

Министерство образования и науки Республики Казахстан
Карагандинский государственный технический университет

Утверждаю
Первый проректор

_____ 20 ____ г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
ПРЕПОДАВАТЕЛЯ**

по дисциплине «Управляемые преобразователи электроэнергии»

для докторантов специальности - Электроэнергетика

Факультет энергетики, связи и автоматизации

Кафедра Автоматизации производственных процессов

Предисловие

Учебно-методический комплекс дисциплины преподавателя разработан:
доктором технических наук, профессором Брейдо И.В.

Обсуждена на заседании кафедры автоматизации производственных процессов

Протокол № 11 от «18» февраля 2010г.

Зав. кафедрой _____ Брейдо И.В. « 19» февраля 2010г.

Одобрена методическим бюро института _____ энергетике, телекоммуникаций и
автоматики

Протокол №11 от «24» декабря 2009г.

Председатель _____ Каверин В.В. «25» декабря 2009г.

1 Рабочая учебная программа

1.1 Сведения о преподавателе и контактная информация

Ф.И.О. Брейдо Иосиф Вульфович

Ученая степень, звание, должность: д.т.н., профессор, заведующий кафедрой. Кафедра автоматизации производственных процессов находится в главном корпусе КарГТУ (Б.Мира, 56), аудитория 131, контактный телефон 56-51-84 (кафедра АПП)

1.2 Трудоемкость дисциплины

Семестр	Количество кредитов	Вид занятий					Количество часов СРД	Общее количество часов	Форма контроля
		количество контактных часов			количество часов СРДП	всего часов			
		аудиторных	Практические/семинарские занятия	лабораторные занятия					
4	3	45	45	-	90	135	90	225	Экзамен

1.3 Характеристика дисциплины

Дисциплина «Управляемые преобразователи электроэнергии» является профилирующей (ПД) для докторантов специальности – Электроэнергетика.

1.4 Цель дисциплины

Целью изучения данной дисциплины «Управляемые преобразователи электроэнергии» является ознакомление с основами теории расчета и проектирования силовых преобразовательных установок.

1.5 Задачи дисциплины

Задачи дисциплины следующие: формировать у докторантов твердые основы знаний, высокую математическую культуру и практические навыки, достаточные для успешной производственной деятельности и позволяющие ему самостоятельно осваивать новые необходимые знания и достижения в области программирования и решения инженерных задач.

В результате изучения данной дисциплины докторанты должны:

иметь представление о:

- об истории развития управляемых преобразователей электроэнергии;
- об основных проблемах разработки преобразователей электроэнергии и её эксплуатации;
- о технических характеристиках элементов силовой части преобразователей и серийно выпускаемых в СНГ тиристорных преобразователей электрической энергии.

знать:

- принципы построения схем управляемых преобразователей электроэнергии и систем их управления;
- режимы работы управляемых преобразователей;
- технические характеристики элементов силовой части преобразователей;
- эксплуатационные характеристики различных типов преобразователей,
- теоретические основы;
- методы расчета и проектирования тиристорных преобразователей электрической энергии.

уметь:

- выполнять расчет основных параметров элементов силовой части различных типов преобразователей и осуществлять их выбор с использованием справочной литературы.

приобрести практические навыки:

- расчета и конструирования управляемых преобразователей электроэнергии.

1.6 Пререквизиты

Для изучения данной дисциплины необходимо усвоение следующих дисциплин (с указанием разделов (тем)):

Дисциплина	Наименование разделов (тем)
1 «Контрольно-измерительные средства электротехнических комплексов и систем»	Основные представления о контрольно-измерительных средствах электротехнических комплексов и систем. Классификация измерений. Электромеханические приборы и преобразователи
2 «Методы и средства защиты электрооборудования»	Режимы работы шахтных электрических цепей. Особенности шахтных электрических цепей. Токи утечки в электрических сетях с изолированной нейтралью. Методы измерения сопротивления изоляции сетей под рабочим напряжением.

1.7 Постреквизиты

Знания, полученные при изучении курса «Управляемые преобразователи электроэнергии», используются при освоении следующих дисциплин: «Комплектные электроприводы».

1.8 Содержание дисциплины

1.8.1 Содержание дисциплины по видам занятий и их трудоемкость

Наименование раздела (темы)	Трудоемкость по видам занятий, час.				
	семинары	аудиторные	лабораторные	СРДП	СРД
1. Классификация управляемых преобразователей электрической энергии. Управляемые выпрямители. Импульсные преобразователи напряжения.	2	–	–	6	6

Наименование раздела (темы)	Трудоемкость по видам занятий, час.				
	семинары	аудиторные	лабораторные	СРДП	СРД
2. Технические характеристики элементов силовой части управляемых преобразователей. Диоды. Тиристор. Симистор	2	–	–	6	6
3. Групповое включение вентиляей. Последовательное включение вентиляей. Параллельное включение вентиляей.	2	–	–	6	6
4. Классификация тиристорных выпрямителей. Однофазные тиристорные выпрямители.	2	–	–	6	6
5. Полууправляемые тиристорные выпрямители. Полностью управляемый тиристорный однофазный преобразователь. Трехфазные управляемые выпрямители. Коммутатор переменного напряжения.	2	–	–	6	6
6. Повышение надежности работы полупроводниковых преобразователей напряжения. Основные уравнения выбора параметров РС-цепи. Методика выбора активных элементов тиристорного преобразователя. Определение максимального значения обратного напряжения тиристора. Определение максимального значения тока тиристора.	2	–	–	6	6
7. Трехфазная схема тиристорного преобразователя. Определение $I_{пр.мах}$ для тиристорных коммутаторов переменного напряжения. Трансформаторное подключение ТП. КПД тиристорных преобразователей. Мощность потерь на ТП. Реакторное подключение ТП. Предохранители и устройства защиты в силовых цепях тиристорных преобразователей.	2	–	–	6	6
8. Структурная схема систем управления тиристорных преобразователей. Функциональное назначение элементов структурной схемы. Эпюры напряжения, поясняющие работу системы фазового управления.	2	–	–	6	6
9. Силовая часть управляемого однопериодного трехфазного выпрямителя. Структурная схема системы управления трехфазного однополупериодного выпрямителя. Схема силовой части полууправляемого выпрямителя, собранного по схеме Ларионова.	2	–	–	6	6

Наименование раздела (темы)	Трудоемкость по видам занятий, час.				
	семинары	аудиторные	лабораторные	СРДП	СРД
10. Система управления трехфазного полууправляемого выпрямителя. Схема силовой части полностью управляемого трехфазного выпрямителя.	2	–	–	6	6
11. Система управления полностью управляемого трехфазного выпрямителя. Эпюры напряжения. Принципиальная схема силовой части однофазного коммутатора переменного напряжения. Структурная схема системы управления коммутатора переменного напряжения. Эпюры напряжения на выходе блоков структурной схемы СИФУ.	2	–	–	6	6
12. Системы управления преобразователями частоты. Расчет схемы управления автономным инвертором.	6	–	–	6	6
13. Схемы управления регулируемыми выпрямителями. Источники питания схем управления.	6	–	–	6	6
14. Релейно-контакторная автоматика и защита преобразователя.	6	–	–	6	6
15. Схемы и характеристики выполненных преобразователей частоты.	5	–	–	6	6
ИТОГО:	45	–	–	90	90

1.9 Список основной литературы

1. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА: Справ, пособие / Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов, Т.П. Новикова. -М.: Радио и связь, - 1984. - 256 с.: ил.
2. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / С. В. Якубовский, Л.И. Ниссельсон, В.И. Кулешова и др.; Под ред. С.В. Якубовского М.: Радио и связь, 1990. - 496 с.: ил.
3. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник/И. Х. Евзеров, А.С. Горобец, Б.И. Мошкович и др.; Под ред. канд. техн. наук В.М. Перельмутера. -М.: Энергоиздат, 1988. - 319 с.: ил.
4. Основы промышленной электроники: Учеб. для неэлектротехн. спец вузов/ Герасимов В.Г.,О.М. Князьков, А.Е. Краснопольский, В.В. Сухоруков; Под ред. В.Г. Герасимова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: "Высшая школа", 1968. – 336с., ил.
5. Промышленная электроника: Учебник для вузов/ Миклашевский С.П. – М., "Высшая школа", 1963.
6. Промышленная электроника: Учебник для вузов/ Г.Н. Горбачев, Е.Е. Чаплыгин; Под ред. В.А. Лабунцова. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 320с.: ил.

1.10 Список дополнительной литературы

7. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
8. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
9. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
10. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
11. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
12. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005

1.11 Критерии оценки знаний докторантов

Экзаменационная оценка по дисциплине определяется как сумма максимальных показателей успеваемости по рубежным контролям (до 60%) и итоговой аттестации (экзамену) (до 40%) и составляет значение до 100% в соответствии с таблицей.

Оценка по буквенной системе	Цифровые эквиваленты буквенной оценки	Процентное содержание усвоенных знаний	Оценка по традиционной системе
A	4,0	95-100	Отлично
A-	3,67	90-94	
B+	3,33	85-89	Хорошо
B	3,0	80-84	
B-	2,67	75-79	
C+	2,33	70-74	Удовлетворительно
C	2,0	65-69	
C-	1,67	60-64	
D+	1,33	55-59	
D	1,0	50-54	

Оценка «А» (отлично) выставляется в том случае, если докторант в течение семестра показал отличные знания по всем программным вопросам дисциплины, а также по темам самостоятельной работы, регулярно сдавал рубежные задания, проявлял самостоятельность в изучении теоретических и прикладных вопросов по основной программе изучаемой дисциплины, а также по внепрограммным вопросам.

Оценка «А-» (отлично) предполагает отличное знание основных законов и процессов, понятий, способность к обобщению теоретических вопросов

Вид контроля	% -ое содержание	Академический период обучения, неделя														Итого, %		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15	
Всего	100																-	100

1.12 Политика и процедуры

При изучении дисциплины «Управляемые преобразователи электроэнергии» прошу соблюдать следующие правила:

- 1 Не опаздывать на занятия.
- 2 Не пропускать занятия без уважительной причины, в случае болезни прошу представить справку, в других случаях – объяснительную записку.
- 3 В обязанности докторанта входит посещение всех видов занятий.
- 4 Согласно календарному графику учебного процесса сдавать все виды контроля.
- 5 . При подготовке к СРД предварительно изучить соответствующий раздел теоретической части дисциплины и ответить на поставленные преподавателем контрольные вопросы.
6. Активно участвовать в учебном процессе.
7. Быть терпимыми, открытыми, откровенными и доброжелательными к сокурсникам и преподавателям.

1.13 Учебно-методическая обеспеченность дисциплины

Ф.И.О автора	Наименование учебно-методической литературы	Издательство, год издания	Количество экземпляров	
			в библиотеке	на кафедре
Основная литература				
Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов, Т.П. Новикова	Разработка и оформление конструкторской документации РЭА. Справочное пособие	М.: Радио и связь, - 1984. - 256 с.: ил	12	1
И.Х. Евзеров, А.С. Горобец, Б.И. Мошкович и др. Под ред. канд. техн. наук В.М. Перельмутера	Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник	М.: Энергоиздат, 1988. - 319 с.: ил.	3	1
С. В. Якубовский, Л.И. Ниссельсон, В.И. Кулешова и др.; Под ред. С.В. Якубовского	Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник	М.: Радио и связь, 1990. - 496 с.: ил.	3	1
Дополнительная литература				
Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера.	Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами	М.: Энергоиздат, 1982. - 416 с.: ил.	3	1
А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова.	Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник	3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 744 с.: ил.	5	1
Сен П.	Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ.	М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.	5	1
А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова.	Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник	М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.	3	1
В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов.	Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник	М.: Радио и связь, 1988. - 576 с.: ил.	3	1
В.В. Каверин	Преобразовательная техника	Караганда.: КарГТУ, 2005	55	3

2 График выполнения и сдачи заданий по дисциплине

Вид контроля	Цель и содержание задания	Рекомендуемая литература	Продолжительность выполнения	Форма контроля	Срок сдачи
Семинар №1	Система генератор-двигатель (система Леонардо)	1-12	3 недели	Текущий	1 неделя
Семинар №2	Магнитные усилители	1-12	3 недели	Текущий	2 неделя
Семинар №3	Полупроводниковые системы управления	1-12	3 недели	Текущий	3 неделя
Семинар №4	Тиристорные преобразователи постоянного тока	1-12	3 недели	Текущий	4 неделя
Семинар №5	Импульсные преобразователи постоянного тока	1-12	3 недели	Текущий	5 неделя
Семинар №6	Коммутаторы переменного напряжения	1-12	3 недели	Текущий	6 неделя
Семинар №7	Инверторы переменного напряжения со звеном постоянного тока	1-12	3 недели	Рубежный	7 неделя
Семинар №8	Управляемые выпрямители	1-12	3 недели	Текущий	8 неделя
Семинар №9	Импульсные преобразователи	1-12	3 недели	Текущий	9 неделя
Семинар №10	Анализ электромагнитных процессов в ШИП с комбинированной коммутацией при статической нагрузке	1-12	3 недели	Текущий	10 неделя
Семинар №11	Автономные инверторы и преобразователи частоты	1-12	3 недели	Текущий	11 неделя
Семинар №12	Области применения автономных инверторов и преобразователей частоты	1-12	3 недели	Текущий	12 неделя
Семинар №13	Структурные схемы систем с автономными инверторами	1-12	3 недели	Текущий	13 неделя
Семинар №14	Инверторы тока и инверторы напряжения	1-12	3 недели	Текущий	13 неделя
Семинар №15	Способы коммутации обычных тиристоров	1-12	3 недели	Рубежный	14 неделя
СРД	Контроль усвоения самостоятельно изученного материала.	В соответствии с тематикой реферата	270 час	Реферат, доклад (текущий)	Согласно графика СРД
Экзамен	Проверка усвоения материала дисциплины	Весь перечень основной и	40 час	Итоговый	В период

Вид контроля	Цель и содержание задания	Рекомендуемая литература	Продолжительность выполнения	Форма контроля	Срок сдачи
		дополнительно й литературы			сессии

3 Конспект лекций

Тема №1 Классификация управляемых преобразователей электрической энергии

План лекции

1. Управляемые выпрямители
2. Импульсные преобразователи напряжения

Регулируемые преобразователи электрической энергии предназначены для непрерывного управления энергией потребляемой нагрузкой. Современные управляемые преобразователи собраны, как правило на базе полупроводниковых управляемых вентилях. Управляемые преобразователи имеют высокую надежность, просты в эксплуатации, имеют высокие технико-экономические показатели и нашли широкое применение в промышленности. Коэффициент полезного действия преобразователей весьма высок и составляет более 95%. К недостаткам тиристорных преобразователей следует отнести – искажение синусоидальной формы напряжения источника питания, что негативно сказывается на характеристиках других потребителей подключённых к этому же источнику электроэнергии.

Управляемые выпрямители

Основной функцией управляемых выпрямителей является преобразование переменного напряжения в регулируемое постоянное напряжение.

Выпускаемые промышленностью управляемые выпрямителей подразделяются, в зависимости от параметров источника питания силовой части преобразователя, на однофазные и трехфазные. Выбор наиболее подходящей схемы преобразователя зависит от числа фаз питающей сети, мощности привода, допустимой амплитуды пульсаций напряжения на нагрузке, необходимости изменения полярности напряжения на нагрузке и необходимости рекуперации энергии в сеть.

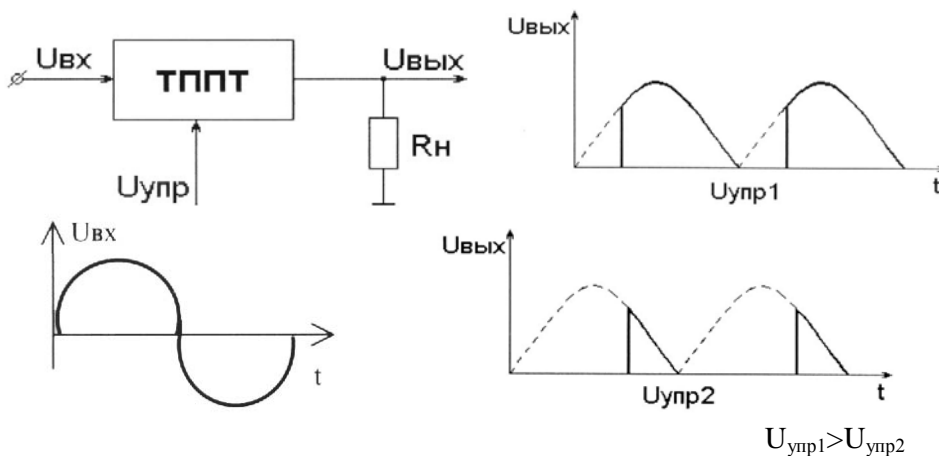
По схемотехническому решению силовой части управляемого выпрямителя можно выделить две группы - полууправляемые и полностью управляемые.

Полууправляемые преобразователи работают только в режиме управляемой передачи энергии от источника к нагрузке (двигательный режим), Полностью управляемые преобразователи обеспечивают работу, как в двигательном режиме так и в рекуперативном режиме (управляемая передача энергии от нагрузки к источнику), однако для организации реверса (изменения

полярности напряжения на нагрузке) требуется два комплекта управляемых выпрямителей.

Полностью управляемые, двухкомплектные преобразователи, в составе регулируемого электропривода постоянного тока, позволяют регулировать скорость двигателя во всех четырех квадрантах. Двух комплектные схемы с полууправляемыми мостами обеспечивают работу электропривода в двух квадрантах. Двухкомплектные преобразователи обеспечивают практически мгновенный реверс тока в якорной цепи двигателя и соответственно непрерывное регулирование. Тиристорный преобразователь постоянного тока (ТППТ) имеет один канал управления, посредством которого регулируется напряжение на нагрузке (R_n).

На рис.1 представлена функциональная схема преобразователя переменного напряжения в регулируемое постоянное напряжение и диаграммы входного и выходного напряжения поясняющие работу выпрямителя.



$U_{упр}$ - напряжение управление;

$U_{вх}$ - напряжение питание преобразователя;

$U_{вых}$ - регулируемое постоянное напряжение на выходе преобразователя;

R_n - сопротивление нагрузки преобразователя.

Рисунок 1. Функциональная схема управляемого выпрямителя

В основном управляемые и тиристорные преобразователи используются в регулируемых электроприводах постоянного тока для питания цепей якоря и цепей обмотки возбуждения. Реверсивные преобразователи с рекуперацией энергии в сеть используются для питания якорных цепей электродвигателей постоянного тока. Для питания цепи обмотки возбуждения, как правило, используются упрощенные схемы тиристорных преобразователей нереверсивные и без рекуперации энергии в сеть. Также регулируемые тиристорные преобразователи постоянного тока используются для организации тормозного режима асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Дополнительная область применения регулируемых тиристорных

преобразователей постоянного тока — питание цепи возбуждения синхронного двигателя и управление процессом зарядки аккумуляторных батарей.

Импульсные преобразователи напряжения

Импульсные преобразователи предназначены для преобразования постоянного напряжения в регулируемое импульсное напряжение с использованием широтно-импульсной модуляции. Функциональная схема и диаграммы входных и выходных напряжений, поясняющие работу импульсного преобразователя представлены на рисунке 2.



Рисунок 2. Функциональная схема импульсного преобразователя напряжения.

Работа импульсного преобразователя основана на изменении скважности выходного напряжения при постоянной частоте, при этом амплитудное напряжение на нагрузке остается постоянным, а за счет изменения скважности изменяется среднее значение напряжения на нагрузке.

Используются импульсные преобразователи в основном в составе регулируемого электропривода постоянного тока

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.

3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005

Контрольные задания для СРД (тема 1) [1-12]

- 1.Объяснить работу управляемых выпрямителей.
2. Объяснить работу ИПН.

Тема №2 Технические характеристики элементов силовой части управляемых преобразователей. Диоды. Тиристор. Симистор.

План лекции

- 1.Диоды
- 2.Тиристоры
3. Симисторы

ДИОДЫ

На рисунке 7 представлено условно-графическое обозначение неуправляемых вентилей (диодов).

А - анод
К - катод



Рисунок 7. Условно-графическое обозначение неуправляемых вентилей (диодов).

Однбуквенное обозначение [V1].

Двухбуквенное обозначение [VD1].

Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода представлена на рисунке 8

U – напряжение между анодом и катодом.

I - ток протекающий через диод.

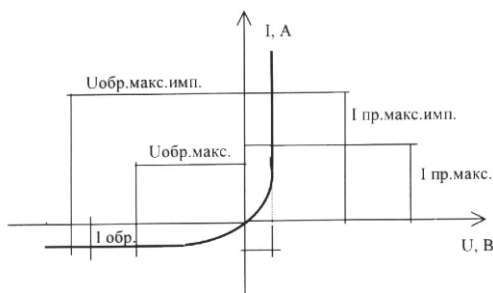


Рисунок 8. Вольт-амперная

характеристика полупроводникового диода.

В первом квадранте представлены характеристики диода соответствующие открытому состоянию вентиля, то есть к его аноду приложен положительный потенциал, а к катоду отрицательный потенциал, а в третьем квадранте - закрытому состоянию вентиля то есть к его аноду приложен отрицательный потенциал, а к катоду положительный потенциал. Величина обратного тока $I_{обр}$ (Рис. 7) соответствует рабочей точке ВАХ в третьем квадранте и соответствует значению $U_{обр. макс}$. К электрическим параметрам относится $U_{пр}$ - падение напряжения между анодом и катодом открытого вентиля, соответствует $I_{пр. макс}$.

Все технические характеристики вентиля представленные в справочнике [5] делятся на две группы:

1.Электрические параметры.

2.Предельные эксплуатационные данные.

К электрическим параметрам относятся:

- Динамическое сопротивление - определяемое выражением

$$R_{дин} = \frac{dU_{ак}}{dI_{обр}}$$

где: $U_{ак}$ - напряжение между анодом и катодом закрытого состояния вентиля, $I_{обр}$ - обратный ток диода.

- Время обратного восстановления - время, за которое рабочая точка ВАХ полупроводникового диода переходит из первого квадранта в третий и обратно.

- $Q_{вос}$ - заряд обратного восстановления это накапливаемый заряд на закрытом PN переходе вентиля, определяющий скорость перехода из третьего квадранта в первый и обратно.

К предельным эксплуатационным данным относятся:

- $U_{обр. макс}$ - напряжение, которое можно прикладывать к аноду и катоду продолжительное время.

- $U_{обр. макс. имп}$ - напряжение, которое можно прикладывать кратковременно.

- $I_{пр. макс}$ - продолжительный ток, протекающий через диод в открытом состоянии.

- $I_{\text{пр. макс. имп}}$ - ток, протекающий через диод кратковременно.
- $U_{\text{обр. макс}}$ - максимальное напряжение закрытого состояния вентиля в технических характеристиках указывается классом диода. Каждый класс диода соответствует 100В обратного напряжения.

Пример:

Диод - Д 122-40;
 $U_{\text{обр. макс}} \equiv 100 \div 1400 \text{ В.}$ (1 - 14 класс)
 $I_{\text{пр. макс}} \equiv 40 \text{ А}$
 $U_{\text{обр. макс. имп}} \equiv 400 \div 1500 \text{ В}$
 $I_{\text{пр. макс. имп}} \equiv 400 \text{ А}$ ($\tau \equiv 10 \text{ мс}$)
 $T_{\text{кр}} = +160^\circ\text{С}$

ТИРИСТОРЫ

На рисунке 9 представлено условно-графическое обозначение управляемых вентилях (тиристоров).

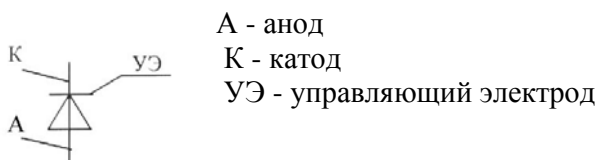
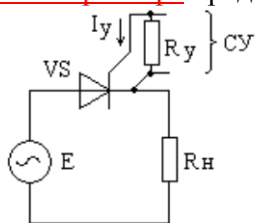


Рисунок 9. Условно-графическое обозначение управляемых вентилях (тиристоров).

Буквенно-цифровое обозначение тиристора
 Однобуквенное обозначение - V1,
 Двухбуквенное обозначение VS1.

Регламентированная техническими условиями эксплуатации схема включения тиристора представлена на рисунке 10.



СУ - сигнал управления,
 E - источник переменного напряжения,
 R_у - резистор в цепи управления (регламентирован техническими условиями эксплуатации)

Рисунок 10. Типовая схема включения тиристора.

Конструктивно на выводе катода тиристора существует специальный вывод для подключения слаботочных выводов управляющего сигнала и резистора (R_y).

Величина R_y регламентирована для каждого тиристора в справочной литературе индивидуально и находится в пределах 5 - 60 Ом.

Например: для тиристора T15-200, T15-250 $R_y = 10$ Ом.

Полярность управляющего сигнала относительно катода положительная.

Вольтамперная характеристика тиристора представлена на рисунке 11

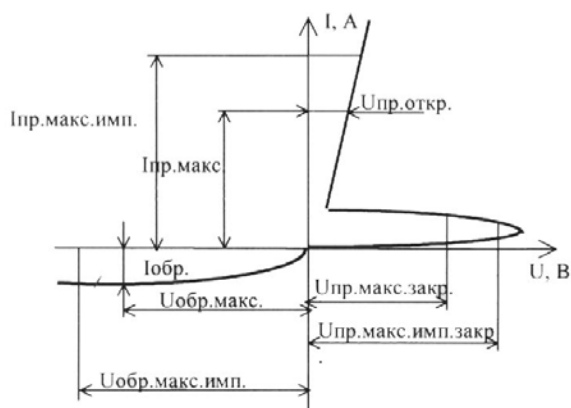


Рисунок 11. Вольтамперная характеристика тиристора.

Основные технические характеристики тиристора:

Электрические параметры

Силовой канал.

- ток удержания - регламентирует минимальную величину тока удержания силового канала тиристора в открытом состоянии, например (T142-40 $I_{удер} = 0,12$ А);

ток включения, этот параметр характеризует минимальную величину тока по силовому каналу в момент включения тиристора которую, чтобы обеспечить устойчивое включение тиристора, например (T 142-40 $I_{вкл} = 0,21$ А);

- ток включения, этот параметр характеризует минимальную величину тока по силовому каналу в момент включения тиристора которую, чтобы обеспечить устойчивое включение тиристора, например (T 142-40 $I_{вкл} = 0,21$ А);

- время включения - регламентирует время перехода рабочей точки вольтамперной характеристики тиристора из третьего квадранта в первый квадрант, например (T 142-40 $T_{вкл} = 20$ мкс);

- время обратного восстановления - регламентирует время перехода рабочей точки вольтамперной характеристики тиристора из первого квадранта в третий квадрант, например (T142-40 $T_{выкл} = 63 - 100$ мкс);

- заряд обратного восстановления - это накапливаемый заряд на закрытом PN переходе вентиля, определяющий скорость перехода из третьего квадранта в первый и обратно, например (T142-40 $Q_{вос} = 140$ мкКл).

Пределные эксплуатационные данные

Силовой канал:

- повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии, например ($T142-40 U_{з.п.} = 1300 \div 2000В$);
- рабочее импульсное напряжение в закрытом состоянии, например ($T142-40 U_{з.р.} = 0.8 U_{з.п.}$);
- критическая скорость нарастания напряжения между анодом и катодом закрытого тиристора например ($T142-40 dU/dt =$:
2 класс - 50 В/мкс
4 класс - 200 В/мкс
6 класс - 500 В/мкс
7 класс - 1000В/мкс);
- максимально допустимый средний ток в открытом состоянии, например ($T142-40 I_{oc.c.} = 40А$).

Канал управления:

- минимально допустимый прямой импульсный ток управления, например ($I_{y,от,min} = 0,65А$);
- максимально допустимый прямой импульсный ток управления, например ($I_{y,от,max} = 2,5А$)

Полярность управляющего сигнала относительно катода положительная.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИМИСТОРА.

Условно-графическое обозначение симисторов представлено на рисунке

12.

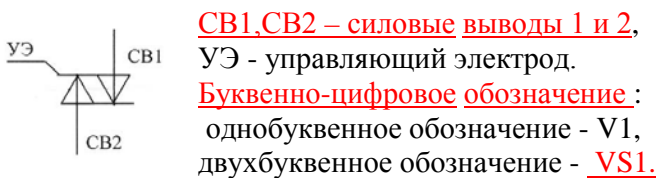


Рисунок 12. Условно-графическое обозначение симистора.

Типовая схема включения симистора, регламентированная техническими условиями эксплуатации имеет вид.

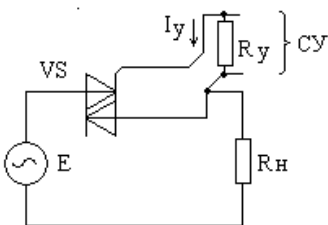


Рисунок 13. Типовая схема включения симистора.

Слаботочный вывод, конструктивно расположенный на силовом выводе предназначен для подключения цепей управления и резистора R_u . Полярность сигнала для каждого типа симистора оговорена индивидуально в справочной литературе и в технических условиях эксплуатации.

Вольт – амперная характеристика симистора представлен на рисунке 14.

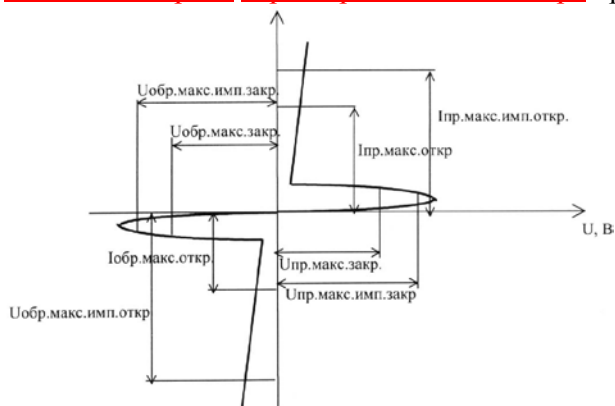


Рисунок 14. Вольтамперная характеристика симистора.

Основные названия и смысловая нагрузка электрических параметров симисторов совпадают с названиями электрических параметров тиристоров.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005

Контрольные задания для СРД (тема 2) [1-12]

1. Объяснить работу диодов.
2. Объяснить работу тиристоров.
3. Объяснить работу симисторов.

Тема №3 Групповое включение вентиляй.

План лекции

1. Последовательное соединение вентиляй
2. Параллельное соединение вентиляй

В том случае, когда при разработке силовой части преобразователей амплитудное значение напряжения источника питания превышает величину $U_{зс.мах}$ используется схема последовательного включения вентиляй. Принципиальная схема последовательного включения вентиляй представлена на рисунке 13.

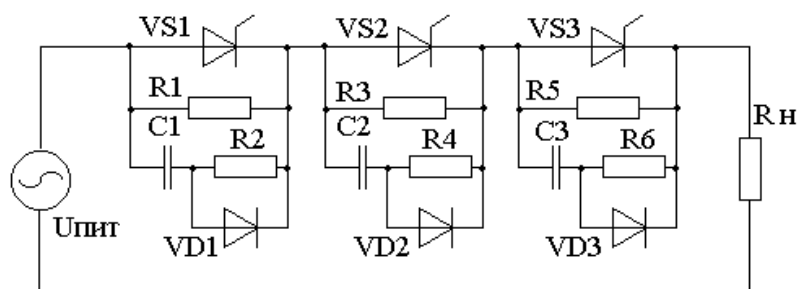


Рисунок 15. Принципиальная схема последовательного включения силовых тиристоров.

—Основные требования к вентилям, включаемым в последовательную цепь: полупроводниковые вентиля включаемые в последовательную цепь должны быть одного класса, вентиля должны быть одной и той же марки.

Формат: Список

Число последовательно включённых вентиляй VS можно определить из выражения

$$U_{зс.мах} = \frac{K_3 U_{ампл.имп.мах}}{n_v},$$

где n_v — количество силовых вентиляй включённых последовательно,

$U_{зс.мах}$ - максимальное напряжение закрытого состояния вентиля,

$U_{ампл.имп.мах}$ - величина амплитудного напряжения источника питания,

K_3 - коэффициент запаса (для курсового проекта принять $K_3=1,2$).

Резисторы R1,R3,R5 выполняют функцию статической балансировки последовательно включённых вентиляй. Статическая балансировка позволяет компенсировать неравенство падения напряжения на каждом вентиле в закрытом состоянии. Это неравенство напряжений определяется различным значением токов силового канала в закрытом состоянии вентиля.

Элементы C1,R2,C2,R4,C3,R5 выполняют функцию динамической балансировки. Элементы динамической балансировки компенсируют разброс величины заряда обратного восстановления вентиляй включенных в последовательную цепь.

Величина сопротивления резисторов R1,R3,R5 определяется по формуле:

$$R_n = \frac{U_{зс. max.}}{10 \times I_{зс.}}$$

МОЩНОСТЬ резистора статической балансировки определяется по формуле

$$P_R = I_R \times U_R$$

где: P_R - тепловая мощность выделяемая на резисторе,

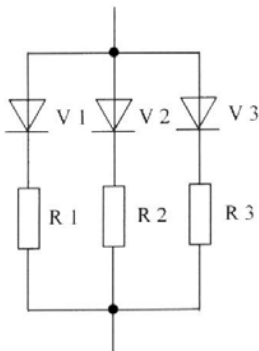
I_R - ток протекаемый через резистор, U_R - падение напряжения на резисторе.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ВЕНТИЛЕЙ.

Параллельное включение вентиля применяется в том случае когда, ток протекаемый через вентиль превышает величину $I_{oc. cp.}$, регламентированное справочной литературой.

Параллельная схема включения вентиля с использованием уравнивающих резисторов.

Параллельное соединение необходимо выполнять с использованием уравнивающих резисторов $R1 - R3$ (рисунок 16), в том случае, когда величина $U_{oc. пр.}$ каждого вентиля включённого в параллельную цепь не отличается больше чем на 15%, в противном случае целесообразно использовать схему с уравнивающими трансформаторами (рисунок 17).



$R1, R2, R3$ - уравнивающие сопротивления,
 $V1, V2, V3$ - вентили включённые в параллельную цепь.

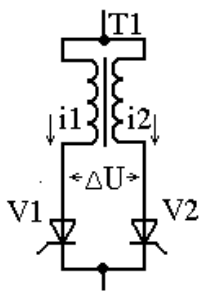
Рисунок 16. Принципиальная схема параллельного включения силовых вентиля с использованием уравнивающих резисторов.

Основные требования к вентилям, включенным в параллельную цепь:

- 1. Вентили должны быть одного и того же класса, одной и той же марки.**
- 2. С целью обеспечения идентичности тепловых режимов целесообразно располагать вентили на одном и том же тепло отводе.**

Основным недостатком данной схемы является снижение КПД выпрямителя.

Наиболее перспективной является схема с использованием уравнивающих трансформаторов, принципиальная схема, которой представлена на рисунке 16.



Данная схема позволяет, не снижая КПД обеспечить распределение токов в параллельных ветвях. Рассогласование падения напряжений на открытых вентилях V1, V2 можно определить по формуле:

$$\Delta U = |U_{\text{ппр.1}} - U_{\text{ппр.2}}|$$

ΔU – разница прямых падений напряжений на диодах, включаемых в параллельную цепь как правило не превышает 15% величины $U_{\text{пр.от.}}$ регламентированной в справочной литературе.

Рисунок 16. Принципиальная схема параллельного включения силовых вентилях с использованием уравнивающего трансформатора

Для расчета трансформаторов: $i < 10\%$ от $i_{\text{макс}}$.

Исходя из выше поставленных требований, формула для индуктивности трансформатора имеет вид:

$$\begin{cases} L = \frac{\Delta U}{\Delta i} \times \frac{\Phi^2}{8T} - \text{индуктивность трансформатора} \\ P = \frac{\Delta U}{2} \times i_1 - \text{мощность трансформатора} \end{cases}$$

При расчете курсового проекта принять следующие параметры магнитопровода уравнивающего трансформатора:

$\Delta i = 10\% I_{\text{пр.макс}}$ - максимально допустимое рассогласование токов в параллельных ветвях,

$\Delta U = 15\% U_{\text{пр.з.}}$ - допустимое рассогласование прямого падения напряжений на открытых тиристорах,

$T_{(f=50\text{Гц})} = 20\text{мс}$ – время в течении которого трансформатор T1 должен обеспечить выравнивание токов в параллельных ветвях, при этом величина

рассогласования токов в параллельных ветвях не должна превышать 5%

$I_{\text{пр.макс}}$

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005

Контрольные задания для СРД (тема 3) [1-12]

1.Объяснить работу вентиляей.

Тема №4 Классификация тиристорных выпрямителей

План лекции

- 1.Полууправляемые тиристорные выпрямители
2. Полностью управляемый тиристорный однофазный преобразователь.
- 3.Реверсивный полностью управляемый однофазный тиристорный преобразователь.

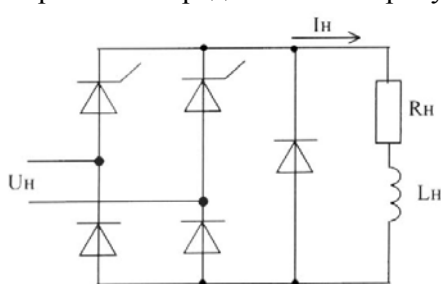
Согласно данным варианта курсового проекта необходимо осуществить выбор принципиальной схемы силовой части управляемого преобразователя. Ниже рассматриваются варианты схем силовой части управляемых преобразователей.

1. Однофазные тиристорные выпрямители.

Для всех типов однофазных управляемых выпрямителей угол управления изменяется в диапазоне от 0 до 180° , что соответствует интервалу времени 0 – 20мс.

Полууправляемые тиристорные выпрямители используются в том случае, когда не требуется режима рекуперации энергии в сеть. Рекуперативным режимом управляемого выпрямителя называется режим, обеспечивающий управляемую передачу энергии от нагрузки к источнику.

Схемотехническое решение силовой части полууправляемого выпрямителя представлено на рисунке 17.



$P < 15 \text{ кВт}$ - Мощность выделяемая на активной части нагрузки,
 $f_n = 2fc$ - Частота пульсаций на нагрузке, относительно частоты сети.

Рисунок 17. Схемотехническое решение силовой части полууправляемого выпрямителя.

Полностью управляемый тиристорный однофазный преобразователь.

Схемотехническое решение силовой части полностью управляемого выпрямителя представлено на рисунке 18.

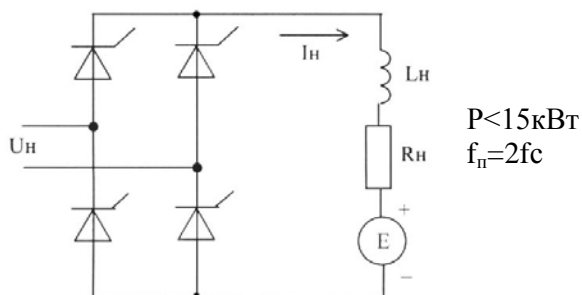
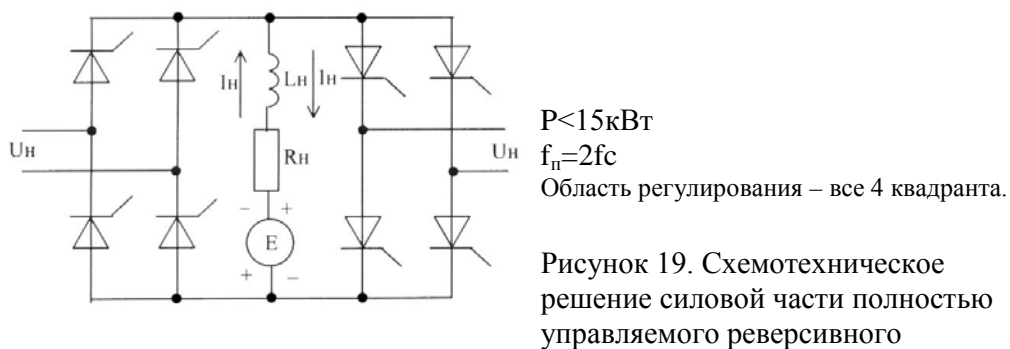


Рисунок 18. Схемотехническое решение силовой части полностью управляемого выпрямителя.

Полностью управляемый выпрямитель позволяет работать в двигательном и рекуперативном режимах.

Реверсивный полностью управляемый однофазный тиристорный преобразователь. Схемотехническое решение силовой части полностью управляемого реверсивного выпрямителя представлено на рисунке 19.



выпрямителя.

Полностью управляемый реверсивный выпрямитель позволяет работать в двигательном и рекуперативном режимах.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.

2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005

Контрольные задания для СРД (тема 4) [1-12]

1.Объясните в чем разница между полу и полностью управляемых выпрямителей.

Тема №5 Полууправляемые тиристорные выпрямители

План лекции

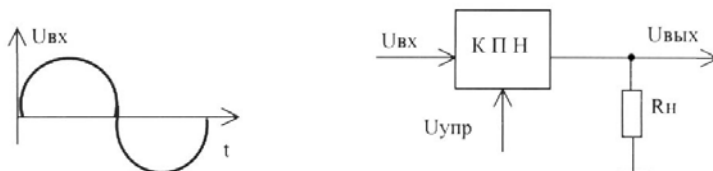
1. Коммутаторы переменного напряжения
2. Непосредственные преобразователи частоты
- 3.Автономный инвертор переменного напряжения (АИПН).
- 4.Инвертор переменного напряжения со звеном постоянного тока.

Коммутаторы переменного напряжения (КПН)

Функциональным назначением КПН является преобразование переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в регулируемое по амплитуде переменное напряжение с неизменяемой частотой. Функциональная схема и диаграммы напряжений, поясняющие работу коммутатора переменного напряжения представлена на рисунке 3.

Область применения КПН :

- организация пусковых и тормозных режимов асинхронных электропривод (ЭП) с короткозамкнутым ротором работающих на вентиляторную нагрузку. Вентиляторная нагрузка характерна малым пусковым током.
- управление температурными режимами нагревательных элементов;



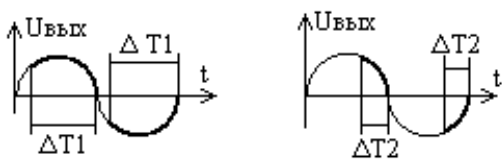


Рисунок 3. Функциональная схема и диаграммы входного и выходного напряжения коммутатора переменного напряжения.

- управление освещенностью в осветительных установках (галогенные нагреватели, лампы накаливания).

Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ).

Функциональным назначением НПЧ является преобразование переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в переменное напряжение с изменяемой частотой и амплитудой. Функциональная схема непосредственного преобразователя частоты представлена на рис. 4.

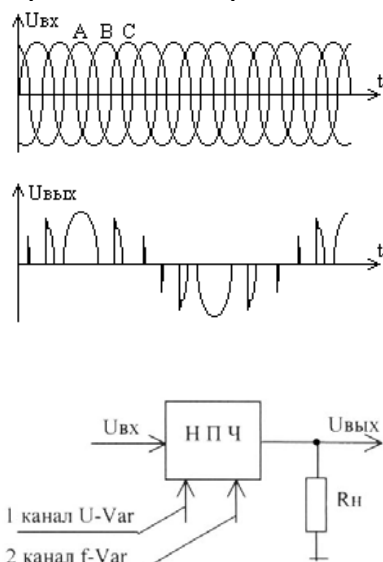


Рисунок 4. Функциональная схема непосредственного преобразователя частоты.

С использованием НПЧ можно получить регулируемое по напряжению и частоте переменное напряжение близкое к синусоидальной форме. НПЧ позволяет регулировать частоту напряжения на нагрузке только ниже частоты питающей сети. У НПЧ имеется два независимых канала управления: первый канал - регулирует напряжение на нагрузке, второй канал управления - регулирует частоту напряжения на нагрузке. Область применения НПЧ: управление режимами работы асинхронного электропривода с короткозамкнутым ротором.

Автономный инвертор переменного напряжения (АИПН).

Функциональным назначением АИПН является преобразование постоянного напряжения в переменное напряжение прямоугольной формы с изменяемой частотой. Функциональная схема инвертора переменного напряжения представлена на рис. 5.

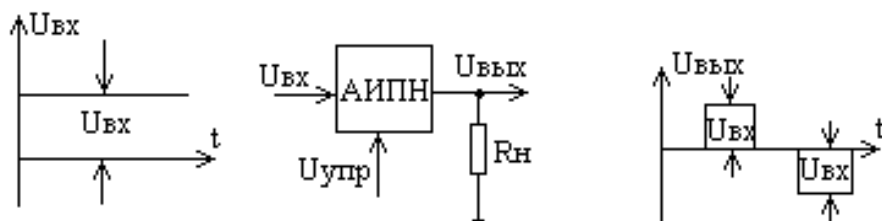


Рисунок 5. Функциональная схема инвертора переменного напряжения.

Область применения АИПН: формирование автономных источников переменного напряжения на базе аккумуляторных батарей.

Инвертор переменного напряжения со звеном постоянного тока.

Функциональным назначением инвертора со звеном постоянного тока является преобразование переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в переменное напряжение с регулируемой частотой и амплитудой. Функциональная схема инвертора переменного напряжения представлена на рис.6.

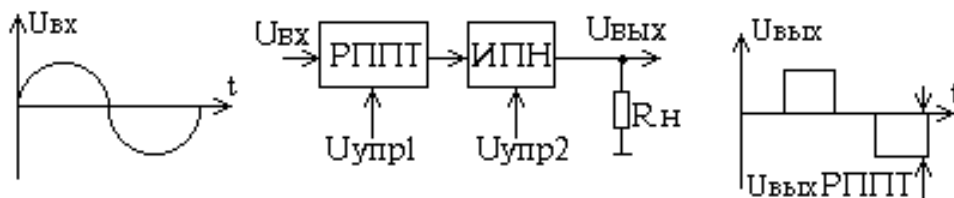


Рисунок 6. Функциональная схема инвертора переменного напряжения со звеном постоянного тока.

Инверторы переменного напряжения со звеном постоянного тока позволяют обеспечить управление в широком диапазоне режимами работы асинхронного электропривода с короткозамкнутым ротором.

Рекомендуемая литература

- 1.Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 19 82.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ.

- ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
 4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
 5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
 6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005

Контрольные задания для СРД (тема 5) [1-12]

1. Объяснить работу коммутатора переменного напряжения.
2. Объяснить работу НПЧ.
3. Объяснить работу (АИПН).
4. Объяснить работу инвертора переменного напряжения со звеном постоянного тока.

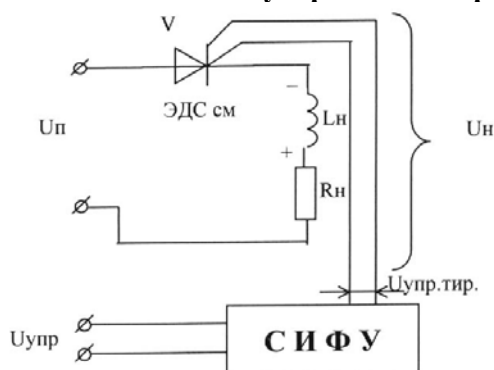
Тема №6 Повышение надежности работы полупроводниковых преобразователей напряжения.

План лекции

1. Однополупериодный тиристорный преобразователь.
2. Основные уравнения выбора параметров RC-цепи.
3. Методика выбора активных элементов ТП.

Важным этапом в процессе проектирования преобразователя является обеспечения надежной коммутации силовых вентилях преобразователя. Несанкционированное включение или выключение вентилях преобразователя приведёт к повышению динамической загруженности электропривода.

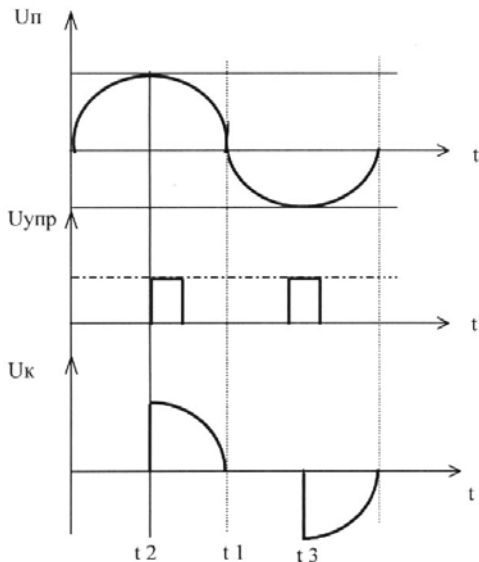
Однополупериодный тиристорный преобразователь.



СИФУ – система импульсно- фазового управления.

Рассмотрим диаграммы напряжения на нагрузке и напряжение управления тиристором.

В современных тиристорных преобразователях форма сигнала управления тиристором носит импульсный характер.



Необходимые условия включения тиристора:

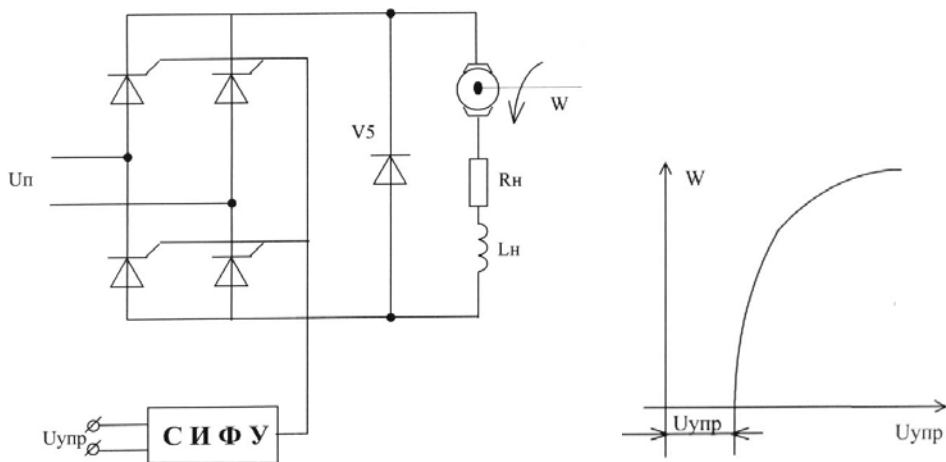
1. На управляющем электроде относительно катода необходимо наличие положительного потенциала.
2. На аноде тиристора относительно катода необходимо наличие положительного потенциала.

Рассмотрим интервал времени первой полуволны.

В момент времени t_1 при работе на чисто активную нагрузку тиристор должен закрыться, так как ток по силовому каналу равен нулю. Но так как в цепи нагрузки присутствует индуктивная составляющая, энергия, запасенная в индуктивности, препятствует закрытию тиристора.

Величина Δt зависит от величины индуктивности цепи нагрузки и от величины активной составляющей в цепи нагрузки.

Рассмотрим работу тиристорного преобразователя на якорную цепь электродвигателя постоянного тока.

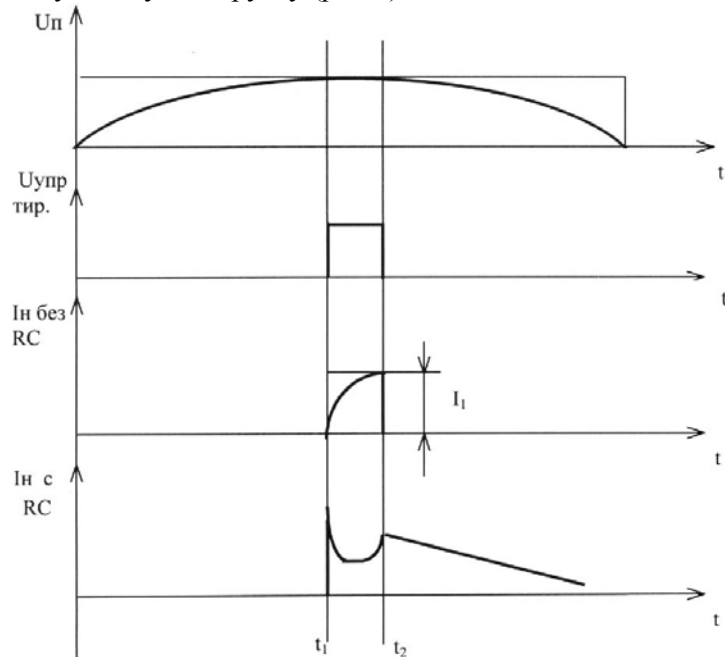


В связи с тем, что при малых величинах $U_{упр}$ индуктивная составляющая якорной цепи формирует разнополярное напряжение на нагрузке, скорость вращения ЭД на участке $\Delta U_{упр}$ равна нулю.

С целью улучшения регулировочных характеристик нагрузка шунтируется неуправляемым вентилям.

Установка вентиля V5 допускается только в тиристорных выпрямителях, работающих по одно-квadrантной схеме (при отсутствии рекуперативного режима и при отсутствии реверса).

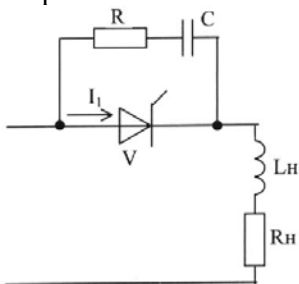
Рассмотрим схему однополупериодного вентиля при работе на активно-индуктивную нагрузку (рис.1).



В современных ТП, как правило, используют импульсное управление, т.е. на управляющие электроды выпрямительного моста поступает

кратковременный управляемый импульс. Длительность импульса не превышает 1/50 часть полупериода напряжения питания.

В момент времени t_1 выполняются оба условия (наличие управляемого сигнала и наличие на аноде относительно катода положительного потенциала), тиристор открыт. Но из-за наличия индуктивности в цепи нагрузки, ток увеличивается через тиристор плавно и к концу времени t_2 ток через силовой канал тиристора может не достигнуть величины тока удержания и тиристор закрывается.



С целью обеспечения надежности коммутации тиристоры шунтируются RC-цепью.

Основные уравнения выбора параметров RC-цепи.

$$R = \frac{U_{ампл.пит}}{20 \times i_{уд.}}$$

приняв, что

$$T_{RC} = K \times T_H,$$

где T_{RC} - постоянная времени RC-цепи,

T_H - постоянная времени нагрузки.

Величина T_H меняется в зависимости от тока нагрузки. В связи с этим необходимо брать максимальное значение T_H .

Коэффициент K равен:

$$K = \frac{i_{уд.т.ир.}}{i_{нагр.ном.}}$$

$$C = \frac{K \times T_H}{R},$$

$$U_c = U_{ампл.пит} \times K_3,$$

где $K_3 = 1,2$ -коэффициент запаса.

Методика выбора активных элементов ТП.

Исходные данные:

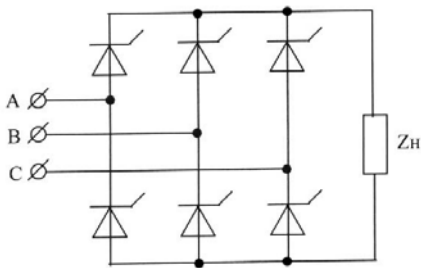
1. Ток нагрузки;
2. Напряжение нагрузки;
3. Постоянная времени нагрузки;
4. Способ охлаждения;
5. Тип выпрямителя.

Определение параметров, необходимых для правильного выбора тиристоров:

1. $U_{обр.мах.}$
2. $I_{пр.мах.}$

Определение максимального значения обратного напряжения тиристора.

Мост Ларионова:
мост:



Двухполупериодный

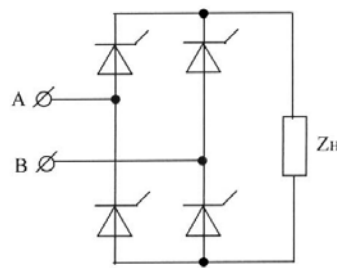
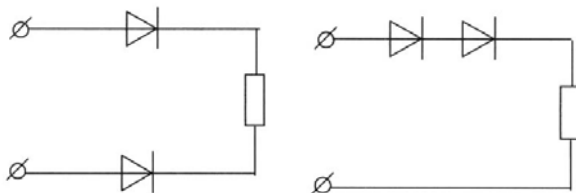


Схема замещения для первого и второго случая:



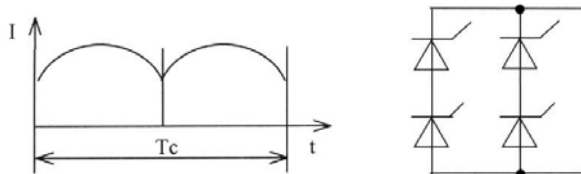
Данная схема приводится к схеме последовательного соединения вентилей путем шунтирования ее резисторами R1 и R2. При этом можно использовать тиристоры классом, соответствующим напряжению в два раза ниже напряжения амплитудного питания.

Таким образом

$$U_{\max.обр.} = \frac{1}{2} K_3 \times U_{ампл}$$

Определение максимального значения тока тиристора.

Для схем двухполупериодных выпрямителей диаграмма тока, протекающего через нагрузку, имеет следующий вид:



$$I_{пр. max.} = \frac{K_3 \times \frac{1}{2} \times I_{ном.н.}}{K_{охл.}}$$

где $K_{охл.}$ - коэффициент, характеризующий тип заданного охлаждения;
 $\frac{1}{2}$ - связана с тем, что тиристор работает пол периода в двухполупериодной схеме;
 $I_{ном.н.}$ - номинальный ток нагрузки.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005.

Контрольные задания для СРД (тема 6) [1, 2, 3-6]

1. Объясняет работу схемы замещения.

Тема №7 . Трехфазная схема тиристорного преобразователя.

План лекции

1. Надежность элементной базы

Любое устройство может исправно работать не беспредельно, а лишь в течение ограниченного срока, зависящего от условий эксплуатации, сложности аппаратуры и других факторов. Если при разработке сложной электронной аппаратуры не учитывать нарушения работоспособности и не принимать специальных мер для их уменьшения, то аппаратура будет выходить из строя достаточно часто.

Под надежностью понимают способность изделия выполнять заданные функции в определенных условиях, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемого времени работы (наработки).

Разработке методов расчета и обеспечения надежности изделий посвящена

самостоятельная отрасль науки - теория надежности. Она устанавливает причинные связи в нарушениях работоспособности аппаратуры, позволяет устранить слабые звенья при создании аппаратуры, дает прогноз надежности вновь разрабатываемых приборов, что и будет нас в основном интересовать при ознакомлении с основами этой науки. Математические основы теории надежности развиваются на базе теории вероятности и математической статистики, так как надежность электронной аппаратуры связана со случайными событиями и величинами, такими как отказ и время работы до отказа. Для количественного определения надежности используется статистическая оценка качества прибора.

Для сложных систем и комплексов перед оценкой их надежности четко дают определения того, что считать сбоем, а что считать отказом. При этом может учитываться тот факт, что в зависимости от функционального построения системы отказ каких-либо вспомогательных узлов и блоков может и не приводить к отказу системы в целом.

Для простых устройств при расчете надежности принято считать, что отказ любого входящего в него компонента ведет к отказу всего устройства. Именно из этой позиции мы будем исходить при учебном применении элементов теории надежности.

Термины и определения основных понятий в области надежности установлены ГОСТ 27.002 - 83.

Некоторые термины и определения, используемые в данном учебном пособии для знакомства с вопросами теории надежности, приведены ниже.

Отказ - событие, заключающееся в нарушении работоспособности.

Сбой - кратковременный самоустраняющийся отказ.

Дефект - событие, заключающееся в отказе элементов, который не влияет на выполнение основных рабочих функций.

Надежность изделия включает в себя следующие основные (наиболее употребляемые) свойства (составляющие):

- безотказность;
- долговечность;
- сохраняемость;
- ремонтпригодность.

Безотказность - свойство изделия **непрерывно** сохранять работоспособность в течении некоторого времени (наработки).

Долговечность - свойство изделия сохранять работоспособность **при установленной системе технического обслуживания** и ремонтов.

Сохраняемость - свойство изделия непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течении и после хранения и транспортирования.

Ремонтпригодность - свойство изделия, заключающееся в приспособленности к предупреждению, обнаружению причин отказов и устранению их путем проведения ремонтов и технического обслуживания.

В теории надежности все изделия принято делить на две группы: системы и элементы.

Системой называется совокупность совместно действующих объектов,

полностью обеспечивающая выполнение определенных задач.

Элемент - это часть системы, не имеющая самостоятельного эксплуатационного значения и выполняющая в ней определенные функции.

Элемент и система - относительные понятия. В различных задачах один и тот же объект может рассматриваться и как система, и как элемент. При расчетах надежность системы обычно рассчитывается по известным параметрам надежности составляющих ее элементов.

Элементы могут условно соединяться в систему последовательно, когда отказ любого элемента приводит к отказу системы, параллельно, когда отказ системы наступает в случае отказов всех элементов, и смешанно, когда часть элементов соединяется параллельно, а часть - последовательно.

Система называется **восстанавливаемой**, если она подвергается ремонту в случае отказа, и **невосстанавливаемой**, если отказавшие изделия более не эксплуатируются.

Исходным для количественного определения параметров надежности является распределение вероятности отказа во времени. Для оценки этого распределения какое-то количество изделий эксплуатируется длительное время и отмечаются моменты выхода из строя каждого из изделий. Если в первый момент времени работоспособны все 100% изделий, то к какому-то моменту времени все изделия выйдут из строя. В общем случае количество изделий находящихся в эксплуатации является функцией времени и надежность изделия может характеризоваться величиной $R(t)$ (функция надежности) [1], показывающей какая доля изделий исправна от общего количества изделий подвергнутых испытанию, т.е.:

$$R(t) = N_{и} / N_{о} = N_{и} / (N_{и} + N_{от});$$

где $N_{и}$ - количество исправных изделий, $N_{от}$ - количество отказавших изделий, а $N_{о} = N_{и} + N_{от}$ - общее количество изделий.

Функцию надежности можно записать также в виде:

$$R(t) = (N_{о} - N_{от}) / N_{о} = 1 - N_{от} / N_{о} .$$

Методика расчета надежности в значительной мере зависит от поведения функции $R(t)$ во времени, а точнее от принятой модели ее поведения (закона распределения отказов по времени). Для разных законов распределения функции $R(t)$ во времени, определяемых в зависимости от типа изделия и (или) условий эксплуатации, существуют разные методики расчета надежности изделий или ситуаций и сложность их также различна [1-3].

Для сравнения функций $R(t)$ для разных элементов одной из характеристик может являться скорость изменения функции $R(t)$, для чего следует продифференцировать представленное выше выражение по t . В этом случае получим:

$$dR/dt = d (1 - N_{от} / N_{о}) / dt = - 1 / N_{о} \cdot dN_{от} / dt$$

Отсюда можно найти скорость отказов элементов:

$$dN_{от} / dt = - N_{о} \cdot dR / dt$$

Отношение скорости отказов элементов к количеству исправных элементов называется **интенсивностью отказов** [1]:

$$\lambda = 1 / N_{и} \cdot dN_{от} / dt = - N_{о} / N_{и} \cdot dR / dt$$

Так как по определению, сделанному ранее, $R(t) = N_n / N_0$, то

$$\lambda = - 1/R(t) \cdot dR/dt$$

Эта формула является наиболее общим выражением для интенсивности отказов и является функцией времени.

Для лучшего понимания физических процессов, происходящих со временем с каким либо набором изделий, иногда бывает полезным перейти от производных к конечным приращениям функции. В этом случае выражение для интенсивности отказов примет вид:

$$\lambda(t) = 1/N_n \cdot \Delta N_{от} / \Delta t = \Delta N_{от} / (N_n \Delta t)$$

Таким образом **интенсивность отказов** можно трактовать как **число отказов в единицу времени, отнесенное к числу элементов, оставшихся исправными к началу рассматриваемого промежутка времени.**

Для большинства элементов электронной аппаратуры зависимость λ от времени имеет вид U - образной кривой (так называемая лямбда - характеристика). В первый отрезок времени, называемый **периодом приработки**, выходят из строя элементы, имеющие грубые дефекты, не вскрытые контролем. После выявления этих элементов интенсивность отказов уменьшается и далее остается постоянной, наступает **период нормальной работы**. По мере износа элементов интенсивность отказов вновь возрастает, начинается **период старения** элементов.

При рассмотрении вопроса о надежности разработанного изделия основными техническими показателями, характеризующими изделие, являются вероятность безотказной работы в течении определенного времени $p(t)$ и среднее время наработки на отказ T_{cp} [2,3], которые тесно связаны как с интенсивностью отказов $\lambda(t)$, так и с принятой моделью поведения функции $R(t)$.

Для электронной техники характерны внезапные отказы и многолетний опыт ее эксплуатации показал, что в этом случае справедлив экспоненциальный закон поведения функции $R(t)$ [1-3]. Таким образом при расчете параметров надежности изделий электронной техники принята следующая функция $R(t)$:

$$R(t) = e^{-\lambda(t)t},$$

где $e = 2,71$ - основание натуральных логарифмов, а величина $\lambda(t)$ - интенсивность отказов элементов.

Нетрудно видеть, что при $t = 0$ функция $R(t) = 1$, а при $t = \infty$ функция $R(t) = 0$, т.е. формально указанная функция вполне отражает реальную ситуацию.

Рассматривая поведение функции $\lambda(t)$ для реальных изделий электронной техники, можно отметить следующие ее особенности:

- для большинства изделий максимальную продолжительность имеет (и, с точки зрения технической целесообразности, обязан иметь) **период нормальной работы** [2,3];
- период приработки достаточно кратковременный, и, как правило, изготовитель изделия стремится, чтобы он вошел во временной отрезок, соответствующий настройке, приработке и заводским испытаниям изделия;
- **период старения элементов**, во время которого интенсивность отказов,

резко увеличивается, может быть кратковременным, для изделий не подвергающихся ремонту (в этом случае изделие выводится из эксплуатации) или может возникать периодически, если во время профилактических ремонтов изделия заменяются элементы, отказавшие или выработавшие свой срок.

В техническом плане, на стадии разработки изделия, максимальный интерес представляет поведение изделия на отрезке времени соответствующему **периоду нормальной работы**. Именно для него и определяются указанные ранее технические показатели надежности. Особенностью этого интервала времени является постоянство интенсивности отказов, т.е. $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$. В этом случае, учитывая также экспоненциальный характер поведения функции $R(t)$, оговоренный ранее, на указанном интервале $R(t) = p(t)$. В свою очередь, учитывая принятые условия, вероятность безотказной работы может быть записана в виде [2, 3]:

$$p(t) = e^{-\lambda t}$$

Параметр λ , имеющий размерность относительного числа отказов в единицу времени, обычно и приводится как один из основных параметров надежности одиночных элементов составляющих более сложную систему. Таким образом, одним из факторов, определяющих общую надежность устройства, является надежность входящих в него элементов: резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов, трансформаторов, микросхем, соединений и т.д. Выход из строя любого из этих элементов или изменение их параметров сверх определенных пределов, приведет к отказу всего изделия, как и предполагается при инженерном расчете надежности изделия, особенно на стадии проектирования.

Вероятность безотказной работы, в свою очередь, тесно связана с другим показателем надежности - вероятностью отказа $q(t)$, т.е. с вероятностью того, что за время t произойдет отказ. Очевидно, что эта связь выражается соотношением:

$$p(t) + q(t) = 1$$

Другая важная количественная характеристика надежности изделия - среднее время безотказной работы $T_{\text{ср}}$.

Средним временем безотказной работы называется математическое ожидание времени безотказной работы или другими словами математическое ожидание продолжительности работы изделия до первого отказа.

В теории надежности показывается, что справедлива следующая связь между вероятностью безотказной работы и средним временем безотказной работы [1,2,4]:

$$T_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} p(t) dt$$

Из этого выражения видно, что среднее время безотказной работы есть площадь под кривой вероятности безотказной работы.

В случае принятых ограничений, для интервала времени соответствующего периоду нормальной работы, подставляя соответствующее значение $p(t) = e^{-\lambda t}$, получим:

$$T_{cp} = 1/\lambda$$

Контрольные задания для СРД (тема 7) [1-12]

1. Определение $I_{пр.мах.}$ для тиристорных коммутаторов переменного напряжения.
2. Трансформаторное подключение ТП
3. КПД тиристорных преобразователей. Мощность потерь на ТП. Реакторное подключение ТП.
4. Предохранители и устройства защиты в силовых цепях тиристорных преобразователей.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982. - 416 с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. - 576 с.: ил.
6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005

Тема №8 Структурная схема систем управления тиристорных преобразователей.

План лекции

1. Трехфазная схема ТП.
2. Диаграмма работы тиристоров
3. Трансформаторное подключение ТП
4. КПД тиристорных преобразователей.

Трехфазная схема ТП.

Трехфазная однополупериодная

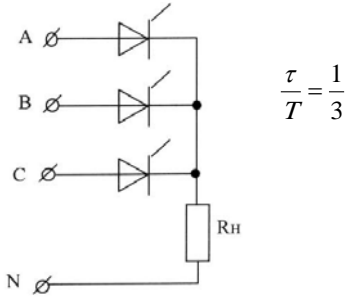
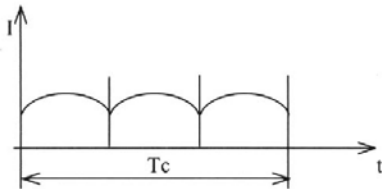
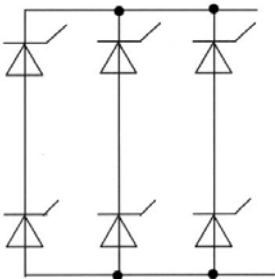


Диаграмма работы тиристоров:



Для схемы моста Ларионова аналогично интервал времени работы каждого тиристора составляет 1/3 периода сети. В связи с этим прямой максимальный ток примет следующее значение:



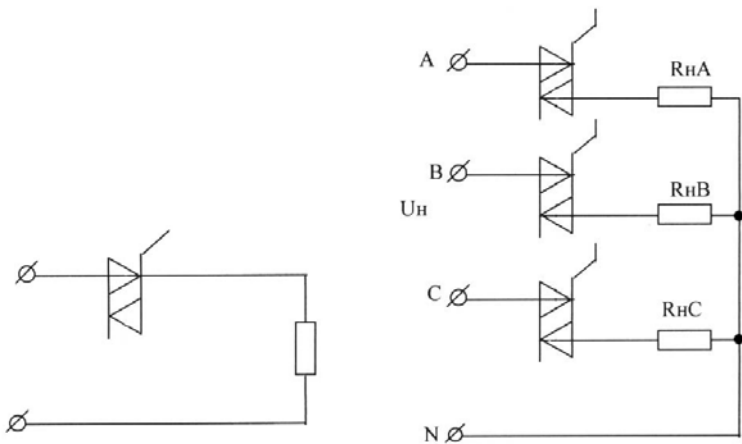
$$I_{пр. max.} = \frac{Kз \times \frac{1}{3} \times I_{ном.н.}}{K_{охл}}$$

Значения $K_{охл}$ для различных типов охлаждения ТП.

Таблица 1.

Водяное охлаждение ТП	1
Воздушное естественное	0,5
Воздушное принудительное	0,8

Определение $I_{пр. max.}$ для тиристорных коммутаторов переменного напряжения.



Как для трехфазной, так и для однофазной схем тиристорных коммутаторов

$$\frac{\tau}{T} = 1$$

В связи с этим:

$$I_{пр. max.} = \frac{K_3 \times i_{н.н.}}{K_{охл}}$$

Для трехфазного коммутатора вместо $i_{н.н.}$ в формулу надо подставлять номинальный ток нагрузки одной фазы.

Трансформаторное подключение ТП.



Т - трансформатор, ТП - тиристорный преобразователь, Н - нагрузка.

В связи с тем, что при работе ТП возникают высокочастотные гармоники, повышается нагрузка трансформатора. Величина мощности трансформатора определяется по формуле:

$$P_{тр} = K_{п} \times P_{н},$$

где $P_{тр}$ - мощность трансформатора; $K_{п}$ - коэффициент повышения мощности; $P_{н}$ - мощность, рассеиваемая на нагрузке.

Тип выпрямителя	$K_{п}$
1. Однофазный двухполупериодный	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$
2. Трехфазный однополупериодный	1,55
3. Мост Ларионова полностью управляемый	1,05

Для тиристорного коммутатора переменного напряжения:

$$P_{тр} = K_{п} \times P_{н\Sigma}$$

Поскольку для коммутатора переменного напряжения нагрузка на каждую фазу индивидуальна, мощность трансформатора рассчитывается из условия общей суммарной мощности нагрузки всех фаз.

Тип коммутатора	K_{π}
1. Однофазный	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$
2. Трехфазный	1,05

Для трехфазного коммутатора переменного напряжения $K_{\pi}=1,05$ при условии, что нагрузка во всех трех фазах одинаковая и симметричная.

КПД тиристорных преобразователей.

КПД определяется по формуле:

$$\eta = \frac{P_{\Sigma n}}{P_{нагр}}$$

где $P_{\Sigma n}$ - мощность суммарных потерь в ТП;

$P_{нагр}$ - мощность, рассеиваемая на нагрузке.

$$P_{\Sigma n} = P_{п.тр} + P_{п.тп} + P_{п.р},$$

где $P_{п.тр}$ - мощность потерь на трансформаторе;

$P_{п.тп}$ - мощность потерь на ТП;

$P_{п.р}$ - мощность потерь на реакторе.

Если реакторов несколько, то принимается суммарная мощность для всех реакторов.

Мощность потерь на ТП.

В том случае, когда ТП закрыт:

$$P_{закр} = m_1 \times \frac{I_{обр} \times U_{л}}{2} - \text{(для моста Ларионова),}$$

где m_1 - число тиристоров;

$I_{обр}$ - обратный ток закрытого вентиля;

$U_{л}$ - линейное напряжение питания ТП;

2-ка появляется из схемы замещения моста.

Мощность открытого моста равна:

$$P_{откр} = m_2 \times I_n \times U_{пр.max},$$

где m_2 - число тиристоров последовательно включенных в схеме замещения;

I_n - ток нагрузки;

$U_{пр.max}$ - прямое падение напряжения открытого тиристора.

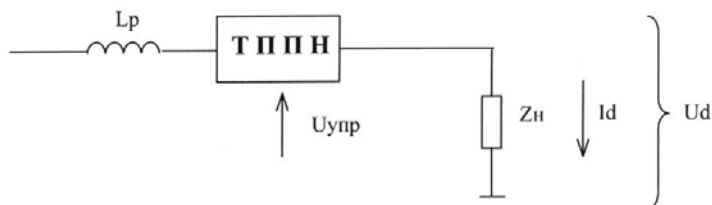
Для примера рассмотрим мост Ларионова (полностью управляемый) собранный на базе тиристоров Т161-250.

$$P_{закр} = 6 \times \frac{0,05 \times 380}{2} = 57 \text{ Вт}$$

$$P_{от\ кр.} = 2 \times 250 \times 0,7 = 350 \text{ Вт}$$

В обыкновенном мосте Ларионова, как правило, пренебрегают мощностью закрытого моста при расчете КПД, используют только мощность при полностью открытом мосте.

Реакторное подключение ТП.



L_p - реактор цепи переменного напряжения;

I_d - ток, протекающий через нагрузку;

U_d - напряжение на нагрузке.

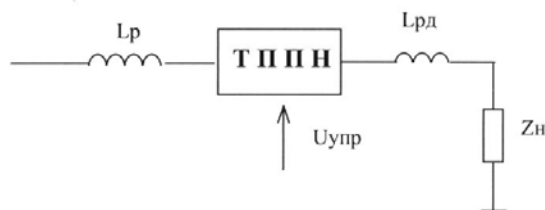
Реактивное сопротивление реактора на частоте сети для КП:

$$X_L(f_c) = 0,02 \times \frac{U_d}{I_d},$$

где U_d - максимальное напряжение на нагрузке;

I_d - ток, протекающий через нагрузку.

С целью снижения пульсаций на нагрузке в цепи постоянного тока на выходе ТП устанавливают дополнительные реакторы.



На стороне постоянного тока для двухфазного двухполупериодного выпрямителя величина L дополнительного реактора определяется по формуле:

$$L_{рд} = \frac{1}{\omega} \times \left(0,6 \times \frac{U_2}{I_{др}} \times \sin \alpha - X_{аф} \right)$$

где ω - угловая частота сети;

U_2 - напряжение питания сети;

$I_{др}$ - ток, протекающий через нагрузку на границе перехода от непрерывного значения к прерывистому;

α - угол перехода от непрерывного тока к прерывистому;

$X_{аф}$ - величина реактивного сопротивления на входе ТП для частоты соответствующей питающей сети.

Для КП: $\alpha = 180^\circ$, $I_{др} = I_{ном}$.

Однополупериодная схема – трехфазный мост.

$$L_d = \frac{1}{\omega} \left(0,46 \times \frac{U_{2 \text{ фазн}}}{I_{dгр}} \times \sin \alpha - X_{aф} \right),$$

где $U_{2 \text{ фазн}}$ - фазное напряжение питающей сети.

Для КП: $\alpha = \frac{\pi - \pi/3}{2}$

Двухполупериодный трехфазный мост Ларионова.

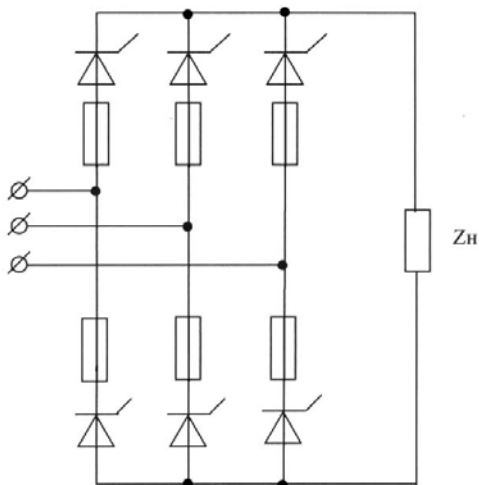
$$L_d = \frac{1}{\omega} \left(0,126 \times \frac{U_{2л}}{I_{dгр}} \times \sin \alpha - 2 X_{aф} \right)$$

Для КП: $\alpha = \frac{3\pi}{2} - \pi$

В цепях коммутатора переменного напряжения (на входе), как правило, реакторов не устанавливается.

Предохранители и устройства защиты в силовых цепях ТП.

В промышленных ТП последовательно с силовыми тиристорами устанавливают плавкие быстродействующие предохранители марки ПП157 и ПП157М, которые позволяют в момент к.з. на нагрузке защитить тиристор от перегрузки.



В ТП от перегрузки устанавливают автоматические выключатели на стороне переменного напряжения. На ток $50 \div 1000\text{А}$ и на напряжение $230 \div 460\text{В}$ устанавливают автоматические выключатели серии А-3700, со временем срабатывания $12 \div 14\text{мс}$.

Для трехфазного ТП на 1000А и 460В используют автоматические выключатели серии ВАТ 46 на ток 1250А , со временем срабатывания $0,003 \div 0,004\text{с}$.

В ТП $1600 \div 12500\text{А}$ и $460 \div 1050\text{В}$ используют автоматические выключатели ВАТ 42 со временем срабатывания $0,005\text{с}$.

Системы фазового управления выпрямителей

Структурная схема систем управления тиристорных преобразователей.

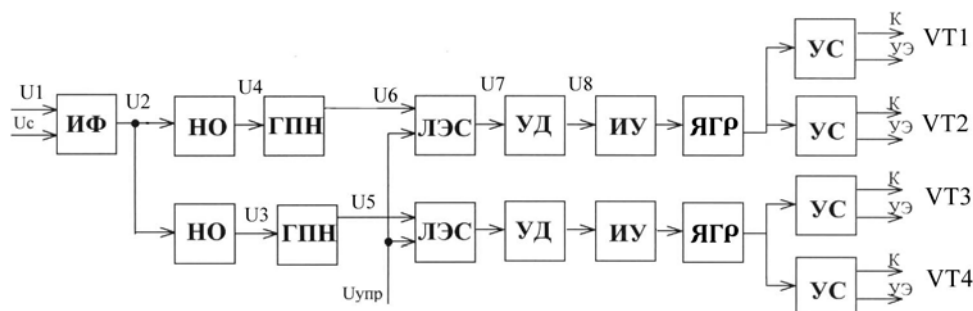


Рис. 1.

- ИФ - избирательный фильтр
И – инвертор
НО – ноль-орган
ГПН - генератор пилообразного напряжения
ЛЭС – логический элемент сравнения
УД – устройство дифференцирования
ИУ – импульсный усилитель
ИТ – импульсный трансформатор
УС – устройство согласования

Функциональное назначение элементов структурной схемы.

Избирательный фильтр предназначен для селективного сигнала синхронизации. Инвертор меняет полярность синхронизируемого сигнала с коэффициентом передачи = 1.

Контрольные задания для СРД (тема 8) [1-12]

1. Мощность потерь на ТП.
2. Реакторное подключение ТП.
3. Двухполупериодный трехфазный мост Ларионова.
4. Системы фазового управления выпрямителей
5. Структурная схема систем управления тиристорных преобразователей.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.

2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005

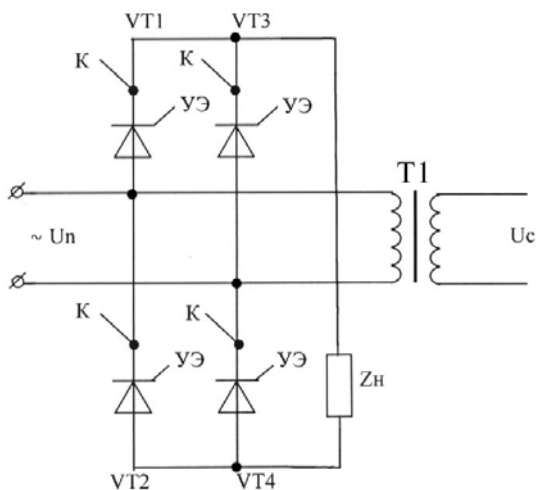
Тема №9 Силовая часть управляемого однопериодного трехфазного выпрямителя.

План лекции

1. Двухполупериодные полностью управляемые ТП.
2. Эпюры напряжения, поясняющие работу системы фазового управления

Силовая часть.

Двухполупериодные полностью управляемые ТП.



Избирательный фильтр выполняет функции выделения синхронизирующего сигнала от импульсных помех возникающих при работе ТП. Корректирующие элементы фильтра выбираются таким образом, что бы фазовый сдвиг между входным и выходным сигналом избирательного фильтра был равен нулю.

Ноль-орган преобразует сигнал с выхода фильтра синусоидальной формы в импульсный сигнал прямоугольной формы, причем точки перехода через ось времени выходных сигналов ИФ и, НО строго синхронизированы.

Генератор пилообразного напряжения формирует сигнал со строго нормированными амплитудой, наклоном, линейностью рабочего участка выходного сигнала ГПН.

Логический элемент сравнения осуществляет сравнение сигналов с выхода ГПН и сигнала управления тиристорным преобразователем (Уупр.). На выходе ЛЭС сигнал имеет прямоугольную форму постоянной частоты и скважностью, зависимой от Уупр.

Скважность – отношение периода сигнала к длительности импульса.

Устройство дифференцирования формирует импульсный сигнал, длительность которого (только для курсового проекта).

Импульсный усилитель осуществляет усиление по току сигнала с выхода УД. Импульсный усилитель работает в ключевом режиме.

Ячейка гальванической развязки осуществляет гальваническую развязку силовых цепей выпрямителя и систем управления.

Устройство согласования осуществляет согласование сигнала с выхода импульсного трансформатора в форму, необходимую для управления тиристором. Напряжение синхронизации на вход ИФ подается с синхронизирующего трансформатора Т1. Сигналы с УС поступают на соответствующие тиристоры (рис.1).

Эпюры напряжения, поясняющие работу системы фазового управления.

Силовая часть управляемого однопериодного трехфазного



Контрольные задания для СРД (тема 9) [1-12]

1. Структурная схема системы управления трехфазного однополупериодного выпрямителя
2. Схема силовой части полууправляемого выпрямителя, собранного по схеме Ларионова.

Рекомендуемая литература

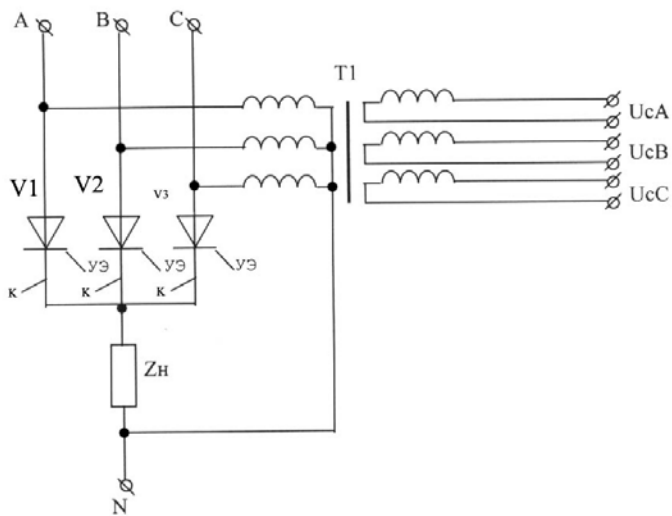
1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005

Тема № 10 . Система управления трехфазного полууправляемого выпрямителя

План лекции

1. Силовая часть управляемого однопериодного трехфазного выпрямителя.
2. Структурная схема системы управления трехфазного однополупериодного выпрямителя
3. Схема силовой части полууправляемого выпрямителя собранного по схеме Ларионова.
4. Система управления трехфазного полууправляемого выпрямителя

Силовая часть управляемого однопериодного трехфазного выпрямителя.



T1 – трансформатор для формирования синхронизирующего сигнала систем управления

Структурная схема системы управления трехфазного однополупериодного выпрямителя

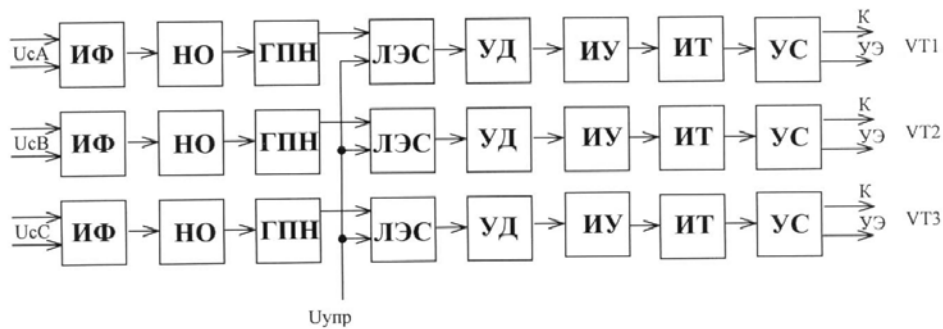
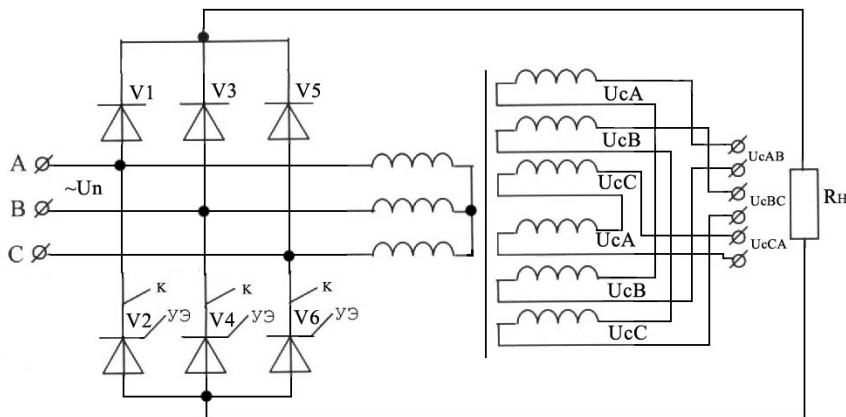
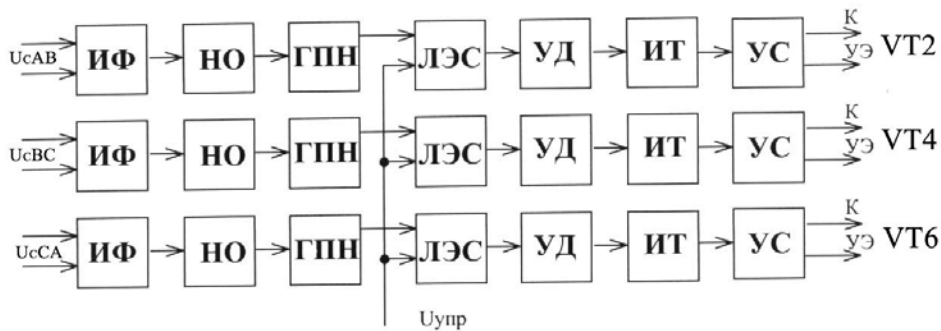


Схема силовой части полупроводникового выпрямителя собранного по схеме Ларионова.



Система управления трехфазного полупроводящего выпрямителя.



Контрольные задания для СРД (тема 10) [1-12]

1. Схема силовой части полностью управляемого трехфазного выпрямителя.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.

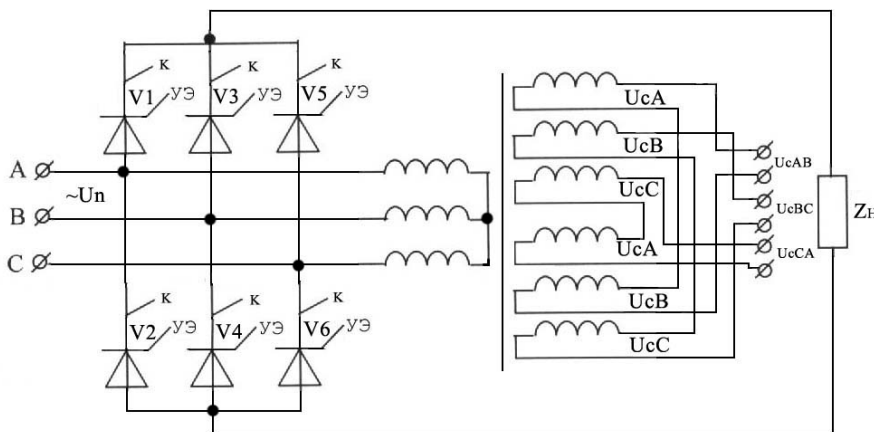
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005

Тема №11 Система управления полностью управляемого трехфазного выпрямителя.

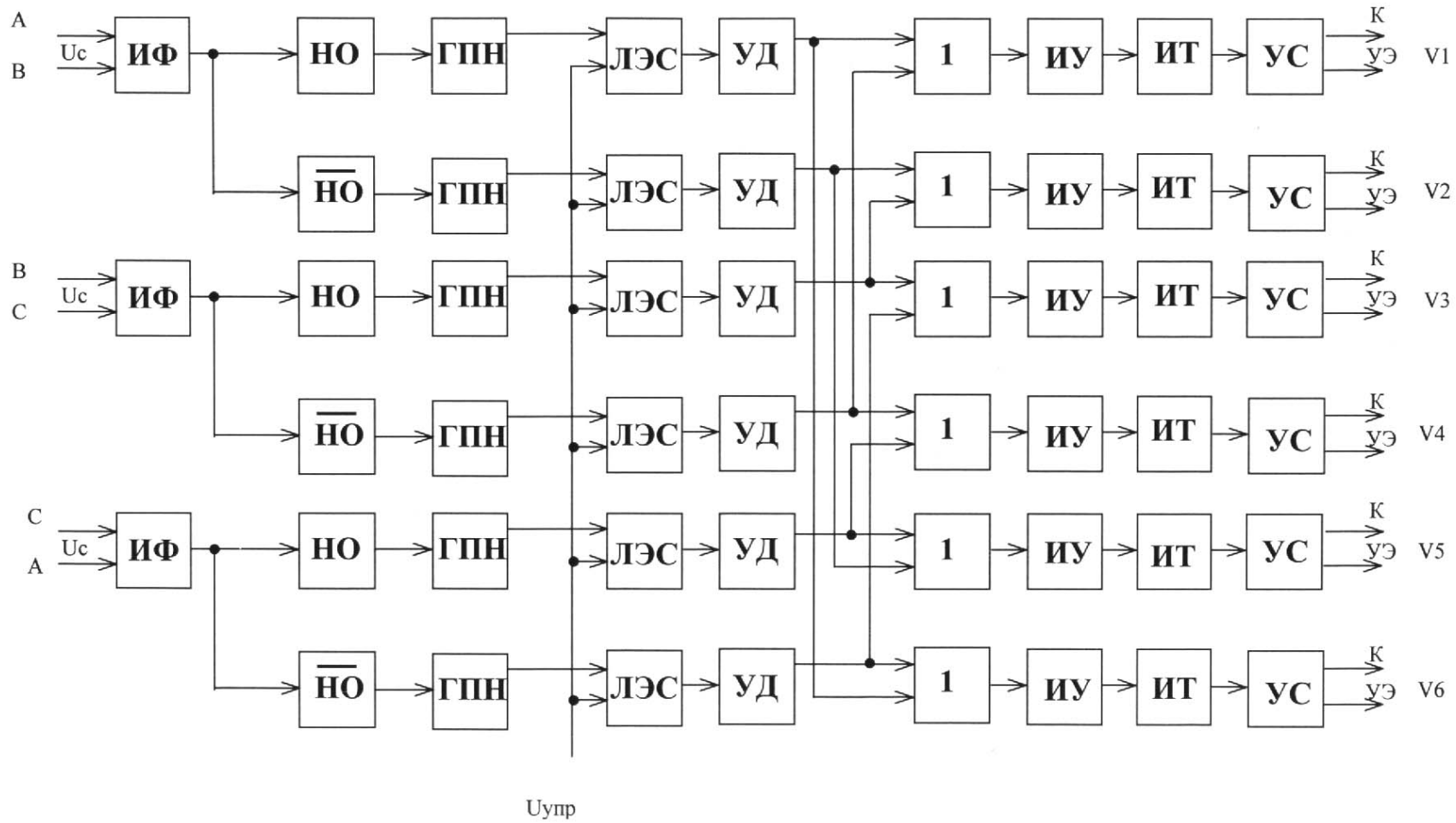
План лекции

1. Схема силовой части полностью управляемого трехфазного выпрямителя.
2. Система управления полностью управляемого трехфазного выпрямителя.
3. Эпюры напряжения аналогичны эпюрам системы управления однополупериодного трехфазного выпрямителя.

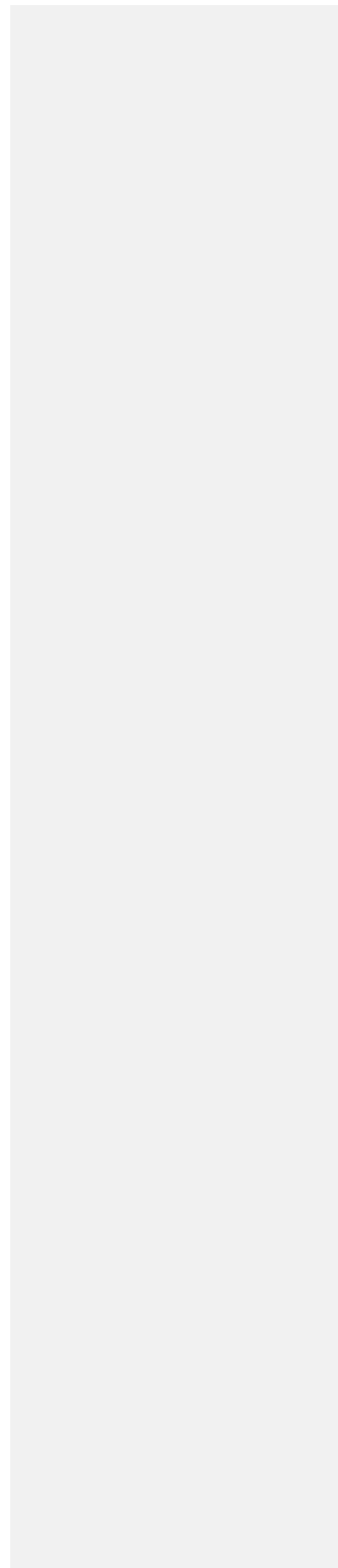
Схема силовой части полностью управляемого трехфазного выпрямителя.

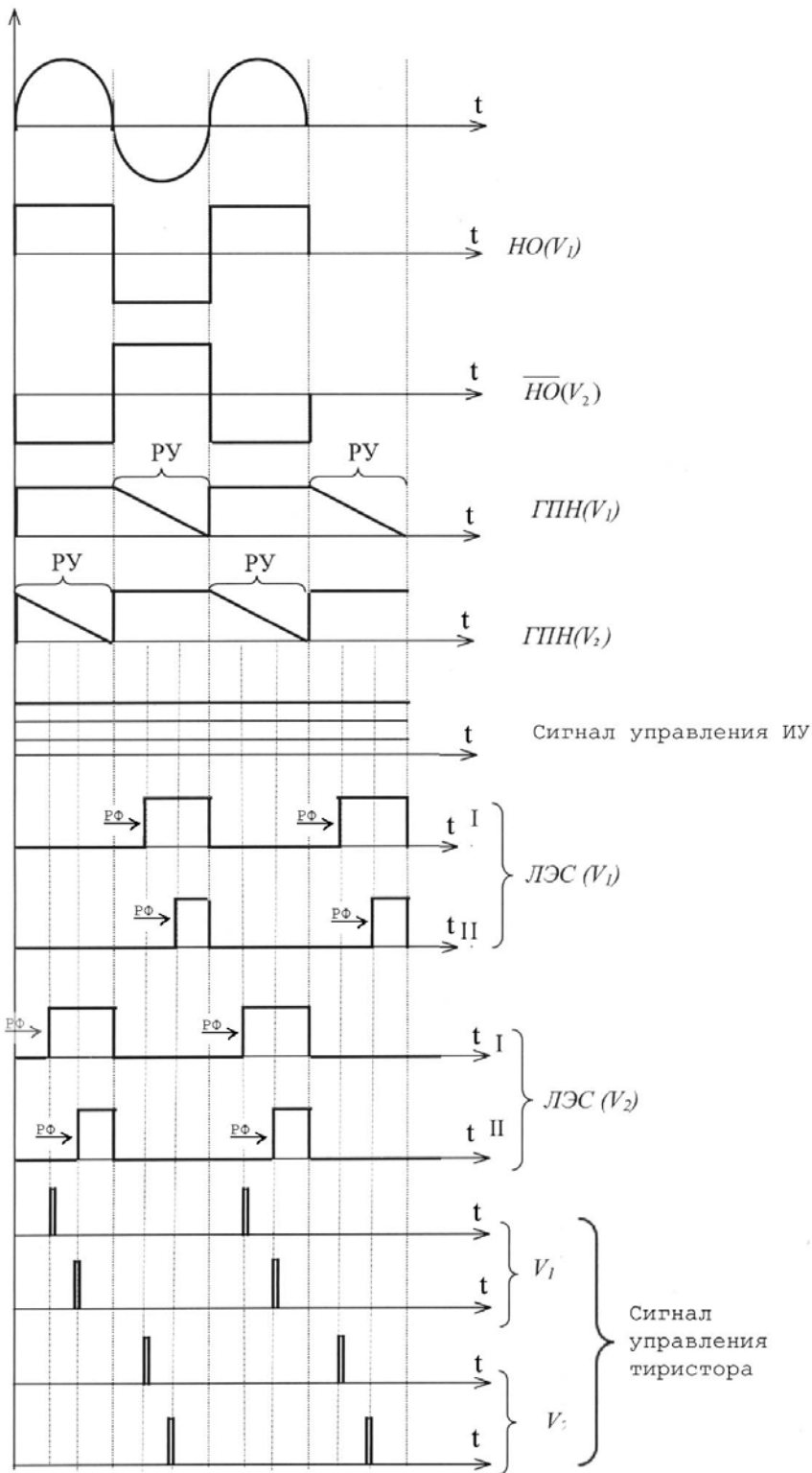


Система управления полностью управляемого трехфазного выпрямителя.



**Эюры напярэжэння аналагічны эюрам сістэмы
управлення аднополуперіоднага трохфазнага выпраямітэля.**





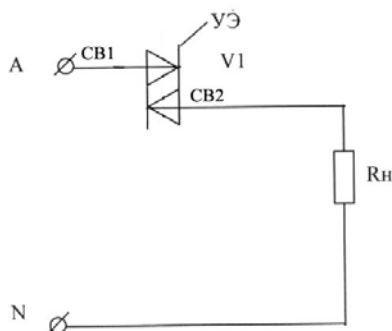
ЛЭС – дискретное устройство, выходной сигнал которого принимает всего два значения – низкий и высокий уровень. ЛЭС изменяет свое состояние выходного сигнала в момент времени, когда величина напряжения управления достигает мгновенного значения рабочего участка выходного сигнала ГПН. Таким образом, частота выходного сигнала ЛЭС постоянная, изменяется только скважность выходного сигнала функции напряжения управления.

Рабочим участком (РУ) выходного сигнала ЛЭС является положительный фронт.

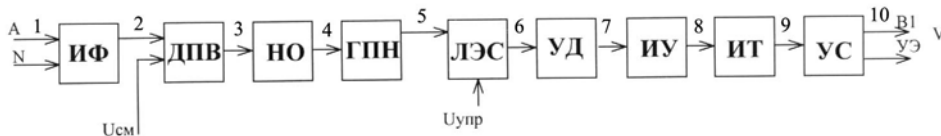
Дифференцирующее устройство формирует короткий импульс синхронно с РУ сигнала с выхода ЛЭС.

В связи с тем, что ток протекая от фазы А к фазе В охватывает два тиристора (V1, V4), необходимо включать одновременно тиристоры V1, V4. Функцию синхронного включения соответствующих тиристоров выполняет логическое устройство.

Принципиальная схема силовой части однофазного коммутатора переменного напряжения.

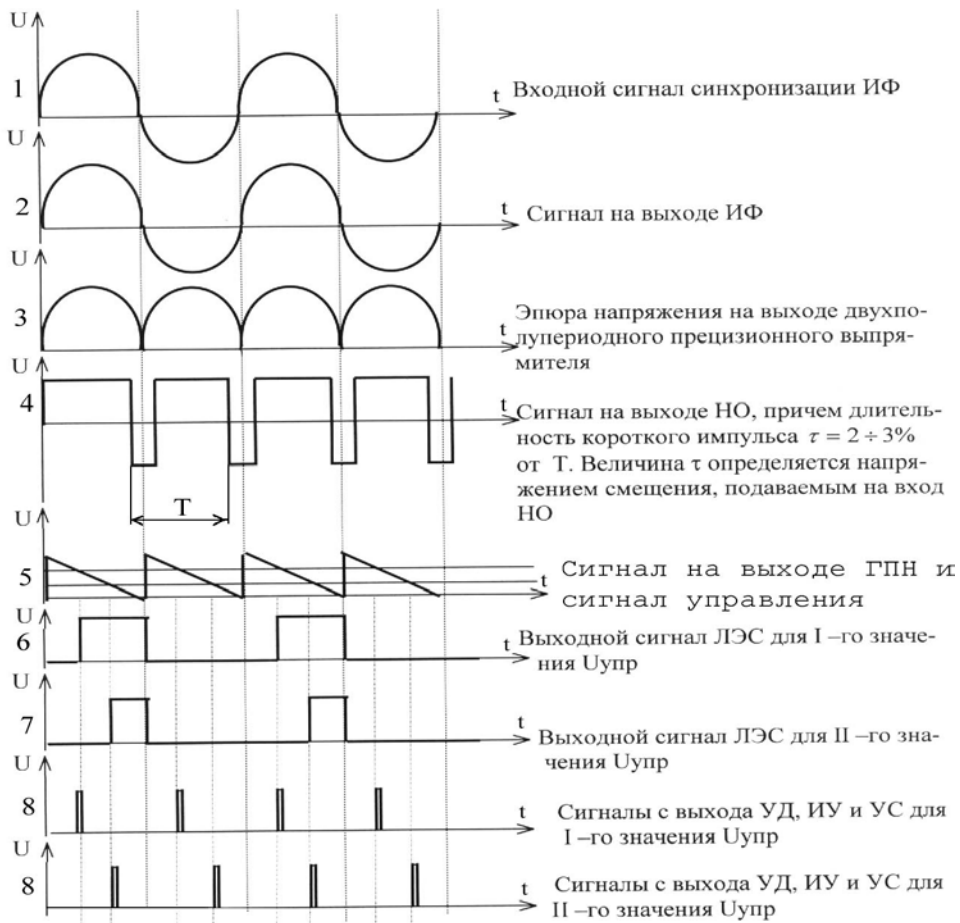


Структурная схема системы управления коммутатора переменного напряжения.



ДПВ – двухполупериодный прецизионный выпрямитель.

Эпюры напряжения на выходе блоков структурной схемы СИФУ.



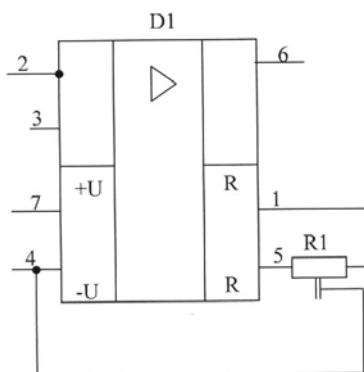
Для трехфазного коммутатора переменного напряжения структурная схема СИФУ представляет собой три структурные одинаковые схемы системы управления однофазного коммутатора переменного напряжения.

Проектирование принципиальных схем и выбор элементов блоков системы фазового управления.

В КП в качестве основного активного базового элемента будет использован операционный усилитель (ОУ) марки КР140УД8.

Типовая схема включения ОУ.

Условное графическое обозначение (УГО) операционного усилителя



Вывод N2 – инверсный вход ОУ
 Вывод N3 – прямой вход ОУ
 Вывод N6 – выход ОУ
 Выводы N1 и N5 – статическая балансировка ОУ

Вывод N7 - питание положительной полярности
 Вывод N4 – питание отрицательной полярности

В КП ОУ будут подключаться к двухполярному источнику питания.

Основные технические характеристики ОУ марки КР140УД8:

$$U_{пит} = \pm 15 В$$

$$U_{вых} = \pm 11,5 В$$

$U_{вх} = \pm 12 В$ (для инверсного и прямого входа, относительно общей точки питания)

$K_{ус} = 50000$ (коэффициент усиления без учета внешних корректирующих элементов)

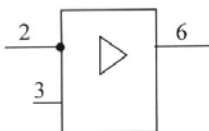
$$i_{вх} = 0,2 нА$$

$$i_{вых} = 20 мА$$

$i_{потр} = 2,8 мА$ - ток потребления микросхемы (при отсутствии нагрузки на выходе ОУ)

$f = 1 МГц$ (при отсутствии внешних корректирующих элементов, когда коэффициент передачи равен 1).

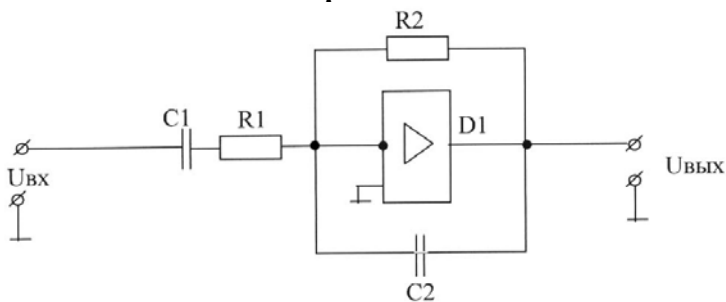
Упрощенное УГО ОУ:



Упрощенное УГО ОУ используется только при структурном проектировании принципиальных схем. В КП необходимо использовать полное УГО.

Расчет и выбор элементов избирательного фильтра в СИФУ.

Принципиальная схема ИФ.



Передаточная функция ИФ:

$$W = \frac{T_1 \times P}{(T_2 \times P + 1) \times (T_3 \times P + 1)}$$

$$T_1 = R_2 \times C_1$$

$$T_2 = R_2 \times C_2$$

$$T_3 = R_1 \times C_1$$

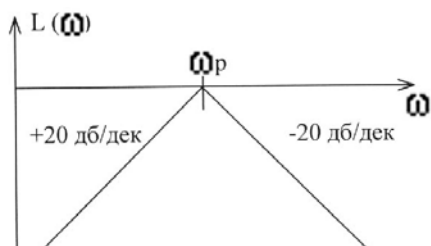
$$W = \frac{U_{ВЫХ}}{U_{ВХ}} = \frac{Z_{ОС}}{Z_{ВХ}};$$

$$\frac{1}{Z_{ОС}} = \frac{1}{R_2} + C_2 \times P;$$

$$Z_{ВХ} = \frac{1}{C_1 \times P} + R_1,$$

где P - оператор дифференцирования.

Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика, требуемая для ИФ, имеет следующий вид:



где $\omega_p = 2\pi f$, где f - частота промышленной сети = 50 Гц

Таким образом:

$$\omega_p = 314 \text{ рад/с}$$

В точке резонанса коэффициент передачи ИФ равен 1.

Зная, что $\omega_p = 314 \text{ рад/с}$, $K_{ИФ}(\omega_p) = 1$ осуществим расчет и выбор элементов ИФ.

Для обеспечения требований $\left\{ \begin{array}{l} \omega_p = 314 \text{ рад/с} \\ K_{ИФ} = 1 \end{array} \right.$ необходимо что бы

$$T_1 = T_2 = T_3.$$

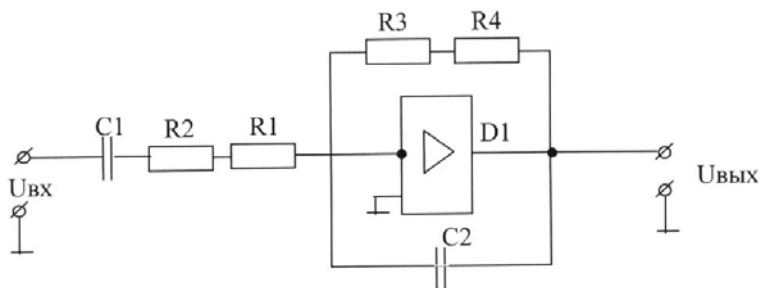
Дополнительное условие - что бы обеспечить $K_{ИФ} = 1$ необходимо, что бы $R_1 = R_2$,

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = T_2 = T_3 \\ R_1 = R_2 \end{array} \right\} \text{ следовательно } C_1 = C_2.$$

Задавшись величиной емкости конденсатора $C_1 \text{ и } C_2 = 10 \text{ мкФ}$, находим величину $R_1 = R_2 = 3,19 \text{ кОм}$.

Таким образом, анализируя ряд 5% резисторов мы не находим величины резистора $3,19 \text{ кОм}$, составляем из двух последовательно включенных резисторов $3 \text{ кОм} + 200 \text{ Ом}$.

Окончательно принципиальная схема будет иметь вид:



Выбор элементов ИФ.

В качестве конденсатора используют конденсатор марки К77-1-10МКФ±5%-63В.

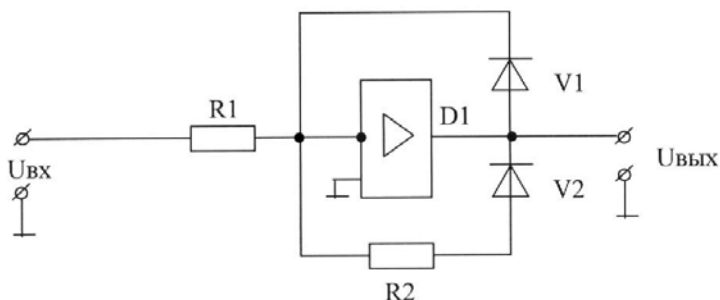
Резисторы R_1, R_3 - марки МЛТ-0,25Вт-3к±5%;

R_2, R_4 - марки МЛТ-0,25Вт-200±5%.

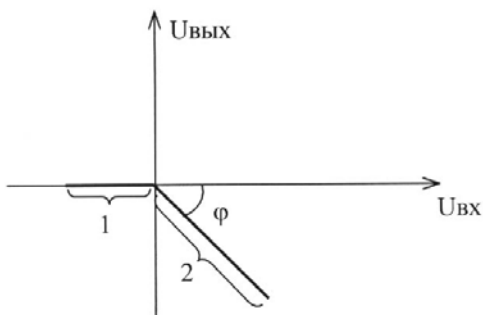
Все данные пойдут в перечень элементов КП.

Расчетный выбор элементов двухполупериодного прецизионного выпрямителя.

Базовым блоком двухполупериодного прецизионного выпрямителя является схема прецизионного однополупериодного выпрямителя.



Переходная характеристика однополупериодного выпрямителя имеет следующий вид:



На первом участке на вход ОУ поступает сигнал отрицательной полярности от максимального значения до нуля. На этом участке диод $V1$ открыт, а $V2$ закрыт, в связи с этим, потенциал на нагрузке равен нулю. При

поступлении на вход отрицательного сигнала, в связи с тем, что используется схема с инвертирующим входом ОУ, на выходе формируется сигнал положительной полярности. Диод V1, в связи с этим, открыт. Он блокирует цепь отрицательной обратной связи на участке 1. Так как на первом участке, на выходе ОУ формируется положительной полярности сигнал относительно общего провода, диод V2 закрыт. Выходное напряжение на нагрузке равно нулю.

Анализ работы схемы на 2-ом участке переходной характеристики.

Согласно переходной характеристике на вход однополупериодного выпрямителя поступает сигнал положительной полярности, изменяющийся от нуля до положительного значения $U_{вх.max}$. В связи с этим формируется схема инвертирующего усилителя, где

коэффициент передачи равен отношению: $K_{II} = \frac{R_2}{R_1}$.

Угол наклона φ - является арктангенсом отношения сопротивлений.

Для КП $K_{II} = 1$, в связи с этим $R_1 = R_2$.

Выбор элементов для однополупериодногопрецизионного выпрямителя.

В качестве диодов используются диоды марки КД-510.

Определение величин R_1, R_2 .

Для обеспечения 1%-ой ошибки необходимо, чтобы ток в цепи обратной связи определялся выпремителем:

$$i_{oc} \geq 100i_{об.д}$$

$$\text{Для КД-510 } i_{об.д} = 2\text{мкА}$$

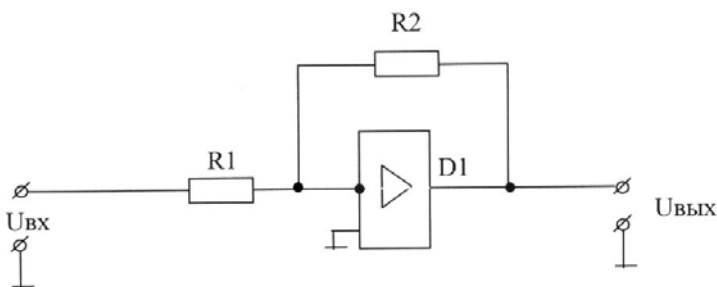
$$i_{oc} = 200\text{мкА}$$

$$R_{oc} = R_2 = 5,1\text{кОм}$$

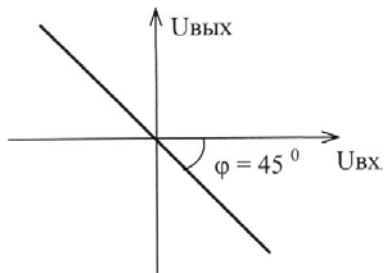
$$U_{R2} = 1\text{В}$$

$$U_{ввыл} = 1 \div 11,5\text{В}$$

Расчет и выбор элементов инвертора с $K_{II}=1$.

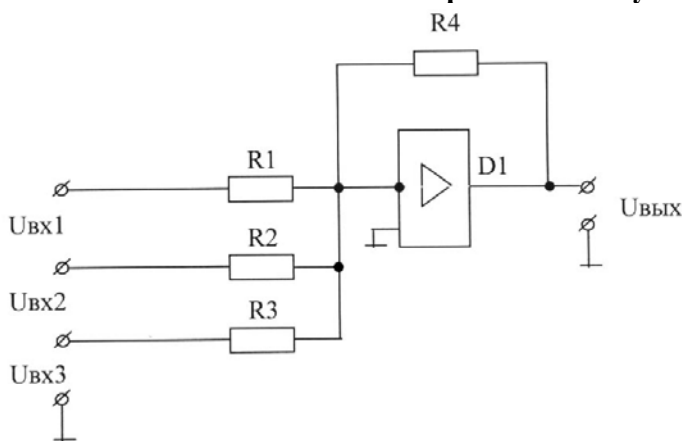


Переходная характеристика имеет следующий вид:



Для обеспечения $K_{II} = 1$ необходимо, чтобы выполнялось условие $R_1 = R_2$. Величины этих резисторов могут быть выбраны в широком диапазоне. Для снижения себестоимости изделия целесообразно выбрать базовую величину сопротивления. В связи с этим принимаем сопротивления R_1, R_2 марки МЛТ-0,25Вт-5,1кОм $\pm 5\%$

Расчет и выбор элементов сумматора.



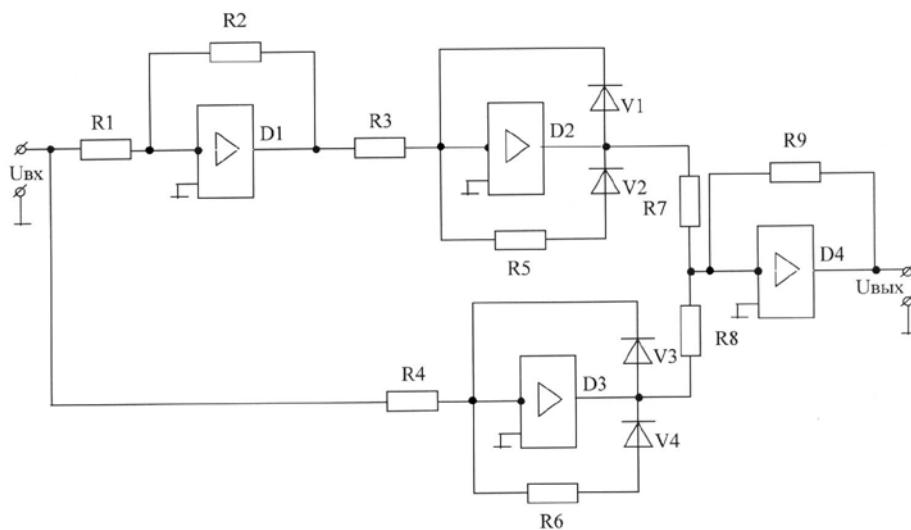
Работа инвертирующего сумматора описывается следующим аналитическим выражением:

$$U_{вы} = -(K_1 \times U_{в1} + K_2 \times U_{в2} + K_3 \times U_{в3}),$$

где $K_1 = \frac{R_4}{R_1}$ $K_2 = \frac{R_4}{R_2}$ $K_3 = \frac{R_4}{R_3}$

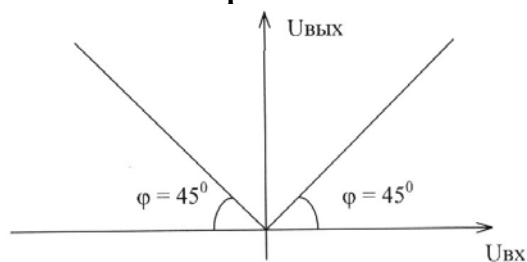
Аналогично, как и в инверторе коэффициенты $K_1 = K_2 = K_3 = 1$. Таким образом $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ (марки МЛТ-0,25Вт-5,1кОм $\pm 5\%$).

Принципиальная схема двухполупериодного прецизионного выпрямителя имеет следующий вид:



На микросхеме D1 выполнен линейный инвертирующий усилитель с $K_{II} = 1$, на ОУ D2, D3 однополупериодные прецизионные выпрямители и на D4 – линейный сумматор.

Переходная характеристика двухполупериодного прецизионного выпрямителя:



Основными требованиями к компонентам ДПВ (линейный инвертор, линейный сумматор) по выбору характеризующих элементов является коэффициент передачи линейного инвертора (равный 1), коэффициент линейного сумматора (равный 1).

в связи с этим $R_1 = R_2, R_7 = R_8 = R_9$.

На рабочем участке однополупериодного выпрямителя, выполненного на микросхемах D2, D3 $K_{II} = 1$.

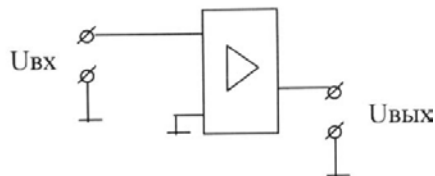
В связи с этим $R_3 = R_5, R_4 = R_6$.

Эти условия являются основными по выбору элементов ДПВ.

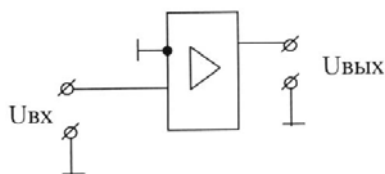
Для КП принимаем $R_1 \div R_9$ марки МЛТ-0,25Вт-2кОм $\pm 5\%$. В качестве полупроводниковых диодов $V_1 \div V_4$ принимаем диоды марки КД-521. ОУ - $D_1 \div D_4$ - КР140УД8.

Ноль – орган.

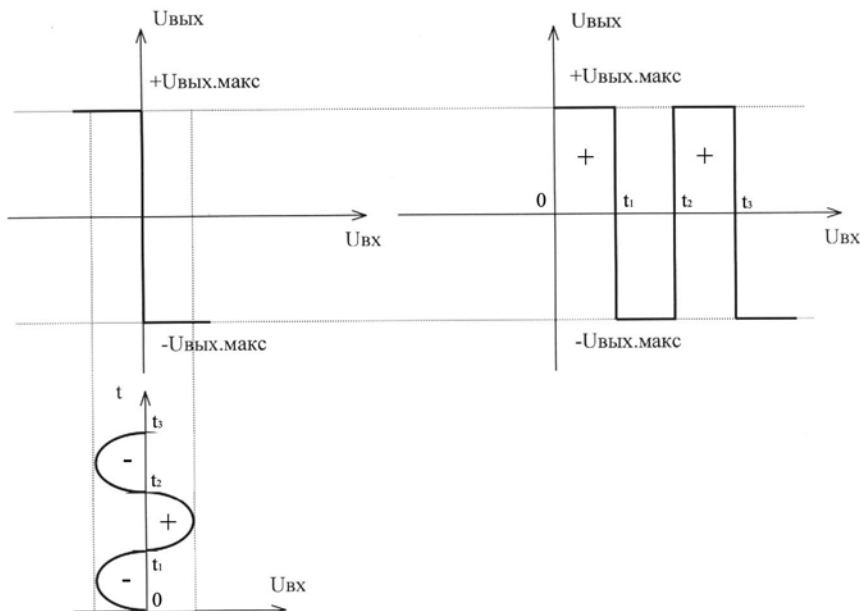
Принципиальная схема инвертирующего ноль - органа:



Принципиальная схема не инвертирующего ноль - органа:



Переходные характеристики инвертирующего ноль - органа:

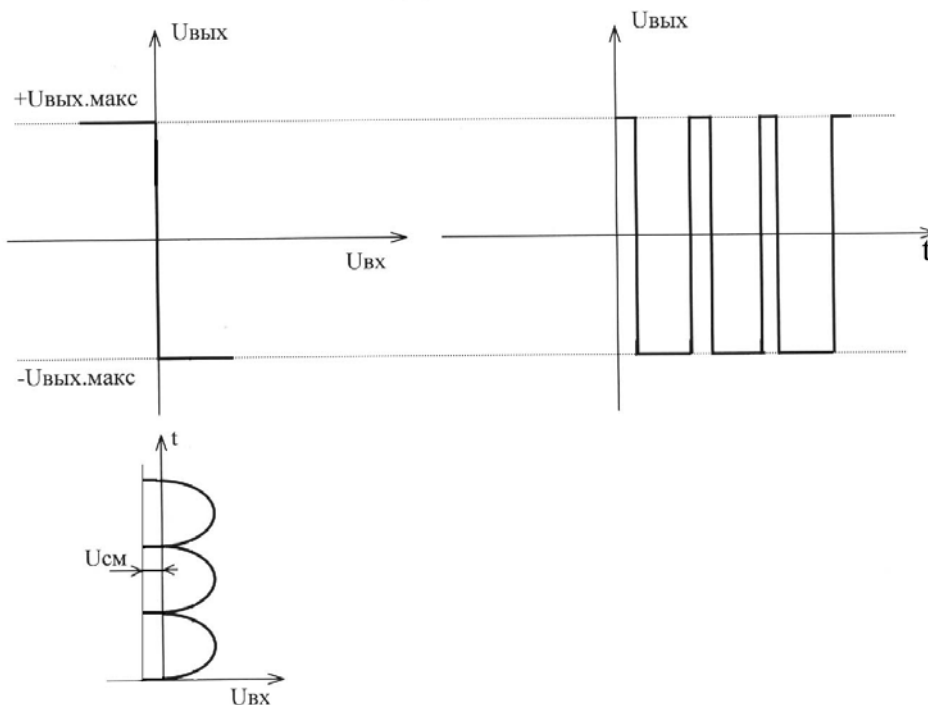
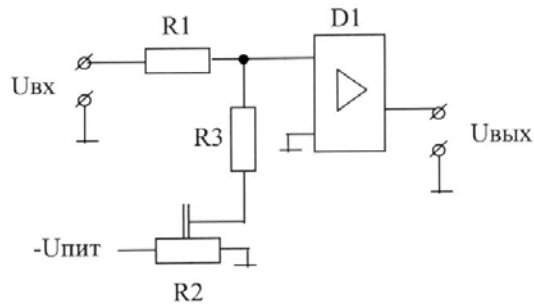


Проанализируем работу инвертирующего ноль-органа на участке 1-2.

Полуволна входного сигнала участка 1-2 проецируется на участок *ab* переходной характеристики ноль-органа. В связи с этим выходной сигнал ноль-органа будет иметь положительное значение $+U_{ввы.макс}$ на интервале 1-2. В точке 2 осуществляется переход от положительного $U_{ввы.макс}$ до отрицательного. На участке 2-3 выходного сигнала отрицательная полуволна проецируется на участок *cd* переходной характеристики ноль-органа. В связи с этим на участке 2-3 выходной сигнал будет иметь значение $-U_{ввы.макс}$. В точке 3 переход от отрицательного значения $U_{ввы.макс}$ к положительному.

Работа ноль-органа со смещением в коммутаторе переменного напряжения.

Принципиальная схема НО со смещением:



Напряжение смещения характеризует смещение переходной характеристики НО вправо. Для КП в системе управления КРН входным сигналом НО является выходной сигнал двухполупериодного прецизионного выпрямителя. Для КП $\tau = 0,03T$, $f = 50\text{Гц}$,

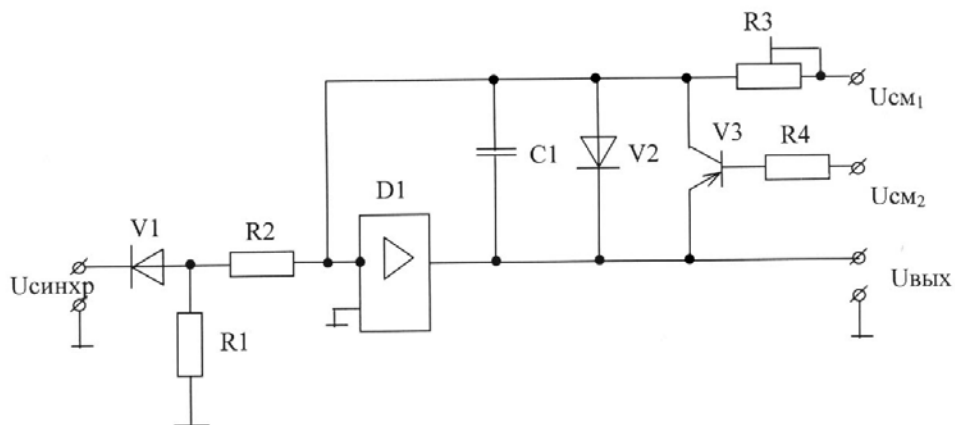
$T = 10\text{мс}$, $T_1 = 0,97 \times 10\text{мс} = 9,7\text{мс}$, где T_1 - рабочий участок СИФУ.

Выбор элементов: $R_1 = R_3 = 2\text{кОм}$

R_2 принимаем марки СП5-2а-3,3кОм $\pm 5\%$ -0,5Вт.

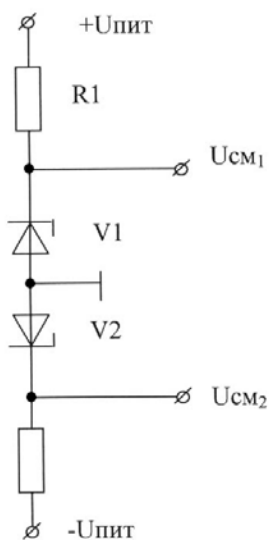
Генератор пилообразного напряжения (ГПН). Расчет и выбор элементов.

Принципиальная схема ГПН:



Рабочий участок ГПН формируется следующими элементами: R_3, C_1, D_1 . Совокупность этих элементов формирует инвертирующую цепь. Диодом V_1 и резистором формируется синхронизирующий однополярный сигнал. $U_{см1}$, величины резистора R_1 и емкости конденсатора C_1 определяют наклонный рабочий участок ГПН. $U_{см2}$ определяет максимальное значение выходного сигнала ГПН.

Принципиальная схема формирователя опорных напряжений $U_{см1}$, $U_{см2}$:



$U_{см1} = 1,3B$
 $U_{см2} = 8,2B$

Для формирования опорного напряжения использованы: стабилитрон V1 – КС182, стабилитрон V2 – КС113.

Технические характеристики стабилитрона и стабилистра.
 Для КП *Iстаб* обоих элементов принимается 10мА.

	$U_{ст}, В$	$I_{ст. min}, мА$
V1	8,2	1
V2	1,3	3

$U_{пит}$ в СИФУ +15В, -15В

Зная $I_{стаб}=10мА$, $U_{R1} = U_{пит} - U_{стV1} = 15 - 8,2 = 6,8В$

$U_{R2} = U_{пит} - U_{стV2} = 15 - 1,3 = 13,7В$

По закону Ома определим величину резисторов:

$$R_1 = \frac{6,8}{10} = 680 \Omega$$

$$R_2 = \frac{13,7}{10} = 1,37 кОм \approx 1,5 кОм$$

Таким образом, цепь рассчитана.

Рабочий участок линейно-изменяющегося выходного сигнала ГПН определяется параметрами интегрирующей цепи, элементами $C_1, R_3, U_{см1}$.

На рабочем участке процессорно-интегрирующей цепи:

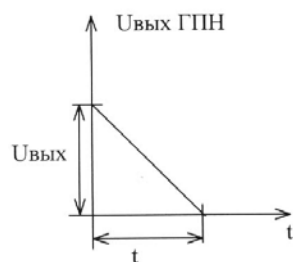
$$U_{ВЫХ} = \frac{1}{T_1} \times \int U_{см1} dt \quad (*)$$

$$T_1 = R_3 \times C_1$$

Из выражения (*)

$$T_1 \times \frac{dU_{ВЫХ}}{dt} = U_{см1}, \quad T_1 = \frac{U_{см1}}{dU_{ВЫХ}/dt}$$

В связи с тем, что выходной сигнал ГПН на рабочем участке изменяется по линейному закону, можно перейти к приращениям от производной:



$$T_1 = \frac{U_{см1}}{\Delta U_{ВЫХ} / \Delta t}$$

$$\Delta U_{ВЫХ} = U_{см1} - U_{бэV3}$$

Для КП в качестве транзисторов используется транзистор марки КТ203Т.

$h_{21Э}$ — коэффициент передачи тока по схеме с общим эмиттером.

$h_{21Э} > 40$ при $t = +25^\circ C$

$U_{кэ.нас} = 0,5 В, U_{бэ} = 0,7 В$

$I_{обр.к} = 1 мкА$ — обратный ток коллектора.

Предельные эксплуатационные данные:

$U_{кэ}(\text{при } R_{бэ} \leq 2 кОм) = 60 В;$

$I_{к max} = 10 мА;$

$$\Delta U_{\text{вых}} = 8,2 - 0,7 = 7,5 \text{ В.}$$

Определение величины Δt для ГПН.

1. Для двухполупериодного полностью управляемого двухфазного выпрямителя
 $f_c = 50 \text{ Гц}$ $\Delta t = 10 \text{ мс}$ $\alpha_p = 180^\circ$ (рабочий угол управления).
2. Однополупериодный трехфазный полностью управляемый ТП.
Рабочей областью ТП является либо верхний, либо нижний квадрант.
Рассмотрим верхний квадрант. Рабочий угол управления $\alpha_p = \frac{5}{6}\pi$ ($\Delta t = 8,3 \text{ мс}$).
3. Трехфазный двухполупериодный ТП.
Рабочий угол управления - $\frac{2}{3}\pi$ ($\Delta t = 6,7 \text{ мс}$).
4. Коммутатор переменного напряжения.
Рабочий участок - $\Delta t = 10 \text{ мс}$, рабочий угол управления $\alpha_p = 180^\circ$.
Рассмотрим пример для коммутатора переменного напряжения и для двухфазного полностью управляемого тиристорного преобразователя.

$$T_1 = 0,00173 \text{ с}$$

Задавшись $C_1 = 0,68 \text{ мкФ}$, зная величину емкости и резистора рассчитываем :

$$R_3 = 2,549 \text{ кОм.}$$

В связи с тем, что существуют широко изменяемые параметры ($U_{см}$), также параметры V_3 ($U_{бэ}$) целесообразно в качестве R_3 использовать прецизионный построечный резистор серии СП5. Чтобы обеспечить эффективную настройку ГПН целесообразно величину сопротивления построечного резистора взять в два раза больше, чем расчетная величина.

Таким образом, R_3 принимаем марки СП5-2а-0,5Вт-5,1кОм $\pm 5\%$. В качестве диодов V_1 и V_2 - диоды марки КД521В.

Технические характеристики КД521В:

$$I_{пр. \max} = 50 \text{ мА}$$

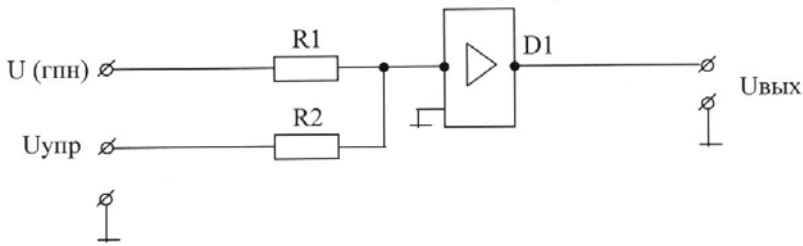
$$U_{обр. \max} = 50 \text{ В}$$

$$I_{обр.} = 1 \text{ мкА}$$

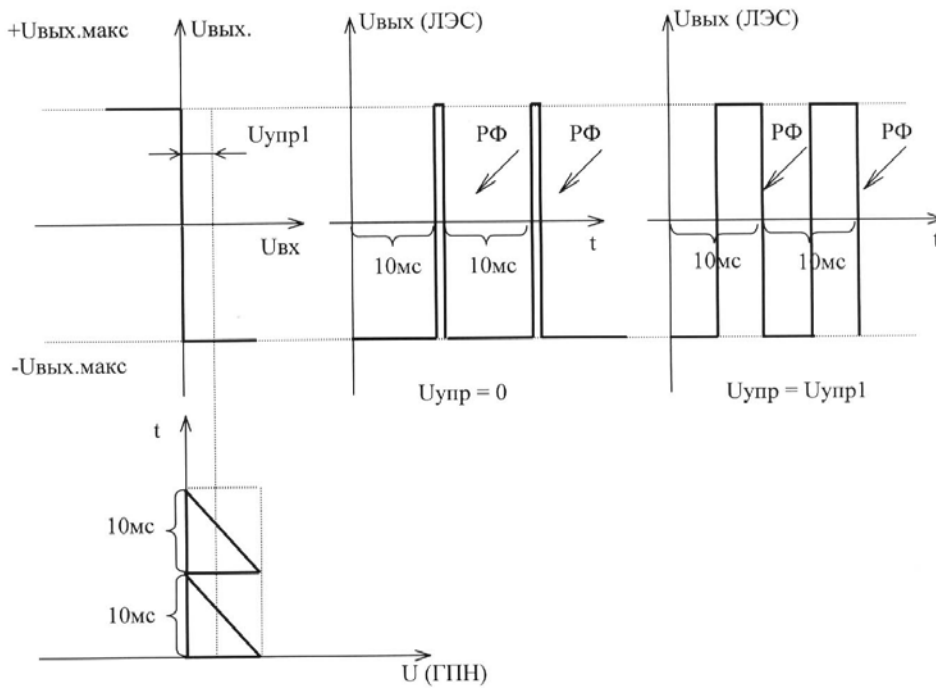
$$U_{пр} = 1 \text{ В}$$

Логический элемент сравнения.

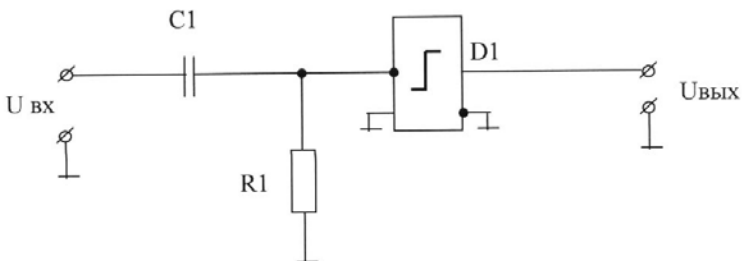
Принципиальная схема ЛЭС:



Для КП $R_1 = R_2 = 5,1 \text{ кОм}$ марки МЛТ0,25-5,1кОм $\pm 5\%$.



Дифференцирующее устройство.



Пример расчета RC-цепи для коммутатора переменного напряжения.

$$T_{RC} = \frac{10 \times 10^{-3}}{314} = 3,2 \times 10^{-5} \text{ с.}$$

Задавшись величиной конденсатора $C_1 = 6800n\Phi$ определяем величину сопротивления

$$T_{RC1} = R_1 \times C_1$$

$$R_1 = 4,8k\Omega$$

принимаем $R_1 = 4,7k\Omega$.

Таким образом, для УД принимаем следующие элементы:

R_1 - МЛТ0, 25-4,7кОм ± 5%

C_1 - КМ6К750-6800нФ.

В качестве активного элемента используется компаратор марки Д1-К554СА3.

Технические характеристики компаратора:

$U_{CM} = 3mV$

$I_{BX} = 0,1\mu A$

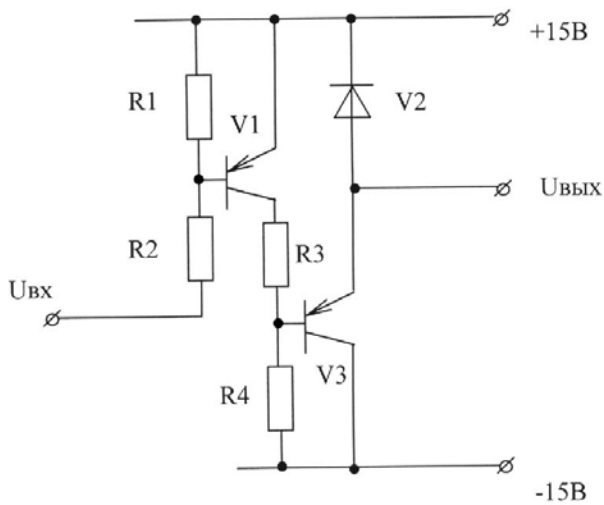
$K_U = 150 \times 10^3$

$i_{потреб} = 6\mu A$

$R_{нагр. max} = 2k\Omega$ (при подключении входа к 15В источнику питания).

Логическое устройство. Расчет импульсного усилителя.

Принципиальная схема ИУ:



Технические характеристики элементов ИУ:

$V_1 - KT3107И$

$h_{21Э} = 180 - 460$

$U_{к0нас} = 0,5V$

$I_{к0} = 0,1\mu A$

Предельные эксплуатационные данные:

$$U_{кэ} \max(\text{при } R_{бэ} = 2 \text{ кОм}) = 45 \text{ В}$$

$$I_{к\max} = 50 \text{ мА}$$

$$V_3 - \text{КТ829 Б}$$

$$h_{21э} = 750$$

$$U_{кэ \text{ нас}} = 2 \text{ В}$$

$$I_{к \text{ обр}} = 1,5 \text{ мА}$$

$$U_{кэ} (R_{бэ} = 1 \text{ кОм}) = 80 \text{ В}$$

$$I_{к\max} = 8 \text{ А}$$

$$V_2 - \text{КД206}$$

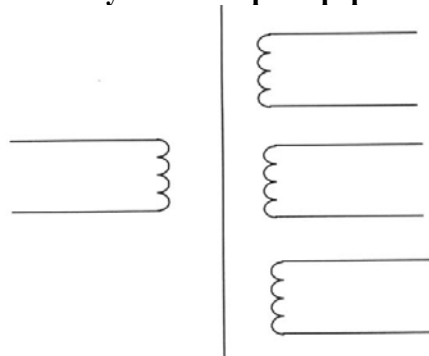
$$R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ кОм}$$

$$R_4 - \text{МЛТ0,25} - 1 \text{ кОм} \pm 5\%$$

Технические характеристики взяты из справочника.

Система управления однополупериодного трехфазного выпрямителя.

Расчет импульсного трансформатора.



$$P_{тп} = n \times K_3 \times P_{1т ир},$$

где n - число тиристоров управляемых от одного трансформатора;

K_3 - коэффициент запаса равный 1,2;

$P_{1т ир}$ - мощность, расходуемая на управление одного тиристора;

$$P_{1т ир} = I_{упр.э} \times U_{су}$$

$U_{су}$ - напряжение согласующего устройства.

$I_{упр.э}$ - ток управления электродом, $I_{упр.э} = 2 \times I(1)$;

$$U_{су} = 2 \times U(1)$$

Трансформатор используется из ш-образного железа электротехнической стали марки Э. Сечение керна $S_k = K \times P_{тп} [см^2]$, $K = 0,125 [см^2 / Вт]$.

Число витков первичной обмотки трансформатора

$$W_1 = \frac{U(2) \times 4,8}{S_k}$$

В КП $U(2) = 30 \text{ В}$

Число витков вторичных обмоток:

$$W_{2,3} = \frac{U_{су} \times 5,4}{S_k},$$

$$K_{T p} = \frac{W_1}{W_2}$$

Ток первичной обмотки:

$$I(1) = \frac{P_{T p}}{U(2)},$$

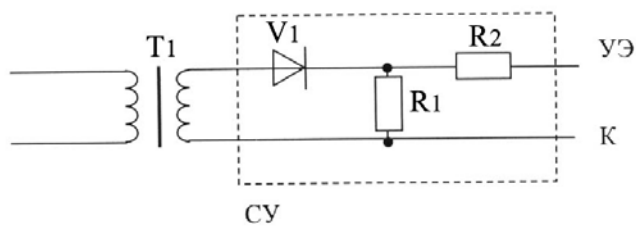
$$I(2) = \frac{I(1) \times K_{T p}}{n},$$

$$d(n) = I(n) \times 0,2,$$

где $d(n)$ – диаметр провода;
 $I(n)$ – ток в n-ой обмотке.

Расчет согласующего устройства.

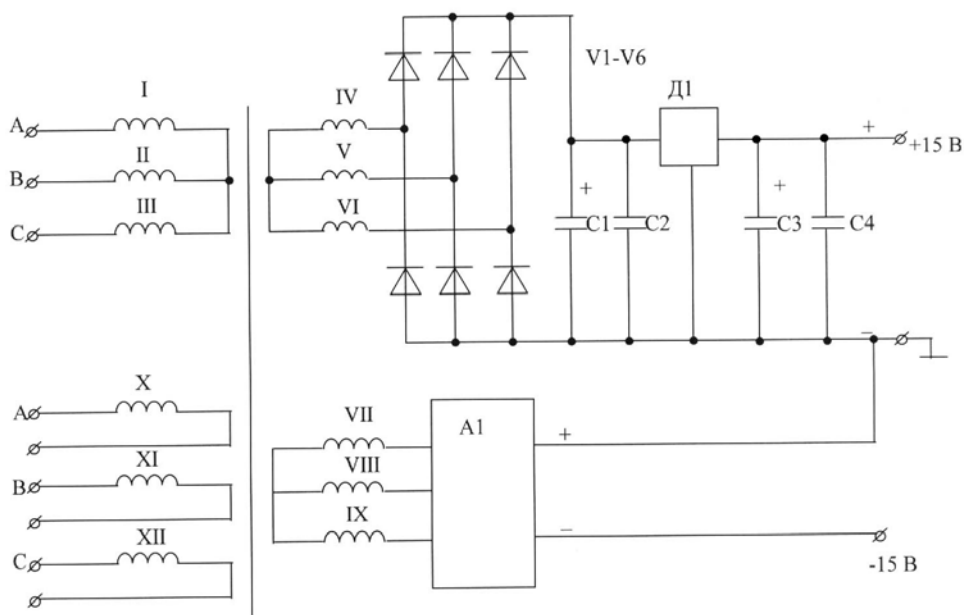
В качестве $V1$ принимаем диод марки КД213А.



Расчет и выбор параметров блока питания и синхронизации для трехфазного выпрямителя и трехфазного КПН.

Для трехфазного однополупериодного выпрямителя и трехфазного КПН.

Принципиальная схема имеет следующий вид:



Блок А1 – это аналогичный выпрямитель и стабилизатор собранный на диодах V1 – V6 , конденсаторах C1 –C4 и микросхеме Д1.

Расчет параметров трансформатора

Исходные данные:

$$P_{\Sigma} = 60 \text{ Вт}$$

$$U_{пл} = 380 \text{ В}$$

$$U_{л_{4-6}} = 15 \text{ В}$$

$$U_{л_{7-9}} = 15 \text{ В}$$

$$U_{\phi_{10-12}} = 5 \text{ В}$$

Для того чтобы рассчитать параметры 1-3 обмоток необходимо определить параметры магнитопровода трехфазного трансформатора.

В качестве магнитопровода используются следующие материалы: сталь электротехническая марки Э-4, шихтованная, покрытая лаком.

Мощность стержня :

$$P_{ст} = \frac{P_{\Sigma}}{\sqrt{3}} = \frac{60}{\sqrt{3}} \cong 35 \text{ Вт} .$$

Сечение одного стержня:

$$S_{1ст} = \frac{P_{1ст}}{K_1} ,$$

где K_1 – коэффициент пропорциональности для маломощных трансформаторов, выполненных из электротехнической стали марки Э4.

$$S_{1ст} = 1,75 \text{ см}^2 .$$

Число витков первичных обмоток

$$W = W_2 = W_3 = \frac{48 \times U\phi_{1-3}}{ScT},$$

$$U\phi_{1-3} = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220B,$$

$$W_{1-3} = \frac{48 \times 220}{1,75} = 6097 \text{ ВИТ КОВ.}$$

Диаметр провода I-III обмотки:

$$S_{np} = \frac{i_{\phi_{1-3}}}{Kn},$$

$$Kn = 4 \text{ A/мм}^2,$$

$$i_{\phi} = \frac{P_2 / \sqrt{3}}{U\phi} = 0,158 \text{ A},$$

$$S_{np} = \frac{0,158}{4} = 0,0395 \text{ мм}^2,$$

$$d_{np} = \sqrt{\frac{S_{np} \times 4}{\pi}} = 0,224 \text{ мм.}$$

Расчет и выбор параметров обмоток питания с IV-IX.

В связи с тем, что нагрузка симметрична, параметры обмоток одинаковы.

$$U\phi_4 = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{15B}{1,71} = 8B,$$

$$P_{4-9} = P_2 \times \eta = 60Bт \times 0,85 = 51Bт,$$

$\eta = 0,85$ – для маломощных трансформатор

$$P_4 = \frac{P_{4-9}}{6} = \frac{51}{6} = 8,5Bт,$$

$$i_4 = \frac{P_4}{U\phi_4} = \frac{8,5}{8,66} = 0,98 \text{ A},$$

$$W_4 = \frac{54 \times U\phi_4}{ScT} = \frac{54 \times 8,66}{1,75} = 267 \text{ ВИТ КОВ.},$$

$$S_{np} = \frac{i_4}{Kn} = \frac{0,98}{4} = 0,245 \text{ мм}^2,$$

$$d_{np} = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,245}{3,14}} = 0,559 \text{ мм.}$$

Из технологических соображений диаметр провода принимаем $d_{np} = 0,12 \text{ мм}$ (т.к. ток синхронизирующих обмоток очень мал).

$$W = \frac{54 \times U_{cc}}{Scs} = \frac{54 \times 5}{1,75} = 156 \text{ витков.}$$

Выбор элементов выпрямителя.

В качестве выпрямителя используется КД202А.

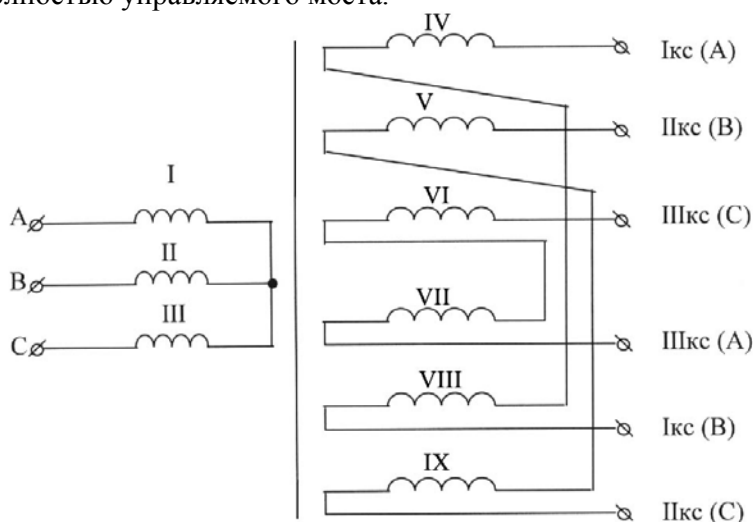
Так как величина коэффициента пульсации меньше 10%, конденсатор выполняет функции подавления высокочастотных гармоник емкости. Параметры конденсатора C_1 :

К50-20 500мкФ, 25В.

C_2, C_3 , согласно требованию эксплуатации стабилизаторов марки КР14ЕМ8Б, используются следующие: КМ6 – Н90 – (К2Е)/0,33мкФ ± 10%.

C_4 – марка К50 – 20 – 10мкФ – 25В.

Особенности включения обмоток синхронизации для выпрямителей полностью управляемого моста.



I_{кс} – первый канал стандартизации;

П_{кс} – второй канал синхронизации;

Число витков обмоток определяется аналогично предыдущей сети синхронизации.

Контрольные задания для СРД (тема 11) [1-12]

1. Эпюры напряжения.
2. Принципиальная схема силовой части однофазного коммутатора переменного напряжения.
3. Структурная схема системы управления коммутатора переменного напряжения.
4. Эпюры напряжения на выходе блоков структурной схемы СИФУ.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.

2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005

Тема №12 . Операционный усилитель

План лекции

1. Системы управления преобразователями частоты.
2. Расчет схемы управления автономным инвертором.
3. Автономные инверторы и преобразователи частоты

Автономные инверторы - это устройства, преобразующие постоянный ток в переменный с постоянной или регулируемой частотой и работающие на автономную нагрузку.

В отличие от инверторов, ведомых сетью, у автономного инвертора на стороне переменного тока нет другого источника энергии той же частоты, кроме самого инвертора. Основные области применения автономных инверторов: - питание потребителей переменного тока в устройствах, где единственным источником энергии является аккумуляторная батарея (например, бортовые источники питания), а также питание ответственных потребителей при аварии в сети переменного тока (например, электросвязь);

электротранспорт, питающийся от контактной сети постоянного или переменного напряжения, где для регулируемого электропривода желательно иметь простые, дешевые и надежные короткозамкнутые асинхронные двигатели;

электропривод, где требуется переменная скорость вращения; в этом случае инвертор является источником с регулируемой частотой и напряжением;

трансформаторы постоянного тока, преобразующие постоянный ток одного уровня в постоянный ток другого уровня;

источники прямого преобразования энергии, в которых вырабатывается постоянный ток относительно низкого напряжения (термо - и фотоэлектрические генераторы, топливные элементы, МГД-генераторы); для использования этой энергии требуется преобразовать постоянный ток в переменный ток определенной частоты;

передача энергии постоянным током - для преобразования переданного на дальнее расстояние постоянного тока в переменный.

Требования, предъявляемые к автономным инверторам

К автономным инверторам, работающим в конкретной установке, предъявляются следующие требования:

- обеспечение максимального к. п. д.;

- минимальная установленная мощность отдельных узлов и элементов.

(Под установленной мощностью какого-либо элемента понимается основной его параметр, определяющий габариты, вес и стоимость элемента.) Установленная мощность элементов является одним из основных факторов, определяющих целесообразность применения той или иной схемы автономного инвертора. Наиболее рациональной считается та схема, у которой суммарная установленная мощность имеет наименьшее значение. При этом сравниваются суммарные приведенные установленные мощности инверторов. Под приведенными установленными мощностями элементов понимают действительные мощности, умноженные на коэффициент приведения к основному элементу по выбранному критерию оценки;

- возможность широкого регулирования выходного напряжения;

- обеспечение стабильности выходного напряжения при изменении величины и характера нагрузки;

- обеспечение синусоидальной или близкой к синусоидальной форме кривой выходного напряжения;

- отсутствие срывов инвертирования при перегрузках;

- возможность работы в режиме холостого хода;

- обеспечение максимальной надежности и устойчивости [6].

Естественно, что требования, предъявляемые к схемам автономных инверторов, зависят от конкретного назначения инвертора. Поэтому оптимальный вариант схемы инвертора необходимо выбирать, учитывая режимы работы нагрузок, питающихся от него.

Структурные схемы систем с автономными инверторами

Системы с автономными инверторами можно условно разделить на два типа: система постоянного тока (рисунок 6.1, а); система переменного тока (рисунок 6.1, б).

Эти системы состоят из следующих блоков: ИП - первичный источник постоянного тока; П - собственно преобразователь, преобразующий постоянный ток в переменный и представляющий собой схему, построенную на обычных тиристорах, запираемых тиристорах или транзисторах; СУ - система управления, включающая в себя генератор управляющих импульсов, преобразователь фаз (фазорасщепитель), предварительный усилитель и генератор задающей частоты; В - выпрямитель, представляющий собой группу неуправляемых или управляемых вентилях, собранных по определенной схеме; Ф - электрический фильтр, обеспечивающий необходимый для нормальной

работы потребителя коэффициент пульсаций; ПУ - промежуточное устройство, связывающее преобразователь с нагрузкой и включающее в себя фильтры по переменному току, компенсаторы, а также в некоторых случаях элементы, обеспечивающие постоянство выходного напряжения при изменении напряжения на входе или на нагрузке; Н - нагрузка; Р - регулятор, предназначенный для регулирования выходного напряжения по заданному закону или для поддержания заданного уровня выходного напряжения; САО - система аварийного отключения, являющаяся частью любой системы питания и включающая в себя чувствительные датчики и быстродействующие реле (электромеханические или бесконтактные).

Как видно из рисунков, регулятор может воздействовать непосредственно или на выпрямитель, промежуточное устройство, собственно преобразователь, источник питания, или на систему управления. В первом случае регулятор представляет собой устройство, состоящее из силовой и задающей частей, а также чувствительного органа. Во втором случае необходимость в силовой части отпадает и в состав регулятора входят только задающая часть и чувствительный орган.

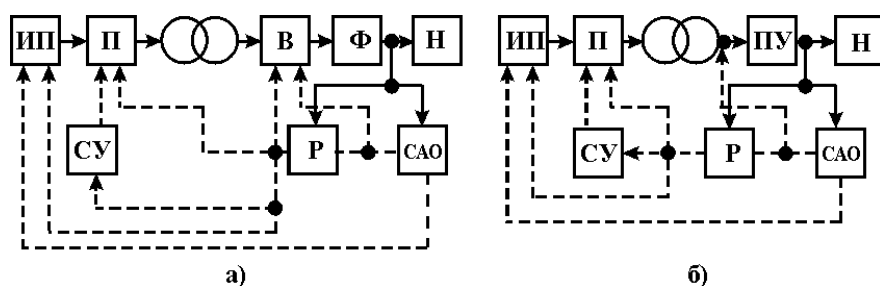


Рисунок 1 – Структурные схемы систем с автономными инверторами:
а – система постоянного тока; б – система переменного тока

Аналогично регулятору система аварийного отключения воздействует либо на источник питания и выходную цепь преобразователя (выпрямитель), отключая при этом источник питания и преобразователь (выпрямитель), либо на регулятор, снимая напряжение на нагрузке.

Контрольные задания для СРД (тема 12) [1-12]

1. Расчет и выбор элементов избирательного фильтра в СИФУ.
2. Расчетный выбор элементов двухполупериодного прецизионного выпрямителя.
3. Расчет и выбор элементов инвертора с $K_{II}=1$.
4. Расчет и выбор элементов сумматора.
5. Принципиальная схема двухполупериодного прецизионного выпрямителя.
6. Ноль – орган.
7. Работа ноль – органа со смещением в коммутаторе переменного напряжения

Рекомендуемая литература

- 1.Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005

Тема №13 Генератор пилообразного напряжения (ГПН)

План лекции

1. Схемы управления регулируемыми выпрямителями.
- 2.Источники питания схем управления.

Требования, предъявляемые к автономным инверторам

К автономным инверторам, работающим в конкретной установке, предъявляются следующие требования:

-обеспечение максимального к. п. д.;

-минимальная установленная мощность отдельных узлов и элементов.

(Под установленной мощностью какого-либо элемента понимается основной его параметр, определяющий габариты, вес и стоимость элемента.)

Установленная мощность элементов является одним из основных факторов, определяющих целесообразность применения той или иной схемы автономного инвертора. Наиболее рациональной считается та схема, у которой суммарная установленная мощность имеет наименьшее значение. При этом сравниваются суммарные приведенные установленные мощности инверторов. Под приведенными установленными мощностями элементов понимают действительные мощности, умноженные на коэффициент приведения к основному элементу по выбранному критерию оценки;

-возможность широкого регулирования выходного напряжения;

-обеспечение стабильности выходного напряжения при изменении величины и характера нагрузки;

- обеспечение синусоидальной или близкой к синусоидальной форме кривой выходного напряжения;
- отсутствие срывов инвертирования при перегрузках;
- возможность работы в режиме холостого хода;
- обеспечение максимальной надежности и устойчивости [6].

Естественно, что требования, предъявляемые к схемам автономных инверторов, зависят от конкретного назначения инвертора. Поэтому оптимальный вариант схемы инвертора необходимо выбирать, учитывая режимы работы нагрузок, питающихся от него.

Структурные схемы систем с автономными инверторами

Системы с автономными инверторами можно условно разделить на два типа: система постоянного тока (рисунок 6.1, а); система переменного тока (рисунок 6.1, б).

Эти системы состоят из следующих блоков: ИП - первичный источник постоянного тока; П - собственно преобразователь, преобразующий постоянный ток в переменный и представляющий собой схему, построенную на обычных тиристорах, запираемых тиристорах или транзисторах; СУ - система управления, включающая в себя генератор управляющих импульсов, преобразователь фаз (фазорасщепитель), предварительный усилитель и генератор задающей частоты; В - выпрямитель, представляющий собой группу управляемых или управляемых вентилях, собранных по определенной схеме; Ф - электрический фильтр, обеспечивающий необходимый для нормальной работы потребителя коэффициент пульсаций; ПУ - промежуточное устройство, связывающее преобразователь с нагрузкой и включающее в себя фильтры по переменному току, компенсаторы, а также в некоторых случаях элементы, обеспечивающие постоянство выходного напряжения при изменении напряжения на входе или на нагрузке; Н - нагрузка; Р - регулятор, предназначенный для регулирования выходного напряжения по заданному закону или для поддержания заданного уровня выходного напряжения; САО - система аварийного отключения, являющаяся частью любой системы питания и включающая в себя чувствительные датчики и быстродействующие реле (электромеханические или бесконтактные).

Как видно из рисунков, регулятор может воздействовать непосредственно или на выпрямитель, промежуточное устройство, собственно преобразователь, источник питания, или на систему управления. В первом случае регулятор представляет собой устройство, состоящее из силовой и задающей частей, а также чувствительного органа. Во втором случае необходимость в силовой части отпадает и в состав регулятора входят только задающая часть и чувствительный орган.

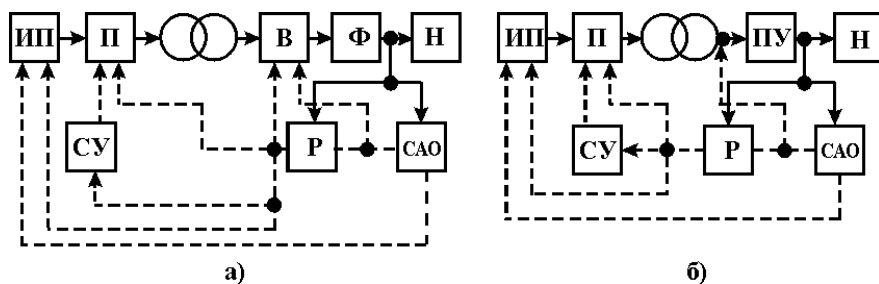


Рисунок 6.1 – Структурные схемы систем с автономными инверторами:
а – система постоянного тока; б – система переменного тока

Аналогично регулятору система аварийного отключения воздействует либо на источник питания и выходную цепь преобразователя (выпрямитель), отключая при этом источник питания и преобразователь (выпрямитель), либо на регулятор, снимая напряжение на нагрузке.

Инверторы тока и инверторы напряжения

В зависимости от особенностей протекания электромагнитных процессов автономные инверторы могут быть разделены на два основных типа: инверторы тока (рисунок 6.2, а) и инверторы напряжения (рисунок 6.2, в).

Для инверторов тока характерно то, что они формируют в нагрузке ток (под нагрузкой в данном случае подразумевается параллельное 1 соединение z_n и C , а форма напряжения зависит от параметров нагрузки.

Источник постоянного тока работает в режиме генератора тока, для чего во входной цепи включается реактор L_d с большой индуктивностью. Кроме того, реактор L_d выполняет функции фильтра высших гармонических напряжения, так как к нему прикладывается разность между выходным и входным напряжением, препятствует разряду конденсатора на источник питания во время коммутации тока в вентилях и обеспечивает аperiodический режим работы инвертора, характерный малыми пульсациями входного тока и малой зависимостью формы инвертированного напряжения от нагрузки. Инвертор тока может работать только с активно-емкостной нагрузкой, т. е. при опережающем инвертированном токе (рисунок 6.2, б), когда между анодом и катодом закрывшегося вентиля в течение некоторого времени поддерживается отрицательное напряжение, необходимое для восстановления запирающих свойств вентиля. Это время называется временем выключения ($t_c = t_{\text{выкл}}$). При активно-индуктивной нагрузке баланс реактивной мощности обеспечивается коммутирующими конденсаторами.

В режиме холостого хода инвертор тока не работоспособен вследствие затрудненного перезаряда конденсатора. При перегрузках его работа затруднена из-за недостаточного времени, для восстановления запирающих свойств вентилях. Внешняя характеристика инвертора тока «мягкая». В

инверторе тока применяются вентили с неполным управлением (обычные тиристоры и ионные вентили).

Инверторы напряжения формируют в нагрузке напряжение, а форма тока зависит от характера нагрузки. Источник питания инвертора напряжения работает в режиме генератора напряжения, как правило, в качестве источника используется аккумуляторная батарея.

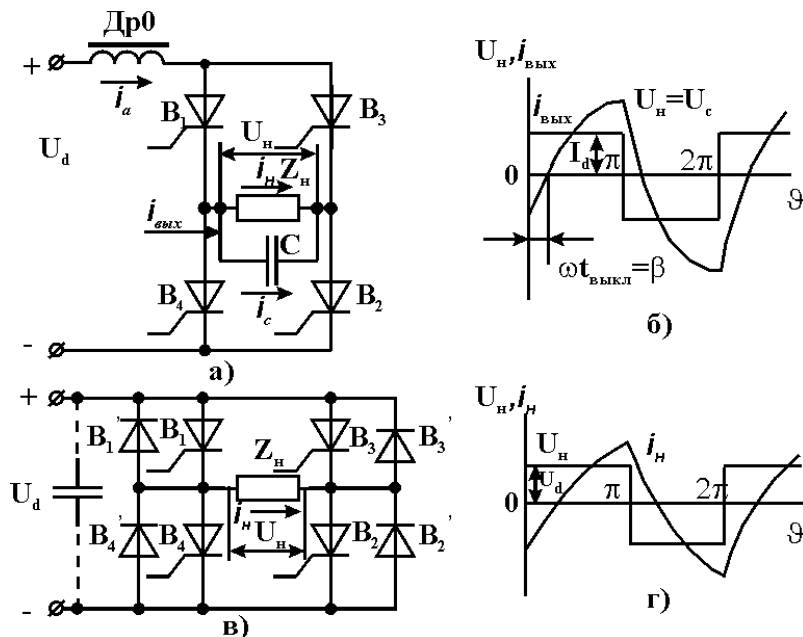


Рисунок 2 – Однофазная мостовая схема инвертора тока (а) и инвертора напряжения (в); временные диаграммы тока и напряжения на выходе инвертора тока (б) и инвертора напряжения (г) при активно-индуктивной нагрузке

Если инвертор питается от выпрямителя, то на его входе ставится конденсатор достаточно большой емкости для обеспечения проводимости источника постоянного напряжения в обратном направлении. Это необходимо, когда инвертор напряжения работает с активно-индуктивной нагрузкой. Для обеспечения баланса реактивной мощности в этом случае ставится обратный выпрямитель (вентили $B_1' - B_2'$ на рисунке 6.2,в). Конденсатор выполняет функции фильтра высших гармонических тока, так как по нему протекает разность между выходным и постоянным в пределах полупериодов входным током.

При активно-емкостной нагрузке инвертор напряжения, как правило, не работает, поскольку в моменты включения вентиля возникают недопустимые броски тока. Инвертор напряжения может работать в режиме холостого хода. Работоспособность инвертора напряжения в режиме, близком к холостому ходу, определяется коммутационными свойствами вентиля. Внешняя характеристика инвертора напряжения «жесткая». В инверторе напряжения

применяются полностью управляемые вентили (запираемые тиристоры и транзисторы) и не полностью управляемые вентили (обычные тиристоры).

Следует отметить, что понятия «инвертор тока» и «инвертор напряжения» были бы строгими, если бы в первых не нарушалось равенство $L_d \rightarrow \infty$, а во вторых $C_0 = \infty$. Практические схемы автономных инверторов в большей или меньшей степени приближаются к этим понятиям в зависимости от величин L_d и C_0 . Инверторы с малыми значениями L_d и C_0 занимают промежуточное место между инверторами тока и инверторами напряжения.

Способы коммутации обычных тиристоров

Способы коммутации обычных тиристоров можно разделить на пять групп:

– Коммутация за счет подключения к тиристоры предварительно заряженного конденсатора (рисунок 6.3, а). При протекании тока через тиристор В1 конденсатор С заряжается с указанной полярностью. При включении тиристора В2 конденсатор С разряжается через тиристор В1 и В2, выключая последний. После этого конденсатор перезаряжается и подготавливаются условия к выключению тиристора В2.

– Коммутация за счет последовательного колебательного контура LC, включенного последовательно с тиристором (рисунок 6.3, б). При открывании тиристора В происходит колебательный заряд конденсатора С. При спаде тока LC-контура (анодного тока тиристора) до нуля происходит выключение тиристора. Резистор r служит для разряда конденсатора к моменту очередного включения тиристора. В связи с тем, что нагрузка входит в состав колебательного контура, она сильно влияет на условия коммутации.

– Коммутация за счет последовательного колебательного контура LC, включенного параллельно тиристоры (рисунок 6.3, в). Когда тиристор В заперт, конденсатор С заряжается с полярностью, указанной на рисунке без скобок. При включении тиристора В происходит колебательный перезаряд конденсатора. Через полпериода собственных колебаний контура LC полярность конденсатора изменяется на обратную, и в следующий полупериод собственных колебаний нарастающий ток перезаряда конденсатора, протекая навстречу току нагрузки, выключит тиристор в момент равенства нулю суммарного тока. Изменяя начальное значение магнитной индукции сердечника дросселя, можно регулировать длительность открытого состояния тиристора.

– Коммутация за счет параллельно включенного конденсатора, подключаемого к основному тиристоры с помощью вспомогательного (рисунок 6.3, г). Конденсатор С заряжается, когда тиристор В2 открыт (полярность без скобок). При включении тиристора В1 происходит перезаряд конденсатора через цепочку, состоящую из диода В и индуктивности L (полярность в скобках). Выключение тиристора В1 происходит при включении тиристора В2.

Данная схема коммутации представляет собой тиристорный аналог полностью управляемого вентиля. Вспомогательный тиристор позволяет регулировать длительность открытого состояния основного тиристора в широких пределах.

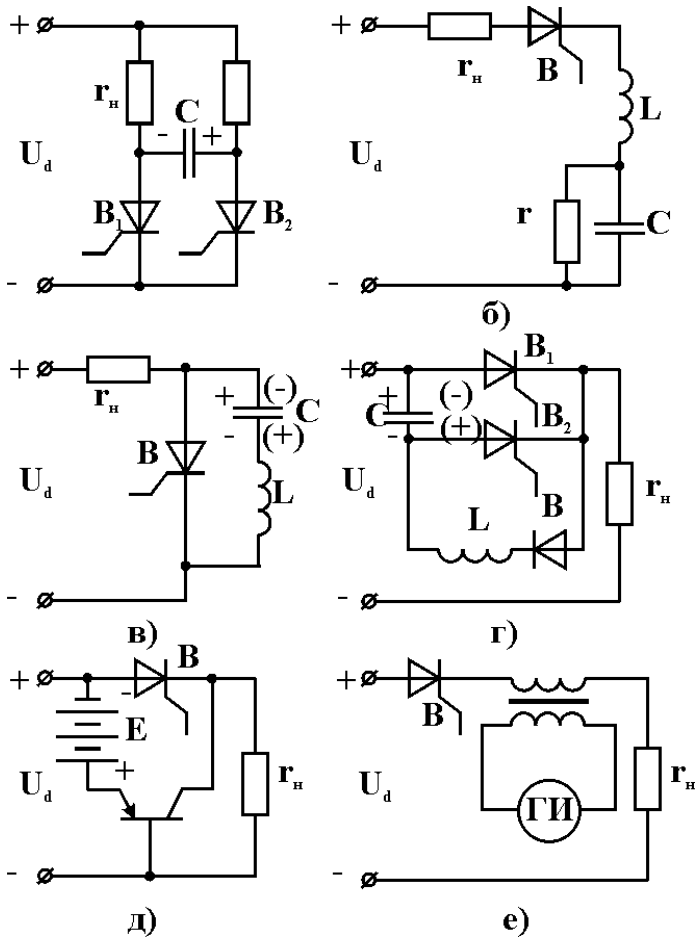


Рисунок 3 – способы коммутации тиристоров в автономных инверторах

Коммутация за счет внешнего источника энергии, включаемого параллельно или последовательно с тиристором.

Тиристор можно запереть, если подключить параллельно к нему (рисунок 6.3, д) с помощью транзистора или запираемого тиристора источник постоянного напряжения. Тиристор можно выключить также с помощью трансформатора, одна из обмоток которого включена последовательно с тиристором (рисунок 6.3, е), а на другую от генератора импульсов ГИ подаются импульсы соответствующей полярности.

Классификация автономных инверторов

Автономные инверторы можно классифицировать по двум признакам: по схеме преобразования; по способу коммутации.

Различают следующие схемы преобразования: 1) одновентильная (схема прерывателя) (рисунок 6.4, а); 2) однофазная с нулевым выводом (рисунок 6.4, б); 3) однофазная с нулевым выводом источника питания (рисунок 6.4, в); 4) однофазная мостовая (рисунок 6.4, г); 5) трехфазная мостовая (рисунок 6.4, д); 6) трехфазная с нулевым выводом (рисунок 6.4, е).

Все остальные схемы являются производными перечисленных групп. Третья, четвертая и пятая схемы могут быть с трансформаторным или бестрансформаторным выходом, вторая и шестая - только с трансформаторным выходом, если нет вывода нулевой точки нагрузки. Наибольшее распространение в преобразовательной технике находят мостовые схемы.

По способу коммутации автономные инверторы можно разделить на несколько групп.

Инверторы, полностью коммутируемые по управляющим цепям [инверторы на запираемых (двухоперационных) тиристорах и силовых транзисторах].

Параллельные инверторы, в которых коммутирующий конденсатор включается параллельно нагрузке. Для обеспечения баланса реактивной мощности в цепи инвертор-нагрузка, при индуктивном характере последней, используется либо коммутирующий конденсатор, либо источник питания, если в схеме имеется обратный выпрямитель. В соответствии с этим параллельные инверторы можно разделить:

- на инверторы с компенсацией реактивной мощности;
- на инверторы с возвратом реактивной мощности;
- на инверторы с коммутацией высшими гармониками;
- инверторы последовательного типа, в которых резонансная цепочка LC, обеспечивающая коммутацию, включается последовательно с нагрузкой;
- на инверторы с двухступенчатой коммутацией, в которых кроме рабочих тиристоров имеются вспомогательные тиристоры, входящие в состав колебательных контуров выключения. Запирание рабочего тиристора происходит при включении вспомогательного тиристора, подключающего колебательный контур, изменяющий полярность напряжения на тиристоре, который необходимо выключить. Момент включения очередного тиристора может быть смещен относительно момента выключения ранее работавшего рабочего тиристора, что позволяет осуществлять в инверторах с двухступенчатой коммутацией время-импульсную или широтно-импульсную модуляцию выходного напряжения. Инверторы с двухступенчатой коммутацией можно разделить:
 - на инверторы с групповой емкостной или трансформаторной коммутацией (в них применяется один коммутирующий конденсатор или трансформатор на одну пару рабочих тиристоров);

- на инверторы с коммутирующим устройством для каждого рабочего тиристора;
- на инверторы с коммутацией по цепи питания основного источника;
- инверторы с «феррит-конденсаторной» коммутацией. Коммутация (способ предложен Морганом) в инверторах осуществляется при помощи конденсатора и дросселя с насыщающимся сердечником, подключенным параллельно тиристорам (см. рисунок 6.3, в). Внешняя характеристика инверторов «жесткая», а время открытого состояния тиристора, определяемое параметрами колебательного контура, не зависит от параметров нагрузки.

Несмотря на увеличение числа тиристоров, инверторы с двухступенчатой коммутацией имеют следующие преимущества перед остальными типами: минимальную установленную мощность коммутирующих конденсаторов и дросселей, почти полное разделение коммутационных и рабочих процессов, обеспечивающее устойчивую коммутацию тока в широком диапазоне изменения частоты, величины и характера нагрузки, возможность изменения длительности интервала проводимости рабочих тиристоров, что позволяет исключить автономный регулятор напряжения.

Существуют схемы, обладающие одновременно признаками разных групп, например, последовательно-параллельные инверторы, в которых коммутирующие конденсаторы включены параллельно и последовательно с нагрузкой.

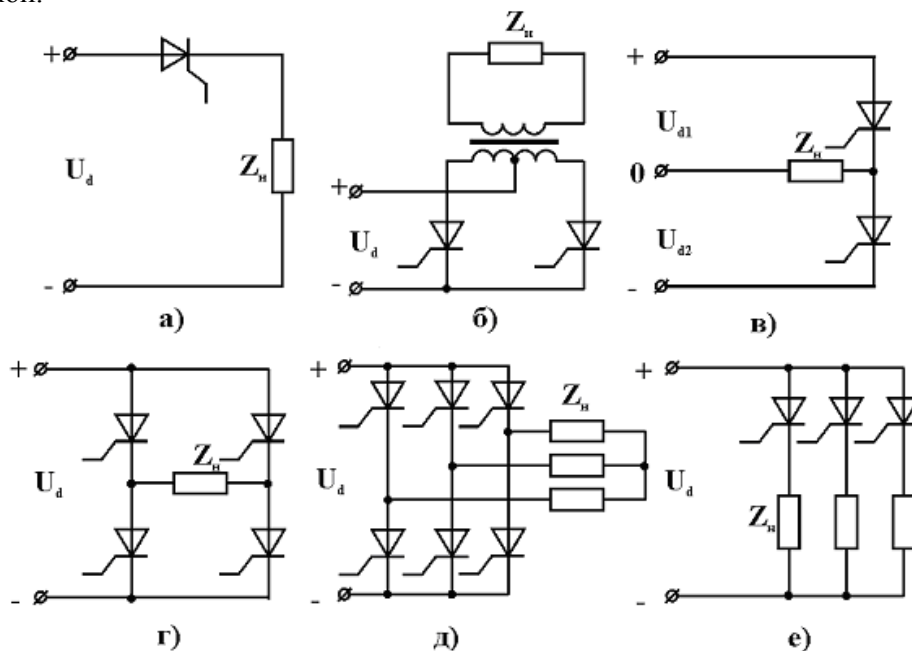


Рисунок 4 – Схемы преобразования (на схемах не показаны коммутирующие элементы)

Контрольные задания для СРД (тема 13) [1-12]

1. Расчет и выбор элементов.
2. Принципиальная схема формирователя опорных напряжений $U_{см1}$ $U_{см2}$.
3. Технические характеристики стабилитрона и стабилистра
4. Определение величины Δt для ГПН
5. Логический элемент сравнения.
6. Дифференцирующее устройство.
7. Логическое устройство – импульсный усилитель (ИУ).
8. Расчет импульсного усилителя.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоровича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
6. В.В. Каверин. Преобразовательная техника. Караганда.: КарГТУ, 2005 Тема

№14 Расчет импульсного трансформатора

Тема №15 Расчет и выбор параметров обмоток питания с IV-IX. Выбор элементов выпрямителя.

План лекции

1. Релейно-контакторная автоматика и защита преобразователя.
2. Инверторы на полностью управляемых вентилях
3. Однофазный мостовой инвертор
4. Трехфазные инверторы

При анализе схем инверторов будем полагать, что: вентили (запираемые тиристоры и транзисторы) являются идеальными ключами; время переключения вентиля равно нулю; внутреннее сопротивление источника

равно нулю источник обладает двусторонней проводимостью; активное и индуктивное сопротивления подводящих проводов равно нулю.

Однофазный мостовой инвертор

Рассмотрим схему однофазного мостового инвертора (рисунок 6.5,а) с активно-индуктивной нагрузкой. Предположим, что в первом полупериоде ($0 \leq \vartheta \leq \vartheta_2$) (рисунок 6.5, б) вентили В1 и В2 открыты и нагрузка подключена к источнику питания (путь тока на рисунок 6.5, а показан сплошной линией). В момент времени $\vartheta = \vartheta_2$ вентили В1, В2, В3, В4 переключаются. Так как нагрузка имеет активно-индуктивный характер, в первый момент после переключения ($\vartheta_2 \leq \vartheta \leq \vartheta_3$) за счет э.д.с. самоиндукции ток в нагрузке сохраняет свое прежнее направление, а ток в цепи источника питания изменяет знак. Запасенная в нагрузке энергия возвращается в источник питания. Из рисунка 6.5,б видно, что на интервале $\vartheta_2 \leq \vartheta \leq \vartheta_3$ (пунктирная линия на рисунок 6.5,а) ток нагрузки протекает через обратные диоды V'_3 и V'_4 (если в качестве рабочих вентилях использованы транзисторы, то ток протекает через диоды V_3 и V_4 в прямом направлении, а через транзисторы В3 и В4 в обратном направлении – от коллектора к эмиттеру; обратные диоды при этом обеспечивают работу транзисторов в области насыщения при обратных токах, превышающих $i_k = \frac{\beta i_6}{2-5}$, так как коэффициент усиления транзисторов в обратном (инверсном) направлении меньше, чем в прямом, примерно в 2-5 раз. Вывод основных расчетных соотношений схемы произведем, используя операторные преобразования Лапласа.

На основании теоремы о компенсации заменим вентили источниками э.д.с. (рисунок 6.6, а). Форма этих э.д.с. получится в виде прямоугольников, так как вентили в схеме переключаются через полпериода попарно, а напряжения на вентилях отличны от нуля только в моменты времени, когда вентили не проводят ток (рисунок 6.6, б, в). Используя метод наложения, можно определить эквивалентную э.д.с., действующую в схеме (рисунок 6.6,г, д). Она будет представлять собой периодическую разрывную функцию $u_n(t)$, воздействующую на нагрузку Z_n (рисунок 6.6,д).

Известно, что если оригинал $f(t)$ есть периодическая функция с периодом T , то соответствующее изображение будет [7]

$$F(p) = \frac{1}{1 - e^{-pT}} \int_0^T e^{-pt} f(t) dt = \frac{F_1(p)}{1 - e^{-pT}}. \quad (6.1)$$

Для однофазного мостового инвертора изображение эквивалентной э. д. с. $e(t)$, действующей в схеме (рисунок 8.6, г),

$$U_n(p) = \frac{1}{1 - e^{-pT}} \int_0^T e^{-pt} U_d dt = \frac{U_d (1 - e^{-\frac{T}{2}p})}{p(1 + e^{-\frac{T}{2}p})}. \quad (6.2)$$

Изображение тока нагрузки

$$I_n(p) = \frac{U_n(p)}{Z_n(p)} = U_n(p)Y(p) = \frac{U_d}{P} \cdot \frac{1 - e^{-\frac{T}{2}p}}{p(1 + e^{-\frac{T}{2}p})(r_n + pL_n)}, \quad (6.3)$$

где: $Z_n(p) = r_n + pL_n$, $Y(p) = \frac{1}{Z_n(p)}$.

Свободный ток:

$$i_{св}(t) = \text{res} \frac{U_d}{P} \cdot \frac{1 - e^{-\frac{T}{2}p}}{(1 + e^{-\frac{T}{2}p})(r_n + pL_n)} e^{pt} = -\frac{U_d}{r_n} \cdot \frac{1 - e^{-\frac{r_n T}{2}}}{1 + e^{-\frac{r_n T}{2}}} e^{-\frac{r_n t}{L_n}}. \quad (6.4)$$

Переходный ток в течение первого полупериода

$$i_{пер}(t) = \text{res}_{p_1=0} \frac{U_d}{p(r_n + pL_n)} e^{pt} + \text{res}_{p_2=-\frac{r_n}{L_n}} \frac{U_d}{p(r_n + pL_n)} e^{pt} = \frac{U_d}{r_n} (1 - e^{-\frac{r_n t}{L_n}}). \quad (6.5) \text{ Искомый}$$

установившийся ток

$$i_n(t) = i_{уст}(t) = i_{пер}(t) - i_{св}(t) = \frac{U_d}{r_n} \left(1 - \frac{2e^{-\frac{r_n t}{L_n}}}{1 + e^{-\frac{r_n T}{2}}}\right) \quad (6.6)$$

$$\text{или } i_n(\vartheta) = I_0 \left(1 - \frac{2e^{-K\vartheta}}{1 + e^{-K\pi}}\right) = I_0 \left(1 - \frac{2e^{-K\vartheta}}{1 + a^3}\right),$$

где: $I_0 = \frac{U_d}{r_n}$ - базисный ток;

$K = \frac{r_n}{\omega L_n}$ - параметр цепи нагрузки;

$\vartheta = \omega t$ - переменный временной угол;

$a = e^{-\frac{K\pi}{3}}$.

Основные характеристики цепи нагрузки, цепи источника питания, а также приборов, входящих в инвертор, целесообразно определять при различных параметрах цепи нагрузки K .

Действующее значение напряжения на нагрузке

$$U_n = U_d. \quad (6.7)$$

Действующее (эффективное) значение тока нагрузки

$$I = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_n^2(\vartheta) d\vartheta} = I_0 \sqrt{1 + \frac{2}{K\pi} \cdot \frac{a^3 - 1}{a^3 + 1}}. \quad (6.8)$$

Максимальное значение тока нагрузки можно определить из (6.6), если подставить $\vartheta = \pi$:

$$I_m = I_0 \frac{1 - a^3}{1 + a^3}. \quad (6.9)$$

Для определения средних и действующих значений токов вентилей необходимо найти момент прохождения тока i_n нагрузки через нуль (точка $\vartheta_1 = \sigma$ на рисунке 6.5, б). Из рисунка 6.5,б приравняв нулю $i_n(\vartheta)$, находим

$$\sigma = \frac{1}{K} \ln \frac{2}{1 + a^3}. \quad (6.10)$$

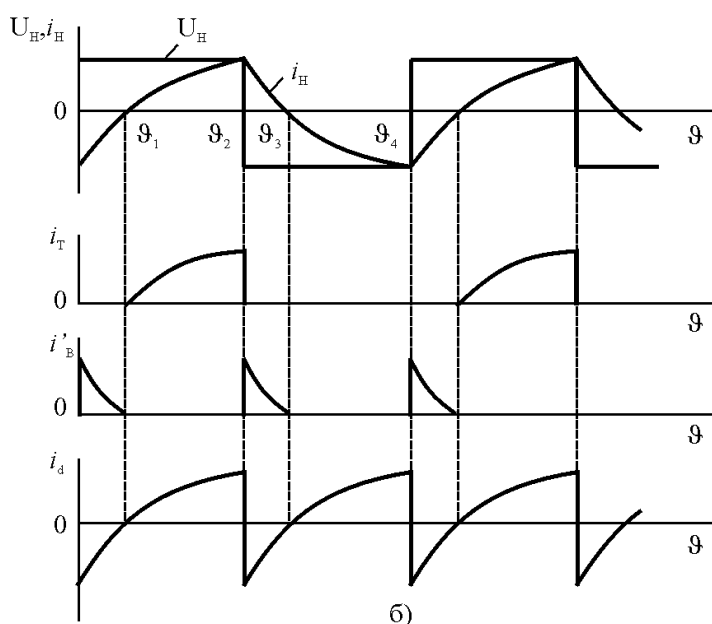
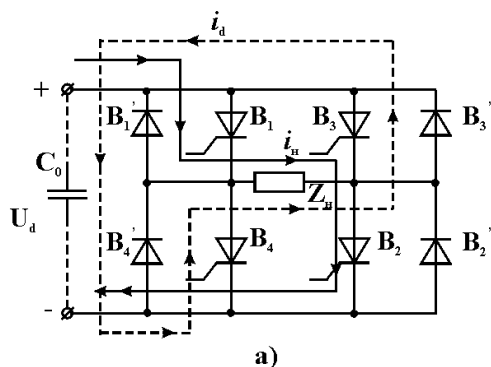


Рисунок 5 – Однофазный мостовой инвертор (а) и временные диаграммы, поясняющие его работу (б)

Среднее и действующее значения токов обратных диодов на интервале $0 \leq \vartheta \leq \sigma$ равно

$$I_{\text{срВ}'} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\sigma} i_{\text{н}}(\vartheta) d\vartheta = \frac{I_0}{2\pi} \left[\frac{1-a^3}{K(1+a^3)} - \sigma \right], \quad (6.11)$$

$$I_{\text{В}'} = I_0 \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\frac{1+2a^3-3a^6}{2K(1+a^3)^2} - \sigma \right]}. \quad (6.12)$$

Среднее и действующее значения токов тиристоров на интервале $\sigma \leq \vartheta \leq \pi$ равно

$$I_{\text{срВ}} = \frac{I_0}{2\pi} \left[\pi - \sigma - \frac{1-a^2}{K(1+a^3)} \right], \quad (6.13)$$

$$I_B = I_0 \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[\pi - \sigma - \frac{3 - 2a^3 - a^6}{2K(1 + a^3)^2} \right]}. \quad (6.14)$$

Среднее значение тока источника питания

$$I_d = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} i_n(\vartheta) d\vartheta = 2(I_{cpB} - I_{cpB'}) = I_0 \left[1 + \frac{2(a^3 - 1)}{K\pi(a^3 + 1)} \right]. \quad (6.15)$$

На рисунок 6.7,а и б представлены графики, позволяющие определить $I_{cpB}, I_{cpB'}, I_B$ по параметрам цепи нагрузки.

Активная мощность нагрузки определяется мощностью, потребляемой от источника питания:

$$P = U_d I_d = U_d I_0 \left[1 + \frac{2(a^3 - 1)}{K\pi(a^3 + 1)} \right]. \quad (6.16)$$

Полная мощность нагрузки

$$S = U_n I = U_d I_0 \sqrt{1 + \frac{2}{K\pi} \cdot \frac{a^3 - 1}{a^3 + 1}}. \quad (6.17)$$

Часто при анализе процессов в нагрузке необходимо иметь выражения для токов и напряжений в виде гармонического ряда. Для этого следует определить оригинал изображения (6.2), находя вычеты лишь в полюсах

$p_q = \pm \frac{2\rho q}{T} j$ где $q = 1, 2, 3, \dots$. Так как полюсы p и q сопряженные, то оригинал напряжения нагрузки будет равен

$$u_n(\vartheta) = 2 \operatorname{Re} \left\{ \sum \operatorname{res}[U_n(p) e^{pt}, p_{q1}] \right\} = \frac{2U_d}{\pi} \sum_{q=1}^{\infty} \frac{\sin q\vartheta}{q} [1 - (-1)^q]. \quad (6.18)$$

Как отмечалось, в связи с тем, что в качестве источника постоянного напряжения инвертора обычно используется выпрямитель, обладающий односторонней проводимостью, к входным зажимам инвертора подключается конденсатор C_0 . Через конденсатор замыкается ток, обусловленный запасенной в нагрузке электромагнитной энергией, что позволяет предотвратить возможные перенапряжения на тиристорах.

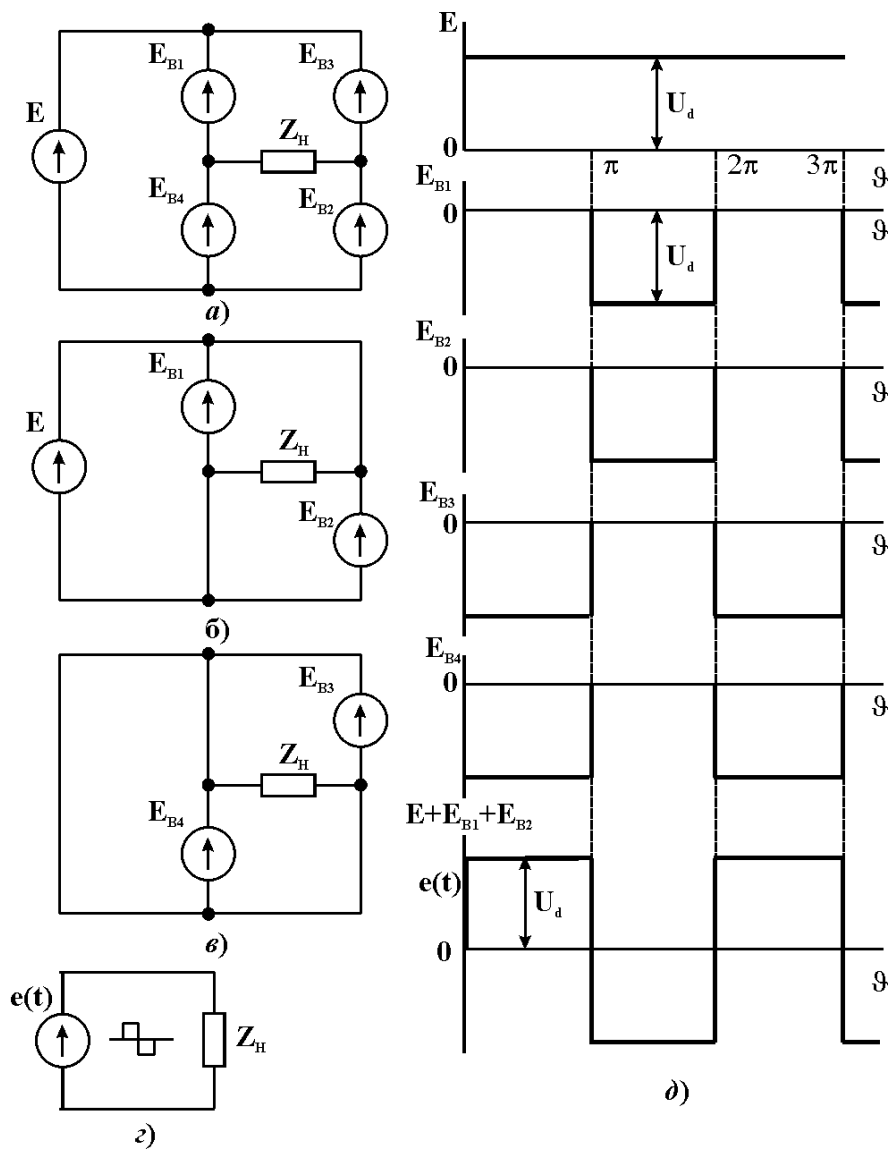


Рисунок 6 – Эквивалентная схема однофазного мостового инвертора напряжения и эквивалентная Э.Д.С., действующая в схеме

Если учесть, что допустимое повышение напряжения на конденсаторе ΔU_c невелико (обычно принимают $\Delta U_c \leq 0,1 U_d$) и пренебречь изменением тока нагрузки от повышения напряжения на конденсаторе, то мгновенный ток конденсатора будет равен мгновенному току нагрузки:

$$i_c(t) = C_0 \frac{du_c}{dt} = i_h(t) = \frac{U_d}{r_h} \left(1 - \frac{2}{1 + e^{-\frac{r_h T}{L_h}}} e^{-\frac{r_h t}{L_h}} \right), \quad (6.19)$$

где $u_c(t)$ - напряжение на конденсаторе.

Необходимую величину емкости конденсатора определяем из (6.19) с учетом времени заряда конденсатора (промежуток $0 \leq \vartheta \leq \vartheta_1$):

$$C_0 = \frac{U_d \tau}{r_n \Delta U_c} \left(\frac{1 - e^{-\frac{T}{2\tau}}}{1 + e^{-\frac{T}{2\tau}}} - \ln \frac{2}{1 + e^{-\frac{T}{2\tau}}} \right), \quad (6.20)$$

где $\tau = \frac{L_n}{r_n}$ - постоянная времени цепи нагрузки.

Из (6.20) видно, что емкость конденсатора при заданных величинах $U_d, r_n, \tau, \Delta U_c$ зависит от пределов изменения частоты переменного тока. С уменьшением частоты величина емкости конденсатора увеличивается и при $f \rightarrow 0$ ($T \rightarrow \infty$) равна максимальному значению:

$$C_{0\max} = \frac{U_d \tau}{r_n \Delta U_c (1 - \ln 2)}. \quad (6.21)$$

Лекция №15

Схемы и характеристики выполненных преобразователей частоты.

Трехфазные инверторы

В преобразовательной технике наибольшее распространение получили трехфазные автономные инверторы, выполненные по мостовым схемам: инвертор, собранный по схеме Ларионова, и инвертор, собранный из трех однофазных мостов.

Электромагнитные процессы в трехфазных инверторах зависят от целого ряда факторов: характера нагрузки, способа соединения обмоток трансформатора, способа управления инвертором, типа источника питания, схемы инвертора.

Нагрузка инвертора, состоящего из трех однофазных инверторов, может быть подключена либо через три разделительных однофазных трансформатора, либо непосредственно (в этом случае все 6 концов нагрузки должны быть выведены отдельно). Вторичные обмотки трансформатора такого инвертора соединяются звездой, так как при соединении треугольником будут протекать токи гармоник, кратных трем, что приводит к увеличению мощности трансформатора и дополнительному нагреву обмоток. Нагрузка может соединяться как треугольником, так и звездой.

Нагрузка инвертора, собранного по схеме Ларионова, также может быть соединена как треугольником, так и звездой и подключена или через разделительный трансформатор или без него.

При анализе электромагнитных процессов в трехфазных инверторах будем считать, что система напряжений симметричная, выходной трансформатор идеальный (пренебрегаем индуктивностью рассеяния и током

намагничивания трансформатора), коэффициент трансформации $n = \frac{\omega_2}{\omega_1} = 1$. Эти допущения практически не влияют на точность полученных выражений, однако позволяют сделать их менее громоздкими.

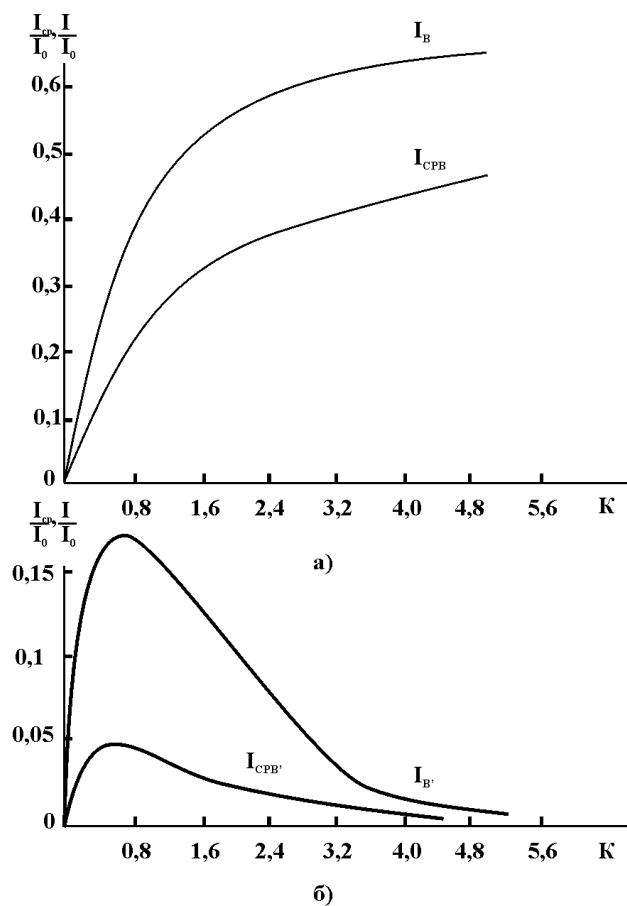


Рисунок 7 - Зависимости (в относительных единицах) среднего и действующего значений токов однофазного мостового инвертора от характера нагрузки

Контрольные задания для СРД (тема 14,15) [1-12]

1. Расчет согласующего устройства.

2. Расчет и выбор параметров блока питания и синхронизации для трехфазного выпрямителя и трехфазного КПН.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купорovichа, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности: Справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др.; Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. - 640 с.: ил.
5. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник / В. Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов. - М.: Радио и связь, 1988. -576 с.: ил.
6. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА: Справ, пособие / Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов, Т.П. Новикова. -М.: Радио и связь, - 1984. - 256 с.: ил.
7. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / С. В. Якубовский, Л.И. Ниссельсон, В.И. Кулешова и др.; Под ред. С.В. Якубовского М.: Радио и связь, 1990. - 496 с.: ил.
8. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник/И. Х. Евзеров, А.С. Горобец, Б.И. Мошкович и др.; Под ред. канд. техн. наук В.М. Перельмутера. -М.: Энергоиздат, 1988. - 319 с.: ил.

4 Методические указания для выполнения семинарских занятий

Тема 1 Система генератор-двигатель (система Леонардо)

План практического (семинарского) занятия

1. Управляемые выпрямители
2. Импульсные преобразователи напряжения

Контрольные задания для СРД (тема 1) [1, 2, 3]

1. Объяснить работу управляемых выпрямителей.
2. Объяснить работу ИПН.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоро-вича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 2 Магнитные усилители

План практического (семинарского) занятия

1. Диоды
2. Тиристоры
3. Симисторы

Контрольные задания для СРД (тема 2) [1, 2, 3]

1. Объяснить работу диодов.
2. Объяснить работу тиристоров.
3. Объяснить работу симисторов

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоро-вича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 3 Полупроводниковые системы управления

План практического (семинарского) занятия

1. Последовательное соединение вентиляей

2. Параллельное соединение вентиляей

Контрольные задания для СРД (тема 3) [1, 2, 3]

1. Объяснить работу вентиляей.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоро-вича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.

2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные при-боры: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.

3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 4 Тиристорные преобразователи постоянного тока

План практического (семинарского) занятия

1. Полууправляемые тиристорные выпрямители

2. Полностью управляемый тиристорный однофазный преобразователь.

3. Реверсивный полностью управляемый однофазный тиристорный преобразователь.

Контрольные задания для СРД (тема 4) [1, 2, 3]

1. Объясните в чем разница между полу и полностью управляемых выпрямителей.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купоро-вича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.

2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные при-боры: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.

3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 5 Импульсные преобразователи постоянного тока

План практического (семинарского) занятия

1. Коммутаторы переменного напряжения
2. Непосредственные преобразователи частоты
3. Автономный инвертор переменного напряжения (АИПН).
4. Инвертор переменного напряжения со звеном постоянного тока.

Контрольные задания для СРД (тема 5) [1, 2, 3]

1. Объяснить работу коммутатора переменного напряжения.
2. Объяснить работу НПЧ.
3. Объяснить работу (АИПН).
4. Объяснить работу инвертора переменного напряжения со звеном постоянного тока.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купорovichа, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 6 Коммутаторы переменного напряжения

План практического (семинарского) занятия

1. Однополупериодный тиристорный преобразователь.
2. Основные уравнения выбора параметров RC-цепи.
3. Методика выбора активных элементов ТП.

Контрольные задания для СРД (тема 6) [1, 2, 3]

1. Объяснит работу схемы замещения.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купорovichа, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 7 Инверторы переменного напряжения со звеном постоянного тока

План практического (семинарского) занятия

1. Надежность элементной базы

Контрольные задания для СРД (тема 7) [1, 2, 3]

1. Определение $I_{пр.мах.}$ для тиристорных коммутаторов переменного напряжения.
2. Трансформаторное подключение ТП
3. КПД тиристорных преобразователей. Мощность потерь на ТП. Реакторное подключение ТП.
4. Предохранители и устройства защиты в силовых цепях тиристорных преобразователей.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купорovichа, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 8 Управляемые выпрямители

План практического (семинарского) занятия

1. Трехфазная схема ТП.
2. Диаграмма работы тиристоров
3. Трансформаторное подключение ТП
4. КПД тиристорных преобразователей.

Контрольные задания для СРД (тема 8) [1, 2, 3]

1. Мощность потерь на ТП.
2. Реакторное подключение ТП.
3. Двухполупериодный трехфазный мост Ларионова.
4. Системы фазового управления выпрямителей
5. Структурная схема систем управления тиристорных преобразователей.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купорovichа, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.

3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 9 Импульсные преобразователи

План практического (семинарского) занятия

1. Двухполупериодные полностью управляемые ТП.
 2. Эпюры напряжения, поясняющие работу системы фазового управления
- Контрольные задания для СРД (тема 9) [1, 2, 3]

1. Структурная схема системы управления трехфазного однополупериодного выпрямителя
2. Схема силовой части полууправляемого выпрямителя, собранного по схеме Ларионова.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купорovichа, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 10 Анализ электромагнитных процессов в ШИП с комбинированной коммутацией при статической нагрузке

План практического (семинарского) занятия

1. Силовая часть управляемого однополупериодного трехфазного выпрямителя.
2. Структурная схема системы управления трехфазного однополупериодного выпрямителя
3. Схема силовой части полууправляемого выпрямителя собранного по схеме Ларионова.
4. Система управления трехфазного полууправляемого выпрямителя

Контрольные задания для СРД (тема 10) [1, 2, 3]

1. Схема силовой части полностью управляемого трехфазного выпрямителя.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купорovichа, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ.

ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.

3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 11 Автономные инверторы и преобразователи частоты

План практического (семинарского) занятия

1. Схема силовой части полностью управляемого трехфазного выпрямителя.
2. Система управления полностью управляемого трехфазного выпрямителя.
3. Эпюры напряжения аналогичны эпюрам системы управления однополупериодного трехфазного выпрямителя.

Контрольные задания для СРД (тема 11) [1, 2, 3]

1. Эпюры напряжения.
2. Принципиальная схема силовой части однофазного коммутатора переменного напряжения.
3. Структурная схема системы управления коммутатора переменного напряжения.
4. Эпюры напряжения на выходе блоков структурной схемы СИФУ.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купорова, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 12 Области применения автономных инверторов и преобразователей частоты

План практического (семинарского) занятия

1. Системы управления преобразователями частоты.
2. Расчет схемы управления автономным инвертором.
3. Автономные инверторы и преобразователи частоты

Контрольные задания для СРД (тема 12) [1, 2, 3]

1. Расчет и выбор элементов избирательного фильтра в СИФУ.
2. Расчетный выбор элементов двухполупериодного прецизионного выпрямителя.
3. Расчет и выбор элементов инвертора с $K_{II}=1$.
4. Расчет и выбор элементов сумматора.
5. Принципиальная схема двухполупериодного прецизионного выпрямителя.

6. Ноль – орган.

7. Работа ноль – органа со смещением в коммутаторе переменного напряжения

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купорovichа, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 13 Структурные схемы систем с автономными инверторами

План практического (семинарского) занятия

1. Схемы управления регулируемыи выпрямителями.
2. Источники питания схем управления.

Контрольные задания для СРД (тема 13) [1, 2, 3]

1. Расчет и выбор элементов.
2. Принципиальная схема формирователя опорных напряжений $U_{см1}$ $U_{см2}$.
3. Технические характеристики стабилитрона и стабистора
4. Определение величины Δt для ГПН
5. Логический элемент сравнения.
6. Дифференцирующее устройство.
7. Логическое устройство – импульсный усилитель (ИУ).
8. Расчет импульсного усилителя.

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Купорovichа, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

Тема 14 Инверторы тока и инверторы напряжения

Тема 15 Способы коммутации обычных тиристоров

План практического (семинарского) занятия

1. Релейно-контакторная автоматика и защита преобразователя.

2. Инверторы на полностью управляемых вентилях

3. Однофазный мостовой инвертор

4. Трехфазные инверторы

Контрольные задания для СРД (тема 14,15) [1, 2, 3]

1. Расчет согласующего устройства.

2. Расчет и выбор параметров блока питания и синхронизации для трехфазного выпрямителя и трехфазного КПН

Рекомендуемая литература

1. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами /Под ред. В.И. Купорovichа, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1982.-416с.: ил.
2. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справочник / А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.; Под общ. ред. Н.Н. Горюнова. - 3-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1987.-744 с.: ил.
3. Сен П. Тиристорные электроприводы постоянного тока: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 232 с.: ил.

5 Тематический план самостоятельной работы докторанта с преподавателем

Наименование темы СРДП	Цель занятия	Форма проведения занятия	Содержание задания	Рекомендуемая литература
Тема 1. Классификация управляемых преобразователей электрической энергии	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, обсуждение докладов	Подготовка ответов на контрольные вопросы по данной теме	4-6, 9-11
Тема 2. Технические характеристики элементов силовой части управляемых преобразователей	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, обсуждение докладов	Подготовка докладов и ответов на контрольные вопросы по данной теме	4-6, 9-11
Тема 3. Групповое включение вентиляей	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, решение задач	Подготовка ответов на контрольные вопросы и решение задач по данной теме	4-6, 9-11
Тема 4. Классификация тиристорных выпрямителей	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, обсуждение докладов	Подготовка докладов и ответов на контрольные вопросы по данной теме	4-6, 9-11
Тема 5. Системы фазового управления выпрямителей	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, обсуждение докладов	Подготовка докладов и ответов на контрольные вопросы по данной теме	4-6, 9-11
Тема 6. Проектирование принципиальных схем и выбор элементов блоков системы фазового управления	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, обсуждение докладов	Подготовка докладов и ответов на контрольные вопросы по данной теме	4-6, 9-11
Тема 7. Области применения управляемого выпрямителя	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, обсуждение докладов	Подготовка докладов и ответов на контрольные вопросы по данной теме	4-6, 9-11
Тема 8. Перспективное направление развития управляемых преобразователей	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, обсуждение докладов	Подготовка докладов и ответов на контрольные вопросы по данной теме	4-6, 9-11
Тема 9. Понятие об угле	Углубление знаний по	Устный опрос, обсуждение	Подготовка докладов и ответов на	4-6, 9-11

Наименование темы СРДП	Цель занятия	Форма проведения занятия	Содержание задания	Рекомендуемая литература
управления тиристорного выпрямителя	данной теме	докладов	контрольные вопросы по данной теме	
Тема 10. Исследование выпрямителей и сглаживающих фильтров	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, обсуждение докладов	Подготовка докладов и ответов на контрольные вопросы по данной теме	4 – 6
Тема 11. Исследование преобразователя переменного напряжения со звеном постоянного тока	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, обсуждение докладов	Подготовка докладов и ответов на контрольные вопросы по данной теме	7
Тема 12. Исследование трёхфазных выпрямителей	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, обсуждение докладов	Подготовка докладов и ответов на контрольные вопросы по данной теме	4-6
Тема 13. Исследование трёхфазных мостовых управляемых выпрямителей	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, обсуждение докладов	Подготовка докладов и ответов на контрольные вопросы по теме	4-6,8
Тема 14. Изучение и исследование малоомощных источников питания	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, обсуждение докладов	Подготовка докладов и ответов на контрольные вопросы по данной теме	4-6
Тема 15. Импульсные преобразователи	Углубление знаний по данной теме	Устный опрос, решение задач	Подготовка ответов на контрольные вопросы и решение задач	[1-4]

Примечание – номер рекомендуемой литературы, указанной в квадратных скобках, проставляется согласно нумерации списка основной и дополнительной литературы, предлагаемой в рабочей учебной программе (см. п.1)

6 Материалы для контроля знаний докторантов в период рубежного контроля и итоговой аттестации

6.1 Тематика письменных работ по дисциплине

Темы контрольных заданий для СРД

1. Принцип работы управляемого преобразователя, выполненного по системе Г-Д.
2. Сравнительные характеристики магнитного усилителя относительно Г-Д - преобразователя.
3. Перспективное направление развития управляемых преобразователей.
4. Области применения управляемого выпрямителя.
5. Групповое соединение вентилей.
6. Особенности включения тиристорov с каналом управления, имеющих гальваническую связь с силовым каналом.
7. Функциональное назначение статической балансировки при последовательном соединении вентилей.
8. Функциональное назначение динамической балансировки
9. Особенности параллельного соединения вентилей с использованием резистивной балансировки
10. Трансформаторная балансировка вентилей при параллельном включении
11. Двигательный режим работы управляемых выпрямителей
12. Инверторный режим работы управляемых выпрямителей.
13. Понятие об угле управления тиристорного выпрямителя.
14. Классификация управляемых выпрямителей.
15. Особенности повышения помехоустойчивости СИФУ.
16. Корректирующие элементы цепи ячейки гальванической развязки.

6.2 Вопросы (тестовые задания) для самоконтроля

1. Понятие об управляемом выпрямителе.
2. Понятие об импульсном преобразователе напряжения.
3. Понятие о коммутаторе переменного напряжения.
4. Понятие о непосредственном преобразователе частоты.
5. Понятие об автономный инвертор переменного напряжения.
6. Понятие об инверторе переменного напряжения со звеном постоянного тока.
7. Понятие о диоде.
8. Понятие о тиристоре.
9. Понятие о симисторе.
10. Понятие об однофазном тиристорном выпрямителе.
11. Понятие о полупроводимом тиристорном выпрямителе.
12. Понятие о полностью управляемом тиристорном однофазном преобразователе.
13. Понятие о трехфазном управляемом выпрямителе.
14. Понятие об основных уравнениях выбора параметров RC-цепи.
15. Понятие о методике выбора активных элементов тиристорного преобразователя.
16. Понятие о трансформаторном подключении тиристорного преобразователя.

17. Понятие о реакторном подключении тиристорного преобразователя.
18. Понятие операционный усилитель.
19. Понятие ноль – орган .
20. Понятие устройства защиты в силовых цепях тиристорных преобразователей.
21. Понятие систем управления тиристорных преобразователей.
22. Понятие о схеме Ларионова.
23. Понятие структурной схемы СИФУ.
24. Понятие о генераторе пилообразного напряжения.
25. Понятие импульсного усилителя.
26. Понятие параметров блока питания и синхронизации для трехфазного выпрямителя.
27. Понятие согласующего устройства.
28. Понятие элементов выпрямителя.
29. Понятие технических характеристик стабилитрона и стабистора.
30. Понятие избирательного фильтра в СИФУ.
31. Управляемые выпрямители. Импульсные преобразователи напряжения.
32. Коммутаторы переменного напряжения. Непосредственные преобразователи частоты.
33. Автономный инвертор переменного напряжения. Инвертор переменного напряжения со звеном постоянного тока
34. Диоды. Тиристор. Симистор.
35. Последовательное включение вентилях. Параллельное соединение вентилях.
36. Однофазные тиристорные выпрямители.
37. Полууправляемые тиристорные выпрямители.
38. Полностью управляемый тиристорный однофазный преобразователь
39. Трехфазные управляемые выпрямители.
40. Коммутатор переменного напряжения.
41. Основные уравнения выбора параметров RC-цепи.
42. Методика выбора активных элементов тиристорного преобразователя.
43. Определение максимального значения обратного напряжения тиристора.
44. Определение максимального значения тока тиристора.
45. Трехфазная схема тиристорного преобразователя.
46. Трансформаторное подключение ТП. КПД тиристорных преобразователей.
47. Определение $I_{пр.мах.}$ для тиристорных коммутаторов переменного напряжения. Мощность потерь на ТП.
48. Реакторное подключение ТП. Предохранители и устройства защиты в силовых цепях тиристорных преобразователей.
49. Структурная схема систем управления тиристорных преобразователей. Функциональное назначение элементов структурной схемы.
50. Эпюры напряжения, поясняющие работу системы фазового управления.
51. Силовая часть управляемого однопериодного трехфазного выпрямителя.
52. Структурная схема системы управления трехфазного однополупериодного выпрямителя.

53. Схема силовой части полууправляемого выпрямителя, собранного по схеме Ларионова.
54. Система управления трехфазного полууправляемого выпрямителя. Схема силовой части полностью управляемого трехфазного выпрямителя.
55. Операционный усилитель. Элементы избирательного фильтра в СИФУ.
56. Принципиальная схема двухполупериодного прецизионного выпрямителя. Ноль – орган.
57. Генератор пилообразного напряжения.
58. Технические характеристики стабилитрона и стабилистра.
59. Принципиальная схема формирователя опорных напряжений.
60. Выбор элементов выпрямителя.

6.3 Экзаменационные билеты (тесты)

Тесты

1

Переходным сопротивлением контакта называется

- А) сопротивление в переходе контактов, выполненных из различных материалов;
- В) добавочное сопротивление, возникающее в зоне перехода тока из одной токоведущей детали в другую;
- С) сопротивление, возникающее в момент замыкания контактов;
- Д) сопротивление, возникающее в момент размыкания контактов.
- Е) сопротивление, возникающее в результате разогрева контактных поверхностей.

2

Переходное сопротивление контакта обусловлено:

- А) неровностью поверхностей контактирующих деталей;
- В) разнородностью материалов контактирующих деталей;
- С) наличие на контактных поверхностях различных пленок с высоким удельным сопротивлением;
- Д) пунктами А) и В);
- Е) пунктами А) и С).

3

В формуле переходного сопротивления контакта $R = \frac{k}{P_{\text{конт}}^m}$, степень

m определяется:

- А) силой контактного нажатия;
- В) материалом контакта;
- С) способом обработки контактной поверхности;
- Д) чистотой контактной поверхности;
- Е) числом точек соприкосновения контактных поверхностей;

4

В глухих дугогасительных камерах гашение электрической дуги осуществляется:

- А) перемещением под воздействием магнитного поля;
- В) с помощью дугогасительной решетки;
- С) высоким давлением;
- Д) в трансформаторном масле;
- Е) в вакуумной среде.

5

В предохранителях гашение электрической дуги осуществляется:

- А) перемещением под воздействием магнитного поля;
- В) с помощью дугогасительной решетки;
- С) высоким давлением;
- Д) в трансформаторном масле;
- Е) в вакуумной среде.

6

Нижеперечисленные материалы электрических контактов расположены в порядке возрастания их температуры плавления:

- А) серебро, алюминий, вольфрам, медь, сталь;
- В) алюминий, серебро, медь, сталь, вольфрам;
- С) вольфрам, серебро, медь, сталь, алюминий;
- Д) медь, вольфрам, сталь, алюминий, серебро;
- Е) сталь, алюминий, медь, серебро, вольфрам

7

При вибрации контактов происходит:

- А) износ контактной пружины;
- В) износ пружины электромагнита;
- С) возникновение шумового эффекта;
- Д) многократное образование электрической дуги и оплавление и расплавление материала контакта;
- Е) снижение переходного сопротивления контактов.

8

Уменьшение провала контактов приводит:

- А) к росту тока через контакт;
- В) к уменьшению контактного нажатия и росту переходного сопротивления;
- С) к уменьшению тока через катушку электромагнита;
- Д) к растяжению пружины электромагнита;
- Е) к увеличению потерь в катушке электромагнита.

9

На рисунке изображен контакт

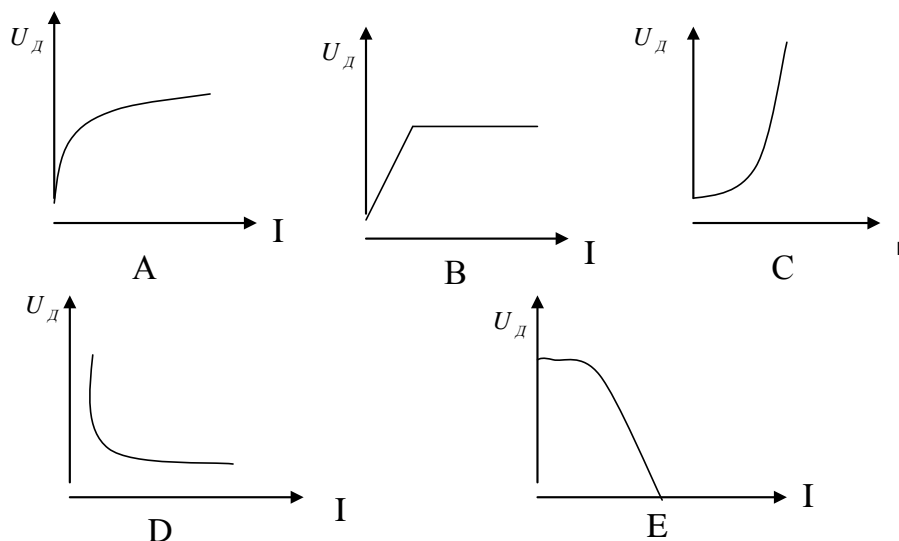
- А) мгновенного действия;



- В) с замедлением при срабатывании;
- С) с замедлением при возврате;
- Д) с замедлением при срабатывании и возврате;
- Е) размыкающий.

10

Какой вид имеет статическая вольт-амперная характеристика дуги:



11

На рисунке изображен контакт

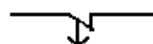
- А) мгновенного действия;
- В) с замедлением при срабатывании;
- С) с замедлением при возврате;
- Д) с замедлением при срабатывании и возврате;
- Е) размыкающий.



12

На рисунке изображен контакт

- А) мгновенного действия;
- В) с замедлением при срабатывании;
- С) с замедлением при возврате;
- Д) с замедлением при срабатывании и возврате;
- Е) замыкающий.



13

На рисунке изображен контакт

- А) мгновенного действия;
- В) с замедлением при срабатывании;
- С) с замедлением при возврате;
- Д) с замедлением при срабатывании и возврате;
- Е) замыкающий.



14

На рисунке изображен контакт

- A) мгновенного действия;
 - B) с замедлением при срабатывании;
 - ~~### 15~~ C) с замедлением при возврате;
 - D) с замедлением при срабатывании и возврате;
 - E) замыкающий
- A) замыкающий
 - B) с замедлением при срабатывании
 - C) с замедлением при возврате
 - D) с замедлением при срабатывании и возврате
 - E) размыкающий



16

На рисунке изображен контакт

- A) с замедлением при срабатывании
- B) с замедлением при возврате
- C) с возвратом от руки
- D) замыкающий
- E) с замедлением при срабатывании и возврате



17

На чём основан способ Доливо-добровольского, используемый при гашении дуги:

- A) на уменьшении времени размыкания контактов;
- B) на увеличении времени размыкания контактов;
- C) на использовании около электродного падения напряжения;
- D) на использовании магнитного поля;
- E) на принудительном охлаждении дуги.

18

Контакт включен последовательно с сопротивлением нагрузки 200 Ом к источнику постоянного напряжения 220 В. Чему равно напряжение на контакте, если он разомкнут?

- A) 220 В;
- B) 110 В;
- C) 200 В;
- D) 0;
- E) 218 В.

19

Как влияет сила контактного нажатия на переходное сопротивление с её увеличением?

- A) сопротивление возрастает;
- B) сопротивление не изменяется;
- C) сопротивление возрастает незначительно;
- D) сопротивление уменьшается по гиперболическому закону;
- E) сопротивление возрастает по линейному закону.

20

Принцип работы управляемого преобразователя, выполненного по системе Г-Д (выбрать правильный вариант ответа):

- A) принцип работы Г-Д- преобразователя основан на двухступенчатом электромеханическом преобразователе энергии и свойстве машины постоянного тока независимого возбуждения в генераторном режиме работы пропорционально скорости вращения ротора генератора;
- B) принцип работы Г-Д- преобразователя основан на двухступенчатом электромеханическом преобразователе энергии и свойстве машины постоянного тока независимого возбуждения в генераторном режиме работы путем изменения тока обмотки возбуждения;
- C) принцип работы Г-Д- преобразователя основан на двухступенчатом электромеханическом преобразователе энергии и свойстве машины постоянного тока независимого возбуждения в генераторном режиме работы при постоянной скорости вращения ротора изменять напряжения на зажимах якоря практически пропорционально току обмотки возбуждения;
- D) принцип работы Г-Д- преобразователя основан на двухступенчатом электромеханическом преобразователе энергии и свойстве машины постоянного тока независимого возбуждения в генераторном режиме работы путем переключения пар полюсов;
- E) принцип работы Г-Д- преобразователя основан на двухступенчатом электромеханическом преобразователе энергии и свойстве машины постоянного тока независимого возбуждения в генераторном режиме работы путем реверсирования приводного двигателя.

21

Указать основные свойства преобразователя системы Г-Д (выбрать наиболее полный вариант ответа):

- A) отсутствие пульсаций на силовых зажимах преобразователя; простота схмотехнического решения; схема позволяет работать в четырех квадрантах, низкая надежность; низкий коэффициент усиления по каналу управления, высокие массогабаритные показатели на единицу мощности преобразователя;
- B) отсутствие пульсаций на силовых зажимах преобразователя; простота схмотехнического решения; схема позволяет работать в четырех квадрантах;

С) отсутствие пульсаций на силовых зажимах преобразователя; простота схемотехнического решения; схема позволяет работать в четырех квадрантах; низкий коэффициент усиления по каналу управления, низкая надежность, малые массогабаритные показатели на единицу мощности преобразователя;

Д) простота схемотехнического решения; схема позволяет работать в четырех квадрантах, низкая надежность; отсутствие пульсаций на силовых зажимах преобразователя; низкий коэффициент усиления по каналу управления;

Е) простота схемотехнического решения; схема позволяет работать в четырех квадрантах, низкая надежность; низкий коэффициент усиления по каналу управления;

22

Принцип работы магнитного усилителя (выбрать правильный вариант ответа):

А) принцип работы магнитного усилителя основан на изменении коэффициента трансформации дросселей насыщения;

В) дроссели насыщения схемотехнически включены таким образом, что при изменении сигнала управления изменяется частота напряжения и амплитуда источника питания;

С) принцип работы магнитного усилителя основан на эффекте насыщения магнитопровода дросселей насыщения. В связи с этим индуктивная компонента дросселей насыщения, включенных последовательно с нагрузкой уменьшается и происходит перераспределение энергии между активной компонентой дросселя насыщения и сопротивлением нагрузки;

Д) изменение сигнала управления вызывает асимметрию характеристик дросселя насыщения;

Е) принцип работы дросселей насыщения, которые являются основой магнитного усилителя, основан на изменении коэффициента трансформации.

23

Сравнительные характеристики магнитного усилителя относительно Г-Д-преобразователя (выбрать правильный вариант ответа):

А) высокая надежность Г-Д-преобразователя из-за отсутствия вращающихся частей; магнитный усилитель позволяет разработать малогабаритные усилительные каскады, которые можно использовать в системах автоматического управления; магнитные усилители требуют высоких капитальных затрат; магнитные усилители не требуют частых профилактических работ;

В) высокая надежность магнитного усилителя из-за отсутствия вращающихся частей; Г-Д-преобразователь позволяет разработать малогабаритные усилительные каскады, которые можно использовать в системах автоматического управления; магнитные усилители не требуют высоких капитальных затрат; магнитные усилители не требуют частых профилактических работ;

С) высокая надежность Г-Д-преобразователя из-за отсутствия вращающихся частей; Г-Д-преобразователь позволяет разработать малогабаритные усилительные каскады, которые можно использовать в системах автоматического управления; Г-Д-преобразователи не требуют высоких капитальных затрат; Г-Д-преобразователи не требуют частых профилактических работ;

Д) высокая надежность магнитного усилителя из-за отсутствия вращающихся частей; магнитный усилитель позволяет разработать малогабаритные усилительные каскады, которые можно использовать в системах автоматического управления; Г-Д-преобразователи не требуют высоких капитальных затрат; Г-Д-преобразователи не требуют частых профилактических работ;

Е) высокая надежность магнитного усилителя из-за отсутствия вращающихся частей; магнитный усилитель позволяет разработать малогабаритные усилительные каскады, которые можно использовать в системах автоматического управления; магнитные усилители не требуют высоких капитальных затрат; магнитные усилители не требуют частых профилактических работ.

24

Перспективное направление развития управляемых преобразователей (выбрать правильный вариант ответа).

А) понижение частоты коммутации силовых элементов, снижение массогабаритных показателей на единицу мощности, переход к цифровым системам управления, использование в качестве силовых преобразователей электромашинных преобразователей, не совместимость с цифровыми управляемыми вычислительными машинами;

В) понижение частоты коммутации силовых элементов, снижение массогабаритных показателей на единицу мощности, переход к цифровым системам управления, использование в качестве силовых преобразователей электромашинных преобразователей;

С) повышение частоты коммутации силовых элементов, снижение массогабаритных показателей на единицу мощности, переход к цифровым системам управления, совместимость с цифровыми управляемыми вычислительными машинами, использование в качестве силовых преобразователей магнитных усилителей;

Д) повышение частоты коммутации силовых элементов, снижение массогабаритных показателей на единицу мощности, переход к цифровым системам управления, совместимость с цифровыми управляемыми вычислительными машинами, использование в качестве силовых преобразователей электромашинных преобразователей;

Е) повышение частоты коммутации силовых элементов, снижение массогабаритных показателей на единицу мощности, переход к цифровым системам управления, совместимость с цифровыми управляемыми вычислительными машинами.

25

Классификация серийно выпускаемых в СНГ управляемых преобразователей (выбрать правильный вариант ответа):

- А) силовые диоды; силовые тиристоры; симисторы;
- В) управляемые выпрямители; импульсные преобразователи; коммутаторы переменного напряжения; циклоконверторы; инверторы со звеном постоянного тока; инверторы со звеном постоянного напряжения;
- С) силовые диоды; силовые тиристоры; симисторы; инверторы со звеном постоянного тока; инверторы со звеном постоянного напряжения;
- Д) коммутаторы; циклоконверторы; инверторы со звеном постоянного тока; инверторы со звеном постоянного напряжения; управляемые выпрямители; импульсные преобразователи.
- Е) управляемые выпрямители; импульсные преобразователи; коммутаторы; циклоконверторы; инверторы со звеном постоянного тока; инверторы со звеном постоянного напряжения; управляемые выпрямители; импульсные преобразователи.

26

Области применения управляемого выпрямителя (выбрать наиболее полный вариант ответа).

- А) управление режимами работы электродуговой сварки.
- В) электропривод постоянного тока трансформаторного хозяйства.
- С) питание цепей якоря и ОВ двигателя постоянного тока; питание цепей ротора синхронного двигателя/генератора; питание цепей статора асинхронного двигателя в режиме динамического торможения; управление режимами зарядки аккумуляторных батарей; управление режимами работы электродуговой сварки.
- Д) управление пуском и реверсированием асинхронного двигателя большой мощности; управление режимами работы в нагревательных элементах.
- Е) используется как дополнение к системе Г-Д

27

В контакторе постоянного тока применяют постоянные магниты для:

- А) увеличения тягового усилия электромагнита;
- В) создания магнитного потока дугогашения;
- С) создания начального тягового усилия;
- Д) снижения мощности, потребляемой электромагнитом катушки;
- Е) защиты контактора от внешних магнитных полей.

28

Классификация силовых вентилях (выбрать правильный вариант ответа):

- А) силовые диоды; силовые тиристоры; симисторы;
- В) управляемые выпрямители; импульсные преобразователи.

С) коммутаторы; циклоконверторы; инверторы со звеном постоянного тока/напряжения.

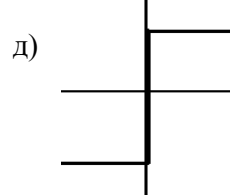
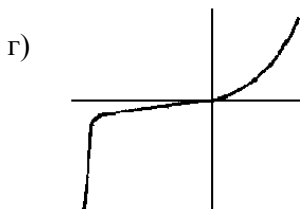
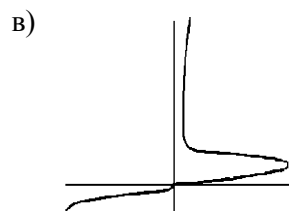
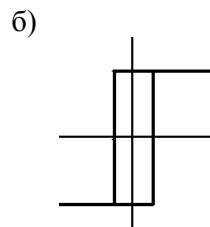
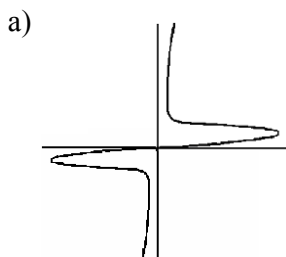
Д) коммутаторы; циклоконверторы; инверторы со звеном постоянного тока/напряжения; управляемые выпрямители; импульсные преобразователи.

Е) управляемые выпрямители; импульсные преобразователи; коммутаторы; циклоконверторы; инверторы со звеном постоянного тока/напряжения; управляемые выпрямители; импульсные преобразователи.

29

Основные характеристики силовых вентилей (выбрать правильный вариант ответа).

1. ВАХ диода.
2. ВАХ тиристора.
3. ВАХ симистора



А) 1-в,
2-г,
3-а;

В) 1-в,
2- б,
3-г;

С) 1-д,
2-б,
3-а;

Д) 1-в,
2-г,
3-д;

Е) 1-д
2-г,
3-а;

30

Классификация управляемых серийно выпускаемых вентилей по конструктиву (выбрать наиболее полный вариант ответа):

А) бескорпусные; штыревые, таблеточные; штыревые с гибким выводом, штыревые с гибким выводом; модульного исполнения; гибридные;

В) штыревые, таблеточные;

С) штыревые, таблеточные; штыревые с гибким выводом, штыревые с гибким выводом; модульного исполнения; гибридные;

Д) бескорпусные; штыревые, таблеточные; штыревые с гибким выводом, штыревые с гибким выводом; модульного исполнения;

Е) штыревые,таблеточные; штыревые с гибким выводом; модульного исполнения.

31

В каком случае используется параллельное соединение вентиля (выбрать правильный вариант ответа).

А) в том случае, когда ток нагрузки больше тока открытого состояния вентиля (без учета схмотехнической части силового преобразователя);

В) в том случае, когда ток нагрузки больше тока открытого состояния вентиля (с учетом схмотехнической части силового преобразователя);

С) в том случае, когда амплитудное значение напряжения источника электропитания преобразователя больше максимально допустимого класса вентиля

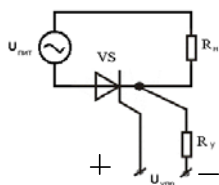
Д) в том случае, когда ток нагрузки больше тока открытого состояния вентиля (силового канала) с учетом особенностей схмотехнического решения силовой части, а также с учетом охлаждения вентиля.

Е) в том случае, когда напряжение нагрузки больше напряжения закрытого состояния вентиля.

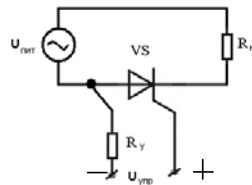
32

Особенности включения тиристоров с каналом управления, имеющих гальваническую связь с силовым каналом (выбрать правильный вариант ответа):

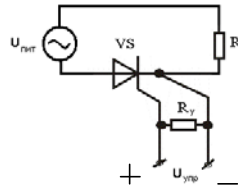
А)



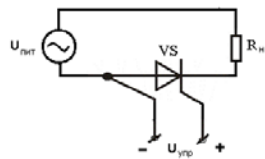
В)



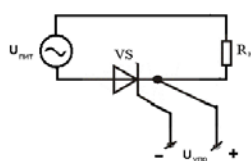
С)



Д)



Е)



где $U_{ист}$ - напряжение источника тока;

$U_{упр}$ - напряжение управления;

33

В каком случае используется последовательное соединение вентиля (выбрать правильный вариант ответа).

А) в том случае, когда ток нагрузки больше тока открытого состояния вентиля (без учета схмотехнической части силового преобразователя);

В) в том случае, когда ток нагрузки больше тока открытого состояния вентиля (с учетом схмотехнической части силового преобразователя);

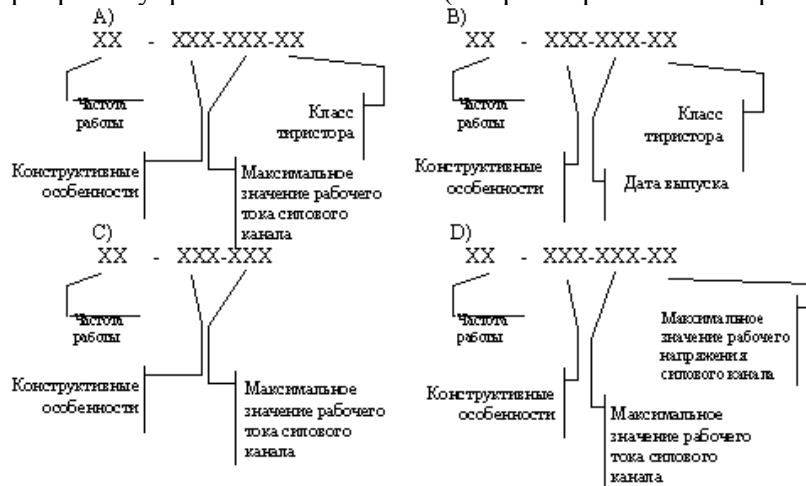
С) в том случае, когда амплитудное значение напряжения источника электропитания преобразователя больше максимально допустимого напряжения закрытого состояния вентиля (силового канала) с учетом особенностей схмотехнического решения силовой части;

Д) в том случае, когда ток нагрузки больше тока открытого состояния вентиля (силового канала) с учетом особенностей схмотехнического решения силовой части, а также с учетом охлаждения вентиля.

Е) в том случае, когда напряжение нагрузки больше напряжения закрытого состояния вентиля.

34

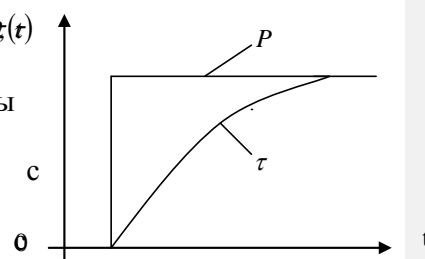
Маркировка управляемых вентилялей (выбрать правильный вариант ответа).



35

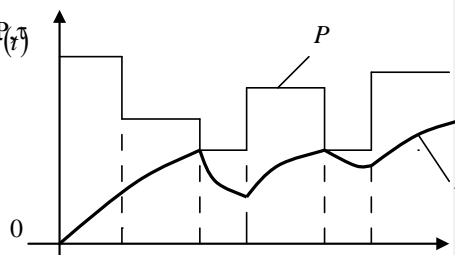
Кривая нагрева электрического аппарата $P(t)$ соответствует:

- А) повторно-кратковременному режиму работы
- В) кратковременному режиму работы
- С) продолжительному режиму работы постоянной нагрузкой
- Д) продолжительному режиму работы переменной нагрузкой
- Е) режиму короткого замыкания.



36

Кривая нагрева электрического аппарата $P(t)$ соответствует:

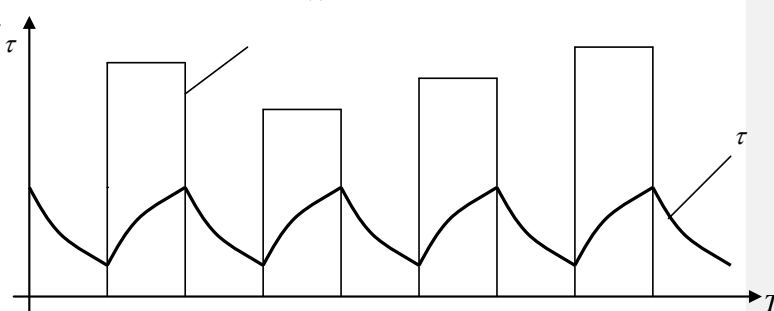


- A) повторно-кратковременному режиму работы
- B) кратковременному режиму работы
- C) продолжительному режиму работы с постоянной нагрузкой
- D) продолжительному режиму работы с переменной нагрузкой
- E) режиму короткого замыкания.

37

Кривая нагрева электрического аппарата $\tau(t)$ соответствует:

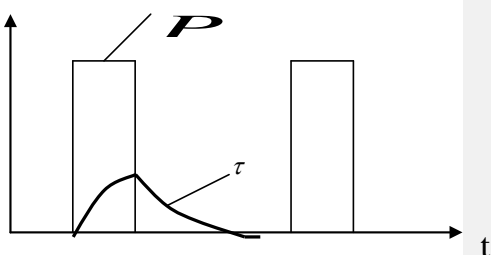
- A) повторно-кратковременному режиму работы
- B) кратковременному режиму работы
- C) продолжительному режиму работы с постоянной нагрузкой
- D) продолжительному режиму работы с переменной нагрузкой
- E) режиму короткого замыкания.



38

Кривая нагрева электрического аппарата $\tau(t)$ соответствует:

- A) повторно-кратковременному режиму работы
- B) кратковременному режиму работы
- C) продолжительному режиму работы с постоянной нагрузкой
- D) продолжительному режиму работы с переменной нагрузкой
- E) режиму короткого замыкания.



39

Установившийся режим нагрева электрических аппаратов это:

- A) режим, когда температура за 2 часа нагрева возрастает не более, чем на 1°C ;
- B) режим, когда температура за 1 час нагрева возрастает не более, чем на 1°C ;
- C) режим, когда температура за 1 час нагрева возрастает не более, чем на 2°C ;
- D) режим, когда температура за 1 час нагрева возрастает не более, чем на 0.5°C ;
- E) режим, когда температура за 8 часов нагрева возрастает не более, чем на 1°C ;

40

При непрерывной работе контактора свыше 8 часов температура контактов:

- A) остается прежней;
- B) повышается;
- C) снижается;
- D) перестает зависеть от тока нагрузки;
- E) перестает зависеть от температуры окружающей среды.

41

Функциональное назначение статической балансировки при последовательном соединении вентилях (выбрать правильный вариант ответа).

- A) предназначена для выравнивания падения напряжения между последовательно включенными тиристорами в закрытом состоянии;
- B) предназначена для выравнивания времени открытия и закрытия силового канала тиристора;
- C) для выравнивания параметров канала управления;
- D) для выравнивания динамических характеристик вентиля;
- E) для выравнивания токов открытого состояния вентиля

42

Функциональное назначение динамической балансировки (выбрать правильный вариант ответа).

- A) предназначена для выравнивания падения напряжения закрытого состояния тиристора;
- B) предназначена для выравнивания времени открытия и закрытия последовательно включенных силовых тиристором;
- C) для выравнивания параметров канала управления;
- D) для выравнивания динамических характеристик вентиля;
- E) для выравнивания токов открытого состояния вентиля.

43

Магнитный пускатель защищает электродвигатель от:

- A) коротких замыканий;
- B) перегрузок;
- C) коротких замыканий и перегрузок;
- D) исчезновения напряжения питающей сети;
- E) коротких замыканий и исчезновения напряжения питающей сети.

44

Особенности параллельного соединения вентилях с использованием резистивной балансировки (выбрать правильный вариант ответа).

- A) используется в том случае, если у параллельно включенных тиристором падение напряжения электрод-катод превышает 15%;
- B) используется в том случае, если требуется работа тиристором строго регламентированное время;

- С) используется в том случае, если требуется повышенное выделение тепла;
D) используется в том случае, если у параллельно включенных тиристорov разброс падения напряжения открытого состояния силового канала вентиля не превышает 15%;
E) используется в том случае, если у последовательно включенных тиристорov падение напряжения открытого состояния силового канала не превышает 5%.

45

Трансформаторная балансировка вентиляев при параллельном включении (выбрать правильный вариант ответа).

- A) целесообразно использовать, когда время неограниченно;
B) особенностью является то, что группа тиристорov работает строго регламентированное время;
C) используется в том случае, если требуется повышенное выделение тепла;
D) используется в том случае, если у параллельно включенных тиристорov падение напряжения открытого состояния силового канала не превышает 15%;
E) если разброс обратного напряжения превышает 15%.

46

Основные режимы работы однополупериодного и двухполупериодного однофазного выпрямителей (выбрать наиболее полный вариант ответа).

- A) реверсивный, рекуперативный, режим динамического торможения;
B) реверсивный, рекуперативный, двигательный, режим динамического торможения;
C) реверсивный, рекуперативный, двигательный;
D) рекуперативный, двигательный;
E) рекуперативный, двигательный, режим динамического торможения.

47

Основные технические характеристики двухполупериодного однофазного выпрямителя (выбрать правильный вариант ответа)..

- A) рекомендуемая мощность ~~1500~~ 500 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 100 Гц, угол управления: $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$;
B) рекомендуемая мощность 1000 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 300 Гц, угол управления: $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$;
C) рекомендуемая мощность 2000 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 300 Гц, угол управления: $180^\circ \leq \alpha$;
D) рекомендуемая мощность ~~150~~ 50 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 100 Гц, угол управления: $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$;
E) рекомендуемая мощность 500 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 100 Гц, угол управления: $\alpha \leq 180^\circ$.

48

Основные технические характеристики трехфазного однополупериодного выпрямителя (выбрать правильный вариант ответа)..

- А) рекомендуемая мощность ~~500~~ 750 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 100 Гц, угол управления: $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$;
- В) рекомендуемая мощность ~~75~~ 150 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 150 Гц, угол управления: $0^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$;
- С) рекомендуемая мощность 2000 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 300 Гц, угол управления: $180^\circ \leq \alpha$;
- Д) рекомендуемая мощность ~~50~~ 150 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 100 Гц, угол управления: $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$;
- Е) рекомендуемая мощность 500 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 100 Гц, угол управления: $\alpha \leq 180^\circ$.

49

Основные технические характеристики трехфазного двухполупериодного выпрямителя (выбрать правильный вариант ответа)..

- А) рекомендуемая мощность ≤ 2000 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 300 Гц, угол управления: $0^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$;
- В) рекомендуемая мощность 75 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 150 Гц, угол управления: $0^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$;
- С) рекомендуемая мощность 2000 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 300 Гц, угол управления: $180^\circ \leq \alpha$;
- Д) рекомендуемая мощность ~~50~~ 150 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 100 Гц, угол управления: $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$;
- Е) рекомендуемая мощность 500 кВт, частота пульсаций основной гармоники напряжения на нагрузке 100 Гц, угол управления: $\alpha \leq 180^\circ$.

50

Функциональное назначение двигательного режима работы управляемых выпрямителей (выбрать правильный вариант ответа).

- А) обеспечивает управляемую передачу энергии от ЭДС источника электрической энергии к нагрузке;
- В) обеспечивает управляемую передачу энергии от ЭДС нагрузки к источнику электрической энергии;
- С) позволяет ускорить режим реверсирования по цепи якоря;
- Д) позволяет ускорить режим реверсирования по цепи обмотки возбуждения;
- Е) предназначен для рекуперации энергии в сеть

51

Инверторный режим работы управляемых выпрямителей (выбрать правильный вариант ответа).

- А) обеспечивает управляемую передачу энергии от ЭДС источника электрической энергии к нагрузке

В) обеспечивает управляемую передачу энергии от ЭДС нагрузки к источнику электрической энергии;

С) позволяет ускорить режим реверсирования по цепи якоря;

Д) позволяет ускорить режим реверсирования по цепи обмотки возбуждения;

Е) предназначен для формирования характеристик электропривода в двигательном режиме

52

Понятие об угле управления тиристорного выпрямителя (выбрать правильный вариант ответа).

А) угол управления зависит от амплитудного значения напряжения питания;

В) угол управления определяется током нагрузки;

С) угол управления определяется активной компонентой нагрузки;

Д) угол управления соответствует моменту времени открытия тиристора путем подачи управляющего импульса по отношению к моменту времени закрытия тиристора;

Е) угол управления удовлетворяет требованиям А) и Б).

53

Классификация управляемых выпрямителей (выбрать наиболее полный вариант ответа).

А) неуправляемые, полностью управляемые, полууправляемые, с трехфазным питанием, с однофазным питанием, однополупериодные, двухполупериодные;

В) полностью управляемые, полууправляемые, с трехфазным питанием, с однофазным питанием, однополупериодные, двухполупериодные;

С) полностью управляемые, полууправляемые, управляемые с помощью ШИМ, с трехфазным питанием, с однофазным питанием, однополупериодные, двухполупериодные;

Д) полностью управляемые, полууправляемые, управляемые с помощью ЧИМ, с трехфазным питанием, с однофазным питанием, однополупериодные, двухполупериодные;

Е) неуправляемые, полностью управляемые, полууправляемые, управляемые с помощью ШИМ или ЧИМ, с трехфазным питанием, с однофазным питанием, однополупериодные, двухполупериодные.

54

Определить силу тока в катушках управления, если они соединены параллельно и подключены к источнику напряжением 100В. Сопротивление каждой катушки 200Ом.

А) 1А;

В) 0,5А;

С) 2А;

Д) 0,25 А;

Е) 1,5 А.

55

Основные технические характеристики управляемых выпрямителей (выбрать наиболее полный вариант ответа).

А) частота пульсаций основной гармоники на нагрузке, рекомендуемая мощность на нагрузке, угол управления, напряжение на нагрузке, ток нагрузки, число фаз источника питания переменного напряжения;

В) частота пульсаций основной гармоники на нагрузке, постоянная времени сглаживающего фильтра в нагрузке, рекомендуемая мощность на нагрузке, угол управления, напряжение на нагрузке, ток нагрузки;

С) частота пульсаций основной гармоники на нагрузке, рекомендуемая мощность на нагрузке, угол управления, ток нагрузки;

Д) частота пульсаций основной гармоники на нагрузке, рекомендуемая мощность на нагрузке, угол управления, диапазон изменения скважности коммутации силовых тиристорov преобразователя, напряжение на нагрузке, ток нагрузки;

Е) частота пульсаций основной гармоники на нагрузке, диапазон изменения частоты коммутации тиристорov, рекомендуемая мощность на нагрузке, напряжение на нагрузке, ток нагрузки;.

56

Соответствие названия блока СИФУ и его функциональное назначение (выбрать правильный вариант ответа):

а) избирательный фильтр;

б) ноль-орган;

в) генератор пилообразного напряжения;

г) логический элемент сравнения;

д) устройство дифференцирования;

е) импульсный усилитель;

ж) ячейка гальвонической развязки;

1) формирует на рабочем участке линейно падающий однополярный сигнал, нормированный по длительности и амплитуде;

2) предназначен для выделения первой гармоники синусоидального сигнала синхронизации и выполняет функции повышения помехоустойчивости СИФУ;

3) формирует короткий управляющий импульс, синхронизированный с рабочим фронтом выходного сигнала логического элемента сравнения;

4) выполняет функции преобразования выходного сигнала избирательного фильтра в сигнал прямоугольной формы, причем его выходной сигнал имеет свое состояние в момент времени перехода через ноль входного сигнала синусоидальной формы;

5) предназначена для согласования выходного сигнала импульсного усилителя с технической характеристикой управляющей цепи силовых тиристорov выпрямителя;

б) формирует рабочий фронт в момент времени, когда напряжение управления сравнивается с мгновенным значением выходного сигнала генератора пилообразного напряжения на рабочем участке;

7) работает в ключевом режиме и предназначен для усиления по току и напряжению сигнала с выхода устройства дифференцирования.

A) а)-1	B)а)-2	C) а)-2	D) а)-	E) а)-1
б)-3	б)-1	б)-4	2	б)-3
в)-2	в)-4	в)-1	б)-4	в)-5
г)-6	г)-6	г)-6	в)-6	г)-7
д)-5	д)-7	д)-3	г)-7	д)-2
е)-7	е)-3	е)-7	д)-3	е)-4
ж)-4	ж)-5	ж)-5	е)-1	ж)-6
			ж)-5	

57

Определить мощность, потребляемую катушкой управления, если $R_k=1$ кОм, $U_k=110$ В.

- A) 121 Вт;
- B) 12,1 Вт;
- C) 1,12 Вт;
- D) 11 Вт;
- E) 2,4 Вт.

58

Функциональное назначение СИФУ (выбрать правильный вариант ответа):

A) предназначена для формирования аналогового напряжения управления силовыми тиристорами;

B) предназначена для формирования сигнала с ШИМ;

C) предназначена для генерирования импульсной последовательности, посредством которой осуществляется управление силовыми тиристорами выпрямителя или коммутатора переменного напряжения. Эта последовательность импульсов синхронизирована с напряжением питания преобразователя, причем фазовая задержка импульсной последовательности изменяется пропорционально сигналу управления;

D) предназначена для формирования сигнала с ЧИМ;

E) предназначена для формирования импульсного сигнала для закрытия тиристора

59

Особенности повышения помехоустойчивости СИФУ (выберите правильный ответ):

A) установить на входе СИФУ дифференцирующее звено;

B) установить на входе СИФУ пропорционально-дифференцирующее звено;

C) установить на входе импульсный усилитель;

D) установить на входе фазосдвигающее звено;

Е) на входе канала синхронизации устанавливаются избирательные фильтры для выделения первой гармоники синхронизирующего сигнала, причем фильтр настраивается таким образом, чтобы фазовая задержка выходного сигнала по отношению к входному не превышала 5°

60

Определить индуктивное сопротивление катушки управления, если $Z=10$ Ом; $R=6$ Ом.

- А) 4 Ом;
- В) 8 Ом
- С) 0,4 Ом;
- Д) 0,8 Ом;
- Е) 2 Ом;

61

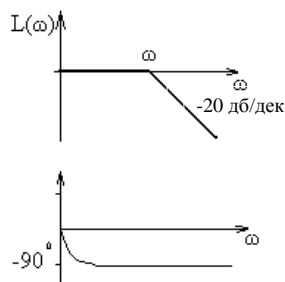
Функциональное назначение логического элемента сравнения, используемого в системе импульсно-фазового управления (выбрать правильный вариант ответа):

- А) предназначены для повышения помехоустойчивости;
- В) предназначены для выделения первой гармоники синхронизирующего сигнала;
- С) предназначены для формирования пилообразной формы напряжения;
- Д) предназначены для выделения рабочего фронта;
- Е) предназначены для формирования импульсного сигнала в момент времени перехода напряжения питания коммутирующего переменного напряжения синусоидальной формы через 0.

62

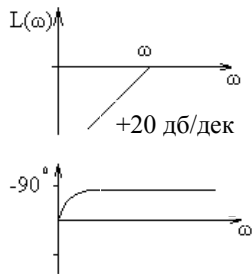
Требования, предъявляемые к избирательному фильтру системы импульсно-фазового управления (выбрать правильный вариант ответа):

- А) ЛАЧХ и ФЧХ должны иметь вид



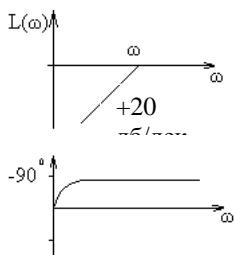
Корни характеристического уравнения передаточной функции должны быть мнимыми;

- В) ЛАЧХ и ФЧХ должны иметь вид



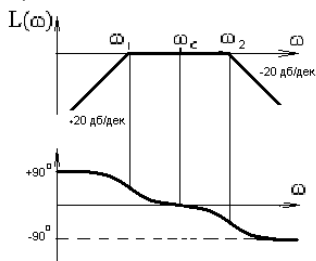
Корни характеристического уравнения передаточной функции могут быть любыми;

С) ЛАЧХ и ФЧХ должны иметь вид



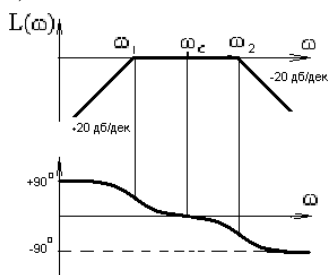
Корни характеристического уравнения передаточной функции должны быть действительными

Д) ЛАЧХ и ФЧХ должны иметь вид



Корни характеристического уравнения передаточной функции должны быть комплексным

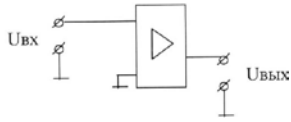
Е) ЛАЧХ и ФЧХ должны иметь вид



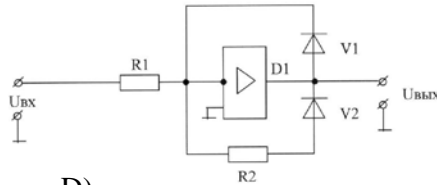
Корни характеристического уравнения передаточной функции должны быть действительными.

Схмотехническое решение избирательного фильтра (выбрать правильный вариант ответа):

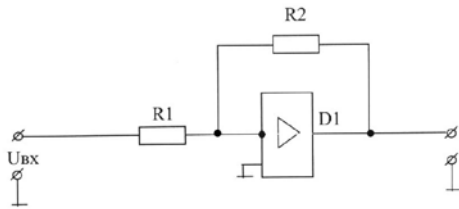
A)



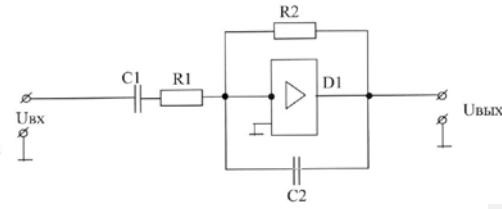
B)



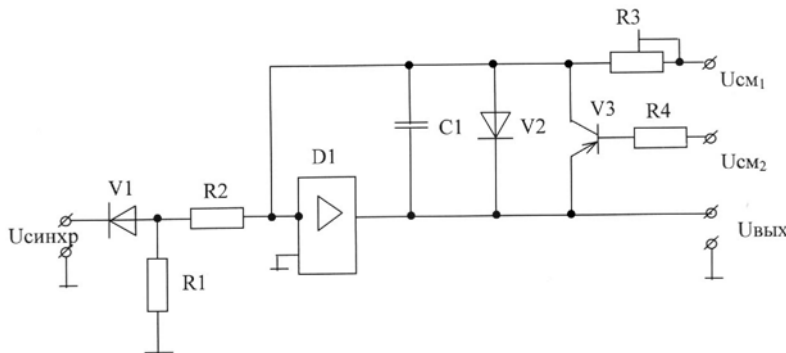
C)



D)



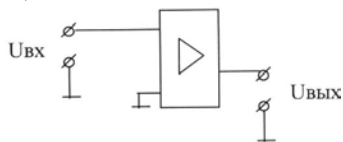
E)



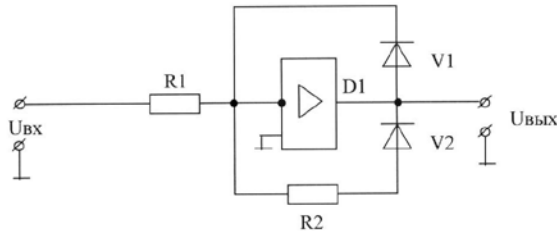
64

Схмотехническое решение инвертирующего ноль-органа (выбрать правильный вариант ответа):

A)

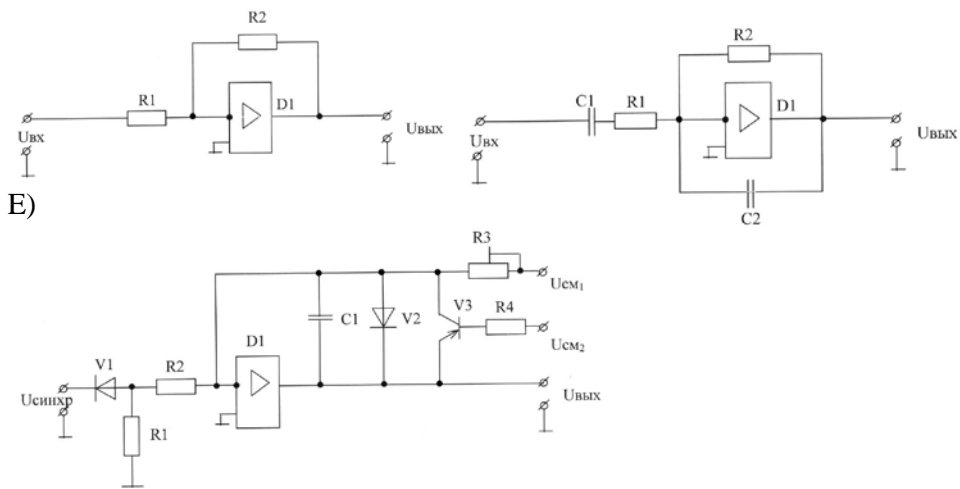


B)



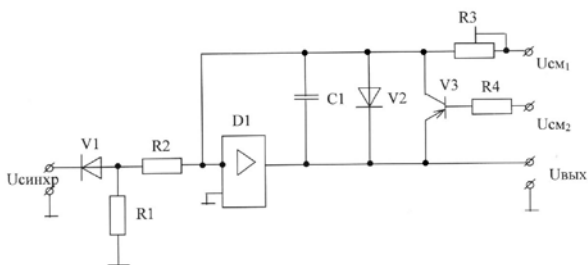
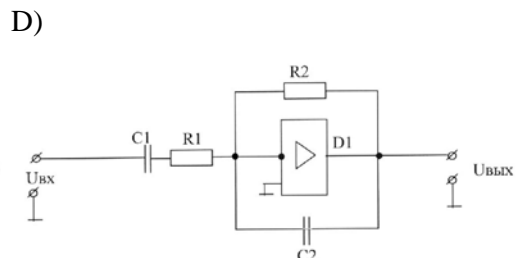
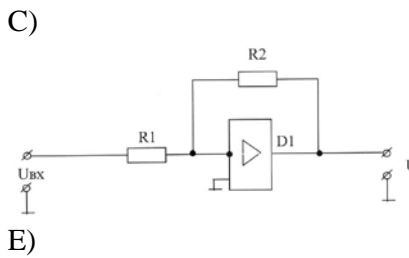
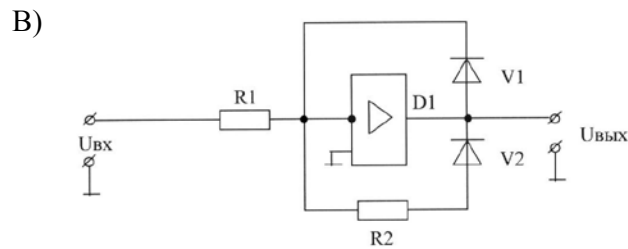
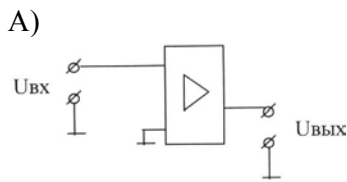
C)

D)



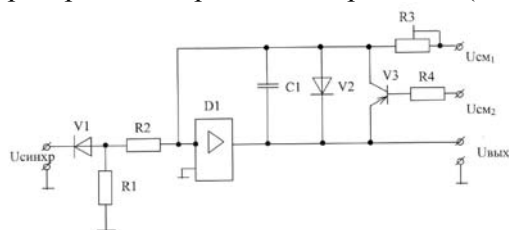
65

Схемотехническое решение генератора пилообразного напряжения (выбрать правильный вариант ответа):



66

Функциональные назначения корректирующих элементов цепей и сигналов генератора пилообразного напряжения (выбрать правильный вариант ответа):



A) R2, D1- ограничивают ток нагрузки предыдущего каскада;
Uсм1, R3, C1-элементы, определяющие наклон рабочего участка генератора пилообразного напряжения;

V3- ограничивают максимальное значение выходного сигнала;

V2- формирует выходной сигнал строго положительной полярности;

B) R2- ограничивает ток нагрузки предыдущего каскада;

R3, C1 V3, R3, V2- элементы, формирующие отрицательную обратную связь;

C) R2- ограничивает ток нагрузки предыдущего каскада;

Uсм1, R3, C1-элементы, определяющие наклон рабочего участка генератора пилообразного напряжения;

V3, R3- ограничивают максимальное значение выходного сигнала;

V2- формирует выходной сигнал строго положительной полярности;

D) R2- ограничивает ток нагрузки предыдущего каскада;

Uсм1, R3, C1-элементы, определяющие наклон рабочего участка генератора пилообразного напряжения;

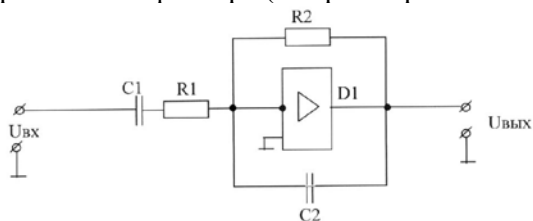
V3, R3, V2- ограничивают максимальное значение выходного сигнала;

E) Uсм1, R2, R3, C1-элементы, определяющие наклон рабочего участка генератора пилообразного напряжения;

V2, V3, R3- формирует выходной сигнал строго положительной полярности.

67

Функциональные назначения корректирующих элементов цепи избирательного фильтра (выбрать правильный вариант ответа):



A) R1, C1- корректирующие элементы цепи отрицательной обратной связи;
R2, C2- корректирующие элементы входной цепи;

B) R1, C1- корректирующие элементы входной цепи; R2, C2- корректирующие элементы цепи отрицательной обратной связи;

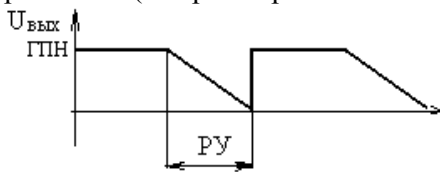
С) R1, C1- корректирующие элементы входной цепи; R2, C2, D1- корректирующие элементы цепи отрицательной обратной связи;

Д) R1, C1- корректирующие элементы входной цепи; R2, C2, D1- корректирующие элементы выходной цепи;

Е) R1, C1- корректирующие элементы входной цепи; R2, C2 - корректирующие элементы выходной цепи.

68

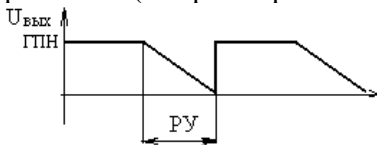
Величина интервала времени рабочего участка выходного сигнала генератора пилообразного напряжения для двухполупериодного однофазного выпрямителя (выбрать правильный вариант ответа):



- A) 2 мс;
- В) 3,2 мс;
- С) 8,3 мс;
- Д) 6,7 мс;
- Е) 10 мс.

69

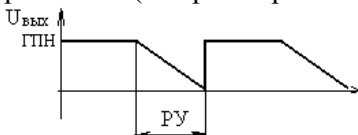
Величина интервала времени рабочего участка выходного сигнала генератора пилообразного напряжения для однополупериодного трехфазного выпрямителя (выбрать правильный вариант ответа):



- A) 2 мс;
- В) 3,2 мс;
- С) 8,3 мс;
- Д) 6,7 мс;
- Е) 10 мс.

70

Величина интервала времени рабочего участка выходного сигнала генератора пилообразного напряжения для двухполупериодного трехфазного выпрямителя (выбрать правильный вариант ответа):



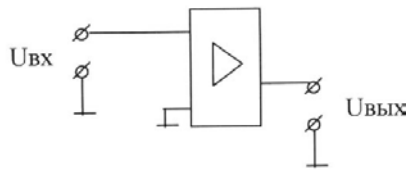
- A) 2 мс;

- B) 3,2 мс;
- C) 8,3 мс;
- D) 6,7 мс;
- E) 10 мс.

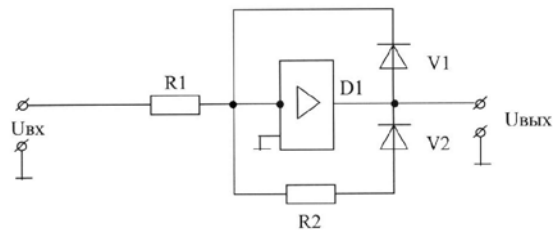
71

Схмотехническое решение логического элемента сравнения (выбрать правильный вариант ответа):

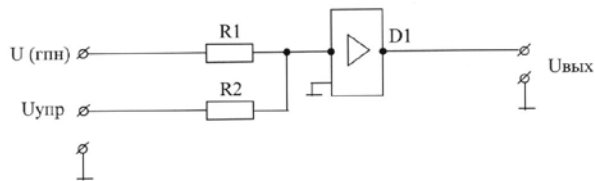
A)



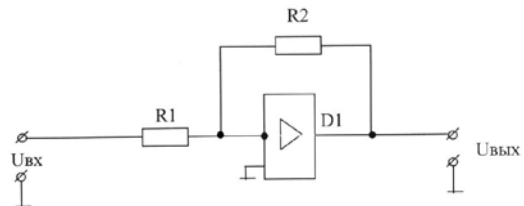
B)



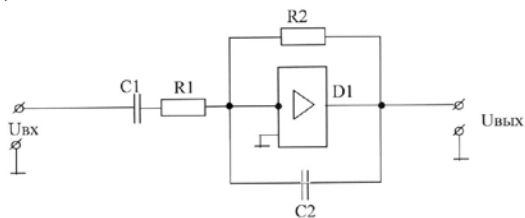
C)



D)

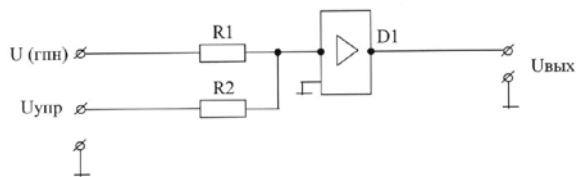


E)



72

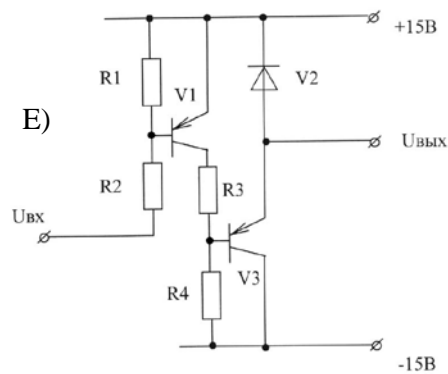
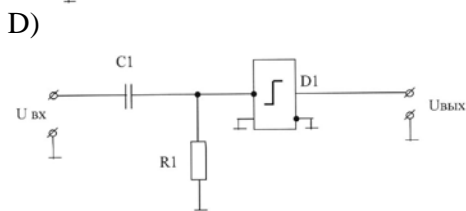
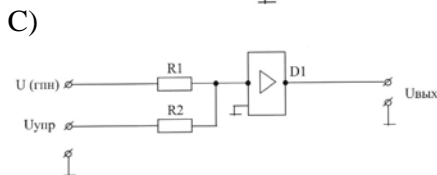
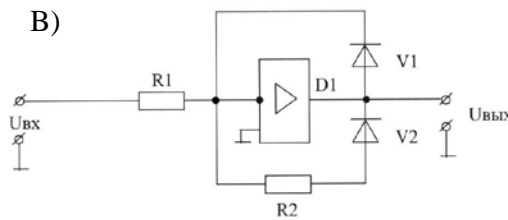
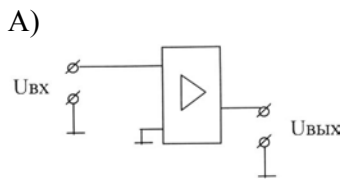
Функциональные назначения корректирующих элементов цепи логического элемента сравнения (выбрать правильный вариант ответа):



- A) R1, R2- корректирующие элементы входной цепи;
 B) R1 - корректирующий элемент входной цепи; R2- корректирующий элемент выходной цепи;
 C) R1, R2- корректирующие элементы выходной цепи;
 D) R1, R2- корректирующие элементы цепи отрицательной обратной связи;
 E) R1 - корректирующий элемент входной цепи; R2, D1- корректирующий элемент отрицательной обратной связи.

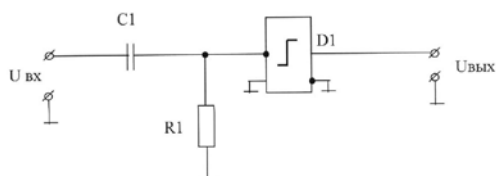
73

Схемотехническое решение устройства дифференцирования (выбрать правильный вариант ответа):



74

Функциональные назначения корректирующих элементов цепи устройства дифференцирования (выбрать правильный вариант ответа):



А) R1, C1- образуют пассивную дифференцирующую цепь и выполняют функцию дифференцирования сигнала с выхода логического элемента сравнения;

D1- операционный усилитель- работает в дискретном режиме и формирует прямоугольный импульс;

В) R1 - корректирующий элемент входной цепи; C1- корректирующий элемент цепи отрицательной обратной связи;

D1- операционный усилитель- работает в дискретном режиме и формирует прямоугольный импульс;

С) R1, C1- образуют дифференцирующую цепь и выполняют функцию дифференцирования сигнала с выхода логического элемента сравнения;

D1- интегральная микросхема- работает в дискретном режиме;

Д) R1, C1, D1- образуют дифференцирующую цепь и выполняют функцию дифференцирования сигнала с выхода логического элемента сравнения;

Е) R1- образует дифференцирующую цепь и выполняет функцию дифференцирования сигнала с выхода логического элемента сравнения; C1, D1- корректирующие элементы отрицательной обратной связи.

75

С какой целью изготавливают плавкие вставки с переменным сечением

А) С целью экономии металла

В) С целью повышения упругости

С) С целью повышения быстродействия при к.з.

Д) С целью снижения быстродействия при к.з. и предотвращения разрыва корпуса предохранителя

Е) С целью упрощения монтажа

76

Пограничный ток плавкой вставки - это ток

А) При котором пересекаются время- токовые характеристики предохранителя и защищаемого объекта

В) При котором плавкая вставка сгорает при достижении ею установившейся температуры

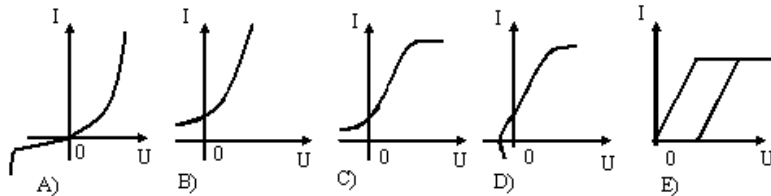
С) При котором плавкая вставка не сгорает при значительных превышениях номинального тока

Д) При котором плавкая вставка нагревается до 300С

Е) При котором плавкая вставка нагревается до 500С

77

Укажите полный график зависимости тока германиевого диода от величины приложенного напряжения.



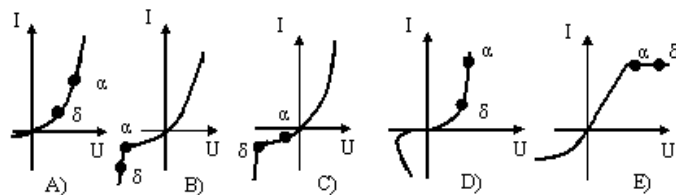
78

Является ли наличие р-п перехода обязательным в полупроводниковом диоде?

- A) диод может не иметь р-п перехода
- B) наличие одного р-п перехода обязательно
- C) необходимо не менее двух р-п переходов
- D) диод может иметь или не иметь р-п перехода
- E) обязательным является наличие трех р-п переходов.

79

Укажите характеристику стабилитрона, а также ее рабочую область.



80

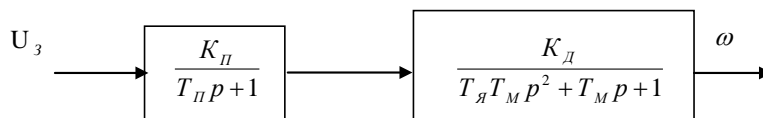
Для чего применяется последовательное соединение диодов?

- A) с целью улучшения формы выходного напряжения выпрямителя
- B) для снижения величины дрейфового тока
- C) с целью снижения влияния температуры на ток диода
- D) для увеличения допустимого обратного напряжения
- E) с целью увеличения токовой нагрузки.

81

Каким звеном учитывается преобразователь в представленной структурной схеме?

- A) колебательным звеном;
- B) апериодическим звеном;
- C) дифференцирующим звеном;
- D) пропорциональным звеном;
- E) интегрирующим звеном.



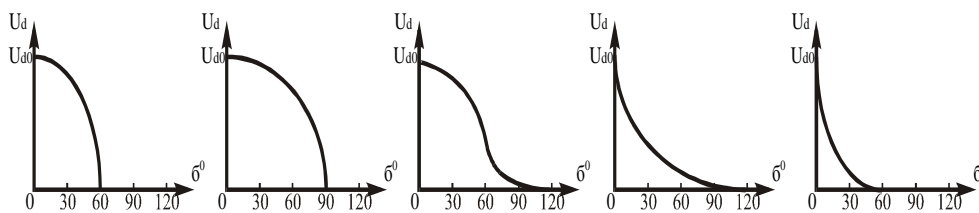
82

Укажите формулу определения коэффициента пульсации для однофазной нулевой схемы выпрямления

- A) $\frac{1}{m^2 - 1}$ B) $\frac{m}{m^2 - 1}$ C) $\frac{2}{m^2 - 1}$
 D) $\frac{m}{2m^2 - 1}$ E) $\frac{3m}{3m^2 - 1}$

83

Укажите вид регулировочной характеристики для 3^x фазного мостового выпрямителя при активной нагрузке



- A) B) C) D) E)

84

Что является основным недостатком преобразователей с совместным управлением?

- A) усложненная конструкция силового трансформатора.
 B) необходимость принятия специальных мер для надежной коммутации тиристоров.
 C) необходимость принятия мер по уменьшению уравнительного тока.
 D) необходимость применения тиристоров более высокого класса
 E) необходимость применения более мощных тиристоров.

85

В каком случае применяют асинхронные СИФУ?

- A) если в силовой схеме отсутствует синхронизирующий трансформатор.
 B) при существенных искажениях напряжения питающей сети.
 C) только в случаях совместного управления.

- D) только в случаях раздельного управления.
- E) только в мостовых схемах.

86

Укажите элемент электропривода величина постоянной времени которого не зависит от параметров элемента (мощности и др.).

- A) генератор постоянного тока;
- B) тиристорный преобразователь;
- C) двигатель постоянного тока;
- D) тахогенератор;
- E) магнитный усилитель.

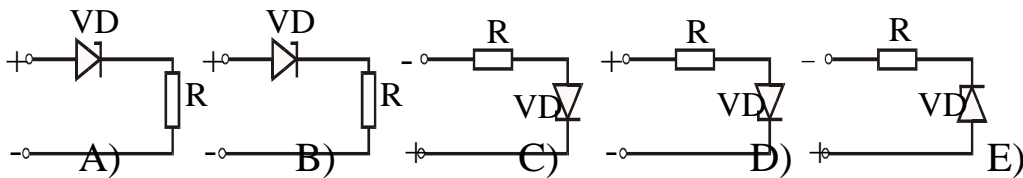
87

Для чего применяется параллельное соединение диодов?

- A) для уменьшения внутреннего сопротивления цепи;
- B) с целью повышения коэффициента выпрямления схемы;
- C) с целью снижения падения напряжения на открытом диоде;
- D) с целью увеличения суммарного прямого тока;
- E) с целью увеличения допустимого обратного напряжения.

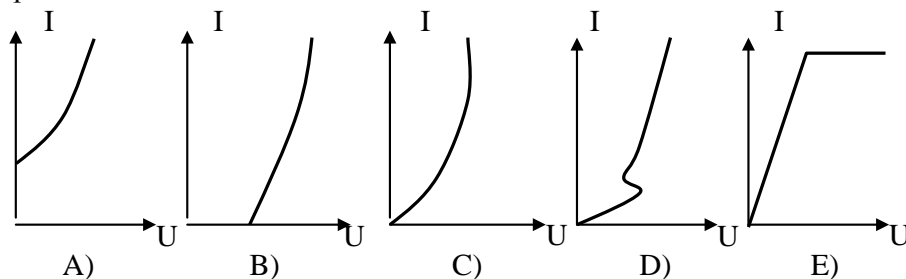
88

Укажите правильную схему включения стабилитрона, как источника опорного напряжения:



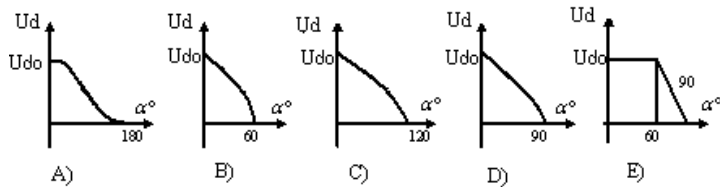
89

Укажите вольт-амперную характеристику тиристора при максимальном управляющем токе



90

Укажите вид регулировочной характеристики для однофазного выпрямителя при активной нагрузке



91

По какой причине приходится увеличивать сечение магнитопровода трансформатора в трехфазной нулевой схеме выпрямления?

- A) вследствие того, что частота пульсаций составляет 150 Гц;
- B) вследствие того, что интервал проводимости каждого вентиля составляет 120° ;
- C) для того, чтобы обеспечить более полную загрузку вентиля по току;
- D) для того, чтобы избежать насыщения магнитопровода трансформатора постоянной составляющей;
- E) с целью повышения мощности трансформатора.

92

Какое явление называют опрокидыванием инвертора?

- A) явление, связанное с пробоем одного из тиристорov инвертора;
- B) явление, связанное с исчезновением импульсов управления тиристорами;
- C) явление короткого замыкания в схеме, связанное с нарушением условий коммутации тиристорov;
- D) явление, связанное с превышением допустимых токов через тиристоры;
- E) явление, связанное с исчезновением напряжения питающей сети.

93

В каком случае применяют асинхронные СИФУ

- A) в том случае, когда синхронные системы не обеспечивают требуемый диапазон изменения угла;
- B) когда необходимо сделать более жесткой внешнюю характеристику выпрямителя;
- C) при значительной не симметрии трехфазных напряжений по величине и фазе;
- D) когда мощность выпрямителя мала по сравнению с мощностью сети;
- E) с целью снижения коэффициента пульсаций выпрямителя.

94

Что является основным недостатком трехфазной нулевой схемы выпрямителя?

- A) необходимость применения более мощных диодов или тиристоров;
- B) низкий коэффициент схемы;
- C) необходимость принудительного охлаждения трансформатора;
- D) необходимость завышать расчетную мощность трансформатора.
- E) превышение обратного напряжения на тиристорах до $3U_L$.

95

Процесс коммутации в выпрямителях оказывает влияние:

- A) на коэффициент схемы;
- B) на величину среднего выпрямленного напряжения;
- C) на угол управления (α);
- D) на индуктивное сопротивление фазы трансформатора;
- E) на величину активного сопротивления сглаживающего дросселя.

96

Для чего служат RC – цепочки, подключаемые параллельно тиристорам выпрямителя?

- A) для снижения токов, проходящих через тиристор;
- B) для повышения КПД выпрямителя;
- C) для защиты тиристоров от коммутационных перенапряжений;
- D) для улучшения формы выходного напряжения;
- E) для защиты тиристора от короткого замыкания в цепи нагрузки.

97

Для обеспечения инверторного режима ведомого сетью однофазного инвертора угол управления α должен быть:

- A) $\alpha > \pi/3$;
- B) $\alpha < \pi/2$;
- C) $\alpha > 2\pi$;
- D) $\alpha > \pi/2$;
- E) $\alpha < \pi/3$.

98

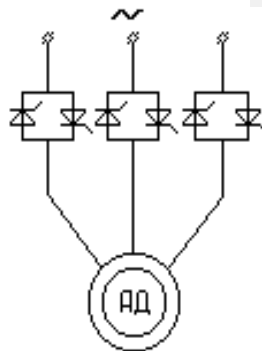
Для чего служат отсекающие диоды в инверторе тока?

- A) для снижения токов проходящих через тиристоры;
- B) для улучшения формы кривой выходного тока;
- C) для обеспечения инверторного режима работы;
- D) для защиты от опрокидывания инвертора;
- E) для снижения емкости коммутирующих конденсаторов.

99

Для регулирования АД используется изображенный на рисунке:

- A) тиристорный преобразователь частоты;
- B) тиристорный регулятор напряжения;
- C) автономный инвертор напряжения;
- D) непосредственный преобразователь частоты;
- E) автономный инвертор тока.



100

Наименьший уровень пульсаций в выпрямленной ЭДС тиристорного преобразователя имеет:

- A) однофазная двухполупериодная схема с нулевой точкой;
- B) трехфазная нулевая схема;
- C) однофазная мостовая схема;
- D) трехфазная мостовая схема;
- E) однофазная однополупериодная схема

101

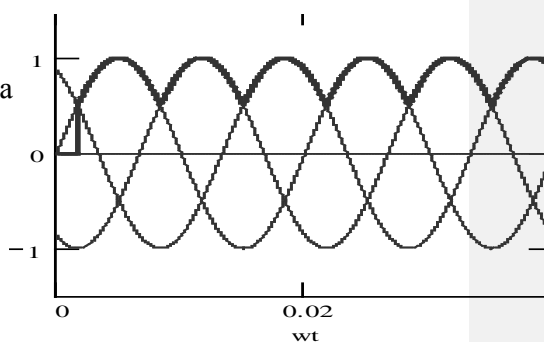
Наибольшее усиление по напряжению ($E_{\text{вых}}/E_{\text{вх}}$) имеет схема выпрямителя:

- A) однофазная двухполупериодная схема с нулевой точкой;
- B) трехфазная нулевая схема;
- C) однофазная мостовая схема;
- D) трехфазная мостовая схема;
- E) однофазная однополупериодная схема

102

Указанную на рисунке форму выходного напряжения имеет следующая схема выпрямителя:

- A) однофазная двухполупериодная схема с нулевой точкой;
- B) трехфазная нулевая схема;
- C) однофазная мостовая схема;
- D) трехфазная мостовая схема;
- E) однофазная однополупериодная схема

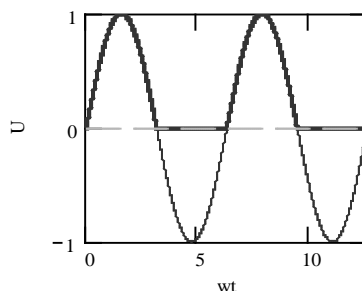


103

Указанную на рисунке форму выходного напряжения имеет следующая схема выпрямителя:

- A) однофазная двухполупериодная схема с нулевой точкой;
- B) трехфазная нулевая схема;

- С) однофазная мостовая схема;
- Д) трехфазная мостовая схема;
- Е) однофазная однополупериодная схема.



104

Появление угла коммутации γ в кривой выходного напряжения выпрямителя вызвано:

- А) наличием катодных индуктивных сопротивлений;
- В) наличием индуктивностей рассеяния трансформатора;
- С) наличием сглаживающего дросселя;
- Д) наличием уравнивающего дросселя;
- Е) запаздыванием управляющего сигнала.

105

При амплитудно-импульсной модуляции импульсы имеют:

- А) одинаковую амплитуду;
- В) различную амплитуду;
- С) различную длительность пауз между импульсами;
- Д) различную длительность;
- Е) мало данных.

106

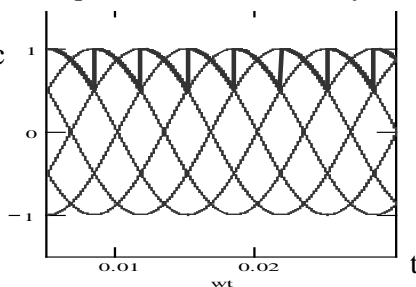
При широтно-импульсной модуляции импульсы имеют:

- А) различную амплитуду;
- В) одинаковую паузу;
- С) различную длительность;
- Д) одинаковую длительность;
- Е) мало данных.

107

Указанную на рисунке форму выходного напряжения имеет следующая схема выпрямителя:

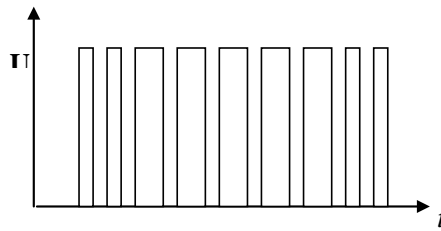
- А) однофазная двухполупериодная схема с нулевой точкой;
- В) трехфазная нулевая схема;
- С) однофазная мостовая схема;
- Д) трехфазная мостовая схема;
- Е) однофазная однополупериодная схема



108

Сигнал $U(t)$ получен с помощью:

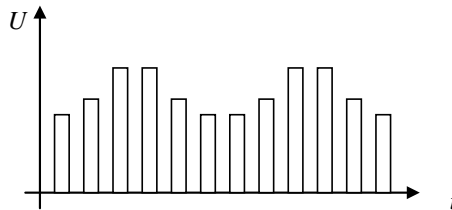
- A) частотно-импульсной модуляции;
- B) широтно-импульсной модуляции;
- C) амплитудной модуляции;
- D) фазоимпульсной модуляции;
- E) кодоимпульсной модуляции.



109

Сигнал $u(t)$ получен с помощью:

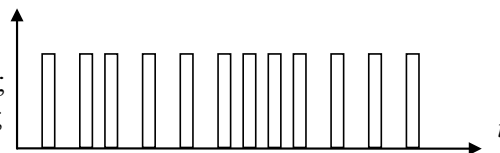
- A) частотно-импульсной модуляции;
- B) широтно-импульсной модуляции;
- C) амплитудной модуляции;
- D) фазоимпульсной модуляции;
- E) кодоимпульсной модуляции.



110

Сигнал $u(t)$ получен с помощью:

- A) частотно-импульсной модуляции;
- B) широтно-импульсной модуляции;
- C) амплитудной модуляции;
- D) фазоимпульсной модуляции;
- E) кодоимпульсной модуляции.



111

При косинусоидальной форме опорного напряжения СИФУ характеристика управления $E_{mn} = f(U_y) E$ тиристорного преобразователя:

- A) синусоидальна;
- B) косинусоидальна;
- C) линейна;
- D) экспоненциальна;
- E) квадратична.

112

При линейной форме опорного напряжения СИФУ характеристика управления $E_{mn} = f(U_y)$ тиристорного преобразователя:

- A) синусоидальна;
- B) косинусоидальна;
- C) линейна;
- D) экспоненциальна;
- E) квадратична.

113

В реверсивном тиристорном преобразователе напряжения уравнивающие дроссели исключаются при:

- А) раздельном управлении вентиляльными группами;
- В) совместном управлении вентиляльными группами;
- С) косинусоидальной форме опорного напряжения СИФУ;
- Д) линейной форме опорного напряжения СИФУ;
- Е) наличии сглаживающего дросселя.

114

Полностью управляемым полупроводниковым прибором является:

- А) тиристор;
- В) симистор;
- С) диод;
- Д) транзистор;
- Е) динистор.

115

Каким образом осуществляется реверс электродвигателя при питании его от реверсивного тиристорного преобразователя с раздельным управлением?

- А) изменением полярности напряжения на обмотке возбуждения;
- В) изменением полярности напряжения на якоре с помощью магнитного пускателя;
- С) изменением чередования фаз питающей сети;
- Д) снятием импульсов управления с работающего комплекта вентилялей и подачей их на противоположный комплект вентилялей;
- Е) одновременным изменением полярности напряжения на обмотке якоря и обмотке возбуждения.

116

Максимально допустимое обратное напряжение на тиристоре 300 В, возможно ли включение тиристора в сеть переменного напряжения 220 В:

- А) нет;
- В) да;
- С) да, если сеть имеет частоту 50 Гц;
- Д) да, если тиристор зашунтировать RC-цепью;
- Е) да, если тиристор зашунтировать резистором.

117

В каких случаях применяются импульсные преобразователи для регулирования скорости электродвигателей постоянного тока:

- А) в случае несимметрии напряжения питающей сети;
- В) при питании электродвигателя от аккумуляторной батареи или от неуправляемого выпрямителя;
- С) в случае отсутствия дросселя в цепи постоянного тока;
- Д) в случае пониженного напряжения сети;

Е) в случае повышенного напряжения в сети.

118

В трехфазной схеме выпрямления с нулевым выводом трансформатора для компенсации постоянной составляющей магнитного потока применяют:

- А) дроссель, включаемый в цепь постоянного тока;
- В) нулевой вентиль;
- С) конденсаторы, включаемые параллельно обмоткам трансформатора;
- Д) специальную схему соединения вторичных обмоток трансформатора «треугольник-зигзаг»;
- Е) резисторы, включаемые параллельно обмоткам.

119

С ростом угла управления α тиристорами выпрямителя увеличивается:

- А) обратное напряжение, прикладываемое к тиристорам;
- В) активная составляющая тока выпрямителя;
- С) реактивная мощность, потребляемая выпрямителем из сети;
- Д) среднее значение тока, протекающего через тиристор;
- Е) стоимость трансформатора.

120

Выходной ток автономного тока инвертора тока имеет:

- А) прямоугольную форму;
- В) треугольную форму;
- С) синусоидальную форму;
- Д) косинусоидальную форму;
- Е) экспоненциальную форму.

121

Выходное напряжение автономного инвертора напряжения имеет:

- А) треугольную форму;
- В) синусоидальную форму;
- С) прямоугольную форму;
- Д) экспоненциальную форму;
- Е) косинусоидальную форму.

122

В преобразователях частоты с непосредственной связью тиристоры коммутруются посредством:

- А) обратного напряжения, прикладываемого от постороннего источника;
- В) специального узла коммутации;
- С) противо-ЭДС нагрузки;
- Д) специального трансформатора, подключаемого к тиристорам;
- Е) напряжения питающей сети.

123

Какое влияние оказывают индуктивности рассеяния в обмотках трансформатора выпрямителей средней и большой мощности на выходное напряжение:

- A) выходное напряжение возрастает при заданном угле - α ;
- B) выходное напряжение снижается за счет возрастания угла коммутации при заданном угле - α ;
- C) происходит увеличение коэффициента пульсаций;
- D) происходит снижение коэффициента пульсаций;
- E) усложняется наладка СИФУ.

124

Какова частота пульсаций первой гармоники выпрямленного напряжения однофазной мостовой схемы:

- A) 50 гц;
- B) 25 гц;
- C) 100 гц;
- D) 150 гц;
- E) 75 гц.

125

Какова частота пульсаций первой гармоники выпрямленного напряжения трехфазной нулевой схемы:

- A) 300 гц;
- B) 50 гц;
- C) 75 гц;
- D) 150 гц;
- E) 175 гц.

126

Какова частота пульсаций первой гармоники выпрямленного напряжения трехфазной мостовой схемы:

- A) 300 гц;
- B) 175 гц;
- C) 150 гц;
- D) 100 гц;
- E) 125 гц.

127

Причиной внутренней аварии выпрямителя является:

- A) замыкание в цепи нагрузки;
- B) повреждение вентиля одного из плеч выпрямительного моста;
- C) замыкание в обмотках трансформатора;
- D) замыкание в обмотках дросселя;
- E) исчезновение импульсов управления одного из вентиляей.

128

В чем заключается способ вертикального управления:

- А) импульс управления формируется при переходе синусоиды через ноль;
- В) импульс управления формируется в моменты перехода тока с одного тиристора на другой;
- С) импульс управления выпрямителем формируется в моменты равенства опорного переменного напряжения с постоянным управляющим напряжением;
- Д) импульс управления формируется по сигналам датчика тока;
- Е) импульс управления формируется по сигналам датчика напряжения.

129

Основная цель параллельного и последовательного соединения мостовых схем выпрямления

- А) Снижение габаритов силового трансформатора;
- В) Снижение габаритов сглаживающих и уравнивающих дросселей;
- С) Снижение стоимости силового трансформатора;
- Д) Уменьшение пульсации выпрямленного напряжения и улучшение формы тока;
- Е) Снижение стоимости дросселей.

130

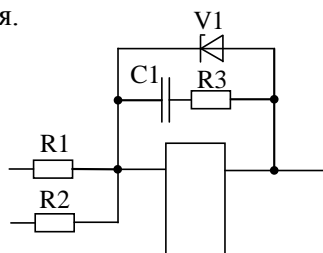
Укажите, какой из элементов является безинерционным.

- А) магнитный усилитель;
- В) двигатель постоянного тока;
- С) тахогенератор;
- Д) генератор постоянного тока;
- Е) тиристорный преобразователь.

131

Укажите элемент в регуляторе, с помощью которого ограничивается максимальное значение выходного напряжения.

- А) конденсатор С1;
- В) стабилитрон V1;
- С) резистор R1;
- Д) резистор R2;
- Е) резистор R3.



132

Основной особенностью вентильного двигателя является наличие датчика

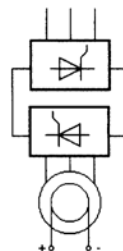
- А) тока
- В) положения ротора

- С) напряжения
- Д) скорости
- Е) ЭДС

133

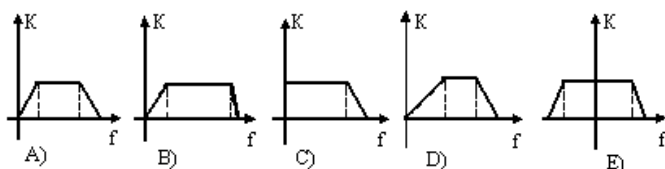
Назовите систему электропривода, приведенную на рисунке.

- А) электропривод ТПЧ-АД
- В) АВК;
- С) асинхронный привод с регулятором напряжения в цепи статора;
- Д) электропривод с вентильным двигателем;
- Е) асинхронный привод с реостатным управлением.



134

Какой вид имеет амплитудно-частотная характеристика широкополосного усилителя.



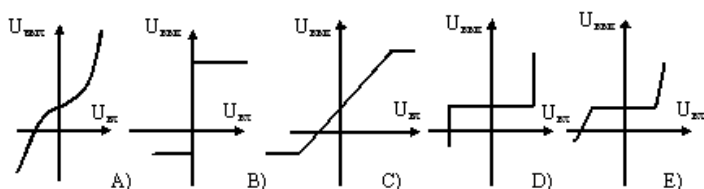
135

Каким образом определяют напряжения дрейфа усилителя постоянного тока?

- А) подают на вход напряжение – U и измеряют приращение напряжения на выходе;
- В) дают приращение напряжения источника питания, при отсутствии сигнала на входе, и измеряют приращение напряжения на выходе;
- С) при отсутствии сигнала на входе увеличивают окружающую температуру и измеряют изменение напряжения на выходе;
- Д) при закороченном входе усилителя измеряют напряжения на выходе;
- Е) при наличии сигнала на входе увеличивают окружающую температуру и измеряют изменение напряжения на выходе.

136

Укажите передаточную характеристику ОУ



137

С какой целью в УПТ применяют дифференциальный усилительный каскад:

- А) с целью улучшения частотной характеристики УПТ;
- В) с целью уменьшения дрейфа УПТ;
- С) с целью уменьшения входного сопротивления УПТ по постоянному току;
- Д) с целью увеличения коэффициента усиления УПТ.
- Е) с целью снижения коэффициента УПТ

138

Каким образом создается инвертирующий усилитель на базе операционного усилителя:

- А) создается последовательная отрицательная обратная связь по напряжению с выхода на инвертирующий вход;
- В) создается параллельная положительная обратная связь по напряжению на неинвертирующий вход;
- С) создается параллельная отрицательная обратная связь по напряжению на инвертирующий вход;
- Д) создается последовательная отрицательная обратная связь по напряжению на неинвертирующий вход;
- Е) создается последовательная отрицательная обратная связь по току на неинвертирующий вход.

139

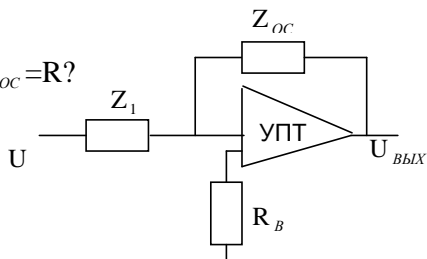
Передаточная функция $W(P)=T_{\text{мр}}$ соответствует:

- А) колебательному звену;
- В) апериодическому звену;
- С) дифференциальному звену;
- Д) интегрирующему звену;
- Е) пропорциональному звену.

140

Каким будет тип регулятора, если $Z_1=R$, $Z_{oc}=R$?

- А) дифференцирующим;
- В) интегрирующим;
- С) пропорциональным;
- Д) интегрально-пропорциональным;
- Е) пропорционально-интегральным.



141

Передаточная функция $W(P)=K$ соответствует:

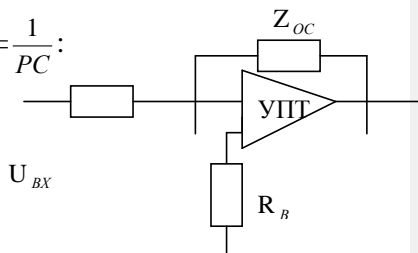
- А) колебательному звену;
- В) апериодическому звену;

- С) дифференциальному звену;
- Д) интегрирующему звену;
- Е) пропорциональному звену.

142

Каким будет тип регулятора, если $Z_1=R_1$, $Z_{oc}=\frac{1}{PC}$:

- А) дифференцирующим;
- В) интегрирующим;
- С) пропорциональным;
- Д) интегрально-пропорциональным;
- Е) пропорционально-интегральным.



143

Передаточная функция $W(P)=\frac{K}{T_P+1}$ соответствует:

- А) колебательному звену;
- В) апериодическому звену;
- С) дифференциальному звену;
- Д) интегрирующему звену;
- Е) пропорциональному звену.

144

Передаточная функция $W(P)=\frac{K}{T_{я}T_{M}P^2+T_{M}P+1}$ соответствует:

- А) колебательному звену;
- В) апериодическому звену;
- С) дифференциальному звену;
- Д) интегрирующему звену;
- Е) пропорциональному звену.

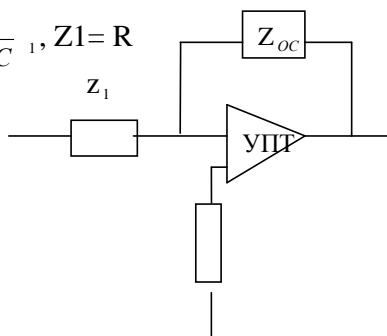
145

Передаточная функция $W=\frac{RK_{д}}{T_{M}P}$ соответствует:

- А) колебательному звену;
- В) апериодическому звену;
- С) дифференциальному звену;
- Д) интегрирующему звену;
- Е) пропорциональному звену.

146

Каким будет тип регулятора, если $Z_{oc}=\frac{1}{PC}$, $Z_1=R$



- A) дифференцирующим;
- B) интегрирующим;
- C) пропорциональным;
- D) интегрально-пропорциональным;
- E) пропорционально-интегральным.

147

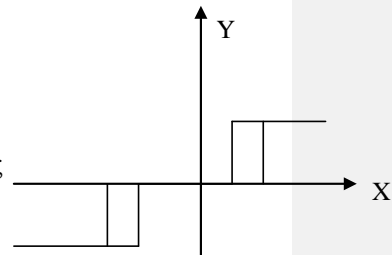
Что называется скважностью импульсов

- A) отношение длительности импульсов к периоду их следования;
- B) интервал времени между началами двух соседних импульсов;
- C) интервал времени между окончанием одного и началом следующего импульса;
- D) отношение периода следования импульсов к их длительности.
- E) правильный ответ отсутствует

148

На рисунке изображена статическая характеристика :

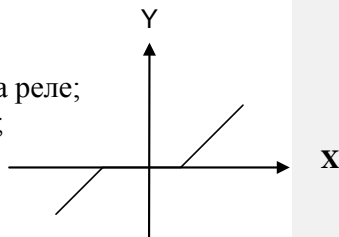
- A) нелинейного усилителя релейного типа с различными значениями токов срабатывания и возврата реле ;
- B) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности;
- C) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности и насыщением;
- D) нелинейного усилителя релейного типа ;
- E) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности и петлей гистерезиса.



149

На рисунке изображена статическая характеристика:

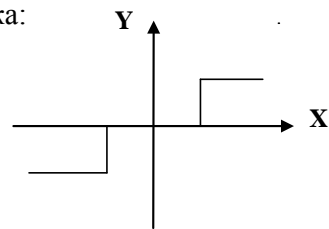
- A) нелинейного усилителя релейного типа с различными значениями токов срабатывания и возврата реле;
- B) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности;
- C) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности и насыщением;
- D) нелинейного усилителя релейного типа;
- E) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности и петлей гистерезиса



150

На рисунке изображена статическая характеристика:

- A) нелинейного усилителя релейного типа с различными значениями токов срабатывания и возврата реле;
- B) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности;
- C) нелинейного усилителя с зоной



нечувствительности и насыщением;

D) нелинейного усилителя релейного типа;

E) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности и петлей гистерезиса

151

На рисунке изображена статическая характеристика:

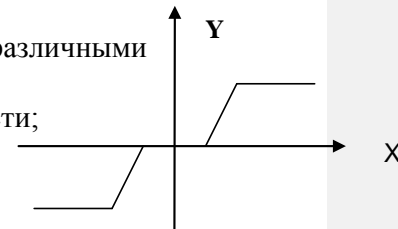
A) нелинейного усилителя релейного типа с различными значениями токов срабатывания и возврата реле;

B) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности;

C) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности и насыщением;

D) нелинейного усилителя релейного типа;

E) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности и петлей гистерезиса.



152

На рисунке изображена статическая характеристика:

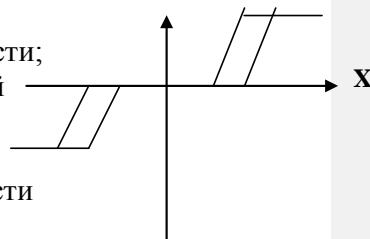
A) нелинейного усилителя релейного типа с различными значениями токов срабатывания и возврата реле;

B) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности;

C) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности и насыщением;

D) нелинейного усилителя релейного типа;

E) нелинейного усилителя с зоной нечувствительности и петлей гистерезиса.



153

Какому регулятору соответствует переходная характеристика

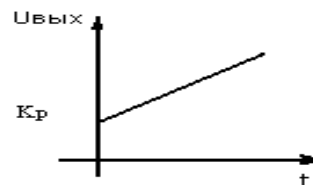
A) П-регулятор

B) ПД-регулятор

C) ПИД-регулятор

D) ПИ-регулятор

E) И-регулятор



154

В какое динамическое звено превращается ПИ – регулятор, если установить $R_{от}=0$.

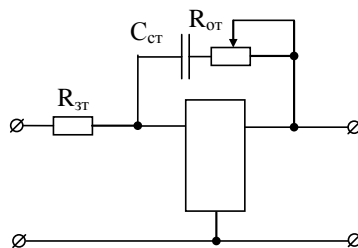
A) П – регулятор;

B) И – регулятор;

C) ПИ – регулятор;

D) П-Д регулятор;

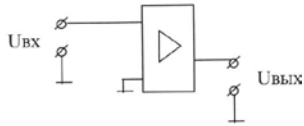
E) ПИД – регулятор.



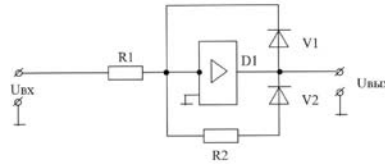
155

Схемотехническое решение импульсного усилителя (выбрать правильный вариант ответа):

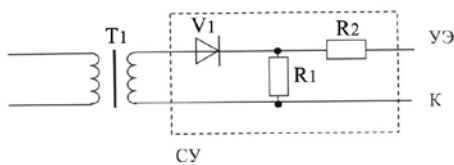
A)



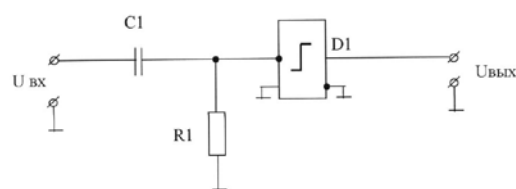
B)



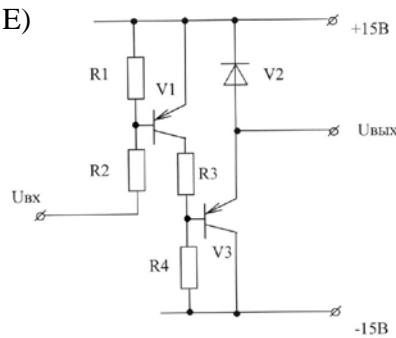
C)



D)

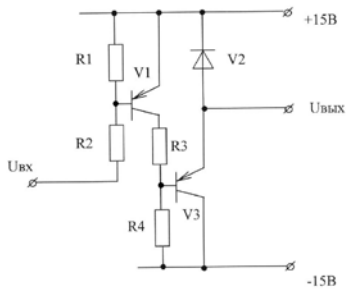


E)



156

Функциональные назначения корректирующих элементов цепи импульсного усилителя (выбрать правильный вариант ответа):



A) R2, R3 - ограничивают ток базы и определяют ключевой режим работы тиристора; R1, R4- их необходимость и величины определяются техническими условиями эксплуатации; V1, V4- предназначены для разряд электромагнитной энергии, запасенной транзисторами V1 и V4 соответственно; V3, V2- работают в ключевом режиме и предназначены для усиления по току и напряжению сигнала с выхода устройства дифференцирования;

B) R1, R4- ограничивают ток базы и определяют ключевой режим работы тиристора; R2, R3- их необходимость и величины определяются техническими условиями эксплуатации; V4, V2- ограничивают обратное напряжение базэмитерного перехода транзистора V1; V1- предназначен для разряд электромагнитной энергии, запасенной транзисторой V1; V3 - работают в

ключевом режиме и предназначены для усиления по току и напряжению сигнала с выхода устройства дифференцирования;

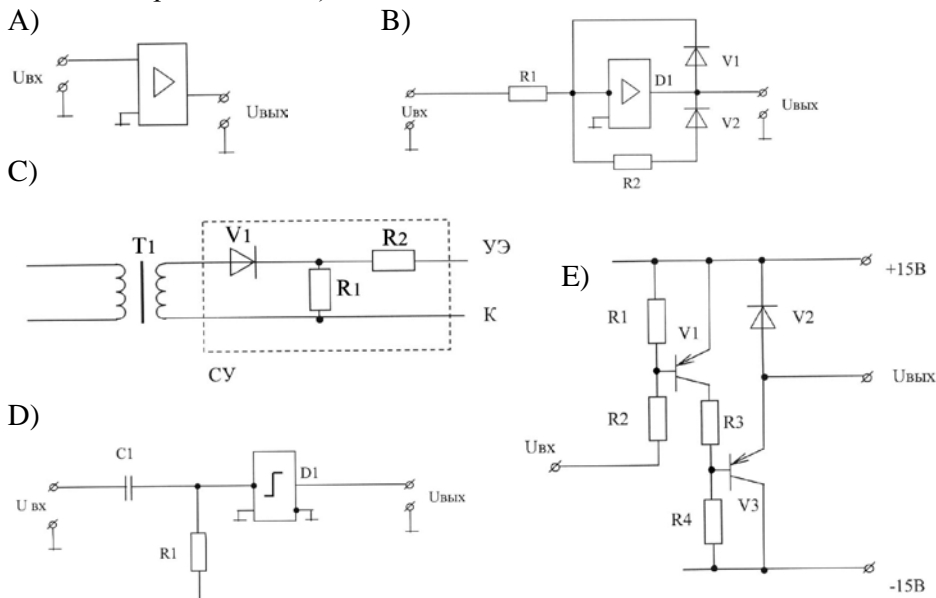
С) R1, R4- ограничивают ток базы и определяют ключевой режим работы тиристора; R2, R3- их необходимость и величины определяются техническими условиями эксплуатации; V1, V3- ограничивает обратное напряжение базо-эмитерного перехода транзистора V2; V4- предназначен для разряд электромагнитной энергии, в импульсного трансформатора ячейки гальвонической развязки; V2- работает в ключевом режиме и предназначе для усиления по току и напряжению сигнала с выхода устройства дифференцирования;

Д) R2, R4- ограничивают ток базы и определяют ключевой режим работы тиристора; R1, R3- их необходимость и величины определяются техническими условиями эксплуатации; V1- ограничивает обратное напряжение базо-эмитерного перехода транзистора V2; V4- предназначен для разряд электромагнитной энергии, запасенной транзистором V4; V3, V2- работают в ключевом режиме и предназначены для усиления по току и напряжению сигнала с выхода устройства дифференцирования;

Е) R1, R4- ограничивают ток базы и определяют ключевой режим работы тиристора; V3- ограничивает обратное напряжение базо-эмитерного перехода транзистора V2; V2- предназначен для разряд электромагнитной энергии, запасенной транзистором V2; V1, V4- работают в ключевом режиме и предназначены для усиления по току и напряжению сигнала с выхода устройства дифференцирования.

157

Схмотехническое решение ячейки гальвонической развязки (выбрать правильный вариант ответа):



158

Функциональные назначения корректирующих элементов цепи ячейки гальвонической развязки (выбрать правильный вариант ответа):

А) Т1-выполняет функцию дифференцирования сигнала с выхода импульсного усилителя; V1- предназначен для формирования однополярного импульсного сигнала управления силовым тиристором преобразователя; R1- определяет режим работы диода V1; R2- ограничивает ток управления силового тиристора;

В) Т1- обеспечивает согласование по току и напряжению сигнала с выхода импульсного усилителя с параметрами цепи управления силового тиристора в выпрямителе, а также гальвоническую развязку силовых цепей и цепей системы фазового управления; V1- предназначен для формирования однополярного импульсного сигнала управления силовым тиристором преобразователя; R1- определяет режим работы диода V1; R2- ограничивает ток управления силового тиристора;

С) Т1- выполняет функцию дифференцирования сигнала с выхода импульсного усилителя; V1- предназначен для усиления по напряжению импульсного сигнала управления; R1- определяет режим работы диода V1; R2- ограничивает ток управления силового тиристора;

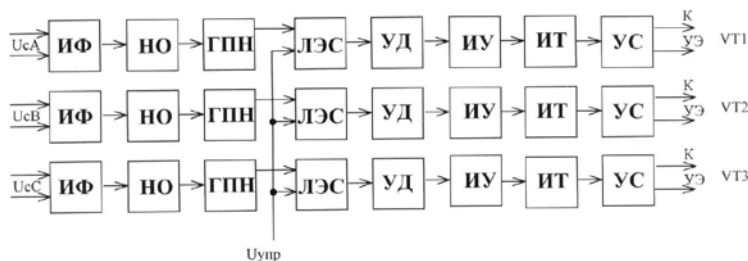
Д) Т1- обеспечивает согласование по току и напряжению сигнала с выхода импульсного усилителя с параметрами цепи управления силового тиристора в выпрямителе, а также гальвоническую развязку силовых цепей и цепей системы фазового управления; V1- предназначен для усиления по напряжению импульсного сигнала управления; R1- определяет режим работы диода V1; R2- ограничивает ток управления силового тиристора;

Е) Т1- обеспечивает согласование по току и напряжению сигнала с выхода импульсного усилителя с параметрами цепи управления силового тиристора в выпрямителе, а также гальвоническую развязку силовых цепей и цепей системы фазового управления; V1- предназначен для формирования однополярного импульсного сигнала управления силовым тиристором преобразователя; R1, R2- определяет режим работы диода V1.

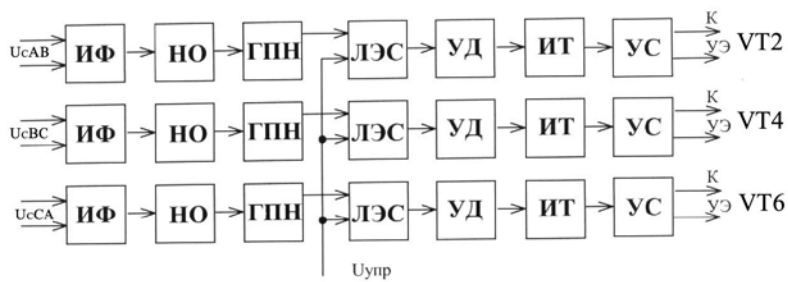
159

Определить структурную схему системы фазового управления коммутатора переменного напряжения (выбрать правильный вариант ответа):

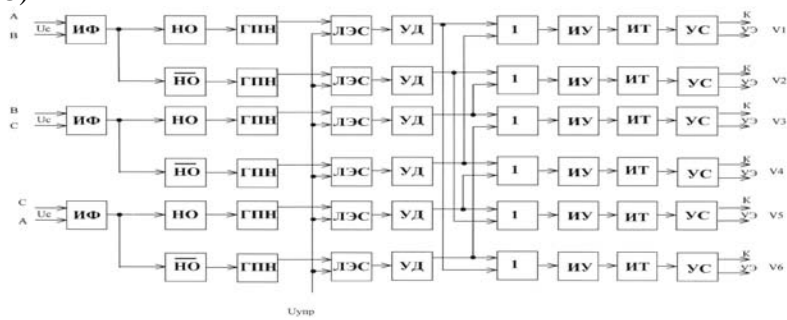
А)



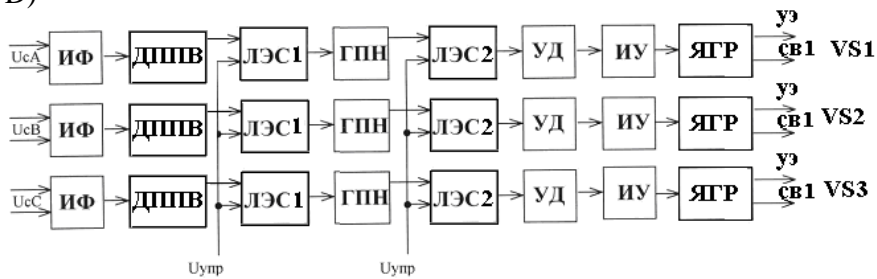
В)



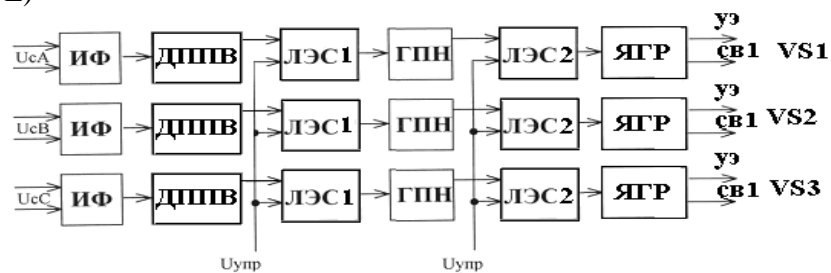
С)



Д)



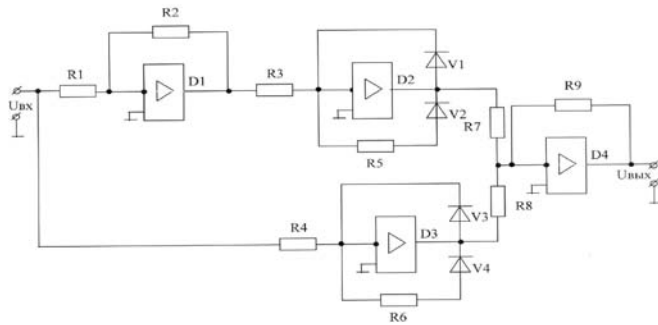
Е)



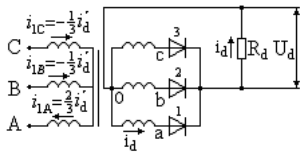
160

Укажите схмотехническое решение двухполупериодного прецизионного выпрямителя (выбрать правильный вариант ответа):

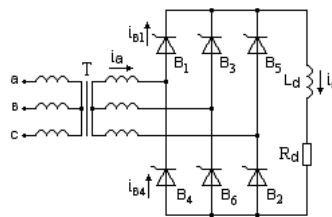
А)



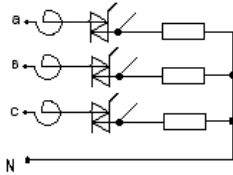
B)



C)



D)



E)

16.

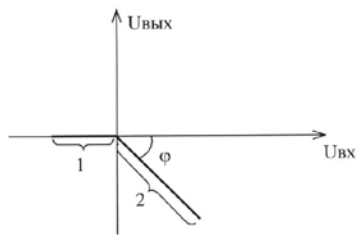
Функциональное назначение узлов двухполупериодного прецизионного выпрямителя (выбрать правильный вариант ответа):

- A) D1- инвертор; D2, D4- однополупериодные прецизионные выпрямители; D3- сумматор;
- B) D1- инвертор; D2, D4- однополупериодные прецизионные выпрямители; D3- интегратор;
- C) D1- сумматор; D2, D4- однополупериодные прецизионные выпрямители; D3- интегратор;
- D) D1, D4 - инвертор; D2- однополупериодные прецизионные выпрямители; D3- сумматор;
- E) D1, D3- инверторы; D2, D4- однополупериодные прецизионные выпрямители.

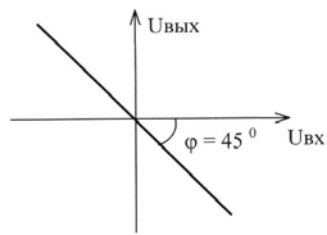
162

Переходная характеристика двухполупериодного прецизионного выпрямителя имеет вид (выбрать правильный вариант ответа):

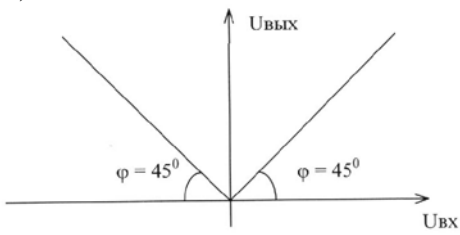
- A)
- B)



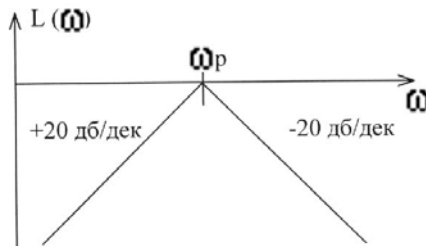
C)



D)



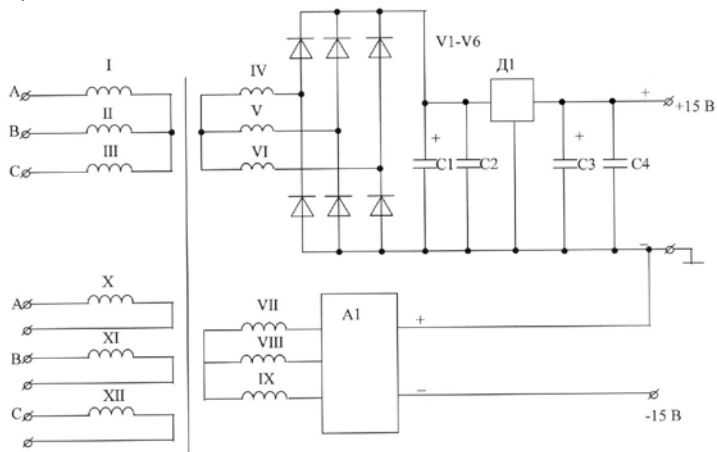
E)



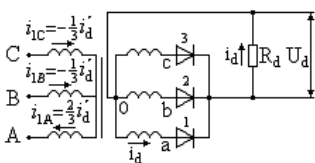
163

Укажите схемотехническое решение блока питания и синхронизации (выбрать правильный вариант ответа):

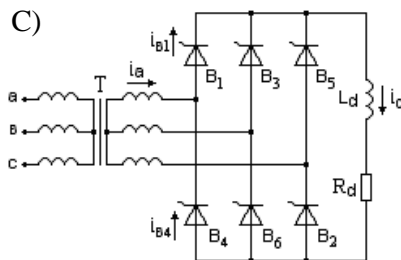
A)



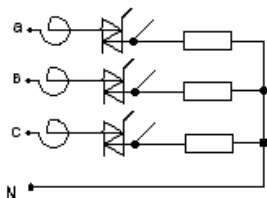
B)



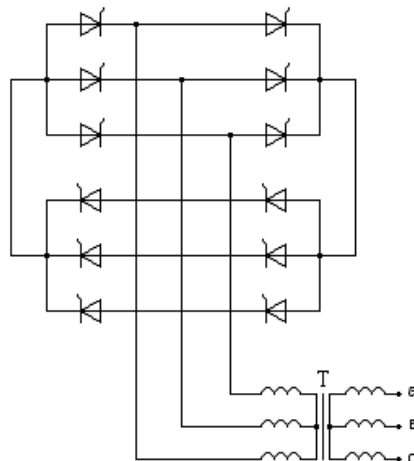
C)



D)



E)



164

По назначению реакторы делятся на:

- A) токоограничивающие;
- B)сглаживающие;
- C)фильтровые;
- D) A) и B);
- E)A), B) и C).

165

Сглаживающие реакторы применяют для:

- A) уменьшения пульсации тока якоря электродвигателя, ухудшающие его коммутацию, зону прерывистых токов и скорость нарастания аварийного тока;
- B)для защиты ТП и электродвигателя в аварийных режимах;
- C)дистанционного управления (пуска, останова, реверса) трехфазными асинхронными электродвигателями;
- D) включения и отключения силовых электрических цепей;
- E)защиты преобразовательных агрегатов с силовыми кремниевыми полупроводниковыми вентилями при внутренних коротких замыканиях в цепях переменного или пульсирующего тока частотой 50 и 60 Гц и в цепях постоянного тока.

166

Токоограничивающие реакторы включают в цепь

- A) переменного тока однофазной однополупериодной схемы выпрямления;
- B)переменного тока;
- C)постоянного тока;
- D) переменного тока мостовой выпрямительной схемы ТП ;
- E)двигателя постоянного тока.

167

Автоматические выключатели применяют для:

- А) уменьшения пульсации тока якоря электродвигателя, ухудшающие его коммутацию, зону прерывистых токов и скорость нарастания аварийного тока;
- В) для защиты ТП и электродвигателя в аварийных режимах;
- С) дистанционного управления (пуска, останова, реверса) трехфазными асинхронными электродвигателями;
- Д) включения и отключения силовых электрических цепей;
- Е) защиты преобразовательных агрегатов с силовыми кремниевыми полупроводниковыми вентилями при внутренних коротких замыканиях в цепях переменного или пульсирующего тока частотой 50 и 60 Гц и в цепях постоянного тока.

168

Пускатели предназначены для

- А) уменьшения пульсации тока якоря электродвигателя, ухудшающие его коммутацию, зону прерывистых токов и скорость нарастания аварийного тока;
- В) для защиты ТП и электродвигателя в аварийных режимах;
- С) дистанционного управления (пуска, останова, реверса) трехфазными асинхронными электродвигателями;
- Д) включения и отключения силовых электрических цепей;
- Е) защиты преобразовательных агрегатов с силовыми кремниевыми полупроводниковыми вентилями при внутренних коротких замыканиях в цепях переменного или пульсирующего тока частотой 50 и 60 Гц и в цепях постоянного тока.

169

Контакты серии КПВ 600 предназначены для

- А) уменьшения пульсации тока якоря электродвигателя, ухудшающие его коммутацию, зону прерывистых токов и скорость нарастания аварийного тока
- В) для защиты ТП и электродвигателя в аварийных режимах;
- С) дистанционного управления (пуска, останова, реверса) трехфазными асинхронными электродвигателями;
- Д) включения и отключения силовых электрических цепей;
- Е) защиты преобразовательных агрегатов с силовыми кремниевыми полупроводниковыми вентилями при внутренних коротких замыканиях в цепях переменного или пульсирующего тока частотой 50 и 60 Гц и в цепях постоянного тока.

170

Предохранители серии ПП57 предназначены для

- А) уменьшения пульсации тока якоря электродвигателя, ухудшающие его коммутацию, зону прерывистых токов и скорость нарастания аварийного тока;
- В) для защиты ТП и электродвигателя в аварийных режимах;

С) дистанционного управления (пуска, останова, реверса) трехфазными асинхронными электродвигателями;

Д) включения и отключения силовых электрических цепей;

Е) защиты преобразовательных агрегатов с силовыми кремниевыми полупроводниковыми вентилями при внутренних коротких замыканиях в цепях переменного или пульсирующего тока частотой 50 и 60 Гц и в цепях постоянного тока.

171

Маркировка предохранителя:

ПП157-ABCD-EF, где:

А)

А- двухзначное число - условное обозначение номинального тока предохранителя;

В-цифра - условное обозначение номинального напряжения предохранителя;

С-цифра - условное обозначение по способу монтажа и виду присоединения проводников к выводам предохранителя;

Д- цифра – условное обозначение наличия указателя срабатывания и контакта вспомогательной цепи:

0- без указателя срабатывания, без контакта вспомогательной цепи;

1- с указателем срабатывания, с контактом вспомогательной цепи;

2- с указателем срабатывания, без контакта вспомогательной цепи;

Е-буква - условное обозначение климатического исполнения;

Е-цифра – категория размещения

В)

А-двухзначное число - условное обозначение номинального тока предохранителя;

В- цифра - условное обозначение номинального напряжения предохранителя;

С-цифра - условное обозначение по способу монтажа и виду присоединения проводников к выводам предохранителя;

Д-цифра – условное обозначение наличия указателя срабатывания и контакта вспомогательной цепи:

Е-буква - условное обозначение климатического исполнения;

цифра – категория размещения

С)

А-двухзначное число - условное обозначение номинального тока предохранителя;

В- цифра - условное обозначение номинального напряжения предохранителя;

С-цифра - условное обозначение номинальной мощности предохранителя;

Д-цифра – условное обозначение наличия указателя срабатывания и контакта вспомогательной цепи:

0-без указателя срабатывания, без контакта вспомогательной цепи;

1-с указателем срабатывания, с контактом вспомогательной цепи;

2-с указателем срабатывания, без контакта вспомогательной цепи;

Е-буква - условное обозначение климатического исполнения;

Г- цифра – категория размещения

Д)

А-двухзначное число - условное обозначение номинального тока предохранителя;

В- цифра - условное обозначение номинального напряжения предохранителя;

СД-цифра - условное обозначение по способу монтажа и виду присоединения проводников к выводам предохранителя;

Е-буква - условное обозначение климатического исполнения;

Г- цифра – категория размещения

Е)

А-двухзначное число - условное обозначение номинального тока предохранителя;

В- цифра - условное обозначение номинального напряжения предохранителя;

С-цифра - условное обозначение по способу монтажа и виду присоединения проводников к выводам предохранителя;

Д-цифра – условное обозначение наличия указателя срабатывания и контакта вспомогательной цепи:

0-без указателя срабатывания, без контакта вспомогательной цепи;

1-с указателем срабатывания, с контактом вспомогательной цепи;

2-с указателем срабатывания, без контакта вспомогательной цепи;

Е-буква - условное обозначение климатического исполнения;

Г-цифра – условное обозначение номинальной мощности предохранителя.

172

В маркировке трансформатора:

А) Т- число фаз (трехфазный); Р- расщепление обмоток; С, СЗ, МД, Н – вид охлаждения; Н- наличие РПН (для трансформаторов с ПБН эта буква отсутствует); Т- количество вторичных обмоток- трехобмоточные (для двухобмоточных эта буква отсутствует); Д- две активные части в одном баке (только для соответствующих трансформаторов); через тире приводится типовая мощность в киловатт-амперах, через дробь- класс напряжения сетевой обмотки в киловольтах (0,7 кВ или 10 кВ); после класса напряжения может стоять буква Р, обозначающая реверсивные ТП электроприводов, выполненные по перекрестной схеме ; У2 (У3, У4) – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

В) Т- число фаз (трехфазный); С, СЗ, МД, Н – вид охлаждения; Н- наличие РПН (для трансформаторов с ПБН эта буква отсутствует); Т- количество вторичных обмоток- трехобмоточные (для двухобмоточных эта буква отсутствует); Д- две активные части в одном баке (только для соответствующих

трансформаторов); через тире приводится типовая мощность в киловат-амперах, через дробь- класс напряжения сетевой обмотки в киловольтах (0,7 кВ или 10 кВ); после класса напряжения может стоять буква Р, обозначающая реверсивные ТП электроприводов, выполненные по перекрестной схеме ; У2 (У3, У4) – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

С) Т- число фаз (трехфазный); Р- расщепление обмоток; С, СЗ, МД, Н – вид охлаждения; Н- наличие РПН (для трансформаторов с ПБН эта буква отсутствует); Т- количество вторичных обмоток- трехобмоточные (для двухобмоточных эта буква отсутствует); Д- две активные части в одном баке (только для соответствующих трансформаторов); через тире приводится напряжение в вольтах, через дробь- класс напряжения сетевой обмотки в киловольтах (0,7 кВ или 10 кВ); после класса напряжения может стоять буква Р, обозначающая реверсивные ТП электроприводов, выполненные по перекрестной схеме ; У2 (У3, У4) – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

Д) Т- число фаз (трехфазный); Р- расщепление обмоток; С, СЗ, МД, Н – вид охлаждения; Т- количество вторичных обмоток- трехобмоточные (для двухобмоточных эта буква отсутствует); Д- две активные части в одном баке (только для соответствующих трансформаторов); через тире приводится типовая мощность в киловат-амперах, через дробь- класс напряжения сетевой обмотки в киловольтах (0,7 кВ или 10 кВ);

Е) Т- число фаз (трехфазный); Р- расщепление обмоток; С, СЗ, МД, Н – вид охлаждения; Н- наличие РПН (для трансформаторов с ПБН эта буква отсутствует); Т- количество вторичных обмоток- трехобмоточные (для двухобмоточных эта буква отсутствует); Д- две активные части в одном баке (только для соответствующих трансформаторов); через тире приводится типовая мощность в киловат-амперах, через дробь- класс напряжения сетевой обмотки в киловольтах (0,7 кВ или 10 кВ); после класса напряжения может стоять буква Е- условное обозначение климатического исполнения.

173

Импульсные преобразователи предназначены для...

А) преобразования постоянного напряжения в регулируемое импульсное напряжение с использованием широтно-импульсной модуляции;

В) преобразования переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в регулируемое по амплитуде переменное напряжение с неизменяемой частотой;

С) преобразования переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в переменное напряжение с изменяемой частотой и амплитудой;

Д) преобразования постоянного напряжения в переменное напряжение прямоугольной формы с изменяемой частотой;

Е) преобразование переменного напряжения в регулируемое постоянное напряжение.

174

Коммутатор переменного напряжения применяется для...

А) преобразования постоянного напряжения в регулируемое импульсное напряжение с использованием широтно-импульсной модуляции;

В) преобразования переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в регулируемое по амплитуде переменное напряжение с неизменяемой частотой;

С) преобразования переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в переменное напряжение с изменяемой частотой и амплитудой;

Д) преобразования постоянного напряжения в переменное напряжение прямоугольной формы с изменяемой частотой;

Е) преобразование переменного напряжения в регулируемое постоянное напряжение.

175

Непосредственные преобразователи частоты предназначены для...

А) преобразования постоянного напряжения в регулируемое импульсное напряжение с использованием широтно-импульсной модуляции;

В) преобразования переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в регулируемое по амплитуде переменное напряжение с неизменяемой частотой;

С) преобразования переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в переменное напряжение с изменяемой частотой и амплитудой;

Д) преобразования постоянного напряжения в переменное напряжение прямоугольной формы с изменяемой частотой;

Е) преобразование переменного напряжения в регулируемое постоянное напряжение.

176

Автономный инвертор переменного напряжения предназначен для...

А) преобразования постоянного напряжения в регулируемое импульсное напряжение с использованием широтно-импульсной модуляции;

В) преобразования переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в регулируемое по амплитуде переменное напряжение с неизменяемой частотой;

С) преобразования переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в переменное напряжение с изменяемой частотой и амплитудой;

Д) преобразования постоянного напряжения в переменное напряжение прямоугольной формы с изменяемой частотой;

Е) преобразование переменного напряжения в регулируемое постоянное напряжение.

177

Управляемые выпрямители предназначены для...

А) преобразования постоянного напряжения в регулируемое импульсное напряжение с использованием широтно-импульсной модуляции;

В) преобразования переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в регулируемое по амплитуде переменное напряжение с неизменяемой частотой;

С) преобразования переменного напряжения с постоянной частотой и амплитудой в переменное напряжение с изменяемой частотой и амплитудой;

Д) преобразования постоянного напряжения в переменное напряжение прямоугольной формы с изменяемой частотой;
преобразование переменного напряжения в регулируемое постоянное напряжение.

178

От чего зависит выбор наиболее подходящей схемы преобразователя?

А) от числа фаз питающей сети;

В) мощности привода;

С) допустимой амплитуды пульсаций напряжения на нагрузке;

Д) необходимости изменения полярности напряжения на нагрузке и необходимости рекуперации энергии в сеть;

Е) все перечисленное.

179

Полностью управляемые, двухкомплектные преобразователи, в составе регулируемого электропривода постоянного тока, позволяют регулировать скорость двигателя...

А) во всех четырех квадрантах;

В) только в первом и третьем квадрантах;

С) только в первом квадранте;

Д) только в третьем квадранте;

Е) только во втором и четвертом квадрантах.

180

Функциональное назначение инвертора в структурных схемах систем фазового управления

А) для селектирования сигнала синхронизации;

В) меняет полярность синхронизируемого сигнала с коэффициентом передачи = 1;

С) выполняет функции выделения синхронизирующего сигнала от импульсных помех возникающих при работе тиристорных преобразователей;

Д) преобразует сигнал с выхода фильтра синусоидальной формы в импульсный сигнал прямоугольной формы;

Е) формирует сигнал со строго нормированными амплитудой, наклоном, линейностью рабочего участка выходного сигнала генератора пилообразного напряжения.

181

Функциональное назначение избирательного фильтра в структурных схемах систем фазового управления

А) меняет полярность синхронизируемого сигнала с коэффициентом передачи = 2;

В) меняет полярность синхронизируемого сигнала с коэффициентом передачи = 1;

С) выполняет функции выделения синхронизирующего сигнала от импульсных помех возникающих при работе тиристорного преобразователя;

Д) преобразует сигнал с выхода фильтра синусоидальной формы в импульсный сигнал прямоугольной формы;

Е) формирует сигнал со строго нормированными амплитудой, наклоном, линейностью рабочего участка выходного сигнала генератора пилообразного напряжения.

182

Функциональное назначение ноль-органа в структурных схемах систем фазового управления

А) для селектирования сигнала синхронизации;

В) меняет полярность синхронизируемого сигнала с коэффициентом передачи = 1;

С) выполняет функции выделения синхронизирующего сигнала от импульсных помех возникающих при работе тиристорного преобразователя;

Д) преобразует сигнал с выхода фильтра синусоидальной формы в импульсный сигнал прямоугольной формы;

Е) формирует сигнал со строго нормированными амплитудой, наклоном, линейностью рабочего участка выходного сигнала генератора пилообразного напряжения.

183

Функциональное назначение генератора пилообразного напряжения в структурных схемах систем фазового управления

А) для селектирования сигнала синхронизации;

В) меняет полярность синхронизируемого сигнала с коэффициентом передачи = 1;

С) выполняет функции выделения синхронизирующего сигнала от импульсных помех возникающих при работе ТП;

Д) преобразует сигнал с выхода фильтра синусоидальной формы в импульсный сигнал прямоугольной формы;

Е) формирует сигнал со строго нормированными амплитудой, наклоном, линейностью рабочего участка выходного сигнала ГПН.

184

Функциональное назначение логического элемента сравнения в структурных схемах систем фазового управления

- А) для селектирования сигнала синхронизации;
- В) меняет полярность синхронизируемого сигнала с коэффициентом передачи = 1;
- С) выполняет функции выделения синхронизирующего сигнала от импульсных помех возникающих при работе тиристорного преобразователя;
- Д) преобразует сигнал с выхода фильтра синусоидальной формы в импульсный сигнал прямоугольной формы;
- Е) осуществляет сравнение сигналов с выхода генератора пилообразного напряжения и сигнала управления тиристорным преобразователем.

185

Функциональное назначение импульсного усилителя в структурных схемах систем фазового управления

- А) для селектирования сигнала синхронизации;
- В) осуществляет усиление по току сигнала с выхода устройства дифференцирования ;
- С) выполняет функции выделения синхронизирующего сигнала от импульсных помех возникающих при работе тиристорных преобразователей;
- Д) преобразует сигнал с выхода фильтра синусоидальной формы в импульсный сигнал прямоугольной формы;
- Е) осуществляет сравнение сигналов с выхода генератора пилообразного напряжения и сигнала управления тиристорным преобразователем.

186

Функциональное назначение устройства согласования в структурных схемах систем фазового управления

- А) для селектирования сигнала синхронизации;
- В) осуществляет согласование сигнала с выхода импульсного трансформатора в форму, необходимую для управления тиристором;
- С) выполняет функции выделения синхронизирующего сигнала от импульсных помех возникающих при работе тиристорных преобразователей;
- Д) преобразует сигнал с выхода фильтра синусоидальной формы в импульсный сигнал прямоугольной формы;
- Е) осуществляет сравнение сигналов с выхода генератора пилообразного напряжения и сигнала управления тиристорным преобразователем.

187

Укажите способы принудительной коммутации тиристоров

- А) все перечисленное;
- В) коммутация за счет подключения к тиристоры предварительно заряженного конденсатора;

С) коммутация за счет последовательного колебательного контура LC, включенного параллельно или последовательно с тиристором;

Д) коммутация за счет параллельно включенного конденсатора, подключаемого к основному тиристор с помощью вспомогательного;

Е) коммутация за счет внешнего источника энергии, включаемого параллельно или последовательно с тиристором.

188

Преимуществом инвертора напряжения по отношению к инвертору тока является:

А) более жесткая вольтамперная характеристика;

В) устойчивая работа на низких частотах угловой скорости электропривода;

С) более широкий диапазон регулирования частоты выходного напряжения инвертора;

Д) более жесткая вольтамперная характеристика, устойчивая работа на низких частотах угловой скорости электропривода, более широкий диапазон регулирования частоты выходного напряжения инвертора;

Е) более жесткая вольтамперная характеристика, устойчивая работа на низких частотах угловой скорости электропривода.

189

К положительным качествам низкочастотных преобразователей — циклоконвекторов — следует отнести:

А) хорошую форму кривой напряжения, ограничение верхнего предела частоты переменного напряжения на нагрузке;

В) простой обмен активной и реактивной энергией между источником и двигателем;

С) простой обмен активной и реактивной энергией между источником и двигателем, регулирование частоты и напряжения в широких пределах;

Д) хорошую форму кривой напряжения, простой обмен активной и реактивной энергией между источником и двигателем, регулирование частоты и напряжения в широких пределах;

Е) хорошую форму кривой напряжения, простой обмен активной и реактивной энергией между источником и двигателем, регулирование частоты и напряжения в широких пределах, ограничение верхнего предела частоты переменного напряжения на нагрузке.

190

Для уменьшения пульсации тока якоря электродвигателя, ухудшающие его коммутацию, зону прерывистых токов и скорость нарастания аварийного тока применяются...:

А) автоматические выключатели ;

В) пускатели;

С) контакторы;

Д) сглаживающие реакторы;

Е) предохранители.

191

Для управления режимами (пуска, реверса) трехфазных асинхронных электродвигателей применяются...

- А) автоматические выключатели ;
- В) пускатели;
- С) контакторы;
- Д) сглаживающие реакторы;
- Е) предохранители.

192

Для включения и отключения силовых электрических цепей применяются...

- А) автоматические выключатели ;
- В) пускатели;
- С) контакторы;
- Д) сглаживающие реакторы;
- Е) предохранители.

193

Для защиты преобразовательных агрегатов с силовыми кремниевыми полупроводниковыми вентилями при внутренних коротких замыканиях в цепях переменного или пульсирующего тока частотой 50 и 60 Гц и в цепях постоянного тока применяются...

- А) автоматические выключатели;
- В) пускатели;
- С) контакторы;
- Д) сглаживающие реакторы;
- Е) предохранители.

194

Для защиты тиристорного преобразователя и электродвигателя в аварийных режимах применяются...

- А) автоматические выключатели;
- В) пускатели;
- С) контакторы;
- Д) сглаживающие реакторы;
- Е) предохранители.

195

Какой блок в структурных схемах систем фазового управления выполняет функции выделения синхронизирующего сигнала от импульсных помех возникающих при работе тиристорного преобразователя

- A) избирательный фильтр ;
- B) инвертор;
- C) генератора пилообразного напряжения;
- D) ноль-орган;
- E) логический элемент сравнения.

196

Как называется блок, применяемый в структурных схемах систем фазового управления для перемены полярности синхронизируемого сигнала с коэффициентом передачи = 1....

- A) избирательный фильтр;
- B) инвертор;
- C) генератора пилообразного напряжения;
- D) ноль-орган;
- E) логический элемент сравнения.

197

Какой блок в структурных схемах систем фазового управления преобразует сигнал с выхода фильтра синусоидальной формы в импульсный сигнал прямоугольной формы

- A) избирательный фильтр;
- B) инвертор;
- C) генератора пилообразного напряжения;
- D) ноль-орган;
- E) логический элемент сравнения.

198

Как называется блок в структурных схемах систем фазового управления, формирующий сигнал со строго нормированными амплитудой, наклоном, линейностью рабочего участка выходного сигнала генератора пилообразного напряжения

- A) избирательный фильтр;
- B) инвертор;
- C) логический элемент сравнения;
- D) ноль-орган;
- E) генератор пилообразного напряжения.

199

Как называется блок в структурных схемах систем управления, осуществляющий сравнение сигналов с выхода генератора пилообразного напряжения и сигнала управления тиристорным преобразователем

- A) избирательный фильтр;
- B) инвертор;
- C) генератор пилообразного напряжения;
- D) ноль-орган;

Е)логический элемент сравнения.

200

Как называется блок в структурных схемах систем управления, осуществляющий усиление по току сигнала с выхода устройства дифференцирования

- А) избирательный фильтр;
- В)импульсный усилитель ;
- С)инвертор;
- Д) ноль-орган;
- Е)генератор пилообразного напряжения.

ПАСПОРТ

№ вопросов	Правильный ответ	№ вопросов	Правильный ответ	№ вопросов	Правильный ответ
1	В	38	В	75	С
2	Е	39	В	76	А
3	Е	40	В	77	А
4	С	41	А	78	В
5	С	42	В	79	В
6	В	43	D	80	D
7	D	44	D	81	В
8	В	45	В	82	С
9	В	46	С	83	С
10	D	47	D	84	С
11	D	48	В	85	В
12	С	49	А	86	D
13	В	50	А	87	D
14	D	51	В	88	С
15	С	52	D	89	D
16	С	53	В	90	А
17	С	54	А	91	D
18	А	55	А	92	С
19	D	56	С	93	С
20	С	57	С	94	D
21	А	58	Е	95	D
22	С	59	Е	96	С
23	Е	60	В	97	D
24	D	61	Е	98	Е
25	В	62	Е	99	В
26	С	63	D	100	D
27	А	64	А	101	D
28	А	65	Е	102	В
29	А	66	В	103	Е
30	Е	67	В	104	В
31	D	68	Е	105	В
32	С	69	С	106	С
33	С	70	D	107	D
34	А	71	С	108	В
35	С	72	А	109	С
36	D	73	D	110	А
37	В	74	А	111	С
112	В	154	С	196	В
113	А	155	Е	197	D
114	D	156	С	198	Е
115	D	157	С	199	Е
116	А	158	В	200	В
117	В	159	D		
118	D	160	А		
119	С	161	А		

№ вопросов	Правильный ответ	№ вопросов	Правильный ответ	№ вопросов	Правильный ответ
120	A	162	C		
121	C	163	A		
122	E	164	E		
123	B	165	A		
124	C	166	D		
125	D	167	B		
126	A	168	C		
127	B	169	D		
128	C	170	E		
129	D	171	A		
130	C	172	A		
131	B	173	A		
132	B	174	B		
133	A	175	C		
134	C	176	D		
135	D	177	E		
136	C	178	E		
137	B	179	A		
138	C	180	B		
139	C	181	C		
140	C	182	D		
141	E	183	E		
142	B	184	E		
143	B	185	B		
144	A	186	B		
145	D	187	A		
146	B	188	D		
147	A	189	D		
148	A	190	D		
149	B	191	B		
150	D	192	C		
151	C	193	E		
152	E	194	A		
153	D	195	A		