

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

**«Силовая электроника»**

Направление подготовки	<i>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</i>
Направленность (профиль) образовательной программы	<i>Электропривод и автоматика</i>

Обеспечивающее подразделение
<i>Кафедра ЭПАПУ</i>

Разработчик ФОС:

доцент, к.т.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Н.Е. Дерюжкова

(ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры, протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.П. Черный

**1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Профессиональные		
ПК-1 Способность проводить обследование оборудования объектов профессиональной деятельности	ПК- 1.1 Знать методики определения характеристик устройств силовой электроники при различных режимах работы.	Знать статические и динамические свойства преобразовательных устройств и техническую реализацию функциональных блоков
	ПК-1.2 Уметь выполнять расчеты по определению параметров элементов силовой электроники для технических проектов систем электропривода	Уметь проводить анализ экспериментальных данных по результатам исследования различных устройств преобразовательной техники.
	ПК 1.3 Владеть навыками составления отчета по результатам выполненного обследования преобразовательных устройств	Владеть навыками оформления графических и текстовых разделов по определению параметров элементов силовой электроники в технических проектах

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Разделы 1-4	ПК-1	Лабораторные работы	Аргументированность ответов
Разделы 1-4	ПК-1	Расчетно-графическая работа	Полнота и правильность выполнения задания
Разделы 1-4	ПК-1	Вопросы к экзамену	Полнота и правильность ответов на вопросы

**2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
6 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме экзамена</i>				
1	Лабораторная работа 1	в течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
2	Лабораторная работа 2	в течение семестра	5 баллов	
3	Лабораторная работа 3	в течение семестра	5 баллов	
4	Лабораторная работа 4	в течение семестра	5 баллов	
5	Лабораторная работа 5	в течение семестра	5 баллов	
6	Лабораторная работа 6	в течение семестра	5 баллов	
7	Лабораторная работа 7	в течение семестра	5 баллов	
8	Лабораторная работа 8	в течение семестра	5 баллов	
9	Практическое задание 1	в течение семестра	5 баллов	балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
10	Практическое задание 2	в течение семестра	5 баллов	
11	Практическое задание 3	в течение семестра	5 баллов	
12	Практическое задание 4	в течение семестра	5 баллов	
13	РГР	в течение семестра	5 баллов	
Текущий контроль:		-	65 баллов	-
Экзамен		сессия		50-студент владеет знаниями в полном объеме; ,самостоятельно, логически последовательно и исчерпывающе отвечает на поставленные вопросы; 40-студент владеет знаниями почти в полном объеме (имеются пробелы только в некоторых, особенно сложных разделах); не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах; 30- студент владеет только обязательным минимумом по дисциплине; 0 - студент не освоил обязательного минимума знаний, не способен ответить на поставленный вопрос.
Промежуточная аттестация			35	
ИТОГО:			100	
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>				

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый, минимальный уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий, максимальный уровень)

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>7 семестр</b> <i>Промежуточная аттестация в форме экзамена</i>				
1	Лабораторная работа 1	в течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
2	Лабораторная работа 2	в течение семестра	5 баллов	
3	Лабораторная работа 3	в течение семестра	5 баллов	
4	Лабораторная работа 4	в течение семестра	5 баллов	
5	Практическое задание 1	в течение семестра	5 баллов	
5	РГР	в течение семестра	5 баллов	
6	Экзамен	сессия	50 баллов	50- студент владеет знаниями в полном объеме; самостоятельно, логически последовательно и исчерпывающе отвечает на поставленные вопросы; 40- студент владеет знаниями почти в полном объеме имеются пробелы только в некоторых , особенно сложных разделах); не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах; 30 – студент владеет только обязательным минимумом по дисциплине; 0- студент не освоил обязательного минимума знаний .

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
ИТОГО:			80	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый, минимальный уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий, максимальный уровень)</p>				

### **3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

#### **3.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

##### Лабораторная работа 1. Исследование различных схем выпрямителей в основных режимах работы

1. Назовите основные схемы включения выпрямителей.
2. По каким основным показателям проводится сравнение различных схем выпрямителей?
3. Назовите характерные области управления при работе трехфазного нулевого выпрямителя на активную нагрузку.
4. Назовите характерные области управления при работе трехфазного мостового выпрямителя на активную нагрузку.
5. Когда возникает в выпрямителях режим прерывистого тока?

##### Лабораторная работа 2. Исследование внешних характеристик однофазных выпрямителей в различных режимах работы

1. Как влияют коммутационные процессы на форму кривых напряжений и токов выпрямителей?
2. Сказываются ли процессы коммутации на величинах максимально возможных прямого и обратного напряжений на тиристорах?
3. Что представляет собой внешняя характеристика выпрямителя?
4. Как определяются расчетные сопротивления преобразовательного трансформатора?
5. Как определяются коммутационные сопротивления выпрямителей?

##### Лабораторная работа 3. Исследование внешних характеристик трехфазных выпрямителей в различных режимах работы

1. Какие виды нагрузки исследуются в работе?
2. Какие приняты допущения при выводе параметров основных схем выпрямителей?

3. Что представляет собой регулировочная характеристика выпрямителя?
4. Нарисуйте временные диаграммы схем исследуемых выпрямителей.
5. Что представляет собой коэффициент выпрямления схемы, и как он определяется опытным путем?

Лабораторная работа 4. Исследование трехфазного инвертора, ведомого сетью

1. Назовите условие безаварийной работы ведомого сетью инвертора?
2. Что представляет собой входная характеристика инвертора?
3. Чем отличаются входные характеристики инвертора от регулировочных характеристик?
4. Каким образом определяется максимальное значение инвертируемого тока?
5. В каком случае происходит срыв инвертирования?

Лабораторная работа 5 Исследование мостового широтно-импульсного преобразователя с несимметричным законом управления

1. Поясните принцип действия силового транзисторного регулятора.
2. Что такое скважность импульсов?
3. По какому соотношению рассчитывается среднее значение напряжения на нагрузке при несимметричном законе управления?
4. Покажите на силовой схеме реверсивного электропривода с ШИР контур тормозного тока.
5. Нарисуйте диаграммы напряжения и токов в широтно-импульсном регуляторе с несимметричным законом управления.

Лабораторная работа 6. Исследование мостового широтно-импульсного преобразователя с симметричным законом управления

1. Каким способом проводится широтно-импульсное регулирование напряжения в преобразователе с симметричным законом управления?
2. Нарисуйте диаграммы напряжений ШИР при двухполярной коммутации.
3. По какому соотношению рассчитывается среднее значение напряжения на нагрузке при двухполярной коммутации?
4. Назовите основные достоинства широтно-импульсных преобразователей с симметричным законом управления.
5. Дайте определение регулировочной характеристики широтно-импульсного преобразователя.

Лабораторная работа 7 Исследование однофазного мостового инвертора с симметричным управлением

1. Что представляет собой нагрузочная характеристика инвертора?
2. По каким соотношениям определяется полная и активная мощность в нагрузке?
3. Нарисовать временные диаграммы напряжения и тока в нагрузке.
4. Объясните принцип симметричного управления с широтно-импульсной модуляцией.
5. Как определяются потери в силовом модуле инвертора?

Лабораторная работа 8. Исследование трехфазного мостового инвертора с симметричным управлением

1. Как определить мощность в нагрузке инвертора?
2. Как влияет величина нагрузки и соотношение между активным сопротивлением и индуктивностью цепи нагрузки на форму выходного напряжения и тока инвертора?
3. Как определить коэффициент модуляции напряжения на нагрузке?
4. Нарисуйте диаграмму тока нагрузки при работе инвертора на активную нагрузку.
5. Назовите недостатки инверторов с симметричным управлением.

**Задания практических работ**

**для очного отделения**

Практическая работа 1. Рассчитать и построить кривые мгновенных значений выпрямленного напряжения и тока вентилей в трехфазной мостовой схеме.

Практическая работа 2. Рассчитать среднее значение тока диода и угол коммутации трехфазного мостового неуправляемого преобразователя и построить кривые выпрямленного напряжения и тока.

Практическая работа 3. Рассчитать среднее значение активной мощности трехфазного нулевого инвертора, поступающей в сеть переменного тока

Практическая работа 4. Рассчитать основные параметры трехфазного мостового инвертора

**для заочного отделения**

Практическое задание 1. Расчет внешних характеристик трехфазных выпрямителей.

**Расчетно-графическая работа**

Целью расчетного задания является получение навыков расчета тиристорного преобразователя (ТП) постоянного тока, выбора его отдельных элементов, построения и анализа основных характеристик.

Исходные данные для расчета представлены в таблицах А1.1 –А1.2, параметры электродвигателей, необходимые для проектирования преобразователя, даны в приложении А.

Варианты заданий выдаются преподавателем.

В качестве дополнительных исходных данных для расчета принять:

- 1) колебания напряжения питающей сети

$$\Delta U = 5 \% ;$$

- 2) допустимую амплитуду пульсаций тока якоря электродвигателя

$$I_{ндон} = (2...10) \% \cdot I_{дн} ;$$

- 3) допустимое значение уравнивающего тока

$$I_{ур} = 0,1 I_{дн} ,$$

где  $I_{дн}$  – номинальное среднее значение выпрямленного тока.

- Пояснительная записка курсового расчета должна содержать следующие разделы:
- 1) Расчет параметров и выбор элементов тиристорного преобразователя:
    - а) выбор преобразовательного трансформатора;
    - б) выбор тиристорov;
    - в) выбор сглаживающего дросселя;
    - г) выбор реактора для ограничения уравнивающих токов при согласованном управлении преобразовательными группами;
    - д) расчет и выбор элементов защиты тиристорного преобразователя от токов к.з. и перенапряжений.
  - 2) Расчет основных характеристик тиристорного преобразователя:
    - а) расчет регулировочной характеристики;
    - б) расчет электромеханической характеристики системы ТП-Д;
    - в) построение зоны прерывистых токов для преобразователей с отдельным управлением;
    - г) определение минимального угла инвертирования

Таблица А1.1

Номер варианта	Тип силовой схемы реверсивного преобразователя	Управление вентильными группами
1-4	Встречно-параллельная трехфазная нулевая	Совместное
5-7	Встречно-параллельная трехфазная нулевая	Раздельное
8-11	Встречно-параллельная трехфазная мостовая	Раздельное
12-14	Встречно-параллельная трехфазная мостовая	Совместное
15-21	Перекрестная трехфазная мостовая	Совместное
22-25	Встречно-параллельная шестифазная нулевая	Совместное
26-28	Встречно-параллельная шестифазная нулевая	Раздельное

Таблица А1.2

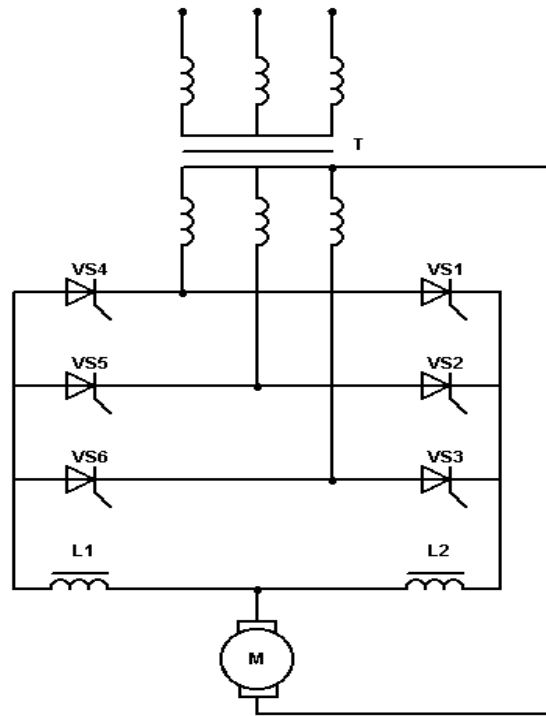
Номер варианта	Тип электродвигателя	Параметры электродвигателя		Параметры сети	
		Номинальное напряжение $U_n$ , В	Номинальная мощность $P_n$ , кВт	Сетевое напряжение $U_1$ , В	Частота сети, Гц
1	2	3	4	5	6
1	ПБСТ-23	110	0,85	220	50
2	ПБСТ-43	110	1,9	380	50



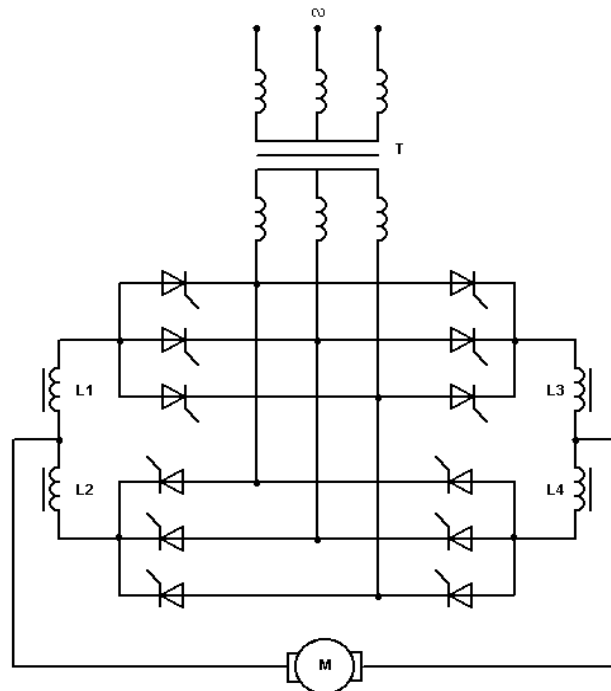
3	ПБСТ-33	110	1,0	220	50
4	ПБВ 100	52		380	50
5	ПБВ 112	44		220	50
6	ПБВ 112	47		380	60
7	ПБВ 132	70		440	60
8	ПБВ 112	44		400	60
9	2ПФ-180Г	220	18,5	440	60
10	2ПФ-200Г	220	30,0	380	50
11	2ПФ-250Г	220	37,0	380	50
12	ПБВ 160	66		220	60
13	ПБВ 160	78		380	50
14	ПБВ 100	56		440	60

Продолжение таблицы А1

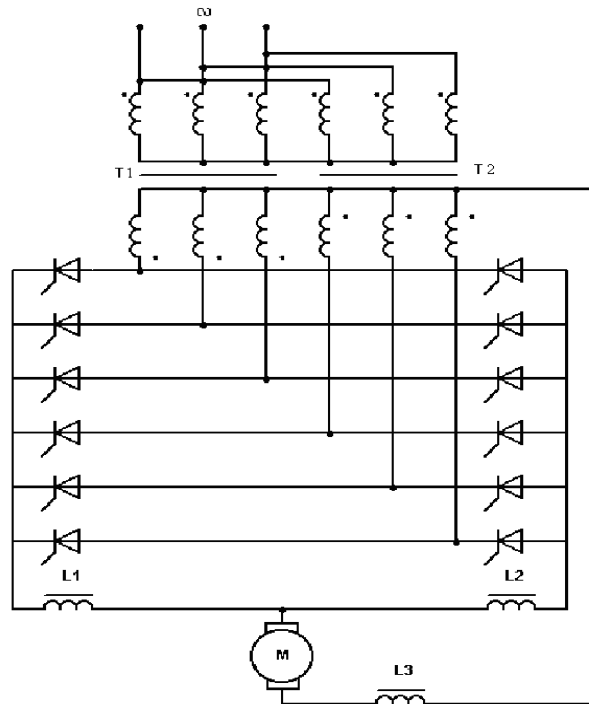
1	2	3	4	5	6
15	2П	440	55	380	50
16	2П	440	75	380	50
17	2П	440	125	380	50
18	2П	440	156	380	50
19	2П	440	200	6000	50
20	2П	440	300	6000	50
21	2П	440	400	6000	50
22	ПБВ 100	52		380	50
23	ПБВ 132	70		220	60
24	ПБВ 160	66		380	50
25	2ПФ-160Г	220	11	440	50
26	2ПФ-180Г	220	18,5	380	50
27	ПБСТ-63	220	11	380	50
28	ПБСТ-52	220	4,1	380	50



L1 – L2 – уравнивательные реакторы; L3 – сглаживающий дроссель  
 Рисунок 1.1 – Встречно-параллельная трехфазная нулевая схема

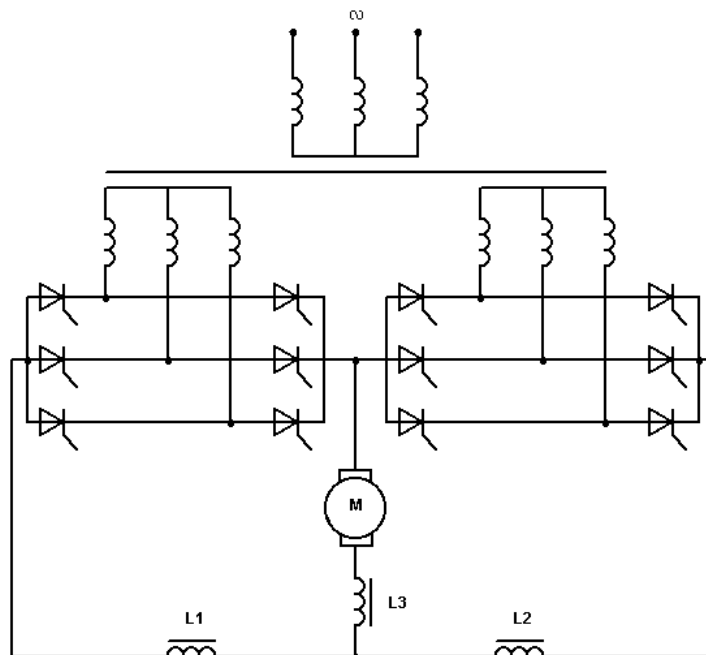


L1 – L4 – уравнивательные реакторы  
 Рисунок 1.2 – Встречно-параллельная трехфазная мостовая схема  
 с совместным управлением



L1 – L2 – уравнивающие реакторы; L3 – сглаживающий дроссель

Рисунок 1.3 – Встречно-параллельная шестифазная нулевая схема с совместным управлением



L1 – L2 – уравнивающие реакторы; L3 – сглаживающий дроссель

Рисунок 1.4 – Перекрестная трехфазная мостовая схема с совместным управлением

### 3.2 Задания для промежуточной аттестации

#### Контрольные вопросы к экзамену

1. Основные типы преобразователей параметров электрической энергии, их назначение и особенности работы полупроводниковых приборов.

2. Запираемые тиристоры, их основные характеристики работа в режиме переключений.
3. Полевые транзисторы, их основные характеристики и работа в режиме переключений.
4. Биполярные транзисторы с изолированным затвором, их основные характеристики и работа в режиме переключений.
5. Интегрально-модульные конструкции для устройств силовой электроники.
6. Особенности управления силовыми транзисторами с изолированным затвором, необходимые защиты таких транзисторов и способы их реализации.
7. Требования к схемам драйверов силовых транзисторов и современная классификация драйверов.
8. Классификация вентильных преобразователей переменного тока в постоянный и назначение основных элементов их схем.
9. Анализ работы трехфазного нулевого выпрямителя. Основные расчетные параметры.
10. Характерные области управления трехфазного нулевого выпрямителя. Регулируемые характеристики.
11. Анализ работы трехфазного мостового выпрямителя. Основные расчетные параметры..
12. Процесс коммутации вентилей в трехфазной нулевой схеме. Внешние характеристики.
13. Анализ работы трехфазного мостового выпрямителя с учетом коммутационных процессов. Режимы работы в зависимости от угла коммутации.
14. Внешние характеристики трехфазного мостового выпрямителя.
15. Понятие об инверторном режиме управляемых выпрямителей..
16. Анализ работы трехфазного нулевого инвертора. Входные характеристики инвертора.
17. Принципы построения систем управления выпрямителями. Классификация систем импульсно-фазового управления.
18. Принцип действия основных узлов импульсно-фазовой системы с вертикальным принципом управления.
19. Сравнительный анализ схем реверсивных преобразователей для электропривода постоянного тока.
20. Способы управления комплектами реверсивных преобразователей. Статические и динамические токи при совместном согласованном управлении.
21. Раздельное управление комплектами реверсивного преобразователя. Основные узлы структуры раздельного управления.
22. Принцип импульсного регулирования постоянного напряжения.
23. Силовые схемы нереверсивных широтно-импульсных преобразователей.
24. Принцип действия реверсивного широтно-импульсного преобразователя. Законы коммутации.
25. Принцип работы широтно-импульсного преобразователя с поочередным законом коммутации.
26. Преобразователи частоты, их классификация.
27. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока.
28. Автономные инверторы напряжения. Способы формирования выходного напряжения АИН.
29. Принцип действия автономного инвертора тока.
30. Преобразователи частоты с непосредственной связью (ТПЧН). Принцип работы ТПЧН с однофазным выходом. Законы формирования кривой выходного напряжения.
31. Коэффициент мощности вентильных преобразователей.
32. Вентильные преобразователи с повышенным коэффициентом мощности..
33. Энергетические показатели преобразователей частоты с промежуточным звеном постоянного тока.