

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Южно-Уральский государственный университет»**  
**(национальный исследовательский университет)**  
**Политехнический институт**  
**Факультет Энергетический**  
**Кафедра «Электрические станции, сети и системы электроснабжения»**

**РАБОТА ПРОВЕРЕНА**

Рецензент,

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой, д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_/ И.М. Кирпичникова /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Разработка вторичного преобразователя тока и напряжения на базе МЭЖ 61850

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ НАУЧНАЯ РАБОТА (ДИССЕРТАЦИЯ)**  
**ЮУрГУ – 13.04.02.2018.05.264 ВКР**

**Руководитель, к.т.н., доцент**

\_\_\_\_\_/ А.Н. Андреев /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Автор**

**студент группы П – 282**

\_\_\_\_\_/ Е.С. Журавлев /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Нормоконтролер, к.т.н., доцент**

\_\_\_\_\_/ А.Н. Андреев /  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(национальный исследовательский университет)

Институт Политехнический  
Факультет Энергетический  
Кафедра Электрические станции, сети и системы электроснабжения  
Направление Электроэнергетика и электротехника

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_/И.М. Кирпичникова/  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

### ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную научную работу (диссертацию) студента

Журавлева Евгения Сергеевича

(Ф. И.О. полностью)

Группа 282

1. Тема выпускной квалификационной работы Разработка вторичного преобразователя тока и напряжения МЭК 61850

утверждена приказом по университету от \_\_\_\_\_ 2018 г. № \_\_\_\_\_

2. Срок сдачи студентом законченной работы \_\_\_\_\_

3. Исходные данные к работе

1. ENMU согласно стандарту IEC 61869 относится к классу устройств сопряжения — «ИЦ Энергосервис»

2. ГОСТ Р МЭК 61850-7-1-2009 Сети и системы связи на подстанциях.

3. Технические требования к микропроцессорным устройствам РЗА

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

## ВВЕДЕНИЕ

1 Актуальность разрабатываемого цифрового преобразователя тока и напряжения

1.1 Обоснование актуальности исследования

1.2 Анализ аналогов

## 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

2.1 Разработка структурно-функциональной схемы

2.3 Разработка схемы электрической принципиальной

2.4 Разработка печатного узла и печатной платы

2.5 Разработка алгоритма функционирования системы

## 3 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Всего   0   листов

6. Консультанты по работе, с указанием относящихся к ним разделов работы

| Раздел | Консультант | Подпись, дата                  |                             |
|--------|-------------|--------------------------------|-----------------------------|
|        |             | Задание выдал<br>(консультант) | Задание принял<br>(студент) |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |
|        |             |                                |                             |

7. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_  
(подпись студента)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Наименование этапов выпускной квалификационной работы   | Срок выполнения этапов работы | Отметка о выполнении руководителя |
|---|-------------------------------|-----------------------------------|
| Выбор темы научно исследовательской работы  | 1 неделя                      |                                   |
| Проведение обзора литературных и интернет-источников по теме выпускной квалификационной работы (далее — ВКР)            | 2 неделя                      |                                   |
| Написание раздела «Введение», первой главы ВКР  | 3 неделя                      |                                   |
| Обоснование актуальности выбранной темы   | 4 неделя                      |                                   |
| Проведение расчетов и разработка графической части ВКР согласно техническому заданию.<br>Написание последующих глав ВКР | 5-7 неделя                    |                                   |
| Проведение окончательных расчетов по экономическому разделу ВКР.  | 8 неделя                      |                                   |
| Проведение окончательных расчетов и доработка графической части ВКР согласно техническому заданию.                      | 9 неделя                      |                                   |
| Оформление пояснительной записки  | 10 неделя                     |                                   |
| Прохождение нормоконтроля   | 11-12 неделя                  |                                   |
| Утверждение ВКР заведующим кафедрой   | 13-15 неделя                  |                                   |

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ /И.М. Кирпичникова/

Руководитель работы \_\_\_\_\_ /А.Н. Андреев/

Студент \_\_\_\_\_ /Е.С. Журавлев/

## Аннотация

Журавлев Е.С. – Разработка вторичного преобразователя тока и напряжения на базе МЭК 61850 – Челябинск: ЮУрГУ, П - 282, 2018 г., стр. 38, илл. 14, табл. 14. Список литературы – 6 наименований. 4 Приложения.

В научно-выпускной работе производилась разработка вторичного преобразователя тока и напряжения на базе стандарта МЭК 61850. Так же было произведено сравнение с аналогами и вычисление оптимальной цены продажи оборудования.

|                  |             |                          |                |             |  |  |              |                  |
|------------------|-------------|--------------------------|----------------|-------------|--|--|--------------|------------------|
|                  |             |                          |                |             |  | <i>13.04.02.2018.05.264 ПЗ</i>   |              |                  |
|                  |             |                          |                |             |  | <i>Разработка вторичного преобразователя тока и напряжения на базе МЭК 61850</i> |              |                  |
|                  |             |                          |                |             |  | <i>Лит.</i>  | <i>Масса</i> | <i>Масштаб</i>   |
| <i>Изм.</i>      | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i>          | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |  |  |              |                  |
| <i>Разраб.</i>   |             | <i>Журавлев Е.С.</i>     |                |             |  |  |              |                  |
| <i>Руковод.</i>  |             | <i>Андреев А.Н.</i>      |                |             |  |  |              |                  |
|                  |             |                          |                |             |  | <i>Лист 3</i>  |              | <i>Листов 56</i> |
| <i>Н. Контр.</i> |             | <i>Андреев А.Н.</i>      |                |             |  | <i>ЮУрГУ Кафедра ЭССиСЭ</i>  |              |                  |
| <i>Утв.</i>      |             | <i>Кирпичникова И.М.</i> |                |             |  |  |              |                  |

## Оглавление

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 6  |
| 1. Актуальность разрабатываемого цифрового преобразователя тока и напряжения .....            | 7  |
| 1.1 Обоснование актуальности исследования .....   | 7  |
| 1.1.1 Сравнение аналоговых измерительных цепей и цифровых измерительных цепей .....           | 7  |
| 1.2 Анализ аналогов .....   | 11 |
| 1.2.1 ENMU .....  | 11 |
| 1.3 Пути автоматизации .....  | 13 |
| 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ .....  | 14 |
| 2.1 Разработка структурно-функциональной схемы .....  | 14 |
| 2.2 Разработка схемы электрической принципиальной .....                                       | 16 |
| 2.2.1 Разработка схемы подключения аналого-цифровых преобразователей к микроконтроллеру ..... | 17 |
| 2.2.2 Подключение платы Ethernet к микроконтроллеру .....                                     | 19 |
| 2.2.3 Подключение платы RS - 482 к микроконтроллеру .....                                     | 20 |
| 2.2.4 Разработка схемы подключения контактов к операционному усилителю .....                  | 21 |
| 2.2.5 Подключение кварцевого резонатора к микроконтроллеру .....                              | 22 |
| 2.3 Разработка печатной платы и печатного узла .....  | 23 |
| 2.3.1 Выбор компонентов для печатной платы .....  | 23 |
| 2.3.2 Компоновка элементов печатной платы и трассировка .....                                 | 24 |
| 2.3.3 Изготовление печатной платы комбинированным позитивным методом .....                    | 24 |
| 2.4 Разработка алгоритма функционирования системы .....                                       | 26 |
| ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....  | 29 |
| 3.1 Расчет коэффициента технического уровня .....   | 29 |

|      |      |          |       |      |                         |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|-------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |       |      |                         |  |  |  |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.04.02.2018.05.264 ПЗ |  |  |  |  | 4    |

|  |    |
|--|----|
| 3.2 Расчет стоимости компонентов печатной платы .....  | 30 |
| 3.3 Расчет стоимости выполнения работ по проектированию системы и окончательной сборке компонентов системы ..... | 33 |
| 3.4 Расчет себестоимости создания системы и возможной прибыли .....  | 35 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....   | 37 |
| Список литературы .....  | 38 |

|             |             |                |              |             |                                |             |
|-------------|-------------|----------------|--------------|-------------|--------------------------------|-------------|
|             |             |                |              |             | <i>13.04.02.2018.05.264 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№докум.</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата</i> |                                | 5           |



## **ВВЕДЕНИЕ**

Автоматизация процессов является решающим фактором в повышении производительности труда и качества выпускаемой продукции. Автоматизация - это внедрение новейших систем промышленной автоматики, спроектированной на современном техническом уровне с широким применением средств автоматизации - программируемых логических контроллеров, программных комплексов, приборов КИПиА и исполнительных механизмов.

Автоматизация позволяет освободить человека от непосредственного физического участия в процессе производства, ограждает его от вредных для жизни и здоровья производственных факторов.

В данной работе проектируется цифровой преобразователь тока и напряжения на базе МЭК-61850 «ЦПТиН». Разработанная система позволит:

- сбор данных
- передача данных в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61850
- прием сигналов точного времени от систем ГЛОНАСС/GPS
- расчет действующих значения напряжений — фазных, междуфазных и среднего;
- расчет действующих значения токов — фазных и среднего;
- расчет фазной и суммарной мощности нагрузки — активная, реактивная, полная;
- частота сети;
- $\cos \phi$ ,  $\phi$ ,  $\operatorname{tg} \phi$  — фазные и общий;
- активная и реактивная энергии в прямом и обратном направлениях.

|      |      |          |       |      |                         |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|-------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |       |      |                         |  |  |  |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.04.02.2018.05.264 ПЗ |  |  |  |  | 6    |

# 1. Актуальность разрабатываемого цифрового преобразователя тока и напряжения

## 1.1 Обоснование актуальности исследования

Автоматизация процессов является решающим фактором в повышении производительности труда и качества выпускаемой продукции. Автоматизация - это внедрение новейших систем промышленной автоматики, спроектированной на современном техническом уровне с широким применением средств автоматизации - программируемых логических контроллеров, программных комплексов, приборов КИПиА и исполнительных механизмов.

Автоматизация позволяет освободить человека от непосредственного физического участия в процессе производства, ограждает его от вредных для жизни и здоровья производственных факторов.

Актуальность темы исследования обусловлена следующими факторами:

- Износ старого оборудования;
- Снижение затрат на модернизацию оборудования
- Повышение качества электроэнергии путем мониторинга параметров;
- Технический учет электроэнергии;
- Сравнение с реализованными аналогами для повышения качества оборудования в целом.

### 1.1.1 Сравнение аналоговых измерительных цепей и цифровых измерительных цепей.

В сравнении аналоговых измерительных цепей и цифровых измерительных цепей можно выделить недостатки аналоговых такие как:

- Высокая протяженность измерительных цепей
- Высокий расход меди в связи и с требованиями к измерительным цепям в соответствии с ПУЭ (п.3.4.4 и 1.5.19).
- Электромагнитные помехи в цепях, которые могут привести к ложному срабатыванию защит или получению не действительных данных в РЗА

Схема подключения РЗА представлена на рисунке 1

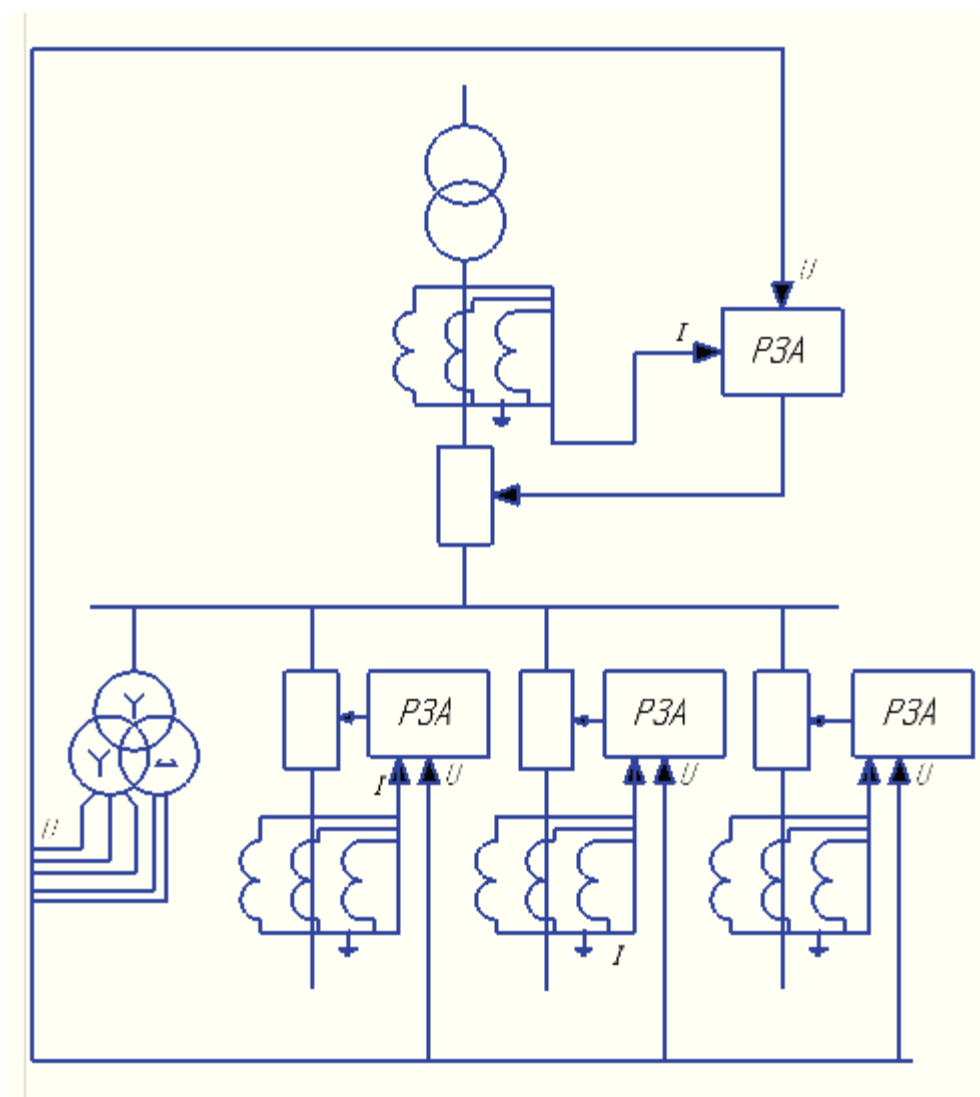


Рисунок 1 - Схема подключения к РЗА

А также рассмотрим структурную схему (рисунок 2) используемой РЗА в данном случае

|      |      |         |       |      |
|------|------|---------|-------|------|
| Изм. | Лист | №докум. | Подп. | Дата |
|      |      |         |       |      |

13.04.02.2018.05.264 ПЗ

Лист

8

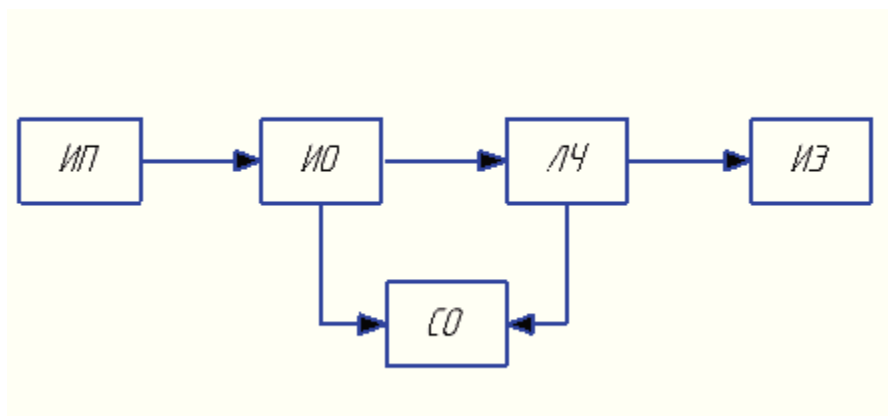


Рисунок 2 – Структурная схема используемого РЗА

Список сокращений:

ИП - Измерительный преобразователь

ИО - Исполнительный орган

ЛЧ - Логическая часть

СО - Сигнальный орган

ИЭ - Исполнительные элементы

При использовании разрабатываемого ЦПТиН схема подключения которого представлена на рисунке 3 можно выделить такие положительные качества как:

- Сокращение затрат на медь путем передачи данных с преобразователя на РЗА через оптоволоконный кабель
- Повышение точности за счет снижения помех путем установки ЦПТиН вблизи оборудования
- Повышения скорости передачи и обработки данных
- Сокращение затрат путем ликвидации дорогостоящих элементов РЗА

|      |      |         |       |      |
|------|------|---------|-------|------|
|      |      |         |       |      |
| Изм. | Лист | №докум. | Подп. | Дата |

13.04.02.2018.05.264 ПЗ

Лист

9

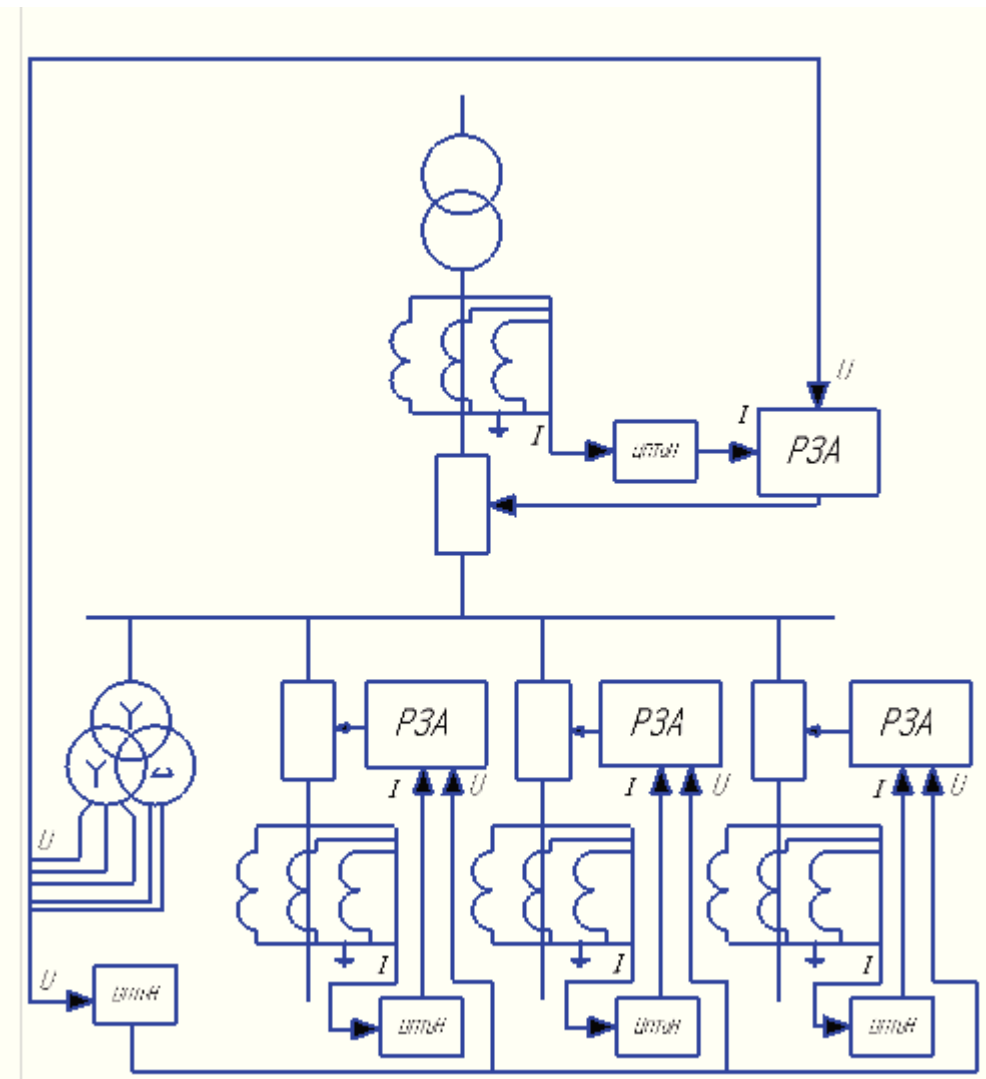


Рисунок 3 - Схема подключения к P3A с использованием ЦПТиН

Структурная схема P3A после установки ЦПТиН представлена на рисунке 4

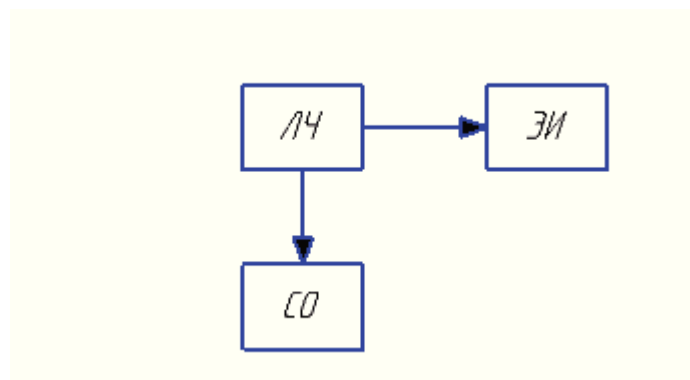


Рисунок 4 – Структурная схема используемого P3A

## 1.2 Анализ аналогов

### 1.2.1 ENMU

ENMU согласно стандарту IEC 61869 относится к классу устройств сопряжения — SAMU (Stand-Alone Merging Unit).



Рисунок 5 - Изображение устройства ENMU

Устройство сопряжения с шиной процесса ENMU осуществляет аналогово-цифровое преобразование входных сигналов от электромагнитных измерительных трансформаторов тока и напряжения и передачу выборок значений (англ. Sampled Values, сокр. SV) по сети Ethernet в соответствии с техническими требованиями Implementation Guidelines for Digital Interface to Instrument Transformers using IEC 61850-9-2 (МЭК 61850-9-2LE).

ENMU подключается к «шине процесса» (англ. Process Bus) с помощью цифровых оптических интерфейсов и публикует потоки SV. На прием SV подписываются устройства, подключенные к «шине процесса» (например, цифровые

|      |      |         |       |      |  |  |                         |  |      |
|------|------|---------|-------|------|--|--|-------------------------|--|------|
|      |      |         |       |      |  |  |                         |  | Лист |
|      |      |         |       |      |  |  |                         |  |      |
| Изм. | Лист | №докум. | Подп. | Дата |  |  | 13.04.02.2018.05.264 ПЗ |  | 11   |

терминалы релейной защиты, цифровые счетчики электроэнергии, системы контроля качества электроэнергии, устройства синхронных векторных измерений).

ENMU обеспечивает передачу до четырех потоков SV. Состав сигналов в каждом потоке настраивается пользователем. ENMU одновременно с публикацией SV обеспечивает передачу данных согласно IEC 60870-5-104 и IEEE C37.118.2, то есть является одновременно и устройством синхронизированных векторных измерений (УСВИ, PMU).

Для передачи данных ENMU оборудован тремя оптическими интерфейсами Ethernet 100Base-FX: интерфейсы Lan A, Lan B, LAN 1, два из которых поддерживают PRP. Синхронизация времени осуществляется через оптический интерфейс SYNC (1 PPS или IRIG-B(A)).

Таблица 1 – Основные характеристики ENMU

|  |  |
|--|--|
| Номинальное значение входного сигнала        | 57,7 В, 1/5 А, 50±10 Гц  |
| Количество входов                            | 4 U, 4 I (измерительная обмотка), 3 I (релейная обмотка)                       |
| Диапазон измерения                           | U: 0,05..2 от Uном<br>I (измерение/защита): 0,01..2 от Iном / 0,1..40 от Iном  |
| Основная относительная погрешность измерения | U: 0,2%, I (измерение/защита): 0,2% / 5%                                       |
| Параметры SV                                 |  |
| Частота дискретизации                        | 4000, 12800 Гц   |
| Задержка на преобразование сигнала в SV      | Не более 100 мкс   |
| Состав SV                                    | SV80 ИТТ+SV80 ИТН, SV80 РТТ+SV80 ИТН, SV256 ИТТ+SV256 ИТН, SV256 РТТ+SV256 ИТН |

Продолжение таблицы 1

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Регистрация аварийных событий   | 32/64/128/256 сэмплов за 20 мс, настраиваемое время записи до и после аварии, SD-накопитель                   |
| Интерфейсы                      | LAN A, LAN B, LAN 1: Ethernet 100Base-FX, LC, multimode, 50/125 мкм, 1300 нм, PRP IEC 62439-3 (LAN A + LAN B) |
|                                 | SYNC: Receiver Ethernet 100Base-FX, ST, multimode 62,5/125 мкм, 820 нм, IRIG A/IRIG B, PPS 1 Гц               |
|                                 | Сервисный порт USB  |
| Параметры питания               | 2 независимых входа питания, ~100..240 В, 45..55 Гц или =120..370 В, не более 15 ВА                           |
| Условия эксплуатации            |   |
| Температура окружающего воздуха | -40...+70°C   |
| Влажность без конденсата        | 5-95%   |
| Атмосферное давление            | 70-106 кПа  |
| Монтаж                          | 2 проушины, настенный монтаж  |
| Габаритные размеры              | ВШГ 270 x 215 x 70 мм (305 x 255 x 70 мм)   |

### 1.3 Пути автоматизации

Разработка цифрового преобразователя тока и напряжения на базе МЭК 61850 подразумевает проектирование устройства сбора, обработки и контроля данных которое позволит решать следующие задачи:

- расчет действующих значения напряжений — фазных, междуфазных и среднего;
- расчет действующих значения токов — фазных и среднего;
- расчет фазной и суммарной мощности нагрузки — активная, реактивная, полная;



- частота сети;
- $\cos \phi$ ,  $\phi$ ,  $\operatorname{tg} \phi$  — фазные и общий;
- активная и реактивная энергии в прямом и обратном направлениях

Данная система должна быть компактна и иметь возможность приема сигналов точного времени от систем ГЛОНАСС/GPS, работать с частотой входного сигнала до 100кГц и иметь возможность передачи данных в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61850

## 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

### 2.1 Разработка структурно-функциональной схемы

Структурно-функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами телемеханики и вычислительной техники).

Функциональные схемы представляют собой чертежи, на которых при помощи условных изображений показывают технологическое оборудование, коммуникации, органы управления, приборы и средства автоматизации, средства вычислительной техники и другие агрегатные комплексы с указанием связей между приборами и средствами автоматизации, таблицы условных обозначений и пояснения к схеме.

Цифровой преобразователь тока и напряжения на базе МЭК 61850 подразумевает получение, преобразование высокочастотных значений и передача согласно ГОСТ Р МЭК 61850.

Основным вычислительным модулем должен быть микроконтроллер. Микроконтроллер должен обладать:

- высокой производительностью;
- низким показателем электропотребления;

|      |      |          |       |      |                         |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|-------|------|-------------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |       |      |                         |  |  |  |  | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.04.02.2018.05.264 ПЗ |  |  |  |  | 14   |

- достаточным объемом внутренней памяти;
- Восемью протоколами обмена SPI для осуществления приема данных с АЦП и дальнейшей передачи через сеть Ethernet и RS-485.

Наиболее подходящим вариантом является микроконтроллер ATxmega128A1-AU компании Atmel. Его основные характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные характеристики ATxmega128A1-AU

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Производитель                 | Atmel Corporation                   |
| Наименование                  | ATxmega128A1-AU                     |
| Ядро                          | AVR 8/16-бит                        |
| Flash-память                  | 128 KB                              |
| Объем RAM-памяти              | 8К                                  |
| Объем EEPROM-памяти           | 2К                                  |
| Количество линий ввода/вывода | 76                                  |
| Тактовая частота              | 16 МГц                              |
| Тип подключения               | I <sup>2</sup> C, 8xSPI, UART/USART |
| Преобразователь данных        | 2xA/D 8×12b; D/A 8×12b              |
| Напряжения питания            | 1,6В...3,6В                         |
| Температурный диапазон        | От -40°C до 85°C                    |
| Корпус                        | TQFP100                             |

Получение данных напряжения на МК осуществить посредством подключения изолирующего усилителя и аналого-цифрового преобразователя, согласованного по протоколу SPI.

Получение данных тока на МК осуществить посредством подключения операционного усилителя и аналого-цифрового преобразователя, согласованного по протоколу SPI.

Структурно-функциональная схема, отражающая функциональную взаимосвязь между компонентами системы, представлена в приложении Б.

## 2.2 Разработка схемы электрической принципиальной

Разработаем электрическую принципиальную в соответствии с функциональными требованиями, указанными на структурно-функциональной схеме (Приложение Б).

Основным компонентом пульта управления является, как уже сказано ранее, микроконтроллер ATmega128A1-AU, основные характеристики которого представлены в таблице 2. Расположение выводов микроконтроллера ATmega128A1-AU представлено на рисунке 6.

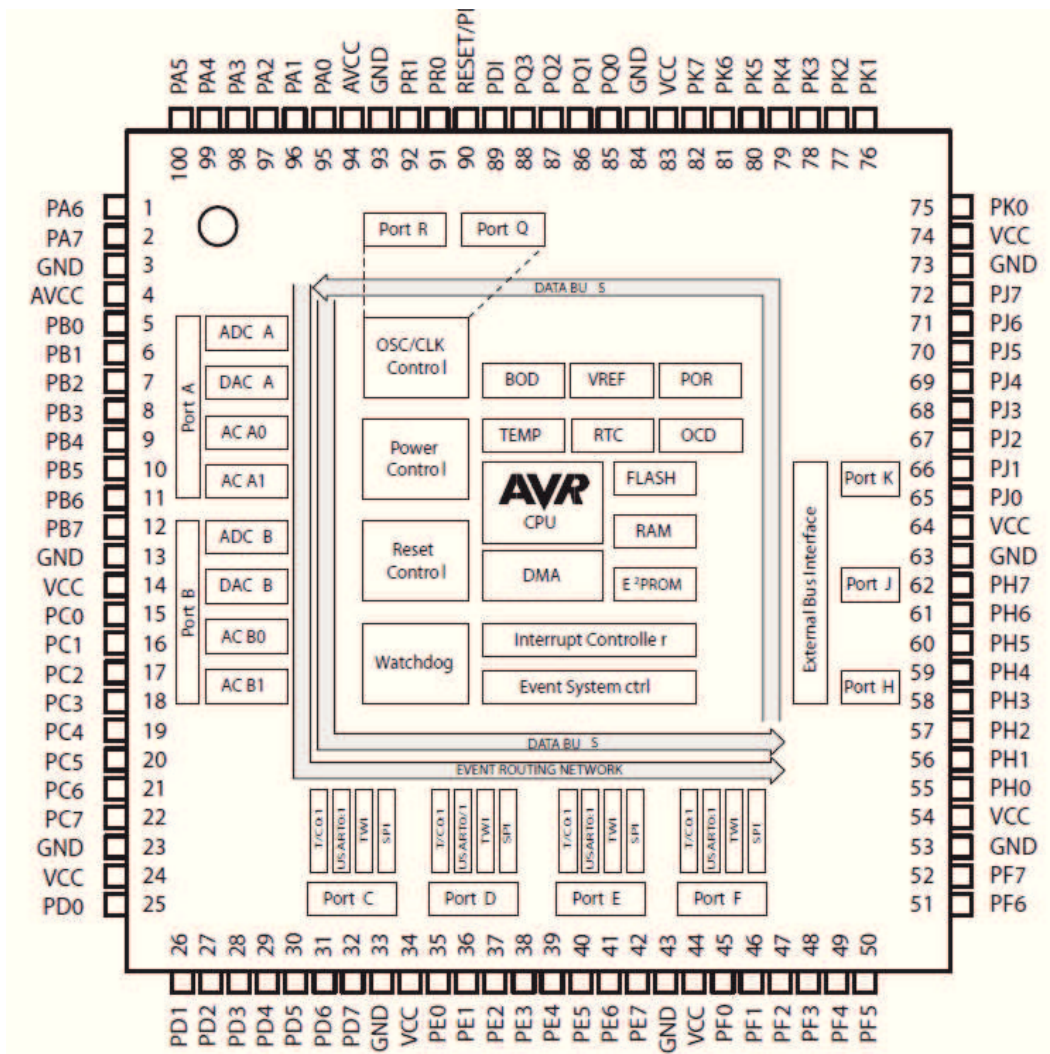


Рисунок 6 - Расположение выводов микроконтроллера ATmega128A1-AU

Управление процессом сбора, обработки и записи данных будет осуществляться с использованием кнопочной клавиатуры. Рассмотрим схему подключения кнопочной клавиатуры к микроконтроллеру.

### 2.2.1 Разработка схемы подключения аналого-цифровых преобразователей к микроконтроллеру

Для повышения производительности, а также передачи высокочастотных сигналов требуется подключение микросхем аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

АЦП должен обладать:

- высокой скоростью оцифровки данных;
- высокой скоростью передачи;

По этим требованиям был подобран аналого-цифрового преобразователь фирмы Microchip MCP3201-CI/P. Передача от АЦП к микроконтроллеру будет осуществлена через протокол обмена SPI.

Основные особенности интерфейса SPI:

- Полнодуплексная синхронная передача данных
- Пропускная способность выше чем у I<sup>2</sup>C или SMBus
- Тактовая частота ограничена только мощностями устройств

Основные технические параметры АЦП MCP3201-CI/P представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные технические параметры АЦП ADS1118IDGST

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Тип архитектуры    | serial adc |
| Интерфейс          | spi        |
| Количество каналов | 1          |
| Разрядность        | 16         |

Продолжение таблицы 3

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Тип корпуса                | dip8          |
| Температурный диапазон, °C | (-40...85) °C |

Расположение выводов микросхемы ADS1118IDGST представлено на рисунке 10.

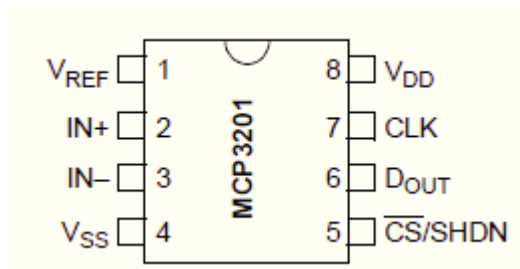


Рисунок 7 - Расположение выводов микросхемы ADS1118IDGST

Назначение выводов микросхемы ADS1118IDGST представлено в таблице 8.

Таблица 4 - Назначение выводов микросхемы ADS1118IDGST

| № | Вывод микросхемы | Назначение вывода        |
|---|------------------|--------------------------|
| 1 | Vref             | Опорное напряжение       |
| 2 | IN-              | инвертирующий вход       |
| 3 | IN+              | неинвертирующий вход     |
| 4 | Vss              | минус напряжения питания |
| 5 | CS               | выбор чипа               |
| 6 | Dout             | выход данных             |
| 7 | CLK              | синхроимпульсы           |
| 8 | Vdd              | Напряжение питания       |

Схема подключения к АЦП представлена на рис 8.

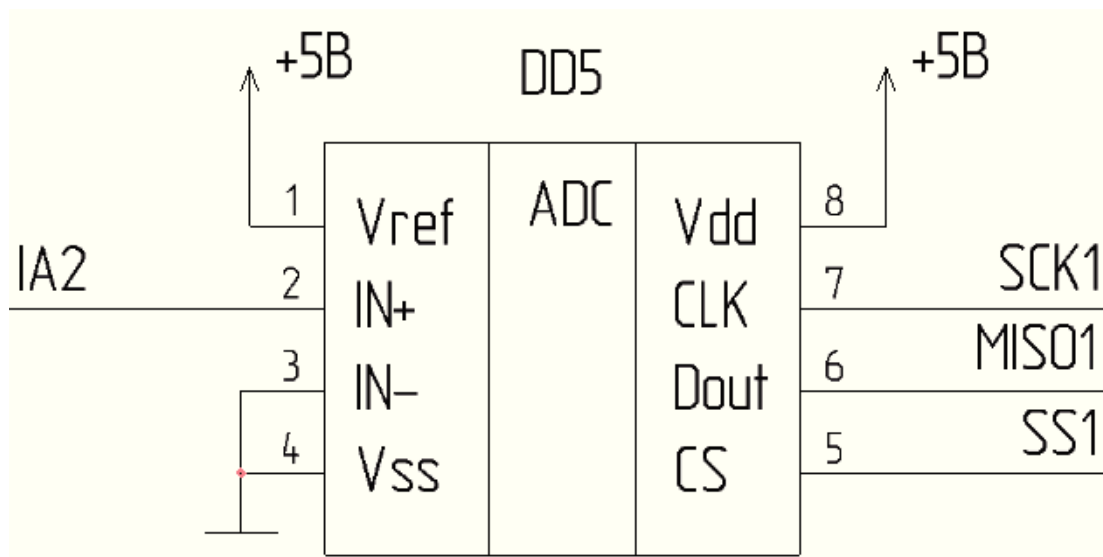


Рисунок 8 - Схема подключения к АЦП.

### 2.2.2 Подключение платы Ethernet к микроконтроллеру

Для передачи данных между микроконтроллером и платы Ethernet будет осуществляться через протокол обмена SPI.

Подключение платы осуществляется разъем для подключения, расположение выводов которого представлено на рисунке 9

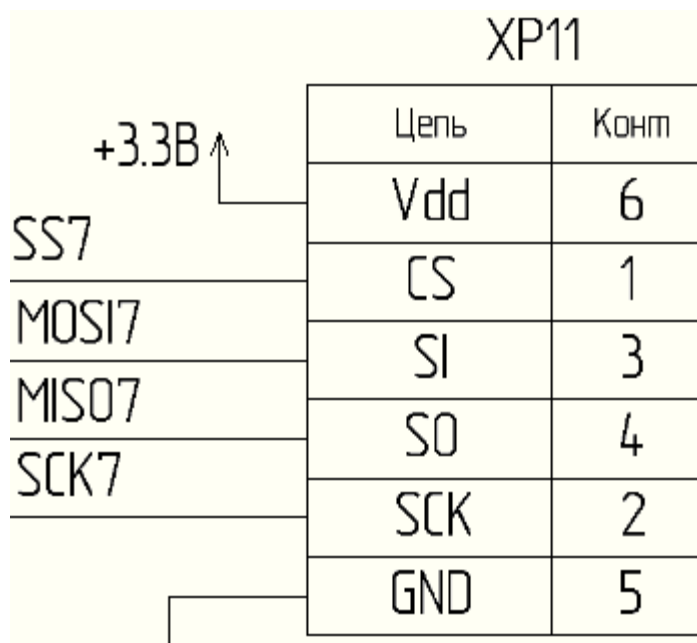


Рисунок 9 – Расположение выводов платы GY-NEO6MV2 NEO-6M

### 2.2.3 Подключение платы RS - 482 к микроконтроллеру

Для передачи данных между микроконтроллером и платы RS-482 будет осуществляться через протокол обмена RS-482.

Подключение разъема (рисунок 10) осуществляется через драйвер интерфейса, расположение выводов которого представлено на рисунке 10

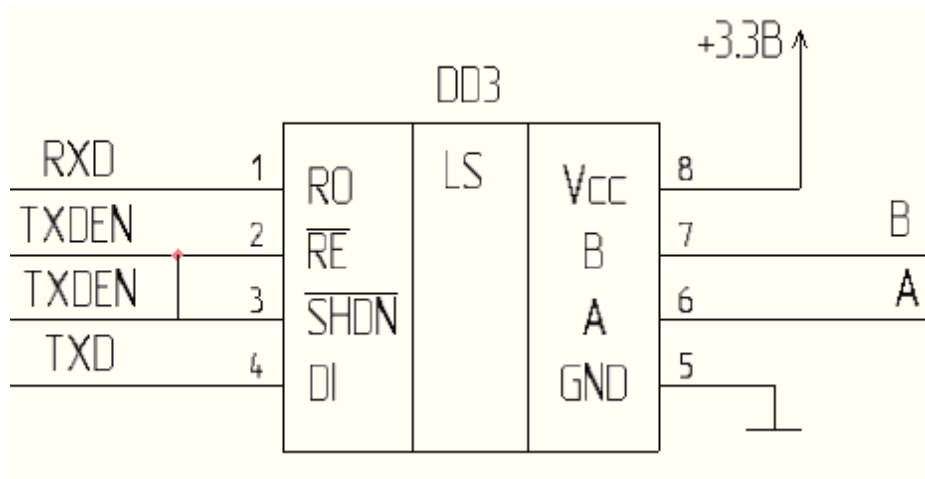


Рисунок 10 – Расположение выводов драйвера интерфейса RS-485  
MAX13487EESA+

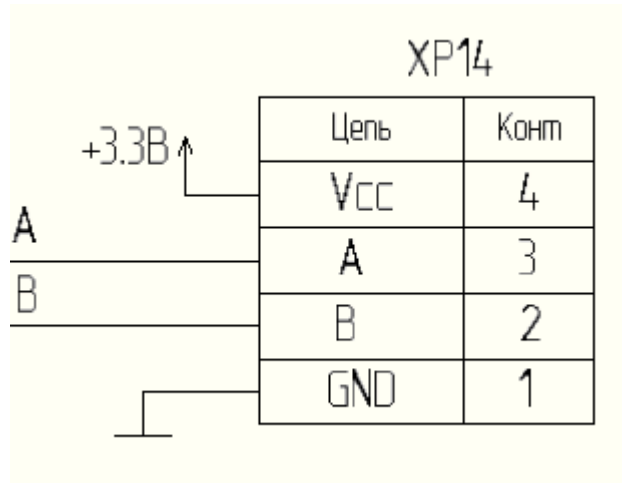


Рисунок 11 – Расположение выводов интерфейса RS-485

## 2.2.4 Разработка схемы подключения контактов к операционному усилителю

Как сказано ранее, показатели тока мы будем получать с встроенного в систему станка шунта, при максимальном токе в цепи на шунте показатели  $U_i = 0,75\text{мВ}$ . Для повышения показателя напряжения до 5В при 0,75мВ входных используем операционный усилитель LM7301IM основные технические параметры которого представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Основные технические параметры операционного усилителя LM7301IM

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Полоса Пропускания         | 4МГц          |
| Количество Усилителей      | 1 Усилитель   |
| Скорость Нарастания        | 1.25В/мкс     |
| Стиль Корпуса Усилителя    | SOIC          |
| Количество Выводов         | 8             |
| Температурный диапазон, °С | (-40...85) °С |

Расположение выводов микросхемы LM7301IM представлено на рисунке 6.

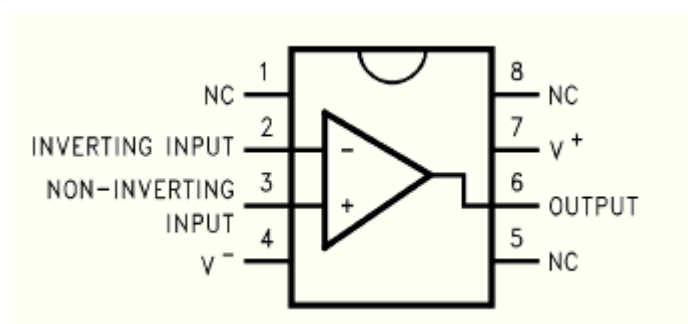


Рисунок 12 - Расположение выводов микросхемы LM7301IM

Назначение выводов микросхемы LM7301IM представлено в таблице 6.



Таблица 6 - Назначение выводов микросхемы LM7301IM

| № | Вывод микросхемы | Назначение вывода        |
|---|------------------|--------------------------|
| 1 | NC               | -                        |
| 2 | IN-              | инвертирующий вход       |
| 3 | IN+              | неинвертирующий вход     |
| 4 | Vss              | минус напряжения питания |
| 5 | NC               | -                        |
| 6 | OUT              | выход                    |
| 7 | Vdd              | плюс напряжения питания  |
| 8 | NC               | -                        |

Схема подключения к операционному усилителю представлена на рис 13.

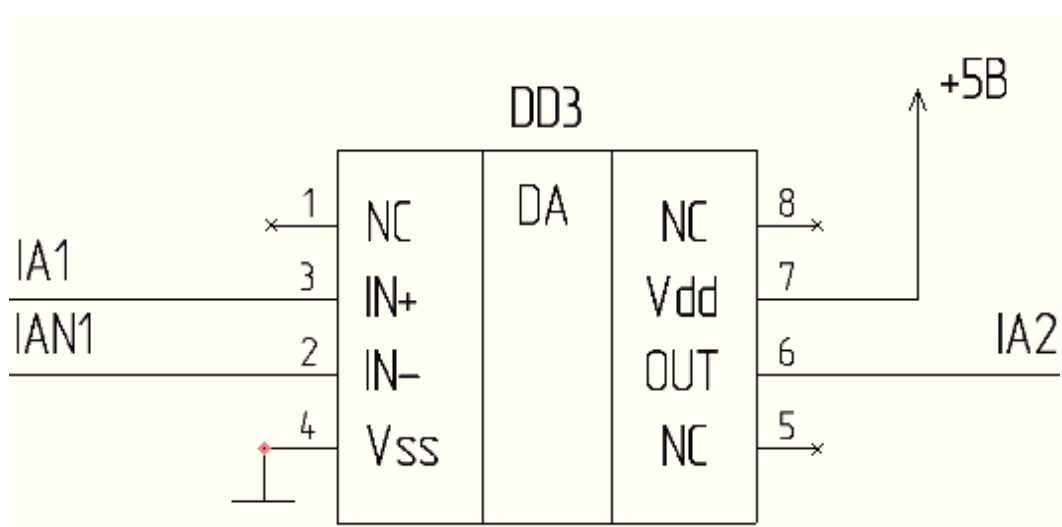


Рисунок 13 - Схема подключения к операционному усилителю.

### 2.2.5 Подключение кварцевого резонатора к микроконтроллеру.

Кварцевые резонаторы предназначены для использования в аналогово-цифровых цепях для стабилизации и выделения электрических колебаний определённой частоты или полосы частот. Выбираем кварцевый резонатор КХ-3НТ на 12 МГц. Схема подключения кварцевого резонатора к микроконтроллеру представлена на

рисунке 14. Номиналы емкостей конденсаторов C1 и C2 выбраны согласно рекомендации производителя микроконтроллера и составляют 16 пФ. Кварцевый резонатор подключается к выводам XTAL1 и XTAL2 микроконтроллера.

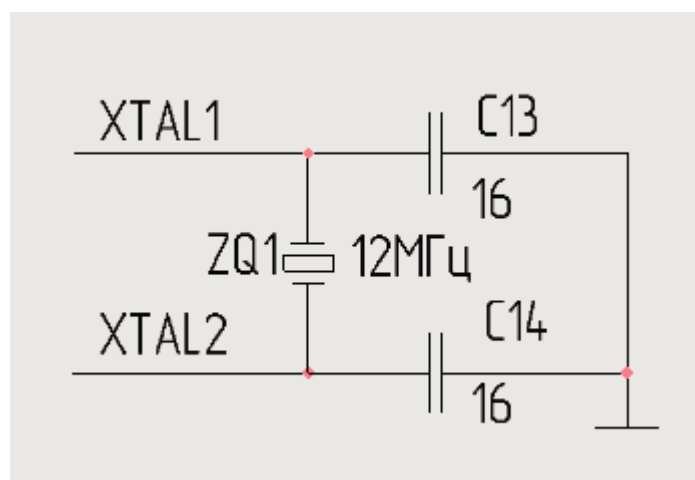


Рисунок 14- Подключение кварцевого резонатора к микроконтроллеру

Схема электрическая цифрового преобразователя тока и напряжения представлена в приложении В.

### 2.3 Разработка печатной платы и печатного узла

Проектирование схемы электрической принципиальной и печатной платы будем выполнять в прикладном программном продукте DipTrace. Проектирование схемы электрической принципиальной выполняется в программном продукте DipTrace Schematic Capture, а проектирование печатной платы – в программном продукте DipTrace PCB Layout. Библиотека данного ПО довольно объемная и включает большинство современных корпусов микросхем.

Прикладной программный продукт DipTrace бесплатно предоставляется для некоммерческого использования с ограничением в 1000 выводов и 2 сигнальных слоя.

#### 2.3.1 Выбор компонентов для печатной платы

Выбор компонентов для печатной платы осуществлялся с учетом их доступности для последующей покупки с целью расчета стоимости всей печатной платы.

|      |      |          |       |      |                         |  |  |      |
|------|------|----------|-------|------|-------------------------|--|--|------|
|      |      |          |       |      |                         |  |  | Лист |
|      |      |          |       |      |                         |  |  | 23   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | 13.04.02.2018.05.264 ПЗ |  |  |      |

Наименования корпусов импортных микросхем указаны в перечне элементов для схемы электрической принципиальной.

### **2.3.2 Компоновка элементов печатной платы и трассировка.**

Предварительная компоновка элементов печатной платы производилась в ПО DipTrace PCB Layout.

Изначально задаем предварительный размер платы 110 × 110 мм.

Микроконтроллер ATmega128A1-AU имеет сопряжение с большинством компонентов печатной платы, и поэтому располагается в ее центре.

Разъемы для подключения внешнему программатору, блоку питания, разъема для внешней карты памяти располагаются, непосредственно, по краям печатной платы для более практичного монтажа.

Кварцевый резонатор располагается в непосредственной близости к подключаемым выводам микроконтроллера.

Расположение остальных элементов печатной платы не регламентируется.

Количество сигнальных слоев платы – 2.

Трассировку выполнять с использованием 2-х классов проводников: силовые и сигнальные. Силовые проводники имеют ширину дорожек 0,6 мм, сигнальные – 0,3 мм.

### **2.3.3 Изготовление печатной платы комбинированным позитивным методом**

Комбинированный позитивный метод - применяется при производстве двусторонних печатных плат, выполненных методом попарного прессования.

Этапы комбинированного позитивного метода:

- нарезка технологических заготовок;
- очистка поверхности фольги (дезоксидация);
- сверление отверстий (подлежащих металлизации) на станках с ЧПУ;
- активация поверхности под химическую металлизацию;

|      |      |          |       |      |  |                         |      |
|------|------|----------|-------|------|--|-------------------------|------|
|      |      |          |       |      |  | 13.04.02.2018.05.264 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |  |                         | 24   |

- тонкая химическая металлизация (до 1 мкм) или палладирование при использовании технологического процесса прямой металлизации отверстий;
- предварительная тонкая гальваническая металлизация (до 6 мкм);
- нанесение и экспонирование фоторезиста через фотошаблон-позитив;
- основная гальваническая металлизация (до 25 мкм толщины меди внутри отверстий);
- нанесение металлорезиста;
- удаление экспонированного фоторезиста;
- травление обнаженных участков тонкой фольги между элементами печатного рисунка;
- удаление металлорезиста;
- нанесение контактных покрытий на концевые печатные ламели;
- отмывка платы, сушка;
- нанесение паяльной маски;
- нанесение финишного покрытия на контактные площадки;
- обрезка платы по контуру;
- электрическое тестирование, контроль.

Класс точности изготовления печатной платы – 3.

Проектирование печатного узла позволит нам определить все габаритные размеры печатной после установки на нее компонентов.

Установку элементов печатной платы производить согласно ОСТ 4 ГО.010.030-81.

Элементы на печатную плату паять припоем ПОС61 ГОСТ 21937-76.

|      |      |          |       |      |                         |      |
|------|------|----------|-------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |       |      | 13.04.02.2018.05.264 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |                         | 25   |

## 2.4 Разработка алгоритма функционирования системы

Для четырехпроводных сетей алгоритмы измерения активной, реактивной и полной мощности основной гармоники по каждой фазе и суммарной трехфазной мощности используются следующие алгоритмы обработки сигналов:

$$\begin{aligned}P_a &= U_a I_a \cos \varphi_a, \quad P_b = U_b I_b \cos \varphi_b, \quad P_c = U_c I_c \cos \varphi_c, \\P &= P_a + P_b + P_c \\Q_a &= U_a I_a \sin \varphi_a, \quad Q_b = U_b I_b \sin \varphi_b, \quad Q_c = U_c I_c \sin \varphi_c, \\Q &= Q_a + Q_b + Q_c \\S_a &= U_a I_a, \quad S_b = U_b I_b, \quad S_c = U_c I_c, \\S &= S_a + S_b + S_c\end{aligned}$$

Где  $U_a$ ,  $I_a$  соответственно действующее значение напряжения и тока фазы А основной гармоники,  $\varphi_a$  угол между комплексной амплитудой напряжения  $\dot{U}_a$  и тока  $\dot{I}_a$

Для трехпроводных сетей алгоритмы измерения трехфазной активной, реактивной и полной мощности основной гармоники используются следующие алгоритмы обработки сигналов:

$$\begin{aligned}P_1 &= U_{ab} I_a \cos \varphi_1, \quad P_2 = U_{bc} I_c \cos \varphi_2, \quad P = P_1 - P_2, \\Q_1 &= U_{ab} I_b \sin \varphi_1, \quad Q_2 = U_{bc} I_c \sin \varphi_2, \quad Q = Q_1 - Q_2, \\S &= \sqrt{P^2 + Q^2},\end{aligned}$$

где  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  - соответственно углы между линейным напряжением  $U_{ab}(t)$  и фазным током  $i_a(t)$ , между линейным напряжением  $U_{bc}(t)$  и фазным током  $i_c(t)$ .

Определение активной и реактивной принятой/отпущенной энергии по основной гармонике производится на основании предварительно вычисленных активной и реактивной мощности.

Для фазы А активную и реактивную мощности вычислять согласно выражениям, упрощенно представленным ниже:

$$\begin{aligned}P_a &= u_{ac}(k) \cdot i_{ac}(k) + u_{as}(k) \cdot i_{as}(k); \\Q_a &= u_{as}(k) \cdot i_{ac}(k) - u_{ac}(k) \cdot i_{as}(k),\end{aligned}$$

Для измерения параметров режима электрической сети (действующие значения переменного тока и напряжения, активной, реактивной и полной мощностей, энергии активной и реактивной в прямом и обратном направлениях) для четырехпроводных сетей используются следующие алгоритмы обработки сигналов:

$$I_a = \sqrt{\frac{1}{T_1} \int_{t-T_1}^t i_a^2(\tau) d\tau}, U_a = \sqrt{\frac{1}{T_1} \int_{t-T_1}^t u_a^2(\tau) d\tau}, U_{ab} = \sqrt{\frac{1}{T_1} \int_{t-T_1}^t u_{ab}^2(\tau) d\tau},$$

$$P_a = \frac{1}{T_1} \int_{t-T_1}^t u_a(\tau) i_a(\tau) d\tau, P = P_a + P_b + P_c, S_a = U_a I_a, S = S_a + S_b + S_c$$

$$Q_a = \pm \sqrt{S_a^2 - P_a^2}, Q = Q_a + Q_b + Q_c.$$

где  $T_1$  период основной гармоники с частотой 50 Гц.

Для реализации приведенных выше выражений используются следующие алгоритмы для измерения и вычисления среднеквадратических (действующих) значений фазных токов и напряжений, линейных (междуфазных) напряжений и активной мощности отдельной фазы

$$I_a(k) = \sqrt{\sum_{n=k-N+1}^k i_a^2(n) g(k-n)}, U_a(k) = \sqrt{\sum_{n=k-N+1}^k u_a^2(n) g(k-n)},$$

$$U_{ab}(k) = \sqrt{\sum_{n=k-N+1}^k u_{ab}^2(n) g(k-n)}, P_a(k) = \sum_{n=k-N+1}^k i_a(n) u_a(n) g(k-n)$$

шаг дискретизации ( $T=0.001$  с),

$k \cdot T$  - текущее дискретное время,

$g(k)$  - импульсная функция усредняющего фильтра, для подавления помех с выхода АЦП, соответствующих токам и напряжениям,

$N$  - длина фильтра ( $N=40$  или  $N=80$  в зависимости от конфигурации преобразователя).

Для трехпроводных сетей алгоритмы измерения трехфазной активной, реактивной и полной мощности используются следующие алгоритмы обработки сигналов:

$$P = \frac{1}{T_1} \int_{t-T_1}^t u_{ab}(\tau) i_a(\tau) d\tau - \frac{1}{T_1} \int_{t-T_1}^t u_{bc}(\tau) i_c(\tau) d\tau, S = \frac{\sqrt{3}}{2} (U_{ab} I_a - U_{bc} I_c), Q = \pm \sqrt{S^2 - P^2}.$$

Действующие значения линейных (междуфазных) напряжений и фазных токов определять по алгоритмам, аналогичным алгоритмам для четырехпроводных сетей. Знак реактивной мощности определяется по знаку реактивной мощности основной гармоники. Вычисления активной мощности производится согласно следующему выражению:

$$P(k) = \sum_{n=k-N+1}^k u_{ab}(n) i_a(n) g_1(k-n) - \sum_{n=k-N+1}^k u_{bc}(n) i_c(n) g_1(k-n).$$

Для измерения частоты сети в измерительном преобразователе используется алгоритм,

основанный на разной зависимости от частоты двух фильтров, используемых в измерительном канале напряжения основной гармоники.

|      |      |         |       |      |
|------|------|---------|-------|------|
| Изм. | Лист | №докум. | Подп. | Дата |
|------|------|---------|-------|------|

13.04.02.2018.05.264 ПЗ

Лист

28

## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Экономическая составляющая является неотъемлемой частью абсолютно любого проекта по созданию автоматизированной системы. Данный раздел позволяет выявить экономическую обоснованность создания данной АС, а также произвести расчет себестоимости и возможной прибыли. Расчет стоимости создания цифрового преобразователя тока и напряжения будет состоять из нескольких этапов, включающих расчет стоимости компонентов данной системы, выполнения работ исполнителем и работ со стороны.

### 3.1 Расчет коэффициента технического уровня

Под техническим уровнем изделия понимается совокупность показателей, характеризующих качественные свойства изделия и их соответствие лучшим мировым образцам или отечественным образцам. Для оценки этого уровня используется коэффициент технического уровня (КТУ).

Коэффициент технического уровня (КТУ) – отношение суммы относительных величин, ранжированных параметров, определенных по отношению соответствующих параметров образцов отечественной продукции к приведенному числу параметров.

$$КТУ = \frac{\sum_{i=1}^S k_{ni} \times G_i}{\sum_{i=1}^S G_i}$$

$$k_{ni} = \frac{B}{B_0}$$

где:  $B$  – частный параметр конструируемого устройства,  $B_0$  – частный параметр лучшего отечественного образца,  $S$  – число показателей или параметров (от 4 до 8),  $G_i$  – коэффициент весомости частного параметра.

$$G_i = \frac{i}{2^{i-1}}$$

|      |      |          |       |      |  |  |  |  |                         |      |
|------|------|----------|-------|------|--|--|--|--|-------------------------|------|
|      |      |          |       |      |  |  |  |  |                         | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |  |  |  |  | 13.04.02.2018.05.264 ПЗ | 29   |



Ранжируемые параметры разрабатываемого устройства и лучшего отечественного образца представлены в таблице.

Таблица 7 - Ранжируемые параметры разрабатываемого устройства и лучшего отечественного образца

| №, п/п | Ранжируемый параметр        | Разрабатываемое устройство                | Отечественный образец |
|--------|-----------------------------|---|-----------------------|
| 1      | Частота                     | 12мГц                                     | 12кГц                 |
| 2      | Разъемы                     | 2 порта Ethernet, 1 порт RS-485 МЭК 61850 | 4 порта Ethernet      |
| 3      | Точность отсчета времени мс | 1   | 0.5                   |
| 4      | Напряжение питания, В       | 220                                       | 220                   |
| 5      | Стоимость, руб.             | 48502                                     | 100 000               |

В ходе выполнения расчетов, величина КТУ составила 1.4, следовательно, разрабатываемое устройство более совершенно и конкурентоспособно нежели лучший отечественный образец. Плакат, содержащий сведения о показателях экономической эффективности, представлен в приложении.

### 3.2 Расчет стоимости компонентов печатной платы

Стоимость компонентов для печатной платы, установленной в пульт управления, а также их количество, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Стоимость компонентов

| №  | Наименование   | Кол,шт | Цена за единицу, руб. | Стоимость, руб. |
|----|--|--------|-----------------------|-----------------|
| 1  | <u>КОНДЕНСАТОРЫ</u>  |        |                       |                 |
| 2  | ЕСАР (К50-35), 1500 мкФ  | 1      | 15                    | 15              |
| 3  | ЕСАР (К50-35 мини), 0.22 мкФ   | 1      | 5                     | 5               |
| 4  | К10-17А Н50 0.1 мкФ  | 2      | 27                    | 54              |
| 5  | К53-14, 16 мкФ   | 2      | 19                    | 35              |
|    | <u>ТРАНСФОРМАТОРЫ</u>  |        |                       |                 |
| 6  | ТП121-1  | 3      | 300                   | 900             |
| 7  | ТП123-3  | 1      | 210                   | 210             |
| 8  | <u>АС-1010 (10А)</u>   | 3      | 290                   | 870             |
|    | <u>РАЗЪЕМЫ</u>   |        |                       |                 |
| 9  | HYR-0142AR (GB-142AR)  | 6      | 99                    | 594             |
| 10 | DHR15FS (DS1038-01-15F)  | 1      | 33                    | 33              |
|    | <u>ПЛАТЫ</u>   |        |                       |                 |
| 11 | GY-NEO6MV2 NEO-6M  | 1      | 405                   | 405             |
| 12 | ENC28J60 Ethernet Board  | 2      | 600                   | 1200            |
|    | <u>МИКРОСХЕМЫ</u>  |        |                       |                 |
| 13 | АТхmega128А1-AU 8/16-бит,<br>AVR XMEGA A1, 128КБ Flash,<br>78 I/O [TQFP100] 3.6В | 1      | 600                   | 600             |
| 11 | ADS1118IDGST, 16 бит, 860 вы-<br>борок/с   | 6      | 600                   | 3600            |

|      |      |         |       |      |
|------|------|---------|-------|------|
| Изм. | Лист | №докум. | Подп. | Дата |
|------|------|---------|-------|------|

13.04.02.2018.05.264 ПЗ

Лист

31

Продолжение таблицы 8

|       |                            |   |     |      |
|-------|----------------------------|---|-----|------|
| 13    | LM7301IM 4 MHz             | 3 | 480 | 480  |
| 14    | MAX13487EESA+              | 1 | 46  | 46   |
| 15    | <u>КВАРЦЕВЫЙ РЕЗОНАТОР</u> |   |     |      |
| 16    | 49USMX 12МГц               | 1 | 540 | 540  |
| Итого |                            |   |     | 9587 |

Стоимость компонентов для изготовления печатной платы и монтажа элементов, также их количество, представлены в таблице 13.

Таблица 9 – Компоненты для изготовления печатной платы и монтажа элементов

| №     | Наименование   | Кол,шт | Цена за единицу, руб. | Стоимость, руб. |
|-------|--|--------|-----------------------|-----------------|
| 1     | Стеклотекстолит фольгированный СФ-2-35Г -1,5мм , ГОСТ 10316-78 | 1      | 370                   | 370             |
| 2     | Хлорное железо безводное 900гр.                                | 1      | 560                   | 560             |
| 3     | Флюс ЛТИ-120 0.5л  | 1      | 510                   | 510             |
| 4     | ПОС 61 прв d=0.5мм 200г  | 1      | 1 000                 | 1 000           |
| 5     | Фоторезист пленочный 300x1000мм                                | 1      | 520                   | 520             |
| 6     | Отмывочная жидкость Solins US 0.5л                             | 1      | 300                   | 300             |
| Итого |  |        |                       | 2740            |

Печатная плата будет заказана и изготовлена специалистами стороннего предприятия, поэтому необходимо выполнить расчет стоимости изготовления печатной платы и монтажа элементов, а также срок выполнения работ. Расчет стоимости единицы рабочего времени (1 рабочий час) был выполнен с учетом среднего оклада рабочего в 25000-30000 рублей за 176 рабочих часов. Стоимость работ по изготовлению печатной платы и монтажу элементов, а также срок их выполнения, представлены в таблице 14.

|      |      |         |       |      |  |                         |      |
|------|------|---------|-------|------|--|-------------------------|------|
|      |      |         |       |      |  | 13.04.02.2018.05.264 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | №докум. | Подп. | Дата |  |                         | 32   |

Таблица 10 – Стоимость изготовления печатной платы и монтажа элементов и сроки их выполнения

| Наименование  | Время работы, час. | Стоимость работы за ед. времени, руб. | Сумма, руб. |
|---|--------------------|---------------------------------------|-------------|
| Создание печатной платы   | 2                  | 150                                   | 300         |
| Пайка компонентов на печатную плату                             | 8                  | 200                                   | 1600        |
| Сборка всех узлов и компонентов системы                         | 8                  | 250                                   | 2000        |
| Настройка и контроль работоспособности всех компонентов системы | 4                  | 275                                   | 1100        |
| Итого   |                    |                                       | 5000        |

### 3.3 Расчет стоимости выполнения работ по проектированию системы и окончательной сборке компонентов системы

Зададим срок выполнения работ по проектированию системы и окончательной сборке элементов, равным 10 рабочих дней или 80 рабочих часов. Расчет стоимости единицы рабочего времени был выполнен с учетом среднего оклада рабочего в 25000-30000 рублей за 176 рабочих часов. Стоимость работ по проектированию системы и окончательной сборке компонентов системы, а также сроки их выполнения, представлены в таблице 15.

Затраты на различные комплектующие и расходные материалы, не входящие под конкретный раздел расходов, вынесены отдельно в таблице 16.

Таблица 11 – Стоимость работ по проектированию системы и окончательной сборке компонентов системы и сроки их выполнения

| Наименование  | Время работы, час. | Стоимость работы за ед. времени, руб. | Сумма, руб. |
|---|--------------------|---------------------------------------|-------------|
| Анализ технического задания, разработка структурно-функциональной схемы | 16                 | 150                                   | 2400        |
| Разработка схемы электрической принципиальной, подбор элементной базы   | 16                 | 200                                   | 3200        |
| Разработка печатной платы и конструкции электронного блока              | 24                 | 200                                   | 4800        |
| Разработка алгоритма функционирования системы и ПО                      | 24                 | 275                                   | 6600        |
| Итого   |                    |                                       | 17000       |

Таблица 12– Прочие расходы

| №     | Наименование   | Кол,шт. | Цена за единицу, руб. | Стоимость, руб. |
|-------|--|---------|-----------------------|-----------------|
| 1     | Электроэнергия, 100 кВт                                | 1       | 2,70                  | 270             |
| 2     | Интернет, трафик, 25 Гб                                | -       | 450                   | 450             |
| 3     | Арендная плата за использования ПО Компас-3D V14, час. | 32      | 30                    | 960             |
| 4     | Арендная плата за использование CodeVisionAVR, час.    | 8       | 50                    | 400             |
| 5     | Плата за прочее ПО.                                    | -       | -                     | 1000            |
| 6     | Затраты на транспортировку                             | -       | -                     | 600             |
| 7     | Транспортировка компонентов                            | -       | -                     | 3000            |
| Итого |  |         |                       | 6680            |

### 3.4 Расчет себестоимости создания системы и возможной прибыли

Рассчитаем себестоимость создания системы сбора, обработки и контроля данных путем сложения всех вышеперечисленных затрат. Все вышеперечисленные затраты были разбиты на подгруппы, величина каждой из затрат представлена в таблице 13.

Таблица 13 - Величина себестоимости и перечень затрат на единицу оборудования.

| № п/п                   | Затраты                       | Сумма, руб |
|-------------------------|-------------------------------|------------|
| 1                       | Материалы                     | 16002      |
| 2                       | Услуги со стороны             | 5000       |
| 3                       | Транспортные расходы          | 3000       |
| 4                       | Заработная плата              | 17000      |
| 5                       | Обязательные страховые взносы | 7500       |
| Себестоимость установки |                               | 48502      |

Таблица 14 - Величина себестоимости и перечень затрат на 100 единиц оборудования.

| № п/п                           | Затраты                       | Сумма, руб |
|---------------------------------|-------------------------------|------------|
| 1                               | Материалы                     | 1600200    |
| 2                               | Услуги со стороны             | 49000      |
| 3                               | Транспортные расходы          | 3000       |
| 4                               | Заработная плата              | 17000      |
| 5                               | Обязательные страховые взносы | 7500       |
| Себестоимость партии 100 единиц |                               | 1676700    |

Для изготовления необходимо взять кредит в размере 1 700 000 рублей, что приблизительно равно себестоимости создания 100 единиц. Кредит берется на 12 месяцев со ставкой 11,4 %, следовательно, к расходам добавятся еще выплаты по процентной ставке по кредиту в размере 193 800 рублей.

Отпускная цена для установки определяется по следующей формуле:

$$\text{Отпускная цена} = \left( \text{С/С} + \frac{\text{Рентабельность}}{100} \times \text{С/С} \right) \times 1,18$$

Прибыль после продажи определяется по следующей формуле:

$$\text{Прибыль} = \frac{\text{Рентабельность}}{100} \times \text{С/С} \times 1,18$$

Чистая прибыль после продажи с вычетом налога на добавленную стоимость определяется по следующей формуле:

$$\text{Чистая прибыль} = \frac{\text{Рентабельность} \times \text{С/С}}{100 \times 1,18}$$

Значение прибыли и чистой прибыли, согласно зависимости отпускной цены от рентабельности, представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Значение прибыли и чистой прибыли в зависимости от предполагаемой отпускной цены

| № п/п | Рентабельность, % | Отпускная цена, руб. | Прибыль, руб. | Чистая прибыль, руб. |
|-------|-------------------|----------------------|---------------|----------------------|
| 1     | -25               | 14 832               | -4925         | -5488                |
| 2     | -20               | 15 822               | -3940         | -4778                |
| 3     | -15               | 16 812               | -2955         | -4068                |
| 4     | -10               | 17 802               | -1970         | -3358                |
| 5     | 0                 | 19 785               | 0             | -1938                |
| 6     | 10                | 21 762               | 1982          | -517                 |
| 7     | 13,64             | 22 483               | 2698          | 0                    |
| 8     | 15                | 22 752               | 2967          | 193                  |
| 9     | 20                | 23 742               | 3952          | 903                  |
| 10    | 100               | 39 570               | 19785         | 12 271               |

Назначим среднюю величину отпускной цены при величине рентабельности в 100% равной 39 570 рублей.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Был разработан цифровой преобразователь тока на базе МЭК 61850. Данный преобразователь поможет сократить расходы на модернизацию подстанций а так же повышения точности и скорости обработки сигнала. Так же проведена экономическая оценка данной системы, в результате расчетов система оказалась теоретически более рентабельной чем отечественный аналог. Система пригодна для дальнейшей разработки и расширения ее возможностей.

|             |             |                |              |             |                                |             |
|-------------|-------------|----------------|--------------|-------------|--------------------------------|-------------|
|             |             |                |              |             | <i>13.04.02.2018.05.264 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№докум.</i> | <i>Подп.</i> | <i>Дата</i> |                                | 37          |



## Список литературы

1. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование электрических станций и подстанций. – М: Энергоатомиздат, 1987.
2. Справочник по проектированию электрических сетей/Под редакцией Файбиновича Д.Л. – М: НЦ ЭНАС, 2006
3. <http://enip2.ru/production/substation/enmu/>
4. ГОСТ Р МЭК 61850
5. СТО ЮУрГУ 21-2008
6. ГОСТ 2.702-2011 ЕСКД <http://docs.cntd.ru/document/1200086241>

|      |      |         |       |      |                         |            |
|------|------|---------|-------|------|-------------------------|------------|
|      |      |         |       |      |                         |            |
| Изм. | Лист | №докум. | Подп. | Дата | 13.04.02.2018.05.264 ПЗ |            |
|      |      |         |       |      |                         | Лист<br>38 |