

**Программа учебной дисциплины
«Электротехника, электроника и метрология».**

Утверждена
Академическим советом ООП
Протокол № 4 от «23» мая 2018 г.

Авторы	Самбурский Л.М., Рябов Н.И., Петросянц К.О., Юрин А.И.
Число кредитов	8
Контактная работа (час.)	152
Самостоятельная работа (час.)	152
Курс	2 курс
Формат изучения дисциплины	без использования онлайн-курса

I. ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ

Целями освоения дисциплины «Электротехника, электроника и метрология» являются формирование у студентов совокупности теоретических и практических знаний в области электрических и электронных цепей, метрологии и освоение студентами основных навыков анализа и экспериментального исследования цепей.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- современное состояние, тенденций и перспектив развития методов анализа электронных цепей;
- понимание места электроники в ряду научно-технических направлений;

уметь:

- применять принципы работы, схемы замещения и характеристик элементной базы современных электронных устройств;
- использовать методы определения параметров схемотехнических моделей элементной базы;
- применять принципы построения и функционирования базовых схем современной электроники;

владеть:

- вопросами применения современных пакетов прикладных программ для моделирования электрических цепей, электронных узлов.

Изучение дисциплины «Электротехника, электроника и метрология» базируется на следующих дисциплинах:

- Физика;
- Математический анализ;
- Алгебра.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

- Схемотехника,
- Вычислительные системы и компьютерные сети.
- Микроконтроллерные системы
- Проектирование систем на кристалле.
- Цифровая обработка сигналов.

II. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. «Электротехника» (1-й модуль)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.1.	Введение	Предмет раздела «Электротехника». Общая характеристика задач, относящихся к теории электрических цепей, связанных с преобразованием, передачей- энергии и информации.
1.2.	Основные понятия и законы электрических цепей	Электрическая цепь и её элементы: источники электрической энергии, преобразовательные элементы, приёмники энергии. Пассивные и активные элементы цепи. Процессы в цепях и способы их исследования. Схема замещения цепи и её элементов: схемы с распределёнными и сосредоточенными параметрами. Принципы записи (составления) уравнений по законам Кирхгофа. Основы топологии электрических схем.
1.3.	Основные принципы и методы анализа линейных схем постоянного тока	Понятия о нелинейных, линейных и резистивных схемах. Принципы записи уравнений по законам Ома и Джоуля-Ленца. Баланс мощностей. Расчёт токов и напряжений на основании законов Кирхгофа, Ома и уравнений связи для управляемых источников. Принципы анализа линейных резистивных схем. Принцип компенсации. Принцип наложения и линейности. Метод наложения. Принцип взаимности. Теорема об эквивалентном источнике. Метод эквивалентного источника.
1.4.	Анализ установившихся процессов гармонического тока по линейным схемам с сосредоточенными параметрами	Основные обозначения. Элементы линейных схем замещения цепей гармонического тока и уравнения связи между мгновенными значениями тока и напряжения на ёмкости и индуктивности. Комплексный метод расчёта амплитуд (или действующих значений) и начальных фаз гармонических токов и напряжений. Понятие установившегося режима переменного негармонического тока. Использование метода наложения при анализе установившихся режимов переменного негармонического тока. Понятие о резонансе токов и напряжении. Частотные характеристики и резонансные кривые контура.
1.5.	Переходные процессы в цепях и методы их расчёта по линейным схемам с сосредоточенными параметрами	Причины возникновения переходных процессов. Классический метод анализа переходных процессов. Методы формирования характеристических уравнений без составления дифференциальных уравнений. Использование принципа компенсации и алгоритмов расчёта, схем постоянного тока для составления уравнений состояния схем.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.6.	Основы анализа установившихся процессов гармонического тока по линейным схемам с распределёнными параметрами	Основные понятия и уравнения: первичные параметры; телеграфные уравнения линии при однородном распределении параметров. Решение телеграфных уравнений в установившемся режиме гармонического тока. Бегущие, прямые и обратные волны напряжения и тока. Вторичные параметры. Несогласованный и согласованный режимы работы цепи с распределёнными параметрами. Условие передачи сигналов по линии без искажения. Анализ процессов по схеме без учёта потерь.

Раздел 2. «Электроника» (2-й и 3-й модули)

2.1.	Общая характеристика электронных устройств и интегральных микросхем	Аналоговые и цифровые электронные устройства. Серии ИМС, состав серий, система обозначений, конструктивное оформление, основные параметры и эксплуатационные характеристики ИМС.
2.2.	Электрические измерения и приборы	Особенности измерения электрических сигналов в аналоговых и цифровых устройствах. Технические средства для обеспечения измерений параметров электрических сигналов.
2.3.	Полупроводниковые приборы: характеристики, параметры, схемы замещения	Резисторы и конденсаторы интегральных микросхем. Выпрямительный диод, стабилитрон, диод Шоттки, фотодиод, светодиод, туннельный диод: основные параметры и характеристики. Биполярный транзистор, эквивалентные схемы Эберса-Молла и Гуммеля-Пуна. Схемы включения с общей базой и общим эмиттером, ВАХ. МОП-транзистор. ВАХ. Эквивалентная схема. Полевой транзистор с затвором Шоттки (ПТШ). ВАХ. Эквивалентная схема.
2.4.	Общая характеристика усилительных устройств. Усилительные каскады	Классификация усилительных устройств. Схемные функции. Частотные характеристики. Параметры переходного процесса.
2.5.	Понятие об обратных связях в электронных устройствах	Виды обратных связей (ОС). Основные структуры электронных устройств с типовыми ОС.
2.6.	Общая характеристика цифровых схем	Принципы построения логических элементов. Основные электрические параметры и эксплуатационные характеристики логических микросхем. Разновидности логических интегральных микросхем: ТТЛ, ЭСЛ, КМОП. Перспективные типы логических микросхем
2.7.	Электронные ключи	Ключевые устройства на биполярных и МОП-транзисторах. Быстродействие ключей и способы его повышения. Аналоговые ключи. Силовые ключи. Ключевые устройства на интегральных микросхемах.

Раздел 3. «Метрология» (4-й модуль)

3.1.	Введение. Основные термины и определения метрологии.	Современное состояние метрологии. Определения физической величины, измерения физической величины. Система единиц физических величин. Основное уравнение измерений.
3.2.	Правовые основы обеспечения единства измерений.	Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» и другие нормативные документы в области обеспечения единства измерений в Российской Федерации
3.3.	Основные характеристики измерений. Классификация измерений.	Принципы измерений. Классификация методов измерений. Методы непосредственной оценки и методы сравнения. Классификация измерений.
3.4.	Средства измерений и их классификация. Основные характеристики средств измерений.	Классификация средств измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
3.5.	Погрешности результатов измерений и средств измерений. Классификация погрешностей. Обработка результатов измерений.	Определение погрешности результата измерений. Классификация погрешностей измерений. Точечные и интервальные оценки результатов измерений. Законы распределения измеряемых величин. Идентификация законов распределения. Выявление грубых погрешностей.
3.6.	Измерение параметров электрических сигналов.	Методы и средства измерения токов и напряжений. Измерение частоты периодических электрических сигналов. Измерение сдвига фаз.
3.7.	Измерение параметров радиоэлементов.	Измерение электрического сопротивления резисторов, ёмкости конденсаторов и индуктивности катушек индуктивностей.
3.8.	Автоматизация измерений.	Основа автоматизации измерений. Сопряжение измерительной и вычислительной техники. Основы цифровой обработки сигналов.

Лабораторный практикум

Раздел 1. «Электротехника» (1-й модуль)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование и краткое содержание лабораторных работ
1.	1.3	Активный двухполюсник на постоянном токе
2.	1.5	Переходные процессы в RL- и RC-цепях
3.	1.4	Резонанс напряжений

Раздел 2. «Электроника» (2-й и 3-й модули)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование и краткое содержание лабораторных работ
4.	2.3	Изучение статических вольт-амперных характеристик биполярного и МОП-транзистора и определение параметров их моделей для схемотехнических расчётов
5.	2.7	Электронные ключи
6.	2.6	КМОП логические схемы
7.	2.4	Усилительный каскад с общим эмиттером
8.	2.5	Триггеры

Раздел 3. «Метрология» (4-й модуль)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование и краткое содержание лабораторных работ
9.	3.4	Выполнение и обработка результатов прямых и косвенных однократных измерений
10.	3.5	Получение, обработка и представление результатов многократных измерений
11.	3.8	Разработка и исследование базовых компонентов систем сбора данных
12.	3.6	Построение и исследование компонентов систем сбора данных для измерения частоты и периода сигнала

III. ОЦЕНИВАНИЕ

Накопленная оценка за каждый модуль рассчитывается в виде:

$O_{\text{нак},i} = \Sigma O_{\text{отч},i} / N_{\text{отч}}$, где $O_{\text{отч},i}$ – баллы за каждую отчётную единицу, $N_{\text{отч}}$ – количество отчётных единиц.

Отчётные единицы в 1-м модуле (раздел «Электротехника»): выполнение и защита ЛР, выполнение ДЗ, аудиторная работа.

Отчётные единицы во 2-м модуле (раздел «Электроника»): выполнение и защита ЛР, выполнение КР, аудиторная работа.

Отчётные единицы в 3-м модуле (раздел «Электроника»): выполнение и защита ЛР, выполнение ДЗ, аудиторная работа.

Отчётные единицы в 4-м модуле (раздел «Метрология»): выполнение и защита ЛР, выполнение ДЗ.

Итоговая накопленная оценка по разделу «Электроника» рассчитывается в виде:

$$O_{\text{нак.электроника}} = 0,5 * O_{\text{нак.2модуль}} + 0,5 * O_{\text{нак.3модуль}}$$

Итоговые оценки по разделам «Электротехника» и «Электроника» рассчитываются в виде:

$$O_i = 0,5 * O_{\text{экз},i} + 0,5 * O_{\text{нак},i}, \text{ где } i = \text{электротехника, электроника.}$$

Итоговая накопленная оценка по разделу «Метрология» рассчитывается в виде:

$$O_{\text{нак.метрология}} = 0,7 * O_{\text{лр}} + 0,3 * O_{\text{дз}}$$

Итоговая накопленная оценка по дисциплине рассчитывается в виде:

$$O_{\text{нак.итог}} = 0,25 * O_{\text{электротехника}} + 0,5 * O_{\text{электроника}} + 0,25 * O_{\text{нак.метрология}}$$

Итоговая накопленная оценка округляется до ближайшего большего целого, если дробная часть оценки не ниже 0,5, в противном случае оценка округляется до ближайшего меньшего целого.

Результирующая оценка за дисциплину (выставляется в диплом) рассчитывается в виде:

$$O_{\text{рез.итог}} = 0,75 * O_{\text{нак.итог}} + 0,25 * O_{\text{экс.метрология}}$$

Результирующая оценка округляется до ближайшего большего целого, если дробная часть оценки не ниже 0,5, в противном случае оценка округляется до ближайшего меньшего целого.

Все оценки выставляются по 10-балльной шкале. Накопленная оценка определяется перед промежуточным или итоговым контролем.

Максимальная оценка в 10 баллов выставляется по каждой отчётной единице при условии её сдачи в установленные сроки без ошибок и хорошем оформлении.

Бонусные баллы добавляются к максимальной оценке за домашнее задание при следующих условиях: по 1 баллу за выполнение каждого дополнительного пункта задания, по 2 балла каждому члену бригады, чья сданная работа зачтена в числе 5 первых.

Штрафные баллы вычитаются из максимальной оценки: 1–2 балла за небрежное оформление, 2 балла за каждую просроченную неделю.

Аудиторная работа оценивается на практических занятиях: активность студентов в ответах на вопросы, дискуссиях, правильность решения задач. Баллы за отчётные единицы преподаватель выставляет в рабочую ведомость.

Студент может получить возможность пересдать низкие результаты за любой из видов текущего контроля и самостоятельную работу.

На зачёте и экзамене студент может получить дополнительный вопрос (дополнительную практическую задачу, решить к пересдаче домашнее задание), ответ на который оценивается в 1 балл.

Правила проставления итоговых и результирующих оценок автоматически (без сдачи экзамена)

1. Экзаменационная оценка по разделу «Электротехника» (по окончании 1-го модуля) и по разделу «Метрология» (по окончании 4-го модуля) автоматически (без сдачи экзамена) может быть проставлена студенту по накопленной за модуль оценке, если её значение равно или превышает 8 баллов. Если накопленная оценка меньше 8 баллов, студент обязан сдавать экзамен. Студент, которого не удовлетворяет автоматическая оценка за экзамен, имеет право сдавать экзамен.

2. Экзаменационная оценка по разделу «Электроника» (по окончании 3-го модуля), равная накопленной оценке по этому разделу, автоматически (без сдачи экзамена) может быть проставлена студенту в случае, если оценка за КР равна 7 баллов и выше.

Дополнительно, результирующая оценка за раздел «Электроника», равная 8 баллам, автоматически (без сдачи экзамена) может быть проставлена студенту, в случае, если значение

накопленной оценки по этому разделу равно или превышает 8 баллов, однако оценка за КР не превышает 6 баллов. Экзаменационная оценка по разделу «Электроника» в этом случае подбирается минимально возможной, так чтобы обеспечить необходимую результирующую оценку.

В случае, если итоговая накопленная оценка и оценки за тесты не удовлетворяют описанным выше критериям, студент обязан сдавать экзамен. Студент, которого не удовлетворяет автоматическая оценка, имеет право сдавать экзамен.

Таблица соответствия накопленной оценки и накопленной суммы баллов

% максимальной суммы баллов за отчётные единицы, после округления	Накопленная оценка	Значение оценки по 5-балльной шкале
> 95	10	отлично
85 – 94	9	
75 – 84	8	
65 – 74	7	хорошо
55 – 64	6	
45 – 54	5	удовлетворительно
35 – 44	4	
25 – 34	3	неудовлетворительно
15 – 24	2	
< 14	1	

IV. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Тематика заданий текущего контроля

- Обеспечение единства измерений.
- Классификация измерений.
- Классификация средств измерений
- Основные типы шкал измерений.
- Практическое применение шкал наименований.
- Шкалы порядка.
- Шкалы интервалов.
- Шкалы отношений.
- Абсолютная шкала.
- Промышленные шкалы измерения твердости материалов.
- Многомерные шкалы.
- Измерение цвета.
- Классификация эталонов.
- Уравнения связи между величинами.
- Основное уравнение измерений.

- Международная система единиц физических величин.

Примерная тематика контрольной работы:

- Расчет погрешностей измерений
- Определение класса точности средств измерений
- Идентификация закона распределения результата измерений

Тема работы для каждого студента утверждается преподавателем в индивидуальном порядке.

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

1. Измерение - основные термины и определения. Классификация СИ.
2. Основные характеристики измерений. Методы и принципы измерений. Виды измерений.
3. Погрешности измерений. Классы точности.
4. Аналоговые электромеханические приборы. Общее устройство приборов, условные обозначения, отсчётные устройства.
5. Мосты постоянного тока.
6. Мосты переменного тока.
7. Автоматические мосты.
8. Параметры напряжения. Выбор вольтметра для проведения измерений.
9. Классификация и область применения приборов подгруппы С. Устройство и принцип работы ЭЛТ осциллографа.
10. Анализаторы спектра.

Оценочные средства представлены на сайте образовательной программы.

V. РЕСУРСЫ

5.1 Основная литература

- Электроника интегральных схем: лабораторные работы и упражнения: учеб. пособие / К. О. Петросянц [и др.]; Под ред. К. О. Петросянца. – М.: Солон-Пресс, 2017. – 555 с. – (Б-ка студента) . - ISBN 978-5-91359-213-2: 675.00.
- Новожилов, О. П. Электротехника и электроника: учебник для вузов / О. П. Новожилов. – М.: Гардарики, 2008. – 653 с.
- Миловзоров, О. В. Электроника: учебник для прикладного бакалавриата / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 344 с. — (Серия : Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-00077-1. — Режим доступа: www.biblio-online.ru/book/DFC48A57-5513-485E-9D50-BC30AD4B2099
- Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 838 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-4632-1. — Режим доступа: www.biblio-online.ru/book/1CEC0D2A-56B2-4F2E-9DBE-13571FFC5F0E.
- Радкевич, Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация в 2 т : учебник для академического бакалавриата / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 831 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-4754-0. — Режим доступа: www.biblio-online.ru/book/B3B899AA-6107-493C-89F0-97A2811024B5.

- Шишкин, И. Ф. Теоретическая метрология / И. Ф. Шишкин. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2010. – (Сер. "Учебник для вузов") . - ISBN 978-5-498-07203-6. Ч.1 : Общая теория измерений / И. Ф. Шишкин. – 2010. – 190 с. - Ц. - ISBN 978-5-498-07203-6.
- Ким, К. К. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: учеб. пособие для вузов / К. К. Ким, Г. Н. Анисимов, В. Ю. Барбарович, Б. Я. Литвинов; Под ред. К. К. Кима. – СПб.: Питер, 2008. – 367 с. – (Сер. "Учебное пособие") . - ISBN 978-5-469-01090-6.

5.1 Дополнительная литература

- Степаненко, И. П. Основы микроэлектроники: учеб. пособие / И. П. Степаненко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 488 с. – (Сер. "Электроника") . - ISBN 5-932080-45-0.
- Алексенко, А. Г. Основы микросхемотехники / А. Г. Алексенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Юнимедиастайл, 2002. – 448 с. – (Сер. "Технический университет") . - ISBN 5-947740-02-8.
- Мухин, С. В. Электротехника: учеб. пособие / С. В. Мухин. – М.: МИЭМ, 2005. – 136 с. - ISBN 5-945061-08-5.
- Боридько, С. И. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: учеб. пособие для вузов / С. И. Боридько, Н. В. Дементьев, Б. Н. Тихонов, И. А. Ходжаев. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 374 с. - ISBN 978-5-935173-38-8.
- Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / И. М. Лифиц. — 13-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 362 с. — (Серия : Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-08669-0. — Режим доступа: www.biblio-online.ru/book/93A23071-816F-47E5-A6CA-ADD72ADEC67F.
- Дворяшин, Б. В. Метрология и радиоизмерения: учебное пособие для вузов / Б. В. Дворяшин. – М.: Академия, 2005. – 297 с. – (Сер. "Высшее профессиональное образование") . - ISBN 5-7695-2058-2. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. – СПб.: Питер, 2004.
- Кузнецов, В. А. Общая метрология / В. А. Кузнецов, Г. В. Ялунина; Под ред. В. А. Кузнецова. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 269 с. - ISBN 5-7050-0438-9.

5.3 Программное обеспечение

№	Наименование	Условия доступа
1.	Microsoft Windows 10	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
2.	Microsoft Office Professional Plus 2010	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>
3.	Программа для моделирования электрических схем LTSpice IV компании Linear Technology или её аналоги;	<i>Свободное лицензионное соглашение</i>
4.	Программа для проведения математических расчётов Mathcad компании PTC или её аналоги;	<i>Из внутренней сети университета (договор)</i>

5.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Экспериментальные стенды и измерительное оборудование для проведения лабораторных работ по всем разделам.
- Компьютерный класс на 25 мест, оснащённый ПЭВМ с установленным необходимым программным обеспечением.
- Лаборатория с 12 АРМ на основе ПК, оснащёнными оборудованием сбора данных (NI DAQ) и специализированным программным обеспечением.
- Проектор в аудитории, где проводятся лекции и семинары, для показа презентаций.