

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

Институт энергетики и электротехники

(институт)

Кафедра Промышленная электроника

11.03.04 – Электроника и наноэлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника

(направленность (профиль))

Бакалаврская работа

на тему «Устройство для настройки датчиков положения серводвигателя
Siemens серии 1FT5»

Студент

М. Ю. Романов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

М.В.Позднов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

«Промышленная электроника» к.т.н, доцент А.А. Шевцов

(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Аннотация.

Объем 64с., 22рис., 21 источников, таб.9.

Объект – серводвигатель SIEMENS серии 1FT5.

Предмет – датчики положения ротора.

Суть моей бакалаврской работы изготовить устройство для проверки датчика положения ротора, данного серводвигателя фирмы SIEMENS серии 1FT5 всех моделей. Мы использовали дешевые и качественные материалы, для разработки прибор для настройки датчиков положения серводвигателей.

Целью работы - это разработка устройства для настройки датчиков положения серводвигателей фирмы Siemens серии 1FT5.

Чтобы достигнуть цели нужно выполнить следующий список задач:

1. Анализ методов настройки датчиков положения ротора серводвигателей;
2. Улучшение существующего метода настройки датчиков положения;
3. Разработка устройства.

Первая глава работы посвящена изучению объекта исследования и изучению предмета исследования.

Вторая глава работы посвящена разработки рабочей модели устройства.

Третья глава работы описывает технологию работы с платами и схемами, а так же изготовление устройства по настройке датчиков положения.

Четвертая глава работы включает в себя, затраченные нами сумму на изготовления устройства.

Пятая глава работы описывает насколько устройства безопасно и экологично к окружающей среде, и непосредственно к человеку.

Для того, чтобы сделать устройство, нужно было изучить все возможные способы изготовления печатных плат и выбрать самый актуальный. После этого нам требовалось найти подходящие компоненты. Что было довольно таки не сложным, но и не простым заданием. Так как компоненты надо было искать не просто который понравился, а по нужным характеристикам. Из этого следует, то что мы провели все нужные расчеты и изучили характеристики объекта с которым данное устройство будет работать.

Так же были проведены дорожки, которые мы выводили на платы. Все делалось в программе SprintLayout 6.0 и в ручную способом по выведению который описан в бакалаврской работе.

Мы рассчитали что прибор выходит дешевым и безопасным в применении. В бакалаврской работе рассказано в подробности как изготовить подобный прибор.

Содержание

Аннотация.....	2
Введение.....	6
1. Состояние вопроса.....	8
1.1. Электрические машины.....	8
1.1.1. Виды электрических машин.....	8
1.1.2. Принцип работы синхронного двигателя.....	8
1.1.3. Область применения серводвигателей.....	14
1.2. Датчики положения ротора.....	15
1.2.1. Магнитно-электрические датчики.....	16
1.2.2. Магнитно-индукционные датчики.....	17
1.2.3. Оптоэлектрические датчики.....	18
1.3. Анализ причин рассинхронизации ротора двигателя с датчиками положения.....	18
1.4. Поиск аналогов разрабатываемого устройства.....	19
1.5. Структурная схема устройства.....	19
2. Проектный раздел.....	22
2.1 Проектирование коммутационной части устройства.....	22
2.1.1 Выбор схемы силовой части.....	22
2.1.2 Схема канала управления полевым транзистором.....	23
2.1.3 Выбор электронных компонентов для устройства.....	24
2.1.4 Выбор источника питания для контура DC.....	26
2.2 Проектирование регулятора тока для контура DC.....	29
2.2.1 Составление таблицы номинальных характеристик серводвигателей SIEMENS серии 1FT5.....	29
2.2.2 Расчет регулятора тока для контура DC.....	32
2.2.3 Принципиальная электрическая схема регулятора тока.....	32
3. Конструкторско-технологический раздел.....	34
3.1 Работа в программной среде sPlan 7.0.....	34
3.2 Технология изготовления печатных плат.....	37

3.3	Работа в программной среде SprintLayout 6.0.....	46
3.4	Изготовления печатных плат для устройства.....	47
4.	Экономический раздел.....	51
4.1	Расчет финансовых затрат на силовую плату.....	51
4.2	Расчет финансовых затрат на источник контура DCи изготовленный регулятор тока.....	52
4.3	Расчет финансовых затрат на плату управления.....	53
4.4	Расчет финансовых затрат на плату основного источника питания.....	54
5.	Безопасность и экологичность работы.....	59
5.1	Меры предосторожности при работе с устройством.....	59
5.2	Используемые материалы при изготовлении устройства.....	60
5.3	Замена неисправных компонентов и их утилизация.....	60
	Заключение.....	62
	Список используемой литературы.....	63

Введение.

В наши дни можно увидеть множество двигателей компании SIEMENS, используемых в производстве. Так как эта компания стала одной из лидеров производящих серводвигатели в мире. Но не исключена поломка двигателя. Ведь они используются непрерывно, директорами заводов и нуждаются в ремонте. А те специалисты, кто будет производить ремонт двигателя нужно понять в чем причина поломки. При этом затратив меньше времени, потому что время это деньги и его у человека не так уж много.

Прежде чем изготавливать устройство нужно исследовать оборудование, которое оно будет проверять на наличие ошибок. И нуждаются ли в нем люди.

Главные цели это сэкономить время при ремонте, сделать дешевым и главное безопасным для человека и окружающей среды.

Его создание позволит обеспечить работника очень быстрым и удобным устройством для анализа поломки в серводвигателях.

В деятельности современного инженера, работающего в промышленности, воплощается его научно-исследовательское отношение к действительности. Эта деятельность отвечает законом инженерного творчества. Инженер-проектировщик несет ответственность за ту роль, которую сыграет продукция в повышении культурного уровня человека. Развитие современной техники невозможно без знаний фундаментальных научных открытий, где все лаконично и нет ничего случайного. Это дает неоспоримый вклад в научную, творческую и изобретательскую деятельность инженера как творца. Для разработки бакалаврской работы также необходимы знания в области конструирования, технологии изготовления, экономики и безопасности жизнедеятельности.

Идея создания устройства, позволяющего настроить датчики положения, как на настроечном стенде, так и на месте работы двигателя (станок на предприятии или двигатель без возможности подключения к частотному преобразователю).

Бакалаврская работа на тему «Устройство для настройки датчиков положения серводвигателей Siemens 1FT5» посвящен созданию прибора, который облегчит задачу настройки датчиков положения серводвигателей, позволит сэкономить время и самое главное данное устройство не требует больших знаний в области электромеханики.

1. Состояние вопроса
- 1.1 Электрические машины.
- 1.1.1 Виды электрических машин.

Электрические машины делятся на два раздела, такие как: постоянного тока и переменного тока.

Постоянного тока разделяется на коллекторные машины, в котором переключателем тока в обмотках и датчиком положения ротора является щеточно-коллекторный узел. Так же на индукторные машины, в них обмотки возбуждения и якоря неподвижны, а ротор является цилиндрическим магнитопроводом с равномерно распределенными на его поверхности зубцами.

Переменного тока являются машины синхронные, асинхронные и коллекторные. Рассмотрим их подробнее:

Синхронные машины – у нее частота вращения магнитного поля и ротора в воздушном зазоре одинакова. Они существуют двух типов явнополюсные, имеют конструкцию похожую на полюса машины постоянного тока, и неявнополюсные – ее конструкция обмотки возбуждения кладется в пазы сердечника индуктора.[1].

Асинхронные машины – а них частота вращения магнитного поля и ротора не равна, которая создается током на обмотке статора. Они делятся на два типа: с фазным ротором который можно регулировать при помощи добавления сопротивления в цепь ротора, и с короткозамкнутым ротором, который пускают 2-мя способами:

- 1) Подключают трехфазное напряжение сети к статору двигателя.
- 2) Снижают напряжение, которое подведено к обмоткам статора.

Коллекторные машины – у нее на роторе находится замкнутая якорная обмотка, подключенная к коллектору и ее назначение регулировать частоту ЭДС создаваемую во вторичной обмотке.[2].

- 1.1.2 Принцип работы синхронного электродвигателя.

Синхронный электродвигатель с постоянными магнитами – ротор которого состоит из постоянных магнитов.

Отличие синхронного электродвигателя и асинхронного электродвигателя с постоянными магнитами, заключается в его роторе. Его показатели показывают, что синхронный двигатель с постоянными магнитами имеет КПД более 2%, чем асинхронный электродвигатель. С условием, что статор имеет такую же конструкцию, а для управления используются одинаковые частотные преобразователи.

СДПМ - состоит из статора (неподвижная часть) и ротора (подвижная часть). Рис.1

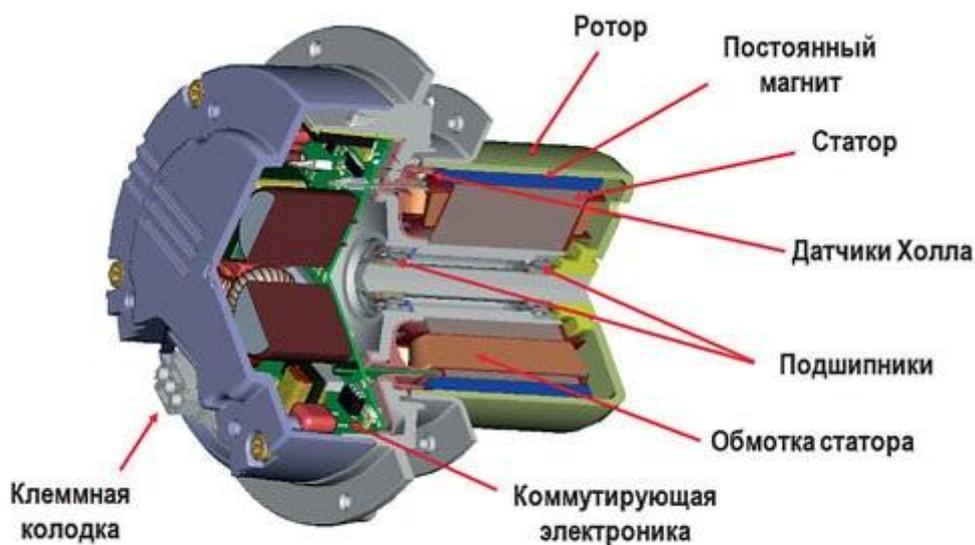
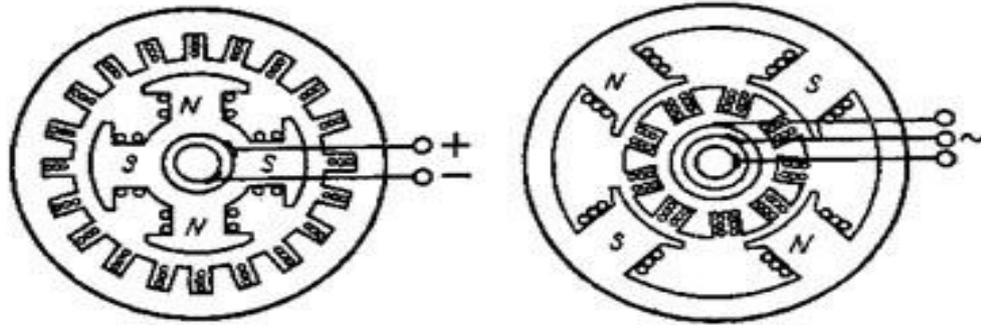


Рисунок 1 - Синхронный электродвигатель с постоянными магнитами.

Так же есть конструкция внешнего ротора двух типов: стандартная и обращенная. Рис.2.



Конструктивный вариант синхронной машины, при котором обмотка якоря располагается на статоре, а обмотка возбуждения - на роторе

Конструктивный вариант синхронной машины, при котором обмотка якоря располагается на роторе, а обмотка возбуждения - на статоре

Рисунок 2 - Синхронный электродвигатель с постоянными магнитами: стандартная - слева, обращенная - справа.

В роторе присутствуют постоянные магниты. Они используются из материалов высокой коэрцитивной силой.

По конструкции ротора синхронные электродвигатели делятся на две части: с явно и неявно выраженными полюсами.[3].

Электродвигатель неявнополюсной имеет равную по поперечной и продольной осям $L_d=L_q$, а у явнополюсного индуктивность продольного не равна поперечному $L_q \neq L_d$.

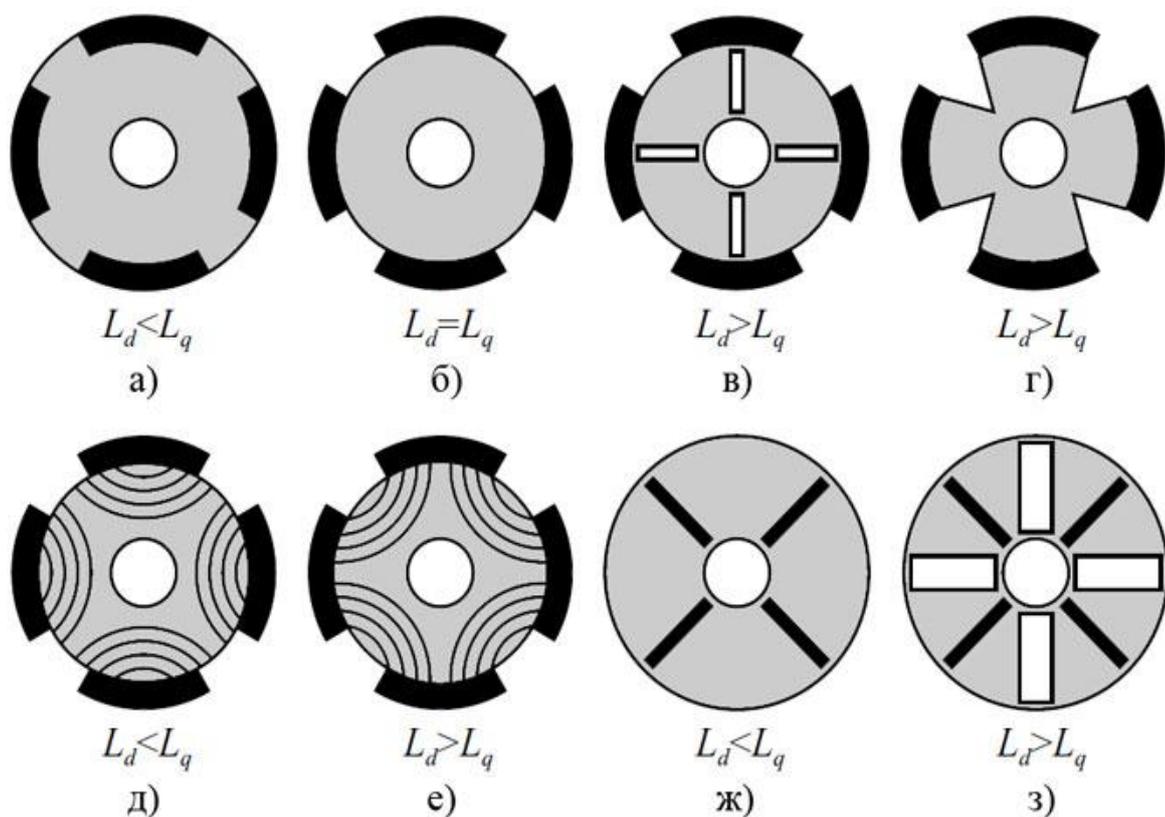


Рисунок 3 - Разные отношения сечения ротора L_d/L_q . Черные - магниты. Под буквами д, е - аксиально-расслоенные роторы. Под буквами в, з - роторы с барьерами.

СДПМ делятся по конструкции ротора на две категории:

- 1) С поверхностной установкой. Рис.4.
- 2) Со встроенными магнитами. Рис.5.

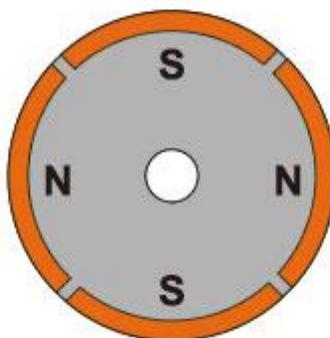


Рисунок 4 - пункт №1.

Постоянные магниты



Рисунок 5 - пункт №2.

Статор - он состоит из сердечника с обмоткой и корпуса. Существует с двухфазной и трехфазной обмоткой.

Из-за конструкции делятся еще на:

- синхронный двигатель с распределенной обмоткой. У нее число пазов на фазу и полюс равняется двум и более. Рис.6.
- синхронный двигатель с сосредоточенной обмоткой. У нее число пазов на фазу и полюс равняется единице. Рис.7.

Пазы распределены равномерно по окружности статора. Их можно соединить последовательно или параллельно. Самый главный недостаток – это невозможность влияния на форму кривой ЭДС.[4].

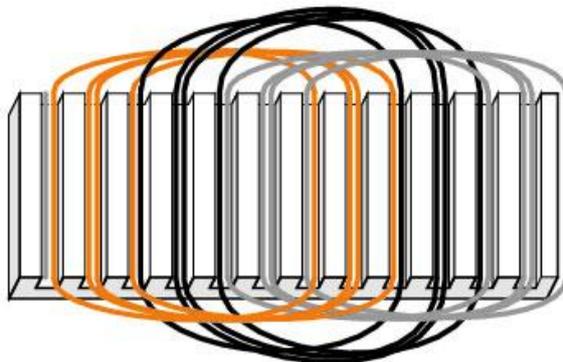


Рисунок 6 - Трехфазная распределенная обмотка (схема).

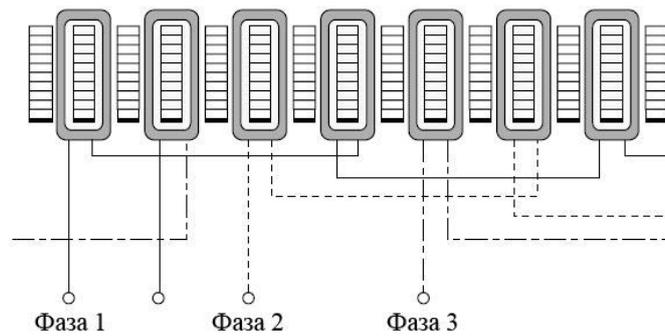


Рисунок 7 - Трехфазная сосредоточенная обмотка (схема).

Формы электродвижущей силы бывают: трапецеидальной и синусоидальной. Определяется при помощи магнитной индукции в зазоре по окружности статора.

Принцип работы синхронного электродвигателя – когда обмотка статора создает магнитное поле, которое вращается. С синхронным переменным током статора взаимодействует магнитное поле ротора. Оно создает крутящий момент, которое вращает ротор.

Чтобы синхронный двигатель работал, ему нужно управление. Сервопривод или частотный преобразователь.

Для простых задач применяют датчик Хола. А для более сложных - полеориентированное управление.

Полеориентированное управление - очень точно и независимо управлять моментом и скоростью бесщеточного электродвигателя, чтобы данный метод работал надо знать положение ротора.

Еще простейшим способом управления является – трапецеидальное управление. Этим способом можно управлять синхронным двигателем с постоянными магнитами, с синусоидальной обратной электродвижущей силы, но средний момент электропривода будет меньше 5 %, а пульсация – 14% от максимума.

На данный момент способ бездатчиковое полеориентированное управление возможно лишь с явнополюсным ротором для синхронного двигателя с постоянными магнитами на всем диапазоне скоростей.

1.1.3 Область применения серводвигателей.

Сервоприводы применяются для точного позиционирования приводимого элемента в автоматических системах такие как:

- Элементы управляющие механической системой
- заготовки в станках и инструментах рабочие органы

Сервоприводы вращательного хода применяются для:

- Промышленных роботов.
- Станков с ЧПУ.
- Полиграфических станков.
- Промышленных швейных машин.
- Упаковочных станков.
- Приборов.
- Авиамоделирования.

Серводвигатель линейного хода применяются, в автоматах установки электронных компонентов на печатную плату.

Серводвигатель, определенный для приведения в движение управляющего устройства через поворот выходного вала, используются в таких областях, например, закрытие и открытие клапанов, переключатели и так далее.

Характеристиками сервомотора являются энергоэффективность, равномерность движения, и конечно же динамика двигателя.

Серводвигатели обширно используются в промышленности, такие как металлургия, станки с ЧПУ, пресси-штамповочное оборудование, автомобильная промышленность.

В основном в сервоприводах применялись трех полюсные коллекторные двигатели, в них тяжелый ротор с обмотками вращается внутри магнитов.

Первое улучшение, которое было использовано — увеличение количества обмоток до пяти. Из-за этого выросли скорость разгона и вращающий момент. Второе улучшение — это изменение конструкции

двигателя. Сердечник сделанный из стали с обмотками который очень сложно раскрутить быстро. Из-за этого конструкцию изменили — обмотки располагаются снаружи магнитов и исключено вращение стального сердечника. Поэтому снизился вес двигателя, возросла стоимость и уменьшилось время разгона.

Третий шаг — использование бесколлекторных моторов. У бесколлекторных моторов выше коэффициент полезного действия, потому что нет скользящих контактов и щёток. Они более эффективны, обеспечивают большой вращающий момент, скорость, мощность, ускорение.

1.2. Датчики положения ротора .

Датчик положения ротора— элемент электропривода, позволяет определить положение ротора. Информация о положении ротора, полученная от датчика положения ротора, применяется для управления электродвигателями электрогенераторами.

Существуют разные виды датчик положения ротора:

- Магнитоиндукционный.
- Магнитоэлектрический (эффект Холла).
- Оптоэлектрический.

Датчики положения ротора имеют широкое использование при векторном управлении. Часто датчик положения ротора дополнительно применяются для стабилизации определения скорости вращения вала электрической машины. Порой датчики положения ротора используют для определения положения объекта управления электропривода, поэтому снижается точность управления по сравнению с вариантами, при которых датчик положения объекта управления установлен на самом объекте управления.

Нынешние тенденции электроприводной техники привели к появлению бездатчиковых электроприводов. В них датчиков положения ротора нет, а нужная информация о положении извлекается из фазных токов электродвигателя. Важнейшую роль бездатчиковые системы играют в

сетевых инверторах, на которые распространяются такие же принципы, что и на электрические машины, тем не менее установка датчик положения ротора физически невыполнима.

Преимуществами бездатчиковых систем их компактность, надежность и дешевизна. Преимуществами систем с датчик положения ротора являются простота в управление и повышенная точность.[5].

1.2.1. Магнитоэлектрические датчики.

Самым популярным типом магнитоэлектрического датчика является генераторный датчик с пульсирующим магнитным потоком коммутаторного типа. Он изменяет магнитное сопротивление в магнитной цепи, и магнитного потока в цепи, когда изменяется зазор, а способствует этому ферромагнитный зубчатый ротор.

Когда зубцы ротора приближаются к полюсам статора, в обмотках, включенных последовательно и согласованно, нарастает напряжение. При совпадении фронтов зубцов ротора с полюсами статора напряжение, достигает максимума, далее быстро меняет знак и при удалении зубцов увеличивается в противоположном направлении до максимума. Такие датчики еще и по настоящее время применяются в распределителях зажигания, в которых зубчатый ротор устанавливается на распределительный валик и изготавливается из мягкой стали. Число зубцов зависит от числа цилиндров двигателя. Необходимое магнитное поле создают постоянные магниты.

Благодаря развитию микроэлектроники широкое распространение получили датчики углового положения на эффекте Холла. Он возникает в плоской полупроводниковой пластине, внесенной в магнитное поле, при пропускании через нее электрического тока. Если поместить пластинчатый элемент в магнитном поле таким образом, чтобы направление индукции магнитного поля было перпендикулярно плоскости пластины, и затем пропустить через нее ток в продольном направлении, то в поперечном

направлении между противоположными гранями пластины возникнет электродвижущая сила Холла.

Чувствительность элемента Холла зависит от соотношения между шириной и длиной пластины, и если уменьшить толщину, то чувствительность повысится.

Электродвижущая сила самоиндукции Холла очень мала и обязана быть усилена вблизи кристалла, чтобы устранить влияние электромагнитных помех. Конструктивно элемент Холла и преобразовательная схема, содержащая усилитель, пороговый элемент, выходной каскад и стабилизатор напряжения, выполняются в виде интегральной микросхемы, которая называется магнитоуправляемой интегральной схемой.

Такие интегральные схемы с датчиками Холла выпускаются аналоговыми и дискретными. Аналоговые интегральные схемы применяются в датчиках абсолютного положения вместо контактных потенциометрических. Дискретные - в датчиках относительного положения и скорости. Выходное напряжение аналоговых датчиков Холла пропорционально магнитной индукции поля и напряжению питания, что упрощает их сопряжение с АЦП. На практике для определения углового положения может применяться аналоговый датчик Холла, конструкция которого показана. При повороте кольцевого магнита относительно статоров, между которыми расположен датчик Холла, выходное напряжение датчика изменяется. В диапазоне ста пятидесяти градусов характеристика линейна, погрешность преобразования меньше одного процента. В похожих датчиках нет трущихся частей, кроме подшипников, они безынерционные и обладают высокой надежностью.

Однако стоимость аналоговых датчиков Холла большая, кроме этого, на их чувствительность сказывается температура. Из-за своей высокой стоимости в датчиках Холла стали применять дешевые магнитные материалы с небольшой температурной стабильностью: ферриты и сплавы AlNiCo . [6].

1.2.2. Магнитоиндукционные датчики.

Отличие между датчиками магнитоэлектрическим и магнитоиндукционным является выходной сигнал. То есть на выходе у магнитоэлектрического датчика постоянный выходной сигнал (единица или ноль). Напряжение его постоянного питания – это единица, а земля его питания – это ноль, либо отрицательное питание, если оно двух полярное. А на выходе у магнитоиндукционного датчика не постоянное напряжение, а синусоидальный импульс или переменный. [7].

1.2.3. Оптоэлектрические датчики.

Чтобы бесконтактным методом определить положения объекта на довольно таки большом расстоянии применяют оптоэлектрический датчик положения, еще они называются фотоэлектрические датчики. Так как у индуктивного датчика имеет значение приближение и из какого материала сделан объект, то у фотоэлектрических датчиков материал не имеет значение. Главным преимуществом оптоэлектрического выключателя, это большое расстояние срабатывания. [8].

Фотоэлектрические датчики доступны с разнообразными схемами работы: оптоэлектрические датчики с диффузионным отражением от объекта, датчики в отдельном корпусе, оптические датчики перемещения с отражением от рефлектора. Чтобы выбрать оптоэлектрический датчик нужно проанализировать объект измерения и по его свойствам сделать выбор, так как блестящие или прозрачные объекты могут без труда детектироваться оптоэлектрическими сенсорами.

Оптоэлектрические датчики изготавливают из специальных корпусов и со стандартными выходными сигналами.

1.3. Анализ причин рассинхронизации ротора двигателя с датчиками положения.

Существует много причин рассинхронизации датчика положения и ротора, но основные и частые причины приведены ниже:

- 1) Механический останов ротора.
- 2) Длительная время работы износ.

- 3) Частые вибрации.
- 4) Слишком старый двигатель.
- 5) Неправильное условия эксплуатации.[9].

1.4. Поиск аналогов разрабатываемого устройства.

Просмотрев все возможные варианты похожих устройств. Мы сделали вывод, что похожих устройств или работ не было найдено, значит, таких устройств в мире нет. Даже изучив документацию Siemens Simodrive 610 похожих устройств мы не нашли.

Чтобы разработать устройства, было взято за основу методика настройки датчиков, вот только технического решения позволяющего автоматизировано выполнять эту настройку, не обнаружено. Данная работа посвящается изготовлению и разработки такого устройства.

1.5. Структурная схема устройства.

Чтобы понять устройство, составим структурную схему, которая из блоков управления устройства. Представленная структура устройства на рис. 8.

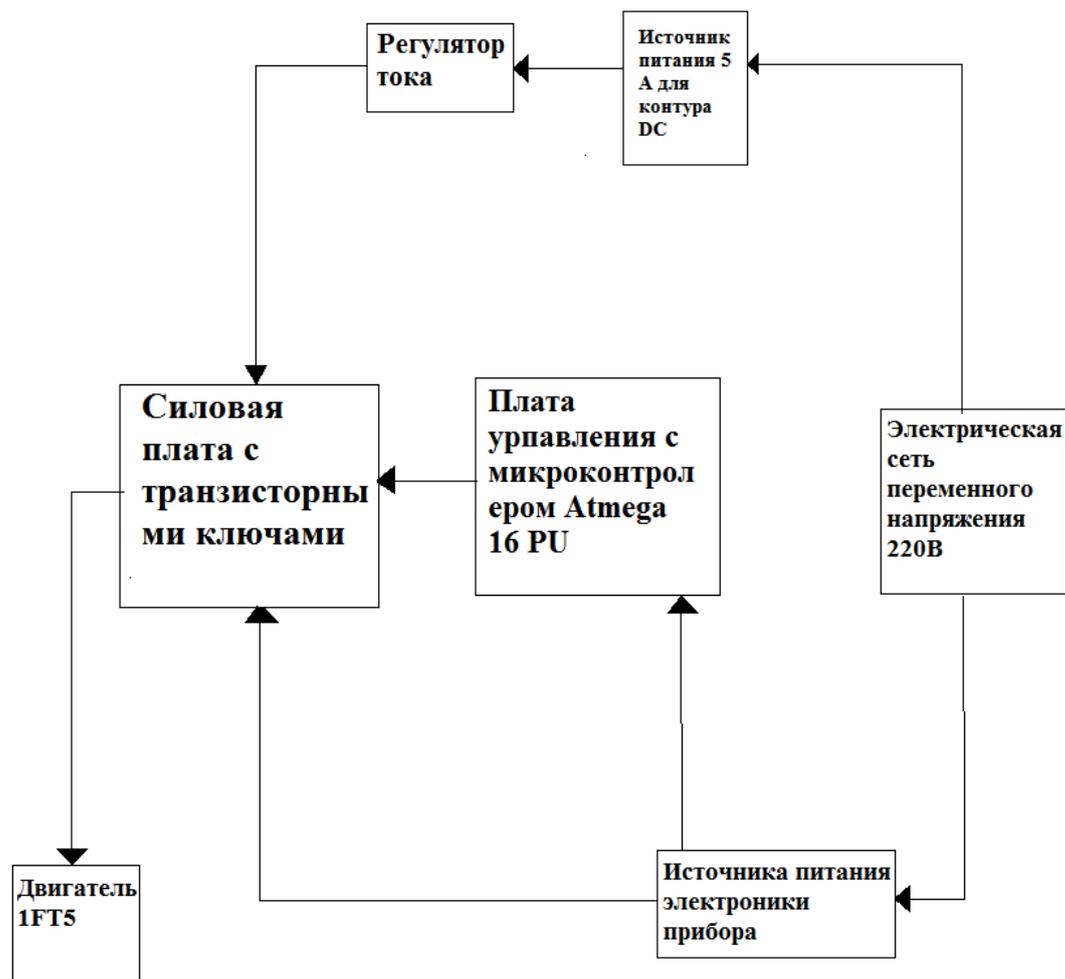


Рисунок 8 - Структурная схема устройства.

Она содержит следующие блоки:

1. Сеть переменного напряжения 220 В частотой 50 Гц, она питает 2 источника тока и основной;
2. Источник тока контура DC, с номинальным током 5А и выходным постоянным напряжением 24В;
3. Источник питания, он же питает и силовую часть;
4. Как ограничитель тока используется регулятор контура DC;
5. Силовая плата с транзисторными ключами, эмитирующими работу частотного преобразователя;
6. Придает валу вращение плата управление с микроконтроллером Atmega 16 PU, при помощи переключения силовых ключей;

Стрелками указано взаимодействие системы между блоками, направления стрелок определяют направления сигналов.

2. Проектный раздел.

2.1. Проектирование коммутационной части устройства.

После окончания проектировки будущего устройства приступаем к его изготовлению. Сначала необходимо выбрать подходящую силовую часть устройства (силовые ключи). Рассмотрим возможные варианты силовой части устройства. [10]

2.1.1. Выбор схемы силовой части.

Первое что мы рассмотрели в роли силовых ключей – реле (рис. 9). Очень удобно в использовании, гальванически развязанное и простое управление.

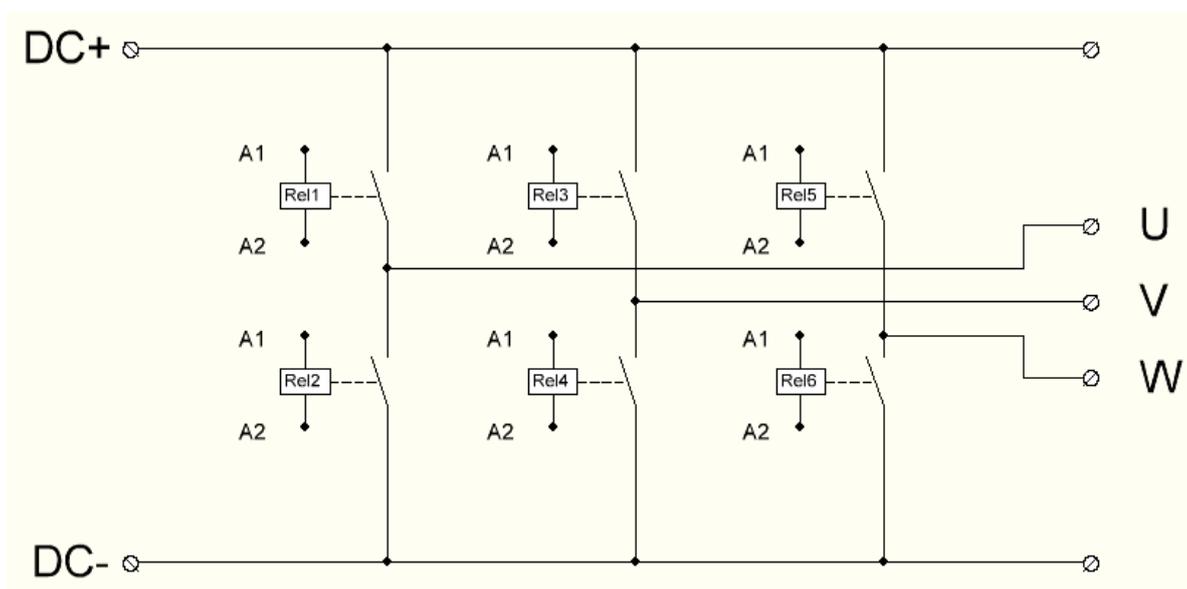


Рисунок 9 - Силовая часть с релейными силовыми ключами.

Разнообразие выбора реле очень большое, разные размеры параметры и сроки службы. Среди них можно выбрать, что нам подойдет, но есть недостатки:

1. Чем больший ток, протекающий через контакты, нам нужен тем больше габариты реле.
2. При замыкании контактов реле, через них протекает большой ток до 5 А, что губительно для контактов и резко сокращает срок их службы.

3. Для управления реле необходим источник питания большой мощности, так как катушка управления реле потребляем порядка 170-200 мА минимум.

Изучив все плюсы и недостатки реле, в роли силовых ключей силовой части, мы пришли к выводу, что реле нам не подойдут.

Второй вариант, который мы рассмотрели – это полевые транзисторы MOSFET (рис. 10). Полевые транзисторы маленького размера имеют очень большую скорость срабатывания и могут долго прослужить при правильном выборе схемы управления.

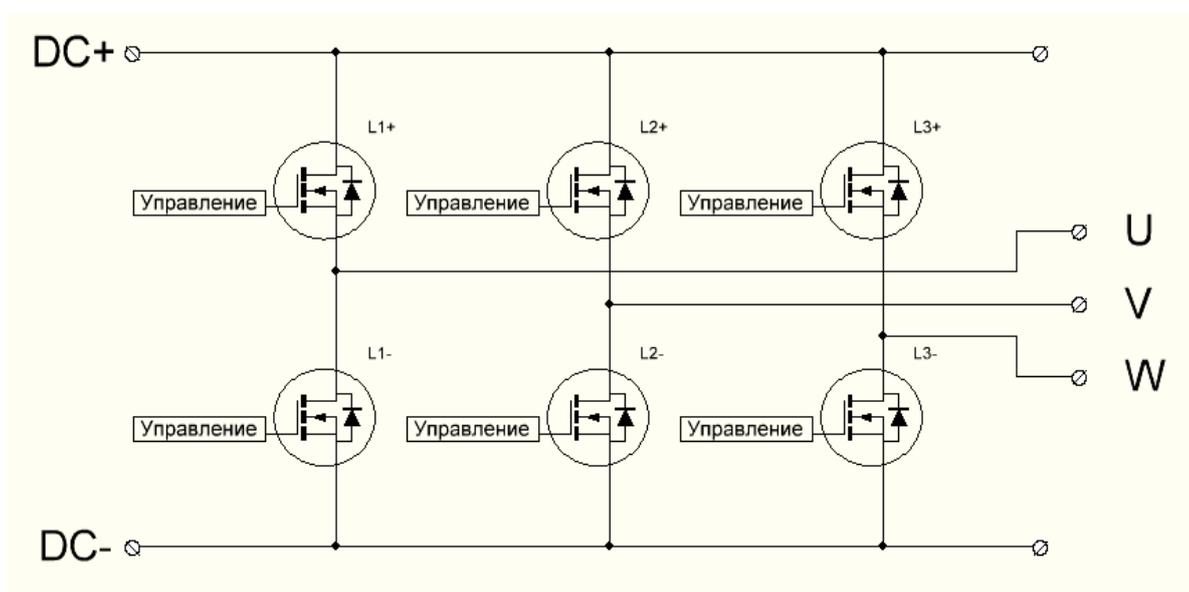


Рисунок 10 - Силовая часть с полевыми транзисторами.

Далее после выбора схемы силовой части и силовых ключей необходимо выбрать схему управления силовыми ключами. Также надо учитывать, что управление и питание транзисторов должно быть развязано, гальванически или оптически, так как эмиттеры верхних полевииков это выходные фазы U, V, W на двигатель и при одиночном питании мы просто замкнем все три фазы между собой. А управление буде реализоваться микроконтроллером и при выходе из строя полевика или его канала управления, выход микроконтроллера будет защищен от сгорания.[11].

2.1.2. Схема канала управления полевым транзистором.

Для выбора относительно недорогого исполнения, но при этом надежного и с оптически развязанным управлением были изучены силовые платы частотных преобразователей фирм Siemens, Posidrive и Altivar. После тщательного анализа возможных вариантов был выбран канал управления с оптодрайвером HCPL3120, однополярным питанием и резистором 10 кОм на GateEmitter полевика от случайного открытия рис.11.

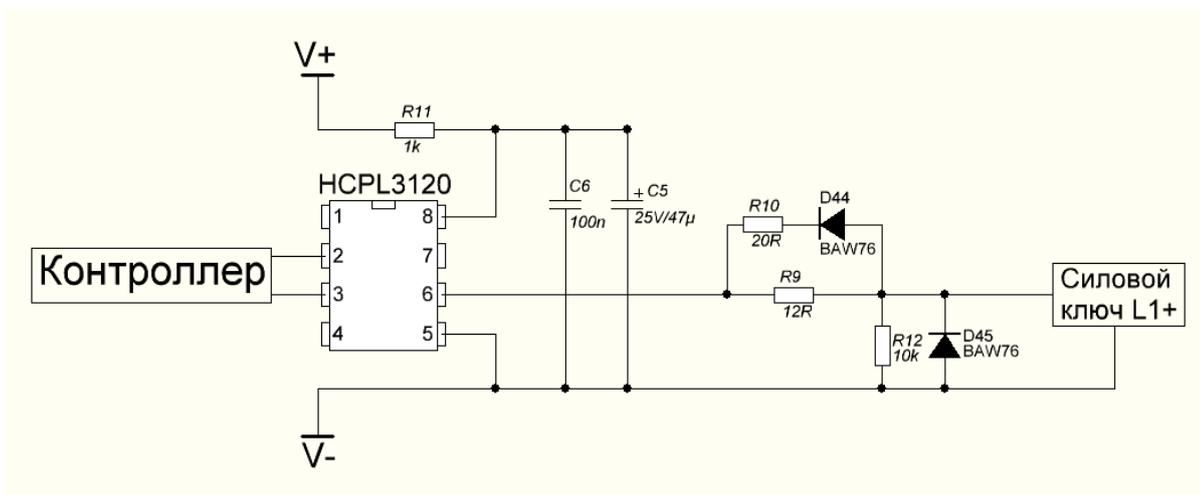


Рисунок 11 - Схема канала управления полевым транзистором.

Таких каналов на силовой плате будет шесть и каждый из них с развязанным питанием и управлением. [12].

2.1.3. Выбор электронных компонентов для устройства.

Для изготовления мы использовали материалы, которые купили в магазине. Подходящие под наши расчеты. Список компонентов разделен на изготовленные платы, которые указаны ниже:

Плата основного источника питания.

Конденсатор смд 100 nF (0805)	2 шт.
Конденсатор смд 100 pF (0805)	2 шт.
Конденсатор смд 2,2 nF (0805)	2 шт.
Конденсатор смд 10 nF (103) 3K	2 шт.
Диод BAW76	8 шт.
Диодный мост GBU25M	1 шт.
Резистор 330 Ом (смд 0805)	1 шт.
Резистор 33 Ом (смд 0805)	1 шт.

Резистор 150 кОм (смд 2010)	2 шт.
Резистор 120 кОм (смд 2010)	1 шт.
Резистор 24 кОм (смд 2010)	1 шт.
Резистор 8,2 кОм (смд 0805)	1 шт.
Резистор 33 кОм (смд 0805)	1 шт.
Резистор 1 кОм (смд 0805)	1 шт.
Резистор 10 кОм (смд 0805)	1 шт.
Резистор 2 Ом (смд 2010)	2 шт.
Резистор 2 кОм (смд 0805)	2 шт.
Резистор 100 кОм 5Вт	1 шт.
Конденсатор электролитический 400V/220mF	2 шт.
Конденсатор электролитический 35V/220mF	1 шт.
Конденсатор электролитический 63V/220mF	1 шт.
Конденсатор электролитический 35V/47mF	5 шт.
Транзистор полевой 2SK2225	1 шт.
Микросхема UC2844N	1 шт.
Диод DGP15 (1400V)	1 шт.
Диод MUR1520	1 шт.
Плата регулятора тока.	
Реле 5V / 6A	3 шт.
Конденсатор смд 100 pF (0805)	2 шт.
Конденсатор смд 2,2 nF (0805)	2 шт.
Плата управления.	
Конденсатор (104) 100 nF	3 шт.
Конденсатор (151) 150 pF	3 шт.
Диод BAW76	12 шт.
Оптодрайвер HCPL-3120	6 шт.
Резистор 20 Ом (смд 1206)	6 шт.
Резистор 12 Ом (смд 0805)	6 шт.
Резистор 10 кОм (смд 1206)	6 шт.

Резистор 1 кОм (смд 1206)	6 шт.
Конденсатор электролитический алюминиевый (смд) 35V/220mF	3 шт.
Конденсатор электролитический алюминиевый (смд) 25V/47mF	3 шт.
Транзистор полевой MOFSETIRF3710	6 шт.
Стеклотекстолит двухсторонний 150*300*1 мм	1 шт.

Силовая плата.

Конденсатор (104) 100 nF	3 шт.
Конденсатор (151) 150 pF	3 шт.
Диод BAW76	12 шт.
Оптодрайвер HCPL-3120	6 шт.
Резистор 20 Ом (смд 1206)	6 шт.
Резистор 12 Ом (смд 0805)	6 шт.
Резистор 10 кОм (смд 1206)	6 шт.
Резистор 1 кОм (смд 1206)	6 шт.
Конденсатор электролитический алюминиевый (смд) 35V/220mF	3 шт.
Конденсатор электролитический алюминиевый (смд) 25V/47mF	3 шт.
Транзистор полевой MOFSETIRF3710	6 шт.
Стеклотекстолит двухсторонний 150*300*1 мм	1 шт.

[13].

2.1.4. Выбор источника питания для контура DC.

Так мною ранее были выбраны в качестве силовых ключей, полевые транзисторы рассчитанные на низкое напряжение(номинальное напряжение 100V), но высоким номинальным током (51A), из этого следует что одним из важнейших критериев источника питания будет его выходное напряжение, которое должно быть ниже (100V). После проведения анализа существующих вариантов источника напряжения. Была сделана таблица по ограничению тока в зависимости от группы.

Таблица 1 – Ограничения тока в зависимости от группы.

Гру ппа	Миним альное значение I, А	Максима льное значение I, А	Ток контура, А	Напряж ение контура, В
1	1	5.1	1	5-24
2	5.2	10	2	5-24
3	11	20	3	5-24
4	21	29	4	5-24
5	30	40	5	5-24

Исходя из данных таблицы 1, мы подбираем источник питания контура с входным напряжением 220 АС, выходным током не менее 5 А.

Таблица 2 – Выбор источника питания. [14].

Модель	Входное напряжение, V	Выходное напряжение, V	Выходной ток, А	Габариты, ДхШхВ	Цена, руб.
PS-25-5	220 V	5 V	5 А	107x61x28 мм	1,160 р.
PS-45-5	220 V	5 V	8 А	127x76x28 мм	1,090 р.
PS60- W1V12	220 V	5 V	5 А	118x78x36 мм	960 р.
SM-60-12	220 V	12 V	5 А	198x97x42мм	1,020 р.
	220 V	24 V	5 А	88x56x34мм	620 р.

SM-24V					
<u>APS-100M-12</u>	220 V	12 V	8 A	127x76x28 мм	1,070 p.
APS-120-12	220 V	12 V	5 A	129x98x40 мм	1,383 p.
APS-250-12B	220 V	12 V	8 A	159x99x50 мм	1,576 p.
PS-15-5	220 V	5 V	5 A	94x49x25 мм	770 p.
NES-25-5	220 V	24 V	5 A	99x82x35 мм	1,050 p.

Были рассмотрены варианты разных производителей, мы выбрали наиболее подходящий к нашим критериям источник:

1. Выходной ток не менее 5 А
2. Малогабаритные размеры
3. Сравнительно невысокая цена



Рисунок 12 - Источник питания SM-24V.

2.2. Проектирование регулятора тока для контура DC.

2.2.1. Составление таблицы номинальных характеристик серводвигателей SIEMENS серии 1FT5.

Для составления таблицы номинальных характеристик было проведено исследование документации на серводвигатели SIEMENS серии 1FT5. В таблице 3 приведены номинальные характеристики серводвигатели SIEMENS серии 1FT5. [15].

Таблица 3 – Характеристики серводвигатели SIEMENS серии 1FT5.

Двигатель	Модель	Подразделение	I, А	R, Ом	P, кВт	Группа
1FT5	034	-AK71	1.5	16.3	0.57	1
1FT5	036	-AK71	2.0	8.6	0.76	1
1FT5	042	-0AF71	1.1	28.2	0.42	1
1FT5	042	-AK71	1.6	11.8	0.61	1
1FT5	044	-AF71	2.2	9.0	8.36	1
1FT5	044	-AK71	3.0	3.4	1.14	1
1FT5	046	-AF71	3.9	3.1	1.48	1
1FT5	046	-AK71	5.1	1.2	1.94	1
1FT5	062	-AC71	1.6	15.1	0.61	1

1FT5	062	-AF71	2.3	7.1	0.87	1
1FT5	062	-AG71	2.9	3.8	1.10	1
1FT5	062	-AK71	4.1	1.7	1.56	1
1FT5	064	-AC71	3.1	5.0	1.18	1
1FT5	064	-AF71	4.2	2.2	1.59	1
1FT5	064	-AG71	5.1	1.2	1.94	1
1FT5	064	-AK71	5.9	0.56	2.24	2
1FT5	066	-AC71	4.4	2.8	1.67	1
1FT5	066	-AF71	6.1	1.2	2.32	2
1FT5	066	-AG71	7.3	0.68	2.77	2
1FT5	066	-AK71	8.3	0.37	3.15	2
1FT5	072	-AC71	6.3	2.6	2.39	2
1FT5	072	-AF71	8.4	1.2	3.19	2
1FT5	072	-AG71	9.8	0.63	3.72	2
1FT5	072	-AK71	9.9	0.32	3.76	2
1FT5	074	-AC71	9.3	1.2	3.53	2
1FT5	074	-AF71	13.0	0.52	4.94	3
1FT5	074	-AG71	14.0	0.33	5.32	3
1FT5	074	-AK71	14.1	0.14	5.35	3
1FT5	076	-AC71	12.0	0.75	4.56	3
1FT5	076	-AF71	16.0	0.35	6.08	3
1FT5	076	-AG71	17.0	0.20	6.46	3
1FT5	076	-AK71	9.0	0.093	3.42	2
1FT5	102	-AA71	12.0	0.9	4.56	3
1FT5	102	-AC71	19.0	0.33	7.22	3
Двигатель	Модель	Подразделение	I, А	R, Ом	P, кВт	Группа
1FT5	102	-AF71	25.0	0.14	9.50	4
1FT5	102	-0AG71	13.0	0.097	4.94	3
1FT5	104	-AA71	16.0	0.56	6.08	3

1FT5	104	-AC71	23.0	0.2	8.74	4
1FT5	104	-0AF71	29.0	0.095	11.02	4
1FT5	106	-0AA71	19.0	0.39	7.22	3
1FT5	106	-AC71	25.0	0.15	9.50	4
1FT5	106	-0AF71	29.0	0.066	11.02	4
1FT5	108	-0AA71	22.0	0.29	8.36	4
1FT5	108	-AC71	27.0	0.13	10.26	4
1FT5	108	-0AF71	21.0	0.054	7.98	4
1FT5	132	-0AA71	22.0	0.28	8.36	4
1FT5	132	-0AC71	29.0	0.10	11.02	4
1FT5	132	-0AF71	27.0	0.062	10.26	4
1FT5	134	-0AA71	26.0	0.19	9.88	4
1FT5	134	-0AC71	34.0	0.073	2.92	5
1FT5	136	-0AA71	33.0	0.14	12.54	5
1FT5	136	-0AC71	37.0	0.063	14.06	5
1FT5	138	-0AA71	40.0	0.11	15.20	5
1FT5	074	-0SG71	22.0	0.33	8.36	4
1FT5	074	-0SK71	23.0	0.14	8.74	4
1FT5	076	-0SG71	27.0	0.20	10.26	4
1FT5	076	-0SK71	29.0	0.093	11.02	4
1FT5	102	-0SF71	36.0	0.14	13.68	5
1FT5	102	-0SG71	40.0	0.097	15.20	5
1FT5	070	-0AC71	2.0	16.35	0.76	1
1FT5	070	-0AF71	2.8	7.86	1.06	1
1FT5	071	-0AC71	3.4	6.44	1.29	1
1FT5	071	-0AF71	5.0	2.90	1.90	1
1FT5	073	-0AC71	5.3	3.06	2.01	2
1FT5	073	-0AF71	7.2	1.35	2.73	2
1FT5	100	-0AC71	7.9	1.4	2.89	2

1FT5	100	-0AF71	11.0	0.62	4.18	3
1FT5	101	-0AC71	11.0	0.71	4.18	3
1FT5	101	-0AF71	15.0	0.33	5.70	3
1FT5	103	-0AC71	15.0	0.47	5.70	3
1FT5	103	-0AF71	20.0	0.20	7.60	3

2.2.2. Расчет регулятора тока для контура DC.

Расчет регулятора тока был проведен по формулам напряжение равно ток умноженный на сопротивление ($U=I \cdot R$) и ток равняется напряжение деленное на сопротивление ($I=U/R$).

Таблица 4 - расчет регулятора тока для контура DC.

№ группы	$U=I \cdot R$	$I=U/R$
1	24 Ом	1А
2	12 Ом	2А
3	24 Ом 12 Ом	3А
4	24Ом 12 Ом 24 Ом	4А
5	24Ом 24Ом	5А

2.2.3. Принципиальная электрическая схема регулятора тока

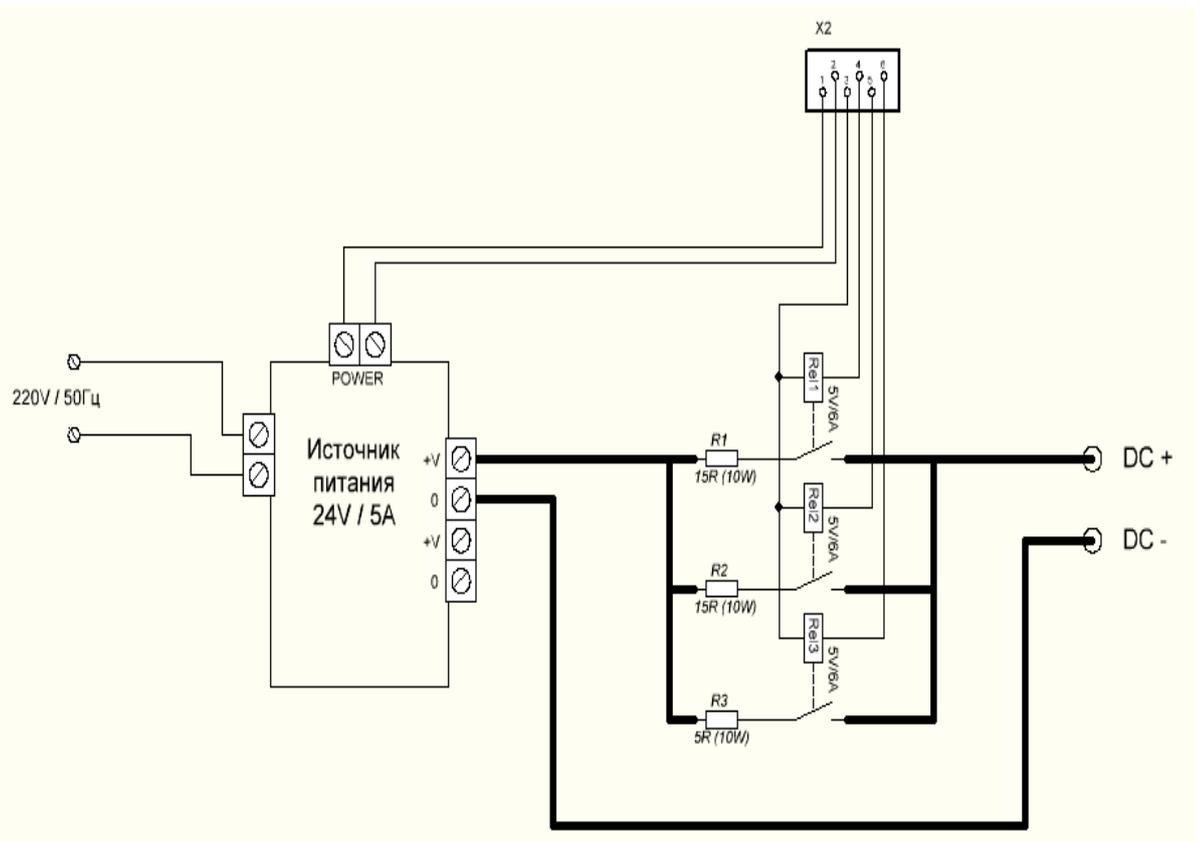


Рисунок 13 – Регулятор тока для контура DC.

3. Конструкторско-технологический раздел.

3.1. Работа в программной среде sPlan 7.0.

sPlan 7.0 – простая и удобная программа для вычерчивания электрических схем.(Рис.14)

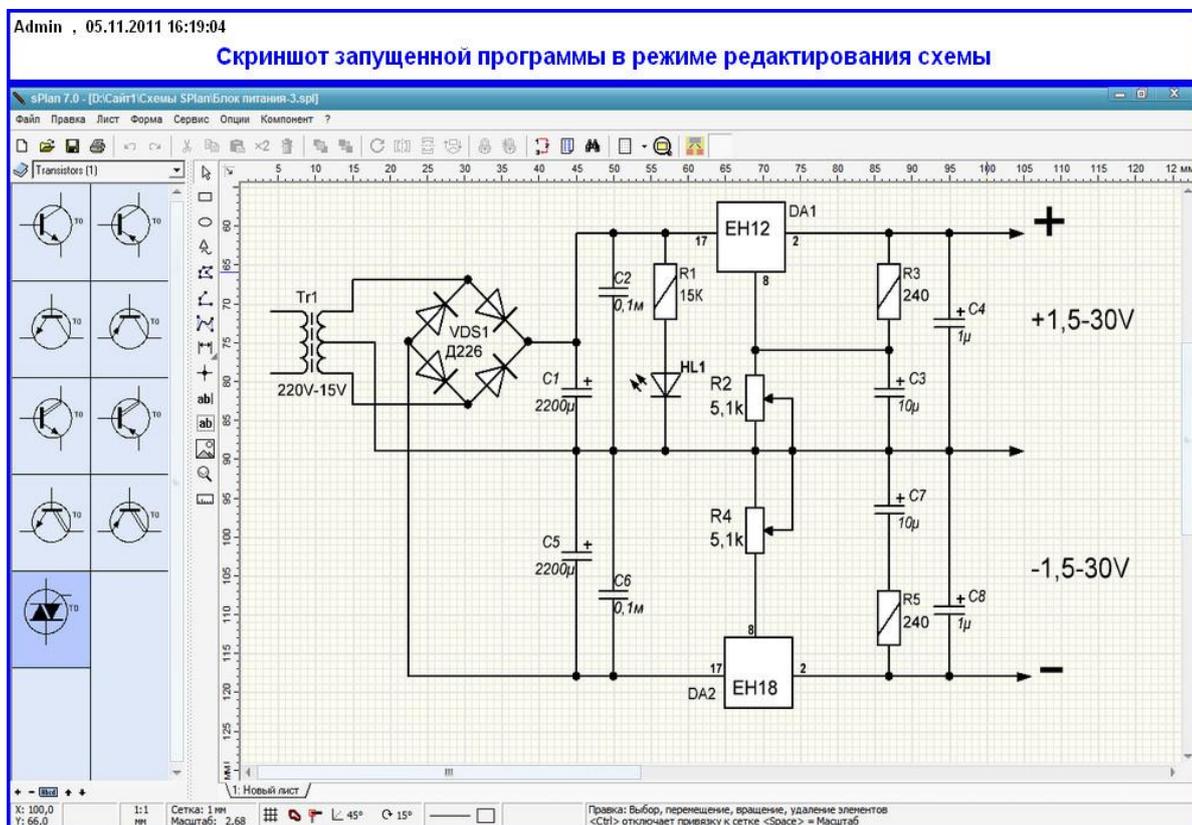


Рисунок 14- скриншот программы в режиме редактирования.

Программу можно условно разделить на несколько частей:

- 1) Рабочее окно для рисования электрических схем.
Он состоит из поля с сеткой в виде точек или линий.
- 2) Библиотека компонентов (Рис.15).

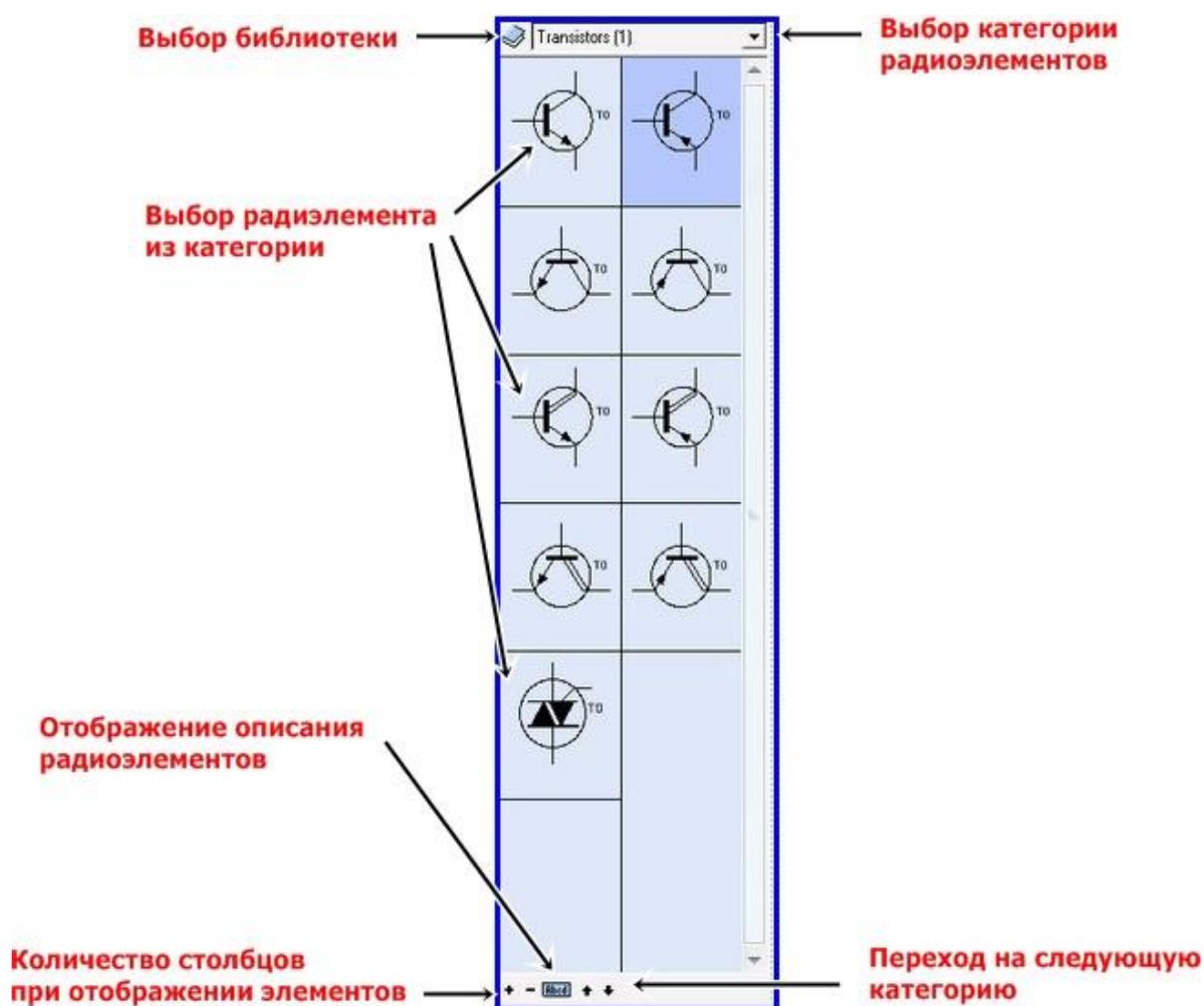


Рисунок 15 – окно библиотеки компонентов.

Выбор библиотека – тут можно выбрать компоненты из стандартных или своих созданных.

Выбор категории элементов и переход на следующую категорию – тут выбирается категория элементов.

Выбор радиоэлементов из категории – тут выбираем нужный элемент.

Количество столбцов при отражение элементов – тут всего два столбца.

Отображение описания радиоэлементов –если это включить появится краткое описание элементов.

3) Меню программы.

Тут все как в простой программе Word. Нечего сложного, те же самые кнопки файл, правка и т.д.

4) Три панели программы для удобства работы.

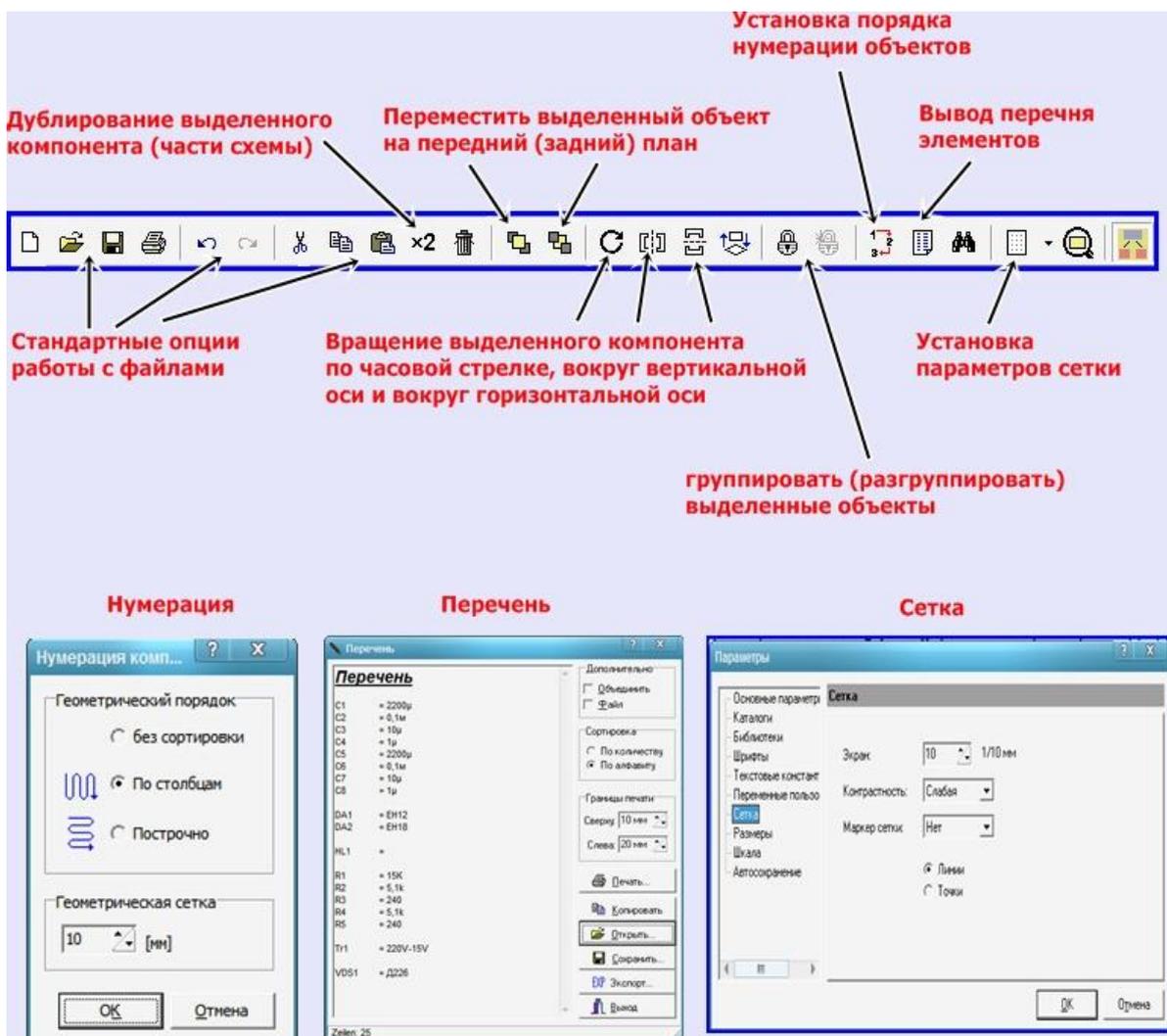


Рисунок 16 - верхняя панель.

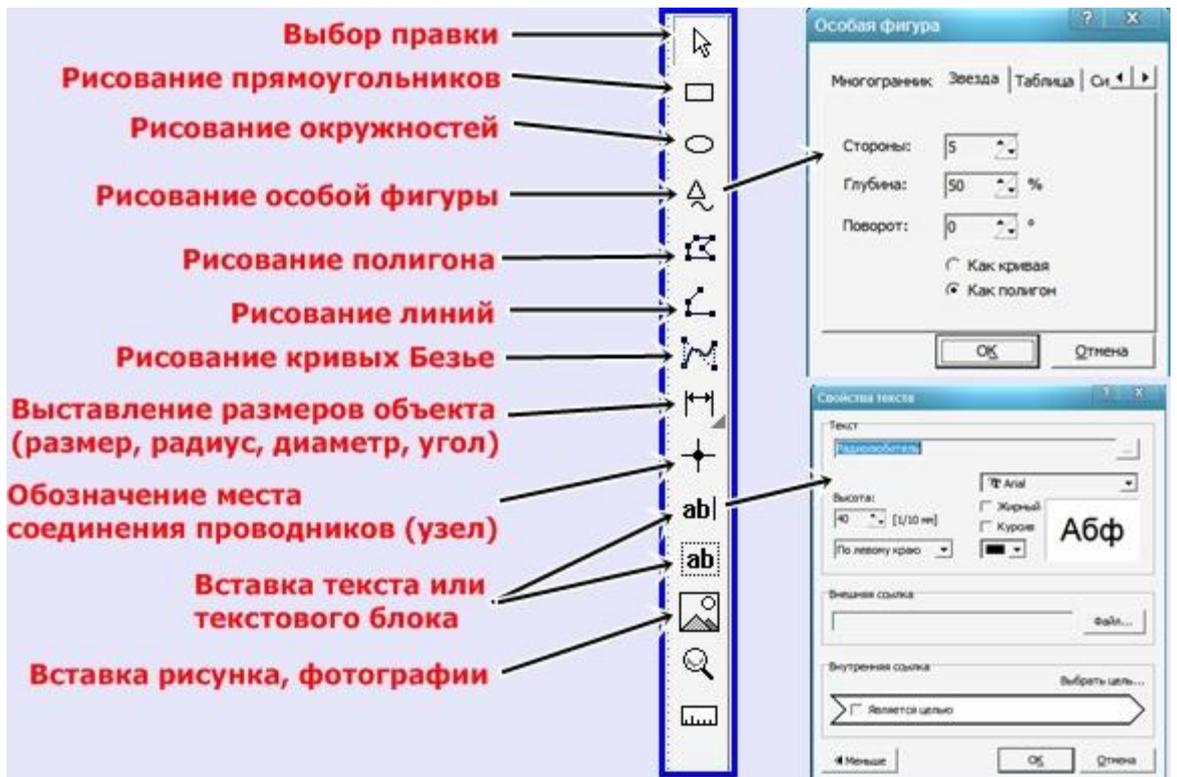


Рисунок 17 – боковая панель.



Рисунок 18 – нижняя панель.

Эта программа очень проста в использовании. [16]

3.2 Технология изготовления печатных плат.

Рассмотрим, как изготавливаются печатные платы:

- для начала надо очистить поверхности, обезжиривающим раствором;
- нанесем защитное покрытие;
- удалим лишнюю медь с поверхности платы (называется травлением);
- очистим заготовки от защитного покрытия;
- просверлим отверстия, лужение.

Мы рассмотрим наиболее востребованную технологию, при которой лишняя медь удалится путем химического травления. Еще медь можно

удалить путем фрезерования или использовать электроискровую установку. Однако эти способы широкого диапазона не получили в промышленности (хотя способ фрезерованием в редких случаях применяется, когда необходимо сделать несложные платы в единственном экземпляре).

При изготовлении печатных плат, следует стараться для разработки схемы использовать как можно больше материалов для монтажа на поверхности, что не во многих случаях позволяет развести полную схему на одной стороне. В случае, если не получается выполнить на одной стороне, далее нужно выполнить разводку на второй стороне с применением межслойных переходов выводов разных компонентов, установленных на плате, которые придется пропаивать с двух сторон платы. Конечно, имеются множество способов замены металлизационных отверстий (применение тонкого проводника, вмонтированного в отверстие и припаянного к дорожкам с обеих сторон платы), однако все они имеют большие недостатки и неудобны в практике. В безупречном случае плата должна разводиться лишь на одной стороне с использованием наименьшего количества перемычек.

Далее перечислены основные этапы изготовления печатной платы.

Подготавливаем плату.

Данный пункт заключается в подготовке поверхности будущей платы и нанесению на нее защитного слоя. В целом, за долгий интервал времени технология очистки поверхности не претерпела сколько-нибудь больших модификаций. Вся процедура сводится к удалению окислов и загрязнений с поверхности платы, с применением различных абразивных средств и последующему обезжириванию.

Для удаления сложных загрязнений нужно использовать наждачную бумагу («нулевку»), мелкодисперсный абразивный порошок или любое другое средство, не оставляющее на поверхности платы глубоких царапин. А так же можно просто помыть поверхность шероховатой мочалкой для мытья посуды, применив моющие средства или порошком. Если поверхность

печатной платы будет достаточно вымыта, можно пропустить пункт абразивной обработки и перейти к обезжириванию.

В случае если на плате есть только толстая оксидная пленка, тогда ее можно без затруднений удалить путем обрабатывания печатной платы в течение 3–5 секунд раствором хлорного железа с промывкой в холодной воде. Следует, отметить, что неплохо бы производить данную операцию перед или после нанесением защитного покрытия. Так как на свету медь быстро окисляется, нужно хранить заготовку в темном месте.

Последний пункт подготовки поверхности заключается в обезжиривании. Для этого можно применить материалы такие, как кусок мягкой ткани, не оставляющей волокон, намоченный спиртом, бензином или ацетоном. Здесь надо проконтролировать чистоту поверхности платы после обезжиривания. Затем обезжиренную плату следует промыть в проточной холодной воде. Целиком смоченная водой поверхность, без формирования на ней капель и разрывов пленки воды, это означает что плата чистая. Если водяная пленка нарушена значит плата не чистая.

Наносим защитный слой.

Далее, наносим защитное покрытие, это очень важный этап в процессе изготовления плат, и именно так определяется качество сделанной платы. В настоящее время в радиолюбительском окружении наиболее известными являются три технологии нанесения защитного покрытия. Такие как:

Нанесение покрытия в ручную. При этом способе рисунок печатной платы переносится на стеклотекстолит вручную при помощи какого-либо рисующего устройства. Кроме того, для ручного рисования можно применить рейсфедер или какое-либо другое приспособление, заправленное краской. Такие как, шприц с тонкой иглой (лучше всего для этих целей годятся инсулиновые шприцы с диаметром иглы 0,3-0,6 мм), срезанной до длины 5–8мм. При этом шток в шприц вставлять не следует - краситель должен поступать без затруднений под воздействием капиллярного эффекта.

Также на замену шприца можно применять тонкую стеклянную или пластмассовую трубку, вытянутую над огнем для достижения необходимого диаметра. Особенное внимание следует сосредоточить на качество обработки края трубки или иглы: при рисовании они не обязаны карябать плату. В качестве красителя при работе с таким образом нужно использовать разведенный растворителем битумный или какой-нибудь другой лак, цапонлак или даже раствор канифоли в спирте. При этом надо подобрать консистенцию красителя таким образом, чтобы он без затруднений поступал при рисовании, но в то же время не вытекал и не образовывал капель на конце иглы или трубки. Стоит заметить, что процедура нанесения защитного покрытия в ручную, довольно трудоемкая, и подходит только в тех случаях, когда надо очень быстро сделать небольшую плату. Наименьшая ширина дорожки, которой можно достигнуть при рисовании вручную, составляет порядка 0,5 мм.

Мы использовали технологию «лазерного принтера и утюга». Данная технология появилась не так давно, и сразу обрела широчайшее распространение из-за простоты и огромного качества получаемых плат. Вершину технологии составляет перенос тонера (порошка, применяемого при печати в лазерных принтерах) с какой-нибудь подкладкой на печатную плату. При этом допустимы два варианта: либо используемая подкладка отделяется от платы перед травлением, либо, если в качестве подкладки применяется алюминиевая фольга, она стравливается совместно с медью. Первый процесс технологии состоит в печати зеркального изображения рисунка печатной платы на подкладке. Параметры печати принтера при этом обязаны быть поставлены на наилучшее качество печати (потому что в этом случае происходит нанесение слоя тонера максимальной толщины). В качестве подкладки можно применить тонкую мелованную бумагу (различные глянцевые журналы, либо рекламные листовки), бумагу для факсов, алюминиевую фольгу, пленку для лазерных принтеров или какие-либо прочие материалы. При использовании чересчур тонкой бумаги или

фольги может понадобиться приклеить их по периметру на лист плотной бумаги. В безупречном случае принтер должен иметь тракт для прохождения бумаги без перегибов. Высокий смысл имеет и при печати на фольге, и основе от пленки Oracal, так как тонер на них держится очень слабо. Лучше всего, если принтер может пропускать бумагу сквозь себя горизонтально, печатая при этом на верхней стороне. Также помимо принтера можно применять и копировальный аппарат, использование которого иногда дает даже лучшие по сравнению с принтерами показатели за счет нанесения толстого слоя тонера. Главное требование, которое предъявляется к подкладке,- легкость ее отделения от тонера. Кроме того, в случае применения бумаги, которая не должна оставлять в тонере ворсинок. При этом допустимы два варианта: либо подкладка после перенесения тонера на плату просто снимается (в случае пленки для лазерных принтеров, либо предварительно размачивается в воде и затем постепенно отделяется (мелованная бумага). Перенос тонера на плату состоит в прикладывании подкладки с тонером к предварительно обобранной плате с последующим нагревом до температуры, немного превышающей температуру плавления тонера. Может быть, немалое количество вариантов как это сделать, все же наиболее легким является прижим подкладки к плате горячим утюгом. При этом для равномерного распределения давления утюга на подкладку рекомендуется проложить между ними несколько слоев плотной бумаги. Очень значимым вопросом является температура утюга и время выдержки. Эти параметры варьируются в любом конкретном случае, поэтому, может быть, придется поставить не один опыт, прежде чем все получится. Критерий тут один: тонер должен успеть достаточно расплавиться, чтобы пристать к поверхности платы, и в то же время должен не успеть достичь полужидкого состояния, для того чтобы края дорожек не сплющились. После «приварки» тонера к плате надо отделить подкладку. Пленка для лазерных принтеров и основа от Oracal, нетрудно снимаются, в то время как обыкновенная бумага требует предварительного размачивания в горячей

воде. Стоит заметить, что в силу особенностей печати лазерных принтеров слой тонера в середине больших сплошных полигонов довольно таки мал, поэтому нужно по мере возможности избегать применение таких областей на плате, либо после снятия подкладки придется подретушировать плату самому. В общем применение данной технологии является самым распространённым и лучшим на данный момент.

Применение фоторезистов. Фоторезистом называется чувствительное к свету вещество, которое под воздействием освещения изменяет свои свойства. Сущность применения фоторезиста заключается в следующем: на плату с нанесенным на нее слоем фоторезиста накладывается фотошаблон и производится ее засветка, после чего засвеченные участки фоторезиста смываются специальным растворителем. Все фоторезисты делятся на две категории: позитивные и негативные. Для позитивных фоторезистов дорожке на плате соответствует черный участок на фотошаблоне, а для негативных, соответственно, прозрачный. Наиболее удобные в применении оказались позитивные фоторезисты. Остановимся более подробно на использовании позитивных фоторезистов в аэрозольной упаковке.

Первым этапом является подготовка фотошаблона. В домашних условиях его можно получить, напечатав рисунок платы на лазерном принтере на пленке. При этом надо особое внимание уделить плотности черного цвета на фотошаблоне, для этого нужно отключить в настройках принтера все режимы экономии тонера и улучшения качества печати. Кроме того, кое-какие фирмы предлагают вывод фотошаблона на фотоплоттере - при этом гарантирован качественный результат.

На втором пункте на предварительно подготовленную и очищенную поверхность платы наносится тонкая пленка фоторезиста. Производится это путем распыления его с дистанции примерно 20 см. При этом следует пытаться к максимальной равномерности получаемого покрытия. Кроме того, очень важно обеспечить отсутствие пыли в процессе распыления –

любая оказавшаяся в фоторезист пылинка неизбежно оставит свой след на плате.

Когда мы нанесли слой фоторезиста необходимо просушить получившуюся пленку. Делать это рекомендуется при температуре 70 оС-80 оС, причем первоначально нужно подсушить поверхность при небольшой температуре и только затем понемногу довести температуру до нужного значения. Время сушки при указанной температуре составляет примерно 20-30 минут. В крайнем случае допускается сушка платы при комнатной температуре в течение 24 часов. Платы с нанесенным фоторезистом должны храниться в темном, прохладном месте.

Затем после процедуры нанесения фоторезиста является экспонирование. При этом на плату нужно наложить фотошаблон (рекомендовано стороной печати к плате: это способствует повышению четкости при экспонировании), который прижимается тонким стеклом или куском плексигласа. При довольно небольших размерах плат для прижима можно использовать крышку от коробки компакт-диска, либо отмытую фотопластинку. Так как область максимума спектральной чувствительности большинства нынешних фоторезистов приходится на ультрафиолетовый диапазон, для засветки хорошо бы использовать лампу с большой долей УФ-излучения в спектре (ДРШ, ДРТ и др.). В крайнем случае, можно применить мощную ксеноновую лампу. Время экспонирования зависит от многих причин (тип и мощность лампы, дистанция от лампы до платы, толщина слоя фоторезиста, материал прижимного покрытия и др.) и подбирается при помощи экспериментов. Однако в целом время экспонирования составляет обычно не более 10 минут даже при экспонировании под прямыми солнечными лучами.

Проявление большинства фоторезистов осуществляется раствором едкого натра (NaOH) — 7 граммов на 1 литр воды. Лучше всего применять свежеприготовленный раствор, имеющий температуру 20°С-25°С. Время проявления зависит от толщины пленки фоторезиста и находится в пределах

от 30 секунд до 2 минут. Затем проявленную плату можно подвергнуть травлению в обычных растворах, поскольку фоторезист устойчив к влиянию кислот. При применении качественных фотошаблонов использование фоторезиста позволяет получить дорожки шириной вплоть до 0,15-0,2мм.

Травление.

Известно немало составов для химического травливания меди. Все они различаются быстротой протекания реакции, составом выделяющихся в результате реакции веществ, а также доступностью нужных для приготовления раствора химических реактивов. Ниже приведена информация о наиболее известных растворах для травления.

Хлорное железо (FeCl_3) - самый знакомый и популярный реактив. Сухое хлорное железо растворяется в воде до тех пор, пока не будет получен насыщенный раствор золотисто-желтого цвета (для этого понадобится порядка двух столовых ложек на стакан воды). Процесс травления в этом растворе может занять от 10 до 60 минут. Время зависит от концентрации раствора, температуры и перемешивания. Перемешивание значительно ускоряет протекание реакции. В этих целях удобно применять компрессор для аквариумов, который обеспечит перемешивание раствора воздушными пузырьками. Также реакция ускоряется при подогреве раствора. По завершении травления, плату необходимо вымыть большим количеством воды, рекомендуется с мылом (для нейтрализации остатков кислоты). К недостаткам данного раствора следует отнести создание в процессе реакции отходов, которые оседают на плате и мешают нормальному протеканию процесса травления, а также сравнительно низкую скорость реакции.

Персульфат аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) — светлое кристаллическое вещество, растворяется в воде исходя из соотношения 35г вещества на 65г воды. Процесс травления в этом растворе занимает примерно 10 минут и зависит от площади медного покрытия, подвергающегося травлению. Для обеспечения лучших условий протекания реакции, раствор должен иметь температуру порядка 40°C и стабильно перемешиваться. По завершению

травления, плату надо промыть в проточной воде. К недостаткам этого раствора относится нужда поддержания требуемого температурного режима и перемешивания.

Раствор соляной кислоты (HCl) и перекиси водорода (H_2O_2). Для приготовления этого раствора нужно к 770мл воды добавить 200мл 35% соляной кислоты и 30мл 30% перекиси водорода. Готовый раствор должен храниться в темной бутылке, не закрытой герметически, так как при разложении перекиси водорода выделяется газ. Заинтересованность: при применении данного раствора нужно соблюдать все меры предосторожности при работе с едкими химическими веществами. Все работы надо производить только на свежем воздухе или под вытяжкой. При попадании раствора на кожу ее нужно немедленно промыть большим количеством воды. Время травления сильно зависит от перемешивания и температуры раствора и составляет порядка 5-10 минут для хорошо перемешиваемого свежего раствора при комнатной температуре. Нельзя нагревать раствор выше 50°C . После травления плату нужно промыть проточной водой. Этот раствор после травления можно восстанавливать добавлением H_2O_2 . Оценка требуемого количества перекиси водорода осуществляется наглядным образом: погружая в раствор, медная плата должна изменять цвет из красного в темно-коричневый цвет. Образование пузырей в растворе показывает избыток перекиси водорода, что ведет к замедлению реакции травления. Недостатком данного раствора является необходимость жесткого соблюдения при работе с ним.

Последний этап очитка заготовки, сверление.

После окончания травления и промывки платы надо очистить ее поверхность от защитного покрытия. Сделать это можно органическим растворителем, например, ацетоном.

Далее нужно просверлить все отверстия. Делать это нужно остро заточенным сверлом при самых больших оборотах электродвигателя. В случае, если при нанесении защитного покрытия в центрах контактных

площадок не было оставлено пустого места, необходимо предварительно обозначить отверстия. Прижимное усилие не должно быть слишком большим, для того чтобы на обратной стороне платы не создавались бугорки вокруг отверстий. Обычные электродрели почти не подходят для сверления плат, потому что, во-первых, имеют низкие обороты, а во-вторых, обладают довольно большой массой, что затрудняет регулирование прижимного усилия. После сверления требуется обработать отверстия: удалить все зазубрины и заусенцы. Сделать это можно наждачной бумагой.

Следующим пунктом является покрытие платы флюсом с последующим лужением. Можно применять специальные флюсы промышленного изготовления, либо просто покрыть плату слабым раствором канифоли в спирте. Лужение можно производить двумя способами: погружением в расплав припоя, либо с помощью паяльника и металлической оплетки, пропитанной припоем. В первом случае надо изготовить железную емкость и заполнить ее малым количеством сплава Розе или Вуда. Расплав обязан быть полностью покрыт сверху слоем глицерина во избежание окисления припоя. Для нагревания емкости можно использовать перевернутый утюг или электроплитку. Плата окунается в расплав, а затем достается с одновременным удалением излишков припоя ракелем из твердой резины.

В данном разделе я рассказал все наиболее удобные для применения в домашних условиях технологии изготовления печатных плат. Использование нынешних фоторезистор и технологии лазерного принтера позволяет получить довольно неплохие результаты. Таким образом, появляется возможность изготовления печатных плат с наименьшей шириной проводника 0,2-0,3мм, что еще десять лет назад было почти невозможным.[17].

3.3 Работа в программной среде SprintLayout 6.0.

Это очень простая программа для разводки и проектировки печатных плат. Она очень популярна в России.

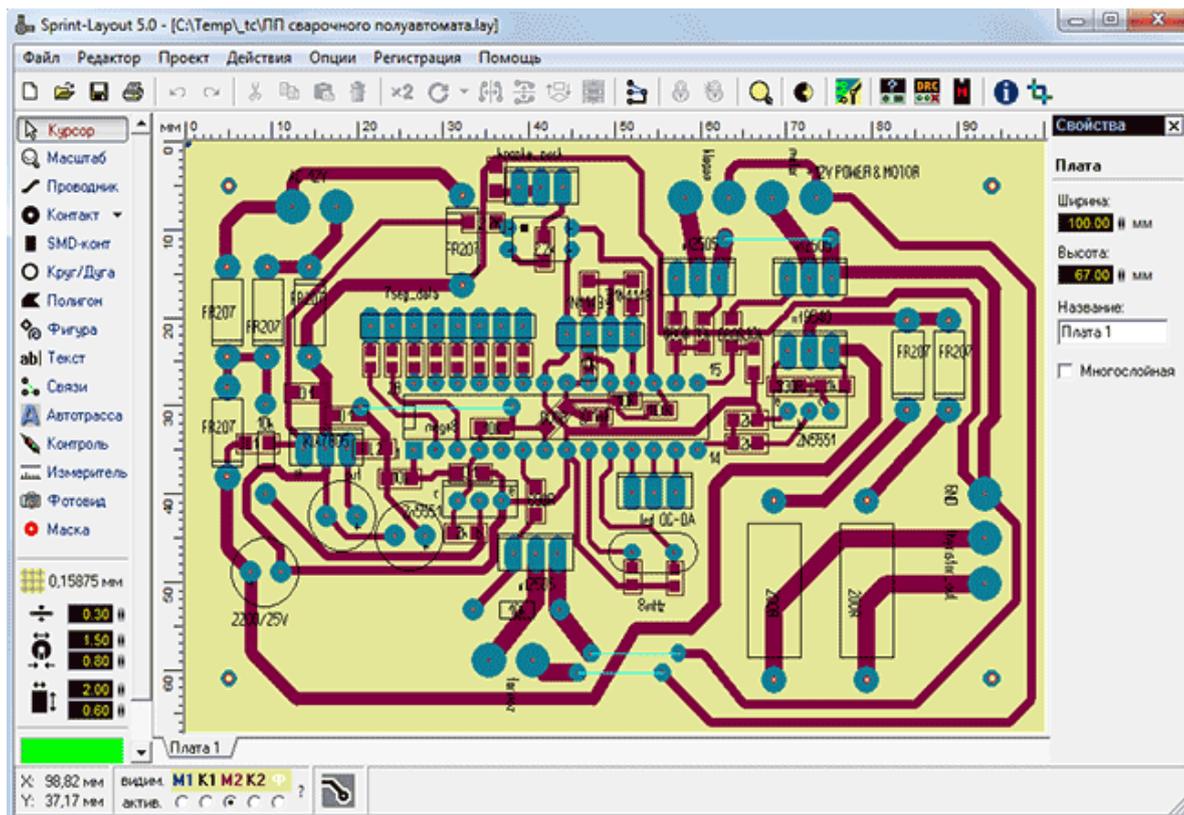


Рисунок 19 - Окно программы SprintLayout 6.0.

Главным достоинством этой программы является понятный интерфейс, который состоит из всех нужных элементов для подготовки печатных плат. Можно работать с двумя слоями маркировки и проводников. Так же есть встроенный трассировщик. Есть все электронные компоненты, которые пополняются.

Программа не подходит для профессионалов, так как она ограничена размером плат и плотностью элементов. Но рекомендована для новичков благодаря своей простотой. Программа имеет языки в основном английский и немецкий, в том числе и русский. Работает со всеми операционными системами Windows.[18].

3.4.Изготовления печатных плат для устройства.

Для разработки силовой платы была использована программная среда SprintLayout 6.0. На плате должны присутствовать шесть каналов управления с силовыми ключами, разъем, через который приходит питание и управление

каналов. Ниже на рис.19 изображена разводка дорожек на силовой плате слой M2.

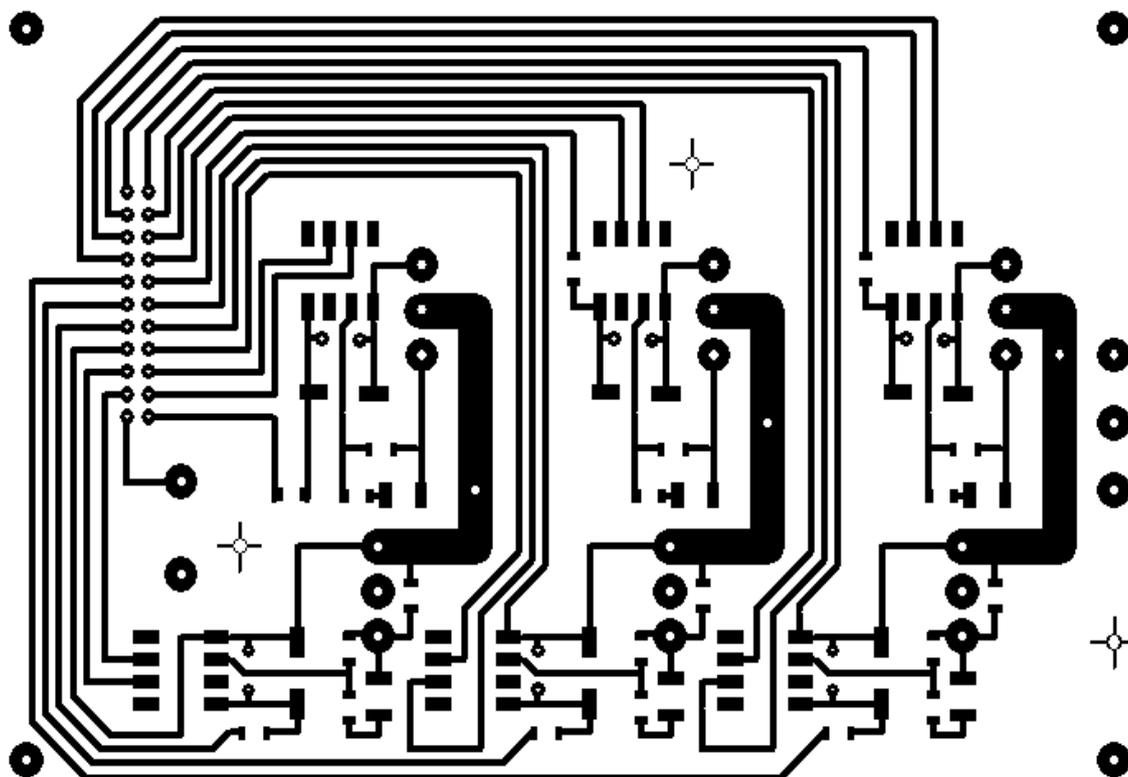


Рисунок 20 - Силовая плата слой M2.(140мм*90мм)

На противоположном слое M1 рис. 20, будут находиться силовые дорожки для контура DC устройства и выходных фаз U, V, W. Также необходимо выставить так называемые «прицелы» - метки, которые позволят при переносе рисунка на текстолит свести слой M1 и M2 без смещения.

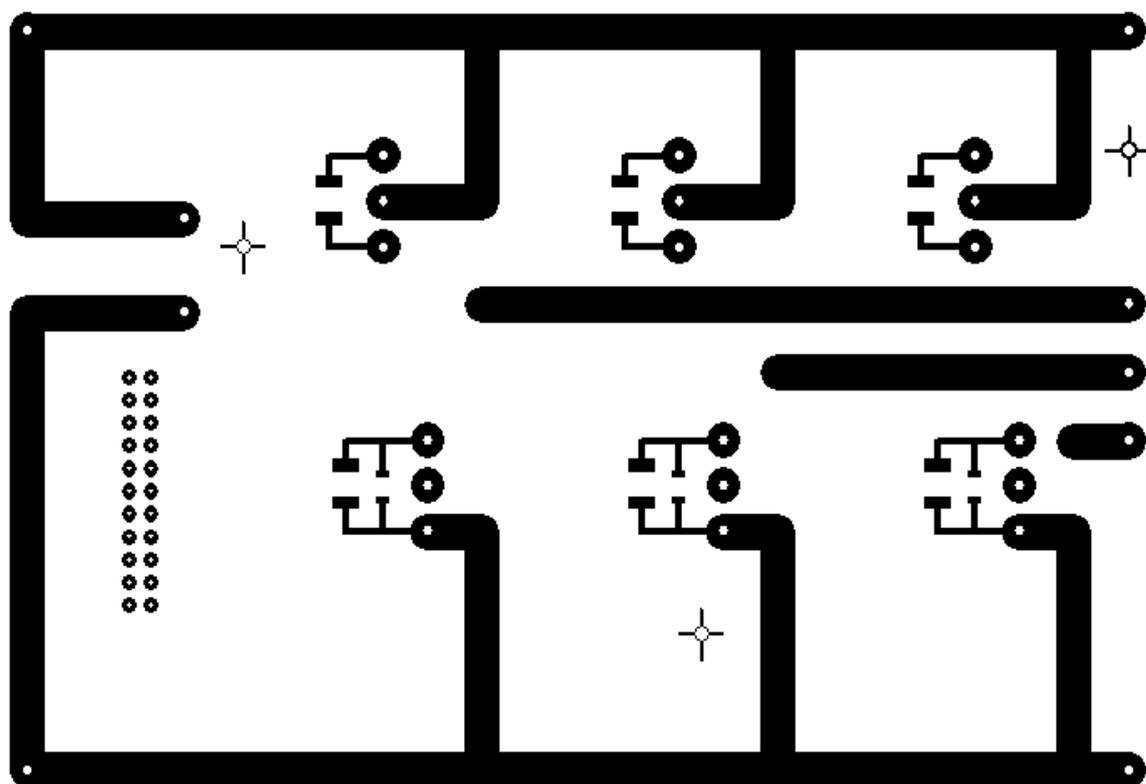


Рисунок 21 - Силовая плата слой М1.(140мм*90мм)

После разводки платы в программе, была изготовлена двухсторонняя макетная плата из текстолита с медными дорожками. Далее нужно подобрать электронные компоненты и впаять их в плату согласно схеме.

При проектировке силовой платы были изучены возможные способы управления силовыми ключами, в нашем случае полевыми транзисторами MOFSETIRF3710 и был выбран наиболее надежный и недорогой способ – канал управления IGBT. В таком канале управления используется наименьшее число компонентов небольшой стоимости, и такой канал управления имеет оптическую развязку, которая в случае выхода из строя силовой части устройства, гарантирует сохранность системы управления.

Так же в этой программе была разработана плата регулятора тока. И заранее были подобраны компоненты для изготовления платы.

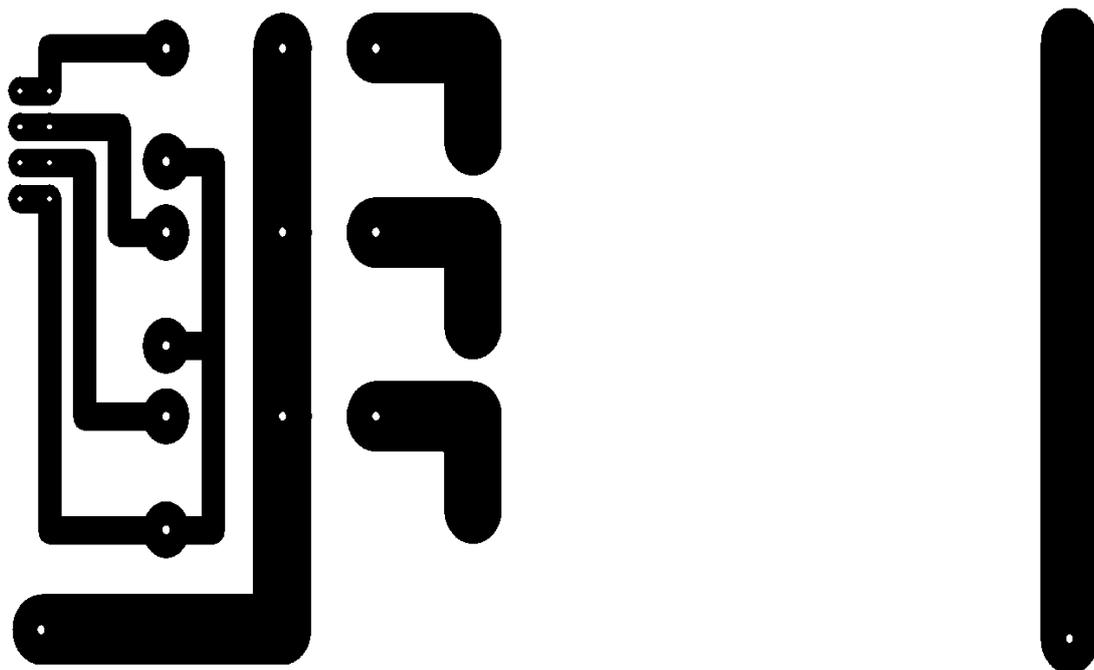


Рисунок 22 - Плата регулировки тока.(95мм*50мм)

4. Экономический раздел.

4.1 Расчет финансовых затрат на силовую плату.

Чтобы изготовить силовую плату нам потребовались компоненты указанные в таблице 5, они довольно недорогие, качественные и доступные, а главное они идеально подошли к силовой плате. Ниже в таблице приведены название компонентов, цена и т.д.

Таблица 5 – расчетов финансовых затрат на силовую плату.

№	Компонент	Тип	Количество, шт	Цена, руб.
1	Конденсатор 100 nF	смд 104	3	1 руб.
2	Конденсатор 150 pF	смд 151	3	1 руб.
3	Диод ВАW76	смд	12	7 руб.
4	Оптодрайвер НСРL-3120	DIP-8	6	80 руб.
5	Резистор 20 Ом	смд 1206	6	1 руб.
6	Резистор 12 Ом	смд 0805	6	1 руб.
7	Резистор 10 кОм	смд 1206	6	1 руб.

8	Резистор 1 кОм	смд 1206	6	1 руб.
9	Конденсатор электролитический 35V/220mF	выводной	3	6 руб.
10	Конденсатор электролитический 25V/47mF	выводной	3	6 руб.
11	Транзистор полевой MOFSET IRF3710	ТО-220	6	43 руб.

Итог финансовых затрат на силовую плату, равна 888 рублям.

4.2 Расчет финансовых затрат на источник контура DC и изготовления регулятора тока.

Так как источник контура DC, очень долго и недешево изготавливать. Было принято его купить в магазине, благодаря своей доступности он стоил 300 рублей. Что довольно таки недорого. И уже для него изготовили регулятора тока, компоненты и цены указаны в таблице 6.

Таблица 6 - Расчет финансовых затрат на изготовления регулятора тока.

№	Компонент	Тип	Кол-во, шт.	Цена, руб.
1	Резистор керамический 24 Ом, 15 Вт	Выводной	2	17 руб.
2	Резистор керамический 12 Ом, 15 Вт	Выводной	1	22 руб.

3	Реле 5V/6A (250VAC)	RE030005	3	68руб.
---	------------------------	----------	---	--------

Итог финансовых затрат на изготовления регулятора, равно 260 рублей.

4.3 Расчет финансовых затрат на плату управления.

Для того чтобы наше устройство работало правильно, понадобится плата управления. Здесь самые дорогие и самые важные компоненты стали такие как Микроконтроллер ATmega 16 и ЖК-дисплей DMC16230NY-LY-EEE. Все остальное указано в таблице 7.

Таблица 7 – расчет финансовых затрат на плату управления.

№	Компонент	Тип	Количество, шт.	Цена, руб.
1	Конденсатор 100 nF	смд0805	3	1 руб.
2	Микроконтроллер ATmega 16	DIP-40	1	193 руб.
3	ЖК-дисплей DMC16230NY-LY-EEE	1573E-B0	1	380руб.
4	Стабилизатор напряжения LM7805CV	ТО-220	1	16 руб.
5	Резистор 0 Ом	смд 1206	2	1 руб.
6	Конденсатор электролитический	выводной	1	4руб.

	25V/47mF			
7	Конденсатор электролитический 16V/100mF	выводной	1	4руб.
8	Разъем 40 пинов	штыревой	1	18руб.

Итог финансовых затрат на плату управления, равно 620 рублей.

4.4 Расчет финансовых затрат на плату основного источника питания.

В поисках нужно нам источника питания было принято решение изготовить его самим, потому что предлагаемые источники очень дорогие и громоздкие. А так как нам нужно сделать достаточно дешевый и удобный прибор, вариант покупки готового, нам не подошел. Все подобранные компоненты указаны в таблице 8.

Таблица 8 - расчет финансовых затрат на плату основного источника питания.

№	Компонент	Тип	Кол-во, шт.	Цена, руб.
1	Конденсатор 100 nF	0805	2	1 руб.
2	Конденсатор 100 pF	0805	2	1 руб.
3	Конденсатор 2.2nF	0805	2	1 руб.
4	Конденсатор 10 nF	выводной	1	5 руб.

5	Диод ВАW76	смд	9	7 руб.
6	Диодный мост GBU25M	выводной	1	52 руб.
7	Резистор 330 Ом	0805	1	1 руб.
8	Резистор 33 Ом	0805	1	1 руб.
9	Резистор 150 кОм	2010	2	2 руб.
10	Резистор 120 кОм	2010	1	2 руб
11	Резистор 24 кОм	2010	1	2 руб.
12	Резистор 2 Ом	2010	2	2 руб.
13	Резистор 8.2 кОм	0805	1	1 руб.

14	Резистор 33 кОм	0805	1	1 руб.
15	Резистор 2 кОм	0805	2	1 руб.
16	Резистор 10 кОм	0805	1	1 руб.
17	Резистор 1 кОм	0805	1	1 руб.
18	Конденсатор электролитический 35V/220mF	выводной	1	4 руб.
19	Конденсатор электролитический 50V/100mF	выводной	1	4 руб.
20	Конденсатор электролитический 35V/47mF	выводной	5	4 руб.
21	Конденсатор электролитический 400V/220mF	выводной	1	102 руб.
22	Резистор 100 кОм (5W)	выводной	1	10 руб.
23	Транзистор полевой 2SK2225	ТО-220	1	92 руб.
24	Диод DGP15 (1400V)	выводной	1	14 руб.

25	Микросхема UC3844B	DIP-8	1	25 руб.
26	Трансформатор TF550-1	импульсный	1	268 руб.

Итог финансовых затрат на плату основного источника питания, равно 685 рублей.

Так же мы использовали дополнительные материалы, которые были необходимы для изготовления устройства. Указанные в таблице 9.

Таблица 9 – расчет финансовых затрат на дополнительные материалы для изготовления устройства.

№	Компонент	Кол-во, шт. и размер, мм.	Цена, руб.
1	Разъем штыревой (50 pin)	1 шт.	33 руб.
2	Стеклотекстолит	300мм*150мм*1мм	200 руб.
3	Провод сечения 1.5 мм красный	1000 мм	7 руб./м
4	Провод сечения 1.5 мм черный	1000 мм	7 руб./м
5	Провод сечения 1.5 мм желтый	1000 мм	7 руб./м

6	Провод сечения 1.5 мм зеленый	1000 мм	7 руб./м
7	Провод сечения 0.5 мм красный	1000 мм	5 руб./м
8	Провод сечения 0.5 мм черный	1000 мм	5 руб./м
9	Провод сечения 0.5 мм желтый	1000 мм	5 руб./м
10	Провод сечения 0.5 мм зеленый	1000 мм	5 руб./м
11	Провод сечения 0.5 мм синий	1000 мм	5 руб./м
12	Корпус	200мм*150мм*60мм	240 руб.

Итог финансовых затрат на дополнительные материалы для изготовления устройства, равно 526 рублей.

Вся сумма, затраченная на прибор, равна 2,937 рублей.

5. Безопасность и экологичность работы.

5.1 Меры предосторожности при работе с устройством.

Будьте осторожны при работе с прибором. Выполняйте все требования безопасности с электроприборами.

1. Не разбирайте прибор.

2. Хранить в сухом и не доступным для детей месте.

3. Не пытайтесь подсоединить прибор к большему напряжению, чем он рассчитан.

4. Ремонт предоставьте квалифицированным специалистам.

5. Розетки нужно располагать дальше от источников водоснабжения.

6. Нельзя держать включенными электроприборы, когда вы контактируете с водой, так как подключенный прибор к сети при падении на него воды последуют тяжелые последствия.

7. Нельзя использовать прибор, если он мокрый или присутствуют открытые детали и провода.

8. Не тяните за шнур, когда вынимаете вилку из розетки.

9. Если электроприбор неисправен, никогда не ремонтируйте его изолянтной. А предоставьте квалифицированному специалисту данную работу.

10. Просушите хорошо руки, прежде чем начать работу с прибором.

11. Никогда не оставляйте электроприбор включенным без присмотра.

12. В одной розетке должен быть подключен только один прибор, в случае несоблюдения данного пункта может привести к короткому замыканию, а в дальнейшем к пожару.

13. Если вы использовали удлинитель, тогда нужно его для начала отключить от сети, а затем сворачивать.

14. Если вы нашли разрыв электропроводов или открытые места. Нужно в ускоренном порядке изолировать проблемные места. Предоставьте квалифицированному специалисту выполнение данной работы.

15. Не проводите провод вблизи газового оборудования или труб отопления. Провод должен лежать ровно, не перекрученным.

16. Нельзя заземлять провода и проверять в них ток пальцами.

17. Следите за детьми, чтобы они нечего не совали в розетки

18. Ни в коем случае не вешайте нечего на провода, они могут оборваться и вызвать пожар.

19. Запрещается пользоваться прибором по корпусу которого проходит электрический ток.

20. Следите за тем, чтобы провод не висел в розетке иначе возможно поражением тока.

21. Нельзя держаться за трубы любых источников при отключении вилки из розетки, и лучше это делать одной рукой.

22. Электроприбор должен стоять на подставке не проводящей ток и подальше от водоснабжения, чтобы избежать пожара.[19].

5.2 Используемые материалы при изготовлении устройства.

Корпус изготовлен из пластмассы, который при горении выделяет химические пары, очень вреден для окружающей среды и может вызвать онкологические заболевания. Но в наши дни лучшего материала не найдешь для корпуса устройства. Поэтому мы были вынуждены использовать пластмассу.

Для изготовления плат мы использовали стеклотекстолит, он не вреден для экологии, может выдерживать большие температуры от +40°C до +105°C, влагостойкий, устойчивый к возгоранию и высокая диэлектричность. [20].

А так же было использован раствор на основе перекисью водорода в соляной кислоте. Вдыхать его опасно для жизни человека, но когда он будет уже непосредственно на плате, тогда раствор просто подсохнет и не будет так опасен, как только что разведенный.[21].

5.3 Замена неисправных компонентов и их утилизация.

В приборе применяются простые электрокомпоненты, которые можно купить в любом магазине подобной тематике. Именно в этом заключается легкость замены отслуживших свой срок компонентов. Но если вы не обладаете достаточными знаниями чтобы провести такую работу, то лучше воспользоваться услугами специалистов.

Отработавшие или сгоревшие детали можно выбрасывать в обычный мусорный контейнер, но лучше отдавать специальным службам по переработки электрокомпонентов.

Заключение.

Бакалаврская работа на тему «Устройство для настройки датчиков положения серводвигателей Siemens 1FT5» .

Для создания устройства мы провели не малый список работ по изучению методов настройки датчиков положения.

На основе изученного материала были разработаны предложения по улучшению процесса настройки датчиков положения серводвигателей Siemens серии 1FT5.

По сборке и разработке этой работы, устройство для настройки удобное по свои габарита и довольно не сложный при его изготовление. Для простоты сборки компоненты устройства подобраны из магазина и в случае необходимости, можно будет отремонтировать или заменить нужные электрокомпоненты.

В экономическом плане – прибор обошелся недорого, потому что все материалы доступны. Его очень удобно держать в руках.

В бакалаврской работе имеющейся на данный момент подход к настройке был пересмотрен и заменен на более современный – при помощи микроконтроллера. При использовании такого метода значительно снижаются трудозатраты и затраты времени при этом не отходя от проверенного традиционного способа настройки.

Список использованной литературы.

1. Кацман М. М. Электрические машины и трансформаторы. - Высшая школа, 1970.
2. Иванов-Смоленский А. В. Электрические машины. — М.: Энергия, 1980.
3. Войнаровский П. Д.,. Электродвигатели // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона - СПб., 1890—1907.
4. Вольдек А. И. Электрические машины, Л., «Энергия», 1974.
5. Кенио Т., Нагамори С. Двигатели постоянного тока с постоянными магнитами. М.: Энергоатомиздат. 1989 г.
6. Bichurin M. I., Petrov V. M., Petrov R. V., Kiliba Y.V., Bukashev F. I., Smirnov Yu., Eliseev D. N. Magnetolectric Sensor of Magnetic Field // Ferroelectrics, 2002.
7. Туричин А. М., Электрические измерения неэлектрических величин, 4 изд., М.—Л., 1966.
8. Г. Виглеб. Датчики. Устройство и применение. Москва. Издательство «Мир», 1989.
9. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Часть 2, 1987 г.
10. К.А.Круг. Основы электротехники. Том первый. Москва-Ленинград, 1946 г.
11. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Москва: Издательство "Высшая школа", 1978 г.
12. Бачурин В. В., Ваксембург В. Я., Дьяконов В. П. и др. Схемотехника устройств на мощных полевых транзисторах: Справочник / Дьяконов В. П.. - М.: Радио и связь, 1994 г.
13. Перебаскин А.В. Маркировка электронных компонентов, 2004 г.
14. Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование, 2007 г.
15. Документация серводвигателя Siemens серии 1FT5, 2003 г.

16. Белый С. - Руководство пользователя sPlan, 2009 г.
17. Пирогова Е. В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник, 2005 г.
18. Руководство пользователя SprintLayout 6.0.
<http://cxem.net/comp/comp144.php>
19. Б.С. Мастрюков Опасные ситуации техногенного характера и защита от них. Учебник для вузов / Б.С. Мастрюков.- М.: Академия, 2009 г.
20. В.Н. Башкин Экологические риски: расчет, управление, страхование: Учебное пособие / В.Н. Башкин. — М.: Высшая школа, 2007 г.
21. Михайлов Л.А. Безопасность жизнедеятельности. – Учебник- М.: Высшая школа, 2012 г.