Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Владелец: Федулов Александр Сергеевич
Сертификат: 5A022291D0DE01CCADCB2B81371C7969
Действителен: 06.05.2025 - 30.07.2026

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора филиала ФГБОУ ВО
«НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
канд. техн. наук, доцент
_____ В.В. Рожков
«06» 03 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электротехника и основы электроники

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль: «Электромеханика»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Год набора: 2026

Смоленск

Программа составлена с учетом ОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержденного ректором ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Н.Д. Рогалевым 20.12.2023.

Программу составил:

_____ к.т.н., ст. препод. В.А. Орехов
подпись ФИО

« 24 » февраля 2026 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетических систем»
« 25 » февраля 2026 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой «Электроэнергетические системы»:

_____ к.т.н., доцент Р.В. Солопов
подпись ФИО

« 05 » марта 2026 г.

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Электромеханических систем»:

_____ к.т.н., доцент В.В. Рожков
подпись ФИО

« 05 » марта 2026 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Ответственный в филиале по работе
с ЛОВЗ и инвалидами

_____ зам. начальника УУ Е.В. Зуева
подпись ФИО

« 05 » марта 2026 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является решение обучающимися проектных задач профессиональной деятельности в области основ электротехники и электроники, их современных методов расчета, моделирования и диагностики.

Задачи: изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач в области основ электротехники и электроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Электротехника и основы электроники относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

Электромеханические системы;

Ознакомительная практика.

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной:

Теория автоматического управления;

Электрический привод;

Переходные процессы в электромеханических системах;

Специальная электромеханика;

Специальные электрические машины;

Применение САПР в электромеханике;

Управление и регулирование в электромеханике.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-2. Способен принимать участие в проектировании систем электромеханики (их компонентов) в соответствии с техниче-	ПК-2.1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет альтернативные варианты технических решений систем электромеханики (их компонентов)	Знает: варианты технических решений в электротехнике и электронике Умеет: применять методы расчета, моделирования Владеет: навыками расчета и моделирования устройств электротехники и электроники

ским заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	ПК-2.2 Обосновывает выбор наиболее целесообразного решения при проектировании систем электромеханики (их компонентов) в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией с соблюдением различных технических, энергоэффективных и экологических требований	Знает: схемы силовых устройств электроники и их схем управления Умеет: использовать альтернативные варианты схемотехнических решений электротехники и электроники Владеет: расчетными навыками, навыками компьютерного моделирования в электротехнике и электронике

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура дисциплины:

№	Индекс	Наименование	Семестр 5										Семестр 6										Итого за курс										Каф.	Семестр
			Контроль	Академических часов								з.е.	Недель	Контроль	Академических часов								з.е.	Недель	Контроль	Академических часов								з.е.	Недель		
				Всего	Конт такт.	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Контроль				Всего	Конт такт.	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Контроль				Всего	Конт такт.	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Контроль	Всего			
4	Б1.В.03	Электротехника и основы электроники	Эк	**180**	34	18	16			110	36	5													Эк	**180**	34	18	16			110	36	5		22	5

ОБОЗНАЧЕНИЯ:
Виды промежуточной аттестации (виды контроля):
Экз - экзамен;
ЗаО - зачет с оценкой;
За – зачет;
Виды работ:
Контакт. – контактная работа обучающихся с преподавателем;
Лек. – лекционные занятия;
Лаб.– лабораторные работы;
Пр. – практические занятия;
КРП – курсовая работа (курсовой проект);
РГР – расчетно-графическая работа (реферат);
СР – самостоятельная работа студентов;
з.е.– объем дисциплины в зачетных единицах.

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	Лекции: 1.1. Тема Линии с распределенными параметрами в установившемся синусоидальном режиме. 1.2. Тема Волновые переходные процессы. 1.3. Тема Однофазные диодные выпрямители без накопителей и с накопителями в установившемся режиме. Понятие об автоколебаниях в нелинейной цепи с элементами, обладающими отрицательным дифференциальным сопротивлением 1.4. Тема Трехфазная мостовая диодная схема выпрямления без накопителей и с сглаживающим дросселем в выпрямленной цепи. Трехфазная мостовая тиристорная схема выпрямителя без накопителей и со сглаживающим дросселем в выпрямленной цепи в выпрямительном и инверторном режимах. Необходимость применения трансформатора. 1.5. Тема Одно-и трехфазные тиристорные коммутаторы 1.6. Тема Транзисторные преобразователи постоянного напряжения в постоянное (DC-DC) как вторичные источники питания 1.7. Тема Трехфазные автономные инверторы с поочередной коммутацией на частоте выходной сети. Трехфазные автономные инверторы напряжения с высокочастотной коммутацией ключей. 1.8. Тема Трехфазный непосредственный преобразователь частоты (НПЧ) с естественной коммутацией (циклоконвертор). Матричные транзисторные НПЧ. 1.9. Тема Регулируемые индуктивности и емкости на базе схем силовой электроники. Регулируемые статические компенсаторы реактивной мощности.
2	Лабораторные работы: 2.1 Моделирование линии с распределенными параметрами цепной схемой (№ 21). 2.2 Линия без потерь как тракт передачи сигналов (№ 21а). 2.3**.** Низкочастотный фильтр выпрямителя (№ 23). Исследование релаксационных автоколебаний в схеме с одноперехо́дным транзистором (№ 29). 2.4. Исследование и моделирование преобразователя AC-DC на ПК (№ 29.1, 29.2),
3	Самостоятельная работа студентов: расшифровать темы 3.1. Тема Цепи с распределенными параметрами. Первичные параметры длинной линии. Дифференциальные уравнения однородной длинной линии. Синусоидальный установившийся режим в однородной длинной линии. Бегущие волны. Фазовая скорость, волновое сопротивление, постоянная распространения, длина волны. Определение постоянных интегрирования в уравнениях длинной линии. Уравнения однородной длинной линии с гиперболическими функциями. Входное сопротивление длинной линии. Коэффициент отражения волны. Условие для неискаженной линии. Длинные линии без потерь: постоянная распространения, фазовая скорость распространения волны, волновое сопротивление. Системы уравнений длинной линии без потерь. Режим холостого хода в длинной линии без потерь. Стоячие волны. Узлы и пучности напряжения и тока. Зависимость входного сопротивления разомкнутой на конце длинной линии без потерь от длины. Использование отрезков длинных линий, разомкнутых на конце, в качестве индуктивностей, емкостей, резонансных контуров. Режим короткого замыкания в длинных линиях без потерь. Использование отрезков короткозамкнутых линий в качестве индуктивностей, емкостей, резонансных контуров. Реактивная нагрузка в длинных линиях без потерь. Произвольная нагрузка в длинных линиях

	без потерь. Коэффициенты бегущей и стоячей волн. Построение графиков распределения напряжения и тока вдоль линии. Переходные процессы в линейных цепях с распределенными параметрами. Прямые и обратные волны в длинной линии. Волновые уравнения. Определение падающих волн. Определение отраженных волн по эквивалентной схеме и с помощью коэффициента отражения. Определение преломленных волн. Отражение волны с прямоугольным фронтом от конца линии в случае активной, индуктивной и емкостной нагрузки, в режимах ХХ и КЗ. Расчет переходных процессов при ненулевых начальных условиях. 3.2. Тема Однофазные диодные выпрямители без накопителей, аналитический расчет с применением кусочно-линейной аппроксимации ВАХ диода. Схемы с идеальными диодами Диодные однополупериодные выпрямители с индуктивным и емкостным сглаживающим фильтром. Анализ работы с применением кусочно-линейной аппроксимации ВАХ 3.3. Тема Понятие об автоколебаниях в нелинейной цепи с элементами, обладающими отрицательным дифференциальным сопротивлением Автоколебания в схеме с однопереходным транзистором и туннельным диодом.. Анализ с применением кусочно-линейной аппроксимации. Анализ установившихся автоколебаний на фазовой плоскости. 3.4. Тема Трехфазная мостовая диодная схема выпрямления без накопителей и с сглаживающим дросселем в выпрямленной цепи. Анализ работы с применением кусочно-линейной аппроксимации ВАХ. Временные диаграммы. Трехфазная мостовая тиристорная схема выпрямления без накопителей и с сглаживающим дросселем в выпрямленной цепи. Выпрямительный и инверторный режимы. 3.5. Тема Одно-и трехфазные тиристорные коммутаторы 3.6. Тема Трехфазные автономные инверторы с поочередной коммутацией на частоте выходной сети. Трехфазные автономные инверторы напряжения с высокочастотной коммутацией ключей. 3.7. Тема Трехфазный непосредственный преобразователь частоты (НПЧ) с естественной коммутацией (циклоконвертор). 3.8. Тема Транзисторные преобразователи постоянного напряжения в постоянное(DC-DC) как вторичные источники питания. 3.9. Тема Устройства силовой электроники в электроэнергетике. Регулируемые индуктивности и емкости на базе схем силовой электроники. Регулируемые статические компенсаторы реактивной мощности.

Текущий контроль: защита лабораторных работ.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной занятий по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция Интерактивная лекция (лекция-визуализация) Лекция, составленная на основе результатов научных исследований, в том числе с учётом региональных особенностей про-

		фессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей
2	Лабораторная работа	Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде) Технология обучения в сотрудничестве (командная, групповая работа) Технология проблемного обучения на основе анализа результатов лабораторной работы: индивидуальный опрос, собеседование в малой группе (бригаде), обсуждение результатов командной работы, групповая дискуссия, метод «круглого стола», представление студентом или группой студентов (бригадой) результатов лабораторной работы в форме отчета Допуск к лабораторной работе
3	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
4	Контроль (промежуточная аттестация: **экзамен**)	Технология устного опроса

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Оценочные материалы текущего контроля успеваемости:

Примеры заданий по защите лабораторных работ

Пример 1.1. Идеализированная однополупериодная схема заряда батареи

В идеализированной однополупериодной схеме заряда аккумуляторной батареи рис.1.1.1 источник синусоидальной ЭДС с нулевым внутренним сопротивлением включается через диод на аккумуляторную батарею с противо-ЭДС E_0 и внутренним резистивным сопротивлением r_0. В процессе заряда противо-ЭДС аккумулятора растет, а внутреннее сопротивление падает.

Дано: $e(t)=E_m\sin\omega t$, E_m, ω. E_0=var, r_0=const. Диод D – идеальный.

Пренебрегая изменением внутреннего сопротивления, определить зависимость среднего значения тока от величины противо-ЭДС E_0.

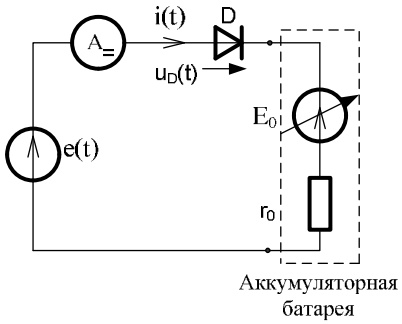

Рис.1.1.1.

Решение

Уравнение Кирхгофа для контура имеет вид:

$$e(t) - E_0 = u_D(t) + i(t) \cdot r_0 \qquad (1.1.1)$$

Это алгебраическое уравнение – нелинейное, т.к. зависимость $u_D(i)$ – нелинейна. При допущении об идеальности диода это означает, что:

$$u_D = 0, если i > 0, \qquad (1.1.2)$$

$$i = 0, \text{если } u_D < 0$$

Выразим из (1.1.1) напряжение на диоде:

$$u_D(t) = e(t) - E_0 - i(t) \cdot r_0 \qquad (1.1.3)$$

Тогда, условием непроводящего состояния диода с учетом (1.1.2) будет:

$$u_D(t) = (e(t) - E_0) < 0 \qquad (1.1.4)$$

На рис.1.1.2 приведены графики e(t), E0, а также их разности при значениях E_m=100 В, E_0=30 В, круговой частоте 314 рад/с.

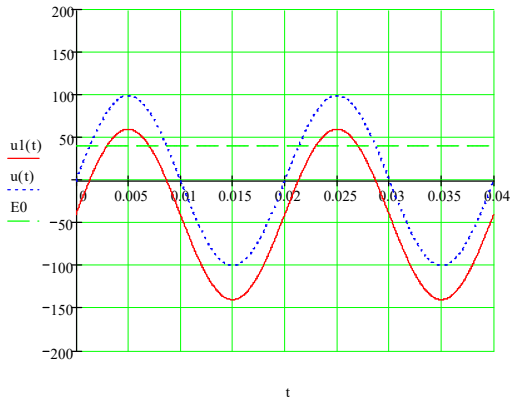

Рис.1.1.2.

Видно, что период сети 0.02 с состоит из двух интервалов: непроводящего, когда разность сигналов меньше нуля, и проводящего интервала, когда эта разность положительна. В проводящем интервале напряжение на диоде равно нулю, и уравнение для тока имеет вид:

$$i(t) = \frac{E_m \cdot \sin \omega t - E_0}{r_0}, \qquad (1.1.5)$$

График тока (рис.1.1.3) повторяет по форме положительную полуволну разностного сигнала ЭДС и противо-ЭДС.

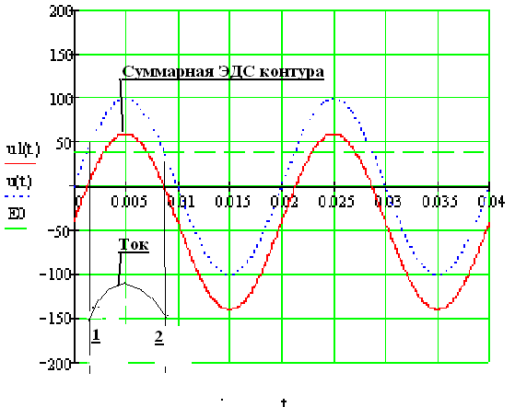

Рис.1.1.3.

Границы интервала проводимости (1 и 2) определяются из условия равенства ЭДС источника и противо-ЭДС в моменты ωt1 и ωt2=π–ωt1:

$$sin(\omega t_1) = sin(\omega t_2) = \frac{E_0}{E_m}, \qquad (1.1.6)$$

Тогда $cos(\omega t_1) = \sqrt{1 - sin(\omega t1)^2} = \sqrt{1 - (\frac{E_0}{E_m})^2}$,

откуда

$$\alpha 1 = \omega t_1 = \arcsin(\frac{E_0}{E_m}). \qquad (1.1.7)$$

Среднее значение тока I_0 находится по определению среднего значения функции за период:

$$I_0 = \frac{1}{T}\cdot\int_{t1}^{t2} i(t)\cdot dt = \frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\int_{\alpha 1}^{\pi-\alpha 1}\frac{E_m\cdot\sin(\omega\cdot t) - E_0}{r_0}\cdot d(\omega\cdot t) =$$

$$= \frac{1}{2\cdot\pi\cdot r_0}\cdot\left[E_m\cdot(-\cos\omega t)\Big|_{\alpha 1}^{\alpha 2} - E_0\cdot\omega t\Big|_{\alpha 1}^{\alpha 2}\right] = \frac{1}{2\pi\cdot r_0}\cdot\left[E_M\cdot(\cos\alpha 1 - \cos\alpha 2) - E_0\cdot(\alpha 2 - \alpha 1)\right] =$$

$$= \frac{1}{2\pi\cdot r_0}\cdot\left[E_m\cdot 2\cdot\cos\alpha 1 - E_0\cdot(\pi - 2\alpha 1)\right] = \frac{E_m}{2\pi\cdot r_0}\cdot\left[2\cdot\sqrt{1-(\frac{E_0}{E_m})^2} - \frac{E_0}{E_m}\cdot(\pi - 2\cdot\arcsin(\frac{E_0}{E_m})\right]$$

Принимая за базовое значение среднее значение тока при отсутствии противо-ЭДС как

$$I_б = \frac{E_m}{\pi\cdot r_0}, \qquad (1.1.8)$$

получаем в относительных единицах среднее значение тока:

$$\overset{*}{I}_0 = \frac{1}{2}\cdot\left[2\cdot\sqrt{1-(\frac{E_0}{E_m})^2} - \frac{E_0}{E_m}\cdot(\pi - 2\cdot\arcsin(\frac{E_0}{E_m})\right] \qquad (1.1.9)$$

График зависимости среднего значения тока в функции отношения величины противо-ЭДС к амплитуде ЭДС источника $x = \frac{E_0}{E_m}$ приведен на рис.1.1.4. Видно, что с ростом E_0 среднее значение тока (показание магнитоэлектрического амперметра) падает.

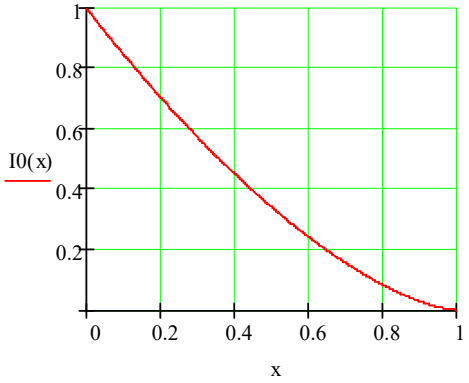

Рис.1.1.4.

Пример 1.2. Разветвленная диодная схема

В схеме рис.1.2.1 дано:
- синусоидальная ЭДС источника $e(t) = E_m \cdot \sin \omega t$,
где $E_m = 100$В, $\omega = 100\pi$ рад/с.
- источник постоянной ЭДС E_0=20 В,
-диодный мост D1–D4 из идеальных диодов,
-резисторы: R1=100 Ом, $R_н$=400 Ом.
Определить напряжение на нагрузке $u_н$ (t) и все токи.

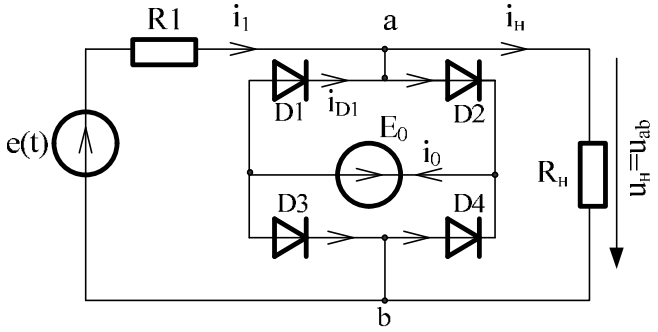

Рис.1.2.1.

Решение

В данной разветвленной схеме главные трудности заключаются в определении состояния диодов моста в отдельные временные интервалы периода сети. Временные границы этих интервалов также неизвестны.

Из интуитивных рассуждений можно определить следующие возможные состояния:

1) проводят ток диоды D2 и D3 (D1 и D4 – заперты). Этому состоянию соответствует схема рис.1.2.2:

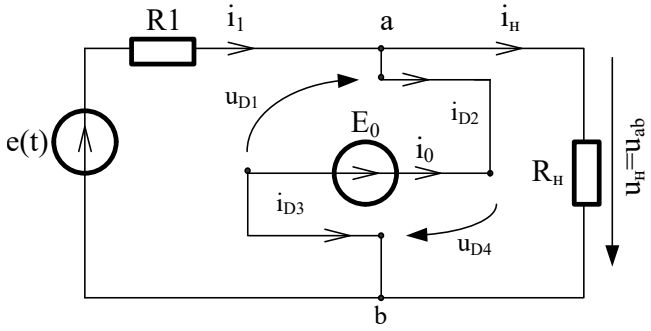

Рис.1.2.2.

В этой ситуации напряжение

$u_{ab}=E_0$. (1.2.1)

Схема рис.1.2.2 – линейная, так что для ее анализа применимы все методы расчета линейных цепей. Неработающие диоды D1 и D4 находятся под отрицательным напряжением ($-E_0$). Это следует из уравнений для контуров, содержащих E_0 и рассматриваемый диод.

2) проводят ток диоды D4 и D1 (D2 и D3 – заперты). Этому состоянию соответствует схема рис.1.2.3:

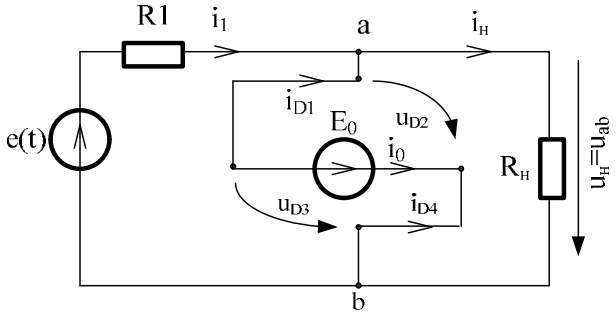

Рис.1.2.3.

В этой ситуации напряжение

uab= $-E_0$. (1.2.2)

Схема рис.1.2.3 – также линейная. Неработающие диоды D2 и D3 находятся под отрицательным напряжением ($-E_0$). Это следует из уравнений для контуров, содержащих E_0 и рассматриваемый диод.

3)не проводит ни один из диодов моста. Этому состоянию соответствует схема рис. 1.2.4:

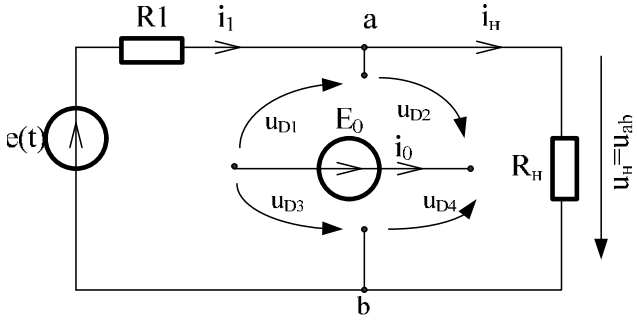

Рис.1.2.4.

Эта схема также линейная. Напряжение u_{ab} является частью синусоидальной ЭДС питания:

$$u_{ab}=\frac{e(t)}{R_1+R_н}\cdot R_н=\frac{E_m\cdot\sin\omega t}{R_1+R_н}\cdot R_н. \quad (1.2.3)$$

Все неработающие диоды D1, D2, D3, D4 находятся под воздействием двух сигналов: напряжения u_{ab}, изменяющегося по синусоидальному закону, и источника постоянной ЭДС E_0. Рассмотрим влияние каждого из указанных сигналов по принципу наложения.

От источника E_o все диоды находятся под отрицательным напряжением $(-E_0/2)$. Это следует из уравнений для контуров, содержащих E_0. Предполагается, что напряжения на двух последовательно соединенных диодах распределяются поровну. От напряжения u_{ab} составляющие напряжений на диодах можно найти по законам Кирхгофа для схемы рис.1.2.4:

$$u_{ab} = uD2 + uD3, \qquad u_{ab} = -uD1 - uD4 \tag{1.2.4}$$

$$uD1 + uD2 = 0, \qquad uD3 + uD4 = 0 \tag{1.2.5}$$

При этом ветвь с исключенным источником E_0 заменяется куском провода.

Предполагая, что все диоды одинаковы и напряжение на последовательно соединенных диодах распределяется поровну, имеем составляющие напряжений на диодах от напряжения u_{ab}:

$$uD2 = uD3 = \frac{u_{ab}}{2}, \qquad uD1 = uD4 = -\frac{u_{ab}}{2} \tag{1.2.6}$$

Суммируя составляющие напряжений от двух сигналов, получаем:

$$uD2 = uD3 = \frac{u_{ab}}{2} - \frac{E_0}{2}, \qquad uD1 = uD4 = -\frac{u_{ab}}{2} - \frac{E_0}{2} \tag{1.2.7}$$

Рассмотренные три ситуации и соответствующие им линейные схемы определяются величиной напряжения u_{ab}. Ситуация 3 со всеми разомкнутыми диодами безусловно будет в моменты перехода u_{ab} через ноль и вблизи него. Из (1.2.7) следует, что при положительном значении u_{ab} в момент сравнения с E0 возникают условия отпирания диодов D2 и D3 (ситуация 1), а при отрицательном u_{ab} в момент сравнения модуля этого напряжения с –E0 - условия отпирания диодов D1 и D4 (ситуация 2). Временные диаграммы напряжений показаны на рис. 1.2.5:

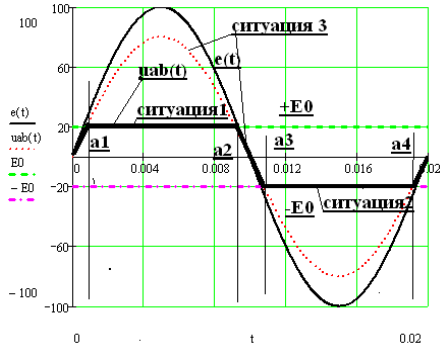

Рис.1.2.5.

Границы интервалов:

-интервал $\alpha 1$ – из условия совпадения напряжения u_{ab} в ситуации 3 с E_0:

$$\frac{E_m \cdot \sin \alpha 1}{R_1 + R_н} \cdot R_н = E_0,$$

$$\frac{100 \cdot \sin \alpha 1}{100 + 400} \cdot 400 = 20.$$

Откуда $sin\,\alpha 1 = \dfrac{20 \cdot 500}{400 \cdot 100} = \dfrac{1}{4} = 0.25 \;\; \alpha 1 = arcsin(0.25) = 14.47^0$

Из условий симметрии (см.рис.1.2.5) следует:

$\alpha 2 = 180^0 - \alpha 1 = 165.5^0$

$\alpha 3 = 180^0 + \alpha 1 = 194.5^0$

$\alpha 4 = 360^0 - \alpha 1 = 345.5^0$

Токи в ветвях схемы в различных ситуациях:

Схема рис.1.2.2 (ситуация 1, $u_{ab}=E_0=20$ В):

$$i_н = \frac{u_{ab}}{R_н} = \frac{20}{400} = 0.05\,\text{А}$$

$$i_1 = \frac{e(t) - u_{ab}}{R_1} = \frac{100 \cdot sin\,\omega t - 20}{100} = 1 \cdot sin\,\omega t - 0.2 \;\; \text{А}$$

Граничные значения тока:

$i_1(\alpha 1) = i_1(\alpha 2) = 1 \cdot sin\,\alpha 1 - 0.2 = 0.25 - 0.02 = 0.23$

Максимальное значение тока:

$i_{1\,max} = i_1(90^0) = 1 - 0.2 = 0.8$ А.

Ток ветви с диодами D2, D3 и E_0 находится по 1-му закону Кирхгофа:

$iD2 = iD3 = i_1 - i_н = 1 \cdot sin\,\omega t - 0.2 - 0.05 = 1 \cdot sin\,\omega t - 0.25$ А

Граничные значения тока указанных диодов равны нулю.

Максимальное значение этого тока равно 0.75 А в момент $\omega t = 90^0$

Схема рис.1.2.4 (ситуация 3, $u_{ab} = 100 \cdot \sin \omega t \cdot \dfrac{4}{5} = 80 \cdot \sin \omega t$).

Ток источника при этом совпадает с током нагрузки при их последовательном соединении:

$$i_1 = i_н = \frac{100 \cdot sin\,\omega t}{500} = 0.2 \cdot sin\,\omega t$$

Граничные значения тока:

$i_1(\alpha 1) = i_1(\alpha 2) = 0.2 \cdot \sin \alpha 1 = 0.2 \cdot 0.25 = 0.05$ А

Режим в схеме рис.1.2.3 в отрицательном полупериоде входной ЭДС (ситуация 2) повторяет ситуацию 1 с точностью до знака.

Моделирование схемы в Multisim показано на рис.1.2.6-1.2.8. Рисунок 1.2.6 полностью отражает исходную схему и ее параметры. Введены малые сопротивления (по 0.001 Ом) в качестве датчиков токов ветвей. Амперметр в ветви источника настроен для измерения действующего значения тока, его показания выведены на рис.1.2.7.

Три осциллографа позволяют наблюдать мгновенные переменные и сравнивать их с найденными в аналитической форме (см. рис.1.2.8).

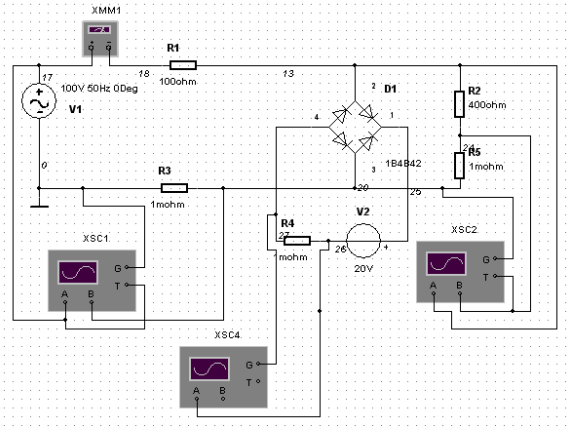

Рис.1.2.6.

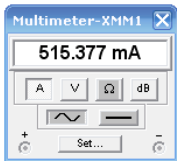

Рис.1.2.7.

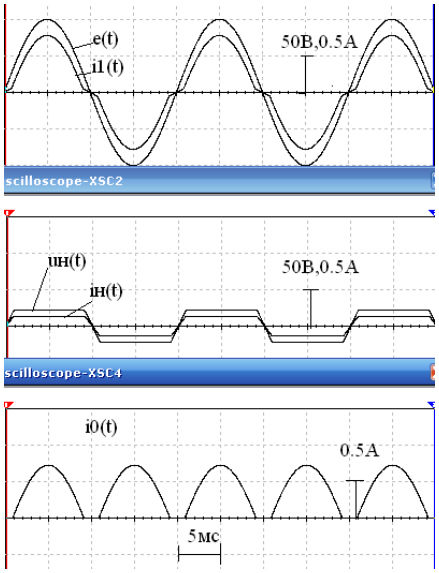

Рис.1.2.8.

Видно хорошее совпадение экспериментальных переменных с результатами аналитических расчетов. Как дополнение к произведенным расчетам можно приближенно вычислить действующее значение тока источника, пренебрегая его несинусоидальностью, как $I_1 \approx \frac{I_{1max}}{\sqrt{2}} = \frac{0.8}{\sqrt{2}} = 0.566$ А=566 мА. Это незначительно отличается в сторону увеличения от показания амперметра 515.37 мА.

Пример 1.3. Однополупериодная схема с тиристором и резистивной нагрузкой

Однополупериодная схема с тиристором и резистивной нагрузкой приведена на рис.1.3.1.

Дано: синусоидальная ЭДС источника (амплитуда, частота, начальная фаза), сопротивление резистора. $e(t)=E_m \sin\omega t$, E_m, ω, r, угол управления α. Тиристор Т – идеальный.

Допущения: тиристор во включенном состоянии имеет нулевое сопротивление, в выключенном – бесконечно большое.

Определить зависимость среднего значения тока от величины угла управления тиристором.

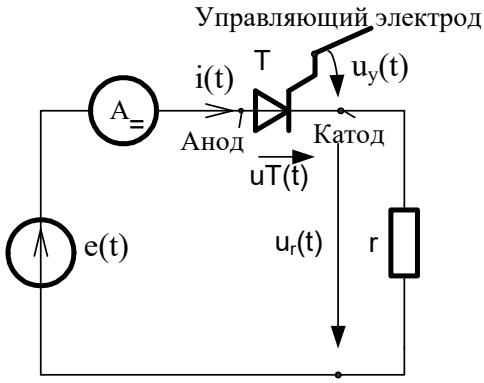

Рис.1.3.1.

Решение

Тиристор – полууправляемый резистивный элемент. При простейшем рассмотрении его можно представить ключом, замыкающимся по команде управления «управляющий электрод-катод» и необходимом условии положительности напряжения «анод-катод» (см.рис.1.3.2):

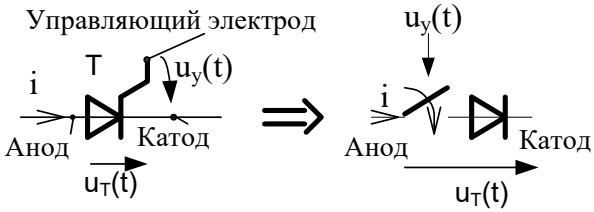

Рис.1.3.2.

Во включенном состоянии тиристор ведет себя как диод с односторонней проводимостью. Он выключается тогда, когда ток спадает до нуля. Выключить тиристор по команде управления нельзя. После выключения тиристор должен некоторое время находиться под отрицательным напряжением (время восстановления запирающих свойств). Затем напряжение на тиристоре может стать положительным. Тиристор обязан при этом оставаться в разомкнутом состоянии, пока не поступит управляющий короткий импульс малой мощности.

Из анализа уравнения Кирхгофа для рассматриваемой схемы следует, что напряжение на тиристоре положительно в положительный полупериод ЭДС сети $e(t)=E_m\sin\omega t$. Угол управления – это сдвиг в сторону запаздывания импульса управления от момента перехода ЭДС из области отрицательных величин через ноль. Если управляющий импульс приходит в момент перехода ЭДС через нуль, то угол управления равен нулю, и тиристор включается как диод. Для рассматриваемой схемы максимально возможный угол управления равен 180^0. До прихода импульса ток равен нулю, хотя напряжение на нем и положительно. Но при поступлении импульса в момент $\alpha=180^0$ мгновенная ЭДС уже спадает до нуля, так что тока в цепи не будет вообще.

В диапазоне углов управления $0<\alpha<180^0$ интервал $0<\omega t<\alpha$ ток равен нулю, а затем после включения тиристора ток повторяет по форме ЭДС сети. Временные диаграммы переменных и показания приборов при заданных параметрах схемы и угле управления $\alpha=54^0$ показаны на рис.1.3.3:

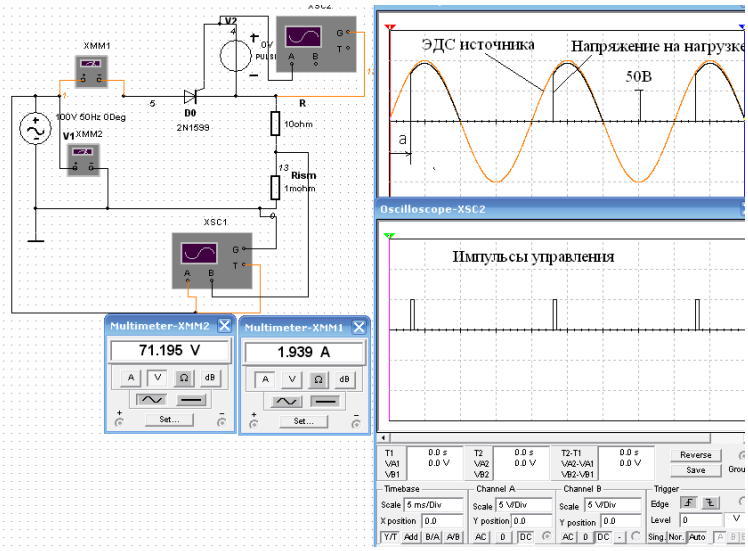

Рис.1.3.3.

Среднее значение тока (напряжения на резистивной нагрузке) можно найти как:

$$I_{\text{ср}} = \frac{1}{T}\cdot\int_0^T i(t)dt = \frac{1}{2\pi}\cdot\int_0^{2\pi} i(\omega t)d(\omega t) = \frac{1}{2\pi}\cdot\frac{E_m}{r}\cdot\int_{\alpha}^{\pi} sin(\omega t)d(\omega t) = \tag{1.3.1}$$

$$= \frac{1}{2\pi}\cdot\frac{E_m}{r}\cdot[cos\,\alpha + 1]$$

Так, для угла управления $\alpha=54^0$ и параметров схемы: E_m=100 В, $\omega=100\pi$ рад/с, r=10 Ом расчет по (1.3.1) дает:

$$I_{\text{ср}} = \frac{1}{2\pi}\cdot\frac{E_m}{r}\cdot[cos\,\alpha + 1] = \frac{1}{2\pi}\cdot\frac{100}{10}\cdot[cos\,54^0 + 1] = 2.53\,\text{А}.$$

Это несколько (на 23%) превышает показание магнитоэлектрического амперметра (1.94 А).

Оценочные материалы по промежуточной аттестации:

Примеры вопросов к экзамену по дисциплине:

1. Цепи с распределенными параметрами. Первичные параметры длинной линии. Дифференциальные уравнения однородной длинной линии. Синусоидальный установившийся режим в однородной длинной линии. Бегущие волны. Фазовая скорость, волновое сопротивление, постоянная распространения, длина волны.

2. Определение постоянных интегрирования в уравнениях длинной линии. Уравнения однородной длинной линии с гиперболическими функциями.

3.Входное сопротивление длинной линии. Коэффициент отражения волны. Условие для неискаженной линии.

4. Длинные линии без потерь: постоянная распространения, фазовая скорость распространения волны, волновое сопротивление. Системы уравнений длинной линии без потерь.

5. Режим холостого хода в длинной линии без потерь. Стоячие волны. Узлы и пучности напряжения и тока. Зависимость входного сопротивления разомкнутой на конце длинной линии без потерь от длины. Использование отрезков длинных линий, разомкнутых на конце, в качестве индуктивностей, емкостей, резонансных контуров.

6.Режим короткого замыкания в длинных линиях без потерь. Использование отрезков короткозамкнутых линий в качестве индуктивностей, емкостей, резонансных контуров. Реактивная нагрузка в длинных линиях без потерь.

7. Произвольная нагрузка в длинных линиях без потерь. Коэффициенты бегущей и стоячей волн. Построение графиков распределения напряжения и тока вдоль линии. Измерительная линия.

8.Согласование основной питающей линии с нагрузкой. Наиболее употребительные схемы.

9. Переходные процессы в линейных цепях с распределенными параметрами. Прямые и обратные волны в длинной линии. Волновые уравнения. Определение падающих волн при нулевых начальных условиях.

10.Определение отраженных волн с помощью эквивалентной схемы и с помощью коэффициента отражения. Определение преломленных волн.

11.Отражение волны с прямоугольным фронтом от конца линии в случае активной нагрузки, индуктивной нагрузки, емкостной нагрузки, в режимах ХХ и КЗ. Расчет переходных процессов при ненулевых начальных условиях.

12. Многократные отражения волн. Методика расчета с применением рекуррентных соотношений.

13.Однофазные диодные выпрямители без накопителей, аналитический расчет с применением кусочно-линейной аппроксимации ВАХ диода. Схемы с идеальными диодами

14. диодные однополупериодные выпрямители с индуктивным и емкостным сглаживающим фильтром. Анализ работы с применением кусочно-линейной аппроксимации ВАХ

15. Понятие об автоколебаниях в нелинейной цепи с элементами, обладающими отрицательным дифференциальным сопротивлением

Автоколебания в схеме с одноперехoдным транзистором и туннельным диодом. Анализ с применением кусочно-линейной аппроксимации. Анализ установившихся автоколебаний на фазовой плоскости.

16. Трехфазная мостовая диодная схема выпрямления без накопителей и с сглаживающим дросселем в выпрямленной цепи. Анализ работы с применением кусочно-линейной аппроксимации ВАХ. Временные диаграммы.

17. Трехфазная мостовая тиристорная схема выпрямления без накопителей и с сглаживающим дросселем в выпрямленной цепи. Выпрямительный и инверторный режимы

18. Одно-и трехфазные тиристорные коммутаторы

19.Транзисторные преобразователи постоянного напряжения в постоянное (DC-DC) как вторичные источники питания.

20.Трехфазный непосредственный преобразователь частоты(НПЧ) с естественной коммутацией (циклоконвертор).

21.Трехфазные автономные инверторы с поочередной коммутацией на частоте выходной сети.

22.Трехфазные автономные инверторы напряжения с высокочастотной коммутацией ключей.

23. Устройства силовой электроники в электроэнергетике. Регулируемые индуктивности и емкости на базе схем силовой электроники.

24. Регулируемые статические компенсаторы реактивной мощности.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – **экзамен**.

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом непринципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины.. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».
«неудовлетворительно»/ не зачтено	Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Для проведения лекционных занятий используется учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным).

Для проведения занятий лабораторного типа используются специализированные лаборатории: лаборатория А-315 «ТОЭ ч.1», А-310 «ТОЭ ч.2, 3» и А-301 «Общей электротехники и электроники», а также А-312 «Дисплейный класс» расположенные по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр., д.1, Здание энергетического института (лабораторный корпус № 2).

ЛабораторияА-315(1 часть ТОЭ) оснащена двенадцатью лабораторными стендами с возможностями фронтального выполнения лабораторных работ по разделам: цепи постоянного тока(три ЛР), однофазные цепи переменного тока(три ЛР), цепи трехфазного тока при соединении источника и нагрузки в звезду, нелинейные электрические цепи постоянного тока, цепи переменного тока с диодами без накопителей и с накопителями, сглаживающими LC- фильтрами(три ЛР),нелинейные цепи переменного тока с катушкой (феррорезонансы), анализ переходных процессов в линейных цепях 1 и 2-порядков,

В основное оборудование лаборатории входят следующая аппаратура, необходимая для проведения лабораторных работ по дисциплине «ТОЭ, электротехника и электроника»: встроенные в стенд элементы, щитовые приборы, фазометры, осциллографы.

Лаборатория А-312(2,3 части ТОЭ) оснащена двенадцатью лабораторными стендами с возможностями фронтального выполнения лабораторных работ по разделам теории цепей: линейные цепи периодических несинусоидальных сигналов, нелинейные электрические цепи постоянного тока, переходные процессы в цепях 1 и 2 порядка, анализ частотных характеристик линейных RLC –цепей, линейные четырехполюсники в установившихся синусоидальных режимах, пассивные LC-фильтры, линии с распределенными параметрами(цепные схемы)

по теории электромагнитного поля: моделями стационарных плоскопараллельных полей на проводящей бумаге, модель объемных полей в ванне, модель электромагнитного поля в системе катушек Гельмгольца

В основное оборудование лаборатории входят следующая аппаратура, необходимая для проведения лабораторных работ по дисциплине «ТОЭ, электротехника и электроника: звуковые генераторы, и пассивные встроенные в стенд элементы, аналоговые электронные вольтметры , фазометры, осциллографы, лабораторные макеты потенциальных полей на проводящей бумаге и в ванне.

Лаборатория А-301(общей электротехники и электроники) оснащена 8 лабораторными стендами с возможностью фронтального выполнения лабораторных работ по разделам линейных и нелинейных электрических цепей, а также транзисторных преобразователей типа AC-DC.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещениеА-312 для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; 10 персональными компьютерами с необходимым программным обеспечением.

– КОМПАС-3D (чертежная система).

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;
- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается **доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет** для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Анисимова, М. С. Электротехника и электроника : учебное пособие / М. С. Анисимова, И. С. Попова. — Москва : МИСИС, 2019. — 135 с. — ISBN 978-5-907061-32-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/116939
2. Суханова, Н. В. Основы электроники и цифровой схемотехники : учебное пособие / Н. В. Суханова. — Воронеж : ВГУИТ, 2017. — 95 с. — ISBN 978-5-00032-226-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106780

Дополнительная литература.

1. Штерн, М. И. Силовая электроника. Расчеты и схемотехника / М. И. Штерн. — 2-е изд., перер.е и доп. — Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2019. — 400 с. — ISBN 978-5-94387-891-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/139138

Список авторских методических разработок.

Методическое обеспечение дисциплины расположено в ЭИОС филиала.

Также полезно использовать:

К.К. Крутиков, В.В. Рожков. Нелинейные цепи и устройства на практических примерах. учебное пособие по курсам «Теоретические основы электротехники», «Элементы систем автоматики», «Элементы схемотехники и силовой электроники», «Автоматизация технологических процессов. Смоленск, РИО филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, 2016. - 208 с.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц в документе	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего изменения в данный экземпляр	Дата внесения изменения в данный экземпляр	Дата введения изменения
	измененных	замененных	новых	аннулированных					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10