Федеральное агентство по образованию

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)

Пояснительная записка к дипломному проекту

Стабилизатор тока электродиализатора

2009

**Реферат**

Объектом разработки является источник питания электродиализатора для концентрирования щелочного электролита.

Цель работы – разработка устройства с регулируемым током и минимальными габаритами и массой.

В процессе работы производился сравнительный анализ с существующими аналогами. Определялись недостатки и выбирались решения для устранения недостатков в разрабатываемом устройстве.

В результате проведенной работы разработана принципиальная схема устройства, удовлетворяющая заданным параметрам, изучены особенности устройств подобного типа и назначения.

Достигнуты технико-эксплуатационные показатели: широкий диапазон регулирования тока и высокая точность его регулирования при воздействии внешних факторов.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе MS Word 2007, с применением MathCad 14, Microsoft Visio 2007, Р-CAD 2004, Photoshop 13, SolidWorks 2006.

**Abstract**

The object of development is the power source elektrodializatora for the concentration of alkaline electrolyte.

The purpose of this project is to develop device with adjustable current and minimal dimensions and weight.

Based on the comparing analysis of the existing similar models the disadvantages of the unit were revealed and the ways of improving investigated.

As a result the principle board of the device corresponding to all the basic parameters required has been developed, the specific features of the similar devices and their purposes have been investigated.

Operational parameters are achived: wide range of use of welding current and high accuracy of its regulation at at influence of external factors.

Degree project is executed in text editor MS Word 2007 with use of MathCad 14, Microsoft Visio 2007, Р-CAD 2004, Photoshop 13, SolidWorks 2006.

# Введение

Установка концентрирования щелочного электролита, предназначена для увеличения содержания щелочи в исходном растворе методом его электродиализного концентрирования.

Простейшая эквивалентная схема электродиализатора представляет собой нелинейное активное сопротивление с емкостью включенной параллельно. Величина этого сопротивления зависит: от температуры, от концентрации примесей в исходной воде, от производительности и режима работы и изменяется в широких пределах. Скорость электрохимических процессов в диализаторе прямо пропорциональна величине среднего значения тока, поэтому электродиализатор целесообразно питать от источника тока [1,2].

# Описание установки

Технологические параметры очистки щелочного электролита:

- содержание щелочи в исходном растворе не менее…....20 г/л

- содержание щелочи в готовом обработанном растворе

не менее……………………………………………………..170 г/л

- производительность по исходному электролиту

не менее……………………………………………………20 л/час

Технология обработки электролита с целью его концентрирования основана на электродиализном способе, позволяющем разделить поток исходного раствора электролита на два потока - более концентрированный и более разбавленный (деминерализованный) растворы по отношению к исходному. Принципиальная схема установки концентрирования представлена на рисунке 1.1.

Исходный поток разбавленного электролита Iис из бака БП подаётся на электродиализатор ЭДА-1, где происходит его разделение на два потока. Сильно разбавленный поток электролита Iр направляется в бак БВРЩ. Второй, более концентрированный поток электролита Iк, подаётся для дальнейшего концентрирования в бак БПР второй ступени концентрирования и далее на электродиализатор ЭДА-2, где, в свою очередь, делится на два потока. Поток Ip разбавленного электролита поступает обратно в бак БПР или в бак БРЧЩ для повторного концентрирования, а поток Iк концентрированного раствора щёлочи направляется в промежуточный бак БХЧЩ, из которого затем поступает в бак БЧЩ для приготовления аккумуляторного электролита, заливаемого в АБ[3].

Сущность метода электродиализа заключается в использовании направленного движения ионов в растворе в соответствии со знаками их зарядов под действием разности потенциалов, приложенной к электродам [4].

Электродиализный аппарат состоит из двух электродов и пакета рабочих рамок, разделенных ионоселективными мембранами, анионо - и катионоселективными. Таким образом, часть рабочих рамок выполняет функцию камер обессоливания, а часть камер концентрирования.

# Разработка функциональной схемы устройства

## Выбор структуры силовой части

Простейшая система питания электродиализатора представляет собой однофазный управляемый выпрямитель со средней точкой вторичной обмотки трансформатора, подключенный к его электродам.

Среднее значение тока на нагрузке стабилизируется временем открытого состояния тиристоров. При уменьшении эквивалентного сопротивления нагрузки, для поддержания среднего тока на заданном уровне, угол проводимости тиристоров уменьшается, что приводит к увеличению действующего значения тока, а значит и к увеличению нагрева как самого электролита, так и силовых элементов регулятора. Ставится задача стабилизации среднего значения тока без изменения его формы. В качестве регулятора для такого стабилизатора может выступать непосредственный преобразователь напряжения понижающего типа, работающий на повышенной частоте много большей частоты сети. Структурная схема предлагаемого стабилизатора тока представлена на рисунке 2.1.

Обоснование этому служат расчетные формулы [5]:

 (2.1)



где T - период синусоиды, γ - относительная длительность паузы на полупериоде напряжения сети, Imax – амплитуда тока, Iср - среднее значение за полпериода, Iд – действующее значение, kф – коэффициент формы.

Для коэффициента kф формы можно построить наглядный график приведенный на рисунок 2.2.

Рисунок 2.2 показывает, что у тиристорной схемы управления при увеличение относительной длительности γ паузы действующее значение тока возрастает, а у предложенной схемы оно остается неизменным.

В качестве такого регулятора может выступать непосредственный преобразователь напряжения понижающего типа работающий на повышенной частоте много большей частоты сети. Функциональная схема предлагаемого стабилизатора тока изображена на рисунок 2.3.

В схеме представлено два непосредственных преобразователя понижающего типа включенных параллельно, со сдвигом в 180 градусов, и работающих с одного входа на один выход.

## Выбор структуры системы управления

Для управления ключами в данном проекте используется принцип широтно-импульсной модуляции. На сегодняшний день производители выпускают широкий ряд интегральных микросхем, реализующих этот принцип управления. Использование этих микросхем значительно упрощает систему управления, позволяет минимизировать потребляемую мощность и число вспомогательных источников питания системы управления, реализовать защиту по току силовых ключей и т.д. В конечном счете, использование интегральных микросхем позволяет снизить стоимость и повысить качество работы источника питания.

При реализации сложных алгоритмов управления с применением аналоговых интегральных микросхем принципиальная схема модуля управления значительно усложняется и требует увеличения числа элементов, что приводит к уменьшению надежности устройства в целом. Уход параметров дискретных элементов таких как: сопротивление резисторов, емкость конденсаторов – приводит к деградации параметров стабилизатора. Изменяется петлевой коэффициент усиления обратной связи стабилизатора, а соответственно коэффициент стабилизации возмущающих воздействий, изменение коэффициентов усиления цепи защиты приводит к непраильному срабатыванию аппаратной защиты и т.д. Так же к недостаткам аналоговых схем управления нужно отнести повышенную чувствительность к кондуктивным и электромагнитным помехам возникающим в результате коммутации силовых элементов преобразователя..

Дальнейшее увеличение сложности алгоритмов работы преобразователя привело к появлению комбинированных систем управления, содержащую аналоговый и цифровой контроллер (или комбинированных аналого-цифровых схем управления. В которых как и прежде функцию стабилизации выходного параметра тока, напряжения или мощности осуществляет аналоговая часть, а цифровой микроконтроллер осуществляет функцию задатчика через ЦАП для аналоговой части и осуществляет весь алгоритм работы: старт преобразователя, выход на режим, работа, отключение и т.д.. Кроме управления преобразователем микроконтроллер может осуществлять другие функции, например цифровую индикацию, настройку преобразователя с помощью кнопок, связь с другими устройствами и др. Это значительно повышает функциональность и удобство использования преобразователя. Но использование аналогового и цифрового контроллеров вместе ведет к повышению стоимости системы управления. По-прежнему сохраняется зависимость от качества дискретных компонентов. Для преобразования цифрового сигнала в аналоговый требуются дополнительные согласующие устройства. Такой структуре присуще практически все недостатки аналоговой системы управления.

Производители интегральных микросхем продолжают создавать новую продукцию, отвечающую современным потребностям разработчиков. На сегодняшний день в системах управления источников электропитания нашли широкое применение цифровые сигнальные микроконтроллеры, DSP микроконтроллеры. Основным отличаем DSP микроконтроллеров от обычных является наличие MAK функций позволяющих реализовать алгоритмы цифровой обработки данных с АЦП и реализовать цифровые фильтры. Сегодня можно приобрести цифровые DSP контроллеры, предназначенные специально для управления преобразователями. Они отличаются от обычных микроконтроллеров тем, что имеют в своем составе быстродействующие модули АЦП и модуль ШИМ, содержащий все необходимые элементы для реализации управления (корректирующее звено, защита по току, формирователь импульсов и т.д.). Использование таких микроконтроллеров уменьшает количество дискретных аналоговых компонентов, время разработки и ее стоимость, повышают удобство настройки прибора. Поэтому в данном проекте будет использован один из таких специализированных микроконтроллеров – 56F8013 фирмы Freescale Semiconductor [6].

# Разработка электрической принципиальной схемы устройства

## Расчет параметров и выбор элементов силовой части

По техническим требованиям:

- амплитуда входного напряжения ;



- средний выходной ток ;



- пульсации тока на частоте преобразования ;



- частота преобразования .



Диаграммы работы преобразователя приведены на рисунке 3.1. Диаграммы работы показывают работу одного непосредственного преобразователя т.к. диаграммы работы второго будут идентичны, за исключением сдвига в 180 градусов.

На вход преобразователя подается выпрямленное синусоидальное напряжение амплитудой 70В. На рисунке 3.1 показаны напряжения управления транзисторами с частотой преобразования 40 кГц. При расчете были заложены пульсации выходного тока в 10 процентов, но так как у нас два преобразователя включенных параллельно, то фактические пульсации будут в два раза меньше.

Действующий ток на выходе преобразователя рассчитывается по формуле:

(3.1)



Мощность нагрузки рассчитывается по формуле:

(3.2)



Активное сопротивление рассчитывается по формуле:

(3.3)



Максимальный ток в нагрузке рассчитывается по формуле:

(3.4)



При равном распределении мощности в обоих каналах получим ток каждого канала по формуле:

(3.5)



Действующий ток нагрузки рассчитывается по формуле:

(3.6)



Максимальные пульсации тока будут при относительной длительности импульса равной 0.5 и рассчитываются по формуле:

(3.7)



Определим индуктивность дросселя по формуле:

(3.8)



### Расчет силового дросселя

Выбираем Ш - образный сердечник из материала N87 фирмы Epcos [7]. Конструктивные параметры которого приведены на рисунке 3.2 в мм.

В таблице 3.1. приведены эффективные параметры сердечника.

Таблица 3.1 - Эффективные параметры

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| C1, мм-1 | Ae, мм2 | Le, мм | Ve, мм3 | AL, нГн/N2 |
| 0.27 | 535 | 147 | 78600 | 526(N87) |

где C1 – коэффициент формы сердечника(Magnetic Core Factor);

Ae – эффективная площадь сечения магнитопровода;

Le – эффективная длина средней магнитной линии сердечника;

Ve – эффективный магнитный объем;

AL – индуктивность на виток.

Произведем расчет площади сердечника по формуле 3.9.

(3.9)



Введем зазор . Магнитная постоянная



Подставим значения в формулу 3.10 и получим число витков

(3.10)



округлим значение число витков до 15.

Индукция насыщения рассчитывается по формуле 3.11

(3.11)



Зададимся значением коэффициента укладки и плотности тока



Необходимая площадь сечения провода:

(3.12)



Определим площадь провода:

(3.13)



выполняется соотношение

Площадь провода диаметром равным 1.1 мм:

(3.14)



Число жил в витке:

(3.15)



округляем значение до 6 жил в витке.

Высота окна вычисляем ширину окна



(3.16)



Таблицы обмоточных данных приведены в Приложении Б.

### Выбор выходных диодов

Начальными параметрами для выбора силового диода являются максимальное обратное напряжение и максимальный средний ток через диод. Наибольший средний ток на диодах будет при максимальном выходном токе стабилизации т.е. при 70А на выходе преобразователя при коротком замыкание в нагрузке. Преобразователе имеет два одинаковых канала которые делят средний ток по полам, поэтому максимальный средний ток в диодах будет равен:

(3.17)



очистка щелочной электродиализ устройство

Максимальное обратное напряжение на диоде будет во время открытого ключа VT1 (рис) и составляем максимально возможное входное напряжение.

Выберем диоды 80CPQ150 фирмы International Rectifier[8]. В одном корпусе содержаться два диода Шотки. Параметры диода:

IF(AV)=80 А – среднее значение прямого тока в диоде при температуре t=90°C;

VR=150 В – максимальное обратное напряжение;

VFM=1.09 В – максимальное прямое напряжение при t=25°C (из графика в документации).

Определим максимальные статические потери в диоде:

(3.18)



Общие потери в выходных диодах:

(3.19)



### Расчет и выбор силовых транзисторов

Появление в 70-х годах прошлого века высоковольтных полевых транзисторов с вертикальной структурой произвело переворот в схемотехнике и характеристиках источников вторичного электропитания (ИВЭП). Высокие скорости переключения, отсутствие насыщения, простота управления затворами, устойчивость к перегрузкам по току и dV/dt позволили проектировать ИВЭП с частотами преобразования до сотен килогерц и удельными мощностями свыше 1000 Вт/дм3. В то же время по статическим потерям MOSFET значительно проигрывали биполярным транзисторам и тиристорам, что ограничивало их применение в мощных преобразователях. Поэтому основные усилия фирм-производителей были направлены на уменьшение величины сопротивления в открытом состоянии и увеличение максимального напряжения «сток — исток».

В 1998 году компания Infineon Technologies представила новый тип MOSFET-транзисторов под торговой маркой CoolMOS с напряжением «сток — исток» в закрытом состоянии 600 и 800 В, в которых удалось снизить сопротивление в открытом состоянии более чем в 5 раз по сравнению с обычными полевыми транзисторами с вертикальной структурой. Помимо сверхнизких статических потерь транзисторы CoolMOS обеспечивают более высокую, чем у MOSFET, скорость переключения благодаря меньшей площади кристалла и, как следствие, более низкие потери переключения.

Общим недостатком полевых транзисторов с вертикальной структурой является наличие паразитного антипараллельного диода с неудовлетворительными характеристиками обратного восстановления, что очень усложняет их использование в преобразователях с рекуперацией реактивной энергии. Это заставляет производителей разрабатывать технологии, позволяющие улучшить характеристики встроенного диода. Примером может служить семейство транзисторов HiPerFET компании IXYS.

Второй подход к решению данной проблемы заключается в блокировке паразитного диода последовательным с транзистором диодом Шоттки и подключении встречно-параллельно диода ULTRAFAST или SiC (рисунок 3.3). Приборы, реализующие этот принцип, выпустила компания Advanced Power Technology. Однако наличие последовательного диода резко увеличивает статические потери по сравнению с одиночным MOSFET [9].

Для выбора силового транзистора требуются следующие параметры:

- амплитуда входного напряжения ;



- действующий выходной ток .



С учетом этих параметров выбираем транзистор IRFPS3815 фирмы International Rectifier[10]. С параметрами:

- максимальное напряжение ключа VDSS=150 В;

- действующий ток через транзистор Id=105 А;

- сопротивление открытого транзистора RDS=0.015 Ом.

Корпус транзистора в ТО-247.

Определим статические и динамические потери в транзисторе при сопротивлении затвора Rзатвора= 1 Ом, напряжении питания Uупр= 10 В. Сопротивление открытого транзистора взято из технической документации и равно Rоткр=0.015 Ом

Статические потери в транзисторе равны:

(3.20)

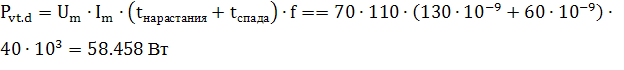
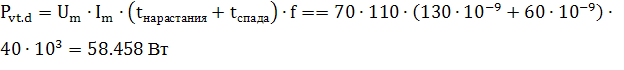


Для расчета динамических потерь зададимся следующими параметрами:

- время нарастания фронта tнарастания= 130 нс;

- время спада фронта tспада=60 нс.

(3.21)



### Расчет цепи питания драйверов

Для обеспечения питания выходного каскада драйвера было принято решение сделать трансформаторную развязку. Первичная обмотка трансформатора запитывается от одной из вторичных обмоток трансформатора вторичного источника питания. Для этого произведем расчет трансформатора. Определим начальные условия:

- магнитная индукция Bипсн=0.1 Тл;

- частота преобразования Fипсн=100 кГц;

- площадь сердечника Sипсн=15 мм2;

- входное напряжение переменное Uвх=12 В;

- выходное напряжение Uвых=15 В.

Определим количество витков первичной обмотки:

(3.22)



Определим коэффициент трансформации:

(3.23)



Произведем пересчет ко вторичной обмотки, получим:

(3.24)



В качестве сердечника используем сердечник марки EFD15 фирмы Epcos. Провод выбираем ПЭВ-2-0.15 ГОСТ 7262-78.

## Моделирование силовой части

Целью моделирования является построение нагрузочных характеристик преобразователя с учетом обратной связи, подтверждения правильного выбора цепей обратной связи, корректирующего звенах[11]. Моделирование проводится в специализированном пакете OrCAD 9.2, модель представлена на рисунке 3.4

Количество каналов НПН преобразователей не влияет на нагрузочную характеристику источника питания, поэтому с целью ускорения расчетов модели моделирование проводилось с учетом одного канала. Уменьшение коэффициента пульсаций до уровня с двумя НПН преобразователями было за счет выходной индуктивности. Для ускорения расчета модели преобразователя некоторые элементы заменены их идеальными эквивалентами. Диод и транзистор выполнены на идеальных ключах S1 и S2, имеющие параметры:

- напряжение открытого состояния ключа 1 В;

- напряжение закрытого состояния ключа 0 В;

- сопротивление открытого состояния ключа 0.001 Ом;

- сопротивление закрытого состояния ключа 1 МОм.

В качестве нагрузки используется резистор R1, резистор R4 используется в качестве токового шунта и рассчитывается по формуле:



Задания входного напряжения нужной формы и амплитуды был использован источник синусоидального напряжения V1 с параметрами: Амплитудное значение 70 В и частота 50 Гц, последовательно соединенный с математическим элементом ABS, представляющий из себя математический операционный модуль, на выходе которого мы получали выпрямленное напряжение с частотой 100 Гц и средним значением 50 В. Система управления представляет собой формирователь импульсов, генератор линейно-изменяющегося напряжения, источник опорного напряжения, сумматоры и ПИД регулятор. Генератор линейно-изменяющегося напряжения V2 имеет параметры:

- напряжение нижнего уровня V0 – 0 В;

- напряжение высокого уровня V1 – 2.5 В;

- время задержки TD – 0 c;

- время нарастания фронта TR – 24.9 мкс;

- время спада фронта TF – 0.1 мкс;

- длительность импульса PW – 0 c;

- длительность периода PER – 25 мкс.

Источник опорного напряжения представлен источником постоянного напряжения V3 и значением 2.5 В. В ПИД регуляторе числитель задает усиление, а знаменатель представлен в виде интегрирующего звена.

Моделирование проводится путем изменения нагрузки от холостого хода до короткого замыкания, при этом учитывается сопротивление токового шунта и снятия показаний выходного тока с шунтирующего резистора. Значения снятые с шунтирующего резистора подставлялись в формулы 3.23 и 3.24 для определения среднего значения тока и напряжения.

(3.25)



(3.26)



В таблице 3.2 приведены результаты расчетов для построения нагрузочных характеристик, где Rn диапазон изменения сопротивления нагрузки, Isr среднее значение тока, Usr среднее значение напряжения.

Таблица 3.2 - Результаты расчетов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Rn | Isr | Usr | Isr | Usr | Rn | Isr | Usr | Rn | Isr | Usr |
|  | 0 | 45 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 200 | 0,2 | 45 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 100 | 0,429 | 45 | 0,714 | 45 | 100 | 1 | 45 | 100 | 1 | 45 |
| 15 | 2,943 | 45 |  |  | 9 | 4 | 45 | 15 | 2,8 | 44,6 |
| 11 | 4 | 44,94 |  |  | 5 | 8,8 | 44,5 | 11 | 3,8 | 43,7 |
| 9 | 4,886 | 44,842 | 4,914 | 45 | 3 | 14,6 | 44,4 | 9 | 4,5 | 43,3 |
| 7 | 6,314 | 44,721 |  |  | 2,5 |  |  | 7 | 6 | 42,2 |
| 5 | 8,771 | 44,664 | 8,886 | 44,74 | 2 | 21,6 | 43,9 | 5 | 8,2 | 41,7 |
| 3 | 14,686 | 44,571 |  |  | 1,5 | 28 | 42,9 | 3 | 13,1 | 39,7 |
| 1 | 42,971 | 44,475 | 42,514 | 44 | 1,4 | 29,4 | 42,2 |  |  |  |
| 0,85 | 50,143 | 44,376 |  |  | 1,3 |  |  | 1,5 | 20 | 30,7 |
| 0,8 | 53,229 | 44,446 | 49,571 | 41,392 | 1,1 | 34 | 38,5 |  |  |  |
| 0,75 | 56,514 | 44,364 |  |  | 1 | 34,7 | 35,9 |  |  |  |
| 0,7 | 60,086 | 44,163 | 50,914 | 37,422 | 0,85 | 36,7 | 32,5 | 1,1 | 22,6 | 25,7 |
| 0,65 | 63,629 | 43,586 |  |  | 0,8 | 37 | 30,9 | 1 | 23,1 | 23,9 |
| 0,637 | 64,543 | 43,373 | 51,8 | 34,81 | 0,7 | 37,9 | 27,8 | 0,7 | 25,1 | 18,4 |
| 0,6 | 65,657 | 41,692 |  |  | 0,6 | 39,4 | 25 | 0,6 | 25,9 | 16,4 |
| 0,55 | 66,343 | 38,811 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,5 | 67 | 35,845 | 53,571 | 28,661 | 0,5 | 40 | 21,4 |  |  |  |
| 0,45 | 67,8 | 32,883 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,4 | 68,514 | 29,804 | 54,829 | 23,85 |  | 40,7 | 17,7 | 0,4 | 27,2 | 11,8 |
| 0,35 | 68,943 | 26,543 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,3 | 69,371 | 23,239 | 55,543 | 18,607 |  | 41,7 | 14 |  |  |  |
| 0,25 | 69,743 | 19,877 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,2 | 70,086 | 16,47 | 55,886 | 13,133 |  | 41,8 | 9,8 |  |  |  |
| 0,15 | 70,429 | 13,029 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,1 | 70,571 | 9,527 | 56,343 | 7,606 |  | 42,4 | 5,7 |  |  |  |
| 0,05 | 70,714 | 6,011 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Продолжение Таблицы 3.2 - Результаты расчетов | | | | | | | | | | |
| Rn | Rn | Rn | Rn | Rn | Rn | Rn | Rn | Rn | Rn | Rn |
| 0,001 | 70,943 | 2,5554 | 56,6 | 2,038 |  | 42,429 | 1,5 | 0 | 28,3 | 1 |
|  | 71,2 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |

После полученных результатов были построены графически нагрузочные прямые и представлены на рисунке 3.5.

По полученным нагрузочным характеристикам можно увидеть, что разрабатываемый преобразователь является источником тока в диапазоне требуемого изменения выходного напряжения удовлетворяет требованиям технического задания.

Так же нужно отметить, что форма выходного тока при разных относительных длительностях импульса управления не изменяется, а только меняет свою амплитуду. Это хорошо видно на рисунке 3.6.

При построении диаграмм сопротивление нагрузки оставалось неизменным. Пульсации возрастают при уменьшении относительной длительности импульса, и максимальные пульсации будут при относительной длительности импульса равной 0.5.

## Расчет параметров и выбор элементов системы управления

Система управления источника должна выполнять несколько функций:

– формирование алгоритма работы ключей инвертора;

– отслеживание и стабилизация выходного тока;

– защита от перегрева прибора.

### Расчет и выбор датчика выходного тока

Основной задачей источника является стабилизация заданного значения тока. Для этого требуется знать значение тока в выходной цепи источника. Существует несколько распространенных типов датчиков тока:

- токовый шунт;

- датчик тока на основе эффекта Холла.

Токовый шунт устанавливается последовательно в цепь протекания тока, поэтому на нем рассеивается около десяти ватт мощности, поэтому габариты такого датчика весьма велики. Кроме того, стоимость шунтов рассчитанных на токи в сотни ампер довольно высока и сопоставима со стоимостью без контактных датчиков на эффекте Холла. Поэтому применение шунта становится не выгодным.

Магнитные датчики тока на эффекте Холла гальванически развязаны с измеряемой цепью и, следовательно, потери на измерение тока будут ничтожно малы. Конструкция этих датчиков такова, что требуется пропустить провод с измеряемым током через отверстие в концентраторе магнитного поля. Это создает сложности при размещении всех компонентов на одной печатной плате.

Более дешевой и удобной альтернативой датчикам тока на эффекте Холла является датчик магнитного поля. Измерение тока датчиком магнитного поля происходит посредством преобразования магнитного поля, создаваемого тока, в напряжение, пропорциональное этому току. Существует два типа датчиков магнитного поля: магниторезистивные мосты и датчики на эффекте Холла. Магниторезистивные мосты обладают большей чувствительностью, чем датчики Холла. Однако по стоимости они сопоставимы с датчиками тока на эффекте Холла, которые имеют магнитный концентратор, а поэтому обладают больше чувствительностью. Датчики магнитного поля на эффекте Холла обладают не большой чувствительностью, но при достаточно больших значениях измеряемых токов этот недостаток не будет влиять на их работу. Стоят такие датчики в несколько раз дешевле других типов датчиков.

Выбираем датчик серии CSNT651 фирмы Honeywell[12]. С параметрами:

- напряжение питания: ± 12 В;

- измерение тока: от 0 до 150 А.

Схема подключения датчика приведена на рисунке 3.7.

С выхода датчика тока, напряжение поступает на вход АЦП микроконтроллера.

### Расчет цепи управления силовыми ключами

Для управления ключами кроме формирователя сигнала управления, которым является микроконтроллер, требуется также усилитель этого сигнала. Для усиления управляющего сигнала обычно применяются интегральные микросхемы - драйверы. Существуют драйверы верхнего ключа, драйверы нижнего ключа, драйверы верхнего и нижнего ключа и полумостовые. Для управления транзисторами VT и VT было применено схемное решение, которое заключается в использовании двух не инвертирующих драйверов. Один из которых IR2127 выполняет защиту по току, а другой UCC37322 реализует открытие транзистора[13,14]. С параметрами:

- напряжение питания драйверов: 10-20 В;

- выходной ток микросхемы UCC37322: 9 А;

- входное напряжение: совместимо с 3.3 В и 5 В логикой.

Напряжение питания драйверов выберем равным 15 В. Схема подключения драйверов изображена на рисунке 3.8.

Для ограничения тока затвора транзисторов VT2 и VT9 используем резисторы, номинал которых рассчитываем по формуле:



Выбираем чип резисторы RC0805 номиналом 2.2 Ом.

Защита по току реализована на делители напряжения R2 и R3 и срабатывает при токе равном 250 мА.

### Расчет датчика температуры

Датчик температуры выполнен как резистивный делитель напряжения, изображенный на рисунке 3.9. Один из элементов этого делителя – терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом R1. Терморезистор должен располагаться непосредственно на радиаторе для измерения его температуры вблизи транзисторов. При повышении температуры сопротивление терморезистора уменьшается, а напряжение на резисторе R2 увеличивается. Заложим температуру срабатывания защиты равной 60°С. Используем терморезистор B57045-K фирмы Epcos[15]. Его сопротивление при 25°С составляет 6.8 кОм. Максимальное напряжение на входе микроконтроллера должно составлять 2.5 В. Исходя из этого выбираем сопротивление R2 равным 2 кОм. Используем чип резистор RC0805 2 кОм.

## Расчет и выбор радиатора

Тепловые процессы в преобразователе можно достаточно точно описать с помощью электрической схемы. Каждый компонент имеет тепловое сопротивление, разность температур эквивалентна разности напряжений между двумя точками, а мощность, рассеиваемую данным компонентом можно представить как ток. На рисунке 3.10 приведена электрическая схема, отражающая процесс передачи тепла в преобразователе. На схеме отображены только элементы, которые будут охлаждаться с помощью радиатора: выходные диоды VD16, VD17, транзисторы VT4, VT5. Однако корпус транзистора является одновременно стоком, поэтому между корпусом транзистора и радиатором следует разместить диэлектрическую прокладку с достаточно малым температурным сопротивлением. Для изоляции используем оксид алюминиевые прокладки. Все тепловые сопротивления, кроме сопротивления радиатора, даны в справочной информации. Требуется определить тепловое сопротивление радиатора.

RJC(VT4,VT5) = 0.34 К/Вт – тепловое сопротивление кристалл-корпус каждого транзистора;

RJC(VD16,VD17) = 0.7 К/Вт – тепловое сопротивление кристалл-корпус каждого диода;

RПОДЛ = 0.08 К/Вт – тепловое сопротивление подложки;

PVD16,VD17 = 149 Вт – мощность, рассеиваемая выходными диодами;

P VT4,VT5= 76.3 Вт – мощность, рассеиваемая всеми транзисторами.

Максимальная рабочая температура кристалла составляет 150 оС, а максимальная температура окружающей среды из технического задания 40 оС. Значит в системе кристалл-корпус-радиатор разность температур равна 110оС. Общее тепловое сопротивление этой системы определим из соотношения:

, (3.27)



где ΔTjhs = 110 oC – разность температур кристалл-среда;

Pjhs – общая мощность, рассеиваемая радиатором.

Она равна сумме мощностей, рассеиваемых всеми компонентами, расположенными на радиаторе:



. (3.28)

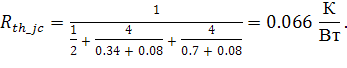


Определим общее тепловое сопротивление:



Это сопротивление складывается из двух составляющих: общего сопротивления полупроводниковых приборов и сопротивления радиатора. Определим общее сопротивление полупроводниковых приборов:

, (3.29)



Определим тепловое сопротивление радиатора:

(3.30)



Для того, чтобы температура кристалла не превысила предельно допустимое значение тепловое сопротивление выбранного радиатора не должно превышать RРАД. Выбираем радиатор АВ95. Тепловое сопротивление радиатора без обдува 0,12 К/Вт. Из графика, приведенного в документации видно, что при обдуве воздухом со скоростью 5 м/с тепловое сопротивление уменьшается до 0,08 К/Вт.

# Разработка алгоритма работы микроконтроллера системы управления

Для запуска преобразователя и для установки заданного тока используются синхронный и асинхронный последовательные интерфейсы. Асинхронный последовательный интерфейс используется для связи с компьютером, а Синхронный используется для связи с панелью индикации. Управление инвертором осуществляется модулем ШИМ DSP-контроллера.

Исходя из этого, можно построить структуру программы, которая представлена на рисунке 4.1.

Блок измерений предназначен для считывания данных с датчиков тока и температуры, а так же производит запись в соответствующие переменные Блока глобальных переменных.

Блок связи с панелью индикации предназначен для приема управляющих команд от управляющего контроллера панели индикации, таких как: команда старт, команда стоп преобразователя, а также передачи данных о токе, температуре и коде сигнала ошибки из блока глобальных переменных для отображение на лицевой панели источника питания

Блок глобальных переменных предназначен для хранения прочитанных и рассчитанных данных, а также необходимых для расчетов констант и массивов. Также в блоке содержится информация о текущем режиме работы каждого блока.

Блок логики работы силовой части. Этот блок реализует работу силовой части по заданному алгоритму, стабилизируя согласно переменной задатчика ток на выходе источника. Алгоритм управления ключами приведен на рисунке 4.2. Также отслеживает аварийные режимы источника и, при возникновении их, в блок глобальных переменных записывается соответствующий код ошибки.

Блок связи с ЭВМ. Предусмотрена возможность связи источника с ЭВМ, но в данной работе не реализовано.

Для реализации программного обеспечения устройства управления преобразователем необходимо использовать следующие аппаратные модули DSP-контроллера: PWM, SPI, UART, ADC.

## Разработка диаграммы прецедентов

Визуальное моделирование с использованием нотации UML можно представить как некоторый процесс поуровневого спуска от наиболее абстрактной модели исходной системы к логической, а затем и к физической модели соответствующей программной системы [16]. На этапе построения абстрактной модели строится диаграмма прецедентов, которая описывает функциональное назначение системы. Для системы управления преобразователем диаграмма прецедентов представлена на рисунке 4.3.

Иногда очень удобно описывать прецеденты в виде таблицы.

Таблица 4.1 - Таблица прецедентов программного обеспечения устройства управления преобразователем

|  |  |
| --- | --- |
| Действие пользователя | Ответ системы |
| Включение питания | Индикация предустановленного значения тока |
| Нажатие кнопки увеличить | Отображение на индикаторе увеличенного значения тока задатчика |
| Нажатие кнопки уменьшить | Отображение на индикаторе уменьшенного значения тока задатчика |
| Нажата кнопка старт | 1. Индикация текущего значения выходного тока |
| Продолжение таблицы 4.1 - Таблица прецедентов программного обеспечения устройства управления преобразователем | |
| Действие пользователя | Ответ системы |
| Нажата кнопка старт | 2. Зажигается светодиод «старт»  3. Возможно зажигание светодиода «ошибка» |
| Нажата кнопка больше/меньше после старта | 1. Индикация текущей температуры радиатора  2. Загорается светодиод температуры |
| Нажата кнопка «стоп» | Индикация значения тока задатчика и гашение всех светодиодов |

Таблица прецедентов показывает, какие действия может осуществить пользователь и реакция система на эти действия.

## Разработка диаграммы состояний модуля PWM

Для того чтобы смоделировать поведение системы на логическом уровне в языке UML используется диаграмма состояний. Диаграмма состояний описывает процесс изменения состояний системы при реализации всех прецедентов. При этом изменение состояния системы вызвано какими-либо внешними событиями.

Диаграмма состояний системы для системы управления преобразователем представлена на рисунке 4.4.

В таблице 4.2 представлено соответствие событий и процедур, отвечающих за обработку этих событий.

Таблица 4.2 - События и обрабатывающие их процедуры

|  |  |
| --- | --- |
| события | процедуры и события |
| СТАРТ  СТОП | Power\_ToMode();  Power\_Stop(); |
| Конец вычисления | Border\_i>8  Power\_Mode=Mode(); |
| Превышен заданный ток | AD1\_OnHighLimit(); |
| Выход на режим | Iop=Iz  TI1\_Enable();  Power\_Mode=Stabilization(); |
| Температура в норме | AD2\_OnLowLimit(); |
| Превышена температура | AD2\_OnHighLimit(); |
| Такт вывода на режим | TI1\_OnInterrupt(); |

Состояние «режим простоя». В этом состояний источник находится после поступления на вход питания. При этом на ключах нет управляющих сигналов, измерения не проводятся, ток на выходе равен нулю. Это состояние устойчивое, из него возможен переход только в режим «Вычисление нулевого уровня тока». Код ошибки в этом состоянии равен нулю. Состояние «Вычисление нулевого уровня тока». В это состояние источник переходит после возникновения события «старт». В этом режиме на ключи не подается управляющих сигналов, производится считывание значения тока с АЦП, устанавливается нулевой уровень тока. Возможны переходы в состояния: «режим простоя» при возникновении события «стоп», «вывод на режим» при возникновении события «конец вычисления». Событие «конец вычисления» возникает после заданного количества считываний тока с АЦП.

Состояние «вывод на режим». В этом состояний на ключи подаются управляющие ШИМ - сигналы, ток на выходе плавно нарастает в течение заданного времени до значения тока задатчика, выходной ток стабилизируется. При возникновении события «стоп» переходит в состояние «режим простоя». При превышении выходным током тока задатчика возникает событие «превышен заданный ток», источник переходит в состояние «превышение заданного тока». При превышении полупроводниковыми приборами заданной температуры, возникает событие «превышена температура», источник переходит в состояние «перегрев». Каждые 100 мкс. возникает событие «такт стабилизаций», при этом рассчитывается длительность управляющих импульсов ШИМ, и запускаются новые измерения тока, и температуры. Так же каждые 50 мс. происходит событие «такт вывода на режим», при этом увеличивается значение опорного тока задатчика. Состояние «режим стабилизации». Переход в это состояние происходит при возникновении события «выход на режим». Это событие возникает, когда ток на выходе достигнет тока задатчика. При возникновении события «стоп» происходит переход в состояние «режим простоя», при этом управляющие сигналы сбрасываются. При превышении выходным током тока задатчика возникает событие «превышен заданный ток», источник переходит в состояние «превышение заданного тока». При превышении полупроводниковыми приборами заданной температуры, возникает событие «превышена температура», источник переходит в состояние «перегрев». Каждые 100 мкс. возникает событие «такт стабилизаций», при этом рассчитывается длительность управляющих импульсов ШИМ, и запускаются новые измерения тока, и температуры. Состояние «превышение заданного тока». В этом состоянии управляющие сигналы сбрасываются, ток на выходе равен нулю, происходит запись в соответствующие переменные значения кода ошибки. При возникновении события «стоп» переходит в состояние «режим простоя».

### Разработка блок-схем процедур модуля PWM

Для написания программы будет использоваться язык программирования высокого уровня C++. Написание кода будет осуществляться в среде разработки CodeWarrior. Также будет использован инструмент Processor Expert, предназначенный для ускорения процесса настройки регистров DSP-контроллера. Интерфейс среды разработки CodeWarrior представлен на рисунке 4.5.

POWER\_MODE - переменная, предназначенная для отображения состояния, в котором находится модуль стабилизации в данный момент. В таблице 4.3 приведены в соответствии состояния системы и значения переменной POWER\_MODE, которые она принимает в данном состоянии.

Таблица 4.3 - Состояния переменной POWER\_MODE

|  |  |
| --- | --- |
| Значение POWER\_MODE | Состояние |
| 0 | WAIT - режим простоя |
| 1 | MODE - выход на режим |
| 2 | STABILIZATION - режим стабилизации |
| 3 | CURRENT\_OREVFLOW - превышено максимальное значение тока |
| 4 | FAULT – сигнал ошибки от драйвера |
| 5 | TEMPERATURE – превышена температура |
| 6 | CURRENT\_BOORDER – вычисление нуля тока на АЦП |

BORDER\_I – переменная, предназначенная для счетчика интегратора.

BORDER – переменная, предназначенная для вычисления полочки тока.

Iop – ток задатчика (опора).

Iz – ток задатчика.

Step – шаг для вывода на режим.

CURRENT\_FROM\_ADC – переменная, предназначенная для считывания в нее значения с АЦП.

k,b(COUNT\_TEMPRET\_TABLE) – константы для вычисления температуры (взяты из технической документации на датчик температуры).

SPI\_MODE – переменная, предназначенная для идентификации команды, поступившей системе по параллельному порту.

В таблице 4.4 приведены в соответствии команды системе, поступающие по параллельному интерфейсу, и значения переменной SPI\_MODE, которые она принимает при поступлении этой команды.

Таблица 4.4 - Команды переменной SPI\_MODE

|  |  |
| --- | --- |
| Значение SPI\_MODE | Команда |
| 0 | Режим ожидания параллельного интерфейса |
| 1 | Режим приема пакета данных |

DATA\_TO\_SEND – массив данных отправляемых по параллельному интерфейсу на управляющий контроллер.

Значения которые может отправлять массив DATA\_TO\_SEND:

– начало пакета DATA\_TO\_SEND [0];

– текущее значение тока DATA\_TO\_SEND [1];

– текущая температура DATA\_TO\_SEND [2];

– код ошибки DATA\_TO\_SEND [3];

– конец пакета DATA\_TO\_SEND [4];

В таблице 4.5 приведены в соответствии команды системе, поступающие по параллельному интерфейсу, и значения переменной DATA\_TO\_SEND, которые она отправляет.

Таблица 4.5 - Коды переменной DATA\_TO\_SEND

|  |  |
| --- | --- |
| Код ошибки | Ошибка |
| 0 | NO\_ERROR – нет ошибки |
| 1 | DRIVER – сработала защита драйвера |
| 2 | TEMP\_OVER – сработала защита по температуре |
| 3 | CUR\_OVER – сработала защита по току |

CounRX – счетчик принятых байт.

PACET – массив для хранения принятых байт.

В таблице 4.6 приведены в соответствии команды системе, поступающие по параллельному интерфейсу, и значения переменной PACET.

Таблица 4.6 - Команды переменной PACET

|  |  |
| --- | --- |
| Значение PACET | Команда |
| PACET [0] | Код начала пакета |
| PACET [1] | Команда преобразователю |
| PACET [2] | Значение тока задатчика |

Описание основных процедур:

SS1\_RecvChar() – процедура чтения данных из буфера приемника SPI.

SS1\_ClearRxBuf() – процедура очистки буфера приемника SPI.

SS1\_SendBlck() – процедура посылки данных в буфер приемника SPI.

TI1\_OnInterrupt() – процедура вызываемая при возникновении прерывания по таймеру-счетчику.

TI1\_Disable() – процедура запрещения работы таймера-счетчика.

TI1\_Enable() – процедура разрешения работы таймера-счетчика.

AD1\_GetValue16() – процедура считывания данных с АЦП.

AD1\_Mesure() – процедура инициализации АЦП.

AD1\_GetChanOfSet() – процедура установки нулевого уровня АЦП.

AD1\_OnHighLimit() – процедура срабатывающая при достижении верхнего порога АЦП.

AD1\_OnLowLimit() – процедура срабатывающая при достижении нижнего порога АЦП.

AD1\_SetLowChanLimit() – процедура установки нижнего уровня срабатывания АЦП.

AD1\_SetHighChanlimit() – процедура установки верхнего уровня срабатывания АЦП.

Математические процедуры:

- процедура вычитания SUB();

- процедура умножения L\_MULT\_TS();

- процедура сложения L\_ADD().

## Разработка диаграммы состояний блока связи с панелью индикации

Модуль SPI необходим для обмена информацией между панелью индикации и программной системой. Диаграмма состояний модуля SPI представлена на рисунке 4.6.

Состояние «ожидание пакета/передача данных». Модуль переходит в это состояние после подачи питания. В этом состояний модуль SPI ожидает начало передачи данных, при поступлении тактового сигнала отправляет байт данных. Возможен переход в состояние «прием/передача пакета» при возникновении события «такт работы (получение стартового символа пакета)». Также возможно событие такт работы.

Состояние «прием/передача пакета». В этом состоянии принимается символ данных по каждому тактовому сигналу, при этом отправляет байт данных. Модуль находится в этом состоянии, пока не возникнет событие «такт работы (получение последнего символа пакета)». В этом состояний также возможно событие «такт работы», при котором он остается в том же состояний.

# Разработка платы индикации

Панель управления и индикации служит для настройки параметров преобразователя и для индикации этих параметров. Он располагается на отдельной печатной плате, соединенной с основной платой шлейфом. Для индикации параметров используем семисегментные индикаторы. Они обладают хорошей яркостью и достаточным температурным диапазоном работы. Так как контроллер силового блока загружен, чтобы управлять индикацией и настройкой, для этих целей целесообразно использовать дополнительный микроконтроллер. Контроллер панели управления и индикации будет управлять индикацией параметров, обрабатывать нажатие кнопок и производить передачу управляющих команд и параметров в микроконтроллер, осуществляющий управление силовым блоком .

Каждый семисегментный индикатор состоит из набора светодиодов, аноды которых объединены, как показано на рисунке 5.1. чтобы зажечь определенный светодиод требуется подать питание на анод, а соответствующий катод подключить «земле»[17].

Катоды каждой ячейке индикатора, а так же трех светодиодов подключены к отдельным выводам микроконтроллера. Подавая сигнал управления на определенный катод и анод можно зажечь необходимый светодиод. В каждый момент времени может гореть только один светодиод. Чтобы не было заметно мерцания весь цикл переключения светодиодов должен происходить с частотой 100 Гц или выше. На пульте управления расположены три кнопки: «СТАРТ/СТОП», «+», «-». Контроллер должен обрабатывать одиночное нажатие кнопки. При включении устройства на индикаторе высвечивается значение тока, установленное во время последнего процесса работы. При нажатии на кнопки «+» и «-» это значение соответственно увеличивается или уменьшается с шагом 1 А в пределах от 0 А до 70 А. Если не нажимать кнопки «+» или «-» в течении трех секунд или нажать кнопку «СТАРТ» в течении этого времени, текущее значение тока сохраняется и передается в контроллер системы управления. Если во время работы преобразователя нажать кнопки «+» или «-», то на семисегментном индикаторе отобразится температура на радиаторе преобразователя.

## Разработка принципиальной схемы

Для управления пультом используем микроконтроллер MC9S08QE8 (DD2) фирмы Freescale Semiconductor[18]. Это один из недорогих микроконтроллеров, обладающий нужным количеством портов. Контроллер поддерживает протокол SPI, который удобно использовать для связи с другими контроллерами с использованием гальванической развязки. Для индикации используем сборку из трех семисегментных индикаторов BA56-11SRWA (HG1) желтого цвета и светодиоды L-53SGD (HL1 – HL3). Для свечения светодиодов требуется обеспечить ток IF=20 мА. Выводы контроллера не могут обеспечить такой ток, поэтому для их усиления используем сборку из восьми транзисторов дарлингтона ULN2803AF (DA1). Резисторы включенные между выходами DA1 и катодами HG1 ограничивают выходной ток. Для ограничения тока IF требуется использовать резисторы с номиналом:

(5.1)



Однако при таком токе свечение светодиодов будет слишком ярким. Экспериментальным путем было установлено, что для обеспечения нужной яркости свечения требуется использовать резисторы номиналом 220 Ом. Используем чип резисторы RC0805 620 Ом. VT1 – VT3 – полевые p-n-p транзисторы IRLML5103 в корпусе SOT-23 для поверхностного монтажа. Максимальный ток стока – 760 мА, максимальное напряжение сток-исток 30 В. R9 – R11 – чип резисторы RC0805 1 кОм. Кнопки SB1 – SB3 типа DTSM81.

Напряжение питания пульта управления 3.3 В. Питание обеспечивается источником питания собственных нужд, который расположен на силовой плате преобразователя. Конденсаторы C65, C66 – чип конденсаторы CC0805 15 пФ [стр. 16, 18]. Остальные конденсаторы на плате пульта управления служат для защиты микросхем и других элементов схемы от помех по питанию. Используются чип конденсаторы CC0805 0.1 мкФ и электролитические конденсаторы SR 25 В 47 мкФ.

## Разработка алгоритма программы

Для запуска преобразователя и для установки заданного тока используется асинхронный последовательный интерфейс. Исходя из этого, можно построить структуру программы, которая представлена на рисунке 5.2.

Блок SPI предназначен для передачи команд «старт», «стоп» параметров о требуемом токе стабилизации, а также принимает данные о токе, температуре и коде сигнала ошибки.

Блок глобальных переменных предназначен для хранения прочитанных и рассчитанных данных, а также необходимых для расчетов констант и массивов. Также в блоке содержится информация о текущем режиме работы источника.

Блок логики работы. Этот блок реализует работу платы индикации по заданному алгоритму. Он осуществляет функцию обработки всех команд и сообщений от остальных модулей. Блок клавиатуры предназначен для обработки портов МК, подключенных к кнопкам и передачи событий «СТАРТ/СТОП», «Больше», «Меньше» в блок «Логики работы».

Блок индикации предназначен для отображения информации о текущем значении тока, температуры, состояние силового блока. Осществляет управление соответствующими портами МК.

### Разработка диаграммы состояний блока логики работы

Диаграммы состояний блока логики работы платы индикации изображен на рисунке 5.3

При включении прибора программа переходит в состояние «Стоп силовой части» и считает, что инвертор находиться в выключенном состоянии. По нажатию кнопки «Больше/Меньше» осуществляет увеличение или уменьшение значения задатчика тока. При нажатии кнопки «Старт/Стоп» в МК блока преобразователя по синхронному интерфейсу передается установленный параметр задатчика тока и происходит запуск инвертора, при этом в блок индикации посылается сообщение «Работа». Блок «Логики работы» переходит в состояние «Работа силовой части»

Для обеспечения надежности предусмотрены три режима защиты:

* перегрев силового блока;
* превышение выходного тока;
* защита силовых ключей инвертора.

При срабатывании одной из защит МК преобразователя в блок индикации посылается сообщение «Ошибка» и блок «Логики работы» переходит в соответствующий режим.

При нажатии кнопки «Стоп» МК преобразователя посылается команда об остановке инвертора и блок переходит в состояние «Стоп силовой части»

При срабатывании защиты «Перегрев» происходит остановка инвертора и длится она до тех пор пока температура не спадет до заданного уровня.

При срабатывании защит «КЗ нагрузки» и «Защита инвертора» так же происходит остановка инвертора и переход в состояние «Стоп силовой части».

### Разработка диаграммы состояний блока клавиатуры

Каждые 5 мс. происходит опрос кнопок и ожидание нажатия кнопки, это сделано для того что бы устранить дребезг контактов.

В данном дипломном проекте используется динамическая индикация. Она осуществляется при помощи таймера-счетчика и называется «такт роботы индикации».

При включении прибора индицируется ток уставки задатчика. Когда приходит команда «Работа» от блока логики работы, то начинается индикация текущего выходного тока.

Можно изменить режим отображения, это делается нажатием кнопок «больше/меньше» при этом индицируется текущий ток или текущая температура силового блока.

При нажатии кнопки «Стоп» индицируется начальный ток уставки.

# Разработка источника питания собственных нужд

Источник питания собственных нужд должен обеспечить питание компонентов системы управления преобразователем от входного напряжения 70 В частотой 100 Гц. Система управления питается от напряжения пяти уровней: 12 В, переменное 12 В, дифференциальное 12 В, 5 В, 3,3 В. В таблице 6.1 указаны потребители и максимальный потребляемый ими ток.

Таблица 6.1 - Основные потребители энергии

|  |  |
| --- | --- |
| Название | Потребляемый ток |
| Vcc =12 В | |
| Драйвера (IR2127, UCC37322) |  |
| Vcc =~12 В | |
| Управление ключами (TV7, TV12) |  |
| Vcc =±12 В | |
| Датчик тока (DA1) |  |
| Vcc =5 В | |
| Микросхема развязки (DA8) |  |
| Микросхема интерфейса RS485 (DA4) |  |
| Vcc =3.3 В | |
| Микроконтроллер (DD1) |  |
|  |  |

Заложим общую мощность, потребляемую от источника собственных нужд .



Источники малой мощности (до 150 Вт) обычно построены по схеме однотактного обратноходового преобразователя напряжения. В данной дипломной работе источник питания собственных нужд выполнен на микросхеме UC3842. Выбор данного источника питания обусловлен тем, что подобные преобразователи получили широкое распространение при проектировании микропроцессорных устройств и не раз проектировались в лаборатории группового проектного обучения (ГПО) силовых микропроцессорных устройств (СМУ). Рассмотрение других источников питания не осуществлялось. Микросхема UC3842 имеет минимальное напряжение для запуска микросхемы которое составляет 10 В, что для нас не мало важно. На рисунке 6.1 приведена типовая схема включения микросхемы UC3842 [19].

Микросхема UC3842 имеет все необходимые функциональные возможности для создания схем управления сетевыми импульсными источниками питания. Встроенные структурные элементы микросхемы обеспечивают её отключение при недопустимо низком входном напряжении и пусковом токе менее 1 мА. Прецизионный источник опорного напряжения тактирован для повышения точности на входе усилителя сигнала ошибки. ШИМ-компаратор контролирует также ограничение по току, а квазикомплиментарный выходной каскад рассчитан на значительные броски тока (как втекающего, так и вытекающего). Выходной каскад обеспечивает работу на нагрузку типа n-канального полевого транзистора с изолированным затвором и имеет низкий логический уровень напряжения в отключённом состоянии.

Схема источника питания приведена на рисунке 6.2.

Произведем расчет источника питания собственных нужд (ИПСН) приведенного на рисунке 6.2. Параметры ИПСН:

* минимальное входное напряжение ;



* максимальное входное напряжение ;



* активная мощность источника ;



* частота преобразования ;



* максимальная длительность импульса ;



* максимальная длительность разряда ;



* выходное напряжение ;



* выходное напряжение ;



* выходное напряжение ;



* собственная обмотка для микросхемы .



Произведем расчет и выбор стартового терморезистора. Он защищает элементы входной цепи от скачка тока в конденсаторе при включении в сеть.



Сопротивление резистора



Мощность резистора



Выбираем терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом SCK-101 c сопротивлением 10 Ом при 25 ºC.

Средний ток рассчитывается по формуле:

(6.1)



Максимальный ток первичной и третьей обмотки рассчитывается по формуле:

(6.2)



(6.3)



Индуктивность первичной обмотки рассчитывается по формуле:

(6.4)



Индуктивность вторичной обмотки рассчитывается по формуле:

(6.5)



Выбираем сердечник феррит марки N87 на каркас ETD29 с площадью сечения и полагаем зазор .



Определим количество витков каждой из обмоток:



положим равным 30 число витков первичной обмотки.

Рассчитаем рабочую индукцию по формуле:

(6.6)



положим равным 11 число витков вторичной обмотки.



Рассчитаем действующие токи каждой из обмоток по формулам:



Произведем расчет провода, которым будет осуществляться намотка по формуле:



Расчет токочувствительного резистора по формуле:

(6.7)



Расчет силового ключа по формуле:



# Разработка печатной платы источника

Печатные платы - это элементы конструкции, которые состоят из плоских проводников в виде участков металлизированного покрытия, размещенных на диэлектрическом основании и обеспечивающих соединение элементов электрической цепи. Они получили широкое распространение в производстве модулей, ячеек и блоков благодаря следующим преимуществам по сравнению с традиционным объемным монтажом проводниками и кабелями:

– повышение плотности размещения компонентов и плотности монтажных соединений, возможность существенного уменьшения габаритов и веса изделий;

– получение печатных проводников, экранирующих поверхностей и электро и радиодеталей в одном технологическом цикле;

– гарантированная стабильность и повторяемость электрических

характеристик (проводимости, паразитных емкости и индуктивности);

– повышение быстродействия и помехозащищенности схем;

– повышенная стойкость и климатическим и механическим

воздействиям;

– унификация и стандартизация конструктивных и технологических решений;

– увеличение надежности узлов, блоков и устройства в целом;

– улучшение технологичности за счет комплексной автоматизации монтажно-сборочных и контрольно-регулировочных работ;

– снижение трудоемкости, материалоемкости и себестоимости.

К недостаткам следует отнести сложность внесения изменений в конструкцию и ограниченную ремонтопригодность.

Элементами ПП являются диэлектрическое основание, металлическое покрытие в виде рисунка печатных проводников и контактных площадок, монтажные и фиксирующие отверстия.

Общие требования к ПП

Диэлектрическое основание ПП должно быть однородным по цвету, монолитным по структуре.

Проводящий рисунок ПП должен быть четким, с ровными краями, без вздутий, отслоений, разрывов, следов инструмента и остатков технологических материалов.

Монтажные и фиксирующие отверстия должны быть расположены в соответствии с требованиями чертежа и иметь допустимые отклонения, определяемые классом точности ПП. Для повышения надежности паяных соединений внутреннюю поверхность монтажных отверстий покрывают слоем меди толщиной не менее 25 мкм.

Контактные площадки представляют собой участки металлического покрытия, которые соединяют печатные проводники с металлизацией монтажных отверстий. Их площадь должна быть такой, чтобы не было разрывов при сверлении и остался гарантийный поясок меди шириной не менее 50 мкм. Разрывы контактных площадок не допускаются, так как при этом уменьшаются токонесущая способность проводников и адгезия к диэлектрику.

Виды печатных плат. В зависимости от числа нанесенных печатных проводящих слоев печатные платы разделяются на одно- двух- и многослойные. Первые два типа называют также одно- и двусторонними.

Односторонние печатные платы (ОПП) выполняются на слоистом прессованном или рельефном литом основании без металлизации или с металлизацией монтажных отверстий. Платы на слоистом диэлектрике просты по конструкции и экономичны в изготовлении. При невозможности стопроцентной разводки печатных проводников применяются навесные перемычки. Их применяют для монтажа бытовой радиоаппаратуры, блоков питания, устройств техники связи. Низкие затраты, высокую технологичность и нагревостойкость имеют рельефные литые ПП, на одной стороне которых расположены элементы печатного монтажа, а на другой - объемные элементы (корпуса соединителей, периферийная арматура для крепления деталей и ЭРЭ, теплоотводы и др.). В этих платах за один технологический цикл получается вся конструкция с монтажными отверстиями и специальными углублениями для расположения ЭРЭ, монтируемых на поверхность. В настоящее время технология рельефных ПП интенсивно развивается.

Двусторонние печатные платы (ДПП) имеют проводящий рисунок на обеих сторонах диэлектрического или металлического основания и обеспечивают высокую плотность установки компонентов и трассировки. Переходы проводников из слоя в слой осуществляются через металлизированные переходные отверстия. Платы допускают как монтаж компонентов на поверхности, в том числе с двух сторон, так и монтаж компонентов с осевыми и штыревыми выводами в металлизированные отверстия. Расположение элементов печатного монтажа на металлическом основании позволяет решить проблему теплоотвода в сильноточной аппаратуре.

Многослойные печатные платы (МПП) состоят из чередующихся слоев изоляционного материала с проводящими рисунками на двух или более слоях, между которыми выполнены требуемые соединения, соединенных клеевыми прокладками в монолитную структуру путем прессования. Электрическая связь между проводящими слоями выполняется специальными объемными деталями, печатными элементами или химико-гальванической металлизацией. По сравнению с ОПП и ДПП они характеризуются повышенной надежностью и плотностью монтажа, устойчивостью к механическим и климатическим воздействиям, уменьшением размеров и числа контактов. Однако большая трудоемкость изготовления, высокая точность рисунка и совмещения отдельных слоев, необходимость тщательного контроля на всех операциях, низкая ремонтопригодность, сложность технологического оборудования и высокая стоимость позволяют применять МПП только для тщательно отработанных конструкций радиоэлектронной аппаратуры.

При разработке конструкции печатных плат решаются следующие взаимосвязанные между собой задачи:

– схемотехнические - трассировка печатных проводников,

минимизация слоев и т.д.;

– радиотехнические - расчет паразитных наводок, параметров линий

связи и пр.;

– теплотехнические - температурный режим работы ПП, теплоотводы;

– конструктивные - размещение элементов на ПП, контактирование

и пр.;

– технологические - выбор метода изготовления, защита и пр.

Конструктивные особенности ПП. Ширину печатных проводников рассчитывают и выбирают в зависимости от допустимой токовой нагрузки, свойств токопроводящего материала, температуры окружающей среды при эксплуатации. Края проводников должны быть ровными, проводники без вздутий, отслоений, разрывов, протравов, пор, крупнозернистости и трещин, так как эти дефекты влияют на сопротивление проводников, плотность тока, волновое сопротивление и скорость распространения сигналов.

Расстояние между элементами проводящего рисунка, расположенными на наружных или в соседних слоях ПП, зависит от допустимого рабочего напряжения, свойств диэлектрика, условий эксплуатации и связано с помехоустойчивостью, искажением сигналов и короткими замыканиями.

Координатная сетка чертежа ПП необходима для координации элементов печатного рисунка. В узлах пересечений сетки располагаются монтажные и переходные отверстия. Основным шагом координатной сетки принят размер 0,5 мм в обоих направлениях. Если этот шаг не удовлетворяет требованиям конкретной конструкции, можно применять шаг, равный 0.05 мм. При использовании микросхем и элементов с шагом выводов 0.625 мм допускается применение шага координатной сетки 0.625 мм. При использовании микросхем зарубежного производства с расстояниями между выводами по дюймовой системе допускается использование шага координатной сетки, кратного 2.54 мм.

Диаметры монтажных и переходных отверстий (металлизированных и неметаллизированных) должны выбираться из ряда 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; U; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4;2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 3,0. Монтажные отверстия предназначены для установки микросхем и ЭРЭ, а переходные отверстия для электрической связи между слоями или сторонами ПП.

Допустимая плотность тока для ОПП, ДПП и наружных слоев МПП - 20 А/мм2; для внутренних слоев МПП - 15 А/мм2. Допустимое рабочее напряжение между элементами проводящего рисунка, расположенными в соседних слоях ПП и ГПК, зависит от материала основания печатной платы и не должно превышать значений, указанных в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Допустимое рабочее напряжение между элементами проводящего рисунка

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расстояние между элементами  рисунка, мм | Значение рабочего напряжения, В | |
| Фольгированный  гетинакс (ГФ) | Фольгированный  стеклотекстолит (СФ) |
| От 0,1 до 0,2 | — | 25 |
|  |  |  |
| Свыше 0,2 до 0,3 | — | 50 |
|  |  |  |
| Свыше 0,3 до 0,4 | 75 | 100 |
|  |  |  |
| Свыше 0,4 до 0,5 | 150 | 200 |
| Свыше 0,5 до 0,75 | 250 | 350 |
| Свыше 0,75 до 1 ,5 | 350 | 500 |
| Свыше 1,5 до 2,5 | 500 | 650 |

Допустимые рабочие напряжения между элементами проводящего рисунка, расположенными на наружном слое ПП, зависят от материала основания ПП, условий эксплуатации и не должны превышать следующих значений (таблица 7.2).

Таблица 7.2 - Допустимые рабочие напряжения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расстояние  между  элементами  проводящего  рисунка, мм | Значения рабочего напряжения, В | | | | | | | |
| Нормальные  условия | | Относительная  влажность (93±3 )%  при 40+2 °С  в течение 48 ч | | Пониженное атмосферное  давление | | | |
| 400 мм рт. ст. | | 5 мм рт. ст. | |
| ГФ | СФ | ГФ | СФ | ГФ | СФ | ГФ | СФ |
| От 0,1 до 0,2 | — | 25 | — | 15 | — | 20 | — | 10 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| От 0,2 до 0,3 | 30 | 50 | 20 | 30 | 25 | 40 | 20 | 30 |
| От 0,3 до 0,4 | 100 | 150 | 50 | 100 | 80 | ПО | 30 | 50 |
| От 0,4 до 0,7 | 150 | 300 | 100 | 200 | ПО | 160 | 58 | 80 |
| От 0,7 до 1,2 | 300 | 400 | 230 | 300 | 160 | 200 | 80 | 100 |
| От 1,2 до 2,0 | 400 | 600 | 300 | 360 | 200 | 300 | 100 | 130 |
| От 2,0 до 3,5 | 500 | 830 | 360 | 430 | 250 | 400 | ПО | 160 |
| От 3,5 до 5,0 | 660 | 1160 | 500 | 600 | 330 | 560 | 150 | 210 |
| От 5,0 до 7,5 | 1000 | 1500 | 660 | 830 | 500 | 660 | 200 | 250 |
| От 7,5 до 10,0 | 1300 | 2000 | 830 | 1160 | 560 | 1000 | 230 | 300 |
| От 10,0 до 15,0 | 1800 | 2300 | 1160 | 1600 | 660 | 1160 | 300 | 330 |

Классы точности ПП. Отечественным стандартом ГОСТ 23751-86 предусматривается пять классов точности (плотности рисунка) ПП (таблица 7.3). Выбор класса точности определяется достигнутым на производстве уровнем технологического оснащения. В КД должно содержаться указание на необходимый класс точности ПП.

Платы первого и второго классов точности просты в изготовлении, дешевы, не требуют для своего изготовления оборудования с высокими техническими показателями, но не отличаются высокими показателями плотности компоновки и трассировки.

Для изготовления плат четвертого и пятого классов требуется специализированное высокоточное оборудование, специальные материалы, безусадочная пленка для изготовления фотошаблонов, идеальная чистота в производственных помещениях, вплоть до создания "чистых" участков (гермозон) с кондиционированием воздуха и поддержанием стабильного температурно-влажностного режима. Технологические режимы фотохимических и гальвано-химических процессов должны поддерживаться с высокой точностью.

Таблица 7.3 - Классы точности ПП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование параметра | Усл.  обозн. | Размеры элементов проводящего рисунка для классов, мм | | | | |
| Расстояние между проводниками, контактными площадками, металлизированными отверстиями | t | 0.75 | 0.45 | 0.25 | 0.15 | 0.1 |
| Расстояние от края просверленного отверстия до края контактной площадки данного отверстия | S | 0.75 | 0.45 | 0.25 | 0.15 | 0.1 |
| Отношение минимального диаметра металлизированного отверстия к толщине платы | f | 0.4 | 0.4 | 0.33 | 0.25 | 0.2 |

В проекте было разработано две печатные платы, которые располагаются в одном корпусе. Первая плата силовая (рисунок 7.1) располагается на первом этаже, т.е на ней расположены силовые ключи инвертора, силовой дроссель, система управления силовыми ключами инвертора, источник питания собственных нужд. Причем плата крепится к радиатору, транзисторы и диоды плотно прижимаются болтами к радиатору. Вторая плата управления (рисунок 7.2), на ней размещен индикация и управляющие кнопки. С платой силовой она соединяется через шлейф.

В качестве материала для изготовления печатных плат используется двухсторонний фольгированный стеклотекстолит СФ-2Н-50-1,5 ГОСТ 10316-78.

При проектировании печатной платы использован шаг координатной сетки 1,25 мм. Ёмкости, резисторы, диоды и микросхемы установлены в узлах координатной сетки и располагаются параллельно печатной плате. Расстояние между корпусами не менее одного миллиметра.

Размеры сквозных отверстий берутся в соответствии с ГОСТ 11284-75. Плата изготовлена комбинированным позитивным способом ГОСТ 23752-79.

Исходя из требований допустимого перегрева печатных проводников, для них устанавливается допустимая плотность тока Jдоп = 30 А/мм2.

Допустимый ток в печатных проводниках определяется как:

(7.1)



где b – ширина проводника, мм;

tп – толщина проводника, мкм.

Для стабильности работы печатных проводников должно соблюдаться равенство:

(7.2)



где: I – ток, протекающий в проводнике, А.

Толщина фольги на фольгированных материалах берется равной 70 мкм. Ширина b зависит от величины протекающего тока и перегрева проводника. На различных участках платы протекают разные по величине токи. При данной толщине фольги по проводнику шириной 1 мм может проходить ток:

А



# Разработка конструкции прибора

За основу конструкции прибора был использован алюминиевый профиль, который в дальнейшем будет радиатором силовой платы. Радиатор будет несущей конструкцией прибора, к которой будут крепиться силовая плата и корпус прибора. Алюминиевый профиль изображен на рисунке 8.1 все размеры указаны в мм.

После того как определились с профилем, мы можем сказать, что ширина печатной платы не должна превышать ширину профиля. После того как были расставлены элементы силовой платы, мы можем приблизительно сказать о длине профиля. Длина профиля была выбрана 300 мм.

Для крепления силовой платы к радиатору были предусмотрены крепежные и прижимные отверстия. Общий вид радиатора изображен на рисунке 8.2 в мм.

Для реализации сборочного чертежа, была использована программа SolidWorks 2006, в которой были созданы все элементы схемы, и расставлены по месту расположению на плате.

Силовой блок в сборе с радиатором представлен на рисунке 8.3.

После того как были определены габаритные размеры силового блока с радиатором, был разработан корпус прибора. Корпус прибора представляет собой две П-образные пластины, изготовленные листового металла толщиной 0.8 мм. Так как силовой блок требует принудительного охлаждения, то к нижней пластине были прикреплены два вентилятора, а в верхней пластине было предусмотрено окно для платы индикации прибора. Внешний вид всего прибора изображен на рисунке 8.4.

# Технико-экономическое обоснование целесообразности разработки проекта

## Маркетинговые исследования рынка сбыта

Выполним маркетинговые исследования на этапе выбора идеи. Анализ научно – технической и рекламной литературы позволил определить ближайшего аналога непосредственного преобразователя напряжения со стабилизацией тока.

Ближайшим схемотехническим аналогом является DC/DC преобразователь MR800D-48S48-UT фирмы «Александр Электрик» (Россия). Этот преобразователь удовлетворяет требованиям, предъявленным к современным DC/DC преобразователям. Он имеет микропроцессорное управление, защиту от перегрузки и перенапряжения, тепловую защиту, подстройка выходного тока, дистанционное управление. По массе и габаритам это один из самых легких и небольших преобразователей. Однако технические свойства этого преобразователя не удовлетворяют поставленной задаче.

Рассчитаем уровни конкурентоспособности по показателям «Значимость технического решения» Зтр и «Значимость экономического события» Зэс[20]. Для этого поместим всю имеющуюся информацию о разрабатываемом устройстве и его аналогов в таблицу 9.1.

Таблица 9.1 - Сводные технико – эксплуатационно – экономические характеристики разрабатываемого устройства и его аналогов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование характеристик, единицы измерения | Значение параметров | |
| MR800D-48S48-UT | Разрабатываемый образец |
| Технические характеристики: | | |
| Диапазон регулировки тока, А | 0 - 17 | 0 - 70 |
| Габаритные размеры, мм | 168х122х20 | 330х160х110 |
| Наименование характеристик, единицы измерения | Значение параметров | |
| MR800D-48S48-UT | MR800D-48S48-UT |
| Защита от короткого замыкания | + | + |
| Защита от перегрева | + | + |
| Подстройка выходного тока | + | + |
| Дистанционное управление | + | + |
| Экономические характеристики: | | |
| Цена продаж, руб | 10000 | 30000 |

Таблица 9.2 - Расчет показателя «Значимость технического решения»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование критериев конкурентоспособности | Значение параметров | |
| 1 | 2 |
|  | MR800D-48S48-UT | Разрабатываемый образец |
| Коэффициент актуальности (Аи) | Технические решения, дающие технико – экономический эффект при применении – 1,0 | 1,0 |
| Коэффициент соответствия программам важнейших работ (Пр) | НТП производственных и научно – производственных фирм – 1,05 | 1,05 |
| Коэффициент сложности (Сз) | Конструкция прибора – 3,5 | 3,5 |
| Коэффициент места использования (Ми) | РФ – 1,0 | РФ – 1,0 |
| Коэффициент объема использования (Ои) | В серийном производстве в нескольких фирмах – 4,0 | 4,0 |
| Коэффициент охвата охранными мероприятиями (Шо) | Техническое решение без охранных документов – 1,0 | Техническое решение, имеющее товарный знак – 2,0 |

Показатель «Значимость технического решения» Зтр определяется с помощью значений показателей из Таблица 9.2 по формуле:

(9.1)



где Аи – актуальность;

Пр – соответствие программ важнейших работ;

Сз – сложность решения;

Ми – место использования;

Ои – объем использования;

Шо – охват охранными мероприятиями.

В результате расчетов «Значимость технического решения» равен:

- для собственной продукции:



- для конкурирующей продукции:



Необходимое общее условие выхода товара на рынок Зсп > Зкп выполняется.

Показатель «Значимость экономического события» Зэс определятся по формуле с помощью значений показателей из Таблица 9.3.

(9.2)



где Вп – коэффициент влияния продукции на формирование потребностей общества;

Рд – коэффициент объема и доступности ресурсов, необходимых для создания продукции;

Кр – коэффициент влияния продукции на конъюнктуру рынка;

Рв – коэффициент влияния продукции на экономический рост предприятия.

Таблица 9.3 - Расчет показателя «Значимость экономического события»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | MR800D-48S48-UT | Разрабатываемый образец |
| Коэффициент экономического развития региона, использующего продукцию (Ри) | Одна экономически отсталая страна – 4,0 | 4,0 |
| Коэффициент влияния продукции на формирование потребностей общества (Вп) | Среднесрочная высокоэластичная потребность – 3,0 | 3,0 |
| Коэффициент объема и доступности ресурсов, необходимых для создания продукции (Рд) | Большой объем таких же ресурсов -2,0 | 2,0 |
| Коэффициент влияния продукции на рыночную стратегию предприятия и определение стоимости (Ср) | Продукция, выходящая на рынок совершенной конкуренции – 1,0 | 1,0 |
| Коэффициент влияния продукции на конъюнктуру рынка (Кр) | Продукция незначительно влияет на динамику цен и объемы реализации прямых аналогов – 2,0 | 2,0 |
| Коэффициент влияния продукции на экономический рост предприятия (Рв) | Продукция обеспечивает незначительный (5–10%) экономический рост предприятия преимущественно (более 30%) за счет привлечения внешних инвестиций – 1,5 | Продукция обеспечивает существенный (более 10%) экономический рост предприятия преимущественно (более 30%) за счет привлечения внешних инвестиций – 4,0 |

Показатель «Значимость экономического события» равен:

- для собственной продукции:



- для конкурирующей продукции:



Так как Зэс сп > Зэс кп, то необходимое условие выхода собственного устройства по показателю «Значимость экономического события» выполнено. Найдем суммарное значение Зсп и Зкп и определим полное условие выхода на рынок собственного устройства:



По общему показателю уровня конкурентоспособности разработанная продукция превосходит своих конкурентов, что свидетельствует о том, что разработка продукта оправдана.

## Расчет затрат на производство товара

На стадии производства продукции (опытный образец и т.д.), необходимо определить капитальные вложения при производстве (Кп) и себестоимость проектируемого продукта (С)

Кп = Кппз + Кпф, (9.3)

где Кпф – затраты в производственные фонды, необходимые для изготовления продукции (основные фонды плюс оборотные средства);

Кппз – производственные затраты. Причем:

Кппз = Sниокр + Косв,

где Sниокр – смета затрат на НИОКР;

Косв – затраты на освоение производства и доработку опытных образцов (если такие затраты планируются).

Все составляющие капитальных вложений Кп определяются прямым счетом на основе потребности для освоения производства и действующих рыночных цен.

Калькуляция себестоимости НТП (С) производится по отдельным статьям затрат:

- основная и дополнительная заработная плата;

- спецоборудование;

- расходы на служебные командировки;

- затраты на работы, выполняемые сторонними организациями;

- прочие прямые расходы;

- накладные расходы.

Заработная плата

Размер месячной основной заработной платы устанавливается, исходя из численности исполнителей, трудоемкости и среднедневной заработной платы. Дополнительная заработная плата состоит из: оплаты труда в соответствии с районным коэффициентом (в Томской области 30% от основной заработной платы); надбавок за высокую квалификацию, за дополнительный объем работ, персональных надбавок и т.п., премий (если они установлены).

Общий фонд заработной платы определяется по формуле:

З = Ззпо + Ззпд, (9.4)

где Ззпо – основная заработная плата;

Ззпд – дополнительная заработная плата.

В свою очередь, основная заработная плата рассчитывается по формуле:

(9.5)



где N – количество исполнителей;

Зос i – основная заработная плата i-го исполнителя;

Д – районный коэффициент (Д = 30%).

Основная заработная плата i-го исполнителя определяется как:

(9.6)



где Зм – месячный оклад работника;

М – число рабочих месяцев в году (11,2 месяца);

Тд – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала (в календарных днях, таблица 9.4);

F – время, затраченное на проведение работ.

Техническая и технологическая возможность создания прибора, базируется на имеющемся оборудовании каф. «ПрЭ» и лабораторий ГПО ТУСУР.

Таблица 9.4 - Действительный годовой фонд рабочего времени

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели рабочего времени | |
| Календарное число дней | 365 |
| Количество нерабочих дней: выходные дни  праздничные дни | 52  11 |
| Потери рабочего времени: отпуск  Невыходы по болезни | 30  - |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 273 |

Дополнительная заработная плата определяется в размере 30% от основной заработной платы работника за непроработанное время (очередной отпуск, учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей). Расчет заработной платы сведен в таблице 9.5.

Таблица 9.5 - Расчет заработной платы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исполнители | Зм, руб | F, руб | Зос i, руб | Ззпо, руб | Ззпд, руб | З, руб |
| Инженер-конструктор | 15000 | 273 | 168000 | 280000 | 7500 | 287500 |
| Монтажник | 10000 | 273 | 112000 |

Социальный налог

Отчисление во внебюджетные фонды производится в процентах от фонда заработной платы в размере 14% для малых предприятий с упрощенной формой налогообложения (В нашем случае ООО)

Сумма начислений составит: 287500·0,14=40250 рублей.

На статью «Спецоборудование» для научных и экспериментальных работ относятся затраты на приобретение или аренду специальных приборов, стендов, аппаратов и др. Необходимое количество оборудования используемого при разработке приведено в таблице 9.6.

Таблица 9.6 - Необходимое количество оборудования

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид оборудования | Количество единиц | Цена за единицу (руб) | Цена за комплект (руб) | Способ вовлечения в работы по проекту |
| Осциллограф | 1 | 200000 | 240000 | Собственность ТУСУР |
| Паяльная станция 137 ESD | 2 | 3150 | 6300 | Собственность ТУСУР |
| Вольтамперметр M2015 | 1 | 2700 | 2700 | Собственность ТУСУР |
| Компьютер | 1 | 40000 | 40000 | Собственность ТУСУР |

Затраты на работы, выполняемые сторонними организациями

На статью «Затраты на работы, выполняемые сторонними организациями» относятся все затраты по оплате работ для данного проекта сторонними организациями. В данном проекте сторонними организациями предполагается производство печатных плат и корпуса. Заказ печатных плат производился в ООО «ТрансМаш» в г. Томске. Стоимость печатных плат составила:

- для разработки опытного образца (включая пробные и исправленные платы) составила 10000 руб;

- окончательный вариант печатных плат – 1500 руб. (при производстве партии одинаковых плат).

Расчет затрат на материалы и комплектующие

К этой статье относиться стоимость всех материалов, включая расходы на их приобретение и доставку (транспортно – заготовительные расходы можно принимать в пределах 5% от их стоимости). В данном случае расходов на доставку не было. Для разработки макетного образца необходимые материалы указаны в таблице 9.7.

Таблица 9.7 - Материалы для разработки макетного образца

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид ресурса | Количество на проект | Рыночная цена за един. (руб.) | Общие затраты (руб.) | Источник обеспечения |
| Конденсаторы | 43 | - | 3040 | Розничная торговля |
| Резисторы | 44 | - | 40 | Розничная торговля |
| Микросхемы | 11 | - | 400 | Розничная торговля |
| Магнитные элементы | 4 | - | 1450 | Розничная торговля |
| Транзисторы | 9 | - | 630 | Розничная торговля |
| Диоды | 17 | - | 1000 | Розничная торговля |
| Механический корпус | 1 | - | 1500 | Розничная торговля |
| Прочие |  |  | 1940 |  |
| Итоги |  |  | 10000 |  |

Прочие прямые расходы

На статью «Прочие прямые расходы» относятся затраты на приобретение начно – технической, патентной, коммерческой и др. информации, за использование различных средств связи, за аренду помещения, в котором выполняется проект и другие расходы.

Неучтенные ранее затраты рассчитаем как (3-5)% от суммы предыдущих статей прямых расходов.

(9.7)



Накладные расходы

На статью «Накладные расходы» относятся затраты на управление и хозяйственное обслуживание при разработке проекта. Размеры накладных расходов планируется в размере до 20% от суммы всех прямых затрат на создание продукции (услуг).



(9.8)



Общая стоимость ОКР

Общая стоимость ОКР определяется как сумма статей 1 – 6, приведенных в таблице 9.8. Сумма стоимости ОКР составила 440232 рубля.

Таблица 9.8 - Смета затрат на ОКР

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование статьи | Затраты, руб. | Примечание |
| 1. Заработная плата | 287500 | - |
| 1. Отчисления во внебюджетные фонды | 40250 | 14% от ст. 1 |
| 1. Затраты на работы, выполняемые сторонними организациями | 10000 | - |
| 1. Расходы на материалы и комплектующие | 10000 | - |
| 1. Прочие прямые расходы | 14110 | - |
| 1. Накладные расходы | 73372 | 20% от ЗОС |
| 1. Себестоимость ОКР | 435232 | Сумма ст. 1-6 |

Расчет себестоимости разработанного устройства

Стоимость элементной базы, необходимой для изготовления разработанного устройства составляет 10000 руб. Стоимость печатных плат для серийного производства составляет 1500 руб. На изготовление и настройку устройства тратиться одна календарная неделя. Определяем стоимость работ по формуле.

(9.9)



где Дн.Ставка – дневная ставка инженера, которая выбирается исходя из месячного оклада Зм в соответствии с таблица 9.5.

Дополнительная заработная плата составляет 30% от стоимости работ на изготовление (от основной заработной платы), то есть

(9.10)



Налоги составляют 14%, то есть

(9.11)



Размеры накладных расходов 20% от суммы всех прямых затрат на изготовление. Полная калькуляция себестоимости разработанного устройства приведена в таблица 9.9.

Таблица 9.9 - Себестоимость разрабатываемого устройства

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Статьи затрат | Сумма, руб. |
| 1 | Материалы и комплектующие | 10000 |
| 2 | Печатные платы | 1500 |
| 3 | Заработная плата | 4643 |
| 4 | Отчисления во внебюджетные фонды | 650 |
| 5 | Накладные расходы | 2704.6 |
| Итого: | | 19497 |

Следовательно, себестоимость разрабатываемого устройства, без учета нормативной прибыли составит 19497 руб.

## Определение коммерциализуемости товара

Стратегия коммерциализации

Задача 1. Разработка конструкторской документации и изготовление экспериментального образца, проверка общей работоспособности устройства в соответствии с документацией. Оформление и получение сертификата.

Составления подробного бизнес – плана коммерциализации результатов, определение цены и количества продукции, необходимой для продаж, организация рекламы, поиск инвесторов, заказчиков изделия. Существует производственно – технический риск, связанный со сроками изготовления прибора и административные барьеры во время оформления сертификата.

Задача 2. Организация серийного производства источника питания для установок концентрирования щелочного электролита.

Приобретение площади и оборудования, набор 2 сотрудников, организация сборочно – регулировочного и испытательного участков, поиск предприятия – соисполнителя электромеханических узлов для серийного выпуска продукции. Организация продаж. Существует финансовый риск, связанный с кредитными отношениями с финансовыми институтами и предприятиями – соисполнителями (большие проценты кредитов банков, инфляционные факторы и др.)

Задача 3. Стабилизация производства и продаж продукции, устойчивый рост и выход на объем продаж до 150000 руб. на человека в год.

Для успешного вывода продукта на рынок необходимо:

- организовать рекламу нового источника питания с предложениями областей применения данного прибора;

- организовать сервисный центр по гарантийному ремонту источников питания;

- определит торговых партнеров (магазины специального назначения) и заключить с ними договора о поставке продукции.

Калькуляция затрат по годам, согласно изложенному выше организационному плану производства и изготовления продукции представлена в таблице 9.10.

Таблица 9.10 - Калькуляция затрат

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Статьи расходов | Сумма, тыс. руб |
| 1 | Зарплата основных исполнителей проекта | 287.5 |
| 2 | Начисления на зарплату (14%) | 40.25 |
| 3 | Материалы и комплектующие | 10 |
| 4 | Затраты на работы, выполняемые сторонними организациями | 15 |
| 5 | Прочие прямые расходы | 14.11 |
| 6 | Накладные расходы | 73.37 |
| 7 | Изготовление и покупка оборудования | - |
| 8 | Командировки | - |
| 9 | Проведение патентных исследований | - |
| № п/п | Статьи расходов | Сумма, тыс. руб |
| 10 | Оформление охранного документа по защите ИС | - |
| 11 | Проведение маркетинговых исследований | 20 |
| 12 | Разработка бизнес-плана | 10 |
| 13 | Подготовка рекламных материалов | 40 |
|  | Итого: | 540.23 |

Описание рисков, препятствующих успешному выполнению работы

Инвестиционный риск. Важнейшим фактором финансового риска данного проекта является получение инвестиций. Наличие инвестиций является необходимым условием начала развития проекта: насколько они задержатся, настолько задержится начало проекта. При отказе инвестора от финансирования проекта будут максимально выявлены причины отказа, проект будет доработан в соответствии с требованиями инвестора и подан заново на рассмотрение.

Производственный риск. Покупка оборудования приведет к частичной автоматизации процесса сборки, будет гарантировать качество продукции. Возможность выхода из строя оборудования не велика, поскольку в рамках реализации проекта предполагается организация серийного производства, что не предполагает максимальной нагрузки на оборудование. Однако, в случае возникновения неполадок, предприятие сможет перейти на ручной режим.

Сегодня в Томске существует около пяти фирм поставляющих комплектацию под заказ. И возможность работы с любым из них открыта, поэтому риск задержки производства от закрытия одного из них не велик.

Контрактный риск. В процессе производства продукции исполнители проекта самостоятельно производят все этапы производственного процесса, производственной кооперации нет, следовательно, нет риска простоя из–за нарушения контрактов.

Коммерческий риск. Сроки реализации этапов проекта имеют значение с точки зрения движения потоков денежных средств и выполнения обязательств по запланированным кредитным договорам. В случае, если произойдет нестыковка планируемых сроков с реальными в течении срока получения средств, можно отказаться от финансирования некоторых этапов либо уменьшить финансирование некоторых этапов.

# Вопросы безопасности жизнедеятельности

## Анализ опасных и вредных производственных факторов

Главной целью охраны труда является создание таких условий, которые обеспечивают безопасность человека в процессе труда, минимальную вероятность поражения током и сохранение работоспособности. Проведение мероприятий по охране труда обеспечивает улучшение условий труда и повышение его производительности. Можно выделить следующие опасные и вредные производственные факторы (ОВФП), определяемые согласно ГОСТ 12.0.003-74:

- физические;

- химические;

- биологические;

- психофизиологические.

Из физических факторов опасности можно выделить следующие:

- повышенная температура отдельных частей и приборов;

- опасный уровень напряжения в сети переменного тока, от которой питается источник.

Из психофизиологических факторов опасности можно выделить следующие:

- утомление;

- монотонность труда.

## Требование безопасности к источнику

Источник питания может быть выполнен в виде управляющей установки, собранной в едином корпусе, с выведенными кабелями. Установку подобных устройств следует производить в зоне от 400 до 2000 мм от уровня пола. Допускается, после согласования с потребителем, устанавливать источник ниже 400 мм и выше 2000 мм. Дроссели, трансформаторы, резисторы, разрядники, сирены и другие элементы, не требующие постоянного контроля и обслуживания, могут устанавливаться на высоте ниже 400 мм и выше 2000 мм.

Органы управления аппаратов ручного управления (кнопки, переключатели и т.п.) должны находиться в зоне 700 -1900 мм от уровня пола.

Измерительные приборы и контрольные индикаторы должны устанавливаться с учетом ГОСТ 12.2.032-78 и ГОСТ 12.2.033-78. Шкала каждого прибора должна находиться на высоте от уровня пола:

- при работе стоя – от 1000 до 1800 мм;

- при работе сидя – от 700 до 1400 мм.

Конструкция прибора и расположение на нем аппаратов и приборов должно обеспечивать:

- удобство и безопасность обслуживания;

- удобство наблюдения за работой источника;

- удобство установки устройства, а так же подключения внешних соединений;

- исключение возможности взаимного влияния источников;

- доступ к контактным соединениям;

- удобство ремонта и замены износившихся деталей.

На устройствах к аппаратам и приборам должны выполняться позиционные обозначения. К приборам ручного управления, вводным устройствам, аппаратам сигнализации и т.п. по согласованию с потребителем должны выполняться функциональные надписи или символы по ГОСТ 12.4.040-78 и ГОСТ 12.4.026-76, «Вкл», «Выкл», «Старт», «Стоп» и т.д.. Позиционные обозначения приборов и функциональные символы или надписи должны выполняться способом, обеспечивающим их сохраняемость.

По согласованию с потребителем на устройстве должен быть нанесен предупредительный знак «ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ». На устройстве двухстороннего обслуживания предупредительный знак следует наносить на обеих сторонах.

Основным поражающим фактором является ток, протекающий через человека. Установлены пороговые (наименьшие) значения тока (для переменного тока промышленной частоты), определяющие степень поражения:

- пороговый ощутимый ток 0,5 – 1,5 мА;

- пороговый неотпускающий ток 10 – 20 мА;

- пороговый фибрилляционный ток 50 – 80 мА;

- смертельно опасный ток 100 мА и более.

Напряжение влияет на исход поражения лишь в той степени, в какой оно предопределяет силу тока. Для напряжения до 400 – 500 В более опасным считается переменный ток, для напряжения свыше 500 В – постоянный. На исход поражения влияет путь тока в теле человека. Возможных путей (петель тока) много, однако наиболее часто встречаются такие: правая рука – ноги, левая рука – ноги, рука – рука, нога – нога. Наиболее, опасны случаи протекания тока через голову и грудную клетку. При увеличении продолжительности протекания тока сопротивление тела человека снижаеться, что вызывает рост тока. Опасность воздействия тока зависит от индивидуальных особенностей человека человека (массы и физического развития), а также от состояния нервной системы и всего организма. Большое значение имеет «фактор - внимания», ослабляющий опасность тока.

## Основные защитные мероприятия

Все меры, связанные с обеспечением безопастности эксплуатации электроустановок, делятся на две большие группы: организационные и технические. К организационным мероприятиям относятся мероприятия, связанные с переодическим медицинским контролем здоровья персонала и выявлением его пригодности к работе на электроустановках.

Лица, обслуживающие и эксплуатирующие электроустановки, относяться к электротехническому персоналу. Электротехнический персонал должен быть физически здоровым, не иметь увечий и болезней, препятствующих или мешающих выполнению работы. Пригодность к обслуживания электроустановок определяется при приеме на работу и периодически 1 раз в 2 года медицинским освидетельствованием. К работам в электроустановках допускаются лица в возрасте не моложе 18 лет. Лица, допускаемые к работам в электроустановках, должны иметь соответствующую техническую подготовку. После обучения производится проверка знаний правил техники безопасности специальной квалификационной комиссией. Проверяемому присваивается квалификационная группа по технике безопастности и выдается удостоверение, дающее право выполнять определенные работы в соответствии с занимаемой должностью и квалификационной группой. Всего выделяется пять квалификационных групп по технике безопасности (I-V), а присваивается только четыре (II-V). При работе с данным прибором достаточно иметь II квалификационную группу.

К мероприятиям технического порядка следует отнести: недоступность токоведущих частей, защитное заземление, защитное зануление, защитное отключение. Недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения обеспечивается следующими способами: ограждением и расположением токоведущих частей на недосягаемой высоте или в недоступном месте, рабочая изоляция. Ограждения в виде корпусов, кожухов, оград выполняются сплошными или сетчатыми; для доступа непосредственно к электрооборудованию или токоведущим частям последнего (при осмотре или ремонте) в ограждениях предусматриваются открывающиеся части: крышки, дверцы, двери и т.д.. эти части закрываются специальными запорами или снабжаются блокировками. Блокировки по принципу действия бывают электрические и механические. Расположение токоведущих частей на недосягаемой высоте или в недоступном месте обеспечивает безопасность без ограждений. В ПУЭ указаны минимальные расстояния от неизолированных токоведущих частей воздушных линий электропередачи до земли в зависимости от напряжения, местности, но не менее 6 метров. В измерительных приборах, радиоустройствах, аппаратуре автоматики и вычислительной технике применяют блочные схемы. Отдельные блоки установленные в общем, корпусе, соединены один с другим и с блоком питания штепсильным разъемами. При выдвижении блока штепсильный разъм размыкается и блок автоматически отключается от питающей сети.

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих чатей, которые могут оказаться под напряжением. Защитное действие заземления основано на снижении напряжения прикосновения при переходе напряжения на нетоковедущие части, что достигаеться уменьшение потенциала корпуса относительно земли как за счет малого сопративления заземления, так и за счет повышения потенциала примыкающей к оборудованию поверхности земли.

Область применения. Согласно ПУЭ при напряжении 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного тока электроустановки подлежат заземлению во всех случаях, Rзаземл. = 4 Ом. Кроме того, необходимо заземлять корпуса электрооборудования, установленного в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках с номинальным напряжением выше 42 В переменного тока и 110 В постоянного тока, а также установленного во взрывоопасных помещениях при всех напряжениях переменного и постоянного тока.

Защитное заземление является эффективной мерой защиты при питании оборудования от трехфазных сетей напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и трехфазных сетей выше 1000 В с любым режимом нейтрали.

Расчет заземления. Цель расчета заземления — определить число и длину вертикальных элементов, длину горизонтальных элементов (соединительных шин) и разместить заземлитель на плане электроустановки, исходя из регламентированных Правилами значений допустимых сопротивления заземления, напряжения прикосновения и шага, максимального потенциала заземлителя или всех указанных величин.

Расчет простых заземлителей производится в следующем порядке:

- определяются расчетный ток замыкания на землю и норма на сопротивление заземления (по ПУЭ) в зависимости от напряжения, режима нейтрали, мощности и других данных электроустановки;

- определяется расчетное удельное сопротивление грунта с учетом климатического коэффициента.

## Разработка защитных элементов конструкции источника

Согласно ГОСТ 12.2.007.11-75 конструкция источника должна удовлетворять следующим требованиям:

- преобразователь должен выдерживать механические нагрузки при его транспортировке, монтаже и эксплуатации;

- конструкция преобразователя должна исключать нарушение его работоспособности агрессивными парами и пылью, образующимися при нагреве электролита;

- составные части преобразователя должны быть размещены так, чтобы при максимальной температуре окружающей среды 40 °С и при нормальной эксплуатации их температура на превышала допустимой;

- источники высокого напряжения, состоящие из трансформаторов и выпрямителей, должны быть устойчивы к коротким замыканиям, и выдерживать изменяющуюся нагрузку;

- обеспечивает беспрепятственное прохождение охлаждающего воз-духа через силовые элементы устройства для лучшего их охлаждения;

- при замыкании любого из модулей или их перегрузке по току обеспечивается отключение от сети или снятия управления с силовой части при перегрузке в безопасном для инвертора режиме;

Устройства должно быть выполнено а виде металлического каркаса, установленной в нем печатной платой на которой расположены электронные компоненты магнитные элементы и радиатор. Каркас сверху закрыт металлическим кожухом. Для улучшения теплоотвода в нижней и боковых частях корпуса предусмотрены вентиляционные отверстия.

Подключение к заземляемому устройству производиться при помощи клеммы "Земля" находящейся на задней панели устройства. Согласно ГОСТ 12.2.007.72-83 в электроустановках с напряжением до 1000В сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4-х Ом. Сопротивление изоляции в устройстве не должно быть менее 0.5 МОм.

## Разработка инструкции по охране труда

### Общие требования

Техническая эксплуатация электроустановок предусматривает планово- предупредительный ремонт. Профилактика, ремонт и наладка устройства должна производиться в специально оборудованных мастерских.

Перед включением устройства в питающую сеть необходимо

убедиться в:

- подсоединение заземления;

- отсутствия механических повреждений корпуса;

- исправном состояние кабелей питания и разъемов, кабелей

подключения нагрузки и их разъемов;

- соответствие нагрузки номинальной мощности устройства;

- исправности предохранительных элементов.

Запрещается:

- производить вскрытие корпуса и снятия защитных кожухов при

включенном питании устройства;

- проверять руками уровень нагрева элементов схемы;

- производить ремонт и наладку при снятых защитных кожухах и

включенном устройстве.

При обнаружении признаков пожара (дыма, запаха обгорающей изоляции и т.п.) или непосредственного возгорания необходимо:

- обеспечить полную обесточенность всей электроустановки;

- принять меры к тушению возникшего возгорания, применяя угле-кислотные огнетушители.

К обслуживающему персоналу:

- к работе с прибором и его ремонту допускаются квалифицированные работники, знающие правила техники безопасности при работе с напряжением до 1000 В, ознакомленные с техническим описанием на преобразователь и имеющий допуск;

- обслуживание установки должен осуществлять электротехнологи-ческий персонал, имеющий достаточные навыки и знания для безопасного выполнения работ по техническому обслуживанию;

- работники из электротехнического персонала, не достигшие 18-ти летнего возраста, к работе в электроустановках не допускаются. Работники из электротехнического персонала не должны иметь увечий и болезней (стойкой формы), мешающих производственной работе;

- электротермические установки должен обслуживать электротехноло-гический персонал прошедший медицинский осмотр. Группа по электробезопасности электротехническому и электротехнологическому персоналу присваивается в соответствии с правилами;

- температура нагрева шин и контактных соединений, плотность тока в проводниках вторичных тоководов в электротермических установок должны периодически контролироваться в сроки, обусловленные местными инструкциями, но не реже одного раза в год;

- сопротивление изоляции вторичных тоководов и рабочих токоведущих элементов электротермических устройств должно измеряться при каждом включении после ремонта и в других случаях, предусмотренных местными инструкциями;

- оперативное обслуживание оборудования электротермических установок на высоте 2 метра и более от уровня пола должно производиться со стационарных рабочих площадок;

- все потребители электроэнергии обязаны до начала проектирования и монтажа согласовать применение на своих предприятиях электронагревательных установок с органами государственного энергетического надзора в установленном порядке.

### Требования до включения ИП

Визуально проверить наружную целостность корпуса устройства.

Проверить правильность подключения питающего напряжения, правильность и надежность соединения между всеми частями установки (целостность разъемов, целостность кабелей и токоведущих частей).

Проверить наличие заземления и его прочность.

Поверить наличие отсутствия инородных элементов, не предусмотренных конструкцией устройства, целостность термоизоли-рующего материала.

В случае попадания инородных элементов - осуществить их удаление без разбора составных частей установки.

Если это невозможно или обнаружены другие отклонения (соединительный кабель порезан или оплавлен, поврежден корпус, нарушена термоизоляция нагревательной части) ЗАПРЕЩАЕТСЯ эксплуатация устройства.

Поставить в известность электротехнологический персонал и к работе не приступать.

### Требования во время включения и работы ИП

Включить питание установки и визуально, по индикационным приборам проверить правильность работы устройства;

В нормальном режиме на блоке управления должен гореть желтый семисегментный индикатор.

После полной правильной сигнализации предвключенного состояния установки (горит только индикатор), выставить необходимое значение тока.

В нормальном режиме на блоке управления должен загореться зеленый светодиод. Загорание зеленого светодиода и отсутствие свечения красного светодиода сигнализирует о нормальной работе устройства. Любое отклонение от установленного режима работы сигнализирует о режиме срабатывания защиты или аварии в устройстве. Если причина срабатывания не может быть устранена отключить установку.

В случае неудачного включения полностью обесточить установку и оповестить службу электрообслуживания.

Если во время работы обнаруживаются признаки возгорания (запах плавящейся изоляции или появление пламени) обесточить установку и в случае появления пламени принять меры к его устранению с помощью углекислотных огнетушителей и оповестить соответствующие службы.

### Требования при аварийной ситуации

В случае возникновения аварийной ситуации на отдельном устройстве необходимо обесточить устройство. В случае возникновения аварийной ситуации, представляющей реальную опасность для жизни работающих, необходимо обесточить все оборудование общим рубильником и, соблюдая порядок и спокойствие, принять меры по обеспечению безопасности людей и оборудования.

Если пострадавший от тока находится в сознании, достаточно передать последнего под наблюдение врача на 2-3 часа. При отсутствии сознания, но сохранившемся дыхании и пульсе, расстегнуть одежду, давать нюхать нашатырный спирт. Если пострадавший дышит плохо или не дышит - делать искусственное дыхание и массаж сердца до появления врача.

При электрическом ожоге одежду и обувь нужно разрезать. Нельзя касаться руками обожженных участков, смазывать их чем либо. Нельзя прокалывать пузыри, отдирать куски одежды. Обожженную поверхность закрывают стерильной повязкой и доставляют человека в лечебное учреждение.

Во всех перечисленных ситуациях необходимо сообщить о произошедшем случае начальнику цеха.

# Заключение

В результате работы над дипломным проектом был разработан стабилизатор тока электродиализатора, принцип действия которого основан на высокочастотном преобразовании энергии.

Разработана электрическая принципиальная схема устройства, разработана печатная плата устройства, проработана и изготовлена конструкция. Результаты работы показали, что существует возможность улучшения технологических и экономических свойств устройства за счет изменения некоторых элементов и блоков.

В ходе разработки устройства получен большой опыт в разработке электронных схем.

# Список использованных источников

1. А. В. Храмцов, В.Д. Семенов, С.В. Образцов особенности электрохимического аппарата с ионообменными мембранами как нагрузки источника электропитания. В Научная сессия ТУСУР-2008: Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 5-8 мая 2008 г.: В пяти частях. Ч. 2.-Томск: В-Спектр, 2008. с. 306
2. Гнусин Н.И., Гребенюк В.Д., Певницкая М.В. Электрохимия ионитов. Новосибирск: Наука, 1974. 200 с.
3. «Установка концентрирования аккумуляторного щелочного электролита (УКЩ) "ДЕЛЬТА - К 20"» Технический паспорт, Томск.
4. Бекназарова А.М., Образцов С.В., Семенов В.Д. Современные электрохимические комплексы для обессоливания, деионизации и кондиционирования воды. В Итоги научно-исследовательских работ и курсового проектирования студентов 1-4 курсов кафедры промышленная электроника. Вып. 2. с. 67-71
5. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. – М.: Солон-Р, 2001. – 327 с.
6. «DRM100 Designer Reference Manual; Devices Supported: 56F801X» Freescale Semiconductor, 2008.
7. «Ferrites and accessories E65/32/27 Core» Epcos, 2006.
8. «80CPQ150» International Rectifier, 2002.
9. Полищук А. Проблемы выбора ключевых транзисторов для преобразователей с жестким переключением// Силовая электроника. 2004. №2.
10. «IRFPS3815» International Rectifier, 2002.
11. Труды ежегодной научно-практической студенческой конференции по специальности "промышленная электроника" / сост. В.С. Мишуров, А.В. Топор; под ред. В.А. Скворцова. - Томск. Гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2009. - 64 с. (в печати).
12. «CSNT651-001» Honeywell, 2006.
13. «IR2127» International Rectifier, 2001.
14. «UCC37322» Texas Instruments, 2004.
15. «B57045 K45» Epcos, 2002.
16. «MC56F8000 Peripheral Reference Manual» Freescale Semiconductor, 2006.
17. «BA56-11SRWA» Kingbright, 2000.
18. «MC9S08QE8» Freescale Semiconductor, 2008.
19. «Current-mode PWM controller» Philips Semiconductor, 1994.
20. Изоткина Н.Ю., Осипов Ю.М. Управление инновационной деятельностью: Учебно-методический практикум для инженеров. – Томск: Издательство ТУСУР, 2007. – 293 с.