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
«_02_» _10_____ 20_15_г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ОСНОВЫ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ»

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 «Основы силовой электроники» являются: приобретение знаний основополагающих принципов обеспечения надёжности и эффективности систем электроснабжения с помощью средств силовой 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 «Основы силовой электроники» 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 силовой 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 дисциплиной «Основы силовой электроники», относятся «Теоретические основы электротехники», «Информационно-измерительная техника и электроника» и «CAD-системы в электротехнике». В результате освоения этих дисциплин студенты приобретают необходимые для изучения силовой 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 силовой

электроники и методиками экспериментального исследования средств силовой электроники.

Важную роль в подготовке к изучению дисциплины «Основы силовой электроники» 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 «Основы силовой электроники» 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 силовой электроники (ОПК-3), способы определения значений их параметров средств (ПК-5) и алгоритмы расчёта режимов работы средств силовой электроники (ПК-6) .

2) Уметь использовать методики обработки результатов экспериментов (ПК-2) и технические средства силовой электроники для измерения и контроля основных параметров процессов производства, передачи и распределения электроэнергии (ПК-8); уметь на основе применения средств силовой 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 силовой электроники (ОК-7); способностью участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований средств силовой электроники по заданной методике (ПК-1).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№	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 силовой электроники	8	1-4	1	-	2	-	22	-		
3	Силовые преобразователи на основе неуправляемых полупроводниковых вентилей	8	5-8	1	-	2	-	24	-	1/33	
4	Силовые преобразователи на основе полупроводниковых вентилей с неполным управлением	8	9-12	1	-	2	-	24		1/33	
5	Силовые преобразователи на основе полупроводниковых вентилей с полным управлением	8	13-15	1	-	2	-	22	-	1/33	
6	Технические средства для защиты электрических сетей от влияния вентильных преобразователей	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 «Основы силовой электроники» 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 5 стендов, 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 силовой электроники на следующих объектах электроэнергетики:

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

В ходе самостоятельных занятий студенты используют учебную компьютерную базу данных по средствам силовой 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. Можно ли биполярный транзистор отнести к управляемым вентилям?
2. Какой из способов управления GTO-тиристорами наиболее часто используется в устройствах силовой электроники?
3. Какие два условия надо выполнить для отпирания одноооперационного тиристора?
4. Каково соотношение между амплитудным значением напряжения ($U_{вх}$) на входе однополупериодного выпрямителя и средневыпрямленным значением напряжения (U_d) на его выходе?
5. Каков принцип действия управляемого нулевого однофазного выпрямителя?
6. Каков принцип действия управляемого мостового однофазного выпрямителя?
7. Каков принцип действия управляемого нулевого трёхфазного выпрямителя?
8. Каков принцип действия управляемого мостового трёхфазного выпрямителя?
9. Каков принцип действия управляемого двенадцатипульсного выпрямителя?
10. Для чего применяются составные выпрямители?

11. Каково соотношение между амплитудным значением напряжения ($U_{вх}$) на входе мостового однофазного выпрямителя и средневыпрямленным значением напряжения (U_d) на его выходе?
12. Каково соотношение между амплитудным значением напряжения ($U_{вх}$) на входе трёхфазного нулевого выпрямителя и средневыпрямленным значением напряжения (U_d) на его выходе?
13. Каково соотношение между амплитудным значением напряжения ($U_{вх}$) на входе трёхфазного мостового выпрямителя и средневыпрямленным значением напряжения (U_d) на его выходе?
14. Каково значение коэффициента пульсаций выходного напряжения трёхфазного нулевого выпрямителя?
15. Какова значение коэффициента пульсаций выходного напряжения двенадцатипульсного выпрямителя?
16. В чём отличие активных и пассивных фильтров выпрямителей?
17. Каково назначение инверторов напряжения?
18. Кроме автономных, какие ещё инверторы применяются в электроэнергетике?
19. В чём заключается вредное влияние силовых вентильных преобразователей на питающую сеть?
20. Каково назначение частотных преобразователей в асинхронном приводе?
21. Каково назначение DC-DC преобразователей?
22. Электронные средства компенсации неактивных составляющих полной мощности.
23. Нулевой однофазный выпрямитель.
24. Мостовой однофазный выпрямитель.
25. Нулевой трёхфазный выпрямитель.
26. Мостовой трёхфазный выпрямитель.
27. Составные выпрямители.

6.6.Темы лабораторных работ

- Исследование силовых вентильных элементов электроники;
- Силовые стабилизаторы;
- Исследование устройств силовой электроники на базе операционных усилителей;
- Исследование DC-DC преобразователей;
- Исследование устройств управления вентильными преобразователями.

6.7.Тематика РГР

- Расчёт параметров управляемых выпрямителей;
- Расчёт DC-DC преобразователей;
- Расчёт устройств энергетической электроники на базе операционных усилителей;
- Расчёт инвертора, ведомого сетью;
- Расчёт устройства управления автономным инвертором.

6.8. 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.

6.9. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Укрупнённый план СРС и последовательность изучаемых тем

1. Современная элементная база энергетической электроники (1 - 3 недели семестра).
2. Силовые преобразователи на основе неуправляемых полупроводниковых вентилей (4 - 6 недели семестра).
3. Силовые преобразователи на основе полупроводниковых вентилей с неполным управлением (7– 9 недели семестра).

4. Силовые преобразователи на основе полупроводниковых вентилей с полным управлением (10-13 недели семестра).
5. Технические средства для защиты электрических сетей от влияния вентильных преобразователей (14-18 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. 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.*
3. Методы проектирования электронных устройств / А.Б. Шеин, Н.М. Лазарева. - М.: Инфра-Инженерия, 2011.- 456 с. - ISBN 978-5-9729-0041-1.*
4. 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. Грабовецкий Г.В., Непосредственные преобразователи частоты с естественной коммутацией для электромеханических систем Новосиб.:НГТУ, 2009. - 320 с.: ISBN 978-5-7782-1260-2*
3. Афонин В.И., Колесник Г.П., Шахнин В.А.* Полупроводниковые элементы устройств силовой и информационной электроники.Владимир: Изд-во ВлГУ. 2012. 126 с. *

7.3. Периодические издания

7.3. Периодические издания

Журнал «Электро». Индекс ISSN 1995-5685. *

**Книги из фонда библиотеки ВлГУ*

7.4. Электронные издания и интернет-ресурсы

1. Электронное средство обучения по дисциплине / 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 «Основы силовой электроники» проводятся в специализированных лабораториях (лаб. 522-3 и 518-3). Лабораторные работы выполняются на стендах, изготовленных сотрудниками кафедры (4 стенда) и ООО «Учебная техника» (www.electrolab.ru). Лаборатории имеют 3 таких стенда, на которых с применением виртуальных средств измерений исследуется широкий набор электронных устройств силовой электроэнергетики.

- Исследование силовых вентильных элементов электроники;

- Силовые стабилизаторы;
- Исследование устройств силовой электроники на базе операционных усилителей;
- Исследование DC-DC преобразователей;
- 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 силовой 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 «Силовая 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

Рабочая 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

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 _____