

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 20.03.2023 11:22:06
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Единые судовые электроэнергетические системы»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

**«СТАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ СУДОВЫХ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЯ»**

для подготовки магистров

по направлению

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

по программе

«Единые судовые электроэнергетические системы»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Добросок Н.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры САУ
14.02.2022, протокол № 2-2/2022

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФЭА, 22.02.2022, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭА
Обеспечивающая кафедра	САУ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	1
Семестр	2

Виды занятий

Лекции (академ. часов)	17
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	52
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	92
Всего (академ. часов)	144

Вид промежуточной аттестации

Дифф. зачет (курс) 1

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«СТАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ СУДОВЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЯ»

В дисциплине рассматриваются основные виды статических преобразователей энергии, применяемых в мощных системах электродвижения переменного тока, и алгоритмы управления этими преобразователями. Изучаются базовые алгоритмы формирования напряжения на выходе статических преобразователей энергии посредством широтно-импульсной и амплитудно-импульсной модуляций, а также подходы к аналитическому описанию спектров формируемых напряжений.

SUBJECT SUMMARY

«STATIC ENERGY CONVERTERS OF MARINE ELECTRIC PROPULSION SYSTEMS»

The discipline considers the main types of static energy converters used in high-power alternating current electric propulsion systems and control algorithms for these converters. The basic algorithms of voltage generation at the output of static energy converters by means of pulse-width and pulse-amplitude modulation, as well as approaches to the analytical description of the spectra of generated voltages are studied.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целью освоения дисциплины является формирование у студентов теоретических знаний в области проектирования статических преобразователей энергии судовых систем электродвижения, умений обосновывать программно-аппаратную реализацию преобразователя в зависимости от решаемой задачи и практических навыков анализа автономных систем с мощными импульсными преобразователями с применением современных математических пакетов программ.

2. Задачами освоения дисциплины являются:

- изучение принципов построения силовых схем статических преобразователей энергии в зависимости от параметров напряжения автономной сети и требований нагрузки;
- изучение алгоритмов формирования широтно-импульсной и амплитудно-импульсной модуляции напряжения на выходе статического преобразователя энергии;
- формирование профессиональных навыков исследования автономных систем, содержащих мощные импульсные статические преобразователи энергии.

3. В ходе освоения дисциплины студенты должны овладеть знаниями:

- о структурах статических преобразователей энергии на основе двухуровневых и многоуровневых автономных инверторов напряжения;
- об алгоритмах формирования широтно-импульсной модуляции напряжения на выходе многоуровневых статических преобразователей энергии;
- о способах математического описания напряжения на выходе статических преобразователей энергии при различных алгоритмах формирования широтно-импульсной модуляции;
- о вопросах долговечности и надежности статических преобразователей энер-

гии.

4. В результате освоения дисциплины студенты должны приобрести умения:
 - расчета спектрального состава напряжения на выходе двухуровневых статических преобразователей энергии;
 - обоснования структуры статического преобразователя в зависимости от характеристик источника энергии и нагрузки;
 - решения задачи повышения электромагнитной совместимости статического преобразователя энергии, как с сетью, так и с нагрузкой.
5. В результате освоения дисциплины студенты должны приобрести навыки:
 - синтеза систем управления статическими преобразователями энергии;
 - исследования статических преобразователей энергии судовых систем электродвижения с использованием современных программных пакетов.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Системы управления судовыми электроэнергетическими системами морского транспорта»
2. «Математическое моделирование объектов и систем управления»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Системы управления гребными электрическими установками»
2. «Акустическое проектирование электроэнергетического оборудования»

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-1	Способен формулировать цели и задачи научных исследований в области электротехники и электроэнергетики, выбирать методы и средства решения задач
ПК-1.1	<i>Знает методы математического моделирования, используемые при решении задач в области профессиональной деятельности</i>
ПК-3	Способен ставить задачи проектирования программно-аппаратных средств автоматизации и управления, готовить технические задания на выполнение проектных работ
ПК-3.1	<i>Знает методики решения схемотехнических и аппаратно-программных задач, возникающих при проектировании электротехнических объектов и систем</i>
СПК-3	Способен проводить проектирование электротехнологических комплексов и систем автономных объектов, планировать и проводить эксперимент на экспериментальной установке, анализировать результаты
СПК-3.1	<i>Знает методы планирования и анализа результатов экспериментальных исследований</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1				
2	Тема 1. Ключевой режим работы транзисторов	2				10
3	Тема 2. Структура преобразователей частоты	2		2		10
4	Тема 3. Автономные инверторы напряжения	2		6		5
5	Тема 4. Алгоритмы формирования напряжения	2	10			20
6	Тема 5. Анализ спектрального состава напряжений	2		6		20
7	Тема 6. Активные выпрямители напряжения	2	7	3		20
8	Тема 7. Надежность и долговечность статических преобразователей энергии	2				7
9	Заключение	2			1	
Итого, ач		17	17	17	1	92
Из них ач на контроль		0	0	0	0	0
Общая трудоемкость освоения, ач/зе		144/4				

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Назначение и виды статических преобразователей энергии в судовых системах. Особенности эксплуатации статических преобразователей энергии в судовых условиях, предъявляемые требования Российского морского регистра судоходства.
2	Тема 1. Ключевой режим работы транзисторов	Рассмотрены особенности управления силовыми транзисторами при работе в ключевом режиме; обеспечение условий параллельной коммутации силовых транзисторов.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Тема 2. Структура преобразователей частоты	Общая структура преобразователей частоты со звеном постоянного тока. Типовые системы охлаждения преобразователей частоты со звеном постоянного тока: воздушные, водяные, водяно-воздушные. Основные сведения о системах управления преобразователями частоты со звеном постоянного тока. Выпрямители напряжения мощных преобразователей частоты: неуправляемые, управляемые, активные. Влияние преобразователей частоты на автономную сеть и на нагрузку. Основы расчета входных и выходных фильтров.
4	Тема 3. Автономные инверторы напряжения	Базовые схемы двухуровневого и многоуровневых инверторов напряжения: инверторы с изолированной нейтралью; многоуровневые инверторы с навесными конденсаторами; каскадные инверторы напряжения; гибридные инверторы напряжения.
5	Тема 4. Алгоритмы формирования напряжения	Базовые алгоритмы формирования широтно-импульсной модуляции на основе сравнения высокочастотного несущего сигнала и системы заданных напряжений: скалярные и векторные. Модификации базовых алгоритмов. Базовый расчетный алгоритм формирования широтно-импульсной модуляции на выходе автономных инверторов напряжения: избирательное исключение гармоник.
6	Тема 5. Анализ спектрального состава напряжений	Рассмотрен математический аппарат описания напряжения на выходе автономного инвертора, полученного посредством широтно-импульсной модуляции: разложение в ряд Фурье и двойной ряд Фурье. Приводится процесс вычисления спектров напряжений при различных алгоритмах формирования напряжения.
7	Тема 6. Активные выпрямители напряжения	Рассмотрены вопросы синтеза систем векторного управления активным выпрямителем напряжения, включая вопросы синтеза устройств фазовой автоподстройки частоты; координатных преобразований.
8	Тема 7. Надежность и долговечность статических преобразователей энергии	Понятие коэффициента запаса и зоны безопасной работы транзистора. Вопросы возникновения коммутационных перенапряжений и проектирования снабберных цепей.
9	Заключение	Перспективы развития статических преобразователей энергии судовых систем электродвижения.

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Исследование влияния на сеть статических преобразователей энергии	2

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
2. Алгоритмы формирования напряжения для двухуровневого инвертора: скалярная широтно-импульсная модуляция	2
3. Алгоритмы формирования напряжения для двухуровневого инвертора: векторная широтно-импульсная модуляция	2
4. Алгоритмы формирования напряжения для двухуровневого инвертора: избирательное исключение гармоник	2
5. Алгоритмы формирования напряжения для каскадного инвертора: скалярная широтно-импульсная модуляция	2
6. Алгоритмы формирования напряжения для каскадного инвертора: векторная широтно-импульсная модуляция	2
7. Алгоритмы формирования напряжения для каскадного инвертора: избирательное исключение гармоник	2
8. Активный выпрямитель напряжения	3
Итого	17

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Программная реализация векторной широтно-импульсной модуляции: двухуровневый инвертор	2
2. Программная реализация векторной широтно-импульсной модуляции: каскадный инвертор	2
3. Программная реализация избирательного исключения гармоник: двухуровневый инвертор	4
4. Программная реализация избирательного исключения гармоник: каскадный инвертор	2
5. Расчет системы управления активного выпрямителя: устройства фазовой автоподстройки частоты	3
6. Настройка системы управления активного выпрямителя	4
Итого	17

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятель-

ности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	30
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	20
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	30
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференциированному зачету, экзамену	12
ИТОГО СРС	92

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Воскобович, Валерий Юлианович. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств [Текст] : Учеб. пособие для вузов в обл. радиотехники, электроники, биомед. техники и автоматизации / В.Ю. Воскобович, Т.Н.Королева, В.А.Павлова; Под ред. Ю.А.Лукомского, 2001. -384 с.	63
2	Герман-Галкин С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink [Электронный ресурс], 2021. -448 с.	неогр.
3	Розанов, Юрий Константинович. Силовая электроника [Электронный ресурс] : Учебник и практикум для вузов / Розанов Ю. К., Лепанов М. Г. ; под ред. Розанова Ю.К., 2021. -206 с	неогр.
Дополнительная литература		
1	Бруслиновский, Борис Васильевич. Электроэнергетические системы судов с электродвижением [Текст] : [монография] / Б. В. Бруслиновский, Д. Н. Токарев, В. Н. Шелудько, 2016. -342 с.	10
2	Григорьев А.В. Судовые гребные электрические установки [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Григорьев, 2021. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Справочная информация. Издания Российского Морского Регистра Судоходства tps://lk.rs-class.org/regbook/rules
2	Петрович В. П. Преобразователи электрической энергии силовой электроники. В 2 частях. https://reader.lanbook.com/book/246320

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10620>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Статические преобразователи энергии судовых систем электродвижения» формой промежуточной аттестации является дифф. зачет. Оценивание качества освоения дисциплины производится с использованием рейтинговой системы.

Дифференцированный зачет

Оценка	Количество баллов	Описание
Неудовлетворительно	0 – 51	теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практически навыки и умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над курсом не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий
Удовлетворительно	52 – 67	теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки и умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки
Хорошо	68 – 84	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки и умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками
Отлично	85 – 100	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки и умения сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено количеством баллов, близким к максимальному

Особенности допуска

Допуск к дифференцированному зачету происходит при одновременном выполнении следующих условий:

1. Посещение не менее 80 % лекционных занятий. 100 % посещения лекций соответствует 10 баллам.
2. Выполнение не менее 6 лабораторных работ, сдача в срок отчетов по ним и их защита. За защиту каждой лабораторной работы можно получить от 0 до 10 баллов.
3. Выполнить две контрольные работы на лекционных занятиях. Каждая контрольная работа представляет собой 15 тестовых заданий с открытым ответом. Правильный ответ на один вопрос соответствует 1 баллу.

Оценка дифференцированного зачета выставляется по рейтинговой системе.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Перечислите основные функциональные элементы преобразователя частоты со звеном постоянного тока/напряжения.
2	Каким образом формируется многопульсная схема выпрямления?
3	Приведите классификацию многоуровневых схем автономных инверторов напряжения.
4	Какие функции выполняет конденсаторный фильтр в звене постоянного напряжения?
5	Что понимается под термином "коэффициент несинусоидальности напряжения/тока"?
6	Приведите классификацию алгоритмов формирования широтно-импульсной модуляции.
7	Для решения каких задач используют предмодуляцию третьей гармоники в алгоритме скалярной широтно-импульсной модуляции?
8	С какой целью применяют устройства фазовой автоподстройки частоты?
9	Что такое зона безопасной работы силового транзистора?
10	Перечислите известные режимы работы силовых транзисторов.

11	Что такое жесткая и мягкая коммутация силового транзистора?
12	Чем обусловлена сложность параллельной коммутации силовых транзисторов?
13	С какой целью применяется синусоидальный фильтр на выходе статического преобразователя энергии?
14	С какой целью на входе статического преобразователя энергии может применяться трансформатор напряжения?
15	Что понимается под электромагнитной совместимостью статического преобразователя с сетью?
16	Что понимается под электромагнитной совместимостью статического преобразователя с нагрузкой?
17	Каким образом можно снизить влияние статического преобразователя на сеть при отсутствии трансформатора напряжения?
18	Запишите общую форму представления ряда Фурье?
19	Какие гармоники присутствуют в разложении в ряд Фурье линейного напряжения на выходе трехфазного двухуровневого автономного инвертора напряжения при ступенчатой модуляции?
20	Зависит ли гармонический состав напряжения на выходе автономного инвертора напряжения от характера нагрузки?
21	Чем обусловлена необходимость перехода на многоуровневые схемы автономных инверторов напряжения в системах электродвижения?
22	Назовите недостатки автономных инверторов напряжения с фиксированной нулевой точкой или ограничивающими диодами.
23	Назовите недостатки автономных инверторов напряжения с плавающими или навесными конденсаторами.
24	Назовите недостатки каскадных автономных инверторов напряжения.
25	Что понимается под гибридной схемой автономного инвертора напряжения?
26	В каких алгоритмах формирования широтно-импульсной модуляции происходит сравнение высокочастотного несущего сигнала и системы опорных синусоидальных напряжений?
27	Опишите идею метода избирательного исключения гармоник.
28	Опишите принцип действия вибрационной линеаризации.
29	Что понимается под термином "предмодуляция/инжеクция третьей гармоники"?
30	Что понимается под термином "четвертьволновая симметрия"?
31	Как связана размерность системы тригонометрических уравнений в методе избирательного исключения гармоник с количеством исключаемых гармоник?
32	Перечислите возможные модификации алгоритма скалярной широтно-импульсной модуляции в многоуровневых статических преобразователях энергии.
33	В каком случае применяют разложение в двойной ряд Фурье?
34	На каких частотах появляются модулированные гармоники в случае скалярной широтно-импульсной модуляции?
35	С какой целью применяется входной дроссель при включении активного выпрямителя напряжения?
36	Каким образом осуществляются координатные преобразования?
37	Какой элемент схемы активного выпрямителя напряжения используется для накопления энергии?

38	Чему равно минимальное значение выпрямленного напряжения при использовании активного выпрямителя напряжения?
39	Чем ограничено максимальное напряжение на выходе активного выпрямителя напряжения?
40	Чем обусловлены коммутационные перенапряжения на силовых транзисторах?

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Контрольная работа № 1: Тема 1, Тема 2, Тема 3

Контрольная работа № 1

Вариант 2

1. Перечислите основные функциональные элементы преобразователя частоты со звеном постоянного тока/напряжения.
2. Каким образом формируется многопульсная схема выпрямления?
3. Приведите классификацию многоуровневых схем автономных инверторов напряжения.
4. Какие функции выполняет конденсаторный фильтр в звене постоянного напряжения?
5. Что понимается под термином "коэффициент несинусоидальности напряжения/тока"?
6. Что такое жесткая и мягкая коммутация силового транзистора?
7. Чем обусловлена сложность параллельной коммутации силовых транзисторов?
8. С какой целью применяется синусоидальный фильтр на выходе статического преобразователя энергии?
9. С какой целью на входе статического преобразователя энергии может применяться трансформатор напряжения?
10. Что понимается под электромагнитной совместимостью статическо-

го преобразователя с сетью?

11. Каким образом можно снизить влияние статического преобразователя на сеть при отсутствии трансформатора напряжения?

12. Зависит ли гармонический состав напряжения на выходе автономного инвертора напряжения от характера нагрузки?

13. Чем обусловлена необходимость перехода на многоуровневые схемы автономных инверторов напряжения в системах электродвижения?

14. Назовите недостатки автономных инверторов напряжения с фиксированной нулевой точкой или ограничивающими диодами.

15. Что понимается под гибридной схемой автономного инвертора напряжения?

Контрольная работа № 2: Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7

Контрольная работа № 2

Вариант 3

1. Приведите классификацию алгоритмов формирования широтно-импульсной модуляции.

2. Для решения каких задач используют предмодуляцию третьей гармоники в алгоритме скалярной широтно-импульсной модуляции?

3. С какой целью применяют устройства фазовой автоподстройки частоты?

4. Запишите общую форму представления ряда Фурье?

5. Какие гармоники присутствуют в разложении в ряд Фурье линейного напряжения на выходе трехфазного двухуровневого автономного инвертора напряжения при ступенчатой модуляции?

6. В каких алгоритмах формирования широтно-импульсной модуляции происходит сравнение высокочастотного несущего сигнала и системы опорных синусоидальных напряжений?
7. Опишите идею метода избирательного исключения гармоник.
8. Опишите принцип действия вибрационной линеаризации.
9. Что понимается под термином "предмодуляция/инжекция третьей гармоники"?
10. Что понимается под термином "четвертьволновая симметрия"?
11. Как связана размерность системы тригонометрических уравнений в методе избирательного исключения гармоник с количеством исключаемых гармоник?
12. Перечислите возможные модификации алгоритма скалярной широтно-импульсной модуляции в многоуровневых статических преобразователях энергии.
13. В каком случае применяют разложение в двойной ряд Фурье?
14. На каких частотах появляются модулированные гармоники в случае скалярной широтно-импульсной модуляции?
15. Какой элемент схемы активного выпрямителя напряжения используется для накопления энергии?

Примеры контрольных вопросов к коллоквиуму № 1 по лабораторным работам "Исследование влияния на сеть статических преобразователей энергии" и "Алгоритмы формирования напряжения для двухуровневого инвертора: скалярная широтно-импульсная модуляция":

1. Приведите классификацию статических преобразователей энергии по числу преобразований.

2. Приведите общую структуру преобразователя частоты со звеном постоянного тока.
3. Назовите особенности функционирования преобразователя частоты с непосредственной связью.
4. Какие инструменты пакета MatLab используются для анализа качества электрической энергии.
5. Назовите особенности использования библиотеки SimPowerSystems пакета MatLab.
6. Каким образом осуществляется управление частотой выходного напряжения при использовании скалярной широтно-импульсной модуляции?
7. Каким образом осуществляется управление амплитудой первой гармоники выходного напряжения при использовании скалярной широтно-импульсной модуляции?
8. Можно ли при использовании алгоритма скалярной широтно-импульсной модуляции воздействовать на спектр выходного напряжения?
9. Почему при инжекции третьей гармоники можно не учитывать в инжектируемых гармониках сдвиг по фазе?
10. Можно ли вычислить оптимальное значение амплитуды инжектируемой третьей гармоники?

Примеры контрольных вопросов к коллоквиуму № 2 по лабораторным работам "Алгоритмы формирования напряжения для двухуровневого инвертора: векторная широтно-импульсная модуляция" и "Алгоритмы формирования напряжения для двухуровневого инвертора: избирательное исключение гармоник":

1. Как соотносятся максимальное значение амплитуды первой гармоники напряжения на выходе инвертора при скалярном и векторном алгоритмах ШИМ?
2. Как соотносятся алгоритмы скалярной и векторной ШИМ?
3. Можно ли воздействовать на спектральный состав напряжения, форми-

руемого методом векторной широтно-импульсной модуляции?

4. С помощью каких инструментов выполнена программная реализация векторной широтно-импульсной модуляции в MatLab?
5. Что может быть использовано в качестве задающих воздействий для алгоритма векторной широтно-импульсной модуляции?
6. Какие методы решения системы тригонометрических уравнений известны?
7. Как в пакете MatLab реализовано формирование напряжения при использовании метода избирательного исключения гармоник?
8. Какой физический смысл имеют решения системы тригонометрических уравнений?
9. Является ли решение системы тригонометрических уравнений единственным?
10. Как осуществляется выбор пригодного для практической реализации решения системы тригонометрических уравнений?

Примеры контрольных вопросов к коллоквиуму № 3 по лабораторным работам "Алгоритмы формирования напряжения для каскадного инвертора: скалярная широтно-импульсная модуляция" и "Алгоритмы формирования напряжения для каскадного инвертора: векторная широтно-импульсная модуляция":

1. Как модифицируется алгоритм формирования широтно-импульсной модуляции при переходе от двухуровневого инвертора к каскадному?
2. В чем отличие спектрального состава напряжения на выходе каскадного инвертора напряжения при применении алгоритмов с фазовым и амплитудным сдвигом?
3. В чем заключается основной недостаток каскадных инверторов напряжения с точки зрения практической реализации.
4. Классификация многоуровневых инверторов напряжения.
5. Можно ли применить алгоритм скалярной широтно-импульсной модуляции при формировании напряжения на выходе каскадного инвертора на-

пряжения.

6. В чем заключаются особенности применения алгоритма векторной широтно-импульсной модуляции к многоуровневым инверторам напряжения?
7. Можно ли использовать ранее разработанные программы формирования векторной широтно-импульсной модуляции для двухуровневого инвертора в случае каскадного инвертора напряжения?
8. Как соотносятся понятия "сектор" и "регион", используемые при описании векторной широтно-импульсной модуляции?
9. Сколько регионов содержит каждый сектор в случае трехуровневого автономного инвертора напряжения?
10. Влияет ли на спектральный состав напряжения количество переключений за один период широтно-импульсной модуляции?

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
6	Тема 1. Ключевой режим работы транзисторов	Контрольная работа
7	Тема 2. Структура преобразователей частоты Тема 3. Автономные инверторы напряжения	
8	Тема 2. Структура преобразователей частоты Тема 3. Автономные инверторы напряжения	Коллоквиум
12	Тема 4. Алгоритмы формирования напряжения Тема 5. Анализ спектрального состава напряжений	Коллоквиум
16	Тема 4. Алгоритмы формирования напряжения Тема 5. Анализ спектрального состава напряжений	Коллоквиум
17	Тема 4. Алгоритмы формирования напряжения Тема 5. Анализ спектрального состава напряжений Тема 6. Активные выпрямители напряжения Тема 7. Надежность и долговечность статических преобразователей энергии	Контрольная работа

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80 % занятий), выполнение двух контрольных работ на лекционных занятиях. Каждая контрольная работа представляет собой 15 тестовых заданий с открытым ответом. Правильный ответ на один вопрос соответствует 1 баллу, максимально 15 баллов за контрольную работу. По результатам контрольных работ студент получает допуск к дифференцированному зачету.

на лабораторных занятиях

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «Статические преобразователи энергии судовых систем электродвижения» студент обязан выполнить не менее 6 лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После каждого 2 лабораторных работ

предусматривается проведение коллоквиума на 8, 12 и 16 неделях, на которых осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется индивидуально или в бригадах до 2 человек. Оформление отчета студентами осуществляется в количестве одного отчета на бригаду в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Текущий контроль включает в себя:

- выполнение и сдачу в срок отчетов по всем лабораторным работам;
- защиту на коллоквиуме всех лабораторных работ, оценка за которые выставляется по следующим критериям:

- 10 баллов - на заданные вопросы даны исчерпывающие ответы, лабораторная работа выполнена верно, продемонстрировано понимание связи между теоретическими знаниями и выполняемой работой;
- 9 баллов - лабораторная работа выполнена верно, ответы на вопросы содержат неточности, при этом прослеживается понимание связи между теоретическими знаниями и выполняемой работой;
- 8 балла - лабораторная работа выполнена верно, ответы на вопросы в принципе правильны, но в формулировках имеются ошибки;
- 7 баллов - лабораторная работа выполнена верно, ответы на вопросы в принципе правильны, но в формулировках имеются ошибки, студент не может показать соответствие результатов теоретическим ожиданиям;
- 6 баллов - лабораторная работа выполнена с недостатками, ответы на вопросы верные, студент может показать несоответствие результатов теоретическим ожиданиям;
- 5 баллов - лабораторная работа выполнена с недостатками, ответы на вопросы содержат неточности, студент может показать несоответствие результатов теоретическим ожиданиям;
- 4 балла - лабораторная работа выполнена с недостатками, ответы на вопросы содержат неточности, студент не может показать несоответствие результатов теоретическим ожиданиям;
- 3 балла - лабораторная работа выполнена с недостатками, ответы на заданные вопросы верные в принципе правильны, но в формулировках имеются существенные ошибки, студент не может показать несоответствие результатов теоретическим ожиданиям;
- 2 балла - лабораторная работа выполнена с существенными недостатками; ответы в принципе правильны, но в формулировках имеются существенные ошибки;
- 1 балл - лабораторная работа выполнена с существенными недостатками; отсутствуют ответы на вопросы или содержание ответа не совпадает с

- поставленным вопросом;
- 0 баллов - работа не выполнена.

на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80 % занятий), по результатам которого студент получает допуск к дифференцированному зачету.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, экран, компьютер	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Adobe Acrobat Reader
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, количество персональных компьютеров – в соответствии с контингентом	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Adobe Acrobat Reader; 4) MatLab R2014b и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, количество персональных компьютеров – в соответствии с контингентом	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Adobe Acrobat Reader; 4) MatLab R2014b и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА