

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

Факультет «Электроника и автоматика»
Кафедра «Теоретическая электротехника и электронные технологии»

На правах рукописи

Сафаров Баходир Мустафокулович

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВО УПРАВЛЯЕМОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ
НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА AVR**

Выпускная квалификационная работа
на соискание степени бакалавра по направлению
5523300 – «Нанотехнологии (наноматериалы, электронные приборы и
устройства)»

Заведующей кафедрой:

доц. Абидов К.Г.

Руководитель:

н.с. Шабанов И.Д.

Ташкент – 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА I. ОСНОВНОЕ СВЕДЕНИЕ О УПРАВЛЯЕМЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЯХ	6
1.1. Назначение и область применения управляемых выпрямителей.....	6
1.2. Основные виды управляемых выпрямителей и их сравнительная оценка.....	7
1.3. Постановка задачи исследования.....	11
ГЛАВА II. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЕМОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ	12
2.1. Выбор и описание структурной схемы управляемого выпрямителя.....	12
2.2. Выбор элементной базы.....	18
2.2.1. Выбор управляемых вентилях.....	18
2.2.2. Выбор микроконтроллера и других компонентов устройства управления.....	26
ГЛАВА III. СХЕМЫ УПРАВЛЯЕМОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ	29
3.1. Функциональная схема выпрямителя.....	29
3.2. Разработка алгоритма программы управления.....	37
3.3. Конструкторско – технологический раздел.....	38
3.4. Программы, используемые при разработке выпрямителя.....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	44
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	45
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	65

ВВЕДЕНИЕ

Одним из весьма эффективных направлений энергосберегающих технологий является широкое применение устройств силовой электроники. Достигнутый за последние 20 лет уровень развития этой наукоемкой и быстроразвивающейся области техники выдвинул ее на передовые рубежи высоких технологий.

Промышленное освоение полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов, характеризующихся высокими значениями коммутлируемой мощности, КПД, массогабаритных показателей и надежности, позволило осуществлять экономичное преобразование электроэнергии и открыло широкие возможности для создания современных преобразовательных устройств.

Цель работы:

- 1) Сбор информации и основные сведения о управляемых выпрямителях.
- 2) Изучение назначения и области применения управляемых выпрямителей.
- 3) Разработка управляемого выпрямителя.
- 4) Изучение схемы управляемого выпрямителя.
- 5) Изучение программы, используемой при разработке выпрямителя.

ГЛАВА I. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О УПРАВЛЯЕМЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЯХ

1.1. Назначение и область применения управляемых выпрямителей

Регулируемыми выпрямителями называются преобразовательные устройства, совмещающие функцию выпрямления переменного напряжения с регулированием (или стабилизацией) напряжения на нагрузке. Простейшие схемы регулируемых выпрямителей образуются из соответствующих схем нерегулируемых выпрямителей при полной или частичной замене полупроводниковых выпрямительных диодов тиристорами [1 – 2] .

Постоянный прогресс в области электроники приводит к непрерывному совершенствованию элементной базы электронных устройств, что дает возможность разрабатывать новые устройства, которые по сравнению с разработанными ранее устройствами обладают важными преимуществами такими как:

- улучшение основных параметров;
- повышение надёжности;
- простотой схемной реализации;
- удобством в эксплуатации устройств;
- универсальность;
- более низкой себестоимостью; и др.

С развитием силовой электроники проявляется всё большая потребность в универсальных силовых выпрямителях и особенно в управляемых.

Теперь с развитием микроконтроллерной отрасли и появлением оптотиристоров на большие токи и напряжения появилась возможность спроектировать управляемые выпрямители по очень простой схеме.

Применение оптотиристоров привело к упрощению выходной части схемы управления.

Применение микроконтроллеров позволило:

- упростить схему управления буквально до одной микросхем;
- включить в себя функцию контроля входных и выходных напряжений;
- автоматически регулировать выходного напряжения по заданному алгоритму в зависимости от внешних факторов;
- удалённому контролю и управлению выпрямителем.

Управляемые выпрямители на тиристорах позволяют:

- 1) выпрямлять переменное напряжение;
- 2) регулировать величину среднего значения этого напряжения U_d (постоянную составляющую).

Регулирование ведется за счет задержки момента включения очередного вентиля Среднее значение выпрямленного напряжения $U_{d\alpha}$, определяемые заштрихованной площадью, будет меньше U_{d0} . Чем больше угол задержки α , тем меньше $U_{d\alpha}$.

1.2. Основные виды управляемых выпрямителей и их сравнительная оценка

Приведём упрощённые типичные схемы силовых частей управляемых выпрямителей с описанием каждой достоинств и недостатков [2].

Однофазный управляемый выпрямитель

Достоинства: минимальное количество, простота реализации., простота системы управления.

Недостатки: низкий КПД, высокая пульсация выпрямленного напряжения (рис.1.1).

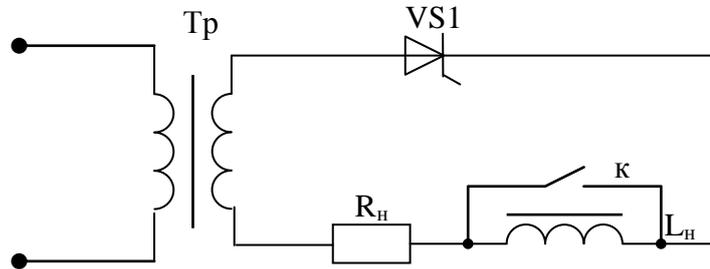


рис.1.1. Схема однофазный управляемый выпрямитель

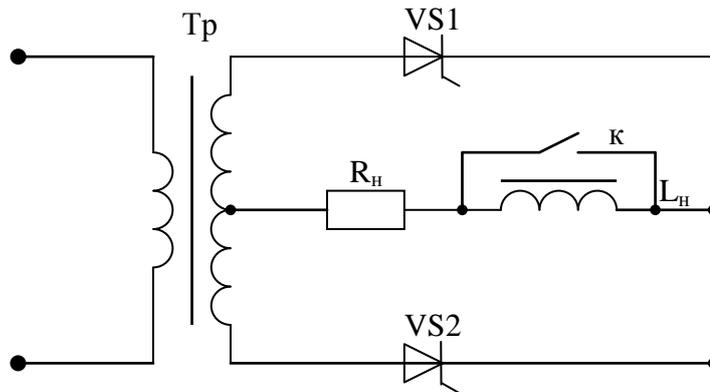


рис.1.2. Однофазный управляемый выпрямитель со средней точкой

Однофазный управляемый выпрямитель со средней точкой

Достоинства: разгрузка режима работы тиристорov, высокий КПД, низкая пульсация выпрямленного напряжения (рис.1.2).

Недостатки: усложнённая система управления, увеличенный размер трансформатора

Однофазная мостовая схема управляемого выпрямителя

Достоинства: оптимальное использование возможностей трансформатора, высокий КПД, низкая пульсация выпрямленного напряжения.

Недостатки: усложнённая система управления, большое число элементов схемы выпрямления (рис.1.3).

Трёхфазный управляемый выпрямитель с нулевым выводом

Достоинства: возможное создание выпрямителей большой мощности, высокий КПД, низкая пульсация выпрямленного напряжения, простота реализации.

Недостатки: сложная система управления, неэффективное использование возможностей трансформатора (рис.1.4).

Мостовой трёхфазный управляемый выпрямитель

Достоинства: возможное создание выпрямителей большой мощности, высокий КПД, низкая пульсация выпрямленного напряжения, простота реализации, эффективное использование возможностей трансформатора

Недостатки: сложная система управления, большое число элементов схемы выпрямления (рис.1.5).

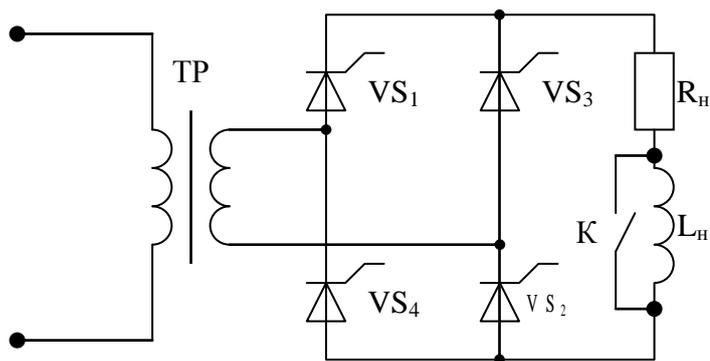


рис.1.3. Однофазная мостовая схема управляемого выпрямителя.

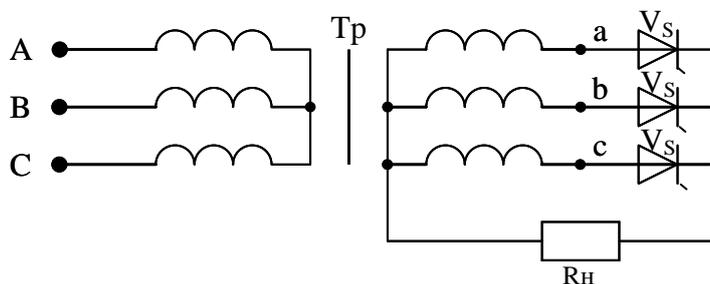


рис.1.4. Трёхфазный управляемый выпрямитель с нулевым выводом.

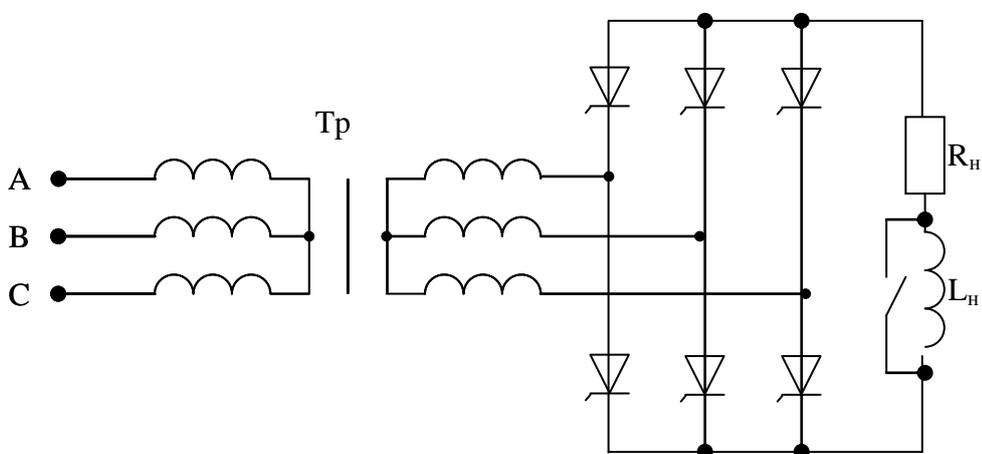


рис.1.5. Мостовой трёхфазный управляемый выпрямитель.

1.3. Постановка задачи исследования

Задачей данного диплома является разработка управляемого выпрямителя большой мощности, обладающего высоким КПД и высокой точностью и стабильностью управляемого напряжения [3 – 4] .

Необходимо спроектировать однофазный управляемый выпрямитель со средней точкой, управляемый микроконтроллером, обладающий следующими параметрами:

- Область регулируемого напряжения 10 – 250 В;
- Максимальный выпрямленный ток 75 А;
- Схема выпрямления трёхфазный, мостовой;
- Силовые выпрямляющие элементы тиристоры;
- Схема управления микроконтроллерная;

ГЛАВА II. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЕМОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

2.1. Выбор и описание структурной схемы управляемого выпрямителя

Управляемые выпрямители на тиристорах позволяют:

- 1) выпрямлять переменное напряжение;
- 2) регулировать величину среднего значения этого напряжения U_d (постоянную составляющую) [6 – 7].

Регулирование ведется за счет задержки момента включения очередного вентиля. Среднее значение выпрямленного напряжения $U_{d\alpha}$, определяемое заштрихованной площадью, будет меньше U_{d0} . Чем больше угол задержки α , тем меньше $U_{d\alpha}$.

Трехфазная нулевая схема с тиристорами изображена на рис.б,з. Рассмотрим принцип действия такого выпрямителя для случая, когда вторичные обмотки трансформатора соединены в зигзаг. Для работы схемы на тиристоры подаются управляющие импульсы с некоторым смещением во времени (с задержкой на угол управления α) по отношению к моменту естественного отпираания диодов в неуправляемом выпрямителе (см. рис.2.1, з), который соответствует точкам пересечения синусоид фазных напряжений (точки а, б, в и на рис.2.1, в).

Пусть, например, управляющие импульсы на тиристоры VC1, VC2, VC3 подаются в моменты, соответствующие середине положительных полуволн фазных напряжений (при этом угол $\alpha = 60^\circ$). В этом случае на нагрузке возникают импульсы выпрямленного напряжения u_d в форме четверти синусоиды (рис. 2.1, г).

Изменение фазы (смещение) управляющих импульсов в сторону увеличения или уменьшения угла управления α вызывает соответствующее уменьшение (рис.б, в) или увеличение (рис.2.1, д) импульсов напряжения. При угле $\alpha = 0$ кривая выпрямленного напряжения (рис. б,е) будет иметь такую же форму, как в неуправляемом выпрямителе (рис.2.1, в).

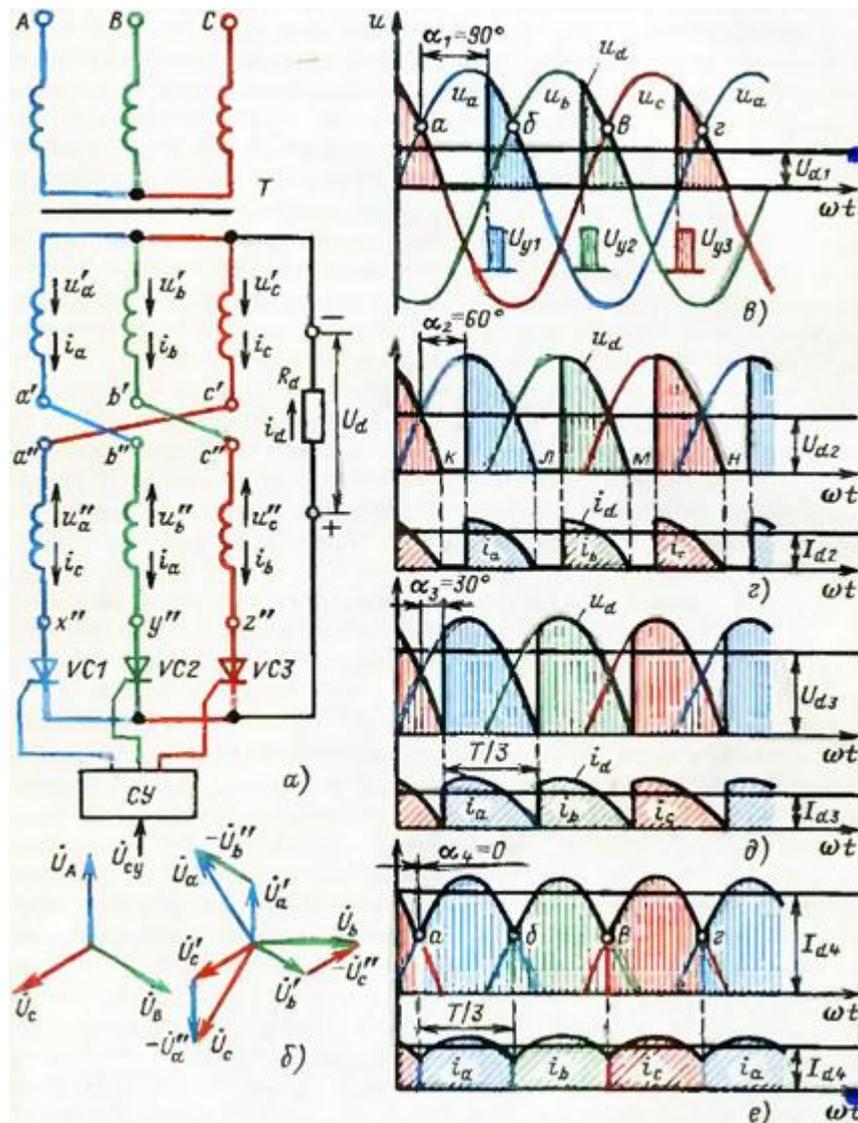


рис.2.1. Трехфазный управляемый выпрямитель с нулевой точкой.

а — схема включения элементов; б — векторная диаграмма напряжений обмоток трансформатора; в — в — временные диаграммы токов и напряжений.

Очевидно, что кривая тока и по форме будет повторять кривую выпрямленного напряжения при работе выпрямителя на активную нагрузку.

Из этих кривых видно, что имеются две характерные области работы управляемого выпрямителя. Первая соответствует изменению угла регулирования в пределах $0 < \alpha < 30^\circ$, при этом выпрямленный ток будет непрерывным и среднее значение выпрямленного напряжения определяется выражением.

Каждый тиристор схемы в этом случае работает одну треть периода. Вторая область соответствует углам $\alpha > 30^\circ$ и характеризуется тем, что при прохождении фазных напряжений через нуль (точки к, л, м, н на рис.2.1, г) работающий тиристор закрывается, а так как на очередной вступающий в работу тиристор отпирающий импульс еще не подан, то в кривой выпрямленного напряжения возникают паузы (нулевые участки), в течение которых ток $i_d = 0$.

Длительность прохождения тока через вентиль в этом случае будет меньше $T/3$ и среднее значение выпрямленного напряжения рассчитывается по формуле.

Для трехфазной нулевой схемы при работе на активную нагрузку предельным углом регулирования, при котором $U_d = 0$, является угол $\alpha_{max} = 150^\circ$. Напряжение на вентиле определяется разностью потенциалов анода и общей точки катодов, потенциал которой изменяется по кривой напряжения u_d . Максимальное значение обратного напряжения на тиристоре, так же как в схеме с неуправляемыми вентилями, равно амплитуде линейного напряжения U_j , [см. (6)].

Для устранения в сердечнике трансформатора потока вынужденного намагничивания вторичные обмотки соединены в зигзаг (рис.2.1, э). При такой схеме соединения ток фазы вторичной обмотки обтекает одновременно две полуобмотки, расположенные на соседних стержнях, но только в разных направлениях.

Благодаря этому МДС первичной и вторичной обмоток по стержням полностью компенсируются и поток вынужденного намагничивания в

сердечнике трансформатора не возникает.

Однако следует отметить, что использование вторичных обмоток по мощности при этом ухудшается. Это объясняется тем, что масса меди двух связанных между собой обмоток увеличивается вдвое, а результирующее напряжение каждой фазы, определяющееся геометрической суммой напряжений двух полуобмоток, расположенных на разных стержнях и сдвинутых по фазе на 120° (рис.2.1), увеличивается только в $\sqrt{3} = 1,73$ раза по сравнению с результирующим напряжением при двух обмотках, размещенными на одном стержне.

Таким образом, вторичное фазное напряжение в этой схеме будет $U_{\text{фзиг}} = \sqrt{3}/\sqrt{2} U_{2\text{фзвез}} = 0,87 U_{2\text{фзвез}}$, и чтобы получить при соединении вторичных обмоток в зигзаг такое же значение выпрямленного напряжения U_d , как в схеме со вторичной звездой, необходимо увеличить количество витков вторичных полуобмоток на 13%. В результате типовая мощность трансформатора по сравнению с мощностью трехфазной нулевой схемы выпрямления также увеличивается и равна $ST = 1,46 P_d$.

Ф В трехфазной мостовой схеме с управляемыми вентилями (рис.2.2,а), так же как и с неуправляемыми, одновременно работают два тиристора: один из катодной (нечетной) группы, другой из анодной (четной) группы, и нагрузка в любой момент времени присоединяется к двум фазам вторичной обмотки трансформатора. Отпирающие импульсы на тиристоры нечетной группы по даются с опережением на 180° по отношению к тиристорам четной группы, присоединенным к тем же выводам вторичной обмотки, так как первые работают при положительных значениях фазных напряжений на анодах, вторые — при отрицательных на катодах (рис.2.2,б). Работа рассматриваемой схемы выпрямления иллюстрируется диаграммами мгновенных значений фазных напряжений на тиристорах (рис.2.2,б); кривыми выпрямленного напряжения u_d (рис.2.2,в), которое получается путем суммирования мгновенных значений напряжений работающих в

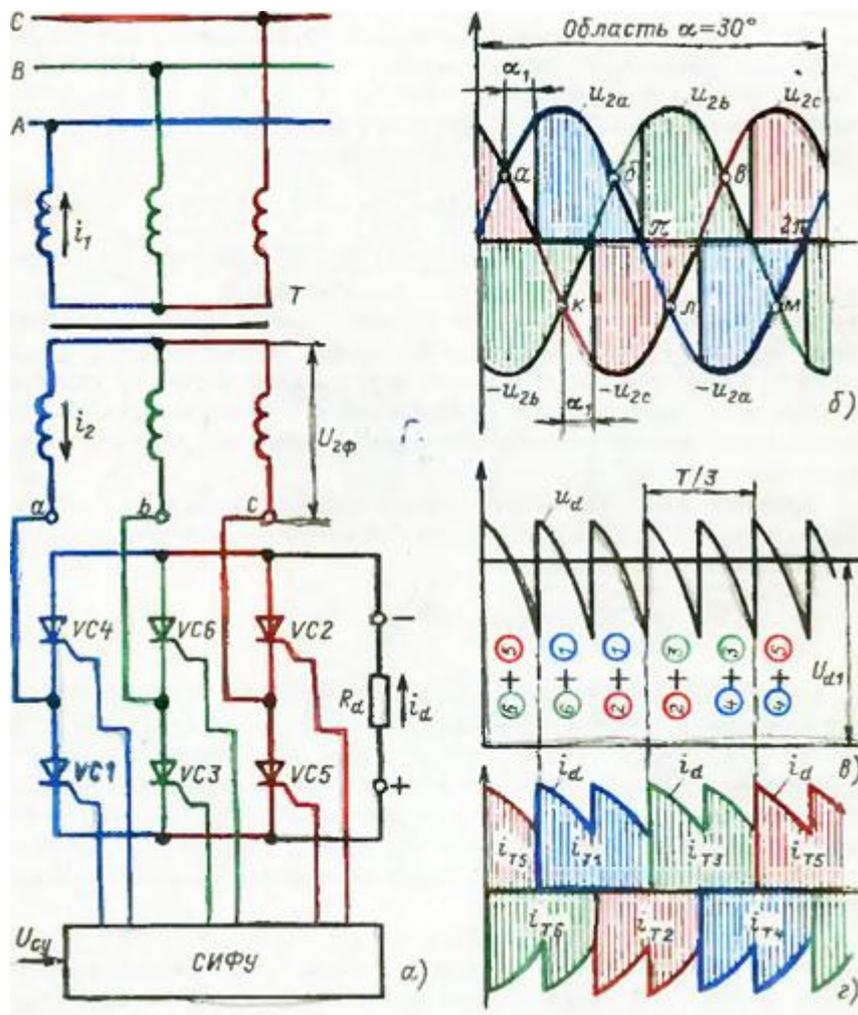


рис.2.2. Трехфазная мостовая схема на управляемых вентилях.

а — соединение элементов; б - г — временные диаграммы токов и напряжений при различных углах регулирования.

данный момент вентиляй; кривыми анодных токов (рис.2.2,г) катодной группы - над осью времени, анодной группы — под осью. Каждая из диаграмм построена для трех значений углов регулирования: $\alpha = 30^\circ$, $\alpha = 60^\circ$ и $\alpha = 90^\circ$.

При угле регулирования $\alpha = 0$ отпирающие импульсы на тиристоры необходимо подавать в моменты, соответствующие точкам пересечения кривых фазных напряжений (точки а, б, в и к, л, м на рис.2.2.). В этом случае каждый из вентиляй проводит ток в течение 773 , как в неуправляемой схеме, а чередование пар работающих тиристоров происходит через 60° (рис.2.2, г). Пока угол регулирования $\alpha < 60^\circ$, кривые выпрямленного напряжения, а следовательно, и кривые выпрямленного тока i_d (рис.2.2, в и г) при активной нагрузке непрерывны. Для этого режима ($0 < \alpha < 60^\circ$) среднее значение выпрямленного напряжения определяется выражением. Как видно из рис. 2.2, г, через вступающий в работу тиристор катодной группы ток может проходить только при условии, если одновременно открывается или уже открыт соответствующий (смежный по порядковому номеру) тиристор анодной группы. В противном случае цепь тока i_d не будет замкнута и очередной вступающий в работу тиристор не откроется.

Угол $\alpha = 60^\circ$ соответствует при активной нагрузке граничному непрерывному режиму. При углах $\alpha > 60^\circ$ и активной нагрузке в кривых напряжения u_d и тока i_d появляется интервал с нулевым значением, т.е. наступает режим работы выпрямителя с прерывистым выпрямленным током. Следует отметить, что для обеспечения работы данной схемы в режиме с прерывистым током, а также для первоначального ее запуска на управляющие электроды тиристоров следует подавать либо одиночные импульсы шириной больше 60° , или сдвоенные узкие отпирающие импульсы с интервалом между ними в 60° (рис.2.2,б при $\alpha = 90^\circ$).

Схема управления выпрямителем должна быть построена так, чтобы при подаче отпирающего импульса на вступающий в работу тиристор одного плеча моста одновременно осуществлялась бы подача импульса на управляющий электрод тиристора отстающей фазы противоположного плеча

моста. Например, при работе выпрямителя с $\alpha = 90^\circ$ (рис.2.2,б), для того чтобы открыть тиристор $VC1$, в момент t_1 необходимо одновременно подать отпирающий импульс и на тиристор $VC6$. После чего оба вентиля будут проводить ток до момента t_2 , когда разность мгновенных значений напряжений будет равна нулю и тиристоры $VC1$ и $VC6$ закроются. Затем в момент t_3 должен вступить в работу тиристор $VC2$, который откроется только при условии наличия повторного отпирающего импульса на тиристоре $VC1$ или при условии, что на управляющий электрод этого тиристора в момент f будет подан импульс длительностью больше 60° . Тиристоры $VC2$ и $VC1$ будут проводить ток до момента f_4 , далее вступит в работу следующая пара тиристоров $VC3$ и $VC2$ и т.д.

Среднее значение выпрямленного напряжения, когда ток i_d прерывистый ($\alpha > 60^\circ$), определяется выражением.

Из следует, что при работе данной схемы на активную нагрузку предельным углом регулирования, при котором $U_d = 0$, является угол отах = 120° .

2.2. Выбор элементной базы

2.2.1. Выбор управляемых вентиляей

Тиристоры являются мощными управляемыми полупроводниковыми приборами, которые отличаются от транзисторов очень высокими значениями коэффициентов усиления управляющего сигнала (более 1000), а также большими значениями рабочих токов и напряжений [8 – 10].

Основным элементом тиристоров является кремниевый диск с электронным типом электропроводности, в котором специальными технологическими методами создается четырехслойная полупроводниковая структура типа р-р-п. В результате получается монокристаллическая система с тремя р-п переходами П1, П2, П3, включенными последовательно (рис.2.3. а).

Крайние два слоя рх и п2 с припаянными к ним металлическими электродами являются соответственно анодом А и катодом К тиристора. К внутреннему слою р2 присоединяется управляющий электрод УЭ. Такую структуру, часто называемую вентильным элементом, монтируют в специальный корпус, имеющий внешние выводы от электродов. Для упрощения конструкции тиристора вывод от УЭ делают в сторону катода (рис.2.3, в).

При включении тиристора в электрическую цепь с регулируемым источником постоянного напряжения ($U_{ип}$ (рис.2.4, я), полярность которого можно изменять, связь между током, протекающим через тиристор в прямом и обратном направлениях, и напряжением между анодом и катодом отражает статическая вольт-амперная характеристика (рис.2.4).

Если на электрод УЭ тиристора управляющий сигнал не подан ($u = 0$), а напряжение $U_{пр}$ или $U_{обр}$ между анодом и катодом не превышает определенного уровня ($U_{пер}$ или соответственно U), то тиристор имеет большое сопротивление в прямом и обратном направлениях и ток через прибор практически не протекает. Действительно, если к аноду тиристора приложить отрицательное напряжение относительно катода, то к среднему переходу П2 (рис.2.4, в) будет приложено прямое напряжение $U_{пр}$, а к переходам П1 и П3, соединенным последовательно, — обратное напряжение $U_{обр}$. В результате тиристор оказывается запертым.

Перевод тиристора из "з а к р ы т о г о" состояния в "о т к р ы т о е" при положительном напряжении на аноде может быть осуществлен тремя способами: повышением приложенного напряжения вплоть до напряжения переключения - включение по аноду диодный тиристор.

Рис.2.4. Вольт-амперные характеристики тиристора: в - схема для снятия характеристик; б - статические вольт-амперные характеристики; в — схематическое устройство тиристора размыканием анодной цепи или

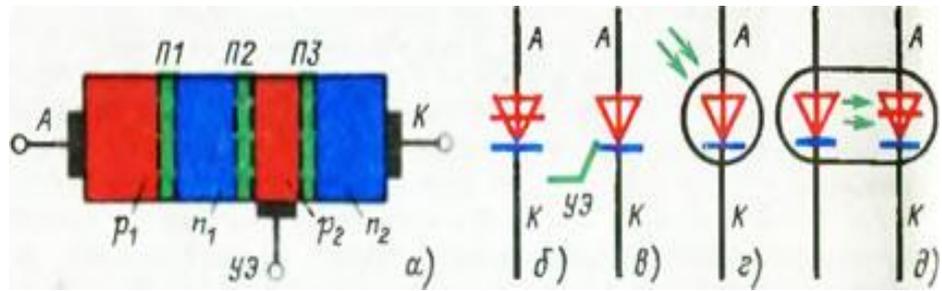


рис.2.3. Управляемый кремниевый вентиль — тиристор.

а — схема четырехслойной структуры; условные обозначения тиристоров различных типов

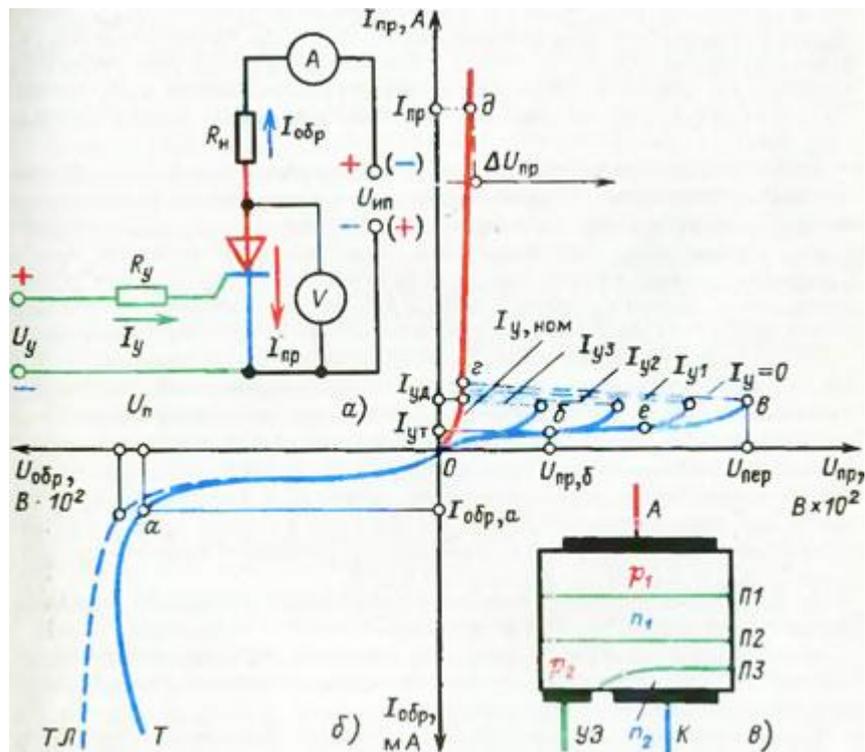


рис.2.4. Вольт-амперные характеристики тиристор

б — динистора; в — триодного; г — фототиристора и д — оптронного.

кратковременной подачей на вентиль обратного напряжения, получаемого от вспомогательного источника (обычно от предварительно заряженного конденсатора для выключения тиристора в цепях с питанием от источника постоянного напряжения). При этом начинается процесс рассасывания накопленных в полупроводниковой структуре зарядов (дырок и электронов), в процессе которого через тиристор протекает обратный ток, который после удаления зарядов уменьшается практически до нуля. Таким образом, получают принудительную (искусственную) коммутацию управляемых вентилях.

Восстановление запирающей способности тиристора происходит в течение 15-250 мкс в зависимости от типа вентиля (v мощных приборов время выключения достигает 550 мкс), после этого вентиль снова может выдерживать без включения прямое напряжение.

Обратная ветвь вольт-амперной характеристики тиристора при разомкнутой цепи управляющего электрода ничем не отличается от аналогичной ветви силового диода и также характеризуется пробивным напряжением $U_{п}$. Аналогично лавинным диодам выпускаются лавинные тиристоры, которые способны рассеивать большую, чем обычные управляемые вентили, мощность при протекании обратного тока. На рис.2.4. показаны зависимости ($обр = U_{ар}$): сплошной синей линией - для обычных тиристоров, пунктирной — для лавинных.

Влияние температуры на обратную ветвь вольт-амперной характеристики и на участок прямой ветви в проводящем состоянии тиристора такое же, как и для неуправляемого вентиля, т.е. с ростом температуры р-структуры значения $U_{п}$ и $обр$ увеличиваются, а $ДУ_{пр}$ — уменьшается. На участке прямой ветви, соответствующем закрытому состоянию тиристора, величина $U_{пер}$ тах может для одних типов тиристоров уменьшаться, для других — увеличиваться.

Тиристор с четырехслойной р-р-п-структурой, как и диод, обладает односторонней проводимостью. Для электрических цепей переменного тока разработаны специальные приборы — симметричные тиристоры

(симисторы), которые имеют: пять чередующихся слоев с проводимостями р- и о-типов (рис.2.5, а), два внешних силовых электрода СЭ и СЭУ и один управляющий электрод УЭ, который расположен центре, а верхние металлические контакты левой и правой частей электрически связаны.

В такой структуре как при одной, так и при другой полярности приложенного напряжения выполняются условия для пропускания рабочего тока в прямом и обратном направлениях, если на электрод УЭ подавать положительный относительно электрода СЭУ управляющий импульс. Если при этом на электрод СЭУ подано положительное относительно электрода СЭ напряжение, то проводит ток правая половина структуры (р1-п2-р2-п3), если отрицательное, то в проводящее состояние переключится структура его левой части. На рис.2.5. показаны вольт-амперные характеристики симистора при различных значениях тока управления.

Для отпирания тиристора на его управляющий электрод нужно подать от источника управления сигнал определенных амплитуды, длительности и полярности. При этом амплитуда и длительность сигнала управления должны соответствовать вольт-амперным характеристикам управляющего электрода тиристора $y = f(t/y)$ (рис.2.6). Кривая 1 соответствует прибору с максимальным входным сопротивлением при максимально допустимой температуре структуры, а кривая 2 — прибору с минимальным входным сопротивлением ПРИ минимально возможной в условиях эксплуатации температуре.

Сверху и справа диаграмма управления ограничивается прямыми 3 и 4, соответствующими предельно допустимым значениям напряжения управления $U_{y\max}$ и тока y_{\max} на управляющем электроде (в зависимости от температуры структуры). В левом углу диаграммы указывают область (на рис.2.6. она заштрихована), которая ограничена минимальными значениями тока y_{\min} и напряжения $U_{y\min}$, необходимыми для надежного отпирания любого тиристора данного типа независимо от разброса параметров цепи управления. На диаграмме также приводятся кривые допустимой мощности потерь $D_{P_{уэ}}$, выделяющихся на управляющем электроде, для различных

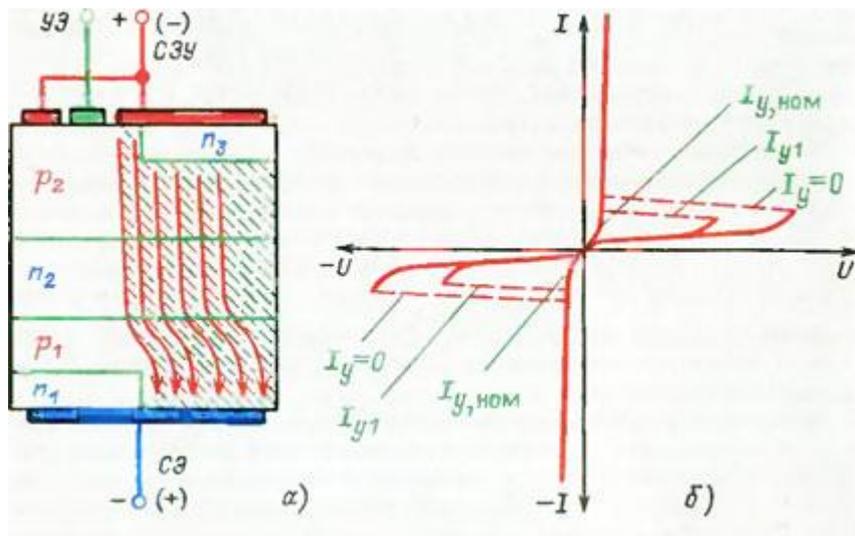


рис.2.5. Полупроводниковая структура симистора (а) и вольт-амперные характеристики (б).

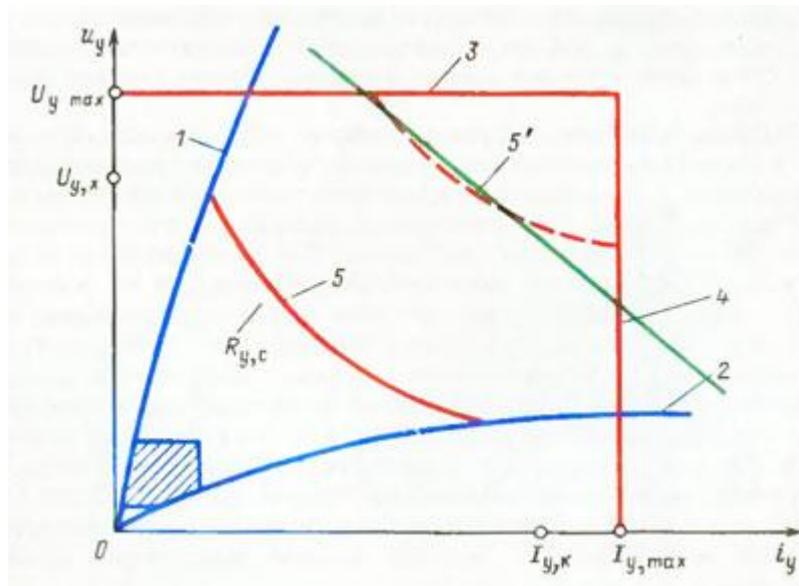


рис.2.6. Характеристики цепи управления тиристора

значений длительности управляющих сигналов (кривая 5 соответствует импульсному управлению, кривая 5' — отпиранию тиристоров постоянным током).

Область, заключенная между заштрихованной зоной, предельными вольт-амперными характеристиками 1 и 2. линиями предельно допустимых значений напряжения и тока управления и кривой 5. является областью гарантированного включения тиристора.

Нагрузочная характеристика источника управляющего сигнала должна пересекать входную вольт-амперную характеристику данного тиристора в области гарантированного включения.

Большинство типов тиристоров отечественного производства включается токами 200-400 мА при напряжении на управляющем электроде не более 8 В. Длительность отпирающего импульса зависит от вида нагрузки: при активной нагрузке она должна быть не менее 10-15 мкс, при индуктивной нагрузке требуется более широкий импульс. Для четкого включения тиристоров, уменьшения потерь мощности на Переходе УЭ-К при включении, а также для уменьшения разброса значений времени включения приборов при групповом соединении вентилях управляющие импульсы должны иметь крутой передний фронт — не менее 1 А/мкс. Основные параметры тиристоров. Часть параметров, которыми характеризуются мощные тиристоры, аналогична параметрам, указанным выше для силовых диодов.

Кроме того, в технических условиях обычно указываются: динамические параметры, характеризующие условия эксплуатации тиристоров в схемах преобразователей: время включения $T_{вкл}$, мкс — это время от момента подачи управляющего импульса до момента снижения прямого напряжения на тиристоре до 10% начального значения при работе на активную нагрузку; время выключения (восстановления запирающей способности) $T_{выкл}$ мкс; критическая скорость нарастания прямого напряжения (A_{unp}/At). В/мкс - максимально допустимое значение скорости нарастания прямого напряжения при разомкнутой цепи управления (при

превышении этого значения происходит самопроизвольное включение тиристора); ток удержания удерж- А — минимальный прямой ток, протекающий через тиристор при разомкнутой цепи управляющего электрода, при котором прибор еще находится в открытом состоянии; ток утечки, А — ток, протекающий через тиристор с разомкнутой цепью управляющего электрода при приложении к нему напряжения в прямом направлении; параметры цели управления (катод — управляющий электрод), характеризующие переход тиристора из закрытого состояния в открытое: отпирающий ток управления, мА — наименьшее значение тока управления, необходимое для переключения прибора.

Большинство указанных параметров силовых вентилях обычно приводится в техническом паспорте на прибор, а более подробная информация о параметрах, характеристиках и эксплуатационных свойствах — в технических условиях на прибор.

Выберем по справочнику прибор со следующими параметрами:

- Тип прибора ТО132-40-6
- Максимально допустимый действующий ток в открытом состоянии 40 А.
- Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии: наибольшее мгновенное значение напряжения в закрытом состоянии, прикладываемое к тиристор, включая только повторяющиеся переходные напряжения 600 В.
- Ударный неповторяющийся ток в открытом состоянии: наибольший ток в открытом состоянии, протекание которого вызывает превышение максимально допустимой температуры перехода, но воздействие которого за время службы тиристора предполагается редким, с ограниченным числом повторений 750 А.
- Отпирающий постоянный ток управления: наименьший постоянный ток управления, необходимый для включения тиристора 150 мА.
- Отпирающее импульсное напряжение управления 2,5 В.
- пороговое напряжение (напряжение отсечки) 1,15 В.

- динамическое (дифференциальное) сопротивление прямой вольтамперной характеристики вентиля в открытом состоянии6 Ом.
- общее установившееся тепловое сопротивление 0,3 °C/Вт

2.2.2. Выбор микроконтроллера и других компонентов устройства управления

Требования, предъявляемые к микроконтроллеру:

Наличие внутренней памяти программ и ОЗУ.

Наличие EEPROM (Электрически перепрограммируемая память) – для хранения при отключении питания введённых значений уровня регулируемого напряжения и режима работы. Наличие сторожевого таймера для обеспечения гарантированно надёжной работы микроконтроллера [12 – 14].

Наличие внутрисхемно реализованного АЦП.

Наличие USART приёмо-передатчика для возможности управления и контроля на расстоянии или с помощью компьютера.

Для решения этой задачи наиболее подходящим является микроконтроллер Atmega8 фирмы ATMEL со следующими параметрами:

8-разрядный высокопроизводительный AVR микроконтроллер с малым потреблением.

Прогрессивная RISC архитектура

130 высокопроизводительных команд, большинство команд выполняется за один тактовый цикл

32 8-разрядных рабочих регистра общего назначения Полностью статическая работа

Приближающаяся к 16 MIPS (при тактовой частоте 16 МГц) производительность

Встроенный 2-цикловый перемножитель

Энергонезависимая память программ и данных

8 Кбайт внутрисистемно программируемой Flash памяти (In-System Self-Programmable Flash)

Обеспечивает 1000 циклов стирания/записи

Дополнительный сектор загрузочных кодов с независимыми битами блокировки

Обеспечен режим одновременного чтения/записи (Read-While-Write)

512 байт EEPROM

Обеспечивает 100000 циклов стирания/записи

1 Кбайт встроенной SRAM

Программируемая блокировка, обеспечивающая защиту программных средств пользователя

Встроенная периферия

Два 8-разрядных таймера/счетчика с отдельным предварительным делителем, один с режимом сравнения

Один 16-разрядный таймер/счетчик с отдельным предварительным делителем и режимами захвата и сравнения

Счетчик реального времени с отдельным генератором

Три канала PWM

8-канальный аналого-цифровой преобразователь (в корпусах TQFP и MLF)

6 каналов с 10-разрядной точностью

2 канала с 8-разрядной точностью

6-канальный аналого-цифровой преобразователь (в корпусе PDIP)

4 канала с 10-разрядной точностью

2 канала с 8-разрядной точностью

Байт-ориентированный 2-проводный последовательный интерфейс

Программируемый последовательный USART

Последовательный интерфейс SPI (ведущий/ведомый)

Программируемый сторожевой таймер с отдельным встроенным генератором Встроенный аналоговый компаратор

Специальные микроконтроллерные функции

Сброс по подаче питания и программируемый детектор кратковременного снижения напряжения питания

Встроенный калиброванный RC-генератор

Внутренние и внешние источники прерываний

Пять режимов пониженного потребления: Idle, Power-save, Power-down, Standby и снижения шумов ADC

Выводы I/O и корпуса

23 программируемые линии ввода/вывода

28-выводной корпус PDIP, 32-выводной корпус TQFP и 32-выводной корпус MLF

Рабочие напряжения

2,7 - 5,5 В (ATmega8L)

4,5 - 5,5 В (ATmega8)

Рабочая частота

0 - 8 МГц (ATmega8L)

0 - 16 МГц (ATmega8)

ГЛАВА III. СХЕМЫ УПРАВЛЯЕМОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

3.1. Функциональная схема выпрямителя

Силовую часть выполняем по мостовой несимметричной схеме с тремя тиристорами и нулевым вентилем (рис.3.1.). Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения на выходе выпрямителя устанавливается Г-образный LC-фильтр, применение которого обеспечивает жесткую внешнюю характеристику выпрямителя, а также благоприятный режим работы вентиля и трансформатора [14].

Временные диаграммы выпрямленного напряжения, токов в вентилях и в фазе вторичной обмотки трансформатора при работе выпрямителя на активно-индуктивную нагрузку и углах регулирования $\alpha < \frac{\pi}{3}$, $\alpha = \frac{\pi}{3}$, $\alpha > \frac{\pi}{3}$ приведены на рис.3.2,а, б и в соответственно. При построении диаграмм предполагалось, что трансформатор и вентили – идеальные, а индуктивность дросселя фильтра $L = \infty$.

Тиристоры VS1-VS3 образуют катодную группу вентиля, диоды VD1-VD3 – анодную. В каждый момент времени ток проводят два вентиля: из катодной группы тот тиристор, на который подан сигнал управления и у которого в данный момент времени на аноде наиболее высокое положительное напряжение относительно катода, из анодной группы пропускает тот диод, у которого на катоде относительно анода наибольшее отрицательное напряжение. Коммутация диодов происходит в точках естественной коммутации. Например, когда проводят VS1 и VD2, к нагрузке прикладывается линейное напряжение. В т. 1 VD2 закрывается и в работу вступает VD3, т.к. на его катоде наиболее низкий потенциал, при этом к нагрузке прикладывается напряжение. При открытии VS2 VS1 закрывается. Выпрямленное напряжение имеет трехкратные пульсации за период.

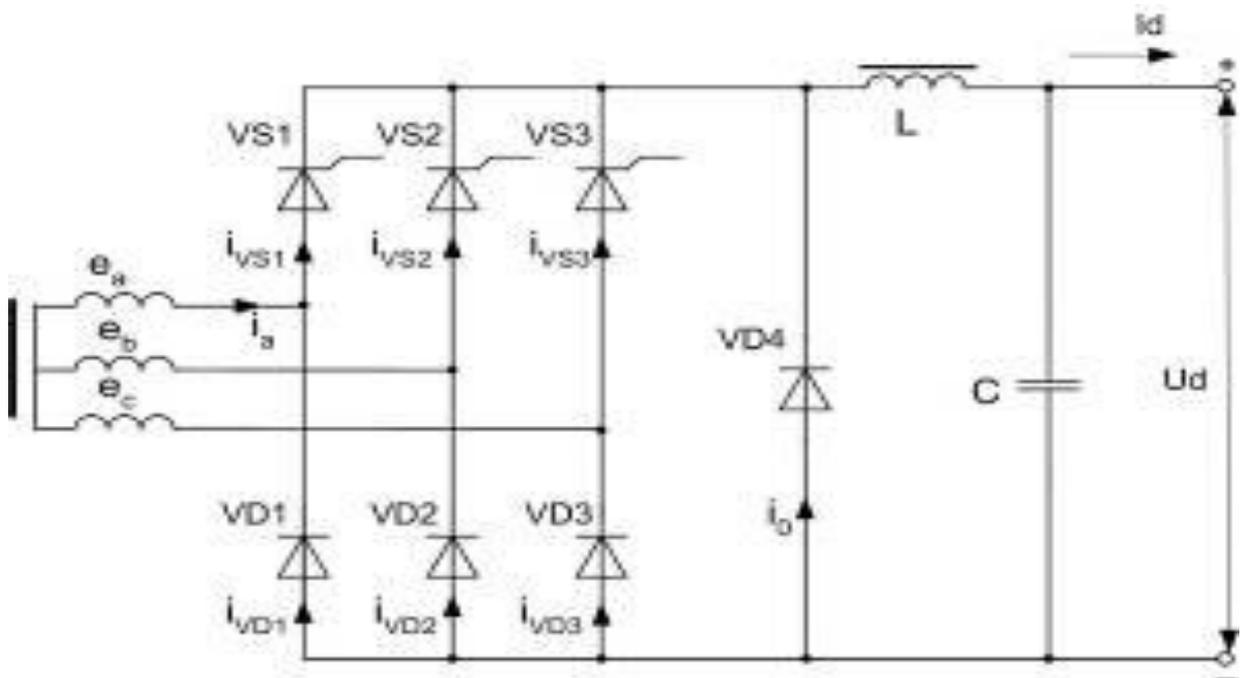


рис.3.1. Функциональная схема выпрямителя.

Уравнение нагрузочной характеристики имеет вид:

$$U_{d\alpha} = \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot E_{2m}}{\pi} \cdot \left(\frac{1 + \cos(\alpha)}{2} \right)$$

Принципиальная схема выпрямителя содержит следующие узлы и аппараты:

- вводной автоматический выключатель QF1;
- однофазный трансформатор TV;
- силовые предохранители FU3 и FU4;
- магнитный пускатель КМ;
- приборы индикации тока и напряжения на выходе устройства RS;
- органы контроля и управления устройством SB;
- блок системы управления выпрямителем U;
- блок источника питания системы управления G;
- входные и выходные зажимы силовых цепей.

Напряжение питания выпрямителя $U = 220$ В, $f = 50$ Гц, через входные клеммы подается на автоматический выключатель QF1, предназначенный для обесточивания преобразователя при наладке, осмотрах. При включении напряжение подается на преобразующий трансформатор. При включении автоматического выключателя QF2, установленного для защиты от токов короткого замыкания и тепловой защиты от длительных перегрузок, напряжение через предохранители подается на силовые контакты магнитного пускателя. Магнитный пускатель предназначен для автоматического дистанционного включения и отключения непосредственно преобразователя. При включении контактора и подаваемых управляющих импульсов на силовые.

Полупроводниковые приборы (тиристоры) за счет регулирования угла открытия тиристоров происходит регулируемое преобразование энергии переменного тока в энергию постоянного тока. Для сигнализации наличия напряжения в преобразователе предусмотрены сигнальные лампы HL1 и HL2.

Устройство позволяет регулировать напряжение на нагрузке в пределах от 0 до 60 В при потребляемой мощности 1,8 кВт. Основным источником выделения тепла в установке – силовой трансформатор, тиристоры, источники питания цепей управления, катушка контактора, силовые шины, разъемные и неразъемные контактные соединения. Возможными источниками электрических и магнитных помех могут быть трансформатор TV, контактор КМ, электрическая машина постоянного тока.

Аппараты и элементы с максимальными габаритами и массой: Трансформатор, силовой преобразователь, контактор.

В состав однофазного тиристорного преобразователя входят тиристоры VS1, VS2, VS3 и VS4, трансформатор TV и система импульсно-фазового управления СИФУ. СИФУ вырабатывает импульсы управления тиристорами с заданной фазой по отношению к напряжению сети.

В мощных выпрямителях индуктивности рассеяния обмоток трансформатора оказывают значительное влияние на работу схемы, изменяя значение и форму кривой выпрямленного напряжения, токов вентиля и обмоток трансформатора. Процесс нарастания тока во вступавшем в работу и спад тока в выходящем из работы вентилях в этом случае происходит за конечный интервал времени. В то же время влиянием активных сопротивлений обмоток трансформатора и падением напряжения в вентилях нередко можно пренебречь, так как обмотки и их соединения выполняются проводом большого сечения.

В расчетах обычно пользуются суммарной для каждой фазы индуктивностью рассеяния L_a , приведенной ко вторичной обмотке трансформатора, значение которой определяется по индуктивному сопротивлению обмоток, рассчитываемому по формуле. Где U_{K3} — напряжение КЗ трансформатора, %; $U_{x ном}$, /щом — номинальные значения.

Рассмотрим процесс коммутации и его влияние на работу выпрямителя на примере трехфазной схемы с нулевым выводом. Нагрузка принимается активно-индуктивная (рис.3.2, а). Приведенные индуктивности L_{a1} , $i/2$ и L_{c3} обмоток трансформатора включены в анодные цепи тиристоров VC1 — VC3,

а в цепи нагрузки имеется значительная индуктивность L и выпрямленный ток i_d можно считать идеально сглаженным. Рис.3.3. Работа трехфазного управляемого выпрямителя с учетом коммутации тока в вентилях:

Наличие в фазах вторичной обмотки трансформатора индуктивности L_a приводит к тому, что переход тока i_d от одного вентиля к другому происходит не мгновенно, а в течение некоторого промежутка времени, который называется углом коммутации и обозначается буквой γ .

Таким образом, коммутация тока вентилями уменьшает выпрямленное напряжение, увеличивает его пульсацию и время работы вентиля (фазы). Увеличение длительности работы фазы несколько уменьшает действующее значение тока фазы и вентиля, поэтому при расчете токов в элементах выпрямителя (например, I_v , I_2 , I_l) перекрытие фаз можно не учитывать и пользоваться соотношениями. Инвертирование тока. Инвертированием называется процесс преобразования энергии постоянного тока в энергию переменного тока, т.е. процесс, обратный выпрямлению. При выпрямлении тока электрическая энергия передается из сети переменного тока к потребителю постоянного тока, а при инвертировании поток энергии направлен от источника постоянного тока в сеть переменного тока.

Инвертирование тока применяется для преобразования энергии постоянного тока в энергию переменного тока в линиях электропередачи постоянного тока, рекуперативного торможения двигателей постоянного тока, питаемых от управляемых выпрямителей, преобразования промышленной частоты и в других случаях.

Выходным звеном инвертора, работающего на сеть переменного тока, является трансформатор, параметры которого (число витков и количество обмоток) определяют значение и число фаз получаемого переменного напряжения (тока).

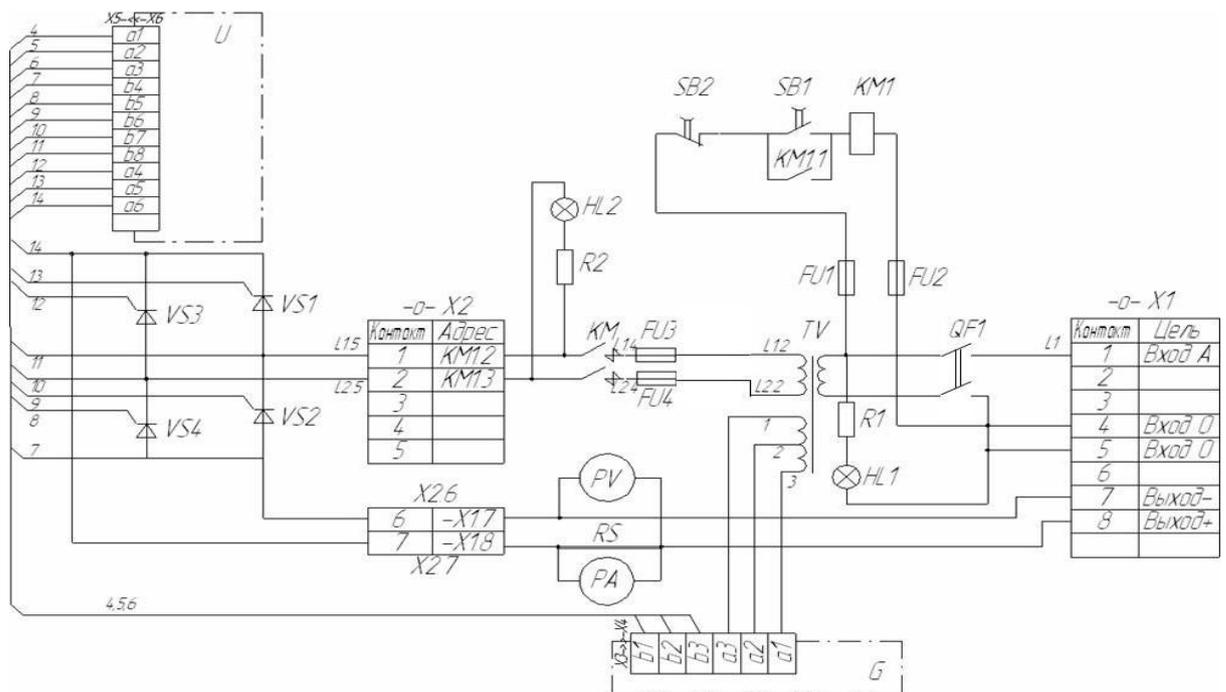


рис.3.2. Принципиальная электрическая схема однофазного управляемого выпрямителя.

Для получения переменного тока в обмотках трансформатора, подключенного к источнику постоянного тока, необходимо обеспечить периодический переход тока из одной обмотки в другую. Это достигается путем прерывания постоянного тока и распределения его по фазам трансформатора с помощью управляемых вентиляей.

Изменение направления потока энергии требует изменения знака мощности $P_d = U_d I_d$, развиваемой выпрямителем, что может быть достигнуто путем изменения направления тока или напряжения U_d . Но выпрямленный ток не может изменить своего направления относительно зажимов выпрямителя вследствие односторонней проводимости тиристоров, поэтому изменение знака мощности можно осуществить только за счет изменения знака среднего значения выпрямленного напряжения, что достигается в управляемом выпрямителе увеличением угла управления $\alpha > 90^\circ$.

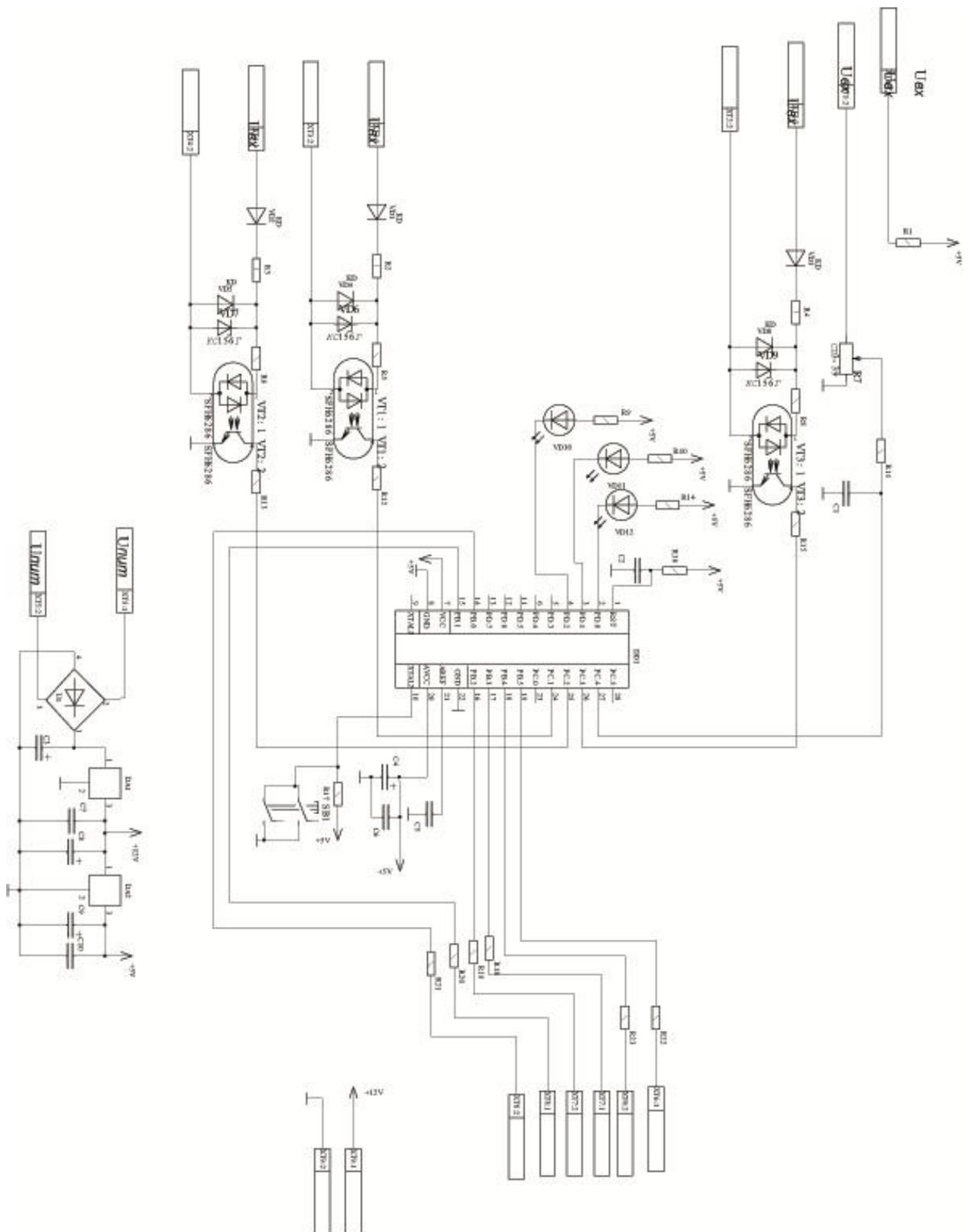


рис.3.3. Принципиальная схема СИФУ.

а — схема включения элементов; б и в — временные диаграммы напряжений и токов.

3.2. Разработка алгоритма программы управления

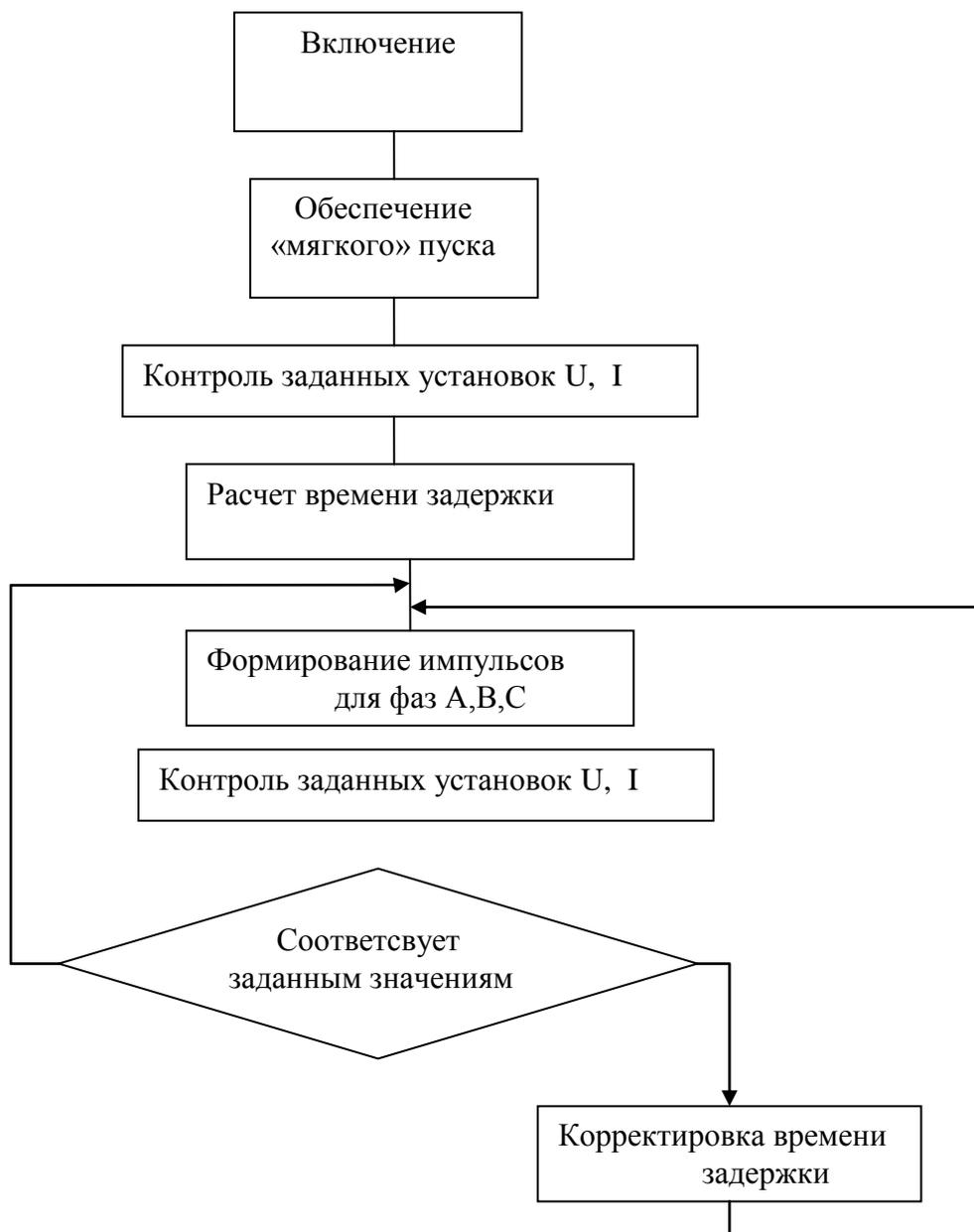


рис.3.4. Алгоритм работы процессор управляемого выпрямителя

3.3. Конструкторско – технологический раздел

Процесс компоновки элементов проектируемой мной управляемого выпрямителя подразделить на несколько этапов:

Функциональная компоновка - это размещение и установка функциональных элементов на печатных платах с учетом функциональных и энергетических требований, а также плотности компоновки и установки элементов, плотности топологии печатных проводников. Функциональная компоновка проводится для определения основных размеров печатной платы, выбора способов ее проектирования и изготовления. Прежде чем приступить к изготовлению печатной платы, нужно сделать её рисунок, т.е. скомпоновать все радиоэлементы и микросхемы.

Компоновка устройства подразумевает под собой примерное расположение на печатной плате радиоэлементов и микросхем, входящих в состав устройства. Для определения положения элементов на плате в первую очередь делают рисунок платы в соответствии с заданными габаритами устройства, далее компонуются все радиоэлементы и микросхемы на рисунке в соответствии с их реальными размерами.

После расположения радиоэлементов и микросхем наносятся отверстия для контактных площадок и отверстия для крепления печатной платы в корпусе устройства.

Заключительным этапом является проведение соединительных линий (печатных проводников) в соответствии с принципиальной схемой устройства.

Внутренняя компоновка - заключается в размещении входящих в состав нашего устройства блоков внутри его корпуса с учетом требований удобства сборки, контроля, ремонта, механического и электрического соединения, требований по обеспечению оптимального теплового режима и эргономики.

Внешняя компоновка - это компоновка устройства в конструкциях старшего уровня, например в составе рабочего места студента, при этом, прежде всего, учитываются эргономические требования. К эргономическим критериям компоновки разрабатываемой нами приставки относятся: эффективность работы и сохранение здоровья в процессе эксплуатации.

Для определения размеров печатной платы произведу расчёты по определению площади каждого элемента.

3.4. Программы используемые при разработке выпрямителя

Графическая среда разработки программного обеспечения для микроконтроллеров с архитектурой AVR Algorith Builder

Графическая среда для разработки программного обеспечения для микроконтроллеров с архитектурой AVR фирмы ATMEL (Графический ассемблер) [18].

Среда предназначена для производства полного цикла разработки начиная от ввода алгоритма, включая процесс отладки и заканчивая программированием кристалла. Разработка программы может быть как на уровне ассемблера, так и на макроуровне с манипуляцией многобайтными величинами со знаком.

В отличие от классического ассемблера программа вводится в виде алгоритма с древовидными ветвлениями и отображается на плоскости, в двух измерениях. Сеть условных и безусловных переходов отображается графически, в удобной векторной форме. Это к тому же освобождает программу от бесчисленных имен меток, которые в классическом ассемблере являются неизбежным балластом. Вся логическая структура программы становится наглядной.

Графические технологии раскрывают новые возможности для программистов. Визуальность логической структуры уменьшает вероятность ошибок и сокращает сроки разработки. Появляется такое понятие, как дизайн

алгоритма, предполагающее некоторый художественный вкус программиста.

По оценке пользователей, по сравнению с классическим ассемблером, время на разработку программного обеспечения сокращается в 3-5 раз.

Поддерживается автоматическая перекодировка строк ANSI-кодов Windows в коды русифицированного буквенно-цифрового ЖКИ.

Среда объединяет в себе графический редактор, компилятор алгоритма, симулятор микроконтроллера, внутрисхемный программатор.

При использовании внутрисхемного программатора микроконтроллер подключается к COM порту компьютера через несложный адаптер (три диода и несколько резисторов). Программатор ведет подсчет числа перепрограммирований кристалла, сохраняя счетчик непосредственно в кристалле.

Algorithm Builder обеспечивает мониторинг отладку на кристалле (On Chip debug) которая позволяет наблюдать содержимое реального кристалла в заданной точке останова. При этом, для связи микроконтроллера с компьютером используется только один вывод, причем по выбору пользователя. Мониторная отладка может быть применена к любому типу кристалла, имеющего SRAM. Среда предназначена для работы в ОС Windows 95/98/2000/NT/ME/XP.

Общие сведения о системе проектирования печатных плат P-CAD

Система P-CAD предназначена для проектирования многослойных печатных плат (ПП) вычислительных и радиоэлектронных устройств. В состав P-CAD входят четыре основных модуля - P-CAD Schematic, P-CAD PCB, P-CAD Library Executive, P-CAD Autorouters и ряд других вспомогательных программ [17].

P-CAD Schematic и P-CAD PCB - соответственно графические редакторы принципиальных электрических схем и ПП. Редакторы имеют системы всплывающих меню в стиле Windows, а наиболее часто

применяемым командам назначены пиктограммы. В поставляемых вместе с системой библиотеках зарубежных цифровых ИМС имеются три варианта графики: Normal - нормальный (в стандарте США), DeMorgan — обозначение логических функций, IEEE — в стандарте Института инженеров по электротехнике (наиболее близкий к российским стандартам).

Редактор P-CAD PCB может запускаться автономно и позволяет разместить модуль на выбранном монтажно—коммутационном поле и проводить ручную, полуавтоматическую и автоматическую трассировку проводников. Если P-CAD PCB вызывается из редактора P-CAD Schematic, то автоматически составляется список соединений схемы и на поле ПП переносятся изображения корпусов компонентов с указанием линий электрических соединений между их выводами. Эта операция называется упаковкой схемы на печатную плату. Затем вычерчивается контур ПП, на нем размещаются компоненты и, наконец, производится трассировка проводников.

Программа PCAD 2006 - это целый пакет программ, предназначенный для профессиональной разработки печатных плат. Процесс разработки печатной платы в программе PCAD 2006 включает в себя следующие этапы и подэтапы:

1. Создание принципиальной электрической схемы будущего устройства.

Создание схемных изображений радиоэлементов.

Размещение элементов на схеме.

Ввод схемных соединений между радиоэлементами.

2. Перенос информации о связях радиоэлементов в редактор печатных плат для автоматической или ручной разводки. Ввод информации о соответствии схемных изображений радиоэлементов и их посадочных мест на печатной плате. Автоматический перенос связей со схемы на плату.

3. Разводка печатной плате в редакторе печатных плат.

Автоматическое и/или ручное размещение радиоэлементов на поверхности будущей печатной платы. Автоматическая и/или ручная

разводка печатных соединений с использованием информации о соединениях радиоэлементов, перенесенной из электрической схемы.

4. Проверка и доводка печатной платы.

Автоматическая проверка платы согласно требованиям для зазоров между соседними дорожками, между дорожками и контактными площадками, между соседними контактными площадками.

Корректировка найденных узких мест. И это только общий план действий. На самом деле порядок действий еще сложнее.

Программатор PonyProg 2000

Для того чтобы запрограммировать ("прошить") микроконтроллер, необходим программатор. Программатор представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий непосредственно из устройства, связывающего микроконтроллер с компьютером, и программы, которая этим устройством управляет. Программатор заносит подготовленную для микроконтроллера программу в его память.

Наиболее распространенным способом программирования для AVR является внутрисхемное программирование (функция ISP - in-circuit serial programming) через коммуникационный интерфейс SPI. Этой возможностью обладают все микроконтроллеры AVR, кроме Tiny11 и Tiny28. Данный режим удобен тем, что позволяет запрограммировать AVR, расположенный в готовом устройстве, то есть вам не нужно вытаскивать микроконтроллер из платы каждый раз, когда вы хотите его перепрограммировать.

Интерфейс SPI (Serial Peripheral Interface) представляет собой 3 линии: SCK, MISO и MOSI.

SCK (SPI ClOcK).

Тактовый сигнал, который программатор формирует на линии SCK.

MOSI (Master Out, Slave In - вход ведомого, выход ведущего).

Линия передачи данных от программатора (ведущий), к программируемому микроконтроллеру (ведомый). Во время каждого

импульса на линии SCK передается один бит от программатора к программируемому микроконтроллеру по линии MOSI.

MISO (Master In, Slave Out - выход ведомого, вход ведущего).

Линия передачи данных от программируемого микроконтроллера (ведомый) к программатору (ведущий). По каждому импульсу на линии SCK передается один бит от микроконтроллера к программатору по линии MISO.

Для обеспечения нормальной связи по трем SPI линиям необходимо соединить общую землю (GND) на программаторе и программируемом устройстве.

Для входа и нахождения в режиме последовательного программирования используется линия сброса (RESET). Она должна удерживаться в активном состоянии (низкий уровень) во время программирования AVR. Также при стирании чипа на линии RESET должен быть сформирован импульс в конце цикла стирания.

Кроме того, может использоваться вывод контроллера XTAL1 для тактировки контроллера программатором при отсутствии кварцевого резонатора.

При программировании AVR программатор всегда функционирует как ведущее устройство, а микроконтроллер как ведомое.

Программатор PonyProg 2000 это Простой, универсальный программатор с широким спектром поддерживаемых микросхем

Описание программатора: Pony Prog - программатор микросхем с последовательным доступом, поддерживаемый системами Windows 95,98,ME Windows NT,2K,XP.и Intel Linux. В настоящий момент программатор поддерживает IIC BUS, Microwire, SPI eeprom, Atmel AVR и PICMicro интерфейсы.

Pony Prog этот программатор, сочетающий в себе простоту, небольшую стоимость и мощь аппаратных и программных возможностей. Программатор может быть использован как для программирования микросхем собственных проектов, так и для раскодировки автомагнитол, мобильных телефонов, ремонта телевизоров и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В результате выполнения дипломного проекта был разработан управляемый выпрямитель;

- обладающий высокой мощностью
- имеющий высокий КПД
- имеющий высокую стабильность и заданную точность выходного напряжения
- имеющий широкий диапазон и малую дискретность регулируемого напряжения
- возможность автоматического регулирования напряжения.

Такие возможности были получены в результате использования современной элементной базы.

XXI век – век передовых технологий и сложных устройств которые работают благодаря управляемых выпрямителей. Поэтому управляемых выпрямителей – это важная составляющая нашей жизни, без которой труд человека отнюдь не облегчится.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

Жизнедеятельность – это способ существования или повседневная деятельность человека. В процессе своей жизнедеятельности любой человек постоянно взаимодействует со средой обитания. Последняя – это окружающая человека среда в процессах его деятельности, обусловленная совокупностью физических, химических, биологических, психофизиологических и социально-экономических факторов, способных оказать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на деятельность человека, его здоровье и потомство. Основными средами обитания человека являются производственная среда, городская среда или среда населенных мест, бытовая или жилая среда и природная среда (ПС).

Человек и окружающая его среда гармонично взаимно действуют и развиваются лишь в условиях, когда потоки энергии, вещества и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и природной средой. Любое превышение привычных уровней потоком сопровождается негативными воздействиями на человека или природную среду. В естественных условиях такие воздействия наблюдаются при изменении климата и стихийных явлениях [11].

В условиях техносферы негативные воздействия обусловлены элементами техносферы (машины, сооружения и т.п.) и действиями человека. Изменяя величину любого потока от минимально значимой до максимально возможной, можно пройти ряд характерных состояний взаимодействия в системе « человек – среда обитания »:

- комфортное (оптимальное), когда потоки соответствуют оптимальным условиям взаимодействия: создают оптимальные условия деятельности и отдыха; предпосылки для проявления наивысшей работоспособности и как следствие продуктивности деятельности; гарантируют сохранение здоровья человека и целостности компонент среды обитания;

- допустимое, когда потоки, воздействуя на человека и среду обитания, не оказывают негативного влияния на здоровье, но приводят к дискомфорту, снижая эффективность деятельности человека. Соблюдение условий допустимого взаимодействия гарантирует невозможность возникновения и развития необратимых негативных процессов у человека и в среде обитания;
- опасное, когда потоки превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на здоровье человека, вызывая при длительном воздействии заболевания, или приводят к деградации природной среды;
- чрезвычайно опасное, когда потоки высоких уровней за короткий период времени могут нанести травму, привести человека к летальному исходу, вызвать разрушения в природной среде.

Из четырех характерных состояний взаимодействия человека со средой обитания лишь первые два (комфортное и допустимое) соответствуют позитивным условиям повседневной жизнедеятельности, а два других (опасное и чрезвычайно опасное) – недопустимы для процессов в жизнедеятельности человека, сохранения и развития природной среды.

Взаимодействие человека со средой обитания может быть позитивным или негативным, характер взаимодействия определяют потоки веществ, энергий и информации.

Оптимальное взаимодействие человека со средой обитания возможно, если будут обеспечены комфортность среды, минимизация негативных воздействий и устойчивое развитие системы “человек – среда обитания – машина – чрезвычайная ситуация”. Изучением элементов, составляющих эту систему, и явлений, происходящих в ней занимается безопасность жизнедеятельности (БЖД) – наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека со средой обитания. Ее основная задача состоит в сохранении работоспособности и здоровья человека, выборе параметров состояния среды обитания и применении мер защиты от негативных факторов естественного и антропогенного происхождения. Основной целью изучения БЖД является приобретение теоретических знаний и практических навыков, необходимых для:

- 1) создания оптимального состояния среды обитания в зонах трудовой деятельности и отдыха человека;
- 2) идентификации (раз познание и количественная оценка) опасных и вредных факторов среды обитания естественного и антропогенного происхождения;
- 3) разработки и реализации мер защиты человека и среды обитания от негативных воздействий (опасностей);
- 4) проектирования и эксплуатации техники, технологических процессов и объектов народного хозяйства (ОНХ) в соответствии с требованиями и по безопасности и экологичности;
- 5) обеспечения устойчивости функционирования ОНХ и ТС в штатных и чрезвычайных сисуациях;
- 6) прогнозирования развития и оценки последствий ЧС;
- 7) принятия решений по защите производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийный бедствий и применения современных средств поражения, а также принятия мер по ликвидации их последствий.

В ходе выпускной работы мы проведем исследование методов и средств обеспечения БЖД работников механического цеха агрегатного завода. Эта проблема представляется особенно актуальной и значимой, так как в своей профессиональной деятельности работники механического цеха связаны с использованием ЭУ. В соответствующих разделах выпускной работы мы рассмотрим требования к рабочим помещениям цехов, особенности организации рабочего места (РМ) рабочего цеха, попытаемся выявить вредные и опасные факторы, влияющие на человека и окружающую среду в процессе работы в цеха, дадим рекомендации по борьбе с подобными факторами. Разработаем сеть зашумления цеховых ЭУ и предложим возможный проект молниезащиты цеха.

I. Общий анализ потенциальных опасностей.

Классификация вредных и опасных производственных факторов

Вредные и опасные факторы делятся на физические, химические, биологические, психофизиологические.

К физическим относятся: движущиеся механизмы и машины; неустойчивые конструкции; острые и падающие предметы; механические колебания: акустические шумы, вибрации, инфра и ультра – звуки; повышенная и пониженная температура; повышенное или пониженное атмосферное давление; повышенные уровни электромагнитных полей и излучений; повышенные уровни ионизирующих излучений; недостаточное освещение и контрастность, повышенная яркость, блеск и пульсация светового потока; электрический ток, статическое и атмосферное электричество; работа на высоте.

К химическим относятся: повышенная запыленность и загазованность; попадание промышленных ядов, используемых в технологических процессах и ядохимикатов – в быту и сельском хозяйстве, на кожу и слизистые оболочки; применение лекарственных средств ошибочно, не по назначению; действие боевых отравляющих веществ. По степени потенциальной опасности химические вещества делятся на 4 класса: 1 – чрезвычайно опасные (ртуть), 2 – высоко-опасные (хлор, щелочь), 3 – умеренно опасные (диоксид азота), 4 – малоопасные (ацетон, бензин). Критерием опасности может служить предельно допустимая концентрация веществ в воздухе рабочей зоны ПДК, а также другие показатели: средняя смертельная доза; предельно допустимые уровни и выбросы, сбросы; допустимые остаточные количества и т.д.

ПДК в воздухе рабочей зоны – это концентрация вещества, которая при ежедневной работе в течение смены в течение всего стажа работы не может вызвать заболеваний или отклонений в здоровье, обнаруживаемыми со временными методами. ПДК измеряется в $\frac{мг}{м^3}$ (миллиграмм на метр кубический), но в расчетах рекомендуется использовать современную систему - $\left[\frac{кг}{м^3} \right]$.

По характеру воздействия химические вещества делятся на токсические, вызывающие отравления организма или поражающие отдельные системы; раздражающие, вызывающих раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожных покровов; сенсibiliзирующие, действующие как аллергены; мутагенные, приводящие к нарушению генетического рода, изменению наследственности; канцерогенные, вызывающие новообразования; влияющие на репродуктивную деятельность. Вредные вещества могут поступать в организм человека через легкие при вдыхании, через желудочно-кишечный тракт с пищей и водой, через неповрежденную кожу, растворяясь в секрете потовых желез и кожном жире.

К биологическим факторам относят опасности от живых объектов-патогенных микроорганизмов (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты); грибов (фитофтора, наприьер); растений и животных (макро организмы) и продуктов их жизнедеятельности. Биологические опасности возникают в результате аварий не очистных сооружениях, биотехнических предприятиях и т.п.

Психофизиологические факторы обусловлены особенностями характера и организации труда, параметров рабочего места и оборудования. По характеру действия делятся на физические (статические и динамические) и на нервно – психологические перегрузки (монотонность труда, неудовлетворенность работой, эмоциональные перегрузки), которые на современном этапе перерастают в социально психологические факторы (рисунок 1.). Эффективность деятельности человека в значительной степени зависит от организации рабочего места, в том числе от:

- правильного расположения и компоновки рабочего места;
- обеспечения удобной позы и свободы движений;
- использования оборудования, отвечающего требованиям эргономики.

Важное значение при достижении максимально эффективной деятельности играют режимы труда и отдыха. Сохранение высокой работоспособности достигается правильным чередованием режимов труда и отдыха.

Опасные зоны и зоны пребывания человека. Вредные и травмирующие воздействия, генерируемые техническими системами, образуют в жизненном пространстве техносферы опасные зоны, где не реализуются условия (0,1)-

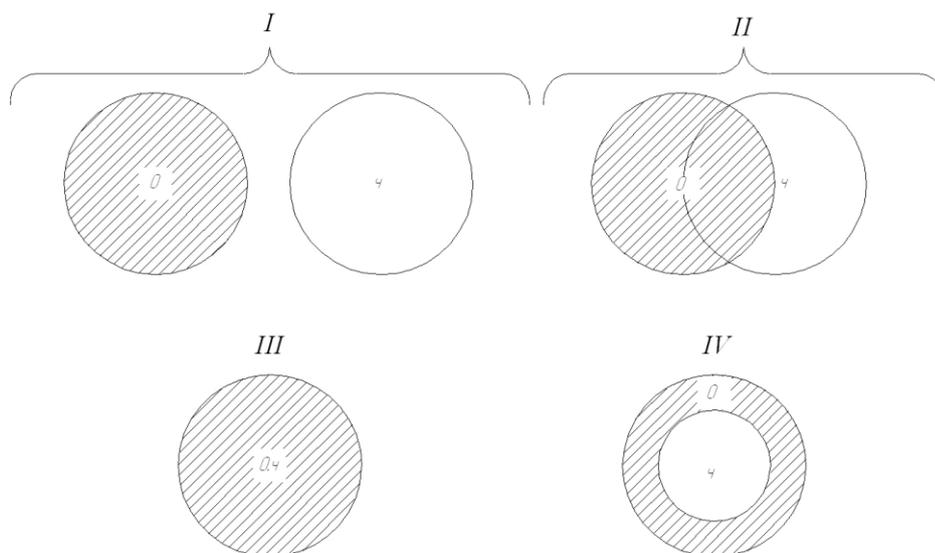
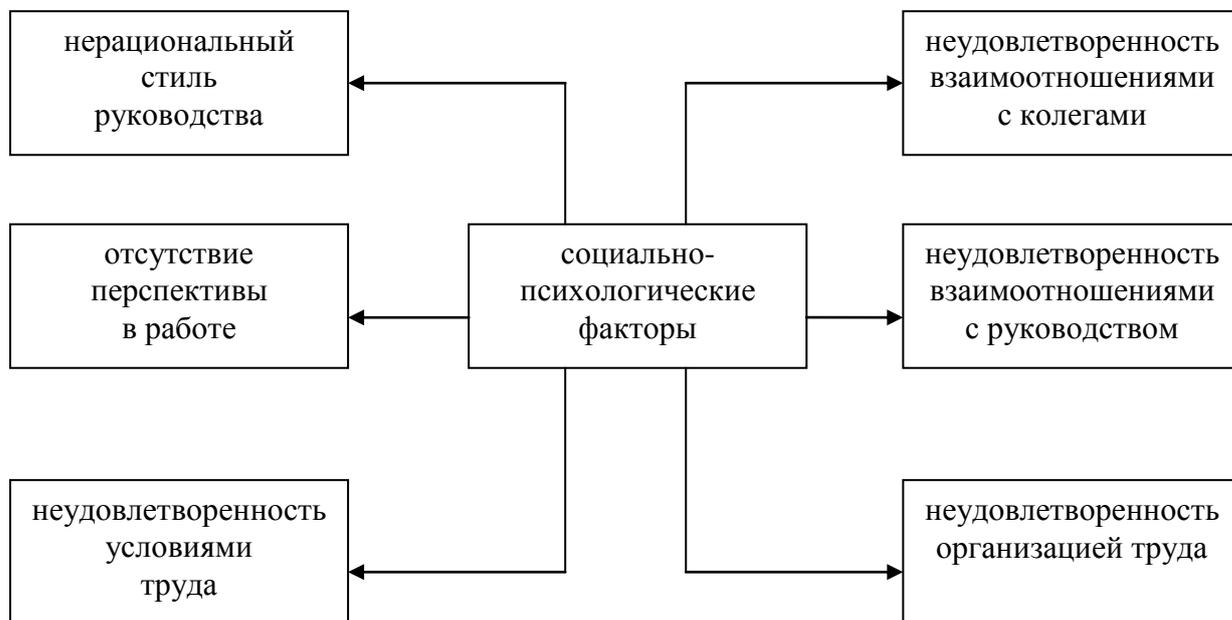


рис. 1. Варианты взаимного положения зоны опасности (О) и зоны пребывания человека (Ч):

I – безопасная ситуация; *II* – ситуация кратковременной или локальной опасности; *III* – опасная ситуация; *IV* – условная безопасная ситуация.

(0,3). Для этих зон характерны соотношения: $C > ПДК$, $I > ПДУ$ и $R > R_{дон}$. Одновременно с опасными зонами в жизненном пространстве существуют зоны деятельности (пребывания) человека. В быту – зона жилища, городская среда. В условиях производства – рабочая зона, рабочее место.

Рабочая зона – пространство высотой 2 м над уровнем пола или площадки, на которой расположено рабочее место.

Рабочее место – зона постоянной или временной (более 50% или более 2 ч непрерывно) деятельности работающего.

Варьируя взаимным расположением опасных зон и зон пребывания человека в пространстве, можно существенно влиять на решение задач по обеспечению безопасности жизнедеятельности. Различают четыре принципиальных варианта взаимного расположения зон опасности и зоны пребывания человека (рис.1).

Защита расстоянием. Полную безопасности гарантирует только *I* вариант взаимного расположения зон пребывания и действия негативных факторов – защита расстоянием, реализуемый при дистанционном управлении, наблюдении и т.п. Во *II* варианте негативное воздействие существует лишь в совмещенной части областей: если человека в этой части находится кратковременно (осмотр, мелкий ремонт и т.п.), то и негативное воздействие возможно только в этот период времени, в *III* вариант – негативное воздействие может быть реализовано в любой момент, а в *IV* варианте – только при нарушении функциональной целостности средств защиты зоны пребывания человека (как правило, средств индивидуальной защиты – (СИЗ), кабин наблюдения и т.п.).

Радикальным способом обеспечения безопасности является защита расстоянием – разведение в пространстве опасных зон пребывания человека. Разводить опасные зоны и зоны пребывания человека можно не только в пространстве, но и во времени, реализуя чередование периодов действия опасностей и периодов наблюдения за состоянием технических систем.

К сожалению, защита расстоянием не всегда возможна на практике. Часто приходится решать вопросы безопасности при иных (*IV*) вариантах взаимного расположения опасных зон и зон пребывания.

Для обеспечения безопасности человека в этих случаях используют:

- совершенствование источников опасности с целью максимального снижения значимости генерируемых ими опасностей. Это не только снижает уровни опасностей, но и, как правило, сокращает размеры опасной зоны;
- введение защитных средств (экобиозащитная техника) для изоляции зоны пребывания человека от негативных воздействий;
- применение средств индивидуальной защиты человека от опасностей.

Сокращение размеров опасных зон. При воздействии вредных факторов сокращение размеров зон должно достигаться прежде всего совершенствованием технических систем, приводящим к уменьшению выделяемых ими отходов. Для ограничения вредного воздействия на человека и среду обитания к технической системе предъявляются требования по величине выделяемых в среду токсичных веществ в виде предельно допустимых выбросов или сбросов (*ПДВ* или *ПДС*), а также по величине энергетических загрязнений в виде предельно допустимых излучений в среду обитания. Значения *ПДВ* и *ПДС* определяют расчетом, исходя из значений *ПДК* в зонах пребывания человека. Величины предельных излучений находят, исходя из предельно допустимых уровней (*ПДУ*) воздействия загрязнения и расстояния между источником излучения и зоной пребывания человека.

Уменьшение отходов систем при их эксплуатации – радикальный путь к снижению воздействия вредных факторов.

Наибольшие трудности в ограничении размеров зон воздействия травмирующих факторов возникают при эксплуатации технических систем повышенной энергоемкости (хранилищ углеводородов, химических производств, *АЭС* и т.п.). при авариях на таких объектах травмоопасные зоны охватывают, как правило, не только производственные зоны, но и зоны

пребывания населения. Основными направлениями в ограничении травмоопасности таких объектов являются:

- совершенствование систем безопасности объектов;
- дистанцирование промышленных и селитебных зон;
- активное использование защитных систем и устройств;
- непрерывный контроль источников опасности;
- достижение высокого профессионализма операторов технических систем.

Совершенство технической системы по травмоопасности оценивают величиной допустимости риска, который констатирует факт постоянного присутствия опасности травмоопасного воздействия и определяет его нормативный уровень.

Средство электробезопасности в ЭУ и на рабочем месте.

Конструкцией ЭУ и все электротехнические изделия по способу защиты человека от поражения электроном подразделены на 5 классов защиты:

0; 0I; I; II; III

Технические способы и опасность случайного прикосновения к токоведущим частям применяются:

- защитные оболочки
- защитные ограждения
- безопасное расположение токоведущих частей
- изоляция токоведущих частей рабочих мест
- малое напряжение (не более 42В)
- защитное отключение
- предупредительная сигнализация
- блокировка и знаки безопасности
- механическое запирающее устройство приводов включения ЭУ и ЭО

Отприкосновения к металлическим не токоведущим частям ЭУ и ЭО, которое может оказаться под напряжением в результате повреждения электроизоляции.

- зануление
- защитное заземление
- выравнивания потенциала
- защитное отключение
- изоляция токоведущих частей
- электрическое разделение сети
- шаговое напряжение
- средства изоляции
- применение СИЗ

Технические системы и средства защиты человека от электромагнитного поля:

- уменьшение напряженности плотности потока энергии ЭМП
- экранирование рабочих мест
- удаление рабочих мест от источника ЭМП
- рациональное размещение в цехе оборудования ЭМП
- установление рациональных режимов работы оборудования обслуживающего персонала
- применение предупредительной сигнализации
- применение С.И.З.

Технические способы и средства защиты зданий и сооружений от разрядов и воздействий атмосферного электричества:

- молниеотводы ЗУ определенных конструкций, к которым присоединяются оборудование и металлические конструкции для ограничения перенапряжений на них; от электромагнитной индукции и запаса высокого потенциала
- перемычки в местах сближения металлических коммуникаций.

К работе в ЭУ допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие инструктаж, обучение и стажировку безопасным методам труда, проверку знаний, правил ТБ, ТЭ, ПБ, а также должностных инструкций и инструкций

по охране труда – в соответствии с занимаемой должностью и присвоением соответствующей группы по электро безопасности и прошедших медосмотр.

Для безопасного проведения работ должны выполняться следующие организационные мероприятия:

- назначение лиц, ответственных за безопасное проведение работ
- выдача наряда или распоряжения
- выдача разрешения на подготовку рабочего места и на допуск
- подготовка рабочего места и допуск
- надзор при выполнении работ
- перевод бригады на другое рабочее место
- оформление перерывов в работе и ее окончания

Для подготовки рабочего места при работе, требующей снятия напряжения, должны быть выполнены в указанном порядке следующие технические мероприятия:

- проведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие ошибочному или самопроизвольному включению коммутационной аппаратуры
- вывешены запрещающие плакаты на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационной аппаратурой
- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электротоком
- установлено заземление (включены заземляющие ножи, установлены переносные заземления)
- ограждены при необходимости рабочие места или оставшиеся под напряжением токоведущие части и вывешены на ограждениях соответствующие плакаты. В зависимости от местных условий токоведущие части ограждаются до или после их заземления.

Определение тяжести труда.

Данные, характеризующие функциональное состояние человека, позволяют установить категорию тяжести труда. Эти данные могут быть

получены с помощью медицинских и технико – экономических исследований, требующих наличия определенной аппаратуры и специалистов. Для практических целей разработана сравнительно простая методика количественной оценки тяжести работы, основанная на обработке по специальной программе результатов многочисленных исследований. Методика позволяет с приемлемой для практики точностью установить категорию тяжести труда, имея представленные в отвлеченных числах – баллах данные, характеризующие условия труда.

По этой методике прежде всего выявляют биологически значимые элементы условий труда составляя “Карту условий труда на рабочем месте”.

Под биологически значимыми понимают такие элементы условий труда, которые с наибольшей вероятностью на формирование определенных реакций организма работающего человека.

При заполнении Карты следует иметь в виду, что если отдельные элементы на рабочем месте получили оценку 1 или 2 балла, то надо суммировать все элементы, включенные в Карту. Если же на рабочем месте есть элементы с оценкой 3, 4, 5 или 6 баллов, то для определения интегральной оценки следует учитывать только эти элементы.

Элементы имеющие оценку 1 или 2 балла, в этом случае принимать во внимание не нужно, так как они не оказывают существенного влияния на формирование условий труда.

Интегральную оценку тяжести труда в баллах с приемлемой тонкостью можно определить и с помощью следующего выражения:

$$I_{\tau} = (X_{\text{онп}} + \sum_{i=1}^{n-1} X_i \frac{6 - X_{\text{онп}}}{(n-1) \cdot 6}) \cdot 10$$

где I_{τ} – интегральная оценка тяжести труда на рабочем месте;

$X_{\text{онп}}$ – фактор, получивший наибольшую оценку в баллах,

$\sum_{i=1}^{n-1}$ – сумма баллов биологически значимых факторов (элементов условий труда)

без $X_{\text{онп}}$;

n-количество производственных факторов.

На рабочем месте на работающего воздействуют пять биологических значимых факторов (элементов условий труда), оцененных в 3, 3, 4, 5, 6 баллов. Все они воздействуют в течение всей рабочей смены (480 мин).

Определяем интегральную балльную оценку, а затем категорию тяжести труда:

$$\dot{E}_\tau = (6 + \frac{3+3+4+5}{5} \cdot \frac{6-6}{6}) \cdot 10 = 60$$

Категория тяжести труда – VI

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

I. Технико-экономические обоснование проекта

II. Определить объем инвестиции

- Стоимость основных фондов
- Объем инвестиции на покупку материально-производственных запасов
- Объем инвестиции на покупку малоценного инвентаря и контрольно-измерительных приборов
- Расчет заработной платы производственных рабочих

III. Определить экономическую эффективность, годовой доход

IV. Определить срок окупаемости инвестиции

1. Технико-экономическое обоснование проекта

- Цель, сущность и задачи проекта и его актуальность
- Экономическая эффективность проекта

2. Определить объем инвестиции

Нижеследующим таблице дано приведенные затраты на ВКР

Таблица 1.

Объем инвестиции на покупку материально-производственных запасов

№	Наименование материалов	Кол-во	Цена материала за единицы	НДС 20%	Стоимость материала с учетом НДС
1	Тиристоры силовые	2	25000	10000	60000
2	Микроконтроллер Atmega 8	1	8000	16000	9600
3	Резисторы	20	100	400	2400
4	Диоды силовые	4	10000	8000	48000
5	Диоды слаботочные	10	400	800	4800
6	Транзисторы	8	600	960	5760

7	Индикатор семисегментный трехзначный	1	3800	760	4560
8	Конденсаторы электролитические высоковольтные	2	5000	2000	7000
9	Конденсаторы керамические	15	200	600	3600
10	Трансформатор	1	40000	8000	48000
11	Печатная плата устройства управления	1	8000	1600	9600
12	Микросхемы драйверов управления	2	5000	2000	12000
13	Разъёмы	4	1000	800	4800
14	Прочее		10000	2000	12000
15					
16	Итого				232120 сум

Таблица 2

Объем инвестиции на покупку малоценного инвентаря и контрольно-измерительных приборов

№	Наименование	Кол-во	Цена за единицы	НДС 20%	Общая стоимость с учетом НДС
1	Отвертка	1	1500	300	1800
2	Паяльник	1	10500	2100	12600
3		1	2500	500	3000
4		1	1500	300	1800
5					
6	Итого				19200 сум

Таблица 3.

Стоимость основных фондов

№	Наименование основных фондов	Кол-во	Стоимость ОФ
1	Лаборатория	1	500000
2	Инструмент		19200
3			
4	Итого		519500 сум

Амортизационные отчисления составляет 20 % от стоимости ОФ

$$A_{отч} = 0,2 \times ОФ / 12$$

$$A_{отч} = 0,2 \times 519200 \text{ сум} / 12$$

$$A_{отч} = 8653,33 \text{ сум}$$

Затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание 12% от стоимости
ОФ

$$P_m = 12\% \times ОФ / 12$$

$$P_m = 0,12 \times 519200 / 12$$

$$P_m = 5192 \text{ сум}$$

Таблица 4

Расчет заработной платы производственных рабочих

№	Наименование операции	Исполнители	Продолжительность	Среднедневная ставка	Стоимость выполненных
1	Выбор теми на разработку	СНС	1	15000	15000
2	Изучение и анализ литератур по теме	МНС	2	7050	14100
3	Разработка интерфейса программы	МНС	2	7050	14100
4	Занесения плана лекции	МНС	3	7050	21150
5	Отладка программы	МНС	1	7050	7050

6	Тестирования комплекс программы	МНС	2	7050	14100
7	Выявление ошибок	МНС	2	7050	14100
8	Исправление ошибок	МНС	2	7050	14100
9	Экономическая часть	МНС	2	7050	14100
		СНС	1	15000	15000
10	Охрана труда	МНС	2	7050	14100
		СНС	1	15000	15000
11	Разработка пояснительной записки	МНС	1	7050	7050
12	Рецензирование	СНС	1	15000	15000
13	Оформление и защита дипломного проекта	МНС	1	7050	7050
	Итого		24		201000

Основная заработная плата определяется как сумма оплаты труда всех рабочих и премии в размере 40 %

$$Z_{осн} = COT \times 0,4 + COT$$

$$Z_{осн} = 201000 \times 1,4$$

$$Z_{осн} = 281400 \text{ сум}$$

Дополнительной заработной платы производственных рабочих берется 10 % от основного З/п

$$Z_{д} = K_{д} \times Z_{осн}$$

$$Z_{д} = 0,1 \times 281400$$

$$Z_{д} = 28140 \text{ сум}$$

Фонд оплаты труда определяется как сумму основной и дополнительной заработной платы

$$\Phi OT = Z_{осн} + Z_{д}$$

$$\Phi OT = 281400 + 28140$$

$$\Phi OT = 309540 \text{ сум}$$

Затраты на социальной страхование рассчитывается 25% от ФОТ

$$Ofcc=25\% \times \Phi OT$$

$$Ofcc=0,25 \times 309540$$

$$Ofcc=77385 \text{ сум}$$

Транспортные расходы рассчитывается 20% от Зосн

$$Ptr=0,2 \times Зосн$$

$$Ptr=0,2 \times 281400$$

$$Ptr=56280 \text{ сум}$$

Расход пара на производственные нужды

Длина – 8 м

Ширина -5 м

$$V = \text{длина} \times \text{ширина}$$

$$V = 8 \times 5 = 40 \text{ м}^2$$

$$V = 40 \times 663,05 = 26522 \text{ сум}$$

Расходы на электроэнергии определяются по формуле

$$W = N * T * S$$

N –установленная мощность, кВт

T –время работы

S- стоимость электроэнергии за кВт

$$W = 0,7 \times 144 \times 112,2$$

Объем инвестиции определяется по формуле

$$K = МПЗ + \Phi OT + Aof + \sum P$$

$$K = 23212 + 309540 + 8653,33 + 99303,76 = 440709,09 \text{ сум}$$

Таблица 5

Смета затрат на проведение разработки

№	Наименование статьей затрат	Сумма
1	Стоимость выполненных работ	659561,5
2	Затраты на производство	507355

3	Производственная себестоимость	476401
4	Расходы периода	30954
5	Материальные затраты	61043,76
6	Сырьё	23212
7	Электроэнергия +отопления	37831,76
8	ФОТ	309540
9	Социальное страхование	77385
10	Амортизация	8653,33
11	Прочие затраты I	19778,91
12	Основная заработная плата	201000

Таблица 6.

Расчет экономической эффективности выполненных работ

№	Наименование показателей	Ед.изм ерения	сумма	Примечание
1	Стоимость выполненных работ	Сум	659561,5	Таблица
2	Затраты на производство	Сум	507355	Таблица
3	Инвестиции	Сум	440709,99	Формула
4	Экономическая эффективность	Сум	152206,5	Формула
5	Срок окупаемость	Месяц	2,9	Формула
6	рентабельность	%	34,5	Формула

Экономическую эффективность определим по формуле

$$Э=(C1-C2) \times Q$$

$$C1= C2 \times 1,3$$

C1 и C2 –себестоимость до и после

Q - объём производство

$$\Theta = (659561,5 - 507355) \cdot 1$$

$$\Theta = 152206,5 \text{ сум}$$

Рентабельность определим по формуле

$$R = \frac{Y \times 100\%}{K}$$

$$R = \frac{152206,5 \times 100\%}{440709,99}$$

$$R = 34,5\%$$

Определяем срок окупаемости

$$Tok = \frac{K}{\Theta}$$

Э - экономическая эффективность

К - капитал

$$Tok = \frac{440709,99}{152206,5}$$

$$Tok = 2,89 \approx 2,9$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Найвелът Г.С. И др. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры, М.: Радио и связь, 1985г.
2. Букреев С.С. Головацкий Г.Н. Источники вторичного электропитания, М.: Радио и связь, 1983г.
3. Костиков В.Г., Парфенов Е.М., Шахнов В.А. Источники электропитания электронных средств, М.: Горячая линия – Телеком, 2001г.
4. Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel.-М.: ИП Радиософт, 2002 – 176 с.: ил.
5. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! Т.1. – М.:ООО ” ИД СКИМЕН”, 2002. – 336 с., илл.
6. Костиков В.Г., Парфенов Е.М., Шахнов В.А. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: Учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 344 с.: ил.
7. Перельман Б.Л. Полупроводниковые приборы. Справочник – “Солон”, “Микротех”, 1996 г. –176 с.: ил.
8. В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. Электроника. М.: Высшая школа. 1991. 622 с.
9. Г.Д. Фрумкин. Расчёт и конструирование радиоэлектронной аппаратуры. М. Высшая школа. 1985. 287 с.
10. О. Қудратов, Ғ. Ёрматов ва бошқалар. “Хаёт фаолияти хавфсизлиги”. Т.:Мехнат, 2006.
11. Козяков А.Ф. , Морозова Л.Л. Охрана труда в машиностроении – Москва.: 1990.
12. О.Русак, К. Молфян, Н. Занька. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие – Санкт-Петербург. 2000.
13. <http://www.kit-e.ru/assets/images/0601/56p1.png>
14. http://www.onfi.org/docs/ONFI_1_0_Gold.pdf
15. ↑ <http://www.onfi.org/onfimembers.html>

16. www.tarefer.ru
17. www.wikipediya.ru
18. www.ziyonet.ru
19. www.ref.uz