

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

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Схема питания электромеханического преобразователя

Студент(ка)	<u>Д.О. Соколов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>С.В. Поносов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	_____	_____	(личная подпись)
	_____	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_ (личная подпись)

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

Тольятти 2016

## Аннотация

Выпускная квалификационная работа состоит из шести разделов.

В первом разделе проведён обзор генераторов импульсов тока.

Во втором разделе рассмотрена конструктивная схема магнитопровода, произведен расчет схемы питания, а также определены основные размеры электромагнитной системы. Расчет и выбор элементов схемы.

В третьем разделе рассмотрена структурная схема.

Четвертый раздел посвящен описанию и разработке электрической принципиальной схемы устройства.

В пятом разделе рассмотрены вопросы экологичности и безопасности проекта.

Шестой раздел – экономический. Составлена смета затрат на проектирование и изготовление схемы питания электромеханического преобразователя.

Пояснительная записка содержит 60 страниц, 21 рисунок, 14 таблиц.

Графическая часть содержит 6 листов формата А1.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Генераторы импульсов тока .....	6
1.1 Первый тип.....	6
1.2. Второй тип.....	8
1.3 Третий тип схем .....	10
1.4 Четвёртый тип схем.....	10
2 Конструктивная схема магнитопровода.....	16
2.1 Определение размеров паза под обмотку возбуждения. ....	16
2.2 Расчет схемы питания. ....	18
3 Структурная схема.....	28
4 Составление электрической принципиальной схемы устройства .....	30
4.1. Описание схемы заряда.....	30
4.2. Расчет схемы заряда.....	30
4.3 Работа схемы.....	35
5 Безопасность и экологичность проекта. ....	37
5.1 Описание рабочего места, оборудования и выполняемых операций.....	37
5.2 Идентификация опасных и вредных производственных факторов разрабатываемого производственного объекта. ....	39
5.3 Организационные, технические мероприятия по созданию безопасных условий труда и защите от воздействия производственных факторов.....	40
5.4 Оценка обеспеченности средствами индивидуальной защиты.....	41
5.5 Обеспечение электробезопасности на рабочем месте.....	42
5.6 Расчет молниезащиты объекта.....	43
5.7 Антропогенное воздействие объекта на окружающую среду.....	46
6 Экономическая эффективность работы.....	47
6.1 Расчет затрат на НИОКР по разработке и созданию схемы питания электромеханического преобразователя.....	47
6.2 Расчёт зарплаты исполнителей.....	51
6.3 Расчет затрат на основные материалы .....	53
6.4 Расчет затрат на комплектующие изделия .....	54
6.5 Расчет затрат на силовую электроэнергию .....	55
6.6 Расчет амортизационных отчислений .....	56
Заключение.....	58
Список используемой литературы .....	59

## Введение

В современной науке и технике, а также в народном хозяйстве применяются различные устройства и установки, потребляющие электрическую энергию в виде кратковременных импульсов большой мощности. В недалеком прошлом использование кратковременных импульсов энергии большой мощности ограничивалось областью радиолокационной техники, экспериментальной физики, испытаний импульсной прочности изоляции электрооборудования. Теперь же область применения устройств и установок этого класса, которые можно объединить названием импульсные потребители (ИП) электрической энергии, в связи с внедрением новых достижений науки и техники непрерывно расширяется.

Среди таких устройств можно выделить импульсные электромагнитные машины промышленного и специального назначения, выполняющие различные функции.

Мощность импульсов электрической энергии, потребляемой ИП, достигает весьма больших значений, превышающих во много раз установленную мощность автономных источников, трансформаторных подстанций, а иногда даже превосходящих номинальную мощность целых энергосистем. В связи с этим для питания ИП кратковременными импульсами мощности электрическая энергия предварительно запасается в специальных накопительных устройствах за время, значительно превышающее длительность импульса.

В накопительных устройствах используются электромеханический и электрохимический способы аккумуляции энергии, а также способы накопления энергии в магнитных полях катушек или электрических полях конденсаторов. Выбор того или иного способа накопления электрической энергии определяется типом, параметрами и назначением ИП, условиями его работы и требованиями, предъявляемыми к установке в целом. Не последнюю роль здесь играет способность накопительного устройства обеспечивать быстрое,

спонтанное превращение накопленной электрической энергии в кратковременный импульс большой мощности.

Наиболее широкое распространение для питания целого ряда ИП получил способ накопления электрической энергии в электрическом поле конденсатора.

# 1 Генераторы импульсов тока

## 1.1 Первый тип

На рисунке 1.1 приведена схема, в которой четыре группы силовых приборов. Работает схема следующим образом. При открытии  $VS1$  и  $VS2$  ёмкость начинает разряжаться на обмотку  $L$ . В момент  $\pi/2$  ток достигает максимального значения, а напряжение  $U_c=0$ . Если тиристоры закрыть в этот момент, то ток замкнётся через диоды, направление тока ёмкости изменится на противоположное, и она начнет подзаряжаться с полярностью первоначального знака. Ток уменьшается, и энергия обмотки переходит в ёмкость  $C$ . В момент ток снижается до нуля, и диоды  $VD1$  и  $VD2$  закрываются. К моменту  $\pi$  ёмкость заряжается до напряжения  $U_{cm}$ . Далее могут быть снова открыты приборы  $VS1$  и  $VS2$  и процесс повторится. В этой схеме возможны разнообразные режимы работы (рисунок 1.2). В частности, широко применяемый режим с формированием импульса с плоской вершиной длительностью  $\tau$ , что достигается закрыванием в  $T/4$  одного тиристора, а в  $T/4 + \tau$  - второго. На время  $\tau$  обмотка оказывается замкнутой через не закрытый тиристор (к примеру,  $VS1$ ) и диод  $VD1$ , этот же режим можно получить если не закрывать в  $T/4$  тиристоры, при этом происходит открытие диодов, ток на время  $\tau$  замыкается через тиристоры и диоды. В момент  $T/4 + \tau$  -закрываем тиристоры, ток начинает протекать через ёмкость.

Если закрывать тиристоры раньше чем  $T/4$ , то ток имеет форму, близкой к треугольной, а ёмкость работает с частичным разрядом, если же закрыть только один тиристор, то формируется плоская часть импульса. Если использовать вместо диодов тиристоры, то можно получить режим с перезарядом конденсатора, и формой тока как показано на нижней диаграмме рисунка 1.2.

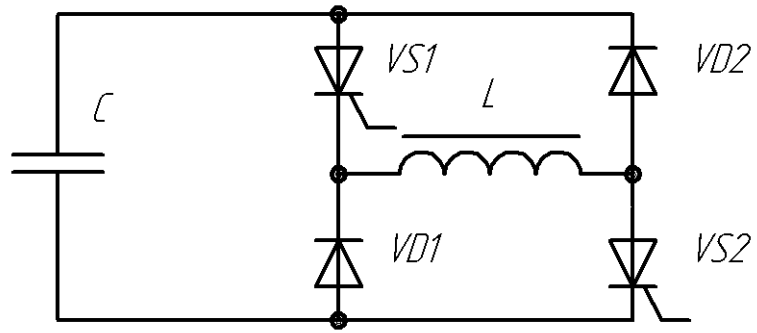


Рисунок 1.1 – Первый тип схем генераторов

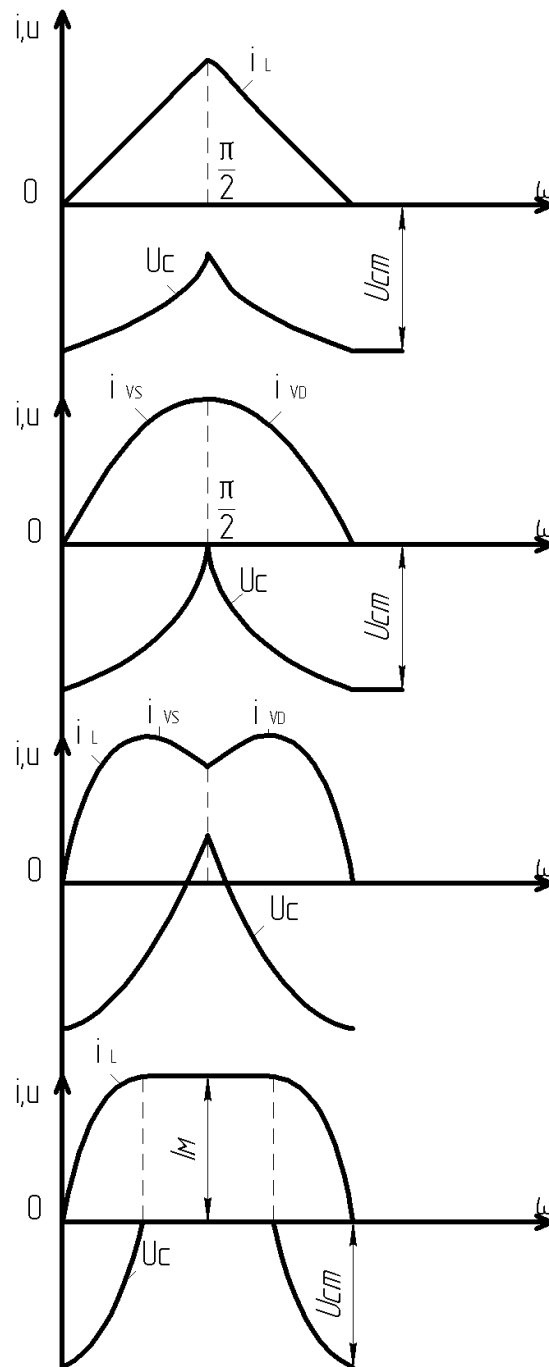


Рисунок 1.2 – Диаграммы различных режимов работы генератора

## 1.2. Второй тип.

Другая схема (рисунок 1.3) имеет обмотку, выполненную из двух магнитно-связанных секций и только две группы коммутирующих приборов. При открытии тиристора VS ёмкость  $C$ , заряженная до напряжения  $U_{ст}$ , разряжается на секцию  $L1$ . При разряде емкости до нуля и тиристор VS закрывается, а ток в  $L1$  уменьшается до нуля, а в обмотке (в соответствии с принципом сохранения потокосцепления) возрастает, и протекает через ёмкость  $C$ , заряжая её до напряжения с первоначальным знаком. На интервале  $0 \dots \pi$  к диоду приложено в обратном направлении напряжение равное сумме напряжений конденсатора  $U_c$  и обмотки  $U_L$ . При  $L1=L2$  и коэффициенте связи близким к единице оно равно двойному напряжению ёмкостного накопителя. Прямое напряжение на тиристоре перед закрытием диода так же равно двойному напряжению на конденсаторе. Поэтому приборы необходимо выбирать на напряжение вдвое больше чем приборы в предыдущей схеме. Схема позволяет формировать поля такой - же формы, что и схема первого типа (рисунок 1.4). Формирование импульса тока с плоской частью произойдет, если не закрывать тиристор в момент  $\pi / 2$ , при этом при перезаряде конденсатора откроется диод и произойдет выравнивание токов в обмотках. При запирании в  $\pi / 2 + \tau$  тиристора, произойдет возрастание тока в обмотке  $L2$ , и он потечёт через конденсатор, заряжая его до напряжения первоначального знака. Эта схема способна формировать также поля формы близкой к треугольной и синусоидальной. В этой схеме обмотки используются не максимально, так как одна обмотка формирует фронт импульса, а вторая обмотка формирует спад импульса. Это можно отнести к недостаткам схемы.



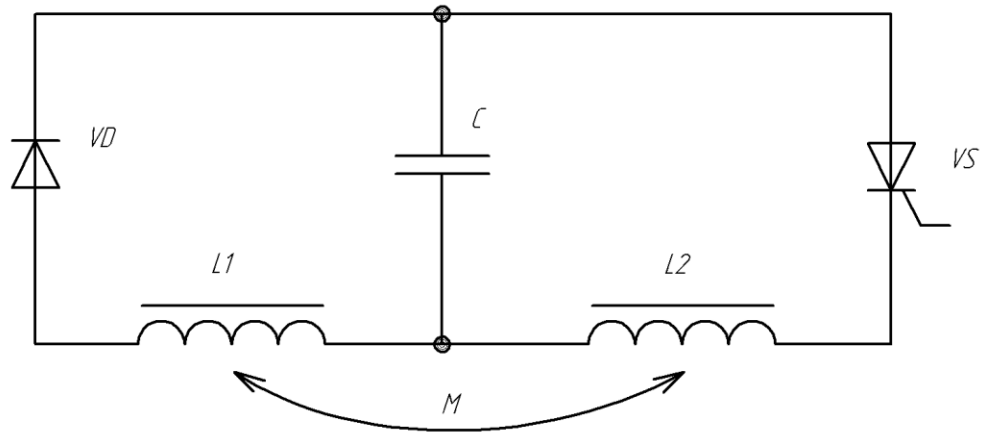


Рисунок 1.3 – Второй тип схем генераторов

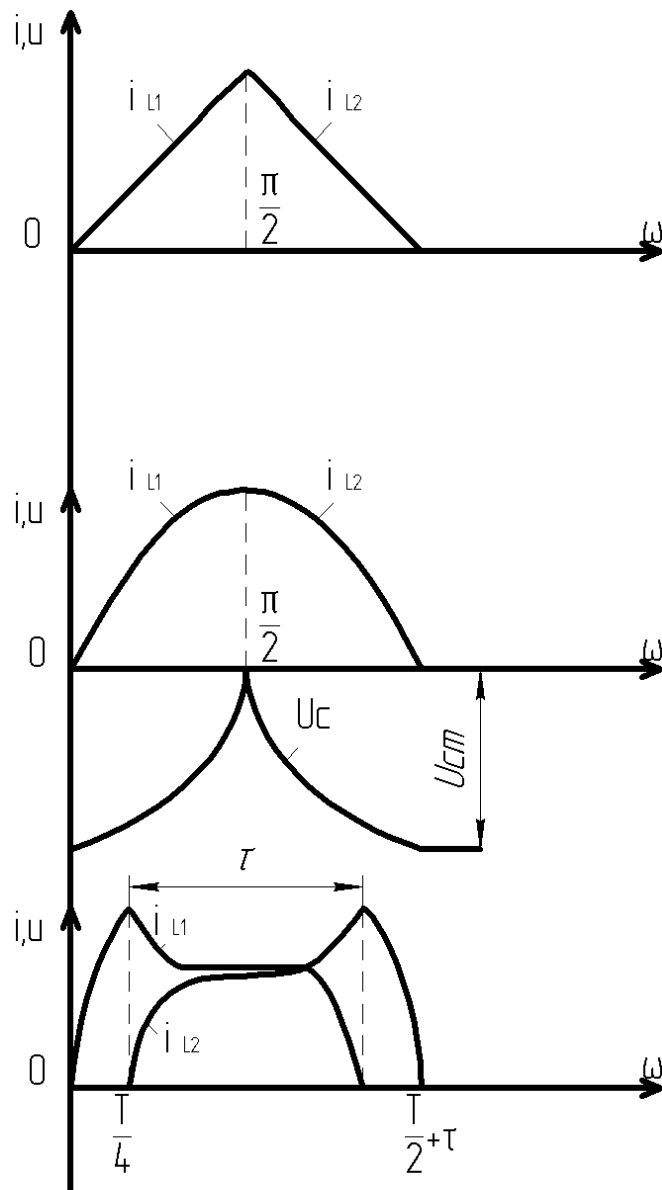


Рисунок 1.4 – Диаграммы различных режимов работы

### 1.3 Третий тип схем

На рисунке 1.5 приведена схема, в которой ёмкость разделена на две части и нагрузка выполнена в виде двух обмоток L1 и L2 (которые могут не иметь магнитной связи). При открытии тиристора VS ёмкости C1 и C2 разряжаются на обмотки. После разряда ёмкостей токи обмоток замкнутся по контуру L1-VS-L2-VD и обмотки оказываются замкнутыми. Происходит формирование плоской части импульса (см. рисунок 1.6). Запирание тиристора приводит к тому, что токи катушек замыкаются на конденсаторы и подзаряжают их напряжением первоначальной полярности (происходит рекуперация энергии). При работе схемы возможно формирование импульсов квазисинусоидальной, квазиполюсистой, квазитрапециидальной формы, форма импульса зависит от момента выключения тиристора. На приборах в процессе работы присутствует двойное напряжение накопительных конденсаторов. В данной схеме после выключения приборов присутствует контур без полупроводниковых приборов, что может вызвать протекание уравнивающих токов (вызванных различием в индуктивностях обмоток и ёмкостей), что нежелательно. Этот эффект можно устранить установкой диодов последовательно с обмоткой, что приводит к увеличению числа приборов.

### 1.4 Четвёртый тип схем.

Схема на рисунке 1.7 также содержит две обмотки, две ёмкости, но в отличие от предыдущей схемы в ней присутствуют четыре группы коммутирующих приборов. При одновременном открытии тиристоров VS1 и VS2 ёмкости C1 и C2 разряжаются на обмотки L1 и L2. При закрытии тиристоров ток индуктивностей замыкается через ёмкости, заряжая их напряжением первоначальной полярности. Если и после разряда ёмкостей не осуществлять закрытие тиристоров, то токи обмоток замкнутся через цепочки VS1-VD2, VS2-VD1. Выключение тиристоров приведет к замыканию токов через конденсаторы, и энергия, запасенная в обмотках, рекуперирована в ёмкости. Достоинством схемы является отсутствие контуров без полупроводниковых приборов после закрытия их, что

исключает возможность протекания уравнивающих токов. Схема позволяет формировать импульсы тока различной формы.

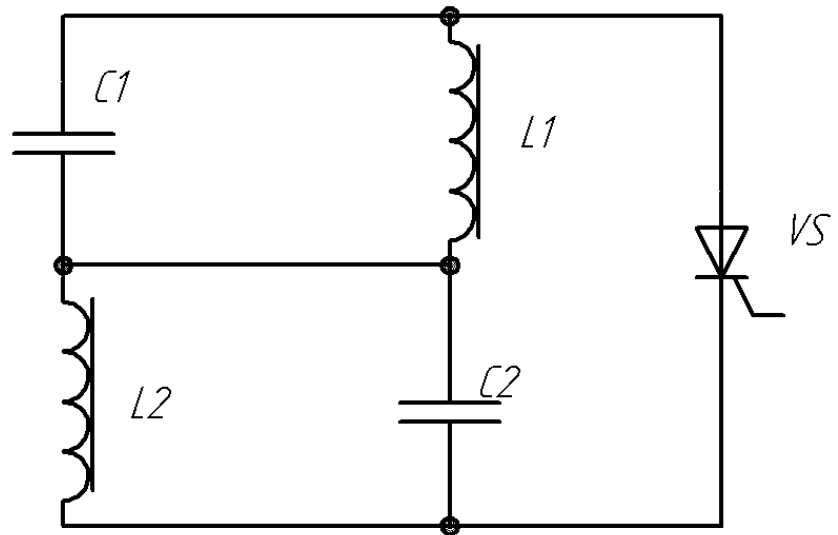


Рисунок 1.5 – Третий тип схем генератора

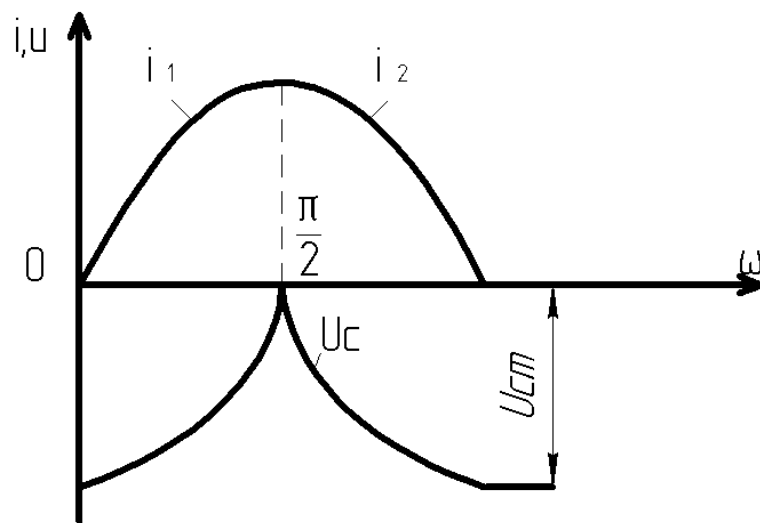


Рисунок 1.6 – Диаграммы работы схемы

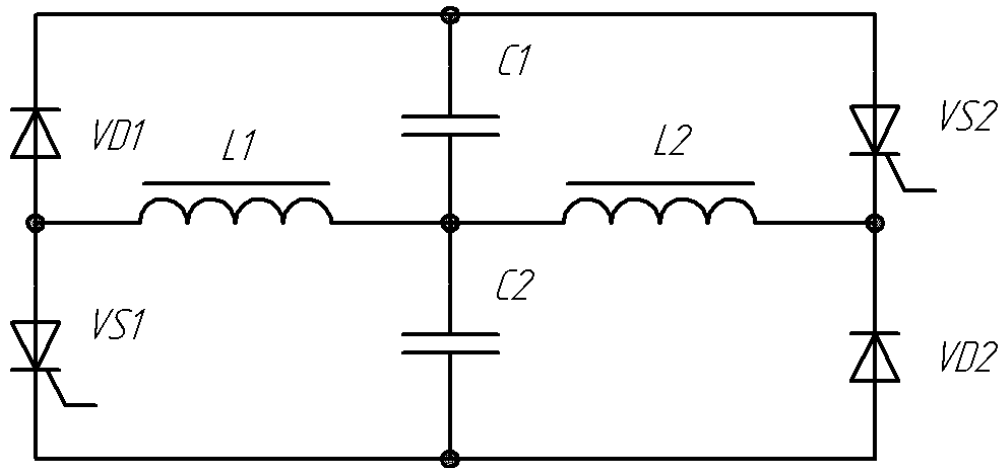


Рисунок 1.7 – Четвертый тип схем генераторов

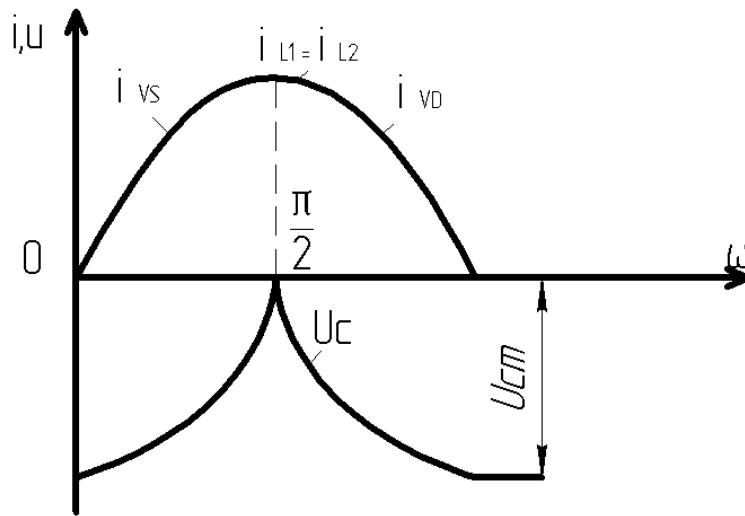


Рисунок 1.8 – Диаграммы работы схемы

Наиболее простая и надёжная схема (рисунок 1.9). К недостаткам можно отнести наличие длительного процесса затухания тока в обмотке возбуждения. Диаграмма работы изображена на рисунке 1.10. Конденсатор  $C_n$  заряжается по цепи блока заряда. При поступлении сигнала  $U_{упр}$  открывается оптотиристор  $VS$  и вся накопленная энергия конденсатора прикладывается к катушке индуктора. Подача импульса тока сопровождается возникновением электромагнитной силы, под действием которой индуктор начинает перемещаться вверх, а якорь вниз, тем самым, уменьшая зазор. Благодаря дросселю насыщения в цепи диода, конденсатор частично перезаряжается и к оптотиристору на непродолжительное время прикладывается обратное напряжение, необходимое для надёжного запираения. Ток индуктора замыкается через диод  $VD$ . За время заряда конденсатора все процессы, протекающие в обмотке возбуждения, прекращаются. Якорь с индуктором, под действием силы тяжести и упругости пружины возвращаются в исходное положение до подачи следующего импульса  $U_{упр}$ .

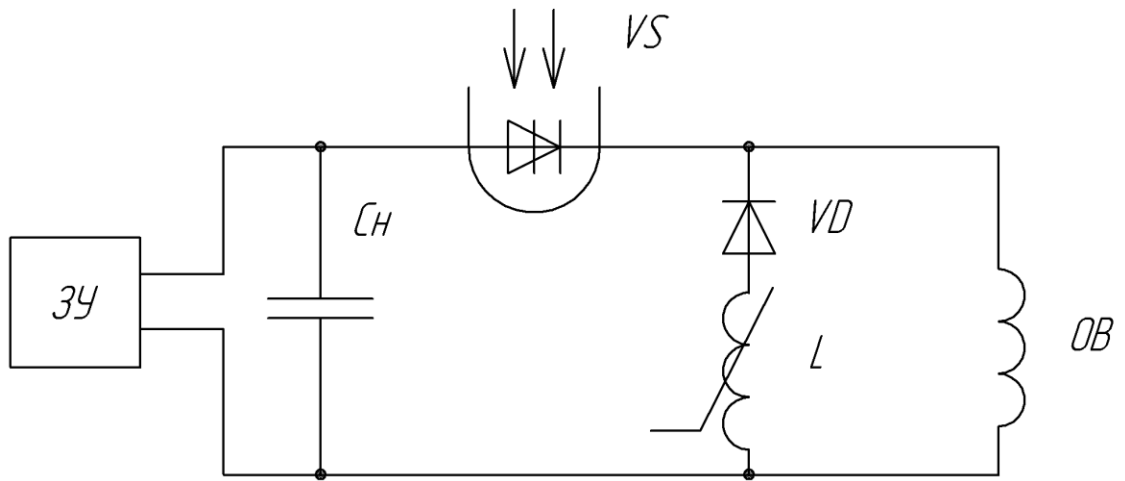


Рисунок 1.9 – Силовая схема

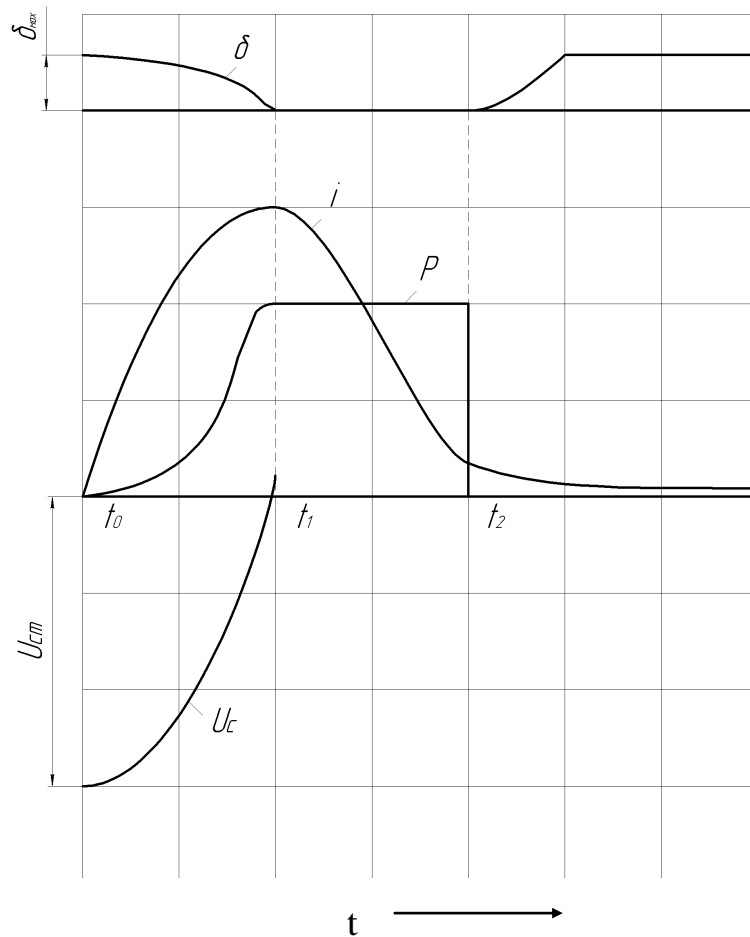


Рисунок 1.10 – Диаграммы работы

## 2 Конструктивная схема магнитопровода

### 2.1 Определение размеров паза под обмотку возбуждения.

Для определения действующего значения МДС рассмотрим форму импульса тока ОВ (рисунок 2.1). Для упрощения реальный импульс тока в обмотке электромагнита можно заменить эквивалентным синусоидальным. Точная циклограмма работы неизвестна, поэтому при проектировании импульсного электромагнитного привода будем ориентироваться на следующие данные: период силовых воздействий  $T=6$  с, длительность фронта импульса  $t_{\text{фр}}=1,5$  мс, время выбора зазора  $t_{\text{умн}}=3$  мс. Т.к. импульс тока и МДС по форме одинаковы, действующее значение МДС на интервале  $t_{\text{умн}}$  будет следующим

$$F_{\text{имп}} = \frac{F_m}{\sqrt{2}} = \frac{10000}{\sqrt{2}} = 7070 \text{ А ,}$$

действующее значение на интервале  $T$

$$F = F_{\text{имп}} \sqrt{\frac{t_{\text{имп}}}{T}} = 7070 \sqrt{\frac{3 \cdot 10^{-3}}{6}} = 160 \text{ А ,}$$

Площадь поперечного сечения меди обмотки возбуждения при плотности тока  $j=1,5$  А/мм<sup>2</sup>

$$S_M = \frac{F}{j} = \frac{160}{1,5} = 106,6 \text{ мм}^2 ,$$

Площадь паза под обмотку с учетом коэффициента заполнения паза медью  $k_{\text{зм}}=0,5$  (при ручной намотке ОВ) будет следующей

$$S_{\text{паза}} = \frac{S_M}{k_{\text{зм}}} = \frac{106,6}{0,5} = 213,3 \text{ мм}^2 ,$$

Форму паза под обмотку выберем прямоугольной. Зададим  $c = 22,5 \text{ мм}$

$$b = \frac{\sqrt{S_{\text{паза}}}}{c} = \frac{\sqrt{213,3}}{22,5} = 9,48 \text{ мм ,}$$



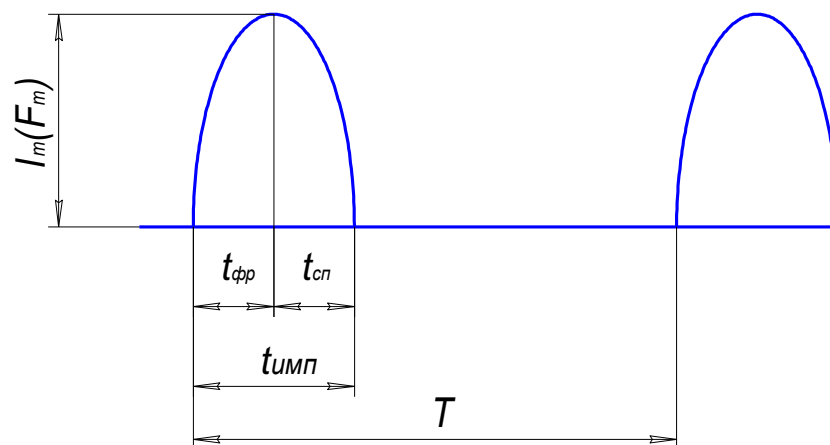


Рисунок 3.1 – Эквивалентные импульсы тока в обмотке

Для последующего расчета выберем размеры  $b = 10\text{мм}$ . Для крепления обмотки в пазу необходимо предусмотреть размещение клина, поэтому глубину паза примем  $h = 15\text{мм}$ .

Конструктивная схема измененного магнитопровода показана на рисунке 2.2.

## 2.2 Расчет схемы питания.

Принципиальная электрическая схема питания Электромагнитного привода представлена на рисунок 2.3. Схема состоит из емкостного накопителя  $C1$ , оптронного тиристора  $VS1$ , диода  $VD1$  и дросселя насыщения  $L1$ .

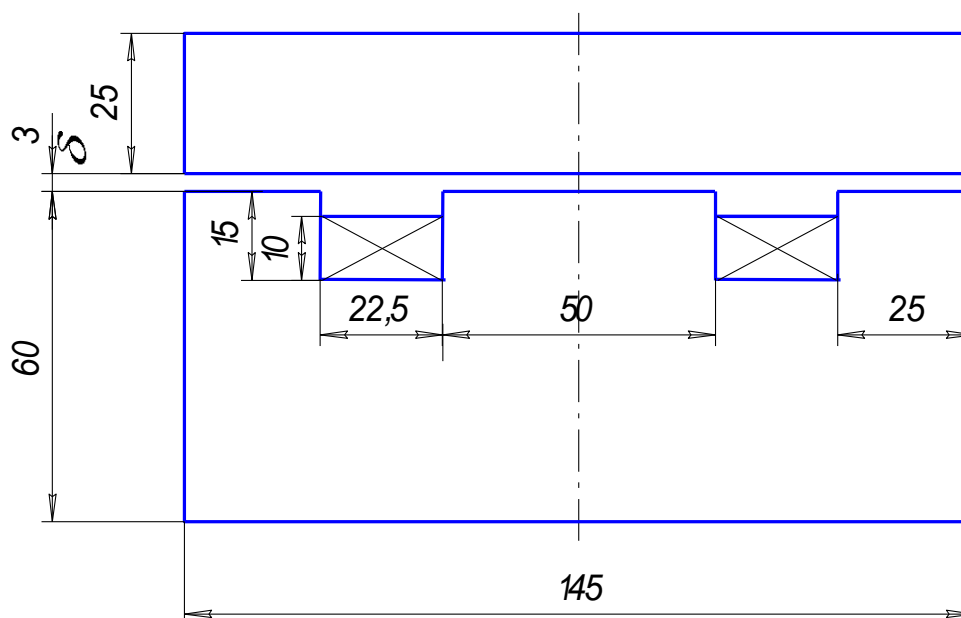


Рисунок 2.2 – Конструктивная схема магнитопровода

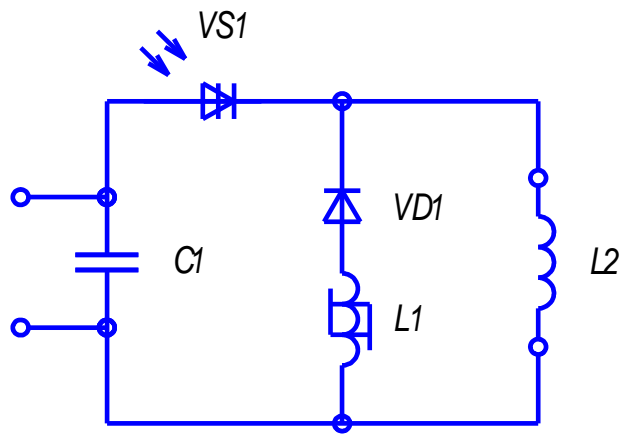


Рисунок 2.3 – Схема питания (силовая часть)

2.2.1 Определение параметров обмотки возбуждения и ёмкости накопительного конденсатора.

Площадь центрального полюса шириной  $a_{ц}$

$$S_{ц} = a_{ц}l = 2al = 2 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 7 \cdot 10^3 \text{ мм}^2.$$

где  $a_{ц} = 2a$ ,  $a = 25 \text{ мм}$  – ширина полюса секции

$l$  – длина магнитопровода =  $140 \text{ мм}$ .

Магнитная проводимость зазоров электромагнитной секции

$$G = \mu_0 \frac{S_{ц}}{2\delta} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{7 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} = 1,466 \cdot 10^{-6} \text{ Гн},$$

Необходимая максимальная энергия, запасенная в магнитном поле катушки

$$A = \frac{L \cdot I_m^2}{2} = \frac{G(I_m w)^2}{2} = \frac{G \cdot F_m^2}{2} = \frac{1,466 \cdot 10^{-6} \cdot 10000^2}{2} = 73,3 \text{ Дж},$$

Необходимая емкость накопительного конденсатора при напряжении на нем  $950 \text{ В}$

$$C1 = \frac{2A}{U^2} = \frac{2 \cdot 73,3}{950^2} = 162 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

Выберем значение емкости  $C1 = 200 \text{ мкФ}$ .

Угловая частота контура разряда  $\omega$  при длительность фронта импульса  $t_{фр} = 1,5 \text{ мс}$

$$\omega = 2 \frac{\pi}{4t_{фр}} = 2 \frac{3,14}{4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}} = 1047 \text{ Гц}$$

Индуктивность обмотки возбуждения

$$L2 = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{1047^2 \cdot 200 \cdot 10^{-6}} = 4,56 \cdot 10^{-3} \text{ Гн},$$

Максимальное значение тока в обмотке

$$I_m = \sqrt{\frac{2A}{L2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 73,3}{4,56 \cdot 10^{-3}}} = 179,3 \text{ А},$$

Количество витков обмотки возбуждения

$$w = \sqrt{\frac{L2}{G}} = \sqrt{\frac{4,56 \cdot 10^{-3}}{1,466 \cdot 10^{-6}}} \approx 56.$$

Площадь поперечного сечения проводника

$$S_{M1} = S_M / w = 106,6 / 56 = 1,9 \text{ мм}^2.$$

Диаметр провода

$$d = \sqrt{\frac{4S_{M1}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,9}{\pi}} = 2,4 \text{ мм}.$$

Активное сопротивление обмотки

$$R_{обм} = \rho_{(75)} \frac{l_{cp} w}{S_{M1}} = \rho_{(75)} \frac{2(l_n + l_l) w}{S_{M1}},$$

где  $\rho_{(75)} = 0,02 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$  - удельное сопротивление проводниковой меди при

температуре  $75^\circ\text{C}$ ;  $l_{cp}$ - средняя длина витка;

$l_n = l$ — длина пазовой части обмотки = 140 мм;

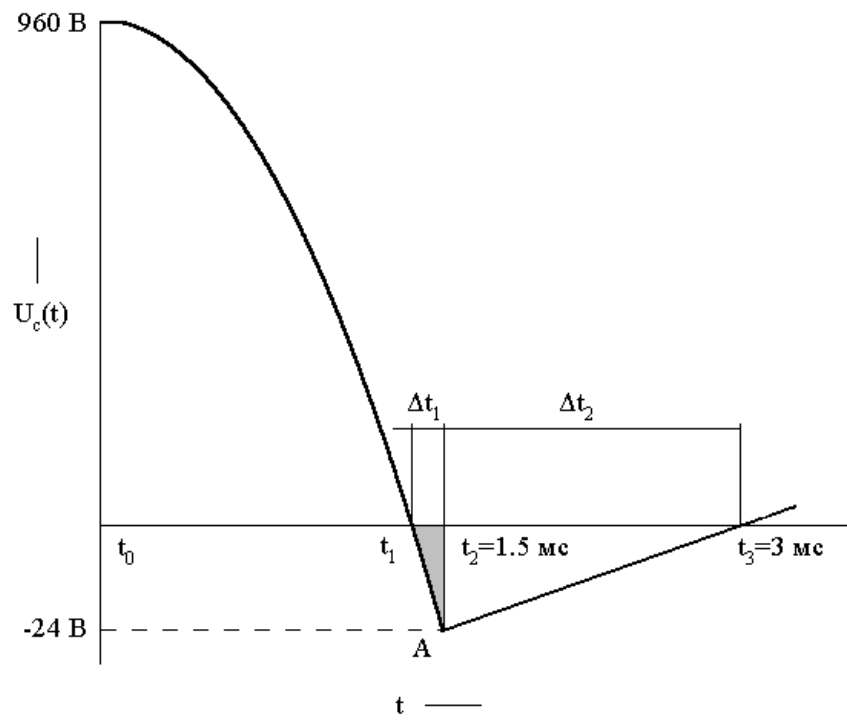
$l_l \approx \pi a$ — длина лобовой части обмотки.

$$R_{обм} = \rho_{(75)} \frac{2(l_n + l_l) w}{S_{M1}} = 0,02 \frac{2(0,14 + 0,025 \cdot \pi) 18}{1,9} = 0,504 \text{ Ом}.$$

В качестве накопительного выберем конденсатор К75-81 – 1000 В – 200 мкФ $\pm$ 10%.

### 2.2.2. Расчет дросселя насыщения

Введение в схему дросселя насыщения L1, включенного последовательно с диодом VD1, позволяет сформировать вольт-секундную паузу  $\Delta t_1$  на интервале  $t_1$ - $t_2$  (рисунок 2.4), в течение которой конденсатор C1 заряжается напряжением обратной полярности, которое прикладывается к тиристоры VS1 на интервале  $t_2$ - $t_3$  через открытый диод VD1, и тиристор VS1 восстанавливает свои запирающие свойства.



$$\Delta t_1 = 23.78 \text{ мкс}$$

$$\Delta t_2 = 1.5 \text{ мс}$$

Рисунок 2.4 – К определению вольт-секундной паузы

Поскольку заряд емкости С1 происходит от зарядного устройства максимальным током, не превышающим 1 А, то скорость нарастания напряжения  $dU_c/dt$  (наклон зарядной кривой) в 100 раз меньше скорости разряда конденсатора на нагрузку.

Зададимся длительностью интервала времени  $\Delta t_{2=t_3-t_2}=1.5$  мс (рисунок 2.4) на котором к тиристоры VS1 прикладывается обратное напряжение. Эта величина достаточна для надежного запираания тиристора VS1.

Зная характер кривых разряда и заряда емкостного накопителя, графическим методом определим величину обратного напряжения, которое должно присутствовать на конденсаторе для создания необходимой паузы. Пересечение кривых разряда и заряда конденсатора происходит в точке А (рисунок 2.4) с ординатой -24 В. Т.о. для создания необходимой паузы на конденсаторе должно присутствовать обратное напряжение  $\Delta U=24$  В.

При разряде емкостного накопителя на нагрузку:

$$I_m = C \cdot \frac{dU_c}{dt} \quad (2.1)$$

Из формулы (2.1) определим скорость разряда конденсатора С1 максимальным током  $I_m$ :

$$\frac{dU_c}{dt} = \frac{I_m}{C} = \frac{101.2}{100 \cdot 10^{-6}} = 1.012 \cdot 10^6 \frac{\text{В}}{\text{с}}$$

При изменении напряжения на конденсаторе  $\Delta U=24$  В (рисунок 3.3) интервал времени  $\Delta t_1$  за который произойдет перезаряд конденсатора до обратного напряжения величиной 24 В составит:

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta U \cdot C}{I_m} = \frac{24 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{101.2} = 23.78 \text{ мкс}$$

Вольт - секундную площадь  $S_{вс}$  определим по формуле:

$$S_{вс} = \frac{1}{2} \cdot \Delta U \cdot \Delta t_1 \quad (2.2)$$

По формуле (2.2) получили:

$$S_{вс} = \frac{1}{2} \cdot \Delta U \cdot \Delta t = \frac{1}{2} \cdot 24 \cdot 23.78 \cdot 10^{-6} = 2.854 \cdot 10^{-4} \text{ В} \cdot \text{с}$$

С другой стороны:

$$S_{\text{ср}} = \int_0^t U dt = \int_0^{\Psi} d\Psi = \Psi \quad (2.3)$$

Потокосцепление  $\Psi$  катушки дросселя L1 можно определить по формуле:

$$\Psi = B_m \cdot S_c \cdot w, \quad (2.4)$$

где  $B_m$  - максимальная индукция ферритового сердечника катушки, Тл;

$S_c$  - площадь поперечного сечения сердечника, м<sup>2</sup>;

$w$  - число витков катушки.

Для сердечника катушки выберем феррит марки 1500 НМ ГОСТ 14208-77 с максимальной индукцией  $B_m=0.3$  Тл.

Зададимся числом витков катушки  $w=10$ .

По формуле (2.4) с учетом (2.3) получили:

$$S_c = \frac{S_{\text{ср}}}{B_m \cdot w} = \frac{2.854 \cdot 10^{-4}}{0.3 \cdot 10} = 9.513 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

По [3, табл. 3.1.4.] выбрали ферритовый кольцевой сердечник с типоразмерами К20×12×6.

Сечение кольца сердечника определим по формуле:

$$S_{\kappa} = \frac{(D-d)}{2} \cdot h, \quad (2.5)$$

где  $D, d, h$  - геометрические размеры кольцевого сердечника (рисунок 2.5)

По формуле (2.5) получили:

$$S_{\kappa} = \frac{(20-12) \cdot 10^{-3}}{2} \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$



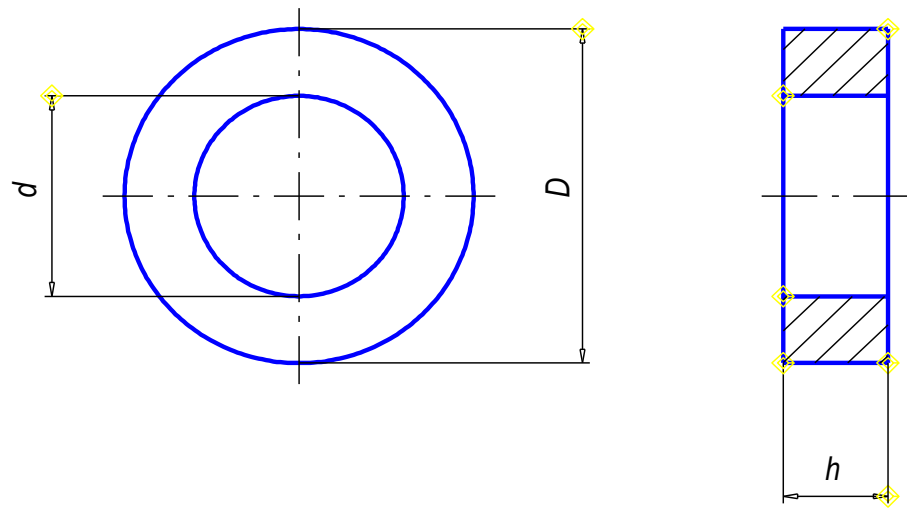


Рис. 2.5

Рисунок 2.5 – Кольцевой сердечник

По (2.6) получили:

$$n = \frac{S_c}{S_k} = \frac{95.13 \cdot 10^{-6}}{24 \cdot 10^{-6}} = 3.964$$

Приняв число сердечников  $n=4$  обеспечили сечение катушки, достаточное для формирования временной задержки  $\Delta t_1$ .

### 2.2.3. Выбор полупроводниковых приборов

В качестве оптронного тиристора VS1 из выбрали тиристор ТО 135-80 12 класса по напряжению, технические характеристики которого приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Параметры тиристора ТО 135-80

Параметры	Значения
	ТО 135-80
Постоянное прямое напряжение в закрытом состоянии, В	1200
Постоянный ток в открытом состоянии, А	80
Повторяющийся импульсный ток в открытом состоянии при $\tau_n=10$ мс, А	1500
Повторяющийся импульсный ток в закрытом состоянии, мА	1500
Импульсный отпирающий ток управляющего электрода, не более, мА	6
Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии, В/мкс	200
Импульсное напряжение управления, В	2.5
Напряжение гальванической развязки, В	2500

В качестве диода VD1 выбрали из [5] кремниевый диффузионный диод Д132-80 12 класса по напряжению, технические характеристики которого приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Параметры диода Д132-80

Параметры	Значения
	Д132-80
Пороговое напряжение, В	0.83
Постоянное обратное напряжение, В	1200
Средний прямой ток, А	80
Действующий прямой ток, А	125

### 3 Структурная схема

На основании технического задания структурную схему разрабатываемого устройства. Она изображена на рисунке 3.1.

Основные структурные блоки системы питания электромагнитного привода:

1. схема заряда,
2. схема управления,
3. схема контроля напряжения,
4. конденсаторный накопитель,
5. схема разряда,
6. схема запуска,
7. электромагнитный привод.

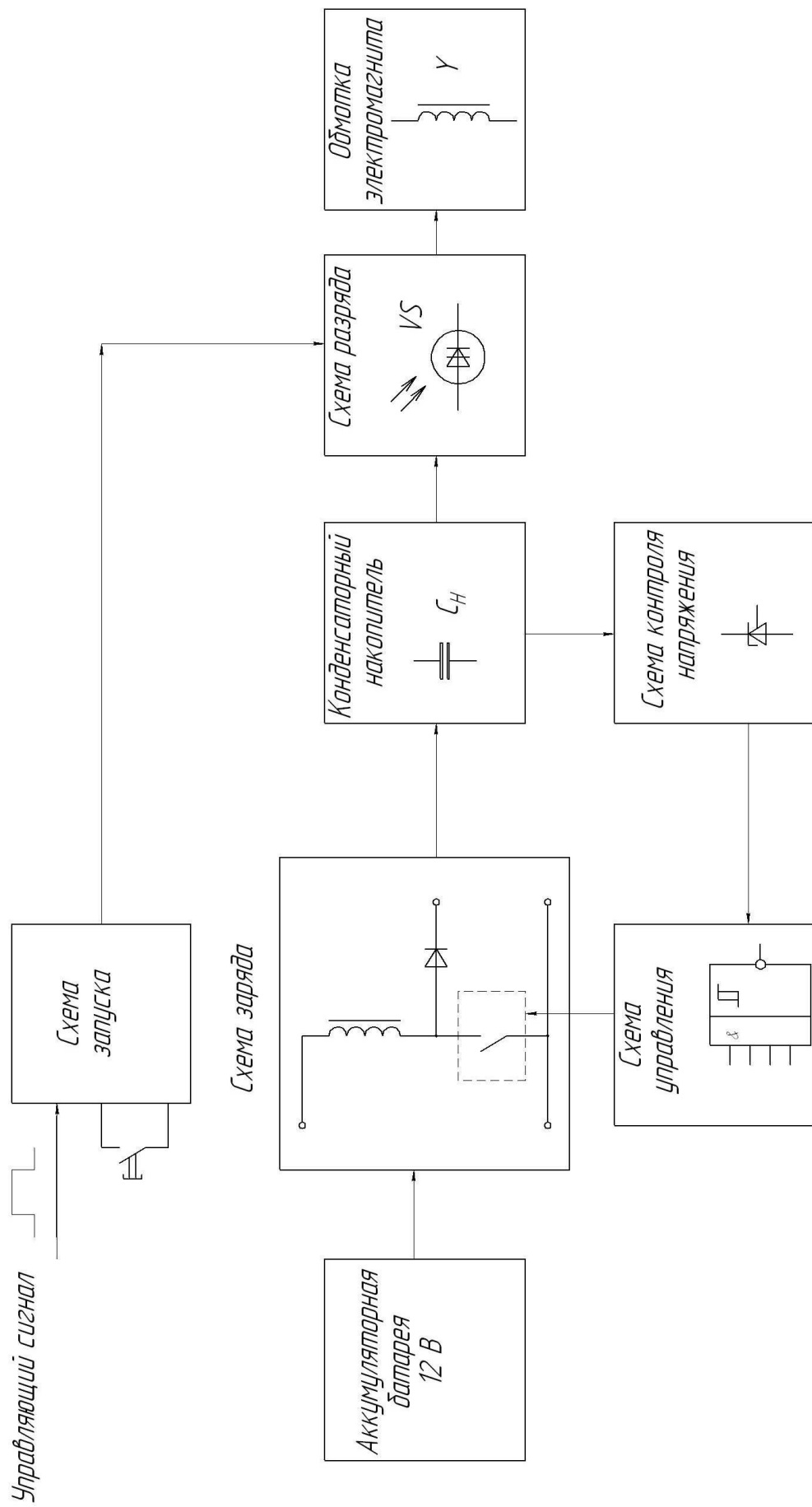


Рисунок 3.1 – Структурная схема устройства

## 4 Составление электрической принципиальной схемы устройства

### 4.1. Описание схемы заряда.

Схема заряда имеет структуру «бустерной» схемы (рисунок 4.1). Схема работает следующим образом:

- при замкнутом ключе SA ток в индуктивности нарастает по линейному закону;
- при размыкании ключа, запасенная в нем энергия  $W=LI^2/2$ , освобождается в виде тока, который через диод VD заряжает конденсатор C;
- далее ключ опять замыкается и цикл повторяется.

Схема управления СУ управляет работой ключа в зависимости от тока в индуктивности L и отслеживает напряжение на конденсаторе, удерживая его на заданном уровне.

### 4.2. Расчет схемы заряда

Для заряда конденсатора необходима энергия  $W=CU^2/2$ . Подставляя значения  $C=150\text{мкФ}$  и  $U=1000\text{В}$ , получим:

$W = 150 \cdot 10^{-6} \cdot 1000^2 / 2 = 75\text{Дж}$ . Мощность, отбираемая от источника питания  $P=W/t=75\text{Вт}$ , где t время заряда конденсатора, равное времени при максимальной частоте срабатывания  $t=1\text{с}$ , так как по заданию частота равна 1Гц.

Средний ток заряда конденсатора найдем из формулы  $I_c = CU/t$ , где U – напряжение заряженного конденсатора, равное 1000В, t – время зарядки конденсатора равное 1с. Тогда  $I_c=10^{-4} \cdot 1000/1=0,1\text{А}$ . Напряжение питания схемы  $U_p=12\text{В}$ , но с учетом падения напряжения на ключевом транзисторе, датчике тока и с небольшим запасом, примем  $U_p=10\text{В}$ .

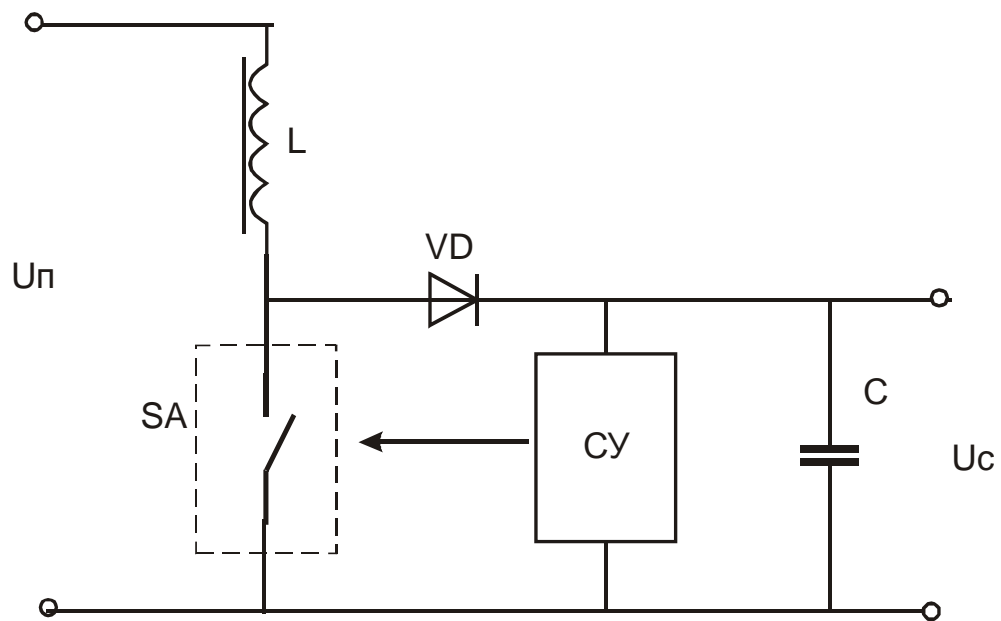


Рисунок 4.1 – Схема заряда

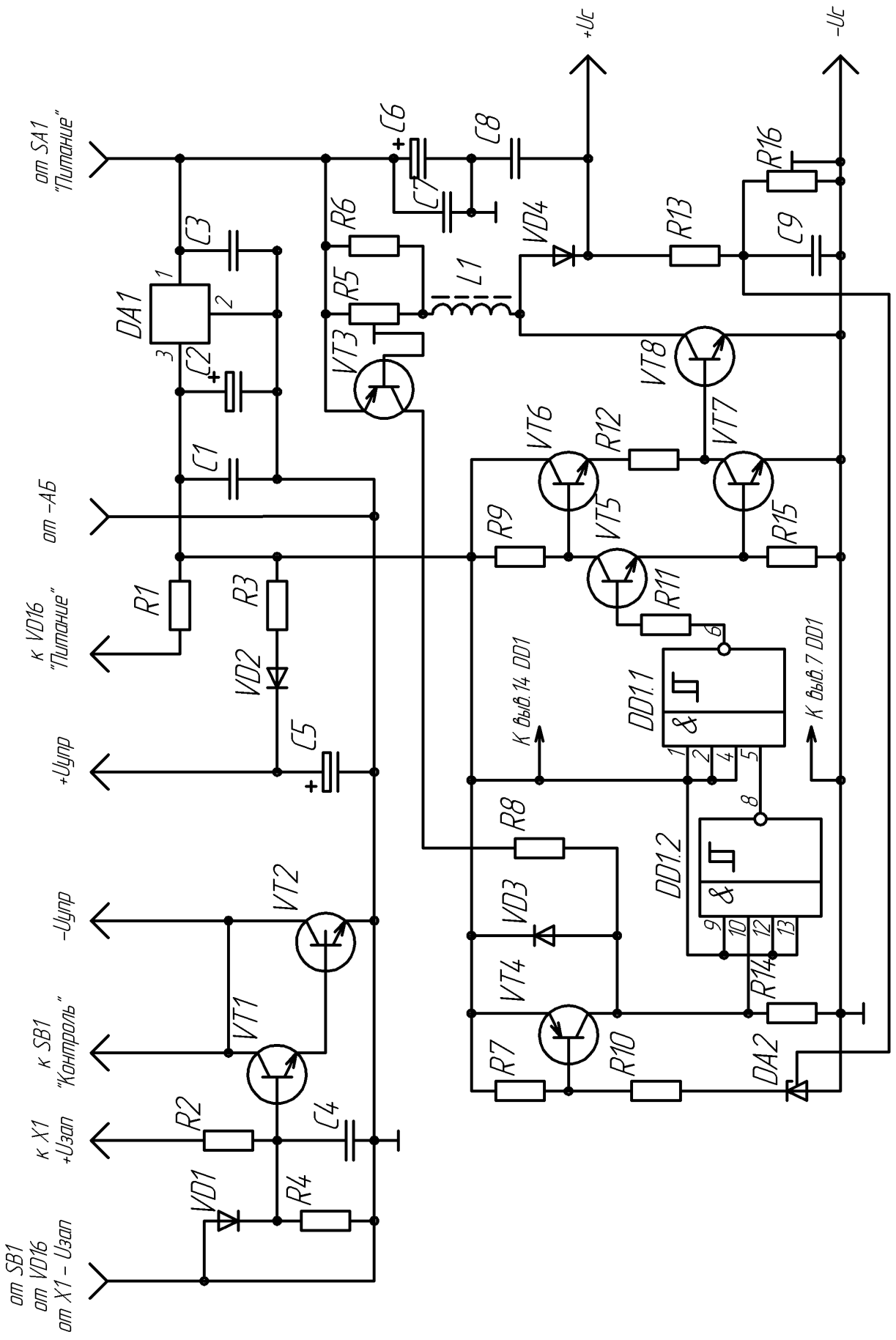


Рисунок 4.2 – Схема электрическая принципиальная блока управления



Тогда ток заряда дросселя  $L$  найдем из соотношения  $I_c \cdot U = U_{п} \cdot I_L$  Или  $I_L = I_c \cdot U / U_{п} = 0,1 \cdot 1000 / 10 = 10 \text{ А}$ . Выберем ориентировочно рабочую частоту переключения ключа  $f = 1000 \text{ Гц}$ , тогда период заряда индуктивности до тока заряда индуктивности  $I_L$ :  $T_3 = 1/f = 0,001 \text{ с}$ . Индуктивность найдем из формулы  $I_L = U_{п} T_3 / L$ .

Или  $L = U_{п} \cdot T_3 / I_L = 10 \cdot 0,001 / 10 = 1 \text{ мГн}$ . Учитывая, что заряд индуктивности в цикле заряд-разряд занимает примерно 90%, то индуктивность  $L$  примем равной  $0,9 \text{ мГн}$ , для более быстрого заряда.

Из справочника выберем дроссель типа Д176-0,0012-18 с индуктивностью  $L = 1,2 \text{ мГн}$  и рассчитанный на ток  $18 \text{ А}$ . Тогда при этом период заряда  $T_3 = I_L \cdot L / U_{п} = 10 \cdot 0,0012 / 10 = 1,2 \text{ мс}$ . При этом частота  $f = 0,9 / T_3 = 750 \text{ Гц}$ .

На микросхеме DA1 сделан вспомогательный источник питания 5В. Конденсаторы  $C1..C4$  – фильтрующие по входу и выходу. Выберем  $C1, C4 = 0,068 \text{ мкФ}$ ,  $C2 = 47 \text{ мкФ} \times 16 \text{ В}$ ,  $C3 = 1000 \text{ мкФ} \times 25 \text{ В}$ .

В качестве ключа служит транзистор VT8 типа КТ839А, с максимальным током коллектора  $15 \text{ А}$  и предельным напряжением на коллекторе  $1500 \text{ В}$ . В качестве диода VD4 выберем диод типа MUR100E, с обратным напряжением  $1500 \text{ В}$  и прямым током  $20 \text{ А}$ .

Транзистор VT6 применятся для раскачки VT8, так как ток базы VT8 большой и у него небольшой коэффициент усиления, то в качестве VT6 выберем составной транзистор типа КТ972А, с коэффициентом усиления более 750.

Резистор R12 найдем из формулы  $R12 = (U_{п} / 2) / I_{бVT8}$ , где  $I_{бVT8} = I_L / h_{21_{VT8}}$  - ток базы транзистора VT8. Подставим значения и получим:  $I_{бVT8} = 10 / 10 = 1 \text{ А}$  (максимальный ток коллектора КТ972А равен  $4 \text{ А}$ , что вполне устраивает). Тогда  $R12 = 2,5 / 2 = 2,5 \text{ Ом}$ .

Выберем  $R12 = 2,4 \text{ Ом}$ . Мощность рассеиваемая на резисторе  $P = I^2 \cdot R = 1^2 \cdot 2,4 = 2,4 \text{ Вт}$ , поэтому выберем резистор типа С5-42В-3Вт.

Резистор  $R9 = (U_{п} / 2 - U_{бэVT6}) / I_{бVT6}$ , где  $I_{бVT6} = I_L / h_{21_{VT6}}$  - ток базы транзистора VT6. Подставим значения и получим:  $I_{бVT6} = 1 / 750 = 1,33 \text{ мА}$ . Такой ток базы обеспечит практически любой маломощный транзистор.

Поэтому в качестве предыдущего транзистора VT5, выберем транзистор типа КТ3102А с большим коэффициентом усиления и поэтому его легко откроет любой логический элемент.

Тогда резистор  $R9=(2,5-1,4)/0,0013=850$  Ом. Выберем резистор  $R9=820$  Ом (округление в меньшую сторону).

VT7 также выберем типа КТ972А. Номинал резистора R15 большого значения не имеет, так как схема низкочастотная и времена рассасывания не столь важны, поэтому выберем  $R15=1$ кОм.

Логические элементы – инверторы ТТЛ с гистерезисом.

Резистор R6 служит датчиком тока. Падение напряжения при максимальном токе заряда индуктивности выберем равным  $U_{R5}=0,35$ В, что немного больше напряжения открывания маломощного германиевого транзистора VT3. Тогда  $R6=U_{R5}/I_3=0,35/10=0,035$  Ом. Выберем  $R6=0,039$  Ом (проволочный резистор). В качестве VT3 – транзистор типа ГТ308А, благодаря чему уменьшили сопротивление датчика тока и соответственно потери энергии.

Выберем подстроечный резистор  $R5=330$  Ом, что намного больше номинала резистора R6 и его не шунтирует.

Выберем резистор  $R14=330$  Ом, чтобы при протекании через него входного тока «нуля» ТТЛ-элемента, падение напряжения на нем было меньше логической «1». Приняв логическую «1» равной 4В, получим, что ток через R14 должен быть:  $I_{R14} = 4В/R14 = 4/330 = 12$ мА.

Тогда сопротивление  $R8 = (U_{п}-4В)/I_{R14} = (12-4)/0,012=667$  Ом. (Падение напряжения на VT3 мало и им можно пренебречь). Так как напряжение на аккумуляторе обычно больше 12В, то выберем резистор  $R8=680$  Ом. Диод VD3 защищает логический элемент DD1.2 при превышении напряжения на резисторе R14 из-за большого тока через R8.

Делитель напряжения на R13,R16 представляет собой датчик напряжения зарядки конденсатора. При достижении напряжения на конденсаторе равным 1000В, падение напряжения на резисторе R16, становится равным 2,5В, открывается микросхема DA2 через резистор R10 идет ток, который открывает VT4 и

на резисторе R4 появляется более 4В (логическая 1), в итоге транзистор VT8 закрывается и зарядка конденсатора прекращается.

Выберем резистор  $R13=2\text{МОм}$ , тогда  $R16=2,5\text{В}/U_c \cdot R13 = 2,5/1000 \cdot 2000000 = 5\text{кОм}$ . Выберем  $R16=5,6\text{кОм}$  (немного больше, так как это подстроечный резистор). Конденсатор C11 – помехозащищающий.

Выберем ток через резистор R10 равным минимальному току через микросхему DA2 (справочное значение)  $I_{R10}=1\text{мА}$ , который намного меньше тока коллектора VT4, деленного на коэффициент его усиления. Тогда  $R10=(U_{\text{п}}-U_{D2}-U_{\text{бэ}VT4})/I_{R10}=(5-2-0,7)/0,001=2,3\text{кОм}$ .

Выберем  $R10=2,2\text{кОм}$ .

В качестве VT4 выберем транзистор КТ3107А.

Ток через транзистор VT2, должен быть не более 1А, что достаточно для открывания модульных оптодиодов, поэтому выберем транзистор КТ815В. Для его раскачки служит транзистор VT1 – выберем КТ3102А. Сопротивление резистора  $R2 < (U_{\text{зап}} - (U_{\text{бэ}VT1} + U_{\text{бэ}VT2})) / I_{VT2} \cdot h_{21\text{э}VT2} \cdot h_{21\text{э}VT1} = (10 - 1,5) / 1 \cdot 30 \cdot 150 = 38250\text{Ом}$ .

Выберем  $R2=3,3\text{кОм}$ . Выберем резистор  $R4=4,3\text{кОм}$ . Совместно с конденсатором C4 он служит для защиты от помех.

Диод VD1 – служит для защиты при неправильной полярности напряжения  $U_{\text{зап}}$ .

Конденсатор C5, резистор R3, диод VD2 – служат для формирования импульса запуска. Для формирования длительности задержки между импульсами 1с, выберем конденсатор  $C5=20\text{мкФ}$ , тогда  $R3=T/C6 = 1/(20 \cdot 10^{-6}) = 50\text{кОм}$ .

Выберем  $R3=51\text{кОм}$ .

#### 4.3 Работа схемы.

Когда транзистор VT8 открыт, то ток в дросселе L1 нарастает по линейному закону. Когда ток достигнет примерно 10А, то на резисторе R6 появится напряжение достаточное для открывания транзистора VT3. Появляется ток коллектора VT3 и на резисторе R14 появляется логическая «1». На выходе DD1.2 также будет высокий уровень напряжения – это напряжение откроет транзистор VT5, который откроет VT7 и транзистор VT8 закроется.

Ток, запасенный в дросселе L1, начнет заряжать конденсатор Cн через диод VD4. При прекращении тока через вентиль транзистор VT3 закроется, а транзистор VT8 откроется и снова начнется нарастание тока в дросселе. Примерно через 750 циклов конденсатор Cн зарядится до 1000В, падение напряжения на R16 достигнет 2,5В, открываются DA2, VT4 и в итоге закрывается транзистор VT8. Когда конденсатор Cн разрядится полностью или частично, цикл зарядки начнется снова.

Резисторами R5 и R16 можно выбрать все погрешности расчета схемы, то есть время заряда и напряжение на конденсаторе.

Резистором R5 можно изменять ток дросселя и соответственно время зарядки конденсатора.

Резистором R16 подстраивается напряжение на конденсаторе Cн (в максимальном положении конденсатор будет заряжаться до 800В). В связи с экономией энергии в схеме не предусмотрена защита от перенапряжения конденсатора Cн. При тестировании схемы необходимо установить подстроечный резистор в максимальное положение и плавно, снимая данные вольтметром с конденсатора Cн, выставить его не необходимый номинал.

## 5 Безопасность и экологичность проекта.

### 5.1 Описание рабочего места, оборудования и выполняемых операций.

Эскиз рабочего помещения, предназначенного для изготовления печатных плат, представлен на рисунке 5.1. Применяемое при этом технологическое оборудование сведено в таблице 5.1.

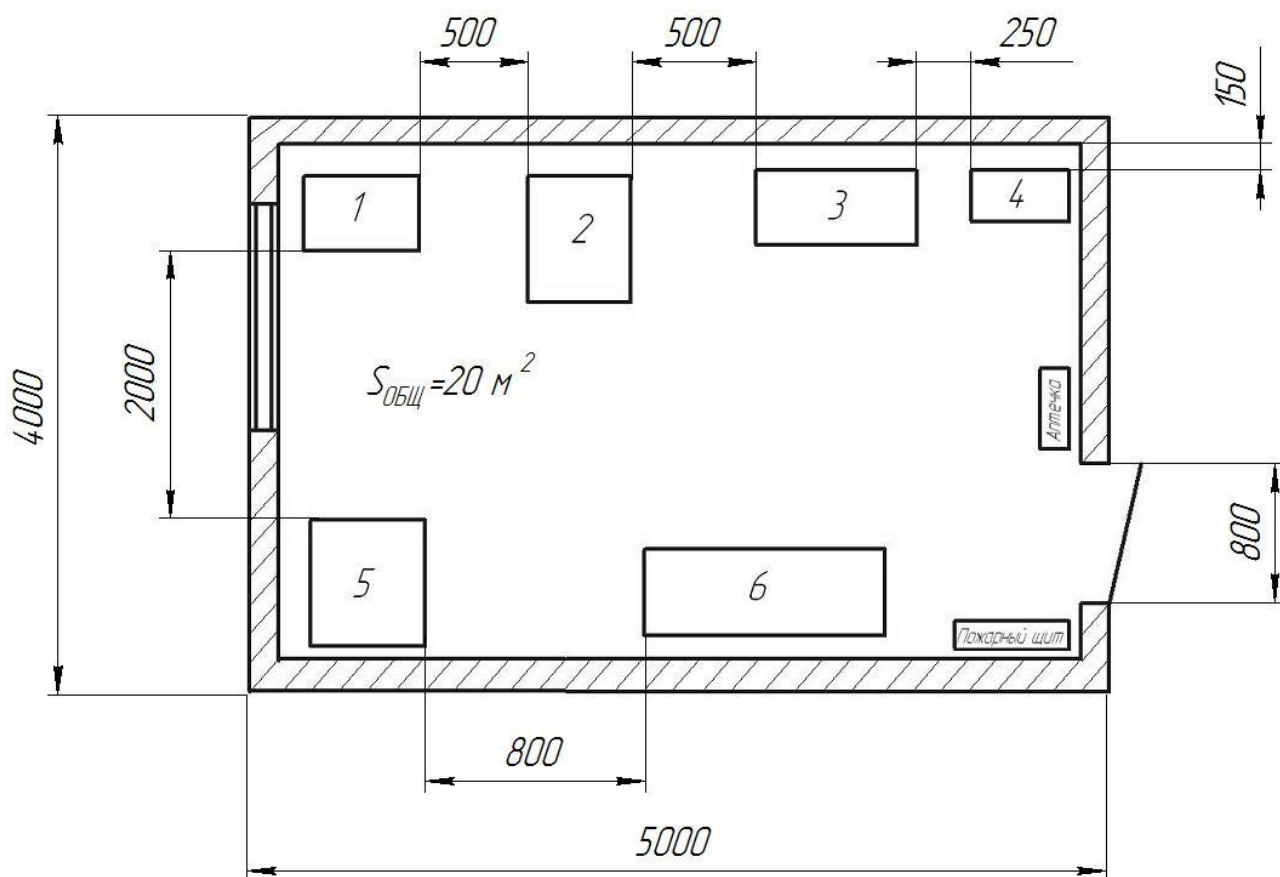


Рисунок 5.1. Эскиз рабочего помещения

Таблица 5.1. - Спецификация оборудования для рабочего места

№	Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом
1	Сверлильный станок	Изготовление технологических отверстий
2	Шкаф для хранения инструментов и реактивов	Хранение инструментов и реактивов
3	Ванна для травления плат.	Химическое травление и обезжиривание плат
4	Зона пайки и травления плат	Монтаж и пайка радиоэлементов, сборка конструкций.
5	Сушильная камера	Сушка печатной платы
6	Установка для механической обработки изделий	Механическая обработка изделий, вырезка контура платы из текстолита

## 5.2 Идентификация опасных и вредных производственных факторов разрабатываемого производственного объекта.

Опасным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Вредным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности.

Опасные и вредные производственные факторы по природе действия подразделяются на четыре группы:

- Физические опасные и вредные производственные факторы;
- Химические опасные и вредные производственные факторы;
- Биологические опасные и вредные производственные факторы;
- Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы.

В технологических операциях, выполняемых на рассматриваемом рабочем месте, имеют место физические и химические опасные и вредные производственные факторы (Таблица 5.2).

Таблица 5.2.- Вредные и опасные производственные факторы

№ п/п	Наименование опасного и вредного производственного фактора	Виды работ, оборудование, технологические операции при которых встречается данный производственный фактор
1	Термическое воздействие	Лужение плат, пайка элементов и другие виды работ, осуществляемые с помощью паяльной станции
2	Влияние шума и вибраций	Работа оборудования
3	Воздействие отравляющих веществ	Лужение плат, травление плат, очистка плат
4	Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	Зачистка плат, обработка элементов, сверление отверстий
5	Поражение электрическим током	Пайка, работа с оборудованием

### 5.3 Организационные, технические мероприятия по созданию безопасных условий труда и защите от воздействия производственных факторов

Согласно статье 4 Федерального Закона «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от 17 июля 1999 года № 181-ФЗ, одним из основных направлений государственной политики в области охраны труда является обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников. Для реализации этого направления на производстве функционирует целая система защитных способов и средств, позволяющая обеспечить безопасность труда работающих. Мероприятия по созданию безопасных условий труда, необходимые в рассматриваемом производственном помещении, описаны в таблице 5.3.



Таблица 5.3 – Мероприятия по созданию безопасных условий труда

№ п/п	Наименование опасного и вредного производственного фактора	Метод обеспечения безопасности
1	Термическое воздействие	Создание в помещении микроклимата, соответствующего ГОСТу
2	Влияние шума и вибраций	Применение средств индивидуальной защиты
3	Воздействие отравляющих веществ	Замена вредных веществ менее вредными, проведение повторных инструктажей на рабочем месте, устройство вентиляции.
4	Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	Устройство вентиляции, организация уборки помещения.
5	Поражение электрическим током	Использование специальной изоляции оборудования, специальной одежды для персонала. Заземление оборудования.

#### 5.4 Оценка обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты используются в тех случаях, когда исчерпываются возможности создать здоровые и безопасные условия труда с помощью санитарно-гигиенических, технических и других коллективных средств защиты.

Средства индивидуальной защиты в отличие от коллективных, защищают индивидуально каждого человека. По своему функциональному назначению они подразделяются на средства защиты органов дыхания; специальную одежду, специальную обувь; средства защиты рук, головы, лица, глаз, органа слуха; предохранительные приспособления; защитные дерматологические средства (ГОСТ 12.4.011-89).

Средства индивидуальной защиты, которые необходимо использовать для обеспечения индивидуальной защиты, с учетом выявленных опасных и вредных факторов и оценки травмобезопасности производственного оборудования перечислены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Средства индивидуальной защиты от опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Наименование опасного и вредного производственного фактора	Средства защиты
1	Термическое воздействие	Перчатки, оградительное сооружение.
2	Влияние шума и вибраций	Антифоны, беруши
3	Воздействие отравляющих веществ	Респиратор, перчатки
4	Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	Респиратор, защитные очки
5	Поражение электрическим током	Изолирующие и электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки.

### 5.5 Обеспечение электробезопасности на рабочем месте.

Электрические установки, с которыми приходится иметь дело работающим на производстве, представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании. Проходя через тело человека, электрический ток оказывает сложное воздействие, являющееся совокупностью термического (нагрев тканей и биологических сред), электролитического (разложение крови и плазмы) и биологического (раздражение и возбуждение нервных волокон) воздействий. Наиболее сложным является биологическое действие, свойственное только живым организмам.

Электробезопасность на производстве обеспечивается следующими методами и способами:

- защитное заземление, выравнивание потенциалов, защитное отключение;
- изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная), ограждение, блокировка, допуск к работе;
- знаки безопасности, изолирующие защитные и предохранительные приспособления.

## 5.6 Расчет молниезащиты объекта

На земном шаре в среднем за сутки происходит около 44 тысяч гроз, сопровождающихся электрическими разрядами, называемыми молнией. На южных территориях европейской части РФ среднее годовое число грозových часов превышает 100, в средней полосе – от 60 до 80, а в районах Крайнего Севера – менее 10 ч.

Ток молнии может достигать значений порядка 100-200 кА. Он производит электромагнитное, тепловое и механическое воздействие на те сооружения, по которым проходит во время удара молнии.

Молниезащитой называется комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий и сооружений, оборудования и материалов от возможных взрывов, загораний и разрушений при воздействии молнии.

При прямом ударе молния имеет непосредственный контакт с поражаемым объектом, сопровождаемый кратковременным током молнии. Помимо этого проявления молний могут быть в виде электростатической и электромагнитной индукции (наведение электрических потенциалов и ЭДС в незамкнутых металлических контурах).

Для приема электрического разряда молнии и отвода ее токов в землю служат специальные устройства, называемые молниеотводами. Молниеотвод состоит из несущей части (опоры), молниеприемника, токоотвода и заземлителя. Наиболее распространены стержневые и тросовые молниеотводы.

Для защиты установки от молнии в полевых условиях целесообразно применять стержневой молниеотвод. Электромагнитный привод можно отнести по устройству молниезащиты к III категории (см. СН 305-69).

Схема молниезащиты объекта изображена на рисунок 5.3. Зона защиты такого молниеотвода изображена на рисунок 5.4.

Заземлители защиты необходимо располагать на расстоянии  $S_3$  [12] от установки.

$$S_3 = 0,5R_u, \quad (5.5)$$

где  $R_u$  – величина импульсного сопротивления заземлителя.

Величина импульсного сопротивления заземлителя должна быть не более 10 Ом. Таким образом,  $S_3 = 0,5 \cdot 10 = 5$  м.

Радиус  $r$  зоны защиты (см. рисунок 5.4) с учетом размеров электромагнитного привода и размера  $S_3$  выберем  $r = 6$  м.

Необходимая высота молниеотвода

$$h = \frac{r}{1,5} = \frac{6}{1,5} = 4 \text{ м.} \quad (5.6)$$

Заземлитель молниеотвода необходимо вбить или ввинтить на глубину  $l_3 = 4-5$  м. В качестве токоотводов и заземлителей могут быть использованы угловая сталь или стальные трубы. Сечение угловой стали на воздухе – 24 мм<sup>2</sup>, в земле – 48 мм<sup>2</sup>. Толщина стенок стальных труб на воздухе – 2,5 мм, в земле – 3,5 мм. Соединения заземлителя с токоотводом выполняются сваркой, но также разрешается болтовое соединение для временных заземлителей.

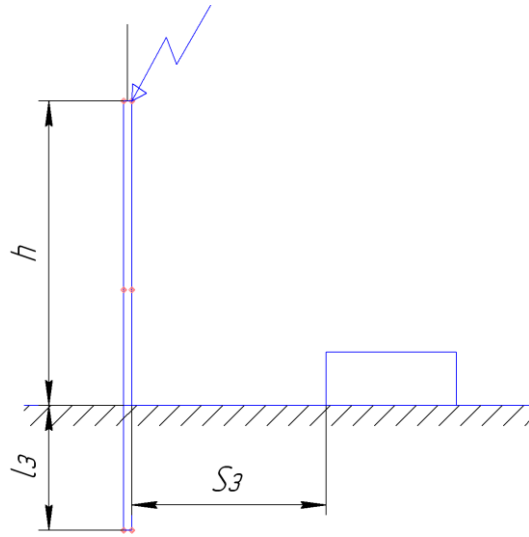


Рисунок 5.3 – Схема молниезащиты объекта

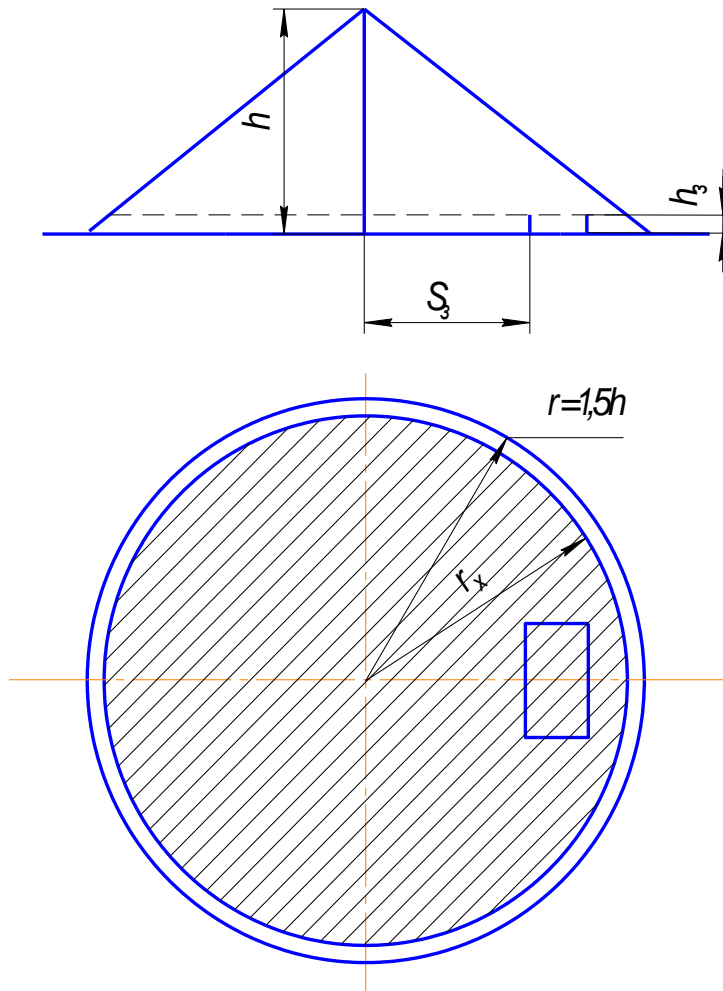


Рисунок 5.4 – Зона защиты молниеотвода

## 5.7 Антропогенное воздействие объекта на окружающую среду

При изготовлении печатных плат окружающей среде может быть нанесён ущерб следующими факторами:

- а) выброс в атмосферу вредных веществ,
- б) загрязнение водной среды жидкими отходами,
- в) загрязнение окружающей среды твёрдыми промышленными отходами.

Выброс в атмосферу вредных веществ происходит при химической обработке печатных плат, а также при лужении и пайке. При этом происходит загрязнение атмосферы. Для предотвращения выброса вредных веществ в атмосферу вентиляционная система должна быть обеспечена фильтрами, а для последующего применения использованного ацетона должны быть очистные установки.

Загрязнение водной среды жидкими отходами может быть вызвано промышленными стоками, содержащими отработанные травильные растворы, растворы реактивов, используемых в технологическом цикле. Для очистки промышленных стоков от вредных примесей должны применяться очистные сооружения. Промышленные стоки перед их поступлением на очистные сооружения надо подвергнуть локальной очистке от ионов тяжёлых металлов.

Твёрдые отходы – обрезки слоистых пластиков, текстолита и пр., используемых в производстве печатных плат должны подвергаться утилизации.

## **6 Экономическая эффективность работы.**

Расчет затрат инновационного проекта по разработке и созданию схемы питания электромеханического преобразователя.

В организационно-экономическом разделе выполнено организационное и экономическое обоснование эффективности разработки электронного изделия – схемы питания электромеханического преобразователя.

Организационное обоснование проекта заключается в определении наименования работ, их последовательности, трудоёмкости, а также в количестве и составе исполнителей, в определении затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) по созданию схемы питания электромеханического преобразователя.

### **6.1 Расчет затрат на НИОКР по разработке и созданию схемы питания электромеханического преобразователя**

Затраты на создание проектируемого устройства включает в себя затраты на научно-исследовательские работы по разработке и созданию преобразователя напряжения, затраты на основные материалы и комплектующие изделия.

Данные для определения состава работ, их последовательности и трудоёмкости, количества ответственных исполнителей представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Перечень стадий и этапов выполнения НИОКР

№	Наименование работ	Трудоёмкость чел/день		Наименование исполнителей	Кол-во исполнителей		F <sub>обор</sub> , дни
		i	Σ		i	Σ	
1	2	3	4	5	6	7	8
<b><i>I. Маркетинговые исследования</i></b>							
1.1	Сбор информации и анализ рынков сбыта	3	3	Маркетолог	1	1	компьютер
1.2	Разработка собственного прогноза конъюнктуры рынка	4	4	Маркетолог	1	1	компьютер
1.3	Оценка эффективности использования результатов прогноза	4	4	Маркетолог	1	1	компьютер
<b><i>II. Конструкторская подготовка</i></b>							
2.1 Разработка технического задания							
2.1.1	Состояние вопроса по преобразователям напряжения	5	5	Инженер II кат.	1	1	компьютер
2.1.2	Анализ и оценка существующих аналогов	3	3	Инженер II кат.	1	1	компьютер
2.1.3	Проведение патентного поиска	2	2	Инженер II кат.	1	1	компьютер
2.2 Эскизное проектирование							
2.2.1	Расчёт основных параметров устройств	5	5	Ведущий инженер (ВИ)	1	1	Компьютер
2.2.2	Разработка принципиальных схем	6	6	Ведущий инженер (ВИ)	1	1	Компьютер
2.3 Техническое проектирование							
2.3.1	Выбор элементов схемы повышающего преобразователя	4	4	Инженер II кат.	1	1	Компьютер
2.3.2	Выбор элементов узла стабилизации напряжения	4	4	Инженер II кат.	1	1	Компьютер



Продолжение таблицы 6.1

2.4 Рабочее проектирование							
2.4.1	Окончательная доработка конструкции преобразователя напряжения	4	4	ВИ Инженер II кат.	1 1	2	Компьютер
2.4.2	Разработка методов испытаний	3	3	ВИ	1	1	
2.4.3	Изготовление макетного образца устройства	4	4	Слесарь III кат.	1	1	Сверлильный станок Мультиметр Паяльник
III Технологическая подготовка							
3.1	Разработка тех. процесса сборки схемы	3	3	Инженер II кат.	1	1	-
3.2	Изготовление печатной платы	4	4	Слесарь III кат.	1	1	Сверлильный станок
3.3	Сборка радиоэлементов на плату	4	4	Слесарь III кат.	1	1	Паяльник
3.4	Монтаж узлов в корпус	4	4	Слесарь III кат.	1	1	Паяльник
3.3	Проведение окончательных испытаний	2	2	Инженер II кат.	1	1	Осциллограф, Мультиметр
3.4	Технико-экономическая оценка результатов НИОКР и составление отчёта	3	3	Инженер II кат.	1	1	Компьютер
<b>Итого:</b>			$\Sigma$ дней				
Маркетолог		12	96				
Ведущий инженер		18					
Инженер II категории		44					
Слесарь III категории		16					
<b>Итого:</b>							<b>Дни</b>
Мультиметр							4
Паяльник							7
Компьютер							30
Осциллограф							2
Сверлильный станок							5

Таблица - 6.2 Исходные данные для расчета затрат на проведение НИОКР

Наименование затрат	Единицы измерения	Абсолютная величина
1	2	3
1. Директивное время на проведение НИОКР	дни	90
2. Среднемесячные оклады:		
- ведущий инженер	руб.	12500
-маркетолог	руб.	8922
- инженер II категории	руб.	10200
3. Часовые тарифные ставки:		
Слесарь III категории	руб.	61,84
4. Коэффициент накладных расходов Кнакл	%	60
5. Коэффициент отчислений в ЕСН Ксн:	%	34,5
6. Стоимость 1 кВт электроэнергии	руб.	2,68
7. Установочная мощность оборудования:		
осциллограф С1-77	кВт	0,05
паяльник ЭПСН-40	кВт	0,04
Сверлильный станок	кВт	0,2
Компьютер	кВт	0,6
8. Коэффициент использования оборудования по мощности Кисп		0,86
9. Коэффициент загрузки оборудования Кзагр		
осциллограф С1-77		0,65
паяльник ЭПСН-40		0,9
Сверлильный станок СН106Н		0,5
Компьютер		0,85
10. Средняя норма амортизационных отчислений Na		0,13
11. Первоначальная стоимость оборудования Са		
осциллограф С1-77	руб.	9000
мультиметр	руб.	520
паяльник ЭПСН-40	руб.	500
Сверлильный станок СН106Н	руб.	9000
Компьютер	руб.	25000
12. Режим работы предприятия:		
Продолжительность рабочего дня	час.	8
Количество смен в сутки		1
Количество дней в году	дни	365
Выходных дней	дни	104
Праздничных дней	дни	12
13. Премия за работу на производстве	%	10

## 6.2 Расчёт зарплаты исполнителей

### 6.2.1 Эффективный годовой фонд рабочего времени.

$$F_{\text{ЭФФ.год}} = (365 - D_{\text{вс}} - D_{\text{пр}}) \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пред}} \cdot T_{\text{см.пред}}, \quad (6.1)$$

где  $D_{\text{вс}}$  – количество выходных дней;

$D_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней;

$T_{\text{см}}$  – количество часов в смену, 8 часов;

$D_{\text{пред}}$  – количество предпраздничных дней

$T_{\text{см.пред}}$  – количество сокращенных часов в смену в предпраздничный день, 7 часов.

$$F_{\text{ЭЭ.год}} = (365 - 104 - 12) \cdot 8 - 7 \cdot 1 = 1985 \text{ час}$$

### 6.2.2 Среднее количество рабочих дней в месяце:

$$D_{\text{ср}} = \frac{F_{\text{ЭФФ}}}{12 \cdot q}; \quad (6.2)$$

где  $F_{\text{ЭФФ}}$  – эффективный годовой фонд рабочего времени;

$q$  – продолжительность рабочего дня;

$$D_{\text{ср}} = \frac{1985}{12 \cdot 8} \approx 21 \text{ день}$$

### 6.2.3 Заработная плата инженерно-технических работников в день:

$$O_{\text{ср.день}} = \frac{O_{\text{срi}}}{D_{\text{срi}}}, \quad (6.3)$$

где  $O_{\text{срi}}$  – должностной оклад работника.

$$Z_{\text{итр}} = O_{\text{ср.день}} \times T_{\text{р}}; \quad (6.4)$$

где  $T_{\text{р}}$  – трудоемкость, чел/дн.

Расчет заработной платы ИТР представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 - Длительность работы и заработная плата исполнителей

Должность исполнителя	Кол-во исполнителей, чел.	Трудоемкость, чел/дней.	Зарботная плата в день, руб.	Зарплата, руб.
Маркетолог	1	12	424,8	5097,6
Ведущий инженер	1	18	595,2	10713,6
Инженер II кат.	1	44	485,7	21370,8
Итого:				37182

#### 6.2.4 Тарифная заработная плата производственных рабочих:

$$Z_{np} = S_{ch} \cdot g \cdot t_i \quad (6.5)$$

где  $S_{ch}$  - тарифная ставка;

$g$  - продолжительность рабочего дня;

$t_i$  - трудоемкость  $i$ -ого рабочего.

Расчет заработной платы производственных рабочих представлен в таблице 6.4.

Таблица 6.4 - Тарифная заработная плата производственных рабочих

Специальность	Тарифная ставка, $S_{ch}$ руб.	Продолжительность раб дня, г, час	Трудоемкость, $T_i$ , дней	Зарплата, руб.
Слесарь. III кат.	61,84	8	16	7915,52
Итого:				7915,52

#### 6.2.5 Основная заработная плата рабочих-повременщиков:

$$Z_{осн} = Z_{тар} \cdot (1 + K_{пр}); \quad (6.6)$$

где  $K_{пр}$  – доплаты, связанные с работой на производстве;

$Z_{тар}$  – тарифная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$$Z_{осн} = 7915,52 \cdot (1 + 0,10) = 8707,1 \text{ руб.}$$

### 6.2.6 Суммарная заработная плата исполнителей:

$$Z_{исп} = Z_{итр} + Z_{осн}; \quad (6.7)$$

где  $Z_{итр}$  – заработная плата инженерно-технических работников, руб.;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата рабочих повременщиков, руб.

$$Z_{исп} = 37182 + 8707,1 = 45889,1 \text{ руб.}$$

### 6.2.7 Отчисления в ЕСН:

$$C_{соц} = Z_{исп} \cdot K_{соц} \quad (6.8)$$

$$C_{соц} = 45889,1 \cdot 0,345 = 15831,74 \text{ руб.}$$

## 6.3 Расчет затрат на основные материалы

Расчет затрат на основные материалы представлен в таблице 6.5

Таблица 6.5 - Затраты на основные материалы для изготовления преобразователя напряжения

№ п / п	Наименование материалов	Марка, размер	ГОСТ, ТУ	Ед. изм.	Норма расхода на 1 шт.	Цена за единицу, руб.	Затраты, руб.
1	Стеклотекстолит фольгированный	ОФ-1-35 2 мм	2718-85	м2	0,065	120	8
2	Припой	ПОС61	19763-87	кг	0,3	260	78
3	Хлорное железо	FeCl <sub>3</sub>	12152-77	кг	0,2	160	32
4	Корпус			шт	1	75	75
5	Канифоль	А	ГОСТ 19113-84	шт.	20	20	20
6	Провода	Velleman Components	ГОСТ 26413.0-85	м	10	50	50
7	Лак	КО-916	ГОСТ 8865	мл	30	40	40
Итого затрат на основные материалы:							328

### 6.4.1 Затраты на основные материалы с учетом транспортно-заготовительных расходов.

$$C_{OCH} = \sum_{i=1}^n S_M \cdot (1 + K_{TЗ}), \quad (6.9)$$

где  $K_{TЗ}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов;  $K_{TЗ} = 0,06$   
 $S_M$  – стоимость основных материалов, руб.

$$C_{OCH} = 328 \cdot (1 + 0,06) = 347,7 \text{ руб.}$$

#### 6.4 Расчет затрат на комплектующие изделия

Полную стоимость покупных комплектующих изделий определили по таблице 6.6

Таблица 6.6 - Стоимость покупных комплектующих изделий

Наименование изделия	Марка, размер	ГОСТ, ТУ	Количество, шт.	Цена за единицу (руб.)	Затраты (руб.)
1	2	3	4	5	6
Микросхемы	КР1211ЕУ1	ГОСТ17467-79	1	54	54
	К7808		1	72	72
Диоды и стабилитроны	КД2997А	ТУ 362.029	1	5	5
	КР142ЕН19		1	5	5
Транзисторы	IRL2505	ТУ 336.182	3	125	375
	КТ503Г		1	18	18
	КТ855Б		1	80	80
Конденсаторы	К50-6-25В-100мФ	ОЖО.464.214ТУ	2	13	26
	К50-6-6-25В-1мкФ		1	10	10
	К10-175-625В-1мкФ		1	9	9
	К10-175-25-300мкФ		1	11	11
	К73-16-1000В-0,33мкФ		2	12	24
Резисторы	С1-4-0,125-100кОм		2	0,5	1,0
	С1-4-0,125-300Ом		1	0,5	0,5
	СF-3ВТ-360кОм		2	0,5	1,0
	С1-4-0,125ВТ-1кОм		1	0,5	0,5
	С2-33Н-1ВТ – 910кОм		1	0,5	0,5
	С1-4-0,125ВТ-5кОм		1	0,5	0,5
	С1-4-0,125ВТ-1кОм		1	0,5	0,5
Итого					790,5

Стоимость покупных комплектующих изделий с учетом транспортно-заготовительных расходов:

$$C_{\text{покуп}} = \sum_{i=1}^n S_{\text{покуп}} \cdot (1 + K_{\text{тз}}), \quad (6.10)$$

где  $K_{\text{тз}}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов;  $K_{\text{тз}} = 0,04$   
 $S_{\text{покуп}}$  – стоимость покупных комплектующих изделий, руб.

$$C_{\text{покуп}} = 790,5 \cdot (1 + 0,04) = 822 \text{ руб.}$$

## 6.5 Расчет затрат на силовую электроэнергию

Затраты на силовую электроэнергию:

$$C_{\text{эл}} = Q_{\text{эл}} \cdot Ц_{\text{эл}}, \quad (6.11)$$

где  $Ц_{\text{эл}}$  – стоимость электроэнергии за 1 кВт·ч, руб;

$Q_{\text{эл}}$  – количество электроэнергии определяется по формуле 6.12

$$Q_{\text{эл}} = N_{\text{уст}} \cdot t_{\text{м}}, \quad (6.12)$$

где  $N_{\text{уст}}$  – установленная типовая мощность прибора, кВт;

$t_{\text{м}}$  – машинное время работы прибора, час;

$$t_{\text{м}} = T_{\text{обор}} \cdot q \cdot Д \cdot K_{\text{заг}}, \quad (6.13)$$

где  $T_{\text{обор}}$  – количество дней работы оборудования;

$Д$  – количество смен в сутки;

$K_{\text{заг}}$  – коэффициент загрузки оборудования;

$q$  – продолжительность рабочего дня.

Таблица 6.7 - Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	$N_{\text{у}}$ , кВт	$K_{\text{заг}}$	$t_{\text{м}}$ , час	$Q_{\text{эл}}$ , кВт/ч	$C_{\text{эл}}$ , руб
Осциллограф	0,05	0,65	5,2	0,26	0,70
Паяльник	0,04	0,9	28,8	0,144	0,4
Компьютер	0,6	0,85	102	61,2	164,0
Сверлильный станок	0,2	0,5	24	4,8	12,9
Итого					178,0

## 6.6 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления рассчитываются только для основных фондов стоимостью более 100 МРОТ и сроком эксплуатации более 1 года

Амортизационные отчисления:

$$A_M = \frac{C_{\text{ОБ}} \cdot N_{\text{АМ}} \cdot t_M}{100 \cdot F_{\text{ЭФ.ОБОР}}}, \quad (6.14)$$

где  $N_{\text{АМ}}$  – годовая норма амортизационных отчислений; принимаем  $N_{\text{АМ}}=13\%$ ;

$C_{\text{ОБ}}$  – первоначальная стоимость компьютера, руб.;

$t_M$  – машинное время работы компьютера, час; приняли  $t_M=12,75$  ч.;

$F_{\text{ЭФ.ОБОР}}$  – эффективный годовой фонд рабочего времени оборудования, час;

рассчитывается по формуле (6.15):

$$F_{\text{ЭФ.ОБОР}} = F_{\text{ЭФФ}} \cdot K_{\text{ЗАГ}}, \quad (6.15)$$

где  $F_{\text{ЭФФ}}$  – эффективный годовой фонд рабочего времени;

$K_{\text{ЗАГ}}$  – коэффициент загрузки оборудования;

$$F_{\text{ЭФ.ОБОР}} = 1985 \cdot 0,85 = 1687,25 \text{ час},$$

$$A_M = 25000 \cdot 13 \cdot 12,75 / (100 \cdot 1687,25) = 25 \text{ руб.}$$

## 6.7 Расчет накладных расходов.

$$C_{\text{НР}} = Z_{\text{ИСП}} \cdot K_{\text{НР}}, \quad (6.16)$$

где  $Z_{\text{ИСП}}$  – заработная плата исполнителей, руб.,

$K_{\text{НР}}$  – коэффициент накладных расходов;

$$C_{\text{НР}} = 45889,1 \cdot 0,6 = 27533,5 \text{ руб.}$$

Результаты расчёта затрат на НИР по созданию схемы питания электро-механического преобразователя сведены в таблицу 6.8.



Таблица 6.8 - Результаты расчета затрат на НИР

Наименование статей затрат	Абсолютная величина затрат, руб.	Удельный вес, %
Затраты на основные материалы	347,7	0,15
Затраты на комплектующие	822,0	1,25
Затраты на электроэнергию	178,0	0,23
Зарплата исполнителей	45889,1	60,1
Отчисления в ЕСН	15831,7	15,7
Амортизационные отчисления	25,0	0,05
Накладные расходы	27533,5	22,5
Итого:	90627	100

Вывод.

Проведено организационно-экономическое обоснование выпускной квалификационной работы. Составлена смета затрат на проектирование и изготовление схемы питания электромеханического преобразователя. Общая сумма затрат составляет 90627 руб. Большая часть затрат приходится на заработную плату исполнителей.

## Заключение

В выпускной квалификационной работе были рассмотрены типовые схемы для питания электромагнитных приводов, выбрана и рассчитана схема для питания импульсного электромагнитного преобразователя на усилие 10 кН. Определены основные размеры электромагнитной системы преобразователя.

Рассмотрены вопросы безопасности и экологичности проекта, проведен расчет молниезащиты объекта.

Дано экономическое обоснование проекта. Составлена смета затрат на проектирование и изготовление схемы питания электромеханического преобразователя.

## Список используемой литературы

1. ГОСТ 2.106-96. Текстовые документы.
2. Справочное пособие “Проектирование систем автоматизации технологических процессов” /Под ред. А.С.Клюева-М.:Энергоатомиздат,1990.
3. Кублановский Я. С. Тиристорные устройства. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1987. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 1104).
4. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы. Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под ред. Н.Н. Горюнова. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
5. Справочник по электрическим конденсаторам / М.Н. Дьяконов, В.И. Карabanов, В.И. Присняков и др.; Под общ. Ред. И.И. Четверткова и В.Ф. Смирнова. - М.: Радио и связь, 1983.
6. Обоснование инженерного расчёта электромагнитов с повышенной энергетической эффективностью для сейсмоисточников. / Ивашин В.В., Карновский Л.И., Поносков С.В. ; Вестник УГТУ-УПИ №5 (25) г. Екатеринбург.
7. Резисторы: (справочник) / Ю.Н. Андреев, А.И. Антонян, Д.М. Иванов и др.; Под ред. И.И. Четверткова. - М.: Энергоиздат, 1981.
8. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. /М.: ЭНАС, 1999.
9. Левочкин Н.И. инженерные расчеты по охране труда: учеб. пособие. Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1987.
10. Аксенов А.И., Нефедов А.В. Резисторы. Конденсаторы. Справочное пособие. - М.: СОЛОН-Р, 2000. - 240 с.
11. Гершунский Б.С. Справочник по расчету электронных схем. - К.: Вища школа, 1983. - 240 с.
12. Илюнин К.К. Справочник по электроизмерительным приборам. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр.отд-ие, 1983. - 783 с.
13. Кокшаров В.С. Преобразовательная техника. Проектирование малогабаритных источников вторичного электропитания: Учеб. пособие. - Уфа: Уфимск. авиац. ин-т, 1991. - 84 с.

14. Кокшаров В.С., Шуляк А.А. Преобразовательная техника. Выбор и расчет элементов сглаживающих фильтров: Учеб. пособие. - Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2002. - 129 с.
15. Дьяков В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию. М.: Высшая школа. 1991. – 160с.: ил.
16. Справочник: Полупроводниковые приборы. Диоды выпрямительные. Стабилитроны. Тиристры /А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев, В.В. Мокряков и др.: Под ред. А.В. Голомедова.. - М.: Радио и связь, 1989. - 528 с.
17. Справочник: Полупроводниковые приборы. Диоды высоко-частотные. Диоды импульсные. Оптоэлектронные приборы. /А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев, В.В. Мокряков и др.: Под ред. А.В. Голомедова.. - М.: КУБК-а, 1994. - 592 с.
18. Аналоговые интегральные схемы: Справочник/А. Л. Булычев, В. И. Галкин, В. А. Прохоренко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Мн.: Беларусь, 1994.
19. Силовые полупроводниковые приборы: Справочник/ О. Г. Чебовский, Л. Г. Моисеев, Р. П. Недешовин. - 2 изд. перераб. и доп. - М.: Энергия, 1985.
20. Булатов О.Г., Иванов В.С., Панфилов Д.И. Полупроводниковые зарядные устройства емкостных накопителей энергии. – М.: Радио и связь, 1986. – 160с., ил.
21. Девясилов В.А. Охрана труда. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 448 с.
22. Горина Л.Н. обеспечение безопасных условий труда на производстве. – Учебное пособие. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
23. Ушаков К.З. Безопасность жизнедеятельности. Учебник. – М.:МГТУ, 2004. – 533 с.