



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе дисциплины)
«СИЛОВАЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА»

основной профессиональной образовательной программы магистратуры
по направлению подготовки

13.04.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Профиль программы
«ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

ИНСТИТУТ
РАЗРАБОТЧИК

морских технологий, энергетики и строительства
кафедра энергетики

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

1.1 Результаты освоения дисциплины

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными компетенциями

Код и наименование компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями
ПК-1 Способен осуществлять техническое руководство процессом разработки проектов электроустановок и систем электроснабжения объектов капитального строительства, выполнять разработку и обоснование соответствующих технических решений с использованием методологического аппарата научных исследований и цифровых технологий.	Силовая преобразовательная техника	<i>Знать:</i> - современный уровень и тенденции развития силовой преобразовательной техники; - задачи, решаемые с помощью устройств преобразовательной техники в области преобразования электроэнергии, повышения эффективности преобразования и повышения качества электроэнергии; - порядок и способы проведения технико-экономического анализа принятых решений в области силовой преобразовательной техники. <i>Уметь:</i> - выбирать технические данные и определять варианты возможных решений концепции системы электроснабжения с установками силовой преобразовательной техники; - определять потребности систем электроснабжения в использовании устройств преобразовательной техники; - выполнять проектирование систем электроснабжения с использованием силовых преобразовательных устройств. <i>Владеть:</i> - навыками системного подхода к проектированию систем электроснабжения с применением современных устройств преобразовательной техники; - навыками проверки принятых проектных решений проектной документации системы электроснабжения в части установок силовой преобразовательной техники; - навыками выполнения расчетов показателей эффективности и качества электроэнергии при применении преобразовательных устройств.

1.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типов.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой, который выставляется по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. При необходимости тестовые задания закрытого и открытого типов могут быть использованы для проведения промежуточной аттестации.

1.3 Критерии оценки результатов освоения дисциплины

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100 – балльную/процентную систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (таблица 2).

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»		«зачтено»	
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»		«зачтено»	
3 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

1.4 Оценивание тестовых заданий открытого и закрытого типа осуществляется по системе зачтено / не зачтено («зачтено» – 41-100% правильных ответов; «не зачтено» – менее 40% правильных ответов) или по пятибалльной системе (оценка «неудовлетворительно» - менее 40 % правильных ответов; оценка «удовлетворительно» – от 41 до 60% правильных ответов; оценка «хорошо» – от 61 до 80% правильных ответов; оценка «отлично» – от 81 до 100% правильных ответов). Для заданий открытого типа оценивается верность ответа по существу вопроса, при этом не учитывается порядок слов в словосочетании, верность окончаний, падежи.

2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПК-1 Способен осуществлять техническое руководство процессом разработки проектов электроустановок и систем электроснабжения объектов капитального строительства, выполнять разработку и обоснование соответствующих технических решений с использованием методологического аппарата научных исследований и цифровых технологий.

Тестовые задания закрытого типа:

1. Неуправляемый выпрямитель выполнен по трехфазной мостовой схеме и питается от источника переменного напряжения с действующим значением линейного напряжения U_2 . Выпрямленное напряжение равно

1. $\frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2$
2. $\frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U_2$
3. $\frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2$
4. $\frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_2$

2. Выпрямитель работает на активно-индуктивную нагрузку. При $L_d \rightarrow \infty$ форма тока, потребляемого из сети

1. не зависит от величины L_d .
2. стремится к синусоидальной
3. **стремится к прямоугольной**
4. представляет собой импульсы малой длительности

3. Регулировочная характеристика трехфазного мостового выпрямителя в режиме непрерывных токов имеет вид

1. $\frac{1+\cos\alpha}{2} U_{d0}$
2. **$U_{d0}\cos\alpha$**
3. $U_{d0}\sin\alpha$
4. $U_{d0}(1 + \cos\alpha)$

4. Неуправляемый выпрямитель работает на приемник с противо-ЭДС. Появление в составе нагрузки реактора приводит к

1. **увеличению длительности открытого состояния вентиля**
2. уменьшению содержания высших гармоник в выходном напряжении
3. увеличению выпрямленного напряжения
4. уменьшению длительности открытого состояния вентиля

5. Основной причиной снижения выпрямленного напряжения при увеличении тока нагрузки является

1. потеря напряжения в активных сопротивлениях сети
2. увеличение прямого напряжения вентиляей
3. увеличение времени обратного восстановления вентиляей
4. **падение напряжения на индуктивности рассеяния трансформатора**

6. Внешней характеристикой выпрямителя называется
1. зависимость тока сети от сопротивления нагрузки
 2. зависимость выходного тока от сопротивления нагрузки
 3. зависимость выпрямленного напряжения от угла управления
 4. **зависимость выпрямленного напряжения от тока нагрузки**
7. Угол коммутации γ характеризует
1. момент выключения вентиля
 2. **длительность процесса перехода тока с вентиля на вентиль**
 3. соотношение активной и реактивной составляющих нагрузки
 4. момент отпирания вентилей
8. В линиях электропередач постоянного тока
1. **энергия передается от выпрямителя к ведомому инвертору**
 2. происходит обмен энергией между двумя ведомыми инверторами, подключенным с двух концов линии
 3. энергия передается от ведомого инвертора к выпрямителю
 4. происходит перераспределение энергии между двумя выпрямителями, работающими на линию с двух ее концов
9. Трансформатор, питающий параллельно включенные выпрямительные мосты, имеет сдвиг фаз двух систем трехфазных напряжений, равный
1. 60°
 2. 0°
 3. **30°**
 4. 120°

Тестовые задания открытого типа:

10. При параллельном соединении выпрямительных мостов реакторы включают для
Ответ: ограничения уравнивающих токов
11. Особенность многомостовых выпрямителей по сравнению с одномостовыми в части формы входного тока заключается в том, что
Ответ: уменьшается содержание в токе высших гармоник (форма тока становится ближе к синусоидальной)
12. Входная характеристика ведомого инвертора – это
Ответ: зависимость входного напряжения инвертора от среднего значения входного тока
13. Двухзвенный преобразователь частоты обеспечивает регулирование выходной частоты в диапазоне
Ответ: от нуля до предельной частоты переключения вентилей
14. Для перевода выпрямителя в инверторный режим необходимо
Ответ: изменить полярность источника в цепи постоянного тока на противоположную и установить угол отпирания вентилей больше $\pi/2$
15. При опрокидывании ведомого инвертора происходит
Ответ: аварийное возрастание тока

16. В ведомом инверторе угол управления α и угол опережения β связаны между собой соотношением

Ответ: $\beta = \pi - \alpha$

17. Главное преимущество выпрямительной схемы со схемой соединения обмоток трансформатора «звезда – зигзаг с нулем» по сравнению с трехфазным выпрямителем по нулевой схеме – это

Ответ: отсутствие подмагничивания трансформатора

18. В трехфазном выпрямителе с соединением вторичных обмоток трансформатора «звезда – обратная звезда» частота пульсаций выпрямленного напряжения выше частоты сети в

Ответ: шесть раз

19. Двухкомплектные реверсивные преобразователи по сравнению с однокомплектными обеспечивают

Ответ: более высокое быстродействие

20. В широтно-импульсном преобразователе постоянного напряжения в постоянное регулирование выходного напряжения осуществляется за счет изменения

Ответ: длительности открытого состояния вентиля

21. В понижающем широтно-импульсном преобразователе постоянного напряжения в постоянное диод включен для

Ответ: замыкания цепи тока дросселя при выключении вентиля

22. Мостовая схема широтно-импульсного преобразователя по сравнению со схемой, содержащей один вентиль, обеспечивает

Ответ: изменение полярности напряжения нагрузки

23. В повышающем широтно-импульсном преобразователе постоянного напряжения на интервале, когда ключ замкнут, происходит

Ответ: накопление энергии в реакторе

24. В трехфазном автономном инверторе числе вентилях равно

Ответ: шести

25. Форма напряжения на выходе автономного инвертора напряжения является

Ответ: прямоугольной

26. Типичный вид нагрузки автономного инвертора тока – это

Ответ: активно-индуктивная нагрузка

27. Непосредственный преобразователь частоты, питающийся от сети с частотой 50 Гц, обеспечивает регулирование выходной частоты в диапазоне

Ответ: от 0 до 25 Гц

28. Недостатком двухзвенного преобразователя частоты по сравнению с непосредственным преобразователем является

Ответ: низкий КПД

29. При повышении числа уровней многоуровневого инвертора форма его выходного напряжения изменяется следующим образом:

Ответ: приближается к синусоидальной

30. Недостатком компенсаторов реактивной мощности, построенных на базе конденсаторов и тиристорov, является

Ответ: невозможность плавного регулирования

31. Основным способом управления вентилями в активном корректоре коэффициента мощности является

Ответ: широтно-импульсная модуляция

32. В линии с объединенным регулятором потока мощности за счет изменения угла между векторами напряжения регулируется

Ответ: мощность, передаваемая по линии

33. Активный фильтр включается в сеть по отношению к нагрузке

Ответ: параллельно

34. Назначение MPPT-контроллера –

Ответ: отбор от солнечной панели максимальной мощности

35. При работе солнечной электростанции параллельно с сетью ведомый инвертор предназначен

Ответ: для передачи энергии в сеть

36. В автономной системе электроснабжения с солнечной электростанцией автономный инвертор передает энергию

Ответ: от аккумулятора в нагрузку

3 ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ, КУРСОВУЮ РАБОТУ / КУРСОВОЙ ПРОЕКТ, РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ

Учебным планом заочной формы обучения предусмотрено выполнение контрольной работы.

Задача контрольной работы – освоение методов анализа электромагнитных процессов в силовых полупроводниковых преобразователях электроэнергии и расчета их основных характеристик.

Тема контрольной работы – расчет управляемого выпрямителя, работающего на активно-индуктивную нагрузку.

В задании на работу указываются следующие данные.

- 1 Схема выпрямления.
- 2 Напряжение сети переменного тока.
- 3 Номинальное выпрямленное напряжение.
- 4 Параметры нагрузки: активное сопротивление R_d и индуктивность L_d .
- 5 Заданное значение угла управления α_z для построения внешней характеристики, временных диаграмм и для расчета пульсаций.
- 6 Допустимые пульсации тока нагрузки, %.

Курсовая работа должен включать следующие элементы:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- расчет параметров и выбор силового трансформатора;
- расчет и построение регулировочной характеристики;
- расчет и построение внешних характеристик выпрямителя для $\alpha = 0$ и $\alpha = \alpha_z$;
- анализ формы выпрямленного напряжения и потребляемого из сети тока с построением из временных диаграмм и определением спектральных характеристик;
- выбор силовых полупроводниковых ключей.

Выбор трансформатора и определение его параметров

По исходным данным определяется номинальная мощность нагрузки P_n , определяемая при угле отпирания тиристоров $\alpha = 0$. По значению P_n с некоторым запасом, обусловленным потерями в тиристорах, соединительных проводах и контактных соединениях, выбирается номинальная мощность трансформатора из стандартного ряда, предусмотренного ГОСТ 9680-77. Далее по мощности выбирается конкретная модель трансформатора, и определяются его параметры.

По номинальному выпрямленному напряжению определяется требуемое вторичное напряжение трансформатора. Рассчитанное значение увеличивается с учетом возможного снижения напряжения сети и потерь. Согласно ГОСТ 32144-2013, допускается снижение напряжения до уровня 90% от номинального. Запас на потери рекомендуется установить 5%.

Используя значения напряжения короткого замыкания трансформатора u_k , и мощности потерь короткого замыкания P_k , определяем активное и индуктивное сопротивления фазы трансформатора, приведенные к первичной обмотке.

Построение регулировочной характеристики

Для построения регулировочной характеристики необходимо задаться несколькими значениями угла управления α , для каждого из которых рассчитывается выпрямленное напряжение U_d . Диапазон углов α берется из условия регулирования выходного напряжения до нуля. Расчет ведется для режима, близкого к режиму холостого хода, т.е. не учитываются потери и явление коммутации. Далее строится зависимость $U_d = f(\alpha)$.

Внешние характеристики строятся по аналитическим выражениям. Необходимое значение L_s определяется из индуктивного сопротивления фазы, приведенного к вторичной обмотке трансформатора. Внешняя характеристика выпрямителя при $\alpha = 0$ ограничивается значением тока I_d , при котором угол коммутации $\gamma = \pi/3$. Внешние характеристики при других α строятся в этом же диапазоне токов.

Временные диаграммы напряжения на нагрузке строятся для номинального режима для двух значений угла управления: $\alpha = 0$ и указанного в задании. Диаграммы строятся с учетом явления коммутации.

Расчет пульсаций тока нагрузки и выбор сглаживающего дросселя

Пульсации тока нагрузки при ее активно-индуктивном характере определяются первой гармоникой выпрямленного напряжения. Поэтому вначале определяется амплитуда первой гармоники выпрямленного напряжения для двух значений угла управления: $\alpha = 0$ и заданного для данного варианта. При этом явление коммутации не учитывается. Далее рассчитывается амплитуда пульсаций тока I_{1m} и определяется коэффициент пульсации как отношение I_{1m} / I_d . Если полученное значение коэффициента пульсаций тока больше заданного, рассчитывается индуктивность дополнительного дросселя, включаемого между выпрямителем и нагрузкой.

Расчет спектрального состава тока, потребляемого из сети

Принимаем, что ток нагрузки выпрямителя идеально сглажен, а интервал коммутации достаточно мал. При этих допущениях кривая фазного тока имеет прямоугольную форму. Необходимо определить действующее значение первичного тока трансформатора и

действующее значение первой гармоники первичного тока, а также рассчитать коэффициент искажения синусоидальности кривой тока в соответствии с ГОСТ Р 54130-2010.

Выбор тиристоров проводится исходя из режима максимального тока нагрузки $I_{d.\text{макс}}$, то есть при максимально возможном входном напряжении $1,1 U_1$ и $\alpha = 0$. Процедура выбора включает следующие этапы:

1) По известному току $I_{d.\text{макс}}$ определяются среднее $I_{\text{ср}}$ и действующее значение тока тиристора.

2) По среднему значению тока предварительно выбирается тиристор. Из технических справочников, промышленных каталогов или иной документации производителя выписываются его параметры.

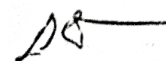
3) По максимальному обратному напряжению, которое может быть приложено к тиристорам в рассчитываемом выпрямителе, выбирается класс тиристора по напряжению. В зависимости от максимально допустимого значения повторяющегося импульсного напряжения в закрытом состоянии силовым полупроводниковым приборам присваивается класс по напряжению. Для повышения надежности работы тиристоров их обычно выбирают с некоторым запасом по напряжению.

4 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Основы проектирования средств судового оборудования, энергетики и автоматики» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль Электроснабжение).

Преподаватель-разработчик – Геллер Б.Л., ст. науч. сотр., канд. техн. наук.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен заведующим кафедрой энергетики
Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства протокол № 6 от 26.08.2025.

Председатель методической комиссии ИМТЭС



О.А. Белых