

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I»

УТВЕРЖДАЮ
Декан агроинженерного факультета
Оробинский В.И.
«24» июня 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ФТД.02 Основы расчета электрических сетей

Направление подготовки 35.04.06 Агроинженерия

Направленность (профиль) «Электроснабжение»

Квалификация выпускника – магистр

Факультет – Агроинженерный

Кафедра электротехники и автоматики

Разработчик рабочей программы:

доцент, кандидат технических наук, доцент Гуков Павел Олегович

Воронеж – 2021 г.

Рабочая программа разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия, утвержденным приказом Министра образования и науки Российской Федерации от 26 июля 2017 года № 709.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры электротехники и автоматики (протокол № 12 от 23 июня 2021 г.)

Заведующий кафедрой _____



подпись

Афоничев Д.Н.

Рабочая программа рекомендована к использованию в учебном процессе методической комиссией агроинженерного факультета (протокол № 10 от 24 июня 2021 г.).

Председатель методической комиссии _____



подпись

Костиков О.М.

Рецензент рабочей программы начальник ЦУС (Центр управления сетями) филиала ПАО «МРСК Центра» – «Воронежэнерго» Золотарев С.В.

1. Общая характеристика дисциплины

1.1. Цель дисциплины

Цель изучения дисциплины - формирование знаний об основных методиках расчета и получение практических навыков расчета режимов электрических сетей.

1.2. Задачи дисциплины

К задачам дисциплины относятся:
изучение основных методик расчетов установившихся режимов в электрических сетях, формирование умений и навыков применения расчетных методик для определения параметров режимов электрических сетей.

1.3. Предмет дисциплины

Предметом дисциплины являются методики расчета режимов электрических сетей.

1.4. Место дисциплины в образовательной программе

Дисциплина ФТД.02 Основы расчета электрических сетей относится к блоку ФТД. Факультативные дисциплины.

1.5. Взаимосвязь с другими дисциплинами

Дисциплина ФТД.02 Основы расчета электрических сетей взаимосвязана с дисциплинами Б1.В.04 Электрические системы и сети и Б1.В.01 Проектирование систем электроснабжения.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция		Индикатор достижения компетенции	
Код	Содержание	Код	Содержание
ПК-5	Способен проектировать системы электроснабжения и отдельные электроустановки в составе этих систем	35	Методики расчета электрических сетей
		У5	Выполнять расчет распределительных электрических сетей
		Н4	Расчета распределительных электрических сетей
Тип задач профессиональной деятельности – проектный			

3. Объём дисциплины и виды работ

3.1. Очная форма обучения

Показатели	Семестры	Всего
	3	
Общая трудоёмкость дисциплины, з.е./ч	2/72	2/72
Общая контактная работа, ч	28,15	28,15
Общая самостоятельная работа, ч	43,85	43,85
Контактная работа при проведении учебных занятий, в т.ч. (ч)	28	28
лекции	14	14
практические занятия, всего	14	14
из них в форме практической подготовки	-	-
лабораторные работы, всего	-	-
из них в форме практической подготовки	-	-
индивидуальные консультации при выполнении курсового проекта	-	-
индивидуальные консультации при выполнении курсовой работы	-	-
Самостоятельная работа при проведении учебных занятий, ч	35	35
Контактная работа промежуточной аттестации обучающихся, в т.ч. (ч)	0,15	0,15
групповые консультации	-	-
курсовая работа	-	-
курсовой проект	-	-
экзамен	-	-
зачет с оценкой	-	-
зачет	0,15	0,15
Самостоятельная работа при промежуточной аттестации, в т.ч. (ч)	8,85	8,85
выполнение курсового проекта	-	-
выполнение курсовой работы	-	-
подготовка к экзамену	-	-
подготовка к зачету с оценкой	-	-

подготовка к зачету	8,85	8,85
Форма промежуточной аттестации (зачёт (зачет с оценкой), экзамен, защита курсового проекта (работы))	Зачет	Зачет

3.2. Заочная форма обучения

Показатели	Семестры	Всего
	3	
Общая трудоёмкость дисциплины, з.е./ч	2/72	2/72
Общая контактная работа, ч	8,15	8,15
Общая самостоятельная работа, ч	63,85	63,85
Контактная работа при проведении учебных занятий, в т.ч. (ч)	8	8
лекции	4	4
практические занятия, всего	4	4
из них в форме практической подготовки	-	-
лабораторные работы, всего	-	-
из них в форме практической подготовки	-	-
индивидуальные консультации при выполнении курсового проекта	-	-
индивидуальные консультации при выполнении курсовой работы	-	-
Самостоятельная работа при проведении учебных занятий, ч	55	55
Контактная работа промежуточной аттестации обучающихся, в т.ч. (ч)	0,15	0,15
групповые консультации	-	-
курсовая работа	-	-
курсовой проект	-	-
экзамен	-	-
зачет с оценкой	-	-
зачет	0,15	0,15
Самостоятельная работа при промежуточной аттестации, в т.ч. (ч)	8,85	8,85
выполнение курсового проекта	-	-
выполнение курсовой работы	-	-
подготовка к экзамену	-	-
подготовка к зачету с оценкой	-	-
подготовка к зачету	8,85	8,85
Форма промежуточной аттестации (зачёт (зачет с оценкой), экзамен, защита курсового проекта (работы))	Зачет	Зачет

4. Содержание дисциплины

4.1. Содержание дисциплины в разрезе разделов и подразделов

Раздел 1. Элементы теории графов в расчетах режимов электрических сетей

Применение теории графов для моделирования режимов электрических сетей. Элементы графа электрической сети.

Раздел 2. Матричные модели режимов электрических сетей

Составление матриц для моделирования топологии схем электрических сетей. Законы Кирхгофа в матричном виде. Закон Ома в матричном виде.

Раздел 3. Расчет электрической сети с помощью узловых уравнений

Матрица узловых проводимостей. Балансирующий и базисный узел.

Раздел 4. Линейные уравнения установившегося режима электрической сети

Составление линейных уравнений установившегося режима. Методы решения систем линейных уравнений.

Раздел 5. Нелинейные уравнения установившегося режима электрической сети.

Составление нелинейных уравнений установившегося режима. Методы решения систем нелинейных уравнений. Тригонометрическая форма записи уравнений установившегося режима

4.2. Распределение контактной и самостоятельной работы при подготовке к занятиям по подразделам

4.2.1. Очная форма обучения

Разделы дисциплины	Контактная работа			СР
	лекции	ЛЗ	ПЗ	
Раздел 1. Элементы теории графов в расчетах режимов электрических сетей	2	-	2	7
Раздел 2. Матричные модели режимов электрических сетей	2	-	2	7
Раздел 3. Расчет электрической сети с помощью узловых уравнений	2	-	2	7
Раздел 4. Линейные уравнения установившегося режима электрической сети	4	-	4	7
Раздел 5. Нелинейные уравнения установившегося режима электрической сети.	4	-	4	7
Всего	14	-	14	35

4.2.2. Заочная форма обучения

Разделы дисциплины	Контактная работа			СР
	лекции	ЛЗ	ПЗ	
Раздел 1. Элементы теории графов в расчетах режимов электрических сетей	0,5	-	0,5	11
Раздел 2. Матричные модели режимов электрических сетей	0,5	-	0,5	11
Раздел 3. Расчет электрической сети с помощью узловых уравнений	1	-	1	11
Раздел 4. Линейные уравнения установившегося режима электрической сети	1	-	1	11
Раздел 5. Нелинейные уравнения установившегося режима электрической сети.	1	-	1	11
Всего	4	-	4	55

4.3. Перечень тем и учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Тема самостоятельной работы	Учебно-методическое обеспечение	Объем, ч	
			форма обучения	
			очная	заочная
1	Расчет и анализ установившихся режимов разомкнутых электрических сетей	Герасименко А. А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Электроэнергетика" / А. А. Герасименко, В. Т. Федин - Ростов н/Д: Феникс, 2008 - 716 с. С.225-235	7	11

2	Расчет установившихся режимов простых замкнутых электрических сетей	Герасименко А. А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Электроэнергетика" / А. А. Герасименко, В. Т. Федин - Ростов н/Д: Феникс, 2008 - 716 с. С.278-294	7	11
3	Моделирование и методы решения уравнений узловых напряжений	Герасименко А. А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Электроэнергетика" / А. А. Герасименко, В. Т. Федин - Ростов н/Д: Феникс, 2008 - 716 с. С.329-338	7	11
4	Решение уравнений узловых напряжений методом Ньютона	Герасименко А. А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Электроэнергетика" / А. А. Герасименко, В. Т. Федин - Ростов н/Д: Феникс, 2008 - 716 с. С.338-342	7	11

5	Расчет параметров установившегося режима электрической сети	Герасименко А. А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Электроэнергетика" / А. А. Герасименко, В. Т. Федин - Ростов н/Д: Феникс, 2008 - 716 с. С342-345	7	11
Всего			35	55

5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля

5.1. Этапы формирования компетенций

Раздел дисциплины	Компетенция	Индикатор достижения компетенции
Раздел 1. Элементы теории графов в расчетах режимов электрических сетей	ПК-5	35 У5 Н4
Раздел 2. Матричные модели режимов электрических сетей	ПК-5	35 У5 Н4
Раздел 3. Расчет электрической сети с помощью узловых уравнений	ПК-5	35 У5 Н4
Раздел 4. Линейные уравнения установившегося режима электрической сети	ПК-5	35 У5 Н4
Раздел 5. Нелинейные уравнения установившегося режима электрической сети.	ПК-5	35 У5 Н4

5.2. Шкалы и критерии оценивания достижения компетенций

5.2.1. Шкалы оценивания достижения компетенций

Вид оценки	Оценки	
Академическая оценка по 2-х балльной шкале	не зачетно	зачтено

5.2.2. Критерии оценивания достижения компетенций

Критерии оценки на зачете

Оценка, уровень достижения компетенций	Описание критериев
Зачтено, высокий	Студент выполнил все задания, предусмотренные рабочей программой, отчитался об их выполнении, демонстрируя отличное знание освоенного материала и умение самостоятельно решать сложные задачи дисциплины
Зачтено, продвинутый	Студент выполнил все задания, предусмотренные рабочей программой, отчитался об их выполнении, демонстрируя хорошее знание освоенного материала и умение самостоятельно решать стандартные задачи дисциплины
Зачтено, пороговый	Студент выполнил все задания, предусмотренные рабочей программой, отчитался об их выполнении, демонстрируя знание основ освоенного материала и умение решать стандартные задачи дисциплины с помощью преподавателя
Не зачтено, компетенция не освоена	Студент выполнил не все задания, предусмотренные рабочей программой или не отчитался об их выполнении, не подтверждает знание освоенного материала и не умеет решать стандартные задачи дисциплины даже с помощью преподавателя

Критерии оценки тестов

Оценка, уровень достижения компетенций	Описание критериев
Отлично, высокий	Содержание правильных ответов в тесте не менее 90%
Хорошо, продвинутый	Содержание правильных ответов в тесте не менее 75%
Удовлетворительно, пороговый	Содержание правильных ответов в тесте не менее 50%
Неудовлетворительно, компетенция не освоена	Содержание правильных ответов в тесте менее 50%

Критерии оценки устного опроса

Оценка, уровень достижения	Описание критериев
----------------------------	--------------------

компетенций	
Зачтено, высокий	Студент демонстрирует уверенное знание материала, четко выражает свою точку зрения по рассматриваемому вопросу, приводя соответствующие примеры
Зачтено, продвинутый	Студент демонстрирует уверенное знание материала, но допускает отдельные погрешности в ответе
Зачтено, пороговый	Студент демонстрирует существенные пробелы в знаниях материала, допускает ошибки в ответах
Не зачтено, компетенция не освоена	Студент демонстрирует незнание материала, допускает грубые ошибки в ответах

Критерии оценки решения задач

Оценка, уровень достижения компетенций	Описание критериев
Зачтено, высокий	Студент уверенно знает методику и алгоритм решения задачи, не допускает ошибок при ее выполнении.
Зачтено, продвинутый	Студент в целом знает методику и алгоритм решения задачи, не допускает грубых ошибок при ее выполнении.
Зачтено, пороговый	Студент в целом знает методику и алгоритм решения задачи, допускает ошибок при ее выполнении, но способен исправить их при помощи преподавателя.
Не зачтено, компетенция не освоена	Студент не знает методику и алгоритм решения задачи, допускает грубые ошибки при ее выполнении, не способен исправить их при помощи преподавателя.

5.3. Материалы для оценки достижения компетенций**5.3.1. Оценочные материалы промежуточной аттестации****5.3.1.1. Вопросы к экзамену (не предусмотрен)****5.3.1.2. Задачи к зачёту**

№	Содержание	Компетенция	ИДК
1.	Заданы мощности P, Q и напряжение в конце участка линии 10 кВ. Рассчитать мощность и напряжение в начале участка.	ПК-5	У5
2.	В линии 10 кВ с двухсторонним питанием заданы напряжения	ПК-5	У5

	источников и мощности нагрузочных узлов. Определить точку потокораздела мощности		
3.	Заданы мощности P, Q и напряжение в начале участка линии 10 кВ. Рассчитать мощность и напряжение в конце участка.	ПК-5	У5
4.	В линии 35 кВ с двухсторонним питанием заданы напряжения источников и мощности нагрузочных узлов. Определить точку потокораздела мощности	ПК-5	У5
5.	Заданы мощности P, Q и напряжение в конце участка линии 35 кВ. Рассчитать мощность и напряжение в начале участка.	ПК-5	Н4
6.	Заданы мощности P, Q и напряжение в начале участка линии 10 кВ. Рассчитать мощность и напряжение в конце участка.	ПК-5	Н4
7.	Задана сложноразветвленная сеть. Составить систему контурных уравнений	ПК-5	Н4
8.	Задана сложноразветвленная сеть. Составить систему узловых напряжений	ПК-5	Н4

5.3.1.3. Вопросы к зачету с оценкой (не предусмотрен)

5.3.1.4. Вопросы к зачету

№	Содержание	Компетенция	ИДК
1.	1. Применение теории графов для моделирования режимов электрических сетей.	ПК-5	35
2.	Элементы графа электрической сети.	ПК-5	35
3.	Составление матриц для моделирования топологии схем электрических сетей.	ПК-5	35
4.	Чем характеризуется продольная ветвь графа электрической сети?	ПК-5	35
5.	Чем характеризуется поперечная ветвь графа электрической сети?	ПК-5	35
6.	Какие переменные, характеризующие режим работы электрической сети, являются независимыми?	ПК-5	35
7.	Законы Кирхгофа в матричном виде.	ПК-5	35
8.	Из каких составляющих складывается задающий ток узла электрической сети?	ПК-5	35
9.	Закон Ома в матричном виде.	ПК-5	35

№	Содержание	Компетенция	ИДК
10.	Матрица узловых проводимостей.	ПК-5	35
11.	Балансирующий узел в схеме электрической сети.	ПК-5	35
12.	Базисный узел в схеме электрической сети.	ПК-5	35
13.	Линейные уравнения установившегося режима.	ПК-5	35
14.	Методы решения систем линейных уравнений.	ПК-5	35
15.	Нелинейные уравнения установившегося режима.	ПК-5	35
16.	Методы решения систем нелинейных уравнений.	ПК-5	35
17.	Уравнения установившегося режима с вещественными переменными.	ПК-5	35
18.	Тригонометрическая форма записи уравнений установившегося режима.	ПК-5	35
19.	Параметры схем замещения линий электропередачи и силовых трансформаторов.	ПК-5	35
20.	Какие исходные данные необходимы для выполнения расчета установившегося режима сети?	ПК-5	35
21.	Какие методы чаще всего используют для расчета установившихся режимов простейших сетей?	ПК-5	35
22.	Как влияют данные о нагрузке и напряжениях в узлах на последовательность расчета режима разомкнутой сети?	ПК-5	35
23.	Какова последовательность расчета режима разомкнутой сети при заданном напряжении в ее конечном узле?	ПК-5	35
24.	В чем сущность метода расчета режима разомкнутой сети «в два этапа»?	ПК-5	35
25.	Какое допущение принимается при расчете режима разомкнутой сети на первом этапе?	ПК-5	35
26.	В каком случае протекает уравнивающий ток (мощность) в сети с	ПК-5	35

№	Содержание	Компетенция	ИДК
	двусторонним питанием? Как определить их величину и направление?		
27.	Что такое точка потокораздела и как она определяется?	ПК-5	35
28.	Каковы особенности правила моментов для однородной сети?	ПК-5	35
29.	Как выполняется расчет режима сети с двусторонним питанием, если точки потокораздела активной и реактивной мощности не совпадают?	ПК-5	35
30.	Каким образом проверить правильность расчета токов в сети с двусторонним питанием?	ПК-5	35

5.3.2. Оценочные материалы текущего контроля

5.3.2.1. Вопросы тестов

№	Содержание	Компетенция	ИДК
1	Для расчета реактивного сопротивления в схеме замещения двухобмоточного силового трансформатора необходимо знать: 1) номинальную мощность и номинальное напряжение; 2) номинальную мощность, номинальное напряжение и потери короткого замыкания; 3) номинальную мощность, номинальное напряжение и потери холостого хода; 4) номинальную мощность, номинальное напряжение и напряжение короткого замыкания	ПК-5	35
2	Для расчета активной проводимости в схеме замещения двухобмоточного силового трансформатора необходимо знать: 1) номинальную мощность и номинальное напряжение; 2) номинальную мощность, номинальное напряжение и потери короткого замыкания; 3) номинальное напряжение и потери холостого хода; 4) номинальную мощность, номинальное напряжение и напряжение короткого замыкания	ПК-5	35
3	Для расчета активного сопротивления в схеме замещения двухобмоточного силового трансформатора необходимо знать: 1) номинальную мощность и номинальное напряжение;	ПК-5	35

	<p>2) номинальную мощность, номинальное напряжение и потери короткого замыкания;</p> <p>3) номинальную мощность, номинальное напряжение и потери холостого хода;</p> <p>4) номинальную мощность, номинальное напряжение и напряжение короткого замыкания</p>		
4	<p>Для расчета реактивной проводимости в схеме замещения двухобмоточного силового трансформатора необходимо знать:</p> <p>1) номинальную мощность, номинальное напряжение и ток холостого хода;</p> <p>2) номинальную мощность, номинальное напряжение и потери короткого замыкания;</p> <p>3) номинальное напряжение и потери холостого хода;</p> <p>4) номинальную мощность, номинальное напряжение и напряжение короткого замыкания</p>	ПК-5	35
5	<p>ВЛ напряжением 110 кВ имеет погонные параметры: $r_0=0,306$ Ом/км, $x_0=0,421$ Ом/км, $b_0=2,7$ мкСм/км. Участок линии длиной 10 км обладает реактивным сопротивлением:</p> <p>1) 0,605 Ом; 2) 1,25 Ом; 3) 4,21 Ом; 4) 0,031 Ом</p>	ПК-5	35
6	<p>ВЛ напряжением 110 кВ имеет погонные параметры: $r_0=0,306$ Ом/км, $x_0=0,421$ Ом/км, $b_0=2,7$ мкСм/км. Участок линии длиной 5 км обладает активным сопротивлением:</p> <p>1) 1,53 Ом; 2) 1,25 Ом; 3) 2,175 Ом; 4) 0,325 Ом</p>	ПК-5	35
7	<p>Какой из элементов схемы замещения линии обусловлен ЭДС индукции?</p> <p>1) R, 2) X, 3) B/2, 4) G/2</p>	ПК-5	35
8	<p>Какой из элементов схемы замещения линии обусловлен активными потерями в проводах ?</p> <p>1) R, 2) X, 3) B/2, 4) G/2</p>	ПК-5	35
9	<p>Какой из элементов схемы замещения линии обусловлен наличием емкости между проводами фаз и проводами и землей?</p> <p>1) R, 2) X, 3) B/2, 4) G/2</p>	ПК-5	35

10	Какой из элементов схемы замещения линии обусловлен несовершенством изоляции и потерями на корону? 1) R, 2) X, 3) B/2, 4) G/2	ПК-5	35
11	Какой параметр схемы замещения силового трансформатора зависит от потерь холостого хода? 1) R, 2) X, 3) B, 4) G	ПК-5	35
12	Какой параметр схемы замещения силового трансформатора зависит от потерь короткого замыкания? 1) R, 2) X, 3) B, 4) G	ПК-5	35
13	Какой параметр схемы замещения силового трансформатора зависит от тока холостого хода? 1) R, 2) X, 3) B, 4) G	ПК-5	35
14	Какой параметр схемы замещения силового трансформатора зависит от напряжения короткого замыкания? 1) R, 2) X, 3) B, 4) G	ПК-5	35
15	Падением напряжения на участке линии электропередачи называется: 1) разность мгновенных значений напряжения в начале и конце участка; 2) разность комплексов действующих значений напряжения в начале и конце участка; 3) разность действующих значений напряжения в начале и конце участка; 4) произведение действующего значения тока на активное сопротивление участка.	ПК-5	35
16	Потерей напряжения на участке линии электропередачи называется: 1) разность мгновенных значений напряжения в начале и конце участка; 2) разность комплексов действующих значений напряжения в начале и конце участка; 3) разность действующих значений напряжения в начале и конце участка; 4) произведение действующего значения тока на активное сопротивление участка.	ПК-5	35
17	Поперечная составляющая падения напряжения равна нулю, если разность фаз напряжений в начале и в конце участка равна: 1) 0°, 2) 45°, 3) 90°, 4) -90°	ПК-5	35
18	Продольная составляющая падения напряжения вычисляется по формуле: 1) $\Delta U = \frac{PR - QX}{U}$, 2) $\Delta U = \frac{PR + QX}{U}$, 3) $\Delta U = \frac{QR - PX}{U}$, 4) $\Delta U = \frac{PX - QR}{U}$	ПК-5	35

19	<p>Поперечная составляющая падения напряжения вычисляется по формуле:</p> <p>1) $\Delta U = \frac{PR - QX}{U}$, 2) $\Delta U = \frac{PR + QX}{U}$, 3) $\Delta U = \frac{QR - PX}{U}$, 4) $\Delta U = \frac{PX - QR}{U}$</p>	ПК-5	35
20	<p>ВЛ напряжением 110 кВ имеет погонные параметры: $r_0=0,306$ Ом/км, $x_0=0,421$ Ом/км, $b_0=2,7$ мкСм/км. Участок линии длиной 2 км обладает емкостной проводимостью:</p> <p>1) 0,605 мкСм; 2) 13,0 мкСм; 3) 2,175 мкСм; 4) 5,40 мкСм</p>	ПК-5	35
21	<p>Двухцепная ВЛ напряжением 110 кВ имеет погонные параметры: $r_0=0,306$ Ом/км, $x_0=0,421$ Ом/км, $b_0=2,7$ мкСм/км. Участок линии длиной 10 км обладает активным сопротивлением:</p> <p>1) 2,53 Ом; 2) 1,53 Ом; 3) 2,175 Ом; 4) 0,325 Ом</p>	ПК-5	35
22	<p>Двухцепная ВЛ напряжением 110 кВ имеет погонные параметры: $r_0=0,306$ Ом/км, $x_0=0,421$ Ом/км, $b_0=2,7$ мкСм/км. Участок линии длиной 10 км обладает реактивным сопротивлением:</p> <p>1) 2,53 Ом; 2) 1,53 Ом; 3) 2,105 Ом; 4) 0,325 Ом</p>	ПК-5	35
23	<p>Двухцепная ВЛ напряжением 110 кВ имеет погонные параметры: $r_0=0,306$ Ом/км, $x_0=0,421$ Ом/км, $b_0=2,7$ мкСм/км. Участок линии длиной 5 км обладает емкостной проводимостью:</p> <p>1) 27 мкСм; 2) 13,0 мкСм; 3) 29 мкСм; 4) 5,40 мкСм</p>	ПК-5	35
24	<p>Потери мощности в силовом трансформаторе:</p> <p>1) равны потерям холостого хода; 2) равны нагрузочным потерям; 3) равны половине суммы нагрузочных потерь и потерь</p>	ПК-5	35

	холостого хода; 4) равны сумме нагрузочных потерь и потерь холостого хода		
25	При параллельной работе трансформаторов суммарные потери: 1) в 1,5 раза больше потерь в одном трансформаторе; 2) в 2 раза больше потерь в одном трансформаторе; 3) в 2 раза меньше потерь в одном трансформаторе; 4) в 1,5 раза меньше потерь в одном трансформаторе	ПК-5	35
26	Силовой трансформатор имеет следующие параметры: $S_T=10$ МВА; $\Delta P_x=14$ кВт; $\Delta P_K=60$ кВт; $U_K\%=10,5\%$; $i_x=0,9\%$. Потери реактивной мощности в режиме холостого хода: 1) 9 кВАр; 2) 19 кВАр; 3) 4,5 кВАр; 0,9 кВАр	ПК-5	35
27	Потери активной мощности в линии определяются по формуле: 1) $\Delta P = \frac{P^2}{U^2} R$, 2) $\Delta P = \frac{S^2 - P^2}{U^2} R$, 3) $\Delta P = \frac{P^2}{U^2} Z$, 4) $\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R$	ПК-5	35
28	Потери реактивной мощности в линии определяются по формуле: 1) $\Delta Q = \frac{Q^2}{U^2} X$, 2) $\Delta Q = \frac{S^2 - P^2}{U^2} X$, 3) $\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} X$, 4) $\Delta Q = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} Z$	ПК-5	35
29	Силовой трансформатор имеет следующие параметры: $S_T=10$ МВА; $\Delta P_x=14$ кВт; $\Delta P_K=60$ кВт; $U_K\%=10,5\%$; $i_x=0,9\%$. Нагрузочные потери активной мощности при коэффициенте загрузки 0,8: 1) 4,8 кВт; 2) 38,4 кВт; 3) 24,6 кВт; 4) 9,6 кВт	ПК-5	35
30	Потери энергии холостого хода в трансформаторе зависят: 1) от времени максимальных потерь,	ПК-5	35

	<p>2) от всего времени работы трансформатора под напряжением;</p> <p>3) от числа часов в году;</p> <p>4) от числа часов использования максимума.</p>		
31	<p>Мощность нагрузки задана в комплексном виде $\underline{S} = 10,5 + j5,8$ кВА:</p> <p>Модуль полной мощности равен:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 12,0 кВА; 2) 10,5 кВА; 3) 5,8 кВА; 4) 16,3 кВА 	ПК-5	35
32	<p>Мощность нагрузки задана в комплексном виде $\underline{S} = 10,5 + j5,8$ кВА:</p> <p>Активная мощность нагрузки равна:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 12,0 кВт; 2) 10,5 кВт; 3) 5,8 кВт; 4) 16,3 кВт 	ПК-5	35
33	<p>В каком случае расчет режима участка линии можно провести в один проход:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) при известной мощности в конце и напряжении в начале; 2) при известных напряжении и мощности в начале; 3) при известной мощности в начале и напряжении в конце; 4) при известных напряжениях в начале и конце. 	ПК-5	35
34	<p>В каком случае расчет режима участка линии нельзя провести в один проход:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) при известной мощности в конце и напряжении в начале; 2) при известных напряжении и мощности в начале; 3) при известных напряжении и мощности в конце; 4) при известных токе и напряжении в начале 	ПК-5	35
35	<p>При определении точки потокораздела в линии с двухсторонним питанием необходимо знать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) напряжения источников питания и мощность нагрузки; 2) напряжения источников питания, сопротивления участков и мощность нагрузки; 3) напряжения источников питания и сопротивления участков; 4) напряжение одного из источников, сопротивления участков и мощность нагрузки. 	ПК-5	35
36	<p>Определение точки потокораздела в простой замкнутой сети позволяет:</p>	ПК-5	35

	<ol style="list-style-type: none"> 1) не учитывать в дальнейших расчетах потери мощности; 2) не учитывать в дальнейших расчетах потери напряжения; 3) разомкнуть сеть в точке потокораздела; 4) исключить из расчетов один из источников. 		
37	<p>Мощность нагрузки задана в комплексном виде $\underline{S} = 10,5 + j5,8$ кВА:</p> <p>Реактивная мощность нагрузки равна:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 12,0 кВАр; 2) 10,5 кВАр; 3) 5,8 кВАр; 4) 16,3 кВАр 	ПК-5	35
38	<p>Метод обратного и прямого хода используется для:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) для системообразующих сетей; 2) для линий с односторонним питанием; 3) для сложнзамкнутых сетей; 4) для межсистемных связей 	ПК-5	35
39	<p>При обратном ходе определяются:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) напряжения в узлах; 2) потери напряжения на участках; 3) потери мощности на участках и мощности в узлах; 4) потери напряжения на участках и напряжения узлов 	ПК-5	35
40	<p>При прямом ходе определяются:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) напряжения в узлах; 2) потери напряжения на участках; 3) потери мощности на участках и мощности в узлах; 4) потери напряжения на участках и напряжения узлов 	ПК-5	35
41	<p>Какие допущения принимаются для упрощения расчета распределительных сетей с $U_{ном} \leq 35$ кВ?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) не учитывается реактивное сопротивление проводов; 2) не учитывается продольная составляющая падения напряжения; 3) не учитывается поперечная составляющая падения напряжения; 4) не учитываются потери реактивной мощности. 	ПК-5	35
42	<p>Для того, чтобы использовать метод обратного и прямого хода для линии с двухсторонним питанием нужно:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) приравнять напряжения на концах линии; 2) пренебречь потерями мощности и напряжения; 3) разделить линию на два участка; 4) считать напряжения в узлах одинаковыми 	ПК-5	35
43	<p>Точка потокораздела мощности это:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) узел с минимальной нагрузкой; 2) узел, в который мощность поступает с двух сторон; 3) узел с максимальной нагрузкой; 4) узел, равноудаленный от концов линии 	ПК-5	35

44	При определении точки потокораздела пренебрегают: 1) потерями мощности; 2) реактивным сопротивлением участков; 3) продольной составляющей падения напряжения; 4) разницей напряжений на концах линии	ПК-5	35
45	Уравнительная мощность в линии с двухсторонним питанием возникает: 1) при разных активных сопротивлениях участков; 2) при разных реактивных сопротивлениях участков; 3) при разных напряжениях на концах линии; 4) при отсутствии компенсирующих устройств	ПК-5	35
46	Точки потокораздела активной и реактивной мощности: 1) могут не совпадать; 2) всегда одинаковые; 3) всегда разные; 4) разные, если линия однородна	ПК-5	35
47	Чем можно в схеме замещения линии заменить емкостную проводимость: 1) дополнительной индуктивностью, 2) зарядной мощностью; 3) мощностью нагрузки; 4) полной мощностью	ПК-5	35
48	Какие из элементов схемы замещения линии не обусловлены ЭДС индукции? 1) R, 2) X, 3) B/2, 4) G/2	ПК-5	35
49	Какие из элементов схемы замещения линии не обусловлены активными потерями в проводах ? 1) R, 2) X, 3) B/2, 4) G/2	ПК-5	35
50	Какие из элементов схемы замещения линии не обусловлены наличием емкости между проводами фаз и проводами и землей? 1) R, 2) X, 3) B/2, 4) G/2	ПК-5	35

5.3.2.2. Вопросы для устного опроса

№	Содержание	Компетенция	ИДК
1	Что называется электрической сетью?	ПК-5	35
2	Что называется линией электропередачи?	ПК-5	35
3	Что называется трансформаторной подстанцией?	ПК-5	35
4	Как классифицируются электрические сети по напряжению?	ПК-5	35
5	Как классифицируются электрические сети по назначению?	ПК-5	35

6	Назовите основные конструктивные элементы воздушных линий.	ПК-5	35
7	Назовите основные конструктивные элементы кабельных линий.	ПК-5	35
8	Какие физические явления должны учитываться при составлении схем замещения линий?	ПК-5	35
9	Какие физические явления должны учитываться при составлении схем замещения силовых трансформаторов?	ПК-5	35
10	Чем можно пренебречь при составлении схем замещения воздушных линий 6-35 кВ?	ПК-5	35
11	Как учитываются в расчете режимов сетей потери на корону?	ПК-5	35
12	Что нужно знать для расчета падения напряжения на участке сети?	ПК-5	35
13	Что называется падением напряжения?	ПК-5	35
14	Что называется потерей напряжения?	ПК-5	35
15	В каких случаях можно пренебречь поперечной составляющей падения напряжения?	ПК-5	35
16	Что нужно знать, чтобы рассчитать режим линии в один проход?	ПК-5	35
17	Какой метод используется, если известны мощность с одной стороны линии и напряжение с другой?	ПК-5	35
18	В чем состоит суть метода моментов мощностей?	ПК-5	35
19	Какие допущения используются при определении точки потокораздела мощности в линии с двухсторонним питанием?	ПК-5	35
20	Какие параметры трансформатора необходимо знать для расчета элементов схемы замещения?	ПК-5	35
21	При каких исходных данных уравнения для расчета сети получаются линейными?	ПК-5	35
22	При каких исходных данных уравнения для расчета сети получаются нелинейными?	ПК-5	35
23	Для чего нужна компенсация реактивной мощности?	ПК-5	35
№	Содержание	Компетенция	ИДК
24	Перечислите основные устройства для компенсации реактивной мощности	ПК-5	35
25	Как можно регулировать напряжение на трансформаторных подстанциях?	ПК-5	35
26	Как можно регулировать напряжение в линиях электропередачи?	ПК-5	35
27	Что такое устройство РПН и для чего оно предназначено?	ПК-5	35
28	Что такое устройство ПБВ и для чего оно предназначено?	ПК-5	35
29	Для чего нужен вольтодобавочный трансформатор?	ПК-5	35

30	На какой параметр режима электрической сети в большей степени влияет выполнение баланса активной мощности?	ПК-5	35
31	На какой параметр режима электрической сети в большей степени влияет выполнение баланса реактивной мощности?	ПК-5	35
32	Перечислите основные технические мероприятия по уменьшению потерь в электрических сетях	ПК-5	35

5.3.2.3. Задачи для проверки умений и навыков

№	Содержание	Компетенция	ИДК
1.	По заданным параметрам линии электропередачи рассчитать активное и реактивное сопротивления схемы замещения	ПК-5	У5
2.	По заданным параметрам силового трансформатора рассчитать R_T в Г-образной схеме замещения	ПК-5	У5
3.	По заданным параметрам силового трансформатора рассчитать X_T в Г-образной схеме замещения	ПК-5	У5
4.	По заданным параметрам силового трансформатора рассчитать G_T в Г-образной схеме замещения	ПК-5	У5
5.	По заданным параметрам силового трансформатора рассчитать B_T в Г-образной схеме замещения	ПК-5	У5
6.	По известным значениям передаваемой мощности, сопротивлений и напряжения рассчитать потери активной мощности в линии	ПК-5	Н4
7.	По известным значениям передаваемой мощности, сопротивлений и напряжения рассчитать потери реактивной мощности в линии	ПК-5	Н4
8.	По известным значениям передаваемой мощности, сопротивлений и напряжения в начале рассчитать напряжение в конце линии	ПК-5	Н4
9.	По известным значениям передаваемой мощности, сопротивлений и напряжения в конце рассчитать напряжение в начале линии	ПК-5	Н4
10.	По заданной схеме и параметрам линии с двухсторонним питанием рассчитать мощность головного участка	ПК-5	Н4

5.4. Система оценивания достижения компетенций

5.4.1. Оценка достижения компетенций в ходе промежуточной аттестации

ПК-5 Способен проектировать системы электроснабжения и отдельные электроустановки в составе этих систем					
Индикаторы достижения компетенции ПК-5			Номера вопросов и задач		
Код	Содержание	вопросы к экзамену	задачи к зачету	вопросы к зачету	вопросы по курсовому проекту (работе)
35	Методики расчета электрических сетей			1-30	

У5	Выполнять расчет распределительных электрических сетей		1-4		
Н4	Расчета распределительных электрических сетей		5-8		

5.4.2. Оценка достижения компетенций в ходе текущего контроля

ПК-5 Способен проектировать системы электроснабжения и отдельные электроустановки в составе этих систем				
Индикаторы достижения компетенции ПК-5		Номера вопросов и задач		
Код	Содержание	вопросы тестов	вопросы устного опроса	задачи для проверки умений и навыков
35	Методики расчета электрических сетей	1-50	1-32	
У5	Выполнять расчет распределительных электрических сетей			1-5
Н4	Расчета распределительных электрических сетей			6-10

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Рекомендуемая литература

№	Библиографическое описание	Тип издания	Вид учебной литературы
1.	Электрические системы и сети. Расчет режимов распределительных электрических сетей: учебное пособие для магистров, обучающихся по направлению 35.04.06 "Агроинженерия" (магистерская программа "Системы электроснабжения сельскохозяйственных потребителей") / П. О. Гуков [и др.]; Воронежский государственный аграрный университет - Воронеж: Воронежский государствен-	Учебное	Основная

	ный аграрный университет, 2017 - 105 с. [ЦИТ 15948] [ПТ] .		
2.	Фролов Ю. М. Основы электроснабжения [Электронный ресурс] / Фролов Ю. М., Шелякин В. П. - Санкт-Петербург: Лань, 2012 - 480 с. [ЭИ] [ЭБС Лань]Режим доступа: <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4545 >	Учебное	Дополнительная
3.	Герасименко А. А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Электроэнергетика" / А. А. Герасименко, В. Т. Федин - Ростов н/Д: Феникс, 2008 - 716 с. [ЦИТ 2228]	Учебное	Дополнительная
4	Гуков П.О. Основы расчета электрических сетей. Методические указания для самостоятельной работы магистров, обучающихся по направлению 35.04.06 «Агроинженерия» / П.О.Гуков – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2020. – 9 с.	Методическое	
5	Вестник Воронежского государственного аграрного университета: теоретический и научно-практический журнал / Воронеж. гос. аграр. ун-т - Воронеж: Воронежский ГАУ, 1998-	Периодическое	
6	Механизация и электрификация сельского хозяйства - Москва: Б.и., 1980-	Периодическое	
7	Электричество: ежемесячный теоретический и научно-практический журнал / учредитель : ЗАО "Фирма Знак" - Москва: Знак, 2003-	Периодическое	
8	Электротехника [Электронный ресурс]: Реферативный журнал / ВИНТИ РАН - Москва: ВИНТИ РАН, 2004- - CD-ROM	Периодическое	

6.2. Ресурсы сети Интернет

6.2.1. Электронные библиотечные системы

№	Название	Размещение
1	Лань	https://e.lanbook.com
2	ZNANIUM.COM	http://znanium.com/
3	ЮРАЙТ	http://www.biblio-online.ru/
4	IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
5	E-library	https://elibrary.ru/
6	Электронная библиотека ВГАУ	http://library.vsau.ru/

6.2.2. Профессиональные базы данных и информационные системы

№	Название	Адрес доступа
1	Единая межведомственная информационно-статистическая система	https://fedstat.ru/
2	Портал открытых данных РФ	https://data.gov.ru/
3	Портал государственных услуг	https://www.gosuslugi.ru/
4	Справочная правовая система Гарант	http://www.consultant.ru/
5	Справочная правовая система Консультант Плюс	http://ivo.garant.ru

№	Название	Адрес доступа
6	Профессиональные справочные системы «Кодекс»	https://техэксперт.сайт/sistema-kodeks
7	СТРОЙКонсультант	http://www.stroykonsultant.ru/
8	Аграрная российская информационная система	http://www.aris.ru/
9	Информационная система по сельскохозяйственным наукам и технологиям	http://agris.fao.org/

6.2.3. Сайты и информационные порталы

№	Название	Размещение
1	Все ГОСТы	http://vsegost.com/
2	Российское хозяйство. Сельхозтехника.	http://rushoz.ru/selhoztehnika/
3	TECHSERVER.ru: Ваш путеводитель в мире техники	http://techserver.ru/

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

7.1. Помещения для ведения образовательного процесса и оборудование

Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается)
--	---

	наименование организации, с которой заключен договор)
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: комплект учебной мебели, демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия</p>	394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Тимирязева д.13а, а.205
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: комплект учебной мебели, демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, презентационное оборудование, используемое программное обеспечение MS Windows, Office MS Windows, DrWeb ES, 7-Zip, MediaPlayer Classic, Яндекс Браузер / Mozilla Firefox / Internet Explorer, ALT Linux, LibreOffice</p>	394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Тимирязева д.13, а.218
<p>Учебная аудитория для проведения практических занятий, учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации: комплект учебной мебели, демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, лабораторное оборудование, коммутатор, контроллеры, принтер лазерный, регулятор, экран переносной, измеритель ПИД-регулятор, преобразователь интерфейса, принтер Samsung, регулятор, эмулятор печи</p>	394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Тимирязева д.13а, а.232
<p>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: мебель для хранения и обслуживания учебного оборудования, специализированное оборудование для ремонта компьютеров</p>	394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Мичурина д.1, а.117, а.118
<p>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: комплект мебели, компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, используемое программное обеспечение MS Windows, Office MS Windows, DrWeb ES, 7-Zip, MediaPlayer Classic, Яндекс Браузер / Mozilla Firefox / Internet Explorer, ALT Linux, LibreOffice, мебель для хранения и обслуживания учебного оборудования, демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия</p>	394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Тимирязева д.13а, а.123, а.220
<p>Помещение для самостоятельной работы: комплект учебной мебели, компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, используемое программное обеспечение MS Windows, Office MS Windows, DrWeb ES, 7-Zip, MediaPlayer Classic, Яндекс Браузер / Mozilla Firefox / Internet Explorer, ALT Linux, LibreOffice</p> <p>Помещение для самостоятельной работы: ком-</p>	394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Тимирязева д.13, а.219 (с16 до 20 ч.)

<p>плект учебной мебели, компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, используемое программное обеспечение MS Windows, Office MS Windows, DrWeb ES, 7-Zip, MediaPlayer Classic, Яндекс Браузер / Mozilla Firefox / Internet Explorer, ALT Linux, LibreOffice</p> <p>Помещение для самостоятельной работы: комплект учебной мебели, компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, используемое программное обеспечение MS Windows, Office MS Windows, DrWeb ES, 7-Zip, MediaPlayer Classic, Яндекс Браузер / Mozilla Firefox / Internet Explorer, ALT Linux, LibreOffice</p>	<p>394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Тимирязева д.13, а.321 (с16 до 20 ч.)</p> <p>394087, Воронежская область, г. Воронеж, ул. Мичурина д.1, а.232а (с16 до 20 ч.)</p>
--	---

7.2. Программное обеспечение

7.2.1. Программное обеспечение общего назначения

№	Название	Размещение
1	Операционные системы MS Windows / Linux (ALT Linux)	ПК в локальной сети ВГАУ
2	Пакеты офисных приложений Office MS Windows / OpenOffice / LibreOffice	ПК в локальной сети ВГАУ
3	Программы для просмотра файлов Adobe Reader / DjVu Reader	ПК в локальной сети ВГАУ
4	Браузеры Яндекс Браузер / Mozilla Firefox / Internet Explorer	ПК в локальной сети ВГАУ
5	Антивирусная программа DrWeb ES	ПК в локальной сети ВГАУ
6	Программа-архиватор 7-Zip	ПК в локальной сети ВГАУ
7	Мультимедиа проигрыватель MediaPlayer Classic	ПК в локальной сети ВГАУ
8	Платформа онлайн-обучения eLearning server	ПК в локальной сети ВГАУ
9	Система компьютерного тестирования AST Test	ПК в локальной сети ВГАУ

7.2.2. Специализированное программное обеспечение

№	Название	Размещение
1	Визуальный ЯП для моделирования динамических систем VisSim	ПК ауд. 16, 18 (К9)
2	Пакет разработки ПО для контроллеров LOGO! Soft Comfort Demo	ПК в локальной сети ВГАУ
3	ППП для решения задач технических вычис-	ПК на кафедре Электротехники

	лений Matlab 6.1/SciLab	
4	Программа автоматизированного проектирования nanoCAD Электро	ПК ГИС лаборатории
5	Программа проектирования освещения DIALux	ПК в локальной сети ВГАУ
6	Программа проектирования систем энергораспределения SIMARIS design	ПК ауд. 115, 119 (К1)
7	Система автоматизированного проектирования и черчения Autocad	ПК в локальной сети ВГАУ
8	Система имитационного моделирования AnyLogic 8.5.0 Personal Learning Edition	https://new.siemens.com/global/en.html
9	Система компьютерной алгебры Mathcad	ПК в локальной сети ВГАУ
10	Система трехмерного моделирования Kompas 3D	ПК в локальной сети ВГАУ

8. Междисциплинарные связи

Дисциплина, с которой необходимо согласование	Кафедра, на которой преподается дисциплина	ФИО заведующего кафедрой
Б1.В.01 «Проектирование систем электроснабжения»	Электротехники и автоматики	Афоничев Д.Н.
Б1.В.04 Электрические системы и сети	Электротехники и автоматики	Афоничев Д.Н.

Приложение 1

Лист периодических проверок рабочей программы и информация о внесенных изменениях

Должностное лицо, проводившее проверку: Ф.И.О., должность	Дата	Потребность в корректировке указанием соответствующих разделов рабочей программы	Информация о внесенных изменениях
Афоничев Д.Н., заведующий кафедрой электротехники и автоматики	13.05.2022	Да Рабочая программа актуализирована для 2022/23 учебного года	Скорректированы: п.3, табл. 3.1, 3.2.; п. 4.2, табл.4.2.1, 4.2.2; п. 7.2, табл. 7.2.1, 7.2.2