Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по учебно-методической работе

_____ А.А.Панфилов

«05» октября 2015г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль/программа подготовки: электроснабжение

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: заочное

Семестр	Трудоемкость зач. ед,/ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
Восьмой	4/144	6	-	10	128	зачёт
Итого	4/144	6	-	10	128	зачёт

Владимир 2015

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Энергетическая электроника» являются: приобретение знаний основополагающих принципов обеспечения надёжности и эффективности систем электроснабжения с помощью средств энергетической электроники; формирование способностей использовать технические средства энергетической электроники при решении задач профессиональной деятельности бакалавров по профилю «Электроснабжение»; формирование готовности к обоснованию принятых технических решений с учётом экономических и экологических последствий их применения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Энергетическая электроника» относится к дисциплинам по выбору вариативной части основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Дисциплина логически и содержательно-методически тесно связана с рядом теоретических дисциплин и практик предшествующего периода обучения.

Математические и естественно-научные дисциплины формируют «входные» знания, умения и готовности, необходимые для изучения энергетической электроники: знания основных физических законов и методов математического анализа; умения обобщать и анализировать информацию, ставить цель и выбирать пути её достижения, выявлять физическую основу функционирования средств энергетической электроники; готовность использовать компьютер как одно из средств освоения новой дисциплины; готовность к совершенствованию систем энергетической электроники в экономическом и экологическом аспектах.

К числу дисциплин, наиболее тесно связанных с «Энергетической электроникой», относятся «Теоретические основы электротехники», «Информационно-измерительная техника и электроника» и «CAD-системы в электротехнике». В результате освоения этих дисциплин студенты приобретают необходимые для изучения энергетической электроники знания основных понятий и законов электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей, материалов и элементной базы современной энергетической электроники. Приобретают умения применять современные методы расчёта параметров электрических и магнитных цепей средств энергетической электроники в установившихся и переходных режимах; выполнять измерения электрических величин; собирать и налаживать схемы устройств энергетической электроники. Овладевают программными средствами для решения задач энергетической электроники и методиками их

экспериментального исследования средств энергетической электроники.

Важную роль в подготовке к изучению дисциплины «Энергетическая электроника» играют учебно-ознакомительная практика и научно-исследовательская работа в ходе которых студенты знакомятся с электронным оборудованием электрических подстанций и промышленных предприятий. В свою очередь при изучении дисциплины «Энергетическая электроника» формируются «входные» знания, необходимые для освоения дисциплин «Релейная защита и автоматизация систем электроснабжения», «Электрический привод» и «Эксплуатация систем электроснабжения», а также для подготовки выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать методы анализа и моделирования электрических цепей средств энергетической электроники (ОПК-3), способы определения значений их параметров средств (ПК-5) и алгоритмы расчёта режимов работы средств энергетической электроники (ПК-6) .

2) Уметь использовать методики обработки результатов экспериментов (ПК-2) и технические средства энергетической электроники для измерения и контроля основных параметров процессов производства, передачи и распределения электроэнергии (ПК-8); уметь на основе применения средств энергетической электроники обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры этих технологических процессов (ПК-7) уметь составлять и оформлять типовую техническую документацию (ПК-9).

3) Владеть способностями к коммуникации в устной и письменной формах, в том числе на иностранных языках (ОК-5), к самоорганизации и самообразованию в сфере энергетической электроники (ОК-7); способностью участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований средств энергетической электроники по заданной методике (ПК-1).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144часа.

№	Раздел дисциплины	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая СРС, и трудоёмкость в часах						Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)*, форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
				Лекции	Практ. зан.	Лаб. раб.	Контр. раб.	С.Р.С.	КП/КР		
1	Введение в курс	8	1	-	-		-	10	-		
2	Современная элементная база энергетической электроники	8	1-4	1	-	2	-	22	-		
3	Управляемые выпрямители	8	5-8	1	-	2	-	24	-	1/33	
4	Инверторы, ведомые сетью	8	9-12	1	-	2	-	24	-	1/33	
5	Автономные инверторы и частотные преобразователи	8	13-15	1	-	2	-	22	-	1/33	
6	Влияние вентильных преобразователей на питающую сеть	8	16-17	2	-	2	-	26	-	1/25	
7	ВСЕГО:			6	-	10	-	128	-	4/25	ЗАЧЁТ

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

5.1. Лекционные занятия проводятся в аудиториях, оборудованных компьютерами, электронными проекторами и интерактивными досками, что позволяет сочетать активные и интерактивные формы проведения занятий. Чтение лекций сопровождается демонстрацией компьютерных слайдов, общим количеством 45 шт. (Набор слайдов содержится в электронном приложении к рабочей программе).

5.2. Лабораторные работы по дисциплине «Энергетическая электроника» в лабораториях № 522-3 и № 518-3 выполняются на стендах, изготовленных сотрудниками кафедры ЭтЭн и компьютерных стендах, изготовленных ООО «Учебно- производственный центр «Учебная техника» (www.electrolab.ru). Лаборатории кафедры имеет 5стендов, на которых исследуются управляемые выпрямители, инверторы, *DC-DC*–преобразователи, стабилизаторы и устройства управления вентильными преобразователями.

5.3. Самостоятельная работа может проводиться в компьютерном классе. Около 20% времени СРС занятий отведено на интерактивные формы обучения работе с техническими

средствами энергетической электроники. Для этого используются компьютерные симуляции настройки средств энергетической электроники на следующих объектах электроэнергетики:

- высоковольтной ЛЭП;
- силовом трансформаторе;
- высоковольтном электродвигателе.

В ходе самостоятельных занятий студенты используют учебную компьютерную базу данных по средствам энергетической электроники систем электроснабжения.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1.Вопросы к зачёту

1. Какие электронные компоненты называются вентилями?
2. Какие вентили относятся к числу неуправляемых ?
3. Какой из способов управления тиристорами наиболее часто используется в устройствах силовой электроники?
4. Какие два условия надо выполнить для отпирания тиристора?
5. Каково соотношение между действующим значением напряжения ($U_{вх}$) на входе однополупериодного выпрямителя и средневыпрямленным значением напряжения (U_d) на его выходе?
6. Каково соотношение между действующим значением напряжения ($U_{вх}$) на входе мостового однофазного выпрямителя и средневыпрямленным значением напряжения (U_d) на его выходе?
7. Каково соотношение между действующим значением напряжения ($U_{вх}$) на входе трёхфазного нулевого выпрямителя и средневыпрямленным значением напряжения (U_d) на его выходе?
8. Каково соотношение между действующим значением напряжения ($U_{вх}$) на входе трёхфазного мостового выпрямителя и средневыпрямленным значением напряжения (U_d) на его выходе?
9. Какова частота пульсаций выходного напряжения трёхфазного нулевого выпрямителя?
10. Какова частота пульсаций выходного напряжения двенадцатипульсного выпрямителя?
11. Для чего предназначены сглаживающие фильтры выпрямителей?

12. Каково назначение инверторов напряжения?
13. Кроме автономных, какие ещё инверторы применяются в электроэнергетике?
14. В чём заключается вредное влияние вентильных преобразователей на питающую сеть?
15. Частотные преобразователи
16. Преобразователи постоянного напряжения и тока (конверторы)
17. Электронные средства компенсации реактивных составляющих полной мощности
18. Электронные средства компенсации мощности искажений.
19. Нулевой однофазный выпрямитель.
20. Мостовой однофазный выпрямитель.
21. Нулевой трёхфазный выпрямитель.
22. Мостовой трёхфазный выпрямитель.
23. Составные выпрямители.

6.2.Темы лабораторных работ

- Исследование вентильных элементов энергетической электроники;
- Исследование стабилизатора напряжения;
- Исследование устройств энергетической электроники на базе операционных усилителей;
- Исследование автономного инвертора и конвертора напряжения;
- Исследование устройств управления вентильными преобразователями.

6.4.Тематика РГР

- Расчёт вентильных элементов энергетической электроники;
- Расчёт стабилизатора напряжения;
- Расчёт устройств энергетической электроники на базе операционных усилителей;
- Расчёт автономного инвертора и конвертора напряжения;
- Расчёт устройства управления вентильным преобразователем.

6.5. Тематика рефератов

- Средства преобразования переменного тока в постоянный
- Средства преобразования постоянного тока в переменный
- Частотные преобразователи
- Преобразователи постоянного напряжения и тока (конверторы)
- Электронные средства компенсации реактивных составляющих полной мощности

- Электронные средства компенсации мощности искажений.
- Проблема электромагнитной совместимости устройств силовой электроники.
- Классификация компонент силовой электроники.
- Вентильные электронные компоненты с неполным управлением
- Вентильные электронные компоненты с полным управлением
- Методы анализа силовой электронной аппаратуры электроэнергетики
- Энергетические показатели качества электромагнитных процессов.
- Энергетические показатели качества использования. преобразовательных устройств силовой электронной аппаратуры.
- Методы расчёта энергетических показателей.
- Методы расчёта энергетических показателей.

6.6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Укрупнённый план СРС и последовательность изучаемых тем

1. Современная элементная база энергетической электроники (1 - 3 недели семестра).
2. Выпрямители и инверторы ведомые сетью большой мощности (4 - 6 недели семестра).
3. Системы управления вентильными преобразователями (7– 9 недели семестра).
4. Автономные инверторы и частотные преобразователи (10-13 недели семестра).
5. Влияние вентильных преобразователей на питающую сеть (14-17 недели семестра).

Контрольные вопросы для СРС

1. Какие узлы входят в состав вентильных преобразований?
2. Каковы основные функции систем управления вентильными преобразованиями?
3. Каково назначение фазосмещающих устройств системы управления?
4. В чем заключается принцип действия ФСУ с разветвляющимися сигналами?
5. Сигналы какой формы используются в качестве развертывающих (опорных) в ФСУ вертикального типа?
6. Как формируется опорное напряжение аналогового ФСУ ?
7. Каков принцип действия цифрового ФСУ?
8. В чем заключается преимущества и недостатки цифровых ФСУ по сравнению с аналоговыми?

2. В каких устройствах и для каких целей применяются стабилизаторы напряжения?

3. Из каких основных элементов состоит стабилизатор напряжения компенсационного типа?
4. Какие источники напряжения применяются в качестве опорных?
5. Какую роль играет УПТ в стабилизаторе компенсационного типа и можно ли обойтись без него?
6. По каким параметрам и характеристикам оценивают качество работы стабилизатора?
7. Как определяется коэффициент стабилизации и каков его физический смысл?
8. Для какой цели на выходе стабилизатора включен делитель напряжения?
9. Влияет ли стабилизатор напряжения на уровень пульсаций выходного напряжения?
10. Как экспериментально оценить качество стабилизатора?
11. Какова взаимосвязь между степенью очистки исходного полупроводникового материала от примесей и значением обратного тока мощных выпрямительных диодов?
12. Какова предельно допустимая температура германиевых и кремниевых диодов?
13. Какие параметры выпрямительных диодов относят к статическим и какие - к динамическим?
14. Каковы максимальные мощности современных выпрямительных диодов и тиристоров?
15. Какие условия необходимо выполнить для отпирания однооперационного тиристора?
16. Каковы способы запирания однооперационного тиристора?
17. В чем заключаются особенности вольт-амперых характеристик туннельных диодов и стабилитронов?
18. Какие параметры стабилитронов являются наиболее важными? От чего зависит цвет и яркость свечения светодиодов?
19. Что означает термин «двухоперационный тиристор»?
20. Каковы важнейшие достоинства IGBT – транзисторов?

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1.Основная литература

1. Зиновьев Г.С. * Силовая электроника. Учебник НГТУ. Новосибирск: Изд-во НГТУ. 2012. 547 с.
2. Семенов Б. Ю. Силовая электроника: профессиональные решения. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012. - 416 с.
3. Полуянович Н.К. Силовая электроника: Учебное пособие. - Таганрог.: Изд-во ТРТУ. 2015. 204 с.

4. Шахнин В.А.* Энергетическая электроника: Метод. указания к лабораторным работам. Владимир: Изд-во ВлГУ. 2012. 54 с.
5. Шахнин В.А. * Электроснабжение технических объектов, зданий и сооружений. Владимир: Акраим, 2014, 96 с. ISBN 978-5-93767-073-1.

7.2. Дополнительная литература

1. Шахнин В.А., Рощина С.И. * Энергетическое обследование. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2013, 139 с.
2. Силовая электроника: краткий энциклопедический словарь терминов и определений / под ред. Ф. И. Ковалева и М. В. Рябчицкого. — М.: Издательский дом МЭИ, 2012. — 90 с.
3. Афонин В.И., Колесник Г.П., Шахнин В.А.* Полупроводниковые элементы устройств силовой и информационной электроники.Владимир: Изд-во ВлГУ. 2012. 126 с
4. Воронин П.А Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение.. Изд. 2-е, перераб. и дол. - М.: Издательский дом Додэка-XXI, 2005.- 384 с.
5. Сукер К. Силовая электропика. Руководство разработчика. - М.: Издательский дом «Додэка-XXI, 2008. - 252 с.
6. Анфимов В.В. Электронное оборудование электрической подстанции. М.: Изд. Дом «Додэка». 2014.- 408

**Книги из фонда библиотеки ВлГУ*

7.3. Периодические издания

1. Журнал «Силовая электроника». Индекс ISSN 2225-644X.
2. Журнал «Практическая силовая электроника»Индекс ISSN0368-1025.
3. Журнал «Современная электроника». Индекс ISSN1369-1435.

7.4. Электронные издания и интернет-ресурсы

1. Электронное средство обучения по дисциплине «Энергетическая электроника» / Комплект из 45 слайдов. Составитель В.А. Шахнин. Акт внедрения электронного средства обучения от 22.12.2010 г. – Владимир: ВлГУ.

2. Микропроцессорные устройства управления энергетической электроники. НТЦ «Радиус-Автоматика» / Компьютерная презентация. – Зеленоград: НТЦ «Радиус-Автоматика» 2014г.
3. Вентильные силовые модули (г. Саранск) / Компьютерная презентация. – Саранск: ОАО «Электровыпрямитель», 2014г
4. www.elvpr.ru
5. www.electro-server.ru
6. www.studmed.ru/bogach-nv-kurs-lekciy-po-energeticheskoy-elektronike_4b1f2674146.html
7. www.ie.tusur.ru/books/EE_new/index.html

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Лабораторное оборудование

Лабораторные занятия по дисциплине «Энергетическая электроника» проводятся в специалированныхлабораториях (лаб. 522-3 и 518-3). Лабораторные работы выполняются на стендах, изготовленных сотрудниками кафедры (4 стенда) и ООО «Учебная техника» (www.electrolab.ru). Лабораторииимеют 3 таких стенда, на которых с применением виртуальных средств измерений исследуется широкий набор электронных устройств электроэнергетики.

- Исследование вентильных элементов энергетической электроники;
- Исследование стабилизатора напряжения;
- Исследование устройств энергетической электроники на базе операционных усилителей;
- Исследование автономного инвертора и конвертора напряжения;
- Исследование устройств управления вентильными преобразователями.

Все лабораторные стенды укомплектованы необходимыми средствами измерений: осциллографами, вольтметрами, амперметрами, частотомерами и фазометрами цифровыми счётчиками. Приблизительно 30% лабораторного оборудования приобретено за последние 3 года.

Кроме того, в лабораториях имеется набор наглядных пособий, в числе которых 6 натурных образцов средств энергетической электроники и 8 плакатов.

8.2. Средства вычислительной техники и демонстрационное оборудование

1. Самостоятельные занятия проводятся в компьютерном классе кафедры ЭтЭн (лаб. 519-3; 16 компьютеров) с использованием специально разработанного программного обеспечения / Компьютерные симуляции. Составитель В.А. Шахнин. – Владимир: ВлГУ).

2. Лекции читаются в аудиториях кафедры ЭтЭн, оборудованных электронными проекторами (ауд. 517-3, 520-3; 522-3), с использованием комплекта слайдов (Электронное средство обучения по дисциплине «Энергетическая электроника» / Комплект из 45 слайдов. Составитель В.А. Шахнин. – Владимир: ВлГУ).

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Рабочую программу составил
профессор каф. ЭтЭн, д.т.н. В.А. Шахнин

Рецензент
зав. сектором электроэнергетики
ООО «ВП «МАГНИТ», к.т.н. В.Н. Филинов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭтЭн

Протокол №2 от 02 октября 2015 года

Заведующий кафедрой _____ С.А. Сбитнев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Протокол №2 от 02 октября 2015 года

Председатель комиссии _____ С.А. Сбитнев

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ

РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 14 от 24.06.2016 года

Заведующий кафедрой _____

Приложение

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт архитектуры, строительства и энергетики
Кафедра электротехники и электроэнергетики

Актуализированная
рабочая программа
рассмотрена и одобрена
на заседании кафедры
протокол № 14 от 24. 06. 2016 г.

Заведующий кафедрой
_____ С.А. Сбитнев

Актуализация рабочей программы дисциплины

«ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль/программа подготовки: электроснабжение

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: заочное

Владимир 2016

Рабочая программа учебной дисциплины актуализирована в части рекомендуемой литературы.

а) основная литература

Якушенков, Ю. Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов [Электронный ресурс] : учебник / Ю. Г. Якушенков . - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Логос, 2011. - 568 с. - ISBN 978-5-98704-533-6
Силовая электроника: Силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения: Уч.пос. / Онищенко Г.Б., Соснин О.М. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 122 с.: ISBN 978-5-16-011120-9
Методы проектирования электронных устройств [Электронный ресурс] / А.Б. Шеин, Н.М. Лазарева. - М.: Инфра-Инженерия, 2011.- 456 с. - ISBN 978-5-9729-0041-1
Шахнин В.А. Электроснабжение технических объектов, зданий и сооружений. Владимир: Акраим, 2014, 96 с. ISBN 978-5-93767-073-1.
Шахнин В.А. Энергетическая электроника: методические указания к лабораторным работам. Владимир: Изд-во ВлГУ. 47 с.

б) дополнительная литература

Непосредственные преобразователи частоты с естественной коммутацией для электромеханических систем / Грабовецкий Г.В., Куклин О.Г., Харитонов С.А. - Новосиб.:НГТУ, 2009. - 320 с.: ISBN 978-5-7782-1260-2
Афонин В.И.,Колесник Г.П., Шахнин В.А. Полупроводниковые элементы устройств силовой и - информационной электроники. Учебное пособие. Владимир: Изд-во ВлГУ. 126 с.
Юзова, В. А. Основы проектирования электронных средств. Конструирование электронных модулей первого структурного уровня Красноярск : Сиб. федер. ун -т, 2012. - 208 с. - ISBN 978–5 7638–2421–6
Электротехника и электроника: Учебник. В 2 томах. Том 1: Электротехника / А.Л. Марченко, Ю.Ф. Опадчий - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 574 с. ISBN 978-5-16-009061-0

Актуализацию выполнил
профессор каф. ЭтЭн

В.А. Шахнин

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2016/17 учебный год
Протокол заседания кафедры № 1 от 05.09.17 года
Заведующий кафедрой Бадалян Н.П

Рабочая программа одобрена на 2017/18 учебный год
Протокол заседания кафедры № 1 от 07.09.18 года
Заведующий кафедрой Бадалян Н.П

Рабочая программа одобрена на 2019/20 учебный год
Протокол заседания кафедры № 1 от 04.09.19 года
Заведующий кафедрой Бадалян Н.П.

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____