# **Форма № Н-9.02.1**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

# **Факультет \_ Інформаційних технологій та електроніки\_\_\_\_\_\_\_\_**

(повне найменування факультету)

# **Кафедра \_\_ Електронних апаратів \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

освітньо-кваліфікаційного рівня \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_бакалавр\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(бакалавр, спеціаліст, магістр)

спеціальності 171 – Електроніка

(шифр і назва напряму підготовки)

на тему

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| |  | | --- | | **Розробка однофазного мостового напівпровідникового випрямляча** | |  | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виконав: студент групи ЕПС – 14Д | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | М.В. Поліщук |
| Керівник | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | О.М. Іванов |
| Завідувач кафедри | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | В.М. Смолій |
| Рецензент | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | В.М. Смолій |

Сєвєродонецьк – 2018

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формат | Зона | Поз. | | Позначення | | | | Найменування | Кіл. | | Примітка | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | | Текстові документи |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
| А 4 |  | 1 | | ДПБ 171.01.11 ПЗ | | | | Пояснювальна записка | 1 | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | | Графічні документи |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
| А4 |  | 2 | | ДПБ 171.01.11 ГЧ | | | | Графічна частина | 22 | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | | . |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  |  |  | |  | | | |  |  | |  | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | |  | |  |  | ДПБ 171.01.11. ВП | | | | | | | |
|  |  | |  | |  |  |
| Змн | Лист | | № докум. | | Підпис | Дата |
| Розроб. | | | Поліщук | |  |  | **Розробка однофазного мостового напівпровідникового випрямляча** | | | Літ. | | | Лист | Листів |
| Перевір. | | | Іванов | |  |  |  |  |  | 2 | 88 |
| Реценз. | | | Смолій | |  |  | СНУ гр.ЕПС-14Д | | | | |
| Н. контр | | |  | |  |  |
| Затв. | | | Смолій | |  |  |

**СХІДНОУКРАІНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Інститут, факультет, відділення **інформаційних технологій та електроніки**

Кафедра **електронних апаратів\_\_\_**

Освітньо-кваліфікаційний рівень \_**бакалавр**\_\_\_\_\_\_

Спеціальність 171\_— Електроніка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ЕА

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_2018 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

**Поліщуку Михайлу Вячеславовичу**

1. **Тема проекту: Розробка однофазного мостового напівпровідникового випрямляча**
2. **Керівник проекту:** к.т.н., доцент О.М. Іванов

(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 13.04.2018 р. №\_\_94/48\_

1. **Строк подання студентом проекту \_\_**10 червня 2018 р.**\_**
2. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Вступ

2. Види выпрямлячів

3. Однофазні выпрямлячі

4. Стабілізатори напруги

5. Розробка однофазного мостового напівпровідникового випрямляча електричної енергії з системою управління

6. Системи управління вентилями перетворювачів і формування вимог до систем управління проектованого випрямляча

7. Вибір елементної бази

8. Проектування принципової схеми, розрахунок електричних параметрів

9. Заходи з охорони праці та екології

1. **Консультанти розділів проекту**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
| Завдання видав | Завдання прийняв |
| Охорона праці | асистент Купіна О.А.. |  |  |

6. Дата видачі завдання\_\_\_\_\_\_\_\_19 травня 2018 року\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва етапів дипломного  Проекту (роботи) | Строк виконання  етапів проекту  (роботи) | Примітка |
| 1 | Вступ | 21.05.18 |  |
| 2 | Види выпрямлячів | 24.05.18 |  |
| 3 | Однофазні выпрямлячі | 27.05.18 |  |
| 4 | Стабілізатори напруги | 30.05.18 |  |
| 5 | Розробка однофазного мостового напівпровідникового випрямляча електричної енергії з системою управління | 02.06.18 |  |
| 6 | Системи управління вентилями перетворювачів і формування вимог до систем управління проектованого випрямляча | 05.06.18 |  |
| 7 | Вибір елементної бази | 08.06.18 |  |
| 8 | Проектування принципової схеми, розрахунок електричних параметрів | 11.06.18 |  |
| 9 | Заходи з охорони праці та екології | 13.06.18 |  |
| 10 | Оформлення пояснювальної записки | 15.06.18 |  |

**Студент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Поліщук М.В.**

**Керівник проекту\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Іванов\_О.М.**

**РЕФЕРАТ**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

5

ДПБ 171. 01. 11 ПЗ

Разраб.

Полищук

Провер.

Иванов

Реценз.

Смолий

Н. Контр.

Утверд.

Смолий

Разработка однофазного мостового полупроводникового выпрямителя электрической энергии.

Лит.

Листов

88

ВНУ гр.ЭПС-14Д

Пояснительная записка к дипломному проекту содержит:

Страниц - 84, рисунков – 30, таблиц – 1 , источников литературы - 9

**Объект исследования** – Однофазный мостовой полупроводниковый выпрямитель.

**Цель работы –** Разработка однофазного мостового полупроводникового выпрямителя электрической энергии. Разработка мер безопасности при производстве и эксплуатации электронных приборов.

**В данной работе** - было проведено исследование современного состояния и практического использования различных выпрямителей переменного тока в постоянный ток. Рассмотрены классификация и принципы действия выпрямителей. Выполнена разработка однофазного мостового полупроводникового выпрямителя электрической энергии. Разработаны меры по охране труда и техники безопасности при производстве и эксплуатации электронных приборов.

**ОДНОФАЗНЫЙ МОСТОВОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ. ТИРИСТОРНЫЙ МОСТОВОЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ. СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ. УСТРОЙСТВО СИНХРОНИЗАЦИИ. КОМПАРАТОР. ГЕНЕРАТОР ПИЛООБРАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ. ОДНОВИБРАТОР. ВЫХОДНОЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ.**

СОДЕРЖАНИЕ

Список условных сокращений

Введение

1. Виды выпрямителей.……………………

1.1. Однополупериодный выпрямитель.……..

1.2. Двухполупериодный выпрямитель.………………………

1.3. Мостовой выпрямитель……………………………………………….

1.4.Тиристорный мостовой выпрямитель…………………………...

1.5.Выпрямитель с удвоением напряжения.……………………..

2. Однофазные выпрямители.……………………………………..

3. Стабилизаторы напряжения ………………………………………

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

4.1. Исходные данные и основные расчетные соотношения.…………………

4.2. Выбор силовых полупроводниковых приборов…………………………..

## 4.2.1 Выбор вентилей по току.…………………………………….

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

4.2.3. Расчет и выбор анодного реактора……………………………………

4.2.4. Выбор сглаживающего дросселя……………………………………….

5. Системы управления вентилями преобразователей и формирование требований к системе управления проектируемого выпрямителя…………….. 6. Выбор элементной базы…………………………………………………………

7.Проектирование принципиальной схемы, расчет электрических параметров…………………………………………………………..

7.1. Расчет устройства синхронизации……………………………………..

## 7.2 Расчет генератора пилообразного напряжения……………………….

7.3. Расчет компаратора……………………………………………………

7.4. Расчет одновибратора…………………………………………………

7.5. Расчет выходного формирователя……………………………………

8. Мероприятия по охране труда и экологии……………………………….

8.1.Физиологические основы деятельности человека. Динамика работоспособности……………………………………………………

8.2. Оценка тяжести напряженности труда………………………………

8.3. Освещенность рабочего места…………………………………………

8.4. Обеспечение пожаро- и взрывобезопасности…………………………

Выводы

Список литературы………………………………………………………………..

**СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

VD – выпрямительные диоды;

VS – тиристоры (вентили);

ПК – персональный компьютер;

СИФУ - системы импульсно-фазового управления тиристорными преобразователями;

ЭДС – электро-движущая сила;

ФСУ - фазодвигающее устройство;

ГПН - генератор переменного напряжения ;

ГОН - генератор опорного напряжения;

НО - нуль-орган;

ИСН -источник синхронизирующего напряжения;

ФИ - формирователь импульсов .

# 

# 

# ВВЕДЕНИЕ

Выпрямитель – это полупроводниковый преобразователь энергии, предназначенный для преобразования электрической энергии переменного тока в энергию постоянного тока. Потребность в использовании выпрямителя возникает тогда, когда для питания потребителя постоянного тока необходимо использовать энергию из источника переменного тока (например, промышленной или бытовой сети переменного тока). В таком случае выпрямитель включают между источником переменного тока и потребителем постоянного тока.

Выпрямители широко используются в блоках питания компьютеров, агрегатах бесперебойного питания, зарядных устройствах для мобильных телефонов и ноутбуков, на преобразовательных подстанциях электрического транспорта, в электроприводах постоянного тока, разнообразных электронных схемах. Если задачей выпрямителя есть лишь преобразование рода тока (выпрямление), их строят на основе неуправляемых вентилей (диодов). В случае, когда на выпрямитель возложено также регулирование уровня напряжения, подаваемого к потребителю, необходимо использование управляемых вентилей (тиристоров). Подобного регулирования требует, например, электрический двигатель постоянного тока для изменения скорости вращения. В зависимости от количества фаз питающей сети различают однофазные выпрямители и трехфазные. По уровню мощности выпрямители подразделяют на маломощные (выпрямители сигналов) и мощные или силовые.

Темой данной дипломной работы является: «Разработка однофазного мостового полупроводникового выпрямителя электрической энергии».

1. Виды выпрямителей.
   1. Однополупериодный выпрямитель.

Такой выпрямитель (рис. 1.1а) питается от источника знакопеременного (обычно синусоидального) напряжения *u*. Он состоит только из одного диода. Будем считать, что нагрузка выпрямителя – потребитель с чисто активным внутренним сопротивлением (*R*). Диод открыт только тогда, когда к аноду приложен положительный потенциал (напряжение источника положительное, первый полупериод на рис. 1.1б).

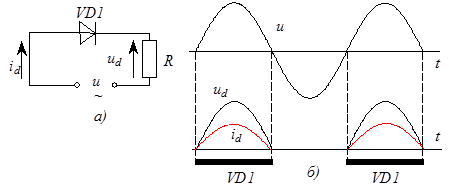


Рис. 1.1. Однополупериодный выпрямитель.

К нагрузке через открытый диод подается напряжение от источника. Ток, протекающий по цепи «источник *u* – диод – нагрузка» при чисто активной нагрузке повторяет по форме напряжение.  Поэтому со снижением напряжения до нуля исчезает и ток, а диод закрывается. На следующем полупериоде, когда напряжение источника отрицательно, ток отсутствует, напряжение на нагрузке равняется нулю. После того, как напряжение источника снова станет положительным, открывается диод, и к нагрузке снова прикладывается напряжение.

1.2. Двухполупериодный выпрямитель.

Они бывают двух схемных решений: выпрямитель со средней точкой и мостовая схема, известная, как схема Гретца. Выпрямитель со средней точкой требует более сложного в исполнении силового трансформатора, хотя диодов там используется в два раза меньше чем в мостовой схеме. К недостаткам двухполупериодного выпрямителя со средней точкой можно отнести то, что для получения одинакового напряжения, число витков во вторичной обмотке трансформатора должно быть в два раза больше, чем при использовании мостовой схемы. А это уже не совсем экономично с точки зрения расходования медного провода.

На рисунке 1.2. показана типовая схема двухполупериодного выпрямителя со средней точкой.

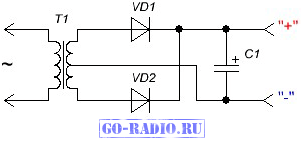


Рис.1.2. Двухполупериодный выпрямитель со средней точкой.

Величина пульсаций выпрямленного напряжения меньше чем у однополупериодного выпрямителя и величину конденсатора фильтра так же можно использовать гораздо меньшую. Наглядно увидеть, как работает двухполупериодная схема можно на рис.1.3.

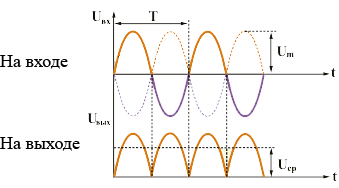


Рис.1.3. Двухполупериодная схема.

Как видно из рисунка, на выходе выпрямителя уже в два раза меньше "провалов" напряжения - пульсаций. Активно применяется схема выпрямителя со средней точкой в [выходных выпрямителях импульсных блоков питания для ПК](http://go-radio.ru/cxemotexnika-komputernix-blokov-pitania-5.html). Так как во вторичной обмотке высокочастотного трансформатора требуется меньшее число витков медного провода, то гораздо эффективнее применять именно эту схему. Диоды же применяются сдвоенные, т.е. такие, у которых общий корпус и три вывода (два диода внутри). Один из выводов - общий (как правило катод). По виду сдвоенный диод очень похож на [транзистор](http://go-radio.ru/transistor.html).

* 1. Мостовой выпрямитель

Наибольшую популярность приобрела в бытовой и промышленной аппаратуре мостовая схема (рис. 1.4а).

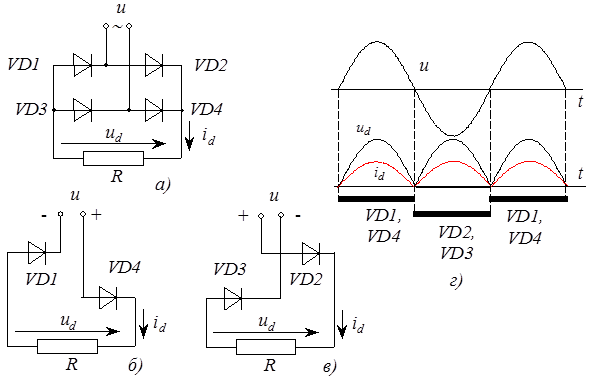


Рис. 1.4. Мостовой выпрямитель

В ее состав входят четыре диода, работающие попарно-поочередно. На первом полупериоде питающего напряжения (правая клемма источника имеет положительный потенциал) открыты диоды VD1 и VD4, образуется путь протекания тока, изображенный на рис. 1.4б. К нагрузке прикладывается положительное напряжение. На втором полупериоде открыты VD2 та VD3, а ток протекает, как показано на рис. 1.4в (в нагрузке – в прежнем направлении). К нагрузке вновь приложено положительное напряжение. Выпрямленные напряжение и ток во времени изменяются согласно рис. 1.4г. Поскольку оба полупериода напряжения питания являются рабочими, среднее значение выпрямленного напряжения вдвое больше по сравнению со схемой рис. 1.2. Мостовые выпрямители небольшой мощности выпускают в виде т.н. «диодных мостиков».

* 1. Тиристорный мостовой выпрямитель

Если необходимо не только формировать на нагрузке знакопостоянное напряжение, но и изменять при необходимости ее среднее значение (для регулирования сварочного тока, скорости электродвигателя), вместо диодов в выпрямителях используют тиристоры. Если тиристоры получают в цепь управления управляющий сигнал сразу же после того, как напряжение их анодах становится положительным, тиристоры работают также, как и диоды, и процессы в схеме ничем не отличаются от рассмотренных ранее. Если же задержать подачу тока управления, открывание тиристоров происходит позднее (на рис. 1.5б – по окончании времени задержки *tз*). Пока тиристоры закрыты, ток отсутствует, и напряжение к нагрузке не прикладывается. Из кривой выпрямленного напряжения «вырезается» определенный участок, и среднее значение напряжения уменьшается. Увеличение задержки *tз* приводит к дальнейшему уменьшению среднего выпрямленного напряжения.

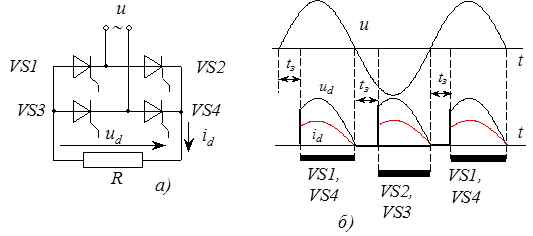


Рис. 1.5. Тиристорный мостовой выпрямитель

Тиристорные выпрямители используются в электроприводах постоянного тока для питания обмоток якоря и возбуждения электродвигателей постоянного тока. Кроме собственно выпрямителя, в его состав входят микропроцессорные системы управления вентилями, скоростью и моментом электродвигателя, дисплей и пульт управления для диалога с пользователем, а также дополнительные элементы, обеспечивающие функционирование электропривода.

1.5. Выпрямитель с удвоением напряжения.

Большой интерес вызывает выпрямитель с удвоением напряжения. Принцип удвоителя напряжения Латура-Делона-Гренашера основан на поочерёдном заряде-разряде конденсаторов С1 и С2 разными по полярности полуволнами входного напряжения. В результате между катодом одного диода и анодом второго диода возникает напряжение в два раза превышающее входное.

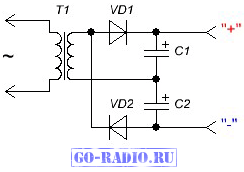


Рис. 1.6. Выпрямитель с удвоением напряжения.

Стоит отметить, что данная схема применяется в блоках питания нечасто. Но её можно смело использовать, если необходимо вдвое увеличить напряжение, которое снимается со вторичной обмотки трансформатора. Это будет более логичным и правильным решением, чем перематывать вторичную обмотку трансформатора с целью увеличить выходное напряжение вторичной обмотки в 2 раза (ведь при этом придётся наматывать вторичную обмотку с вдвое большим числом витков). Развитием схемы стало создание умножителя на полупроводниковых диодах.

Каждый диод и конденсатор образуют «звено» и эти звенья можно соединять последовательно до получения напряжения в несколько десятков киловольт. Конечно, для этого входное напряжение тоже должно быть достаточно большим.

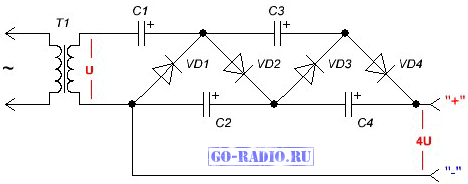


Рис.1.7. Четырёхзвенный умножитель.

На рисунке изображён четырёхзвенный умножитель и на выходе мы получаем напряжение в четыре раза превышающее входное (**U**). Эти выпрямители получили большое распространение там, где нужно получить высокое напряжение при достаточно малом токе. Например, по такой схеме были выполнены источники высокого напряжения в старых телевизорах и осциллографах для питания анода электронно-лучевой трубки.

Сейчас такие источники питания используются в научных лабораториях, в детекторах элементарных частиц, в медицинской аппаратуре (люстра Чижевского) и в оружии самообороны (электрошокер).

2. Однофазные выпрямители.

Структура однофазного выпрямительного устройства изображена на рис. 2.1. На вход выпрямителя подается переменное напряжение U1, которое с помощью трансформатора Тр изменяется до требуемого значения U2. Кроме того, трансформатор осуществляет электрическую развязку источника выпрямляемого напряжения и нагрузочного устройства, что позволяет получать с помощью нескольких вторичных обмоток различные значения напряжений U2, гальванически не связанных друг с другом. После трансформатора переменное напряжение U2 вентильной группы ВГ (или одним вентилем) преобразуется в пульсирующее напряжение U01. Количество вентилей зависит от схемы выпрямителя.

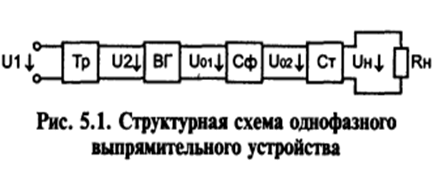


Рис. 2.1. Структура однофазного выпрямительного устройства.

В выпрямленном напряжении U01, помимо постоянной составляющей, присутствует переменная составляющая, которая с помощью сглаживающего фильтра СФ снижается до требуемого уровня, так что напряжение U02 на выходе фильтра имеет очень малые пульсации. Установленный после фильтра стабилизатор постоянного напряжения Ст поддерживает неизменным напряжение UН на нагрузочном устройстве RH при изменении значений выпрямленного напряжения или сопротивления RH.

Для выпрямления однофазного переменного напряжения широко применяют три типа выпрямителей: однополупериодный и два двухполупериодного. Схема однополупериодного выпрямителя приведена на рис. 1.2,а. Выпрямитель состоит из трансформатора, вторичной обмотке которого последовательно подсоединены диод VD и нагрузочный резистор Rн.

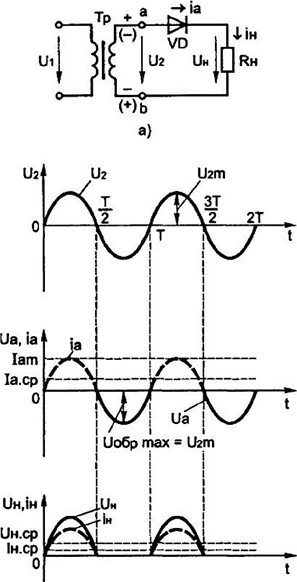


Рис.2.1. Схема однополупериодного выпрямителя.

Работу выпрямителя удобно рассматривать с помощью временных диаграмм рис. 1.2,6. В первый полупериод, т. е. в интервале времени 0-Т/2, диод открыт, так как потенциал точки а выше потенциала точки б, и под действием напряжения в цепи вторичной обмотки трансформатора возникает ток iн. В интервале времени Т/2-Т диод закрыт, ток в нагрузочном резисторе отсутствует, а к запертому диоду прикладывается обратное напряжение u2.

Основными электрическими параметрами однополупериодного выпрямителя и всех выпрямителей являются:

• средние значения выпрямленных тока и напряжения Iн ср и Uн. ср

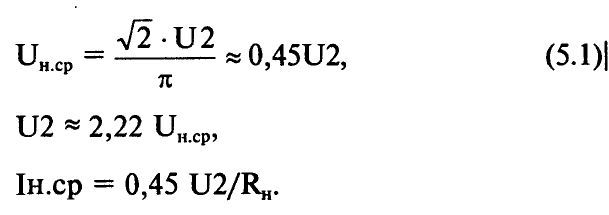
• мощность нагрузочного устройства Рн. ср = Iн ср \* Uн. ср;

• амплитуда основной гармоники выпрямленного напряжения Uосн т;

• коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения p=Uосн т / Uн ср;

• действующее значение тока и напряжения первичной и вторичной обмоток трансформатора I1, U1 и I2, U2.

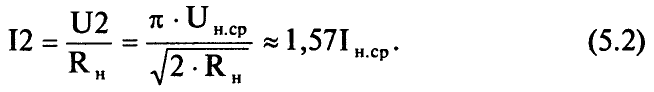
В однополупериодном выпрямителе:



Ток Iн ср является прямым током диода, т, е.



Ток Iн является током вторичной обмотки трансформатора: Iн = I2. Тогда с учетом (5.1) действующее значение этого тока



Принимая во внимание, что коэффициент пульсаций р есть отношение амплитуды основной (первой) гармоники, частота которой в данном случае равна ω1, к выпрямленному напряжению U н ср получим



Основное преимущество однополупериодного выпрямителя его простота; недостатки = большой коэффициент пульсаций, малые значения выпрямленного тока и напряжения. Однополупериодный выпрямитель применяют обычно для питания высокоомных нагрузочных устройств мощностью не более 10...15 Вт (например, электронно-лучевых трубок), допускающих повышенную пульсацию.

Диод в выпрямителях является основным элементом. Поэтому диоды должны соответствовать основным электрическим параметрам выпрямителей. Иначе говоря, диоды во многом определяют основные показатели выпрямителей. Для надежной работы диодов в выпрямителях требуется выполнение условий: Iпр.ср > Iн ср и Uобр max> U2m примерно с превышением в 30%.



Двухполупериодные выпрямители бывают двух типов: мостовые и с выводами средней точки вторичной обмотки трансформатора. Эти выпрямители являются более мощными, чем однополупериодные, так как с их помощью нагрузочные устройства используют для своего питания оба полупериода напряжения сети. Наибольшее распространение получил двухполупериодный мостовой выпрямитель (рис. 2.2).

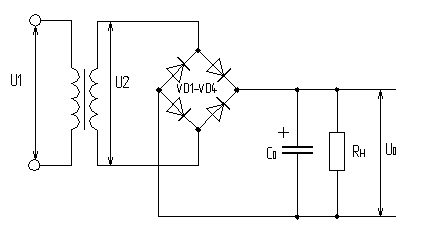


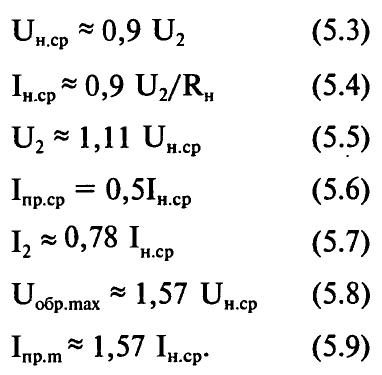
  Рис. 2.2. Схема однофазного двухполупериодного мостового выпрямителя.

Главным достоинством мостовой схемы являются: лучший коэффициент использования вентилей по напряжению, меньшая расчётная мощность трансформатора, благодаря этому мостовая схема широко применяется в установках малой и средней мощности, а также простота конструкции трансформатора.    Недостатками мостовой схемы являются: требуется строгая симметрия напряжений на обмотках, две обмотки вместо одной, большое обратное напряжение на диодах, удвоенное количество диодов по сравнению с выпрямителем со средней точкой. имеющегося трансформатора дает недостаточное напряжение. Схема удвоения (как и однополупериодного выпрямителя) имеет круто падающую нагрузочную характеристику. Кроме того, при пробое одного из диодов переменное напряжение оказывается приложенным к электролитическому конденсатору, что обычно приводит к его взрыву. Достоинством схемы является то, что конденсаторы несколько сглаживают пульсации выпрямленного тока. Недостатком является то, что данную схему нельзя применять для получения выпрямленного напряжения свыше 200-300 В.

Выпямитель состоит из трансформатора и четырех диодов, подключенных к вторичной обмотке трансформатора по мостовой схеме. К одной из диагоналей моста присоединяется вторичная обмотка трансформатора, а к другой - нагрузочный резистор Rн. Каждая пара диодов(VD1,VD 3 и VD 2, VD 4) работает поочередно.

Диоды VD1, VD3 открыты в первый полупериод напряжения вторичной обмотки трансформатора u2 (интервал времени 0-Т/2), когда потенциал точки *а* выше потенциала точки *б*. При этом в нагрузочном резисторе Rн появляется ток in (рис. 5.3,6). В этом интервале диоды VD2, VD4 закрыты.

В следующий полупериод напряжения вторичной обмотки (интервал времени Т/2-Т) потенциал точки *б* выше потенциала точки *а*, диоды VD2, VD4 открыты, а диоды VD1, VD3 закрыты. В оба полупериода, как видно из рис. 5.3,а ток через нагрузочный резистор Rн имеет одно и то же направление. Основные параметры мостового выпрямителя:



Анализ приведённых соотношений показывает, что при одинаковых значениях параметров трансформаторов и сопротивления Rн мостовой выпрямитель по сравнению с однополупериодным имеет следующие преимущества: средние значения выпрямленных тока Iн.ср и напряжения Uн.ср в два раза больше, а пульсации значительно меньше. Амплитуда основной гармоники частотой 2ω1 равна 2/3Uн.ср .Следовательно, р ~0,67.

В то же время максимальное обратное напряжение на каждом из закрытых диодов; которые по отношению к зажимам вторичной обмотки включены параллельно, имеет такое же значение, что и в однополупериодном выпрямителе, т. е. U2m = U2. Все эти преимущества достигнуты за счет увеличения количества диодов в четыре раза, что является основным недостатком мостового выпрямителя.



Двухполупериодный выпрямитель с выводом средней точки вторичной обмотки трансформатора (рис. 2.3, а) можно рассматривать как сочетание двух однополупериодных выпрямителей, включённых на один и тот же нагрузочный резистор Rн.

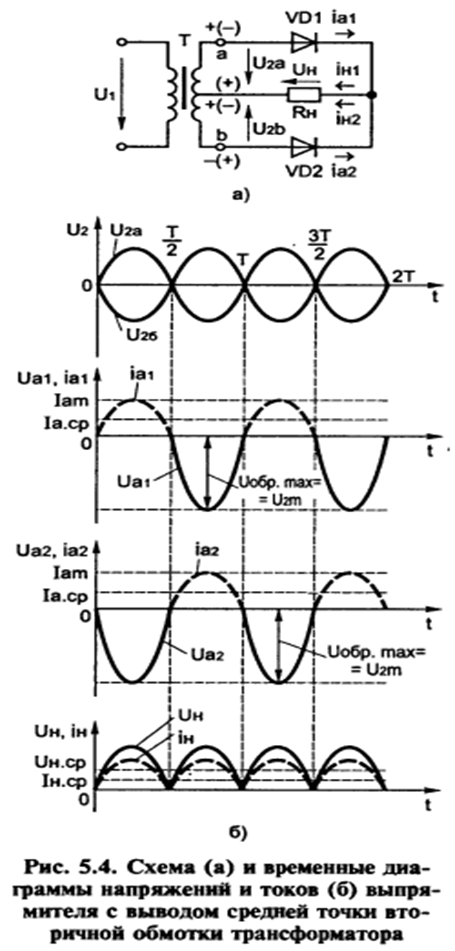
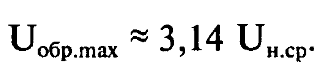


Рис.2.2. Двухполупериодный выпрямитель с выводом средней точки вторичной обмотки трансформатора

Действительно, в каждый из полупериодов напряжения uаб работает либо верхняя, либо нижняя часть выпрямителя. Когда потенциал точки а выше потенциала средней точки О (интервал времени 0-Т/2), диод VD1 открыт, диод VD2 закрыт, так как потенциал точки b ниже потенциала точки О. В этот период времени в нагрузочном резисторе Rн„ появляется ток iн (рис. 2.2,б). В слёдующий полупериод напряжения uаб (интервал времени Т/2-Т) потенциал точки b выше, а потенциал точки а ниже потенциала точки О. Диод VD2 открыт, а диод VD1 закрыт. При этом ток в нагрузочном резисторе Rн, имеет то же направление, что и в предыдущий полупериод. При одинаковых значениях напряжений U2а и U2ь эти токи будут равны.

Данный тип выпрямителя имеет те же преимущества перед однополупериодным выпрямителем, что и мостовой выпрямитель, за исключением напряжения Uобр.max которое определяется напряжением uаb. При Uаb = 2U2 и одинаковых значениях сопротивлений нагрузочных резисторов Rн



Все остальные соотношения для токов и напряжений определяются по формулам, полученным для мостового выпрямителя, а коэффициент пульсаций р ~ 0,67. Помимо указанного недостатка, в рассматриваемом двухполупериодном выпрямителе габариты, масса и стоимость трансформатора больше, чем в однополупериодном и мостовом выпрямителях, поскольку вторичная обмотка имеет вдвое больше число витков и требуется вывод от средней точки обмотки. Достоинства этого выпрямителя - вдвое меньше количество диодов. Двухполупериодные выпрямители применяют для питания нагрузочных устройств малой и средней мощностей.

3. Стабилизаторы напряжения

Стабилизатором напряжения называют устройство, автоматически обеспечивающее поддержание напряжения нагрузочного устройства с заданной степенью точности.

Напряжение нагрузочного устройства может сильно изменяться не только при изменении нагрузочного тока IH, но и за счет воздействия ряда дестабилизирующих факторов. Одним из них является изменение напряжения промышленных сетей переменного тока. В соответствии с ГОСТ это напряжение может отличаться от номинального значения в пределах от +10 до -15%. Другими дестабилизирующими факторами являются изменение температуры окружающей среды, колебание частоты тока и т. д. Применение стабилизаторов диктуется тем, что современная электронная аппаратура может нормально функционировать при нестабильности питающего напряжения 0...3%, а для отдельных функциональных узлов электронных устройств нестабильность должна быть еще меньше. Так, для некоторых измерительных электронных приборов нестабильность питающего напряжения не должна превышать 10-4%.

Стабилизаторы квалифицируют по ряду признаков:

• по роду стабилизируемой величины - стабилизаторы напряжения или тока;

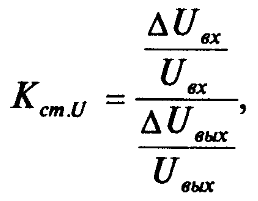
• по способу стабилизации - параметрические и компенсационные стабилизаторы.

В настоящее время широкое применение получили компенсационные стабилизаторы, которые подразделяют на стабилизаторы непрерывного и импульсного регулирования. При параметрическом способе стабилизации используются некоторые приборы с нелинейной вольтамперной характеристикой, имеющей пологий участок, где напряжение (ток) мало зависит от дестабилизирующих факторов. К таким приборам относятся стабилитроны, бареттеры, лампы накаливания и др.

При компенсационном способе стабилизации постоянство напряжения (тока) обеспечивается за счет автоматического регулирования выходного напряжения (тока) источника питания. Это достигается за счет введения отрицательной обратной связи между выходом и регулирующим элементом, который изменяет свое сопротивление так, что компенсирует возникшее отклонение выходной величины.

Основным параметром, характеризующим качество работы всех стабилизаторов, является коэффициент стабилизации. Как отмечалось, определяющими дестабилизирующими факторами, из-за которых изменяются выходные величины стабилизатора, являются входное напряжение стабилизатора Uвх и нагрузочный ток Iн.

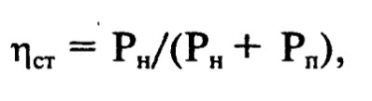
Для стабилизатора напряжения коэффициент стабилизации по напряжению:



где ∆UВХ и ∆UВЫХ - приращения входного и выходного напряжений,

а UВХ и UВЫХ - номинальные значения входного и выходного напряжений.

Помимо коэффициента стабилизации стабилизаторы характеризуются такими параметрами, как внутреннее сопротивление и коэффициент полезного действия . Значение внутреннего сопротивления стабилизатора позволяет определить падение напряжения на стабилизаторе, а следовательно, и напряжение на нагрузочном устройстве при изменениях нагрузочного тока. Коэффициент полезного действия стабилизатора характеризует мощность потерь в нем и является основным энергетическим показателем стабилизатора:

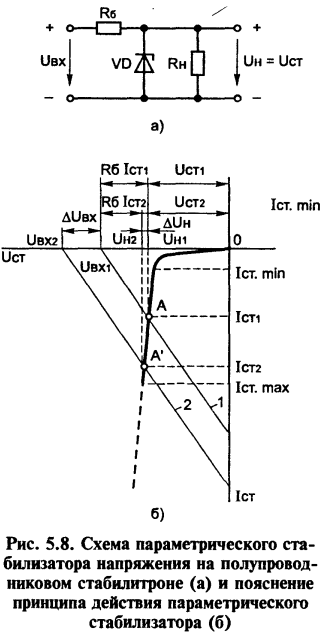


Где - полезная мощность в нагрузочном устройстве; - мощность потерь. В ряде случаев необходимо учитывать массу, габариты и срок службы используемых стабилизаторов.



Схема простейшего параметрического стабилизатора напряжения изображена на рис. 3.1,а. С помощью такого стабилизатора, в котором применяется полупроводниковый стабилитрон VD, можно получать стабилизированное напряжение от нескольких вольт до нескольких сотен вольт при токах от единиц миллиампер до единиц ампер. Если необходимо стабилизировать напряжение менее 3В, то вместо стабилитронов используют стабисторы.

Стабилитрон в параметрическом стабилизаторе включают параллельно нагрузочному резистору . Последовательно со стабилитроном для создания требуемого режима работы включают балластный резистор . Принцип действия параметрического стаби-лизатора постоянного напряжения удобно объяснить с помощью графика на рис. 3.1,б, на котором изображены вольтамперная характеристика полупроводникового стабилитрона и «опрокинутая» вольтамперная характеристика резистора . Такое построение вольтамперных Характеристик позволяет графически решить уравнение электрического состояния стабилизатора напряжения: При увеличении напряжения на , на-пример, из-за повышения напряжения сети, вольт-амперная ха-рактеристика резистора переместится параллельно самой себе и займет положение 2. Из рис. 3.1б, видно, что напряжени мало отличается от напряжения т. е. практически напряжение на стабилитроне и на нагрузочном резисторе RH останется неизменным. Напряжение на нагрузочном устройстве останется неизменным также при снижении входного напряжения и изменениях нагрузочного тока IH.



Для нормальной работы параметрического стабилизатора сопротивление резистора Rб должно быть таким, чтобы его вольтамперная характеристика пересекала вольтамперную характеристику стабилитрона в точке А, соответствующей номинальному току стабилитрона IСT.HOM, значение которого указано в паспортных данных стабилитрона.

Коэффициент с стабилизации параметрического стабилизатора на полупроводниковом стабилитроне может достигать 30...50.

Основными достоинствами параметрических стабилизаторов напряжения являются простота конструкции и надежность работы. К недостаткам следует отнести небольшой коэффициент полезного действия, не превышающий 0,3, большое внутреннее сопротивление стабилизатора (5...20 Ом), а также узкий регулируемый диапазон стабилизируемого напряжения. Работа компенсационного стабилизатора напряжения будет рассмотрена в этой главе на примере конкретного стабилизатора, рекомендуемого для изготовления.

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)

.



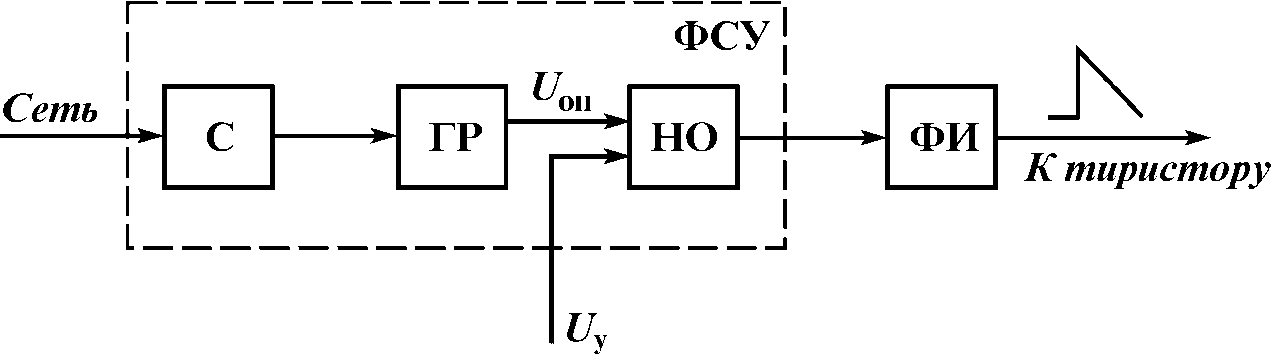
Таким образом выбранный дроссель удовлетворяет поставленным требованиям.

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.

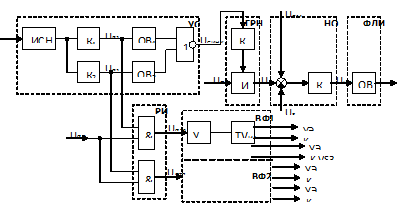


Рис. 5.3. Функциональная схема СИФУ

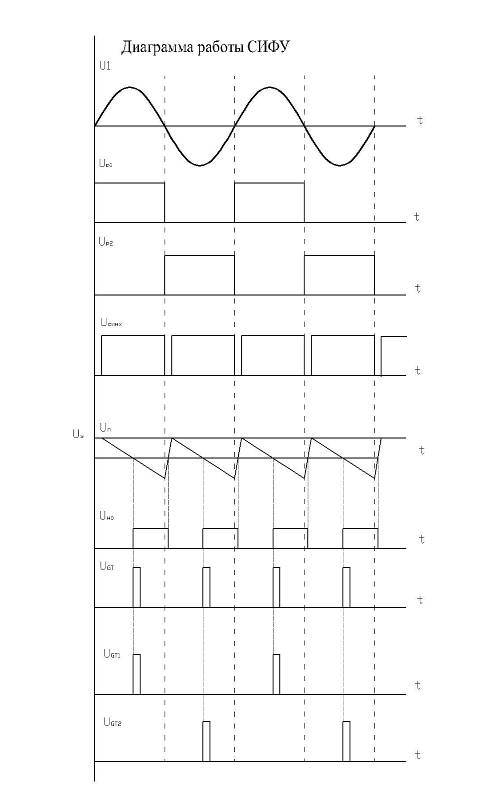


Рис. 5.4. Диаграммы работы СИФУ

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 |  |

8. Мероприятия по охране труда и экологии

8.1. Физиологические основы деятельности человека. Динамика работоспособности.

Характер и организация трудовой деятельности оказывают существенное влияние на изменение функционального состояния организма человека. Многообразные формы трудовой деятельности делятся на физический и умственный труд.Физический труд характеризуется в первую очередь повышенной нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и его функциональные системы (сердечно-сосудистую, нервно - мышечную, дыхательную и др.), обеспечивающие еготдеятельность. Физический труд, развивая мышечную систему и стимулируя обменные процессы, в то же время имеет ряд отрицательных последствий. Прежде всего это социальная неэффективность физического труда, связанная с низкой его производительностью, необходимостью высокого напряжения физических сил и потребностью в длительном —до 50 % рабочего времени —отдыхе.

Умственный труд объединяет работы, связанные с приемом и переработкой информации, требующей преимущественного напряжения сенсорного аппарата, внимания, памяти, а также активизации процессов мышления, эмоциональной сферы. Для данного вила труда характерна гипокинезия, т.е. значительное снижение двигательной активности человека, приводящее к ухудшению реактивности организма и повышению эмоционального напряжения. Гипокинезия является одним из условий формирования сердечно-сосудистой патологии улиц умственного груда. Длительная умственная нагрузка оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность: ухудшаются функции внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной),восприятия (появляется большое число ошибок).

В современной трудовой деятельности чисто физический труд не играет

существенной роли. В соответствии с существующей физиологической классификацией трудовой деятельности различают: формы труда, требующие значительной мышечной активности; механизированные формы труда; формы труда, связанные с полуавтоматическим и автоматическим производством:

групповые формы труда (конвейеры); формы труда, связанные с дистанционным управлением, и формы интеллектуального (умственного) труда. Формы труда, требующие значительной мышечной активности, имеют место при отсутствии механизации. Эти работы характеризуются в первую очередь повышенными энергетическими затратами. Особенностью механизированных форм труда являются изменения характера мышечных нагрузок и усложнения программы действий. В условиях механизированного производства наблюдается уменьшение объема мышечной деятельности, в работу вовлекаются мелкие мышцы конечностей, которые должны обеспечить большую скорость и точность движений, необходимых для управления механизмами. Однообразие простых и большей частью локальных действий, однообразие и малый объем воспринимаемой в процессе труда информации приводит к монотонности труда. При этом снижается возбудимость анализаторов, рассеивается внимание, снижается скорость реакций и быстро наступает утомление [5].

При полуавтоматическом производстве человек выключается из процесса непосредственной обработки предмета труда, который целиком выполняет механизм. Задача человека ограничивается выполнением простых операций на обслуживании станка: подать материал для обработки, пустить в ход механизм, извлечь обработанную деталь. Характерные черты этого вида работ — монотонность, повышенный темп. и ритм работы, утрата творческого начала.

Конвейерная форма труда определяется дроблением процесса труда на

операции, заданным ритмом, строгой последовательностью выполнения операций, автоматической подачей деталей к каждому рабочему месту с помощью конвейера. При этом чем меньше интервал времени, затрачиваемый работающими на операцию, тем монотоннее работа, тем упрощеннее ее содержание, что приводит к преждевременной усталости и быстрому нервному истощению.

При формах труда, связанных с дистанционным управлением

производственными процессами и механизмами, человек включен в системы управления как необходимое оперативное звено. В случаях, когда пульты управления требуют частых активных действий человека, внимание работника получает разрядку в многочисленных движениях или рече двигательных актах. В случаях редких активных действий работник находится главным образом в состоянии готовности к действию, его реакции малочисленны.

Формы интеллектуального груда подразделяются на операторский,

управленческий, творческий, труд медицинских работников, труд

преподавателей, учащихся, студентов. Эти виды различаются организацией трудового процесса, равномерностью нагрузки, степенью эмоционального напряжения.

Работа оператора отличается большой ответственностью и высоким нервно-эмоциональным напряжением. Например, труд авиадиспетчер характеризуется переработкой большого объема информации за короткое время и повышенной нервно-эмоциональной напряженностью. Труд руководителей учреждений, предприятий (управленческий труд) определяется чрезмерным объемом информации, возрастанием дефицита времени для ее переработки, повышенной личной ответственностью за принятые решения, периодическим возникновением конфликтных ситуаций.

Труд преподавателей и медицинских работников отличается постоянными контактами с людьми, повышенной ответственностью, часто дефицитом времени и информации для принятия правильного решения, что обусловливает степень нервно-эмоционального напряжения. Труд учащихся и студентов характеризуется напряжением основных психических функций, таких как память, внимание, восприятие; наличием стрессовых ситуаций (экзамены, зачеты).

Наиболее сложная форма трудовой деятельности, требующая значительного объема памяти, напряжения, внимания, — это творческий труд. Труд научных работников, конструкторов, писателей, композиторов, художников, архитекторов приводит к значительному повышению нервно-эмоционального напряжения. При таком напряжении, связанном с умственной деятельностью, можно наблюдать тахикардию, повышение кровяного давления, изменение ЭКГ, увеличение легочной вентиляции и потребления кислорода, повышение температуры тела человека и другие изменения со стороны вегетативных функций [5].

8 .2. Оценка тяжести напряженности труда.

Энергетические затраты человека зависят от интенсивности. Мышечной работы, информационной насыщенности труда, степени эмоционального напряжения и других условий (температуры, влажности, скорости движениявоздуха и др.). Суточные затраты энергии для лиц умственного труда (инженеров, врачей, педагогов и др.) составляют 10,5... 11,7 МДж; для работников механизированного труда и сферы обслуживания (медсестер, продавщиц, рабочих, обслуживающих автоматы) —11,3...12,5 МДж; для работников, выполняющих работу средней тяжести (станочников, шахтеров, хирургов, литейщиков, сельскохозяйственных рабочих и др.), —12,5... 15,5 МДж; для работников, выполняющих тяжелую физическую работу (горнорабочих, металлургов, лесорубов, грузчиков), —16,3...18 МДж.

Затраты энергии меняются в зависимости от рабочей позы. При рабочей

позе сидя затраты энергии превышают на 5—10 % уровень основного обмена; при рабочей позе стоя—на 10...25 %, при вынужденной неудобной позе—на 40...50%. При интенсивной интеллектуальной работе потребность мозга в энергии составляет 15...20 % общего обмена в организме (масса мозга составляет 2 % массы тела). Повышение суммарных энергетических затрат при умственной работе определяется степенью нервно-эмоциональной напряженности. Так, при чтении вслух сидя расход энергии повышается на 48 %, при выступлении с публичной лекцией —на 94 %, у операторов вычислительных машин —на 60...100%. [6].

Уровень энергозатрат может служить критерием тяжести и напряженности выполняемой работы, имеющим важное значение для оптимизации условий труда иего рациональной организации. Уровень энергозатрат определяют методом полного газового анализа (учитывается объем потребления кислорода и выделенного углекислого газа). С увеличением тяжести труда значительно возрастает потребление кислорода и количество расходуемой энергии.

Тяжесть и напряженность труда характеризуются степенью функционального напряжения организма. Оно может быть энергетическим, зависящим от мощности работы,— при физическом труде, и эмоциональным — при умственном труде, когда имеет место информационная перегрузка.

Физическая тяжесть труда —это нагрузка на организм при труде,

требующая преимущественно мышечных усилий и соответствующего энергетического обеспечения. Классификация труда по тяжести производится по уровню энергозатрат с учетом вида нагрузки (статическая или динамическая) и нагружаемых мышц.

Статическая работа связана с фиксацией орудий и предметов труда в

неподвижном состоянии, а также с приданием человеку рабочей позы. Так, работа, требующая нахождения работающего в статической позе 10...25% рабочего времени, характеризуется как работа средней тяжести (энергозатраты172...293 Дж/с); 50 % и более—тяжелая работа (энергозатраты свыше 293Дж/с).

Динамическая работа — процесс сокращения мышц, приводящий к

перемещению груза, а также самого тела человека или его частей в

пространстве. При этом энергия расходуется как на поддержание определенного напряжения в мышцах, так и на механический эффект. Если максимальная масса поднимаемых вручную грузов не превышает 5 кг для женщин и 15 кг для мужчин, работа характеризуется как легкая (энергозатраты до 172 Дж/с); 5...10 кг для женщин и 15...30 кг для мужчин —средней тяжести; свыше 10 кг для женщин или 30 кг для мужчин —тяжелая.

Напряженность труда характеризуется эмоциональной нагрузкой на

организм при труде, требующем преимущественно интенсивной работы мозга по получению и переработке информации. Кроме того, при оценке степени напряженности учитывают эргономические показатели: сменность труда, позу, число движений и т.п. Так, если плотность воспринимаемых сигналов не превышает 75 в час, то работа характеризуется как легкая; 75...175—средней тяжести; свыше 176— тяжелая работа.

В соответствии с гигиенической классификацией труда (Р.2.2.013— 94)

условия труда подразделяются на четыре класса: 1 — оптимальные;

2—допустимые; 3—вредные; 4—опасные (экстремальные) [6].

Оптимальные условия труда обеспечивают максимальную производительность труда и минимальную напряженность организма человека. Оптимальные нормативы установлены для параметров микроклимата и факторов трудового процесса. Для других факторов условно применяют такие условия труда, при которых уровни неблагоприятных факторов не превышают принятых в качестве безопасных для населения (в пределах фона).

Допустимые условия труда характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиеническими нормативами для рабочих мест. Изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены, они не должны оказывать неблагоприятное воздействие в ближайшем и отдаленном периоде на здоровье работающего и его потомства. Оптимальный и допустимый классы соответствуют безопасным условиям труда.

Вредные условия труда характеризуются уровнями вредных

производственных факторов, превышающими гигиенические нормативы и оказывающими неблагоприятное воздействие на организм работающего и (или) его потомство.

Экстремальные условия труда характеризуются такими уровнями

производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смелы (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных поражений [6].

8.3. Освещенность рабочего места.

При освещении производственных помещений используют естественное освещение, искусственное, осуществляемое электролампами и совмещенное. Естественное освещение подразделяется на боковое (осуществляется через окна), верхнее (через аэрроционные фонари, проемы перекрытий), комбинированное. Искусственное освещение может быть двух видов: общее и комбинированное. Общее освещение бывает равномерное без учета расположения объекта и общее локализированное с учетом расположения рабочих мест. Применение одного местного освещения внутри здания не допускается. В административных и складских помещениях может быть использована система общего освещения. На машиностроительных предприятиях при выполнении слесарных и токарных работ используется комбинированное освещение. По функциональному назначению искусственное освещение подразделяют: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное и дежурное. Рабочее освещение обязательно для всех помещений для обеспечения нормальной работы движения людей. Аварийное освещение используется для продолжения работ в тех случаях, когда внезапно отключается рабочее освещение. Эвакуационное освещение используется при аварийном отключении рабочего освещения в местах, опасных для прохода людей [7].

Требования к производственному освещению. Основная задача освещения сводится к созданию наилучших условий для обзора объекта. Эту задачу можно решить осветительной системой, отвечающей следующим требованиям:

освещенность должна соответствовать зрительной работе, которая определяется следующими параметрами:

* объект различия - наименьший рассматриваемый объект, отдельные его части и дефекты;
* фон - поверхность, прилегающая к объекту
* контраст объекта с фоном характеризуется соотношением яркости рассматриваемого объекта и фона;

необходимость обеспечения равномерного распределения яркости рабочей поверхности, а также в пределах окружающего пространства;

на рабочей поверхности должны отсутствовать резнители;

в поле зрения должна отсутствовать прямая или отраженная блесткость. Блесткость - повышенная яркость светящихся поверхностей;

величина освещенности должна быть постоянной во времени. Это достигается использованием стабилизирующих устройств;

следует выбрать оптимальную направленность светового потока;

необходимо правильно выбрать спектральный состав света;

все элементы осветительных установок, понижающих трансформаторы, должны быть долговечными, электро-, взрыво- и пожаробезопасными.

Основные светотехнические величины и единицы их измерения.

Основную единица силы света: 1 кандела (кд) - сила света, испускаемая с поверхности площадью в 6\*10-5м2 полного излучателя в перпендикулярном направлении.

Освещенность Е - отношение светового потока (dФ) к элементу поверхности (dS) на который он падает. Единица измерения - люкс (лк).

Яркость L элемента поверхности dS под углом θ относительно нормали этого элемента - это отношение светового потока к произведению телесного угла и cosθ ⏐L⏐=кд/м2

Электрические источники света.

При сравнении источников света пользуются следующими характеристиками:

1. электрические (напряжение и мощность);
2. светотехнические (световой поток и максимальная сила света);
3. эксплутационные (световая отдача, срок службы);
4. конструктивные (форма лампы, форма тела накаливания);

В качестве источника света для освещения используют лампы накаливания и газоразрядные лампы. Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения (являются наиболее распространенными). Несмотря на преимущества (простота, удобство в эксплуатации), они имеют и недостатки: низкая световая отдача порядка 7 люмен/Вт, малый срок службы (до 2000 часов) [7].

Газоразрядные лампы - приборы, в которых излучения оптического диапазона возникают в результате электростатического разряда в атмосфере инертных газов и паров металла. Основным их преимуществом является большая световая отдача (до 100 люмен/Вт), большой срок службы (до 12000 часов) и широкий спектр. Недостатки: пульсация светового потока при рассмотрении быстродвижущихся и вращающихся пусковых деталей, а также необходимость создания сложных пусковых устройств. У некоторых таких ламп период загорания может достигать 15 минут.

Самыми распространенными являются люминесцентные лампы, имеющие форму цилиндрической трубы. Внутренняя поверхность ее покрыта люминофором, который служит для преобразования ультрафиолетового излучения в видимый свет. В зависимости от распределения спектральных составляющих света лампы бывают дневного света (ДВ), дневного света с улучшенной светопередачей (ЛДЦ), холодно-белого (ЛЖБ).

К газоразрядным лампам еще относят и дуговые, ртутные люминесцентные лампы, галогенные лампы, дуговые ртутные и дуговые ксеноновые, обладающие стабилизирующим размером.

Светильники. Представляют собой совокупность источника света и осветительной арматуры. Осветительная арматура служит для перераспределения светового потока, в результате чего повышается эффективность осветительной установки. Другой функцией осветительной арматуры является охранение глаз работающего от чрезмерно больших яркостей источника света. Степень возможного ограничения слепящего действия источника света зависит от защитного угла светильника, который образуется между горизонтальной линией и линией, соединяющей нить накала с противоположным краем отражения. Важной характеристикой светильника является КПД, который показывает отношение светового потока светильника к световому потоку лампы. По распределению света в пространстве светильники бывают прямого, рассеянного и отраженного света. Выбор типа светильника зависит от характера выполняемых работ. В зависимости от конструктивных особенностей светильники бывают открытые, закрытые, защищенные, пыленепроницаемые, влагозащитные, взрывозащитные. Из ламп накаливания наибольшее распространение получили светильники прямого света в открытом и защищенном исполнении. Ряд светильников выпускают для помещений с тяжелыми условиями труда. Специальным видом светильников являются световоды, применяемые для освещения на взрывоопасных производствах.

Нормирование искусственного освещения. В действующих нормах производственного освещения задаются как количественные (мин. освещенность), так и качественные характеристики (показатель ослепленности, глубина пульсации). Величина минимальной освещенности устанавливается по характеристике зрительной работы, которую определяют наименьшим размером объекта различия, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона. Различают 8 разрядов и 4 подразряда работ в зависимости от зрительного напряжения [7].

Нормирование естественного освещения. Естественное освещение характеризуется тем, что создаваемая освещенность изменяется в широких пределах, которые зависят от времени года, суток, метеорологических условий. Поэтому естественное освещение нельзя задать количественно. В качестве нормированной величины для естественного освещения используют коэффициент естественной освещенности (КЕО), который представляет собой отношение освещенности в данной точке внутри помещения к значению наружной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода. Нормированные значения этого коэффициента определяются по таблице с учетом характера зрительной работы, системы освещения, района расположения объекта. Кроме количественного показателя КЕО используют качественный показатель - неравномерность естественного освещения. Для естественного освещения с размером объекта 0,15 мм естественное освещение находится в пределах 3-10 %.

Расчет искусственного освещения. Задача расчета - определение потребляемой мощности электрической осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещенности. Проектируя установку необходимо решать следующие задачи:

* выбор источника света. Для освещения помещения желательно брать газоразрядные лампы, а для местного освещения - лампы накаливания;
* определение систему освещения;
* выбор типа светильника с учетом характеристик светового распределения по экономическим показателям, с учетом взрыво- и пожаробезопасности;
* определение количества светильников;
* определение нормы освещенности на рабочем месте. Для этого необходимо установить характер выполняемых работ по наименьшему размеру объекта различия.
  1. Обеспечение пожаро- и взрывобезопасности.

Общие сведения процессов горения пожаров и взрывов.

Горение - химическая реакция окисления, сопровождающаяся процессами выделения тепла и света. Для возникновения горения необходимо наличие горючего вещества, окислителя (О2,, Cr, F, Br, I) и источника загорания. В зависимости от свойств горючей смеси горение может быть гомогенным (все вещества имеют одинаковое агрегатное состояние) и гетерогенным В зависимости от скорости распространения пламени горение может быть дефлакрационным (порядка нескольких м/с), взрывным (≈10 м/с), детанационным (≈1000 м/с). Пожарам свойственно дефлакрационное горение. Денатационное горение - при котором импульс воспламенения передается от слоя к слою не за счет теплопроводности, а вследствие импульса давления. Давление в денатационной волне значительно больше давления при взрыв, что приводит к сильным разрушениям.

Процесс возникновения горения подразделяется на несколько видов: вспышка, возгорание, воспламенение, самовозгорание и взрыв.

Вспышка - быстрое горение горючей смеси не сопровождающаяся образованием сжатых газов при внесении в нее источника зажигания. При этом для продолжения горения оказывается недостаточным то количество тепла, которое образуется при кратковременном процессе вспышки.

Возгорание - явление возникновения горения под действием источника зажигания.

Воспламенение - возгорание, сопровождающееся появлением пламени. При этом вся оставшаяся часть горючего вещества остается холодной.

Самовозгорание - явление резкого увеличения скорости тепловых реакций в веществе, приводящее к возникновению горения в отсутствии источника возгорания. При этом окисление происходит вследствие соединения о2 воздуха и нагретого вещества за счет тепла химической реакции окисления. Самовозгорание - самопроизвольное появление пламени. Взрыв - горение вещества, сопровождающееся выделением большого количества энергии [8].

Причины пожаров на предприятии. Предприятия радиоэлектронной и машиностроительной промышленности отличаются повышенной пожароопасностью, т.к. их характеризуют сложность производственных процессов, значительное количество легковоспламеняемых и горючих веществ. Главная причина пожаров на предприятии - нарушение ТП. Основы защиты от пожаров определены ГОСТом "Пожарная безопасность" и "Взрывобезопасность". Этими стандартами допускается такая частота возникновения пожаров и взрывов, что вероятность их возникновения <10-6. Мероприятия по пожарной профилактике подразделяются на организационные, технические и эксплуатационные. Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию машин, правильное содержание зданий и противопожарный инструктаж рабочих и служащих. К техническим мероприятиям относятся соблюдение противопожарных норм, правил при проектировании зданий, при устройстве электропроводки, отопления, вентиляции и освещения. Мероприятия режимного характера - запрещение курения в неустановленных местах, производство сварных и огнеопасных работ в пожароопасных помещениях. Эксплуатационные мероприятия - профилактические осмотры, ремонт и испытания технологического оборудования.

Противопожарные меры проектирования предприятий.

Здание считается правильно спроектированным, если наряду с решением функциональных, санитарных и технических требований обеспечиваются условия пожаробезопасности. В соответствии с ГОСТом все строительные материалы по возгораемости делят на три группы [8]:

* несгораемые, под действием огня и высоких температур не возгораются и не обугливаются (металлы и материалы минерального происхождения);
* трудносгораемые, способны возгораться и гореть под воздействием постороннего источника возгорания (конструкции из древесины, покрытые огнезащитным слоем);
* сгораемые, способны самостоятельно гореть после удаления источника возгорания.

При пожаре конструкции могут нагреваться до высоких температур, прогорать, получать сквозные трещины, что может привести к пожарам в смежных помещениях.

Способность конструкции сопротивляться воздействию пожара в течении некоторого времени при сохранении эксплутационных свойств называют огнестойкостью. Огнестойкость конструкции характеризуется пределом огнестойкости, представляющим собой время в часах от начала испытания конструкции до появления в ней трещин, отверстий сквозь которые проникают продукты горения. В зависимости от величины предела огнестойкости здания подразделяют на 5 степеней. Повысить огнестойкость здания можно облицовкой и отштукатуриванием металлических частей конструкции. При облицовке стальной колонны гипсовыми плитами толщиной 6-7 см предел огнестойкости повышается с 0,3 до 3 часов. Одним из эффективных средств защиты древесины является пропитка ее антипиринами. Зонирование территории заключается в группировке в отдельный комплекс объектов, родственных по функциональному назначению и пожарной опасности. При этом помещения с повышенной пожароопасностью должны быть расположены с подветренной стороны. Т.к. котельные и литейные цеха являются причинами возникновения пожара, то их располагают с подветренной стороны по отношению к открытым складам с легковоспламеняемыми веществами. Для предупреждения распространения пожара с одного здания на другое между ними устраивают противопожарные разрывы. Количество передаваемого тепла от горящего объекта к соседнему зданию зависит от свойств горючих материалов, температуры пламя, величины излучающей поверхности, наличием противопожарных преград, взаимного расположения зданий и метеорологических условий. При определении расположения пожарного разрыва учитывают степень огнестойкости здания. Для предотвращения распространения огня используют противопожарные преграды. К ним относят: стены, перегородки, двери, ворота, люки, перекрытия. Противопожарные стены должны быть выполнены из несгораемых материалов с пределом огнестойкости не менее часов. А окна и двери с пределом огнестойкости - не менее 1 часа. Перекрытия не должны иметь проемов и отверстий, через которые могут проникать продукты горения.

Огнетушащие вещества и аппараты пожаротушения. В практике тушения пожаров наибольшее распространение получили следующие принципы прекращения горения [8]:

1. изоляция очага горения путем разбавления негорючими газами до концентрации, при которой горение затухает;
2. охлаждение очага горения;
3. интенсивное торможение скорости химической реакции в пламени;
4. механический срыв пламени в результате воздействия на него сильной струи газа или воды;
5. создание условий огнепреграждения, при которых пламя не распространяется через узкие каналы.

При воздействии на очаг пожара воды происходит охлаждение или разбавление горючей среды, в результате чего снижается содержание О2. Однако, вода находит ограниченное применение при тушении нефтепродуктов, т.к. они всплывают на поверхность и продолжают гореть. Тогда эффект тушения водой может быть повышен за счет подачи ее в распыленном виде. Для обеспечения тушения пожара в начальной стадии в большинстве зданий в водопроводной сети устанавливаются внутренние пожарные краны. К установкам водяного пожаротушения относят спринклерные и дренчерные установки. Спримклерная остановка - разветвленная, заполненная системой труб, оборудованных спринклерными головками, которые под воздействием определенной температуры (340, 414, 450°К) расплавляются и вода из системы под давлением выходит из отверстий головок и орошает конструкцию помещений. Дренчерное оборудование отличается от спринклерного тем, что дренчерные головки постоянно открыты (на них нет замков). Они используются для создания водяных завесов. Воду в дренчерную сеть подают через автоматические открывающиеся клапаны. Производства с высокой пожароопасностью не могут быть защищены от пожаров этими установками, т.к. они инерционны. Тогда надо использовать быстродействующие автоматические установки пожаротушения с клапанами. Кроме воды при тушении пожаров может быть использован углекислый газ. Обычно он находится в баллонах в сжиженном состоянии и применяется для тушения в снегообразном состоянии в виде хлопьев с температурой -70°С, а также в газообразном состоянии (для тушения пожаров в закрытых помещениях). В снегообразном состоянии - для тушения в небольшой зоне горения. Концентрация газа (СО2) в закрытом помещении ≤ 30 %.

Азот применяется для тушения пожаров в закрытых помещениях в тех же концентрациях что и СО2. Огнегасительное действие СО2 и N сводится к понижению концентрации О2 в зоне горения. В настоящее время находят применение огнегасительные вещества на основе голоидированных углеводородов. При введении их в зону горения происходит торможение химических реакций и горение прекращается. Для тушения пожаров широко используется огнегасительная пена. При тушении пена покрывает горящее вещество, изолирует его от окружающей среды, препятствует проникновению горючих веществ в зону горения. В процессе разрушения пены образуется жидкая пленка, смазывающая горящее вещество. При взаимодействии серной кислоты и растворов ее солей с угольной кислотой в результате реакции выделяется С2О2. С помощью пенообразователя получают устойчивую химическую пену способную прилипать и удерживаться на горящем веществе. Порошковые огнегасительные составы применяются для тушения небольших количеств горючих веществ, а также при тушение веществ, при тушении которых нельзя применить другие вещества. При этом выделение тепла прекращается. Сухой и чистый рассеянный песок тушит рассеянные газы.

Аппараты для тушения пожаров. Для тушения пожаров применяют огнетушители, переносные установки. К ручным огнетушителям относятся пенные, углекислотные, углекислотно-бромэтиловые и порошковые.

Пенные огнетушители используются для тушения пожара и обладают следующими достоинствами: простотой, легкостью, быстротой приведения огнетушителя в действие и выбрасыванием жидкости в виде струи. Заряд пенного огнетушителя состоит из двух частей: кислотной и щелочной. На предприятиях используются пенные огнетушители ОХП10. Продолжительность действия - 65 секунд, дальность - 8 метров, масса - 15 кг. Огнетушитель приводится в действие поворотом рукоятки вверх до отказа. При этом открывается пробка колбы, затем огнетушитель поворачивается головкой вниз, в результате чего кислота выливается в баллон и происходит химическая реакция. Образующийся при этом СО2 вызывает вспенивание жидкости, создает в баллоне давление 1000 кПа и выбрасывает жидкость в виде струи пены из баллона.

Используются стандартные передвижные пеногенераторы, которые позволяют непрерывно получать химическую пену. Пеногенератор типа ПГМ-50 применяют для тушения легковоспламеняющейся и горючей жидкости. Ручные огнетушители высокократной пены типа ОВП-5 заряжают 5-и % раствором пенообразователя. При работе огнетушителя сжатая двуокись углерода выбрасывает раствор пенообразователя через насадку, образуя струю высокократной пены. Химические пенные и воздушнопенные огнетушители нельзя применять для тушения пожаров на электроустановках, находящихся под напряжением. В этом случае используют углекислотные огнетушители. К ним относятся огнетушители ОУ-2 и ОУ-5. Такой огнетушитель состоит из баллона, запорно-пускового вентиля, сифонной трубки, гибкого металлического шланга, диффузора (распылителя), рукоятки и предохранителя. Запорный вентиль имеет предохранительное устройство в виде мембраны, которая сбрасывается при повышении давления в баллоне. При повышении давления от 17000 до 20000 кПа срабатывает предохранительное устройство, время действия которого 60 секунд, дальность - 2 м. Для приведения огнетушителя в действие его надо расположить вблизи очага пожара, повернуть диффузор в направлении огня, открыть поворотом маховика вентиль и направить углекислоту в очаг горения. Углекислотнобромоэтиловый огнетушитель ОУБ-7 используется для тушения горящих твердых и жидких веществ, для тушения электроустановок под напряжением. Он состоит из баллона емкостью 7 л, заполненной бромистым этилом и двуокисью углерода, а также сжатым воздухом для выбрасывания вещества. Порошковый огнетушитель предназначен для тушения небольших очагов загорания щелочных металлов и кремнеорганических соединений. Он состоит из сварного корпуса емкостью 10 л, крышки с предохранительным клапаном и сифонной трубкой, баллончиком для газа емкостью 0,7 л, соединенным с корпусом при помощи трубки, гибкого шланга с удлинителем. Рабочее давление в корпусе 700 кПа. Порошок из корпуса огнетушителя выталкивается сжатым инертным газом через сифонную трубку наружу.

Пожарная сигнализация. Возможность быстрой ликвидации пожара зависит от своевременного оповещения о пожаре. Распространенным средством оповещения является телефонная связь. Также быстрым и надежным видом пожарной связи является электрическая система, которая состоит из 4 частей: прибора-извещателя (датчиков), которые устанавливаются на объекте и приводятся в действие автоматически; приемной станции, принимающей сигналы от получателя; системы проводов, соединяющей датчики с приемной станцией; аккумуляторных батарей. Электрическая пожарная сигнализация в зависимости от схемы соединения с приемной станцией бывает лучевая и кольцевая. При лучевой схеме от датчика до приемной станции делается отдельная проводка, называемая лучом. Луч состоит из двух самостоятельных проводов: прямого и обратного. При кольцевой схеме все извещатели установлены последовательно на один общий провод, оба конца которого выведены на приемный аппарат.

Автоматические пожарные извещатели в зависимости от воздействующего фактора бывают дымовыми, тепловыми и световыми. Дымовой фактор реагирует на появление дыма. Тепловой на повышение температуры воздуха в помещении. Световой - на излучение открытого пламени. Тепловые автоматические извещатели по типу применяемого чувствительного элемента делятся на биметаллические, термопарные и полупроводниковые.

ВЫВОДЫ

В ходе выполнения данной работы рассмотрены основныевиды выпрямителей электрических сигналов, их основные параметры и характеристики. Приведена классификация выпрямителей, их основные свойства и характеристики. Исследованы виды и режимы работы различных выпрямителей. Проведен анализ существующих схемных решений. Спроектирован однофазный мостовой симметрично управляемый выпрямитель с системой управления. Спроектирована принципиальная схема и произвен электрический расчет функциональных электрорадиоэлементов системы импульсно-фазового управления тиристорными преобразователями. Построены временные диаграммы работы схемы и описан принцип ее работы Разработана схема и рассчитаны параметры электрорадиоэлементов данного радиоэлектронного устройства. Разработанная схема выпрямителя обладает параметрами удовлетворяющими требованиям технического задания.

Разработаны мероприятия по технике безопасности, охране труда и экологии.

# Список литературы

1. Розанов Ю.К. Основы силовой преобразовательной техники: М.: «Энергия», 1999.-392 с.

2. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В.Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов.-М.:«Радио и связь»,1988.-576 с.

3. Справочник по электрическим машинам: / Под общей редакцией Копылова и Б.К. Клокова Т. 1. - М.: «Энергоатомиздат», 1988.-456 с.

4. О.Г.Чебовский, А.Г. Моисеев: Электрические аппараты. Л: <<Энергостат>>,1991- 304с.

5. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для тех. спец. вузов / Под

ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1993.

6. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для вузов / В.Е. Анофриков, С.А. Бобок, М.Н. Дудко, Г.Д. Елистратов / ГУУ. М., ЗАО « Финстатинформ»,1999.   
7. Охрана труда. Под ред. Б.А. Князевского. М., «Высшая школа», 1972.   
8. Охрана труда в строительстве. Инженерные решения: Справочник / В.И.Русин, Г.Г.Орлов, Н.М.Неделько и др. К., «Будивэльнык», 1990.   
9. Охрана труда в энергетике. Под ред. Б.А. Князевского. М., «Энергоатомиздат», 1995/