4. Разработка однофазного мостового полупроводникового выпрямителя электрической энергии с системой управления.

4.1. Исходные данные и основные расчетные соотношения.

В соответствии с техническим заданием, необходимо спроектировать однофазный мостовой симметрично управляемый выпрямитель с системой управления. Исходными данными к расчету выпрямителя являются:

напряжение питания: Uc=127 В;

напряжение на нагрузке: Ucp=80 В;

ток нагрузки: Icp=40 А;

глубина регулирования: Д=10;

 Параметры источника питания: выходное напряжение: Eк=20В ;ток нагрузки: Iн=0.2А; коэффициент стабилизации: Kст=50;

 Исходные данные к расчету системы импульсно-фазового управления тиристорными преобразователями (СИФУ): напряжение питания: Uc=220В;

напряжение управления: Uу=0..10В;

 На рис. 4.1. представлена принципиальная электрическая схема однофазного мостового симметрично управляемого выпрямителя.

 

Рис.4.1. Принципиальная электрическая схема однофазного мостового симметрично управляемого выпрямителя.

На рис.4.2. представлены временные диаграммы работы данной схемы.

В данной схеме работает в каждый момент времени попарно VS1 и VS4 в положительные полупериоды, VS2 и VS3 в отрицательные. СУ вентилями должна формировать импульсы VS1 и VS2 в положительные полупериоды. Когда тиристоры закрыты, то к ним прикладывается половина напряжения питания.

Пусть в момент времени  подаются отпирающие импульсы на вентили VS1 и VS4, открываются VS1 и VS4 и через них по нагрузке начинает протекать ток.

В момент времени , напряжение сети меняет свой знак, и к тиристорам VS1 и VS4 прикладывается обратное напряжение и они закрываются.

При  подаются отпирающие импульсы на VS2 и VS3, тиристры открываются и процесс идет аналогично.



Рис.4.2. Временные диаграммы работы схемы.

Основные расчетные соотношения:

Среднее выпрямленное напряжение:







Среднее значение тока в вентиле:

 (4.1)

Действующее значение тока вентиля:

 (4.2)

Максимальное прямое и обратное напряжение:



Коэффициент схемы по ЭДС для симметрично управляемого преобразователя



Полная мощность первичной и вторичной обмотки трансформатора:

,

,

,

- коэффициент схемы по мощности (),

- постоянная составляющая мощности.



-постоянная составляющая выпрямленного напряжения и тока.

Коэффициент формы тока:



Коэффициент мощности потребления:



Действующее значение тока трансформатора:

 (4.3)



Ктр - коэффициент трансформации

4.2. Выбор силовых полупроводниковых приборов

## 4.2.1 Выбор вентилей по току.

Рассчитаем номинальный, действующий и средний токи в тиристорах по формуле (4.1):

для двигателя 2ПБ132МУХЛ4 в справочнике [2] находим:

-КПД: ;

Мощность двигателя: ;

Напряжение: ;

Момент инерции: ;

Частота вращения:а) номинальная ;

б) максимальная ;

Сопротивление обмотки при :

а) сопротивление якоря ;

б) сопротивление добавочных полюсов: ;

в) сопротивление обмотки возбуждения: ;

Индуктивность цепи якоря: .

Тогда номинальный ток в нагрузке равен:

 (4.4)

Среднее значение тока в вентиле;



Действующее значение тока вентиля;



Коэффициент формы тока



Из соотношения (4.2) выбираем тиристор по току:

 (4.5)

- коэффициент запаса, учитывающий отклонение режима работы и условия охлаждения от номинальных, = (0,8-1,2).

Так как kфi<1,57 (условия по нагреву током легче), а максимальная температура воздуха по условию равна Та=100 С (условия по отводу тепла лучше), следовательно при улучшении условий работы (<1), принимаем .

 коэффициент запаса по току, , принимаем ;

 = 0,85\*1,85\*10,3 = 16,2 A.

Из [3] выбираем тиристоры типа: Т122-20 с охладителем О221, у которых при естественном охлаждении и Та =400С, ITAV =14А

где Т-тиристоры низкочастотные;

1- порядковый номер модификации, указывающий на то, что в одном и том же корпусе прибора смонтированы выпрямительные элементы различного диаметра;

- типоразмер корпуса (штыревой).

- максимально допустимый средний ток в открытом состоянии 20А;

Выбираем характеризующие параметры тиристора [3]:

Та - температура окружающей среды, принимаем Та =10 0С;

ITAV - допустимый средний ток, (ITAV =20А);

Uт(то)- пороговое напряжение, принимаем Uт(то)=1 В;

rт - дифференциальное сопротивление в открытом состоянии, принимаем rт = 1,2-2Ом;

Tjm- максимально допустимая температура перехода, принимаем Tjm=125’C;

Rthja- установившееся тепловое сопротивление переход-среда;

Rthja=3,9’С/Вт,

Для выбранного тиристора рассчитываем максимально допустимый средний ток при заданных условиях работы и охлаждения.

Расчет производим по формуле (4.6):

 (4.6)

Максимально допустимый средний ток при заданных условиях работы и охлаждения будет равен:

,

Так как выполняется условие (4.4), а именно:





выбранный тиристор по току подходит. Окончательно тип выбранных тиристоров Т122-20-6.

# 4.2.2. Расчет и выбор элементов пассивной защиты силовых приборов от аварийных токов и пренапряжений.

Защитные RC цепочки предназначены для ограничения скорости нарастания напряжения и снижения перенапряжений на вентилях схемы, используются RC-цепочки, которые включаются как показано на рисунке 4.3.

 

 Рис. 4.3. Схема защитной R-C цепочки

Защитные RC цепочки предназначены для ограничения скорости наростания напряжения на вентилях и снижения перенапряжений на вентилях схемы.

Параметры RC-цепочек определим на основании опытных данных:

R=100 Ом

С=0,3 мкФ

Мощность резистора определим по формуле:





 В,

А,

с.

 - максимальное значение обратного напряжения на вентиле;

 - максимальное значение обратного тока вентиля;

 - угловая частота питающей сети.

 По рассчитанным характеристикам выбираем из [3] :

конденсатор C: К75-12-600В-0,3мкФ

резистор R:МЛТ-1-0.1кОм

4.2.3. Расчет и выбор анодного реактора.

Анодный реактор применяется для ограничения тока короткого замыкания на уровне не превышающем ударный ток прибора.

Значение ударного неповторяющегося прямого тока тиристора 0.3 кA - для тиристоров (VS1-VS4) [ 3 ];

Индуктивность анодного реактора определяем по формуле (4.7):

, (4.7)

где КП - коэффициент, учитывающий наличие свободной составляющей в токе короткого замыкания, КП=1,6…2,0;

Принимаем КП=1,6- количество реакторов, ограничивающих ток короткого замыкания, т.к. однофазная схема, принимаем n=1;

 мГн,

Выбирам реактор ДФ-7 со следующими номинальными данными [3]: LАРн=10 мГн, IН=50 А.

ар= Ом

 А,

что меньше чем ITSM. Следовательно условие выполняется и анодный реактор подобран правильно.

4.2.4. Выбор сглаживающего дросселя.

Сглаживающий дроссель выбирается исходя из ограничения зоны прерывистых токов и проверяется по пульсациям переменной составляющей тока нагрузки.

Определяем требуемую постоянную времени электрической цепи исходя из условий ограничения зоны прерывистого тока:

, (4.8)

где - постоянный коэффициент однофазной симметрично управляемой схемы выпрямления ;

- максимальное значение относительного граничного тока зоны прерывистого тока,

, (4.9)

где Iгр.max- абсолютное наибольшее значение граничного тока, которое должно быть меньше тока холостого хода, Iгр.max=(0,1…0,8)Iн

Принимаю Iгр.max=0,8\*Iн ,

Iгр.max=0,8\*20=16 А,Б- базовое значение тока,

;

- максимальное значение анодного напряжения,

,

П- активное сопротивление якорной цепи, ; Rя- сопротивление якоря двигателя, Rя= 0,72 Ом; [2]; Rр.- активное сопротивление анодного реактора; Rсп.- активное сопротивление силового преобразователя, учитывающее падение напряжения на вентилях и проводах. ;

 Ом,

 Ом,

 А,

Определим требуемую постоянную времени электрической цепи по формулам (4.8) и (4.9):

А,

 с,

Определяем требуемую индуктивность якорной цепи и требуемую индуктивность сглаживающего дросселя:

 , (4.10)

 Гн,

, (4.11)

где Lя- индуктивность якоря двигателя, Lя= 7,9 мГн [3].

 Гн.

Выбираем дроссель из справочника [4] со следующими номинальными параметрами: Iн др=20А, Lн=62,5мГн, 

Активное сопротивление дросселя

, (2.18)

Ом,

Индуктивность якорной цепи:

,

 Гн,

Активное сопротивление якорной цепи в режиме непрерывного тока:

,

где: -коммутационное сопротивление, обусловленное углом перекрытия анодов;пульсность схемы, m=2;индуктивное сопротивление анодного реактора, :

.





Активное сопротивление якорной цепи в режиме прерывистого тока:





Действующее значение переменной составляющей тока нагрузки при номинальном моменте двигателя

, (4.12)

Где Е0 -условия ЭДС холостого хода преобразователя; 



,

 условие выполняется

Коэффициент пульсаций тока:

, (4.13)

,

Коэффициент формы тока нагрузки:

, (4.14)

.

Коэффициент использования двигателя по току:

. (4.15)

.

Таким образом выбранный дроссель удовлетворяет поставленным требованиям.

5. Системы управления вентилями преобразователей и формирование требований к системе управления проектируемого выпрямителя.

В зависимости от того, в одном или нескольких каналах вырабатываются управляющие импульсы для каждого вентиля преобразователя, различают одноканальные и многоканальные системы управления, а в зависимости от принципа изменения фазы управляющего импульса - горизонтальные, вертикальные и цифровые системы. Кроме того системы могут быть синхронными и асинхронными.

 Системы импульсно-фазового управления тиристорными преобразователями (СИФУ) должны удовлетворять ряду специфических требований, которые можно разделить на две группы:
1. Требования, относящиеся к управляющему импульсу.
2. Требования, обусловленные схемой выпрямления и используемыми режимами тиристорных преобразователей.  Для надежного открывания тиристора на его управляющий электрод нужно подать импульс определенной полярности и длительности. Для надежного открывания любого тиристора данной серии применяемая СИФУ должна обеспечить ток и напряжение управления, превышающие наибольший ток и напряжение управления, указываемые для тиристоров данной серии. Кроме того, мощность потерь, выделяющихся в цепи управляющий электрод — катод также ограничивается максимально допустимым значением.
Минимальная длительность управляющего импульса должна быть больше времени включения тиристора, а за время существования импульса ток в анодной цепи тиристора должен успеть вырасти до уровня тока удержания.
Крутизна переднего фронта напряжения управляющего импульса должна быть достаточной для обеспечения быстрого нарастания тока управления, четкого отпирания тиристора и уменьшения потерь при включении. При малой крутизне из-за различия параметров цепей управления тиристоров в многофазных схемах может появиться асимметрия выпрямленного напряжения.
 Особенно высоки требования к крутизне управляющих импульсов при последовательном и параллельном соединении тиристоров, так как недостаточная крутизна приводит к их неодновременному открыванию. При параллельном соединении это приводит к кратковременной перегрузке тиристора, который открывается раньше, а при последовательном соединении все анодное напряжение может быть приложено к тиристору, открывающемуся последним. В обоих случаях неодновременное открывание тиристоров может привести к выходу их из строя.
Обычно управляющий импульс формируется с крутизной переднего фронта 0,2 — 2 А/мкс. При последовательном и параллельном соединении тиристоров крутизну следует выбрать ближе к верхнему пределу.
 Необходимый максимальный диапазон регулирования угла а для тиристорного преобразователя, работающего как в выпрямительном, так и инверторном режимах теоретически составляет 180°. Однако максимальный угол регулирования из-за возможности опрокидывания инвертора ограничивается 150—160°.  СИФУ должна обеспечивать симметрию управляющих импульсов по фазам. Асимметрия вызывает неравномерную нагрузку тиристоров из-за различной продолжительности их работы и приводит к ухудшению условий работы питающего трансформатора и сглаживающего дросселя. Допустимая величина асимметрии управляющих импульсов не более 3°. Быстродействие системы управления тиристорными преобразователями является одним из важнейших ее показателей. С целью достижения максимального быстродействия преобразователя СИФУ выполняются практически безынерционными.  Наиболее распространенными являются многоканальные синхронные системы управления тиристорными преобразователями, построенные по вертикальному принципу. В синхронных СИФУ отсчет угла a выполняется от моментов естественного отпирания для каждого плеча моста (или для каждой пары противофазных плеч). Синхронизация с питающей сетью заключается в том, что управляющие импульсы для каждого тиристора тиристорного преобразователя генерируются в диапазоне, жестко связанном с периодичностью повторения анодного напряжения. Особенностью многоканальных СИФУ является то, что формирование и фазовый сдвиг импульсов осуществляется в отдельном канале для каждого вентильного плеча многофазного тиристорного преобразователя.
 Функциональная схема одного канала СИФУ показана на рис. 5.1. Каждый канал, как правило, содержит фазодвигающееся устройство ФСУ и формирователь импульсов ФИ. Фазосдвигающее устройство, в свою очередь, содержит устройство синхронизации с сетью С, генератор развертки ГР и пороговое устройство (нуль-орган) НО. На вход НО подается кроме опорного напряжения сигнал управления тиристорного преобразователя Ur В общем случае напряжение *U*может подаваться через специальное входное устройство, осуществляющее согласование параметров сигнала управления тиристорного преобразователя со входом СИФУ.


 Рис. 5.1. Функциональная схема одного канала СИФУ

 В момент равенства опорного напряжения и напряжения управления *U*пороговое устройство переключается, и формирователь импульсов ФИ в этот же момент времени выдает управляющий импульс. Все перечисленные элементы могут иметь различное исполнение и отличаться по принципу работы. В СИФУ используют два вида опорных напряжений: линейно изменяющееся во времени и косинусоидальное. В последнем случае при соответствующей фазировке напряжения развертки относительно моментов естественной коммутации тиристоров результирующая регулировочная характеристика тиристорного преобразователя получается линейной *Ud*= *KUr.*
В многофазных системах число каналов СИФУ соответствует числу фаз тиристорного преобразователя. Работа каждого канала синхронизируется с соответствующей фазой напряжения сети. Для обеспечения симметрии работы системы управления узел введения сигнала управления тиристорного преобразователя *U****у***выполняется общим для всех каналов.
Достоинством многоканальных СИФУ является простота структурной схемы.
Основной недостаток — необходимость подстройки каналов с целью их симметрирования. Асимметрия импульсов по каналам Да на практике составляет 2^3°. Недостатком также являются повышенные аппаратурные затраты, увеличивающиеся пропорционально числу каналов.
 Для формирования СИФУ в настоящее время широко используются серийно выпускаемые интегральные микросхемы общего применения (например, операционные усилители серии К553УД2, логические интегральные микросхемы серии К511, гибридные интегральные микросхемы и др.).

Таким образом СИФУ предназначена для выполнения 2 функций:

1. Определение моментов времени, в которые должны быть включены те или иные вентили.

Эти моменты задаются величиной характеристики управления, которые подаются на вход СИФУ и выдают значения выходных параметров преобразователя.

 Формирование напряжения управления рассматривает наука ТАУ ( теория автоматического управления ).

1. Формирование открывающих импульсов, передаваемых в нужные моменты времени на управляющие электроды тиристоров, имеющих достаточную амплитуду, мощность и длительность.

Для выполнения этих функций СИФУ должна содержать 2 основных блока:

* фазосдвигающее устройство;
* выходной формирователь; определяется в соответствии с параметрами тиристоров

Вертикальный метод управления.

Принцип вертикального управления состоит в том, что на входе формирователя импульсов производится сравнение переменного (опорного) и регулируемого постоянного напряжений. Последнее является напряжением управления Uу. В момент равенства этих двух напряжений формируется управляющий импульс. Изменяя значение постоянного напряжения, можно получить сдвиг управляющего импульса по фазе относительно анодного напряжения.

Функциональная схема одного канала такой системы приведена на рисунок 5.1. В систему входят фазосдвигающее устройство ФСУ и формирователь импульсов ФИ. Фазосдвигающее устройство, в свою очередь, содержит генератор опорного напряжения ГОН и нуль-орган НО.

На вход нуль-органа (вход СИФУ) подается кроме опорного напряжения Uу также внешнее напряжение управления Uу.

В общем случае напряжение Uу может подаваться через специальное входное устройство, осуществляющее согласование параметров сигнала управления со входом СИФУ. Опорное напряжение может быть синусоидальным на рабочем участке или пилообразным.

Мощность сигналов на выходе нуль-органа недостаточна для непосредственного управления тиристорами. Поэтому далее используются усилитель формирователь для усиления сигнала по мощности и формирования импульса с необходимой скоростью нарастания фронта.

Горизонтальный метод управления.

При горизонтальном управлении управляющий импульс формируется в момент перехода синусоидального напряжения через нуль, а изменение его фазы обеспечивается изменением фазы синусоидального напряжения, то есть смещение этого напряжения по горизонтали.

На рисунке 5.2. приведена структурная схема одного канала многоканальной системы управления, использующей горизонтальное управление. Принцип работы системы заключается в следующем. Генератор переменного напряжения ГПН вырабатывает синусоидальное напряжение, находящееся в определенном фазовом соотношении с анодным напряжением тиристора данного канала. С выхода мостового фазовращающего устройства МФУ сдвинутое по фазе напряжение поступает на формирователь импульсов ФИ, где в момент перехода синусоиды через нуль формируется выходной ток.



Рис. 5.2. Структурная схема одного канала многоканальной системы управления, использующей горизонтальное управление.

 Функциональная схема СИФУ, разработанная на основе структурной схемы, показана на рисунке 5.3., а временные диаграммы ее работы на рисунке 5.4.

 

 Рис. 5.3. Функциональная схема СИФУ



Рис. 5.4. Диаграммы работы СИФУ

Источник синхронизирующего напряжения (ИСН) может быть выполнен с использованием трансформатора либо оптоэлектронной развязки. Компараторы К1 и К2 формируют на своих выходах прямоугольные разрешающие сигналы Uр1 и Uр2 , соответствующие положительным и отрицательным полупериодам питающего напряжения. Эти сигналы используются в дальнейшем в РИ для разделения импульсов управления по тиристорам VS1 и VS2.Одновибраторы ОВ1 и ОВ2 по фронту “0”/”1” сигналов Uр1 и Uр2 формируют на своих выходах короткие (до 50 мкс) импульсы, которые суммируются на элементе “2ИЛИ-НЕ”.Выходной сигнал УС Uсинх. представляет собой последовательность коротких импульсов с f=100 Гц, строго синхронизированных с сетевым напряжением и соответствующих точкам естественного открывания тиристоров VS1 иVS2. ГРН представляет собой интегратор И со сбросом. При отсутствии импульса Uсинх. ключ Кл закрыт, и напряжение на выходе интегратора Uп нарастает по линейному закону. При поступлении импульса Uсинх. ключ Кл открывается и интегратор сбрасывается в ноль. Пилообразное напряжение Uп подается на вход НО, где происходит сравнение трех сигналов: напряжения управления (Uу), напряжения смещения (Uсм) и напряжения ГРН (Uп). Uу формируется САУ электроприводом. Uсм определяет максимальный угол открывания, т.е. минимальное напряжение на якоре двигателя. В момент равенства сигналов Uп и Uсм -Uу компаратор К3 меняет свое выходное состояние. По фронту сигнала Uн0 одновибратор ОВ3 формирует импульсы открывания тиристоров по длительности (до четырех эл. градусов), т.е. управление тиристорами осуществляется “узкими” импульсами (чтобы не насыщался импульсный трансформатор TVи).При управлении тиристорами СБ “широкими” импульсами, для исключения насыщения TVи открывающие импульсы UGT1 и UGT2 заполняют сигналом высокой частоты (до 10 кГц) с помощью ГВЧ (генератора высокочастотного заполнения). РИ, выполненный на элементах “2И”, осуществляет разделение импульсов UGT, соответствующих требуемому углу , на импульсы UGT1 и UGT2 для управления соответственно тиристорами VS1 и VS2.Эти маломощные импульсы подаются на усилители импульсов (УИ) и через импульсные трансформаторы TVи1 и TVи2 на управляющие электроды соответствующих тиристоров VS1 и VS2.

 6. Выбор элементной базы.

В ходе проектирования системы управления в схеме будут использоваться аналоговые интегральные микросхемы типа К140УД7 [5]. Напряжение питания этой ИМС составляет 15В.

Схема одновибратора будет содержать в себе ИМС типа КР1533АГ3.

Импульсный трансформатор в выходном формирователе используется серии МИТ 12В 5. Также будем использовать логическую ИМС КР1533ЛЕ1 и операционный усилитель К140УД7.

Технические характеристики К140УД7:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Напряжение питания | 15 В 10% |
| 2 | Диапазон синфазных входных напряжений при Uп= 15 В | 12 В |
| 3 | Максимальное выходное напряжение при Uп= 15 В, Uвх= 0,1 В, Rн = 2 кОм10,5 В |  |
| 4 | Напряжение смещения нуля при Uп= 15 В, Rн = 2 кОм К140УД7, КР140УД7, КР140УД708 не более 9 мВ |  |
| 5 | Входной ток при Uп= 15 В, Rн = 2 кОм | не более 400 нА |
| 6 | Разность входных токов при Uп= 15 В, Rн = 2 кОм | не более 200 нА |
| 7 | Ток потребления при Uп= 15 В, Rн = 2 кОм | не более 3,5 мА |
| 8 | Коэффициент усиления напряжения К140УД7, КР140УД7, КР140УД708 |  не менее 30000 |
| 9 | Входное сопротивление | не менее 400 кОм |

Сдвоенный одновибратор серии К1561АГ1 с параметрами:

Напряжение питания =15В

Выходное напряжение =1,5 В; Входной ток нуля =2,4 мA

Выходное напряжение =13 В; Входной ток единицы =2,4 мA



Рис. 6.1. Микросхема К1561АГ1

Назначения выходов микросхемы К1561АГ1:

 1,2,14,15 - таймирующие выходы; 4,5,12,11 - входы сигнала;

 3,13 - сброс; 6,10 - выход; 7,9 - инвертирующий выход

 8 - +U питания; 16 - -U питания.

В качестве распределителя импульсов РИ используем микросхему серии К1561ЛЕ5 на четырех логических элементах 2ИЛИ-НЕ с параметрами:

 Напряжение питания =15В

 Выходное напряжение нуля =0.3 В

 Выходное напряжение единицы=2,7 В

 Входной ток нуля =0,02 мA

 Входной ток единицы =-0,4 мA

 Потребляемый ток единицы =12 мА;

 Потребляемый ток нуля =2 мА;

Источник синхронизирующего напряжения выполняем на одноканальной оптопаре АОТ128Д псараметрами:

 Входной ток 40 мА

 Максимальный входной импульсный ток 100 мА

 Максимальное напряжение коммутации 50 В

 Максимальный выходной постоянный 32 мА

 Рабочий диапазон температур -40…85°С

 

 Рис.6.2. Оптопара АОТ128Д

7. Проектирование принципиальной схемы, расчет электрических параметров.

7.1 Расчет устройства синхронизации.

Устройство синхронизации обеспечивает гальваническую развязку системы управления с сетью, отмечает моменты перехода через нуль сетевого напряжения. Принципиальная схема устройства синхронизации представлена на рис.7.1.



 Рис.7.1. Устройство синхронизации.

###  Выбираем конденсатор [4]: К73-17-1.0мкф-400в, 5%. Рассчитываем сопротивление.

 (7.1)

 (7.2)

Выбираем к установке транзистор КТ503А [8], который имеет следующие параметры: , ,  и оптопару АОТ 128А со следующими параметрами:



 (7.3)







 (7.4)



 (7.5)







Выбираем следующие резисторы [5]:

1: ТВО-5-1,8кОм5%

R2: ОМЛТ-0,125-1,8МОм5%

R3: ОМЛТ-0,125-510Ом5%

R4: ОМЛТ-0,125-100кОм5%

R5: ОМЛТ-1-10кОм5%

## 7.2 Расчет генератора пилообразного напряжения.



Рис 7.2.Принципиальная схема ГПН.

Диаграмма работы ГПН



 Рис 7.3.Диаграмма работы ГПН.

Исходные данные для расчета:



,, .

 (7.6)

(так как ),

.

принимаем  и С=20 нФ.

100 кОм,



Для расчета резистивного делителя запишем систему уравнений:

 (7.7)

Принимаем R8=10 кОм , R9=3 кОм , R19=2 кОм , чтобы на инвертирующем входе было 5В а на неинвертирующем 2В.

Рассчитываем потери мощности в резисторах:

,





.

Принимаем:

R8: ОМЛТ-0,125-10кОм5%,

R9: ОМЛТ-0,125-3кОм5%,

R19: ОМЛТ-0,125-2кОм5%,

R10: ОМЛТ-0,125-100кОм5%.

Осуществим выбор транзистора VT1, который служит для разряда конденсатора. Выбор транзистора осуществим по двум соотношениям:

1. ,

2. (7.8)

Ток при разряде конденсатора:

 (7.9)

,

,

В.

Из справочника [6] выбираем транзистор КТ3107Л

7.3. Расчет компаратора.

Компаратор осуществляет преобразование Uу в фазовый сдвиг - угол открывания. Схема компаратора представлена на рис.7.4.

 

 Рис.7.4. Схема компаратора

Диаграммы работы компаратора представлены на рис.7.5.



Рис.7.5. Диаграммы работы компаратора.

Для момента времени, при котором производится равенство напряжения, для входной цепи компаратора можно записать:



Принимаем , тогда

.

При Uу=0 угол открывания , а . Тогда 

- сдвиг фазы напряжения на УС.

.

Чтобы сформировать такое напряжение смещения воспользуемся делителем напряжения из резисторов R13=12 кОм и R14=3.3 кОм.

Определим максимальное и минимальное Uу по формуле:

; (7.10)

. (7.11)

Чтобы сформировать Uy возьмём потенциометр на R43=2кОм и резистор R42 рассчитаем

 кОм.

Выбираем резисторы R16, R12, R15: МЛТ - 0,125 - 100кОм10%.

43: 3540S-1-202L, R42: МЛТ - 0,125 - 13кОм5%

7.4. Расчет одновибратора.

Схема одновибратора представлена на рис.7.6.

 

 Рис.7.6. Схема одновибратора.

Диаграммы работы одновибратора представлены на рис.7.7.



Рис.7.7. Диаграммы работы одновибратора.

Расчет длительности импульса производится по формуле [5]:

. (7.12)

Зададимся емкостью конденсатора C2,С3: К73-17-0.01 мкф-630в 5%

Тогда из формулы (7.12) выражается сопротивление:

.

Выбираем резистор R6 /7/: ОМЛТ-0,125-5.1 кОм5%.

7.5. Расчет выходного формирователя.

Выходной формирователь помимо усиления по мощности импульсов управления осуществляют также потенциальную развязку силовой части преобразователя от системы управления. Схема выходного формирователя представлена на рис.7.8.



Рис.7.8. Схема выходного формирователя.

Из справочника /2/ для тиристора Т122-20 выписываем следующие параметры:



Определяем  при снижении на 15% напряжения питания:

. (7.13)

Находим  при максимальном внутреннем сопротивлении, увеличение которого на 5% вызвано разбросом параметров и сопротивлений элементов:

. (7.14)

Определяем номинальные значения величин:

; (7.15)

. (7.16)

Номинальное внутреннее сопротивление источника:

. (7.17)

Находим  и  с учетом возможного повышения напряжения на 10% и уменьшения внутреннего сопротивления источника на 5%.

; (7.18)

. (7.20)

Выбираем импульсный трансформатор МИТ 12В и транзистор КТ972А со следующими данными:

сопротивление обмоток .



Находим номинальное сопротивление источника питания:

. (7.21)

Принимаем 8 В.

; (7.22)

; (7.23)

. (7.24)

Из справочника . Условие  выполняется.

 По данным расчетов выбираем диоды VD3, VD4 - КД202Р;

R18 принимаем 100 Ом, МЛТ 100 Ом 1Вт, (5%); С5=0,1 мкФ К73-17-0.1 мкф-400в, 5%. Резистор R26: МЛТ 1 кОм 1Вт.

В таблице 7.1. приведен перечень элементов используемых при разработке и изготовления однофазного мостового полупроводникового выпрямителя.

Таблица 7.1. Перечень элементов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Поз. обозначение | Наименование | Кол | Примечание |
|  |  |  |  |
|  | Трансформатор |  |  |
|  |  |  |  |
| TV1…TV2 | МИТ 12В | 2 |  |
|  |  |  |  |
|  | Микросхемы |  |  |
|  |  |  |  |
| DD2...DD3 | КР1533АГ3 | 2 |  |
| DA2...DA3 | К140УД7 | 2 |  |
|  |  |  |  |
|  | Диоды |  |  |
|  |  |  |  |
| VD1,VD5 | КД510А | 2 |  |
| VD7…VD11,VD4 | КД202Р | 6 |  |
|  |  |  |  |
|  | Тиристоры |  |  |
|  |  |  |  |
| VS1...VS4 | Т122-20 | 4 |  |
|  |  |  |  |
|  | Транзисторы |  |  |
|  |  |  |  |
| VT1 | 2Т201А | 1 |  |
| VT3,VT4 | КТ972А | 2 |  |
| VT2 | КТ3107Л | 1 |  |
|  |  |  |  |
|  | Конденсаторы |  |  |
|  |  |  |  |
| C1 | К73-17-1.0мкф-400в, 5% | 1 |  |
| С6, С11, С7…С10 | К73-17-0.1 мкф-400в, 5% | 6 |  |
| С2, С3 | К73-17-0.01 мкф-630в, 5% | 2 |  |
| C4 | К73-17-0.022мкф-400в, 5% | 1 |  |
|  |  |  |  |
|  | Резисторы |  |  |
|  |  |  |  |
| R1 | ТВО-5-1,8кОм5% | 1 |  |
| R2 | ОМЛТ-0,125-1,8МОм5% | 1 |  |
| R3,R31,R32,R35,R36 | ОМЛТ-0,125-510 Ом5% | 5 |  |
| R4,R10,R16,R12,R15 | ОМЛТ-0,125-100 кОм5% | 5 |  |
| R5,R8 | ОМЛТ-0,125-10 кОм5% | 2 |  |
| R6,R7,R24,R64 | ОМЛТ-0,125-5,1 кОм5% | 4 |  |
| R33 | ОМЛТ-0,125-4,3 кОм5% | 1 |  |
| R20 | ОМЛТ-0,125-5,6 кОм5% | 1 |  |
| R9 | ОМЛТ-0,125-3 кОм5% | 1 |  |
| R19 | ОМЛТ-0,125-2 кОм5% | 1 |  |
| R18, R28, R37...R40 | МЛТ-1-0.1кОм6 |  |  |
| R26..R30,R41,R42 | МЛТ-1-1кОм6 |  |  |
| R13 | МЛТ-0.125-12кОм1 |  |  |
| R14 | МЛТ-0.125-3.3кОм1 |  |  |
| R42 | МЛТ - 0,125 - 13кОм5% | 1 |  |
| R43 | 3540S-1-202L | 1 |  |
|  |  |  |  |
|  | Анодные реакторы |  |  |
|  |  |  |  |
| L1 | ДФ-7 | 1 |  |
|  |  |  |  |
|  | Дроссели |  |  |
|  |  |  |  |
| L2 | ДФ-7 | 1 |  |
|  |  |  |  |
|  | Двигатели |  |  |
|  |  |  |  |
| M1 | 2ПБ132МУХЛ4 | 1 |  |