  - максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{финр}^{экс.1} = \frac{236894}{236894} = 1$$

$$I_{финр}^{экс.2} = \frac{236894}{239894} = 0,989$$

$$I_{финр}^{экс.3} = \frac{236894}{237141} = 0,999$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i * b^i, \quad (11)$$

где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a^i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки; а

$b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 21 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

| Объект исследования<br>Критерии                             | Весовой ко-<br>эффициент<br>параметра | Экс.1 | Экс.2 | Экс.3 |
|---|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| 1. Надежность   | 0,2                                   | 5     | 5     | 4     |
| 2. Универсальность  | 0,2                                   | 4     | 4     | 5     |
| 3. Уровень материалоемкости.                                | 0,15                                  | 4     | 4     | 5     |
| 4. Функциональная мощность<br>(предоставляемые возможности) | 0,20                                  | 5     | 5     | 4     |
| 5. Ремонтпригодность  | 0,1                                   | 5     | 5     | 5     |
| 6. Энергосбережение   | 0,15                                  | 4     | 4     | 5     |
| ИТОГО   | 1                                     | 3.15  | 4.65  | 3,8   |

$$I_{p-экс1} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5;$$

$$I_{p-экс2} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5;$$

$$I_{p-экс3} = 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 = 4,55.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испн.}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (12)$$

$$I_{экс1} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

$$I_{экс2} = \frac{4,5}{0,989} = 4,55$$

$$I_{экс1} = \frac{4,55}{0,999} = 4,55$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.5.2) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.маx}} \quad (13)$$

Таблица 22 - Сравнительная эффективность разработки

| №<br>п/п | Показатели  | Экс.1 | Экс.2 | Экс.3 |
|----------|---|-------|-------|-------|
| 1        | Интегральный финансовый показатель разработки           | 1     | 0,997 | 0,994 |
| 2        | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 4,5   | 4,5   | 4,55  |
| 3        | Интегральный показатель эффективности                   | 4,5   | 4,55  | 4,55  |
| 4        | Сравнительная эффективность вариантов исполнения        | 0,98  | 1     | 1     |

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в третьем эксперименте является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

## **12 Социальная ответственность**

### **Введение**

В данном разделе работы рассмотрены вопросы производственной и экологической безопасности связанные с организацией рабочего места оператора ПЭВМ в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны окружающей среды.

### **12.1 Техногенная безопасность**

#### **12.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды**

##### **12.1.1.1 Неблагоприятные условия микроклимата**

Параметры микроклимата являются оптимальными, если они при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционирования и теплового состояния организма, создают условия теплого комфорта и являются предпосылкой высокого уровня работоспособности.

Человеческим организмом микроклимат воспринимается как многофакторная функция, все его компоненты находятся во взаимосвязи друг с другом. Определенному сочетанию температуры, влажности, скорости движения воздуха в помещении присущи соответствующие ощущения человека: комфортные или некомфортные. Так, например теплый воздух с низкой влажностью (столь часто присущий современным квартирам и офисам) действует высушивающе на слизистые оболочки глаз, рта, верхних дыхательных путей и может привести к образованию трещин слизистых оболочек и кровотечению мелких сосудов. И наоборот: продолжительное и частое пребывание людей в условиях повышенной влажности отягощает течение многих заболеваний. Особенно чувствительны к высокой влажности больные гипертонической болезнью и атеросклерозом. При высокой влажности создаются благоприятные условия для роста плесени, болезнетворных бактерий в воздухе.

Работа оператора ПЭВМ относится к категории работ Ia, к которой относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. Оптимальные параметры микроклимата для этой категории работ приведены в таблице 23.

Таблица 23. Оптимальные параметры микроклимата в помещении [20].

| Наименование параметров и единицы измерения | В холодное время | В теплое время |
|---|------------------|----------------|
| Температура, °С                             | 20...22          | 22...25        |
| Относительная влажность, %                  | 30...60          | 30...60        |
| Скорость движения воздуха, м/с              | Не более 0.2     | Не более 0.5   |

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: в теплое время года для удаления избыточного тепла и влаги используется кондиционер, в холодное время года вводится система центрального отопления.

В нашем помещении температура: зимой  $t=20...22$  °С; летом  $t=22...25$  °С. Влажность 55%, скорость движения воздуха - 0.2 м/с. Эти данные соответствуют нормам.

### **12.1.1.2 Недостаток освещения**

Одним из важнейших элементов условий труда является освещение.

Правильно выполненная система освещения играет существенную роль в снижении производственного травматизма, уменьшая потенциальную опасность многих производственных факторов, создает нормальные условия

работы, повышает общую работоспособность.

По данным НИИ труда, увеличение освещенности от 100 до 1000 лк при напряженной зрительной работе способствует повышению производительности на 10—20%, уменьшению брака на 20, снижению количества несчастных случаев на 30 %. Недостаточное освещение может привести к профессиональным заболеваниям, например, таким, как прогрессирующая близорукость.

Освещенность рабочего места оператора ПЭВМ при комбинированном освещении должна составлять 300 лк [21]. Для обеспечения нормативных значений в утреннее и вечернее время вводится общее искусственное освещение. В помещениях следует проводить чистку стекол оконных проемов и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

### **12.1.1.3 Электромагнитное излучение**

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. Нарушение в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимый характер.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае является дисплей компьютера. Спектр излучения компьютерного монитора включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Малые дозы облучения могут привести к раковым заболеваниям, нарушениям нервной, эндокринной и сердечно-сосудистых систем, которые являются обратимыми, если прекратить воздействия. Обратимость функциональных сдвигов не

является беспредельной и определяется интенсивностью, длительностью излучения и индивидуальными особенностями организма.

Нормы напряженности электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической составляющей приведены в таблице 24.

Таблица 24 - Нормы напряженности электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической составляющей [22].

| <b>Наименование параметров</b>  | <b>Допустимые значения</b> |
|---|----------------------------|
| Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см. вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более:<br>в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц<br>в диапазоне частот 2 – 400 кГц | 25 В/м<br>2.5 В/м          |
| Плотность магнитного потока должна быть не более:<br>в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц<br>в диапазоне частот 2 – 400 кГц  | 250 нТл<br>25 нТл          |
| Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать  | 500 В                      |

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранении здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;
- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

## **12.1.2 Опасные факторы**

### **12.1.2.1 Возможность поражения электрическим током**

Электрические установки представляют опасность для человека, которая усложняется тем, что чувства человека не могут даже на небольшом расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании.

В зависимости от условий в помещении, опасность поражения человека электрическим током может увеличиваться или уменьшаться. Не следует работать с электрическими аппаратами и персональными вычислительными машинами в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха превышает 75 %), высокой температуры (более 35°C), при наличии токопроводящей пыли или если в помещении используются токопроводящие поверхности полов. Не следует прикасаться одновременно к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическому корпусу электрооборудования.

Таким образом, работа может проводиться только в помещениях без повышенной опасности, и возможность поражения током может быть только при прикосновении непосредственно с элементами. Помещения, в которых находятся электроустановки, классифицируются как помещения без повышенной опасности, т. е. воздух в комнате сухой, пол не токопроводящий, отсутствует токопроводящая и взрывоопасная пыль.[23]

Помещения, в которых проводились работы, относятся к помещениям без повышенной опасности поражения электрическим током.

В данном помещении приборы, потребляющие напряжение 220В переменного тока с частотой 50 Гц. Это напряжение опасно для жизни, поэтому обязательны следующие меры предосторожности:

- перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей;

- при обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо не делая никаких самостоятельных исправлений сообщить ответственному за оборудование;

- запрещается загромождать рабочее место лишними предметами.

### **12.1.2.2 Возникновение пожара**

Вопрос пожарной безопасности рассматривается в разделе №5.

## **12.2 Региональная безопасность**

Вследствие развития научно-технического прогресса, постоянно увеличивается возможность воздействия на окружающую среду, создаются предпосылки для возникновения экологических кризисов. В то же время прогресс расширяет возможности устранения создаваемых человеком ухудшений природной среды.

Защита окружающей среды – это комплексная проблема, требующая усилий всего человечества. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Это потребует решения целого комплекса сложных технологических, конструкторских и организационных задач, основанных на использовании новейших научно-технических достижений.

Одна из самых серьезных проблем - потребление электроэнергии. С увеличением количества компьютерных систем, внедряемых в производственную сферу, увеличится и объем потребляемой ими электроэнергии, что влечет за собой увеличение мощностей электростанций и их количества. И то и другое не обходится без нарушения экологической обстановки. Рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как:

- изменение климата — накопление углекислого газа в атмосфере Земли

(парниковый эффект);

- загрязнение воздушного бассейна другими вредными и ядовитыми веществами;
- загрязнение водного бассейна Земли;
- опасность аварий в ядерных реакторах, проблема обезвреживания и утилизации ядерных отходов;
- изменение ландшафта Земли.

Из этого можно сделать вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением. В современных компьютерах, повсеместно используются режимы с пониженным потреблением электроэнергии при длительном простое. Стоит также отметить, что для снижения вреда, наносимого окружающей среде при производстве электроэнергии, необходимо искать принципиально новые виды производства электроэнергии.

При разработке любых автоматизированных систем возникает необходимость утилизировать производственные отходы, в качестве которых в данном случае выступают бумажные отходы (макулатура) и неисправные детали персональных компьютеров. Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные комплектующие персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов. Второй вариант является более предпочтительным, так как переработка отходов является перспективным направлением развития технологии и позволяет сберечь природные ресурсы[24].

### **12.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности**

Электрические установки представляют опасность для человека , которая усложняется тем, что чувства человека не могут даже на небольшом расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании.

В зависимости от условий в помещении, опасность поражения человека электрическим током может увеличиваться или уменьшаться. Не следует работать с электрическими аппаратами и персональными вычислительными машинами в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха превышает 75 %), высокой температуры (более 35°C), при наличии токопроводящей пыли или если в помещении используются токопроводящие поверхности полов. Не следует прикасаться одновременно к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическому корпусу электрооборудования.

Таким образом, работа может проводиться только в помещениях без повышенной опасности, и возможность поражения током может быть только при прикосновении непосредственно с элементами. Помещения, в которых находятся электроустановки, классифицируются как помещения без повышенной опасности, т. е. воздух в комнате сухой, пол не токопроводящий, отсутствует токопроводящая и взрывоопасная пыль.[25]

Помещения, в которых проводились работы, относятся к помещениям без повышенной опасности поражения электрическим током.

В данном помещении приборы, потребляющие напряжение 220В переменного тока с частотой 50 Гц. Это напряжение опасно для жизни, поэтому обязательны следующие меры предосторожности:

- перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей;
- при обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо не делая никаких самостоятельных исправлений сообщить ответственному за оборудование;
- запрещается загромождать рабочее место лишними предметами.

## **12.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений**

Важнейшим социальным правом российских граждан является право на здоровые и безопасные условия труда. Все правовые вопросы по охране труда в нашей стране решаются на основе Конституций России и субъектов федерации, Кодексов законов о труде, Указов Президента и постановлений Правительства РФ.

В Конституции России сказано, что граждане России имеют право на охрану здоровья. Это право обеспечивается развитием и совершенствованием техники безопасности и производственной санитарии, проведением широких профилактических мероприятий; мерами по оздоровлению окружающей среды.

Отмечено, что обязанностью и делом чести каждого способного к труду гражданина России является добросовестный труд в избранной им области общественно полезной деятельности, соблюдение трудовой дисциплины.

Законодательные акты по вопросам труда разрабатываются Государственной Думой России и принимаются высшими органами государства после согласования их с профсоюзами.

Главным направлением государственной политики в области охраны труда является обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников. Это достигается путем принятия и реализации федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации об охране труда, а также федеральных целевых, отраслевых целевых и территориальных целевых программ улучшения условий и охраны труда[26].

Государственное управление охраной труда предусматривает:

- государственный надзор и контроль над соблюдением требований охраны труда;
- содействие общественному контролю над соблюдением прав и законных интересов работников в области охраны труда;
- расследование и учет несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве;
- защиту законных интересов работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также членов их семей на основе обязательного социального страхования работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- установление компенсаций за тяжелую работу и работу с вредными и (или) опасными условиями труда, неустраняемыми при современном техническом уровне производства и организации труда;
- координацию деятельности в области охраны труда, охраны окружающей природной среды и других видов экономической и социальной деятельности;
- распространение передового отечественного и зарубежного опыта работы по улучшению условий и охраны труда;
- участие государства в финансировании мероприятий по охране труда;
- организацию государственной статистической отчетности об условиях труда, а также о производственном травматизме, профессиональной заболеваемости и об их материальных последствиях;
- обеспечение функционирования единой информационной системы охраны труда;
- международное сотрудничество в области охраны труда;

- установление порядка обеспечения работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, а также санитарно-бытовыми помещениями и устройствами, лечебно-профилактическими средствами за счет средств работодателей. Реализация государственной политики в области охраны труда обеспечивается согласованными действиями органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, работодателей, объединений работодателей, а также профессиональных союзов, их объединений и иных уполномоченных работников представительных органов по вопросам охраны труда.

## **12.5 Безопасность в ЧС**

### **12.5.1 Пожарная безопасность**

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей. По степени пожарной опасности наше помещение относится к классу П - ПА.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники[27].

Характерная особенность рабочего места оператора ПЭВМ – небольшие площади помещений. Как известно пожар может возникнуть при взаимодействии горючих веществ, окисления и источников зажигания. В помещениях, где производится научное исследование, присутствуют все три основных фактора, необходимые для возникновения пожара.

Горючими компонентами в таких помещениях являются: строительные материалы эстетической отделки помещений, перегородки, двери, полы, перфокарты и перфоленты, изоляция кабелей и др.

Противопожарная защита – это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара.

Источниками зажигания в помещениях в ПЭВМ могут быть электронные схемы от персональных компьютеров, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционирования воздуха, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

## **Заключение**

В ходе выполнения дипломного проекта была разработана информационно-измерительная система поквартирного учета электроэнергии.

В работе описана общая характеристика проблемы учета электроэнергии и пути ее решения, разработка измерительного канала счетчика электроэнергии, разработка регистратора для 4 каналов измерения, полностью удовлетворяющего требованиям технического задания. Также произведена разработка электрической принципиальной схемы этажного модуля. Была разработана структурная схема системы и блок-схема внутренней программы регистратора. Рассчитана себестоимость и цена прибора, а также выявлены опасные и вредные факторы, воздействующие на человека в процессе разработки автоматизированной системы измерения электроэнергии. Был составлен прогноз социально-экономических последствий и экономической выгоды в процессе эксплуатации данной системы.

Преимущества предложенной системы учета электроэнергии - автоматический поквартирный учет потребленной энергии, занесение в базу данных информации по каждой квартире, формирование архива данных. Система работает в круглосуточном режиме, в любых условиях, без необходимости трудоемкого обслуживания.

Отличительной особенностью предложенной автоматизированной системы учета расхода электроэнергии является применение микроэлектронных компонентов, высокая отказоустойчивость системы, возможность беспроводной передачи данных на сервер ресурсоснабжающей организации.

Таким образом, цель данной разработки была достигнута.

## **Conclusion**

In the information-measuring system every apartment metering of electricity was developed during implementation of diploma project.

The paper describes the general characteristics of electricity metering problems and ways to solve it, the development of the measuring channel power meter, the registrar for the development of 4 measurement channels, fully satisfying the requirements specification. Storey development module electric concept also made. A system block diagram and a block diagram of an internal logger program was developed. Calculated the cost price and the unit price, as well as identified the dangerous and harmful factors affecting human in the process of developing an automated electricity measuring system. The forecast was made up of socio-economic impact and economic benefits in the operation of the system.

Advantages offered by the power management system - an automatic door-metering of energy entering in the database of information for each apartment, the formation of the data archive. The system works around the clock, in all conditions, without the need for time-consuming maintenance.

A distinctive feature of the proposed system of automated accounting of power consumption is the use of microelectronic components, high availability system, the possibility of wireless transmission of data to the server power company organization.

Thus, the purpose of this development was reached.

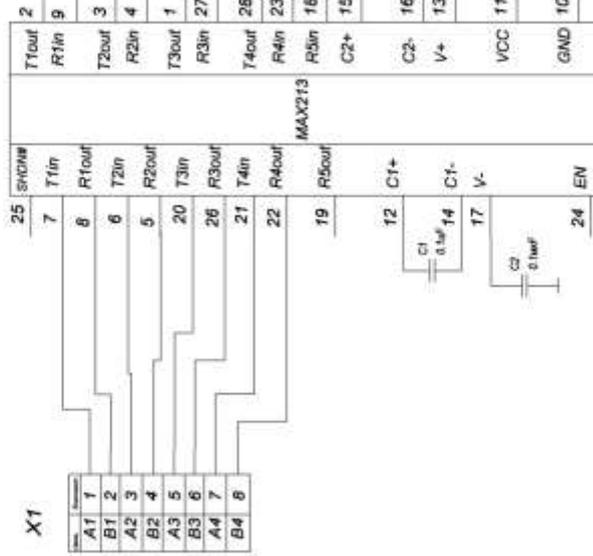
## Список используемой литературы

1. Борисов Ю.М. Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н. Электротехника: Учебник для вузов. - 2-е издание, пере-раб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985 - 465 с.
2. Мукосеев Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий. -М.: Энергия, 1973 - 584 с.
3. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. -М.: Высшая школа, 1969 - 510 с.
4. Потребич А.А., Шевцов В.И., Овчинникова Н.С. и др. Применение интегрированной системы для решения задач АСУ ПЭС // Электрические станции, 1996 – 237 с.
5. Соскин Э.А., Киреева З.А. Автоматизация управления промышленным энергоснабжением. -М.: Энергоатомиздат, 1990 - 384 с.
6. Коллектив авторов. Современные цифровые счетчики учета электроэнергии, 2006 - 86 с.
7. Гельман Г.А. Автоматизированные системы управления электроснабжением промышленных предприятий. -М.: Энергоатомиздат, 1984 - 255 с.
8. Власов Б.В., Ковалёв А.П. Автоматизированные системы управления предприятиями массового производства. М.: Высшая школа. 1987 - 423 с.
9. Заболотный В.А. Проектирование технологических процессов сборки электронных устройств приборов и систем управления: Учебное пособие по курсовому проектированию 1997 - 45 с.
10. Алиев Т.М. Измерительная техника // Высшая школа, 1991 – 12 с.
11. Лифанов Е.И. Системное решение АСКУЭ для промышленного предприятия // Энергетик, 1999 – 141 с.
12. Тубинис В.В. Создание автоматизированной системы учета и управления потреблением электроэнергии в Италии // Электро. – 2004 – 48 с.
13. Маликонов А.Г. Методы разработки автоматизированных систем управления. М.: Энергия. 1973, – 300 с.
14. Гук М. Аппаратные средства локальных сетей. СПб: Питер. 2000 - 570 с.
15. Шонфельдер Г., Шнайдер К. Измерительные устройства на базе микропроцессора ATmega. 2012 - 288 с.
16. Шахнович И. Современные технологии беспроводной связи. 2006 - 288 с.

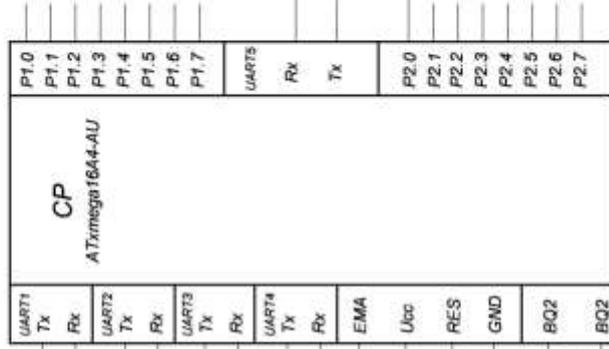
17. Кустов А.А. Автоматизация управления рациональным электропотреблением. -Тольятти, 1990 –160 с.
18. Макоева М.М, Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами. 2002 - 440 с.
19. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети: принципы, технологии, протоколы. СПб.: Питер. 2001 - 668 с.
20. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ТК РФ).
21. Федосова В.Д. Освещенность. Расчет искусственного освещения. Методические указания. Томск, 1991 – 34с.
22. ГОСТ 12.1.002—84, ССБТ «Электромагнитные поля токов промышленной частоты. Общие требования безопасности».
23. ГОСТ 12.4.124.83 «ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования».
24. Родионов А.И. и др. Техника защиты окружающей среды. - М.: Химия, 2001 - 293с.
25. Белов СВ. и др. Безопасность жизнедеятельности. - М.: Изд. МГТУ, 1993. - 450с.
26. Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности. - Спб.: Изд. ЛТА,
27. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

# Приложение А

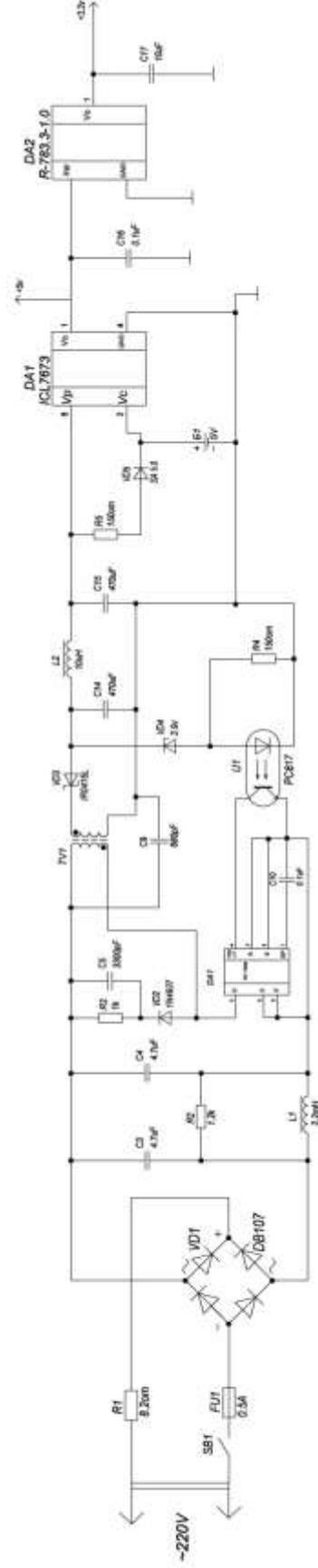
## DD1



## DD2



## DD3



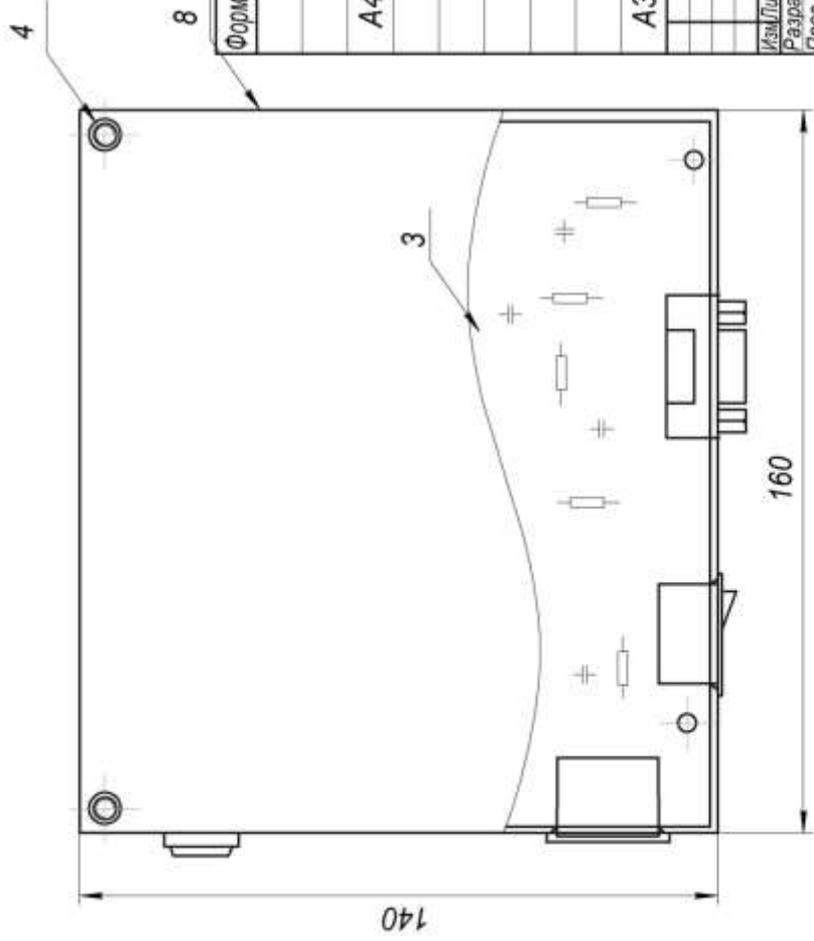
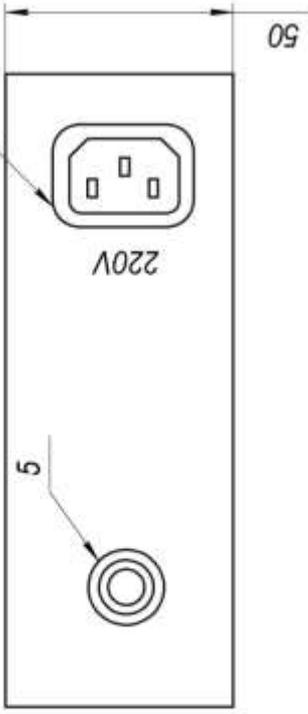
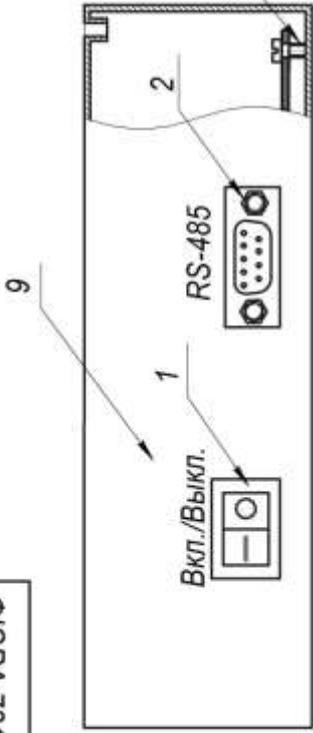
ФЮРА.731000.001.В0

Име. № подл. Подл. и дата

Справа. №

Име. № подл. Подл. и дата

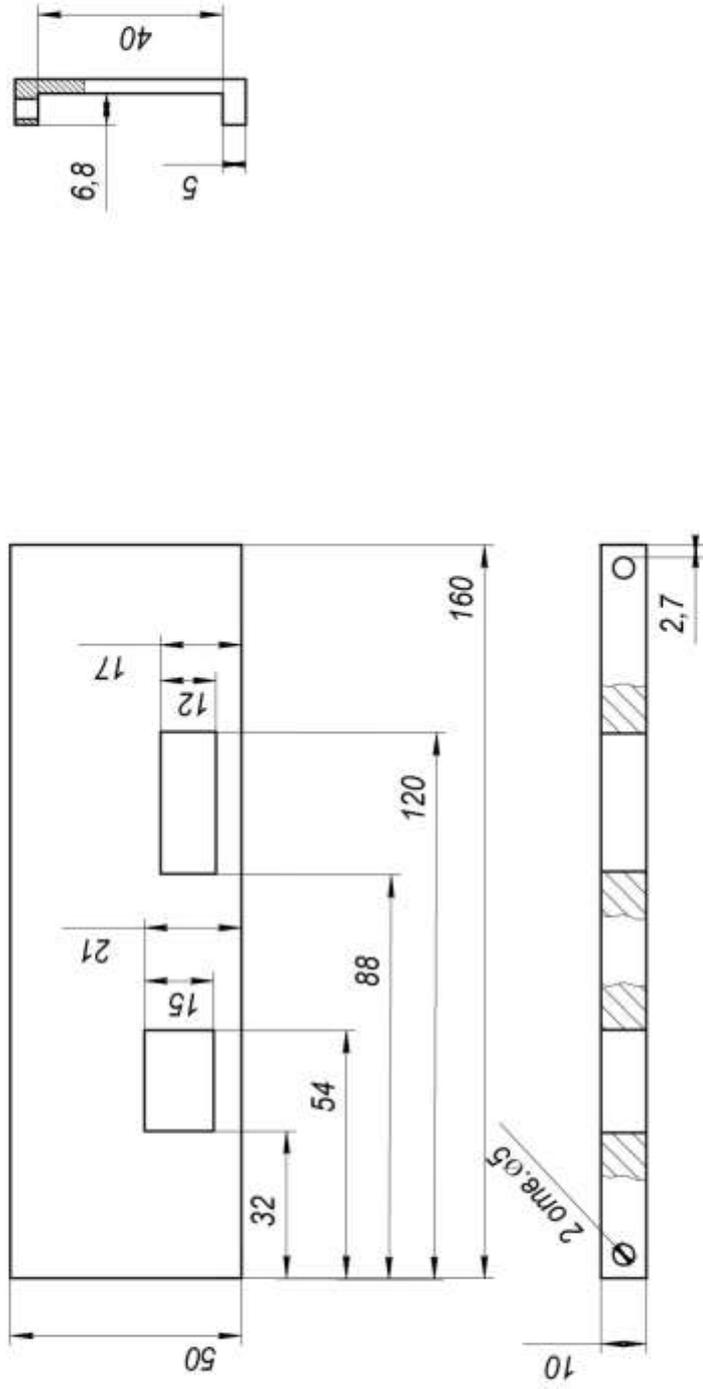
Име. № подл. Подл. и дата



| Формат             | Зона | Позиция | Обозначение     | Наименование    | Код |
|--------------------|------|---------|-----------------|-----------------|-----|
|                    |      | 1       |                 | Кнопка питания  |     |
|                    |      | 2       |                 | Порт RS-485     |     |
| A4                 |      | 3       | ФЮРА.01101.003  | Печатная плата  | 003 |
|                    |      | 4       |                 | Винт М2.5х5     |     |
|                    |      | 5       |                 | Кабельный ввод  |     |
|                    |      | 6       |                 | Разъем питания  |     |
|                    |      | 7       |                 | Опора           |     |
|                    |      | 8       |                 | Корпус          |     |
| A3                 |      | 9       | ФЮРА.745100.002 | Панель передняя | 002 |
| ФЮРА.731000.001.В0 |      |         |                 |                 |     |

| Изм.               | Лист    | № докум.         | Год      | Дата     | Листов | Масса | Масштаб    |     |
|--------------------|---------|------------------|----------|----------|--------|-------|------------|-----|
| Разработ.          | Провер. | Специальное А.Б. | Т.контр. | Н.контр. | Утв.   |       |            |     |
| Чертеж общего вида |         |                  |          |          |        |       | 1          | 1:1 |
| ТТУ ИнЭО           |         |                  |          |          |        |       | ар. 3-1401 |     |

ФЮРА.745100.002



|              |              |            |              |              |           |               |
|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|-----------|---------------|
| Име. № подл. | Подп. и дата | Взам. инж. | Имя. № подл. | Подп. и дата | Справа. № | Пере. примен. |
|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|-----------|---------------|

|           |               |          |       |      |        |       |         |                       |
|-----------|---------------|----------|-------|------|--------|-------|---------|-----------------------|
| Изм.      | Лист          | № докум. | Подп. | Дата | Лист   | Масса | Масштаб | ФЮРА.745100.002       |
|           |               |          |       |      |        |       |         |                       |
| Пров.     | Степанов А.Б. | Г.конгл. |       |      | Лист   |       |         | Панель передняя       |
| Н. контр. | Дата          |          |       |      | Листов |       |         | Пластик ABS UL94-HB   |
| Умс.      |               |          |       |      |        |       |         | ТПУ ИЖО<br>ар. 3-1401 |

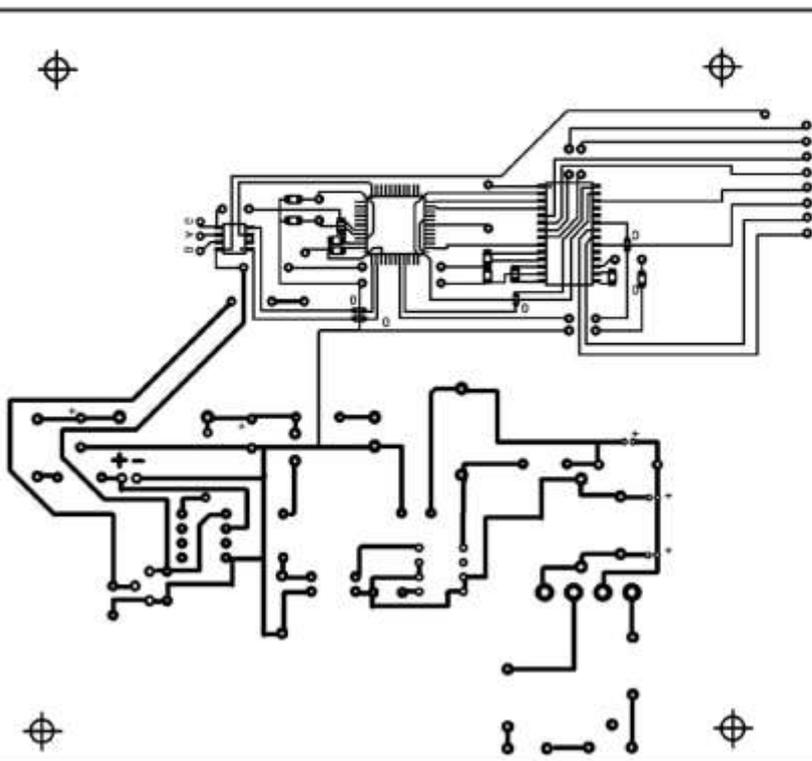
ФЮРА.01101.003

√ Ra 5,0 (√)

Перв. примен.

Справ. №

130



155

1,6

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Утв.

ФЮРА.01101.003

| Изм.     | Лист | № докум.      | Подп. | Дата |
|----------|------|---------------|-------|------|
| Разраб.  |      | Пурахина О.В. |       |      |
| Пров.    |      | Степанов А.Б. |       |      |
| Т.контр. |      |               |       |      |
| Н.контр. |      |               |       |      |
| Утв.     |      |               |       |      |

Печатная плата

Стеклотекстолит СФ ГОСТ 10316-78

| Лит. | Масса    | Масштаб |
|------|----------|---------|
| у    | 1        | 1:1     |
| Лист | Листов 1 |         |

ТПУ ИнЭО  
ар. 3-1401

Копировал

Формат А4