

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

Рег. № 000010993



Кафедра электротехники и автоматики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля): Электрические сети

Уровень образования: Магистратура

Направление подготовки: 35.04.06 Агроинженерия

Профиль подготовки: Электротехнологии и интегрированные
электротехнические системы

Очная, заочная

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по
направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия (приказ № 709 от 26.07.2017
г.)

Разработчики:

Гаврилов Р. И., старший преподаватель

Программа рассмотрена на заседании кафедры, протокол № 01 от 28.03.2025 года

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины - формирование у будущих специалистов системы компетенций для расчета и проектирования электрических сетей

Задачи дисциплины:

- знать современные достижения науки и техники в области профессиональной деятельности; принципы проведения технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений; серийное и новое энергетическое, теплотехническое и теплотехнологическое оборудование, оборудование электрических сетей;;
- уметь использовать углубленные теоретические и практические знания в области профессиональной деятельности; выполнять технические расчеты по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений; выбирать и проектировать новое энергетическое, теплотехническое и теплотехнологическое оборудование, системы и сети;;
- владеть навыками использования углубленных теоретических и практических знаний, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности; проведения технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений; выбора и проектирования энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования, систем и сетей..

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Электрические сети» относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается на 2 курсе, в 3 семестре.

Изучению дисциплины «Электрические сети» предшествует освоение дисциплин (практик):

Компьютерные технологии в агроинженерии;
Современные проблемы науки и производства в агроинженерии;
Информационно-управляющие системы в электроэнергетике;
Электромагнитная совместимость.

Освоение дисциплины «Электрические сети» является необходимой основой для последующего изучения дисциплин (практик):

Моделирование и оптимизация в электроэнергетике;
Научно-исследовательская работа.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к видам профессиональной деятельности и решению профессиональных задач, предусмотренных ФГОС ВО и учебным планом.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

- ПК-1 Способен применять знания о современных методах исследований

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:

Современные методики проведения научных исследований, разработки рабочих программ исследований, содержание стандартных и сертификационных испытаний электрооборудования, сельскохозяйственных машин, средств автоматизации и технического сервиса

Студент должен уметь:

Организовывать проведение исследований на основе общих и частных методик, использовать технические средства для проведения исследований, сбора и хранения результатов исследований

Студент должен владеть навыками:

Методиками проведения экспериментов и испытаний, анализа результатов исследований

- ПК-6 Способен к проектной деятельности на основе системного подхода, умением строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:

Принципы системного подхода к проектной деятельности, показатели качественного и количественного анализа проектной деятельности, способы построения и использования моделей машин, рабочих органов, приборов и аппаратов для обеспечения производства сельскохозяйственной продукции

Студент должен уметь:

Строить и использовать модели машин, технологических процессов производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции

Студент должен владеть навыками:

Осуществления проектной деятельности, прогнозирования развития процессов на основе качественного и количественного анализа моделей машин, оборудования и технологических процессов производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции

4. Объем дисциплины и виды учебной работы (очная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Третий семестр
Контактная работа (всего)	44	44
Лабораторные занятия	14	14
Лекционные занятия	10	10
Практические занятия	20	20
Самостоятельная работа (всего)	109	109
Виды промежуточной аттестации	27	27
Экзамен	27	27
Общая трудоемкость часы	180	180
Общая трудоемкость зачетные единицы	5	5

Объем дисциплины и виды учебной работы (заочная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Пятый триместр	Шестой триместр
Контактная работа (всего)	31	22	9
Экзамен	9		9
Лабораторные занятия	8	8	
Лекционные занятия	4	4	
Практические занятия	10	10	
Самостоятельная работа (всего)			27
Виды промежуточной аттестации			
Общая трудоемкость часы	180	144	36
Общая трудоемкость зачетные единицы	5	4	1

5. Содержание дисциплины

Тематическое планирование (очное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	Третий семестр, Всего	153	10	20	14	109
Раздел 1	Общая характеристика систем передачи и распределения электрической энергии	41	3	2	6	30
Тема 1	Классификация электрических сетей	11	1			10
Тема 2	Конструктивное исполнение электрических сетей	30	2	2	6	20
Раздел 2	Моделирование элементов и расчеты режимов работы электрических сетей	81	5	14	8	54
Тема 3	Моделирование элементов электрических сетей	31	2	4		25
Тема 4	Расчеты режимов работы электрических сетей	50	3	10	8	29
Раздел 3	Режимы работы электроэнергетических систем	31	2	4		25
Тема 5	Балансы мощностей	13	1	2		10
Тема 6	Компенсация реактивной мощности	18	1	2		15

На промежуточную аттестацию отводится 27 часов.

Содержание дисциплины (очное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Основные понятия, термины и определения. Особенности систем передачи и распределения электрической энергии. Номинальные напряжения элементов электрических сетей. Режимы нейтралей электрических сетей
Тема 2	Принципы конструктивного исполнения воздушных и кабельных электрических сетей. Механические расчеты линий электропередач. Устройство КТП, релейная защита.
Тема 3	Характеристика и расчет параметров схем замещения воздушных и кабельных линий электропередач. Моделирование компенсирующих устройств в электрических сетях. Параметры и схемы замещения двухобмоточных и трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов.

Тема 4	Расчет режима линии электропередачи при заданном токе нагрузки. Расчет режима линии электропередачи при заданной мощности нагрузки. Падение и потеря напряжения в линии. Расчет сети из двух последовательных линий при заданных мощностях нагрузки и напряжении в конце. Расчет разомкнутой сети (в два этапа) при заданных мощностях нагрузки и напряжении источника питания. Расчетные нагрузки подстанций. Определение напряжения на стороне низшего напряжения подстанций. Расчет сети с разными номинальными напряжениями. Допущения при расчете разомкнутых распределительных сетей напряжением до 35 кВ. Определение наибольшей потери напряжения. Расчет линии с равномерно распределенной нагрузкой. Распределение потоков мощности и напряжений в простых замкнутых сетях. Вопросы качества электрической энергии (несимметрия, несинусоидальность)
Тема 5	Баланс активной мощности и его связь с частотой. Ре-гулирование частоты в электроэнергетической системе. Понятие об оптимальном распределении активных мощностей. Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением.
Тема 6	Виды и способы компенсации реактивной мощности. Схемы подключения конденсаторных батарей,

Тематическое планирование (заочное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	Всего	171	4	10	8	149
Раздел 1	Общая характеристика систем передачи и распределения электрической энергии	27,7	0,7	2		25
Тема 1	Классификация электрических сетей	5,2	0,2			5
Тема 2	Конструктивное исполнение электрических сетей	22,5	0,5	2		20
Раздел 2	Моделирование элементов и расчеты режимов работы электрических сетей	100,3	2,3	8	6	84
Тема 3	Моделирование элементов электрических сетей	36,5	0,5	2		34
Тема 4	Расчеты режимов работы электрических сетей	63,8	1,8	6	6	50
Раздел 3	Режимы работы электроэнергетических систем	43	1		2	40
Тема 5	Балансы мощностей	15,5	0,5			15
Тема 6	Компенсация реактивной мощности	27,5	0,5		2	25

Содержание дисциплины (заочное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Основные понятия, термины и определения. Особенности систем передачи и распределения электрической энергии. Номинальные напряжения элементов электрических сетей. Режимы нейтралей электрических сетей
Тема 2	Принципы конструктивного исполнения воздушных и кабельных электрических сетей. Механические расчеты линий электропередач. Устройство КТП, релейная защита.
Тема 3	Характеристика и расчет параметров схем замещения воздушных и кабельных линий электропередач. Моделирование компенсирующих устройств в электрических сетях. Параметры и схемы замещения двухобмоточных и трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов.
Тема 4	Расчет режима линии электропередачи при заданном токе нагрузки. Расчет режима линии электропередачи при заданной мощности нагрузки. Падение и потеря напряжения в линии. Расчет сети из двух последовательных линий при заданных мощностях нагрузки и напряжении в конце. Расчет разомкнутой сети (в два этапа) при заданных мощностях нагрузки и напряжении источника питания. Расчетные нагрузки подстанций. Определение напряжения на стороне низшего напряжения подстанций. Расчет сети с разными номинальными напряжениями. Допущения при расчете разомкнутых распределительных сетей напряжением до 35 кВ. Определение наибольшей потери напряжения. Расчет линии с равномерно распределенной нагрузкой. Распределение потоков мощности и напряжений в простых замкнутых сетях. Вопросы качества электрической энергии (несимметрия, несинусоидальность)
Тема 5	Баланс активной мощности и его связь с частотой. Регулирование частоты в электроэнергетической системе. Понятие об оптимальном распределении активных мощностей. Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением.
Тема 6	Виды и способы компенсации реактивной мощности. Схемы подключения конденсаторных батарей,

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Литература для самостоятельной работы студентов

1. Кочетков Н. П., Родыгина Т. А. Расчет питающих и распределительных сетей [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсу «Электрические сети» для студентов, обучающихся по направлению «Агроинженерия» магистерской программы «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве», - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2017. - 52 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=19859>

2. Кочетков Н. П., Родыгина Т. А., Васильев Д. А. Конспект лекций по курсу «Электрические сети и системы» [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям «Агроинженерия» и «Теплоэнергетика и теплотехника», - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2019. - 80 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=26915>

3. Родыгина Т. А., Гаврилов Р. И. Расчет питающих и распределительных сетей [Электронный ресурс]: практикум по дисциплине «Электрические сети и системы» для студентов, обучающихся по направлениям «Агроинженерия», «Теплотехника и теплоэнергетика», - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2020. - 58 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=42625>; <https://lib.rucont.ru/efd/783535/info>

4. Родыгина Т. А., Гаврилов Р. И. Электрические сети и системы [Электронный ресурс]: лабораторный практикум для студентов магистратуры, обучающихся по направлениям «Агроинженерия» и «Теплоэнергетика и теплотехника», - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2021. - 84 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=42961>; <https://lib.rucont.ru/efd/746348/info>; <https://e.lanbook.com/book/173047?category=939&publisher=28138>

Вопросы и задания для самостоятельной работы (очная форма обучения)

Третий семестр (109 ч.)

Вид СРС: Лабораторная работа (подготовка) (43 ч.)

Вид учебного занятия, направленный на углубление и закрепление знаний, практических навыков, овладение методикой и техникой эксперимента. При подготовке осуществляется изучение теоретического материала, изучение методики эксперимента, выполнение конспекта к лабораторной работе.

Вид СРС: Тест (подготовка) (16 ч.)

Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Вид СРС: Расчетно-графические работы (выполнение) (50 ч.)

Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.

Вопросы и задания для самостоятельной работы (заочная форма обучения)

Всего часов самостоятельной работы (149 ч.)

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (60 ч.)

Самостоятельное изучение вопроса, согласно рекомендуемой преподавателем основной и дополнительной литературы.

Вид СРС: Лабораторная работа (подготовка) (35 ч.)

Вид учебного занятия, направленный на углубление и закрепление знаний, практических навыков, овладение методикой и техникой эксперимента. При подготовке осуществляется изучение теоретического материала, изучение методики эксперимента, выполнение конспекта к лабораторной работе.

Вид СРС: Тест (подготовка) (14 ч.)

Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Вид СРС: Выполнение индивидуального задания (40 ч.)

Выполнение индивидуального задания предусматривает описание и расчет необходимого комплекса мероприятий по заданию преподавателя.

7. Тематика курсовых работ(проектов)

Курсовые работы (проекты) по дисциплине не предусмотрены.

8. Фонд оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации

8.1. Компетенции и этапы формирования

Коды компетенций	Этапы формирования		
	Курс, семестр	Форма контроля	Разделы дисциплины

ПК-6	2 курс, Третий семестр	Экзамен	Раздел 1: Общая характеристика систем передачи и распределения электрической энергии.
ПК-1 ПК-6	2 курс, Третий семестр	Экзамен	Раздел 2: Моделирование элементов и расчеты режимов работы электрических сетей.
ПК-6	2 курс, Третий семестр	Экзамен	Раздел 3: Режимы работы электроэнергетических систем.

8.2. Показатели и критерии оценивания компетенций, шкалы оценивания

В рамках изучаемой дисциплины студент демонстрирует уровни овладения компетенциями:

Повышенный уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения является основой для формирования компетенций, соответствующих требованиям ФГОС. Обучающиеся способны использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практико-ориентированных ситуациях.

Базовый уровень:

Обучающиеся продемонстрировали результаты на уровне осознанного владения знаниями, умениями, навыками. Обучающиеся способны анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практико-ориентированных ситуациях.

Пороговый уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения показывает, что обучающиеся обладают необходимой системой знаний и владеют некоторыми умениями по дисциплине. Обучающиеся способны понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практико-ориентированных задач.

Уровень ниже порогового:

Результаты обучения свидетельствуют об усвоении ими некоторых элементарных знаний основных вопросов по дисциплине. Допущенные ошибки и неточности показывают, что студенты не овладели необходимой системой знаний по дисциплине.

Уровень сформированности компетенции	Шкала оценивания для промежуточной аттестации	
	Экзамен (дифференцированный зачет)	Зачет
Повышенный	5 (отлично)	зачтено
Базовый	4 (хорошо)	зачтено
Пороговый	3 (удовлетворительно)	зачтено
Ниже порогового	2 (неудовлетворительно)	не зачтено

Критерии оценки знаний студентов по дисциплине

Оценка Отлично:

Полнота знаний: уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.

Наличие умений: продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.

Наличие навыков (владение опытом): продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции полностью соответствует требованиям;
- имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: высокий.

Оценка Хорошо:

Полнота знаний: уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок.

Наличие умений: продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, некоторые с недочетами.

Наличие навыков (владение опытом): продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции в целом соответствует требованиям;
- имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: средний.

Оценка Удовлетворительно:

Полнота знаний: минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок.

Наличие умений: продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме.

Наличие навыков (владение опытом): имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям;
- имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач.

Уровень сформированности компетенций: ниже среднего.

Оценка Неудовлетворительно:

Полнота знаний: уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки.

Наличие умений: при решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки.

Наличие навыков (владение опытом): при решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки.

Характеристика сформированности компетенций:

- компетенция в полной мере не сформирована;
- имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: низкий.

8.3. Типовые вопросы, задания текущего контроля

Раздел 1: Общая характеристика систем передачи и распределения электрической энергии

ПК-6 Способен к проектной деятельности на основе системного подхода, умением строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ

1. Какова классификация электрических сетей по напряжению, охвату территории, назначению?

2. В чём преимущества и недостатки сложноразветвленных систем передачи электроэнергии
3. Какими факторами определяется выбор типа линии электропередачи
4. Из каких материалов изготавливают провода и грозозащитные тросы
5. Какое назначение стальной составляющей в сталеалюминевом проводе?
6. Выбор схем и номинальных напряжений элементов электрических систем.
7. Характеристики линий с самонесущими изолированными проводами
8. Расчет воздушных линий на механическую прочность

9. Определить наиболее выгодное напряжение для питающей сети сельского района при длине линии 50 км и передаваемой мощности 30 МВт.

Раздел 2: Моделирование элементов и расчеты режимов работы электрических сетей

ПК-6 Способен к проектной деятельности на основе системного подхода, умением строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ

1. Для каких целей используют схемы замещения? Назовите преимущества и недостатки этих схем.
2. Как зависит ёмкостная проводимость от сечения проводов и конструкции фаз воздушной линии электропередачи
3. С помощью каких изменений конструкции фаз и опор можно уменьшить индуктивное сопротивление линии электропередачи?
4. Зачем выполняют транспозицию (перестановку) фазных проводов
5. Расчет параметров схем замещения воздушных и кабельных линий различных напряжений.
6. Расчет параметров схем замещения трансформаторов и автотрансформаторов
7. Что входит в состав расчетных нагрузок подстанций при расчетах режимов электрических сетей
8. Методика расчета мощностей в радиально-магистральных сетях
9. Методика расчета мощностей в замкнутых сетях
10. В чем состоит отличие понятий «потеря напряжения» и «падение напряжения»? Что называется продольной и поперечной составляющими падения напряжения, отклонения напряжения?
11. Какие параметры электрического режима связывают мощности и напряжения по концам электропередачи?
12. Расчет напряжений в различных точках линии электропередачи
13. Что необходимо учитывать при проектировании сети для выполнения требований ГОСТ Р 54149-2010 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» к несинусоидальности токов и напряжений
14. Какие технические мероприятия необходимо предусмотреть при проектировании электрической сети для повышения надежности электроснабжения

ПК-1 Способен применять знания о современных методах исследований

1. Какими схемами замещения моделируются линии электропередач и трансформаторы
2. Из каких этапов состоит итерационный алгоритм расчета участка (звена) сети по заданной мощности приемного конца?
3. Представление в матричной форме совокупности нагрузочных и задающих токов
4. Представление в матричной форме конфигурации сети с использованием теории графов
5. Метод контурных токов в матричной форме
6. Метод узловых напряжений в матричной форме
7. Использование программ КУРС-1000, РУЭР, основанных на итерационных методах матричного исчисления с целью расчета установившихся режимов замкнутых электрических цепей сложной конфигурации рассчитываются итерационными

Раздел 3: Режимы работы электроэнергетических систем

ПК-6 Способен к проектной деятельности на основе системного подхода, умением строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ

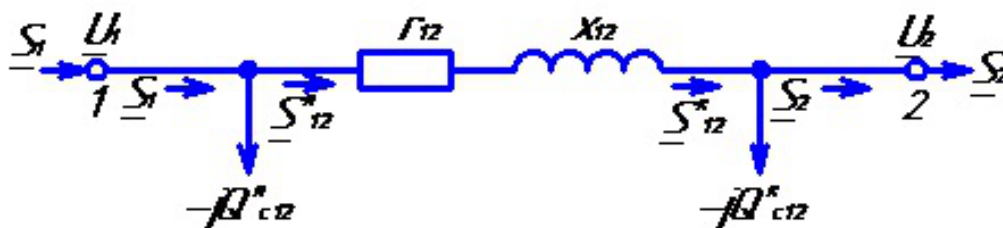
1. Баланс активной мощности и его связь с частотой
2. Регулирование частоты в электроэнергетической системе
3. Оптимальное распределение активных мощностей в энергосистеме
4. Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением
5. Методы регулирования напряжения. Регулирование напряжения на электростанциях
6. Регулирование напряжения на понижающих подстанциях
7. За счёт чего установка компенсирующих устройств позволяет регулировать напряжение, снижать потери мощности и электроэнергии?
8. В каких электрических сетях и с какой целью устанавливаются устройства продольной компенсации?
9. Каково назначение синхронных компенсаторов в электроэнергетических системах?
10. Выбор компенсирующих устройств

8.4. Вопросы промежуточной аттестации

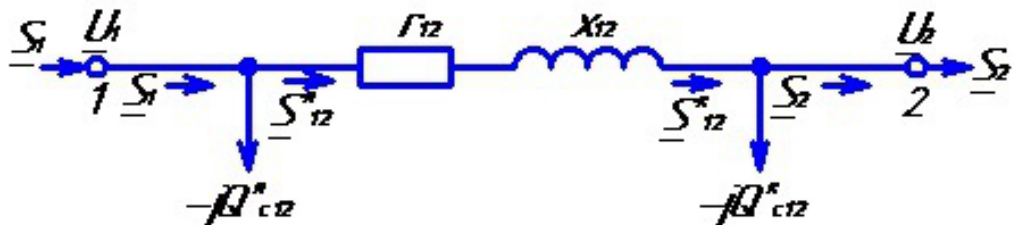
Третий семестр (Экзамен, ПК-1, ПК-6)

1. Провода и опоры воздушных линий электропередачи
2. Расчет потери мощности в линии с равномерно распределенной нагрузкой
3. Проектируемый завод с максимальной нагрузкой 32МВА и $\cos\varphi = 0,92$ предполагается питать от районной подстанции имеющей напряжения 110,35 и 10 кВ, которая удалена от завода на расстояние 50км. Предварительно выбрать напряжение ЛЭП, используемой для этой цели
4. П-образная схема замещения линии электропередачи
5. Расчет потери напряжения в линии с равномерно распределенной нагрузкой
6. Определить единичные механические нагрузки сталеалюминиевого провода АС 120/19 для ВЛ 110 кВ III ветрового района ($q = 50 \text{ Н/м}^2$; $C_x = 1,2$; $\alpha = 0,783$) и II района гололедности ($b = 10 \text{ мм}$) при следующих исходных данных: сечение алюминия 118 мм², сечение стали 18,8 мм², общее сечение провода 136,8 мм², диаметр провода 15,2 мм, масса 1 км провода равна 471 кг
7. Схема замещения двухобмоточного трансформатора
8. Распределение потоков мощности в простой замкнутой сети без учета потерь мощности (предварительное потокораспределение)
9. Трасса сооружаемой ВЛ на номинальное напряжение 220кВ проходит по населенной местности, относящейся ко II гололедному и III ветровому районам. На унифицированных двухцепных стальных опорах будут смонтированы сталеалюминевые провода марки АС 300/66. Рассчитать удельные механические нагрузки от внешних воздействий на провода
10. Схема замещения трехобмоточного трансформатора и автотранс-форматора
11. Распределение потоков мощности в простой замкнутой сети с учетом потерь мощности (окончательное потокораспределение)
12. Определить стрелу провеса проводов ВЛ 10 кВ при длине пролета 100 м и длине проводов в пролете 100,24 м.
13. Обобщенные статические характеристики комплексной нагрузки по напряжению и частоте
14. Распределение напряжений в линии с двухсторонним питанием
15. Выбрать тип изоляторов и арматуры для поддерживающих гирлянд линии 110 кВ ($G_r = 400 \text{ Н}$) с железобетонными опорами и проводами АС 185/29 ($p_1 = 7,28 \text{ Н/м}$), проходящей в IV районе гололедности ($p_7 = 29,2 \text{ Н/м}$), III ветровом районе без загрязнения атмосферы, при весовом пролете 275 м
16. Расчет режима линии электропередачи при заданных мощности нагрузки и напряжении в конце линии

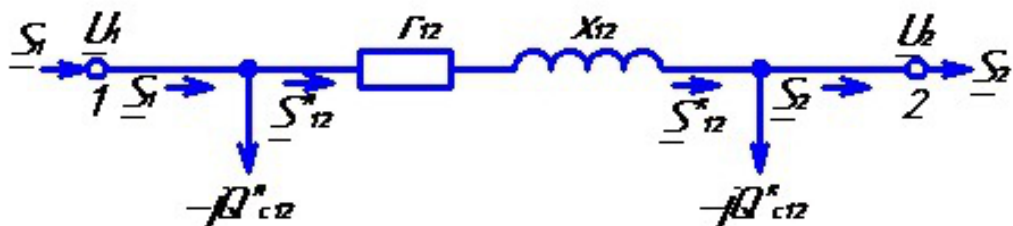
17. Баланс активной мощности и его связь с частотой
18. Показать в разрезе сечение трехжильного бронированного кабеля с бумажной изоляцией напряжением 6-10 кВ, назвать и пояснить все основные элементы конструкции этого кабеля
19. Расчет в два этапа при заданной мощности нагрузки в конце линии и заданном напряжении в начале линии
20. Регулирование частоты вращения турбины
21. Определить емкостную проводимость участка одноцепной ВЛ 110 кВ длиной 120 км, выполненного проводом АС-185/29 ($D_{ср} = 3500$ мм; $d = 18,8$ мм).
22. Расчет напряжения в начале линии, продольной и поперечной составляющих падения напряжения при известных мощности и напряжении в конце линии
23. Регулирование частоты в электроэнергетической системе
24. Определить потери активной мощности в обмотках трансформатора ТРДН-40000/220 ($S_{ном} = 40$ МВА; $\Delta P_k = 170$ кВт), если нагрузка трансформатора составляет $S_2 = 38$ МВА
25. Расчет напряжения в конце линии, продольной и поперечной составляющих падения напряжения при известных мощности и напряжении в начале линии
26. Оптимальное распределение активной мощности между электростанциями
27. Определить напряжения КЗ для лучей схемы замещения (ук.в%, ук.с%, ук.н%) трансформатора ТМТН-6300/110 (6,3 МВА; 115/38,5/11 кВ; ук.в-с = 10,5%, ук.с-н = 6%, ук.в-н = 17%)
28. Определение расчетной нагрузки подстанции
29. Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением
30. В каком режиме напряжение в конце ЛЭП 110кВ может быть больше, чем напряжение в начале линии? Доказать с помощью векторной диаграммы
31. Основные допущения при расчете разомкнутых распределительных сетей напряжением до 35 кВ
32. Компенсация реактивной мощности
33. Определить в общем виде расчетную нагрузку ПС2, подключенной к узлу 2 и питаемой по линиям 1-2 и 2-3. Исходные данные: на ПС2 установлены два трехфазных двухобмоточных трансформатора, потери мощности в трансформаторах равны $\Delta S_T = \Delta P_T + j\Delta Q_T$, к шинам НН подключена нагрузка $S_{НН} = P_{НН} + jQ_{НН}$
34. Определение наибольшей потери напряжения в разветвленной распределительной сети
35. Компенсирующие устройства
36. Участок 1-2 ВЛ 110 кВ характеризуется следующими параметрами: $U_2 = 108,8$ кВ, $S_2 = 10 + j5$ МВА, $Z_{1-2} = 17 + j38$ Ом, $B = 227 \cdot 10^{-6}$ Ом $^{-1}$. Определить напряжение в начале участка 1-2, мощности в начале и в конце продольной части линии, потери мощности на участке 1-2, мощность в начале участка 1-2.



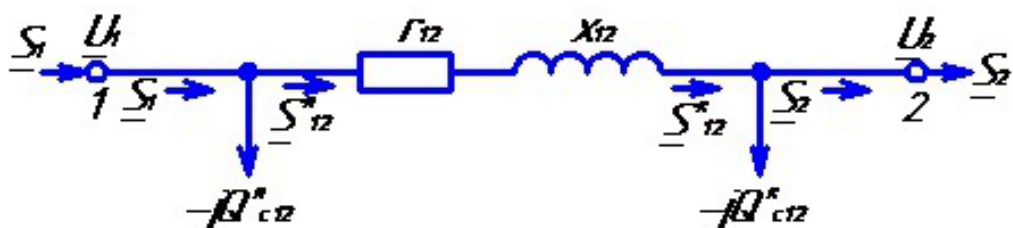
37. Расчет потери мощности в линии с равномерно распределенной нагрузкой
38. Расчет режима линии электропередачи при заданных мощности нагрузки и напряжении в конце линии
39. Нагрузка $S_2 = 12 + j9$ МВА питается от шин электростанции по одноцепной линии 110 кВ длиной 80 км. Схема замещения линии показана на рисунке, её параметры $r_{12} = 22,18$ Ом, $x_{12} = 30,4$ Ом, $b_{12} = 240,8 \cdot 10^{-6}$ См. напряжение на шинах электростанции $U_1 = 118$ кВ. Определить мощность S_1 , вырабатываемую электростанцией, и напряжение в конце линии U_2 .



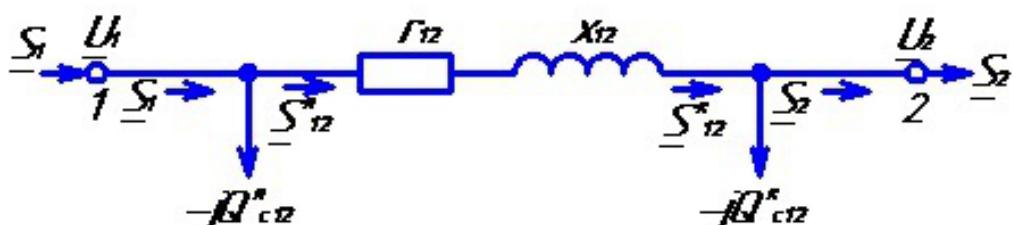
40. Расчет потери напряжения в линии с равномерно распределенной нагрузкой
41. Расчет в два этапа при заданной мощности нагрузки в конце линии и заданном напряжении в начале линии
42. Определить падение и потерю напряжения в линии, показанной на рисунке, по известным мощности нагрузки $S_2=85+j30$ МВА и напряжению в конце линии $U_2 = 195,8 - j3,65$ кВ.



43. Распределение потоков мощности в простой замкнутой сети без учета потерь мощности (предварительное потокораспределение)
44. Расчет напряжения в начале линии, продольной и поперечной составляющих падения напряжения при известных мощности и напряжении в конце линии
45. Определить падение и потерю напряжения в линии по известным мощности в начале линии $S_{n12} = 15,61+j9,6$ МВА и напряжению в начале линии $U_1 = 115,9 + j0,15$ кВ; $U_1 = 115,9$ кВ. Определить мощность и напряжение в конце линии S_1 , U_2



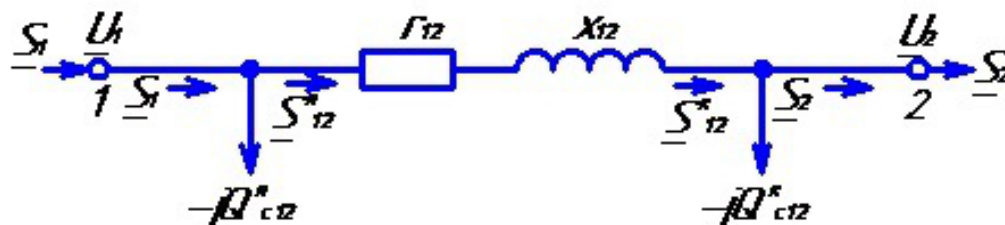
46. Распределение потоков мощности в простой замкнутой сети с учетом потерь мощности (окончательное потокораспределение)
47. Расчет напряжения в конце линии, продольной и поперечной составляющих падения напряжения при известных мощности и напряжении в начале линии
48. Нагрузка $S_2=12+j9$ МВА питается от шин электростанции по одноцепной линии 110 кВ длиной 80 км. Схема замещения линии показана на рисунке, её параметры $r_{12} = 22,18$ Ом, $x_{12} = 30,4$ Ом, $b_{12} = 240,8 \cdot 10^{-6}$ См. напряжение на шинах электростанции $U_1 = 118$ кВ. Определить мощность S_1 , вырабатываемую электростанцией, и напряжение в конце линии U_2



49. Распределение напряжений в линии с двухсторонним питанием

50. Определение расчетной нагрузки подстанции

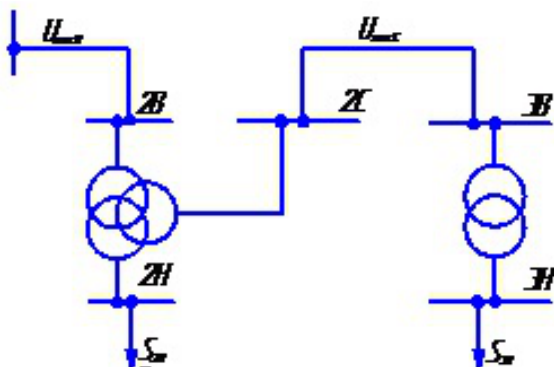
51. Схема замещения линии показана на рисунке, её параметры $r_{12} = 22,18 \text{ Ом}$, $x_{12} = 30,4 \text{ Ом}$, $b_{12} = 240,8 \cdot 10^{-6} \text{ См}$. Определить падение и потерю напряжения в линии, показанной на рисунке, по известным мощности нагрузки $S_2 = 85 + j30 \text{ МВА}$ и напряжению в конце линии $U_1 = 195,8 - j3,65 \text{ кВ}$.



52. Баланс активной мощности и его связь с частотой

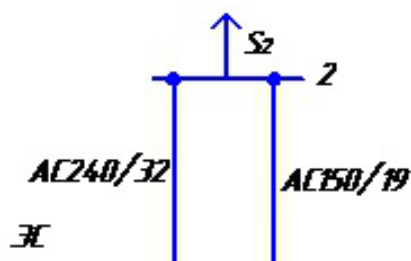
53. Основные допущения при расчете разомкнутых распределительных сетей напряжением до 35 кВ

54. Для исходной схемы сети с двумя номинальными напряжениями составить полную и упрощенную схемы замещения



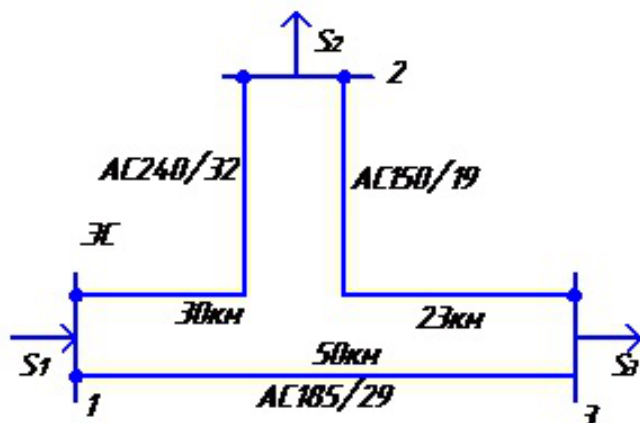
55. ПС2 подключена к узлу 2 и питается по линиям 1-2 и 2-3. Исходные данные: на ПС2 установлен один трехфазный двухобмоточный трансформатор, потери мощности в трансформаторе равны $\Delta S_t = \Delta P_t + j\Delta Q_t$, к шинам НН подключена нагрузка $S_{НН} = P_{НН} + jQ_{НН}$. Составить в общем виде схему замещения подстанции при совместном рассмотрении сети ВН и НН

56. Кольцевая сеть напряжением 110 кВ, показанная на рисунке, связывает электростанцию 1 с понижающими подстанциями 2, 3, имеющими расчетные нагрузки $S_2 = 40 + j30 \text{ МВА}$ и $S_3 = 50 + j28 \text{ МВА}$. Марки проводов, длины линий указаны на рисунке. Сопротивления их равны $Z_{12} = 3,6 + j12,5 \text{ Ом}$; $Z_{23} = 10 + j15 \text{ Ом}$; $Z_{13} = 8 + j15 \text{ Ом}$. Напряжение на шинах электростанции равно 118 кВ. Определить мощность, которая поступает с шин электростанции. Расчет провести без учета потерь мощности.





57. Кольцевая сеть напряжением 110 кВ, показанная на рисунке, связывает электростанцию 1 с понижающими подстанциями 2, 3, имеющими расчетные нагрузки $S_2 = 40 + j30$ МВА и $S_3 = 50 + j28$ МВА. Марки проводов, длины линий указаны на рисунке. Сопротивления их равны $Z_{12} = 3,6 + j12,5$ Ом; $Z_{23} = 10 + j15$ Ом; $Z_{13} = 8 + j15$ Ом. Напряжение на шинах электростанции равно 118 кВ. Определить напряжения в узлах 2, 3, а также наибольшую потерю напряжения для сети, показанной на рисунке



58. Для компенсации реактивной мощности на шинах ТП устанавливаются батареи конденсаторов, в которых конденсаторы соединены по схеме треугольник. Сравните реактивную мощность, генерируемую установкой в сравнении со схемой звезда

59. Определить потерю напряжения на участке 1-2 ВЛ 10 кВ длиной 2,4 км, выполненной проводом АС 70/11 ($r_0 = 0,42$ Ом/км, $x_0 = 0,392$ Ом/км), если нагрузка на участке составляет $S_{1-2} = 240 + j155$ кВА.

60. Способы компенсации реактивной мощности. В каких случаях дополнительно подключаются секции батарей конденсаторов в регулируемых установках БСК?

8.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Контроль знаний студентов по дисциплине проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий и промежуточный контроль. Методы контроля: - тестовая форма контроля; - устная форма контроля – опрос и общение с аудиторией по поставленной задаче в устной форме; - решение определенных заданий (задач) по теме практического материала в конце практического занятия, в целях эффективности усвояемости материала на практике. - поощрение индивидуальных заданий, в которых студент проработал самостоятельно большое количество дополнительных источников литературы. Текущий контроль предусматривает устную форму опроса студентов и письменный экспресс-опрос по окончании изучения каждой темы.

9. Перечень учебной литературы

1. Ушаков В. Я. Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов : [для студентов, обучающихся по направлению подготовки "Электроэнергетика и электротехника"], - Москва: Юрайт, 2022. - 446 с. - Режим доступа: <https://urait.ru/book/elektroenergeticheskie-sistemy-i-seti-490265>

2. Кочетков Н. П., Родыгина Т. А., Васильев Д. А. Конспект лекций по курсу «Электрические сети и системы» [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям «Агроинженерия» и «Теплоэнергетика и теплотехника», - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2019. - 80 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=26915>

3. Электрические сети и системы [Электронный ресурс]: конспект лекций для магистров ФЭЭ, сост. Кочетков Н. П., Родыгина Т. А. - Ижевск: , 2014. - 82 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=12766&id=12794>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. <http://portal.udsau.ru> - Интернет-портал Удмуртского ГАУ
2. <http://lib.rucont.ru> - Электронная библиотечная система
3. <http://minenergo.gov.ru/> - Сайт Министерство энергетики Российской Федерации
4. <http://elibrary.ru/> - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

11. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины (модуля)

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, изучить перечень рекомендуемой литературы, приведенной в рабочей программе дисциплины. Для эффективного освоения дисциплины рекомендуется посещать все виды занятий в соответствии с расписанием и выполнять все домашние задания в установленные преподавателем сроки. В случае пропуска занятий по уважительным причинам, необходимо получить у преподавателя индивидуальное задание по пропущенной теме. Полученные знания и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения задач, не обязательно связанных с программой дисциплины. Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться Вашим умением ставить конкретные задачи, выявлять существующие проблемы, решать их и принимать на основе полученных результатов оптимальные решения. Основными видами учебных занятий для студентов по учебной дисциплине являются: занятия лекционного типа, занятия семинарского типа и самостоятельная работа студентов.

Формы работы	Методические указания для обучающихся
Лекционные занятия	Работа на лекции является очень важным видом деятельности для изучения дисциплины, т.к. на лекции происходит не только сообщение новых знаний, но и систематизация и обобщение накопленных знаний, формирование на их основе идейных взглядов, убеждений, мировоззрения, развитие познавательных и профессиональных интересов. Краткие записи лекций (конспектирование) помогает усвоить материал. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Прослушивание и запись лекции можно производить при помощи современных устройств (диктофон, ноутбук, нетбук и т.п.).

	Работая над конспектом лекций, всегда следует использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор, в том числе нормативно-правовые акты соответствующей направленности. По результатам работы с конспектом лекции следует обозначить вопросы, термины, материал, который вызывают трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на занятии семинарского типа. Лекционный материал является базовым, с которого необходимо начать освоение соответствующего раздела или темы.
Лабораторные занятия	При подготовке к занятиям и выполнении заданий студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя. Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу. Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий: - проработать конспект лекций; - проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю); - изучить решения типовых задач (при наличии); - решить заданные домашние задания; - при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю. В конце каждого занятия типа студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии семинарского типа или на индивидуальные консультации.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов является составной частью их учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков, поиск и приобретение новых знаний. Самостоятельная работа студентов включает в себя освоение теоретического материала на основе лекций, рекомендуемой литературы; подготовку к занятиям семинарского типа в индивидуальном и групповом режиме. Советы по самостоятельной работе с точки зрения использования литературы, времени, глубины проработки темы и др., а также контроль за деятельностью студента осуществляется во время занятий. Целью преподавателя является стимулирование самостоятельного, углублённого изучения материала курса, хорошо структурированное, последовательное изложение теории на занятиях лекционного типа, отработка навыков решения задач и системного анализа ситуаций на занятиях семинарского типа, контроль знаний студентов. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю. Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе обучающихся относится подготовка к практическим занятиям, по результатам которой представляется отчет преподавателю и проходит собеседование.

	При самостоятельной подготовке к практическому занятию обучающийся: - организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических работ; - изучает информационные материалы; - подготавливает и оформляет материалы практических работ в соответствии с требованиями. В результате выполнения видов самостоятельной работы происходит формирование компетенций, указанных в рабочей программы дисциплины (модуля).
Практические занятия	Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Ими могут быть: выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), занятия-конкурсы и т.д. При устном выступлении по контрольным вопросам семинарского занятия студент должен излагать (не читать) материал выступления свободно. Необходимо концентрировать свое внимание на том, что выступление должно быть обращено к аудитории, а не к преподавателю, т.к. это значимый аспект формируемых компетенций. По окончании семинарского занятия обучающемуся следует повторить выводы, полученные на семинаре, проследив логику их построения, отметив положения, лежащие в их основе. Для этого обучающемуся в течение семинара следует делать пометки. Более того, в случае неточностей и (или) непонимания какого-либо вопроса пройденного материала обучающемуся следует обратиться к преподавателю для получения необходимой консультации и разъяснения возникшей ситуации. При подготовке к занятиям студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя. Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу. Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий: - проработать конспект лекций; - проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю); - изучить решения типовых задач (при наличии); - решить заданные домашние задания; - при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю. В конце каждого занятия студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии или на индивидуальные консультации.

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а так же в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,
- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),
- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,
- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
- по желанию обучающегося задания могут выполняться в устной форме.

12. Перечень информационных технологий

Информационные технологии реализации дисциплины включают

12.1 Программное обеспечение

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. По подписке для учебного процесса. Последняя доступная версия программы. Astra Linux Common Edition. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.

2. Базовый пакет программ Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint). Microsoft Office Standard 2016. Бессрочная лицензия. Договор №79-ГК/16 от 11.05.2016. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №0313100010014000038-0010456-01 от 11.08.2014. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №26 от 19.12.2013. Microsoft Office Professional Plus 2010. Бессрочная лицензия. Договор №106-ГК от 21.11.2011. Р7-Офис. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.

12.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «Консультант плюс». Соглашение № ИКП2016/ЛСВ 003 от 11.01.2016 для использования в учебных целях бессрочное. Обновляется регулярно. Лицензия на все компьютеры, используемые в учебном процессе.
2. Профессиональные базы данных на платформе 1С: Предприятие с доступными конфигурациями (1С: ERP Агропромышленный комплекс 2, 1С: ERP Энергетика, 1С: Бухгалтерия молокозавода, 1С: Бухгалтерия птицефабрики, 1С: Бухгалтерия элеватора и комбикормового завода, 1С: общепит, 1С: Ресторан. Фронт-офис). Лицензионный договор № Н8775 от 17.11.2020 г.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Оснащение аудиторий

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории
2. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (практических занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории
3. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (лабораторных занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью, Лабораторные стенды
4. Помещение для самостоятельной работы. Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
5. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.