

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

А.А. Каракозов

03 20 23 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.17 Электрические системы и сети**

(наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки:

13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления / специальности)

Направленность (профиль):

Электроэнергетические системы и сети

(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа:

бакалавриат

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения:

очная, заочная, очно-заочная

(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения	Очная	Очно-заочная	Заочная
Семестр	5, 6	5, 6	6, 7
Общая трудоёмкость в з.е./часах	9/324	9/324	9/324
Контактная работа (час.), в том числе	126	41	27
лекции (час.)	51	16	6
лабораторные работы (час.)	34	6	4
практические (семинарские) занятия (час.)	34	10	8
Самостоятельная работа (час.), в том числе	144	247	261
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	36	29	29
Контроль (экзамен, час./зачёт)	Экзамен (54)	Экзамен (36)	Экзамен (36)

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «*Электрические сети и системы*» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 13.03.02 «*Электроэнергетика и электротехника*» (направленность (профиль) «*Электроэнергетические системы и сети*») для 2023 года приёма по очной, заочной и очно-заочной формам обучения.

**Составители:**

доцент кафедры

«*Электрические системы*», к.т.н., доцент Ларина И.И.

(подпись)

ст. преп. кафедры

«*Электрические системы*», ст. преп. Гришанов С.А.

(подпись)

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «*Электрические системы*».

Протокол от « 7 » 03 20 23 года № 8

Заведующий кафедрой Полковниченко Д.В.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «*ДОННТУ*» по направлению подготовки 13.03.02 – «*Электроэнергетика и электротехника*».

Протокол от « 23 » 03 20 23 года № 3

Председатель Ткаченко С.Н.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «*Электрические системы*».

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «*Электрические системы*».

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «*Электрические системы*».

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

(Ф.И.О.)

## 1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Значение дисциплины «Электрические сети и системы» в решении общих народнохозяйственных задач заключается в том, что она будет оказывать содействие не только при техническом перевооружении электрических сетей соответственно по определенным правилам, но также и формированию самых правил и стратегий, которые обеспечивают успешность действий.

Дисциплина рассматривает вопросы формирования у будущего инженера электроэнергетика системного понимания объекта его профессиональных интересов – современных электроэнергетических систем: их структуры, свойств, особенностей поведения.

Цель дисциплины: является формирование у студента основ знаний по анализу установившихся режимов электрических систем, методов и средств управления ими.

В результате освоения дисциплины студент должен:

*знать:*

- физическую сущность явлений, которые сопровождают процесс производства, распределения и потребления электроэнергии;
- основные технологические показатели нормального функционирования электрических систем;
- конструктивные и функциональные свойства структурных элементов электрических систем и сетей; свойства потребителей электрической энергии и технологические условия обеспечения их энергией;
- методы расчета установившихся режимов электрических сетей;
- методологию анализа результатов расчетов режимов электрических систем;
- - основные принципы обеспечения нормального функционирования электрических систем и оптимального управления их режимами;

*уметь:*

- составлять схемы замещения отдельных элементов сети и участка электрической сети в целом;
- определять их параметры;
- оценивать эффективность технологического процесса передачи, регулирования и распределения электрической энергии;
- выбирать оптимальные мероприятия для обеспечения качества и надежности электроснабжения потребителей;
- выполнять расчеты текущих и прогнозируемых режимов работы энергосистем с использованием современных средств вычислительной техники;
- разрабатывать рекомендации по улучшению режимов;
- обосновывать инженерные решения, которые принимаются персоналом;

*владеть:*

- навыками составления схем замещения элементов сети и участка сети в целом, расчета их параметров, применения методов расчета режимов к схемам электрической сети различной конфигурации.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способностью моделировать объекты профессиональной деятельности с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования (ПК-2);
- способностью участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности (ПК-3);
- способностью определять параметры оборудования, рассчитывать режимы работы и участвовать в ведении режимов объектов профессиональной деятельности (ПК-5);
- готовностью определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса по заданной методике (ПК-6).

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ**

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: «Высшая математика», «Введение в информатику», «Современные пакеты прикладных программ», «Физика», «Теоретические основы электротехники», «Основы применения методов вычислительной математики в электроэнергетических системах».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при выполнении курсовых работ по дисциплине («Электрические системы и сети», «Проект развития электрических систем»), изучении последующих дисциплин («Моделирование установившихся режимов в электрических системах», «Основы проектирования электрических систем», «Электромагнитные переходные процессы в электрических системах», «Электромеханические переходные процессы в электрических системах», «Основы релейной защиты и автоматики энергосистем», «Электрическая часть станций и подстанций»), прохождении производственной практики, прохождении государственной итоговой аттестации.

## **3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий**

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/очно-заочная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ. (Семина.)	Лабор.	СРС
Тема 1. Вступление. Основные задачи.	8/8/9	2/-	2/-/-	-	4/8/9
Тема 2. Классификация сетей.	10/8/9	2/-	-	4/-/-	4/8/9

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/очно-заочная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ. (Семина.)	Лабор.	СРС
Тема 3. Схемы замещения	26/24/21	4/2/1	6/2/1	8/2/-	8/18/19
Тема 4. Характеристики ЭП	10/12/12	2/-/-	-	4/-/-	4/12/12
Тема 5. Потери мощности и электро-энергии	16/20/19	4/2/1	4/2/1	-	8/16/17
Тема 6. Векторные диаграммы ЛЭП	13/16/15	4/2/-	-	-	9/14/15
Тема 7. Методы расчета режимов замкнутых сетей	29/28/29	6/2/2	6/2/2	4/2/2	13/22/23
Тема 8. Расчет режимов замкнутых сетей	26/26/25	4/2/-	6/2/2	6/-/-	10/22/23
Тема 9. Расчет местных сетей по потере напряжения	12/12/12	2/-/-	2/-/-	-	8/12/12
Тема 10. Основы управления режимами работы электрических систем	14/22/21	4/2/-	-	-	10/20/21
Тема 11. Регулирование частоты	8/10/11	4/-/-	-	-	4/10/11
Тема 12. Регулирование напряжения	28/28/29	4/2/2	8/2/2	8/2/2	8/22/23
Тема 13. Обеспечение качества электроэнергии	8/14/16	2/-/-	-	-	6/14/16
Тема 14. Повышение экономичности электрических сетей	12/16/16	4/2/-	-	-	8/14/16
Тема 15. Влияние электроэнергетики на окружающую среду	7/6/6	3/-/-	-	-	4/6/6
Курсовой проект	36/29/29			-	36/29/29
Итого по видам занятий	263/279/ 279	51/16/6	34/10/8	34/6/4	144/247/ 261
Контактная работа (дополнительная)	7/9/9				7/9/9
Контроль	54/36				
Итого:	324				

### Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ПК-2	Темы 1-9
ПК-3	Темы 1-9
ПК-5	Темы 3, 6, 7, 8, 9
ПК-6	Темы 10-15

### 3.2. Лекции

Тема 1. Вступление. Основные задачи.

Содержание темы 1: Основные задачи курса и его связь с другими дисциплинами. Основные понятия и определения. Особенности энергетики, как отрасли

народного хозяйства. История развития электроэнергетики. Перспективы и основные проблемы энергетики. Номинальные напряжения. Область применения.

Литература к теме 1: [[л1](#), [л2](#)]

Тема 2. Классификация электрических сетей

Содержание темы 2: Требования к электрическим сетям. Классификация по: назначению, номинальному напряжению, току, конструкции линий, конфигурации, резервированию, характеру потребителей, по назначению в системе электропитания, режиму работы нейтрали сети. Влияние режима нейтрали на надежность работы сети.

Литература к теме 2: [[л1](#), [л2](#), [л5](#)]

Тема 3. Схемы замещения элементов электрических сетей, определение их параметров

Содержание темы 3: Представление элементов сети в расчетных схемах. Схемы замещения линий и их параметры: активное сопротивление, индуктивное сопротивление, активная и емкостная проводимости. Зависимость схемы замещения от уровня напряжения и цели расчета.

Схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов и их параметры. Математические модели потребителей, источников электроэнергии, устройств компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения и частоты.

Литература к теме 3: [[л1](#), [л3](#)]

Тема 4. Характеристики основных электроприемников

Содержание темы 4: Характеристики электроприемников. Их классификация по эксплуатационно-техническим признакам. Графики электрических нагрузок. Параметры, характеризующие графики. Моделирование электрических нагрузок.

Литература к теме 4: [[л1](#), [л2](#)]

Тема 5. Потери мощности и электроэнергии в элементах сети

Содержание темы 5: Расчет потерь мощности в линиях электропередач с сосредоточенной и равномерно распределенной нагрузкой. Потери мощности в трансформаторах. Приведенные и расчетные нагрузки потребителей. Потери электроэнергии. Методы их расчета по графику нагрузок и по времени максимальных потерь.

Литература к теме 5: [[л1](#), [л2](#)]

Тема 6. Векторные диаграммы ЛЭП

Содержание темы 6: Векторные диаграммы токов и напряжения электрической линии с нагрузкой в конце линии 35 и 110 кВ. Падение напряжения и потеря напряжения.

Литература к теме 6: [[л1](#), [л4](#)]



## Тема 7. Расчет режимов незамкнутых сетей электрических сетей

Содержание темы 7: Задача расчета режимов. Основные допущения. Итерационный метод расчета. Расчет режима при заданном напряжении в конце ЛЭП. Расчет режима при заданном напряжении в начале ЛЭП (на источнике питания). Расчет сетей разных номинальных напряжений.

Литература к теме 7: [[л1](#), [л3](#)]

## Тема 8. Расчет режимов простых замкнутых электрических сетей

Содержание темы 8: Расчет режима простых замкнутых сетей. Точка раздела потоков мощности. Способы разделения сети на незамкнутые участки.

Литература к теме 8: [[л3](#), [л4](#)]

Тема 9. Расчет местных сетей (сетей напряжением  $U_{\text{ном}} \leq 35 \text{ кВ}$ ) по потере напряжения

Содержание темы 9: Допустимые потери напряжения в линиях местных сетей. Допущения, положенные в основу расчета местных сетей. Определение наибольшей потери напряжения в сетях различной конфигурации. Потеря напряжения в ЛЭП с равномерно распределенной нагрузкой.

Литература к теме 9: [[л1](#)]

## Тема 10. Основы управления режимами работы электрических систем.

Содержание темы 10: Баланс активной мощности и его связь с частотой. Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением.

Литература к теме 10: [[л1](#), [л5](#)]

## Тема 11. Регулирование частоты в электрических системах.

Содержание темы 11: Регулирование частоты в энергосистеме. Статические характеристики потребителей и регуляторов. Первичное, вторичное и третичное регулирование частоты. Автоматическая частотная разгрузка. Связь регулирования частоты с оптимальным распределением активных нагрузок.

Литература к теме 11: [[л1](#), [л4](#)]

## Тема 12. Регулирование напряжения в электрических системах.

Содержание темы 12: Источники и потребители реактивной мощности. Сравнительная характеристика источников реактивной мощности. Компенсация реактивной мощности. Компенсирующие устройства и их размещение в энергосистеме.

Регулирование напряжения в электрических сетях. Необходимость регулирования напряжения. Методы регулирования напряжения. Метод встречного регулирования. Средства регулирования напряжения. Сравнительная характеристика средств. Устройства РПН, ПБВ трансформаторов. Расчет ответвлений устройств РПН, ПБВ.

Литература к теме 12: [[л1](#), [л4](#)]

### **Тема 13. Обеспечение качества электроэнергии**

Содержание темы 13: Показатели качества, нормируемые значения, влияние показателей на режимы и элементы электросистемы и потребителей.

Литература к теме 13: [[л1](#), [л4](#)]

### **Тема 14. Повышение экономичности электрических сетей**

Содержание темы 14: Экономичность замкнутых сетей. Естественное и экономическое распределение мощностей, уравнивающая мощность, мероприятия, по повышению экономичности. Оптимальное распределение мощности в замкнутых контурах электрических сетей. Выбор оптимальной нагрузки трансформаторов подстанций и их числа.

Классификация мероприятий по уменьшению потерь мощности и электроэнергии, обоснование мероприятий. Организационные и технические мероприятия в питающих сетях. Уменьшение потерь мощности и электроэнергии в распределительных сетях: компенсация реактивной мощности; оптимизация режимов по напряжению. Мероприятия по изменению схемы сетей.

Литература к теме 14: [[л2](#), [л4](#)]

Тема 15. Влияние электроэнергетики на окружающую среду. Вопросы экологии.

Содержание темы 15: Влияние генерации, передачи и распределения электроэнергии на окружающую среду. Нарушение экологического равновесия. Радиопомехи. Влияние короны. Мероприятия по охране окружающей среды, ограничения вредных выбросов на ТЭС. Герметизированные ЛЭП и подстанции.

Электробезопасность, охрана труда. Электробезопасность: критерии, математические модели состояния безопасности.

Литература к теме 15: [[л1](#), [л5](#)]

### **3.3. Практические (семинарские) занятия**

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очная/ очно- заочная/ заочная	Литера- тура
1	Условные обозначения	2/-/-	[ <a href="#">л1</a> ]
2	Схемы замещения ЛЭП	2/1/1	[ <a href="#">л1</a> , <a href="#">л3</a> ]
3	Схемы замещения трансформаторов	4/1/1	[ <a href="#">л1</a> , <a href="#">л3</a> ]
4	Потери мощности и электроэнергии в элементах сети	4/2/1	[ <a href="#">л2</a> , <a href="#">л3</a> ]
5	Расчет установившихся режимов незамкнутых сетей.	6/2/2	[ <a href="#">л2</a> , <a href="#">л3</a> ]
6	Расчет установившихся режимов простых замкнутых сетей.	6/2/1	[ <a href="#">л1</a> , <a href="#">л3</a> ]
7	Расчет местных сетей по потере напряжения	2/-/-	[ <a href="#">л1</a> ]
8	Регулирование напряжения (РПН, ПБВ, БК)	8/2/2	[ <a href="#">л3</a> , <a href="#">л4</a> ]
Итого:		34/10/8	



### 3.4. Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очная/ очно- заочная/ заочная	Литера- тура
1	Конструкция, схемы и параметры линий электропередачи	4/-/-	[л1]
2	Схемы замещения трансформаторов, параметры схем	4/-/-	[л1]
3	Математические модели нагрузки	4/-/-	[л2]
4	Исследование режимов работы линии электропередачи с нагрузкой	4/2/2	[л3]
5	Исследование режимов работы радиально-магистральной сети с целью оценки допустимости режима и потерь электрической энергии	4/2/-	[л3]
6	Регулирование напряжения в электрических сетях с помощью устройств компенсации реактивной мощности	4/-/-	[ л3]
7	Регулирование напряжения в электрических сетях с помощью устройств РПН и ПБВ	4/2/2	[ л2, л3]
8	Исследование режимов простых замкнутых и сложнозамкнутых сетей	6/-/-	[л3, л4]
Итого:		34/6/4	

### 3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час.
1	Изучение лекционного материала	36/72/80
2	Подготовка к практическим занятиям	26/78/78
3	Подготовка к лабораторным работам	26/48/54
4	Выполнение курсового проекта	36/29/29
5	Выполнение курсовой работы	-
6	Выполнение индивидуального задания	20/20/20
Итого:		144/247/261

### 3.6. Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Учебным планом в рамках освоения дисциплины предусмотрено выполнение студентами **курсового проекта** в шестом семестре для студентов очной и очно-заочной форм обучения, в седьмом семестре для студентов заочной формы обучения.

Тематика курсовой работы связана с исследованием режимов электрической сети, оценкой допустимости параметров режима и разработкой рекомендаций по повышению эффективности функционирования сети.

Задачи курсового проекта заключаются в определении распределения мощностей в элементах сети, напряжений в узлах, потерь мощности и электроэнергии.

Исследуется влияния различных факторов на значения потерь мощности и значения напряжений на шинах потребителей.

Исследования проводятся для электрических систем, содержащих пять потребительских ПС, питающихся по замкнутой и магистральной схемам. Индивидуальные задания выдаются преподавателем на основании методических указаний [Л19].

Работа должна содержать схемы замещения электрической сети, расчетную схему, методику расчетов и проведения исследований, рекомендации по улучшению показателей режима.

Разработка всех разделов работы базируется на использовании прогрессивных компьютерных технологий с использованием широко известного прикладного программного обеспечения для ПЭВМ.

В результате выполнения курсового проекта студент должен овладеть навыками:

- использования справочной и нормативной документации;
- расчетов установившихся режимов и их анализа;
- реализации мероприятий, направленных на повышение эффективности функционирования участка сети.

Работа имеет одинаковое типовое по форме и методике исследований содержание для всех студентов.

Объем учебной нагрузки при выполнении курсового проекта – 36 часов

Объем расчетно-пояснительной записки составляет 45-50 страниц; графической части - 1 лист формата А1 (может быть заменен 4 листами формата А4) Студент обязан оформить отчет в соответствии с установленными требованиями.

В целях усвоения материала предусмотрено выполнение индивидуального задания в пятом семестре для студентов очной и очно-заочной форм обучения в шестом семестре для студентов заочной формы обучения.

Тематика задания связана с определением расчета установившегося режима для участка электрической сети заданной конфигурации.

Цель – закрепление теоретического материала дисциплины и получение практических навыков решения задач, связанных с оценкой значений параметров установившегося режима в электрических системах.

В результате выполнения индивидуального задания студент должен:

- уметь применять методику расчета режима в разомкнутых и замкнутых сетях;
- уметь применять метод встречного регулирования для обеспечения напряжения на шинах потребителей.

Индивидуальные задания выдаются преподавателем на основании методических указаний [Л10].

Объем учебной нагрузки при выполнении индивидуального задания – 20 часов.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – не более 15 страниц формата А4 (210×297 мм).

## 4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

#### *Составляющая компетенции – полнота знаний*

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

#### *Составляющая компетенции – умения*

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;

- **средний уровень:** в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- **продвинутый уровень:** в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- **высокий уровень:** Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

#### *Составляющая компетенции – владение навыками*

- **нулевой уровень:** не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- **минимальный уровень:** не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- **пороговый уровень:** владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- **средний уровень:** владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- **продвинутый уровень:** владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- **высокий уровень:** владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

#### *Обобщенная оценка сформированности компетенций*

- **нулевой уровень:** компетенции не сформированы;
- **минимальный уровень:** значительное количество компетенций не сформировано;
- **пороговый уровень:** все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- **средний уровень:** все компетенции сформированы на среднем уровне;
- **продвинутый уровень:** все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- **высокий уровень:** все компетенции сформированы на высоком уровне.

## 4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

### Вопросы к экзамену.

#### Теоретическая часть.

1. Номинальные напряжения электрических сетей. Область применения. Классификация сетей по номинальному напряжению.
2. Общая классификация электрических сетей. Классификация сетей по роду тока, по конфигурации, по выполняемым функциям.
3. Классификация сетей по режиму работы нейтрали.
4. Регулирование частоты в системе (две станции ведут частоту).
5. Регулирование частоты в системе (одна станция ведет частоту).
6. Векторная диаграмма напряжения ЛЭП 35 кВ с одной нагрузкой. Падение и потеря напряжения.
7. Устройство для компенсации реактивной мощности – синхронный компенсатор.
8. Устройство для компенсации реактивной мощности – батарея конденсаторов.
9. Причины нарушения баланса активной мощности. Отклонение частоты. Допустимые отклонения частоты. Способы восстановления баланса.
10. Регулирование напряжения с помощью СК при его работе в режиме перевозбуждения.
11. Регулирование напряжения с помощью СК при его работе в режиме недовозбуждения.
12. Метод встречного регулирования.
13. Регулирование напряжения на электростанциях и понижающих подстанциях.
14. Выбор мощности компенсирующих устройств при поперечной компенсации.
15. Схема замещения автотрансформатора. Определение ее параметров.
16. Схема замещения трехобмоточного трансформатора. Определение ее параметров.
17. Схема замещения двухобмоточного трансформатора с расщепленной обмоткой низкого напряжения. Определение ее параметров.
18. Регулирование напряжения с помощью СК в режиме максимальной нагрузки. Векторная диаграмма напряжения при постоянном напряжении ИП.
19. Регулирование напряжения с помощью СК в режиме минимальной нагрузки. Векторная диаграмма напряжения при постоянном напряжении ИП.
20. Регулирование напряжения в сети с помощью устройств УПК. Векторная диаграмма при постоянном напряжении на источнике питания.
21. Оптимальное распределение активной мощности между тепловыми электростанциями.
22. Экономическое распределение мощности в замкнутой сети.

23. Выбор ответвлений двухобмоточных трансформаторов при регулировании напряжения при установке РПН в обмотке низкого напряжения.

24. Отклонения и колебания напряжения. Допустимые отклонения напряжения. Допустимая потеря напряжения. Определение максимальных потерь напряжения в сети разной конфигурации.

25. Экономический режим работы трансформаторов ПС.

27. Причины нарушения баланса активной мощности. Отклонение частоты. Допустимые отклонения частоты. Способы восстановления баланса.

28. Устройство для компенсации реактивной мощности – батарея конденсаторов.

29. Устройство для компенсации реактивной мощности – синхронный компенсатор.

### **Практическая часть.**

**Задача 1.** Выполнить расчет режима для сети заданной конфигурации, выполнить регулирование напряжения на потребительской ПС, рассчитать потери мощности и электроэнергии.

**Задача 2.** Рассчитать потери электроэнергии по заданному графику нагрузки.



## Пример экзаменационного билета (очная форма обучения)

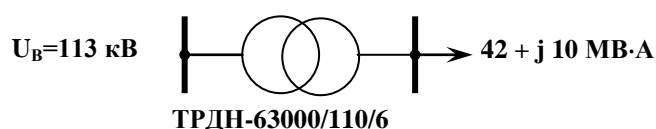
### ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

Уровень высшего профессионального образования:	Бакалавриат
Направление подготовки (специальность):	(бакалавриат, специалитет, магистратура) 13.03.03 - Электроэнергетика и электротехника
Профиль (магистерская программа, специализация):	(код, название) бакалавриат
Семестр:	ЭСиС
Учебная дисциплина:	5 (осенний)
	Электрические системы и сети

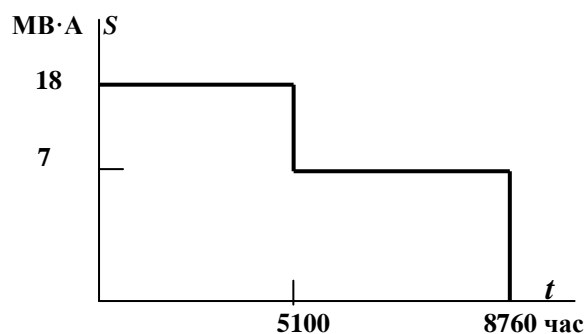
#### БИЛЕТ № 1

1. Номинальные напряжения электрических сетей. Область применения. Классификация сетей по номинальному напряжению.

**Задача 1:** Выбрать ответвления РПН в режиме максимальной нагрузки. Параметры трансформатора:  $U_{В\text{ ном}} = 115\text{ кВ}$ ,  $U_{Н\text{ ном}} = 6,3\text{ кВ}$ ,  $S_{\text{ном}} = 63000\text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $\Delta P_x = 50\text{ кВт}$ ,  $\Delta P_k = 245\text{ кВт}$ ,  $U_k = 10,5\%$ ,  $I_x = 0,7\%$ , РПН  $\pm 9 \cdot 1,78\%$ .



**Задача 2:** Определить потери электроэнергии по графику нагрузки и по времени максимальных потерь. На ПС установлены два трансформатора типа ТДН-10000/110:  $S_{\text{ном}} = 10000\text{ кВ}\cdot\text{А}$ ,  $\Delta P_x = 14\text{ кВт}$ ,  $\Delta P_k = 58\text{ кВт}$ ,  $U_k = 10,5\%$ ,  $I_x = 0,9\%$ .



Утверждено на заседании кафедры	Электрические системы		
	(наименование кафедры полностью)		
Протокол	№	от	2022 г
Зав. кафедрой			Полковниченко Д.В.
	(подпись)		(Ф.И.О.)
Экзаменатор			Ларина И.И.
	(подпись)		(Ф.И.О.)

# Пример экзаменационного билета (заочная форма обучения)

## ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

Уровень высшего профессионального образования:	бакалавр (бакалавриат, специалитет, магистратура)
Направление подготовки (специальность):	13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (код, название)
Профиль (магистерская программа, специализация):	Электроэнергетические системы и сети (название)
Семестр:	6 семестр (заочная форма)
Учебная дисциплина:	Электрические системы и сети

### БИЛЕТ № 1

- Общая классификация электрических сетей.
- Производство реактивной мощности генераторами электростанций.
- Определить потери электроэнергии в сети (рис.1) с учетом режима работы КУ (рис.2) при  $T_{\max} = 6600$  часов.  $U_{\text{ном}} = 121$  кВ в режиме максимальных нагрузок. Режим работы КУ определить с помощью зависимостей. Назвать возможный вид КУ.

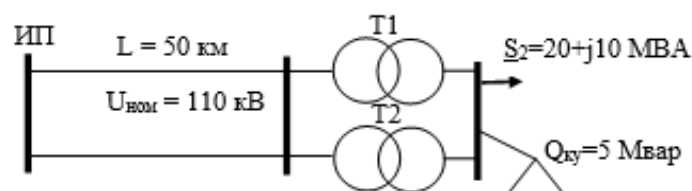


Рис. 1 – Схема сети



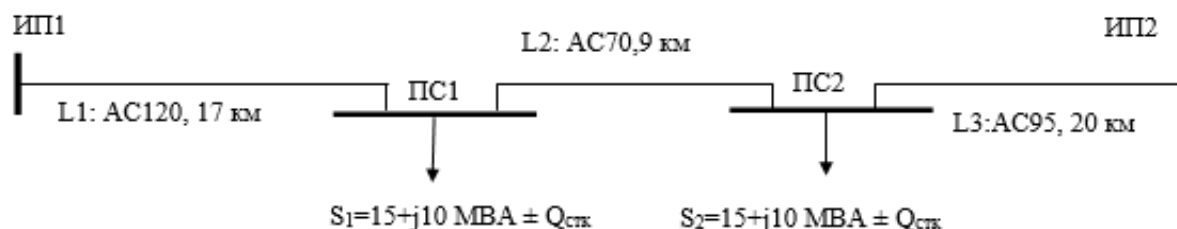
Рис. 2 – Режим работы КУ

#### Справочные данные:

T1, T2: ТДН-16000/110 ( $S_{\text{ном}} = 16$  МВА, РПН  $115 \pm 9 \times 1,78 \% / 11$  кВ,  $\Delta P_K = 85$  кВт,  $\Delta P_X = 19$  кВт,  $I_X = 0,7 \%$ ,  $U_K = 10,5 \%$ ).

Л: АС120 ( $r_0 = 0,249$  Ом/км,  $X_0 = 0,427$  Ом/км,  $b_0 = 2,66 \cdot 10^{-6}$  См/км на одну цепь).

- Определить экономическое распределение мощностей в сети с двусторонним питанием с учетом СТК,  $Q_{\text{СТК}} = 4$  Мвар,  $Q_{\text{БК}} > Q_{\text{Р}}$ .



#### Справочные данные:

АС70 ( $r_0 = 0,428$  Ом/км,  $X_0 = 0,444$  Ом/км,  $b_0 = 2,55 \cdot 10^{-6}$  См/км)

АС95 ( $r_0 = 0,306$  Ом/км,  $X_0 = 0,434$  Ом/км,  $b_0 = 2,61 \cdot 10^{-6}$  См/км)

АС120 ( $r_0 = 0,249$  Ом/км,  $X_0 = 0,427$  Ом/км,  $b_0 = 2,66 \cdot 10^{-6}$  См/км)

Утверждено на заседании кафедры	Электрические системы (наименование кафедры полностью)
Протокол	№ от
Зав. кафедрой	Полковниченко Д.В. (ф.и.о.)
Экзаменатор	Гришанов С.А. (ф.и.о.)

## **КРИТЕРИИ**

### **оценивания экзаменационной работы**

по дисциплине «Электрические системы и сети» для обучающихся по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль - Электроэнергетические системы и сети)

Форма проведения экзамена – письменная по билетам. Экзаменационные билеты для очной формы содержат один теоретический вопрос и два практических задания. Экзаменационные билеты для заочной формы содержат два теоретических вопроса и два практических задания. Каждый теоретический вопрос требует конкретного ответа. При необходимости отвечающий должен сопровождать свои ответы поясняющими рисунками (схемы, диаграммы, математические соотношения и др.).

Решение задачи требует демонстрации практических навыков, полученных студентом в ходе практических занятий, выполнения лабораторных работ и индивидуального задания.

Вопрос охватывают теоретическую часть курса, а также требует демонстрации практических навыков, полученных студентом в ходе лабораторных работ.

Правильный ответ на вопрос оценивается в пятнадцать баллов. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос обучающийся получает ноль баллов. При подсчете баллов за теоретический вопрос от максимального количества баллов снимается за:

- неполное раскрытие вопроса: от 3 до 8 баллов;
- существенные ошибки: от 5 до 10 баллов;
- мелкие ошибки: от 1 до 3 баллов.

Практическое задание 1, выполненное в полном объеме, оценивается максимальным баллом 20. При отсутствии выполнения задания обучающийся получает ноль баллов.

Практическое задание 2, выполненное в полном объеме, оценивается максимальным баллом 15. При отсутствии выполнения задания обучающийся получает ноль баллов.

При подсчете баллов за задачи от максимального количества баллов снимается за:

- неполное решение: от 5 до 15 баллов;
- существенные ошибки по ходу решения: от 10 до 15 баллов;
- мелкие ошибки: от 2 до 5 баллов.

Полученные баллы за ответы на вопросы билета суммируются. С учётом результатов текущего контроля работы студента выводится итоговая оценка по 100-балльной шкале.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ESTS.

Утверждено на заседании кафедры «Электрические системы»,  
протокол № \_\_\_\_ от \_\_.\_\_.20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Полковниченко Д.В.

### 4.3 Критерии оценивания

Текущий контроль знаний студента очной формы обучения осуществляется по результатам практических занятий, лабораторных работ; студента заочной формы обучения – по результатам выполнения контрольной работы.

Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта, выполнение индивидуального задания (контрольной работы), предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля

Форма контроля	Возможное количество баллов	Примечание
Для студентов очной формы обучения		
Отчёт по лабораторной работе	2	Задание выполнено правильно, решения обоснованы, приведен анализ полученного результата
	1	Задание выполнено в целом правильно, решения не всегда обоснованы, возникли трудности в объяснении полученных результатов
<b>Итого по лабораторным работам (максимально возможное)</b>	<b>34</b>	Из расчёта 17 аудиторных занятий для проведения лабораторных работ. Оценивается каждое занятие.
<b>Контрольные опросы на лекциях</b>	<b>4</b>	Полные аргументированные ответы на поставленные вопросы
	<b>2</b>	Неполное раскрытие вопросов
<b>Итого по контрольным опросам на лекциях (максимально возможное)</b>	<b>16</b>	Из расчёта проведения 4-х опросов. Оценивается каждый опрос.
<b>ИТОГО:</b>	<b>50</b>	Максимально возможное
Для студентов заочной формы обучения		
Выполнение контрольной работы (индивидуального задания)	<b>50</b>	При выполнении задания приняты правильные решения, изложение материала аргументированное, последовательное, работа оформлена без замечаний
	<b>30</b>	Задание выполнено в целом правильно, но решения не всегда обоснованы, имеются замечания по оформлению.
<b>ИТОГО:</b>	<b>50</b>	Максимально возможное

**Промежуточная аттестация** по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме коллоквиума. Форма проведения экзамена – письменная. Экзаменационный билет включает в себя пять теоретических вопроса, каждый из которых требует конкретного ответа, и практическое задание. При оценивании студента на экзамене преподаватель руководствуется критериями, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение баллов по семестровому экзамену

Форма контроля		Максимально возможное количество баллов
Ответ на вопросы экзаменационного билета	вопрос 1	6
	вопрос 2	6
	вопрос 3	6
	вопрос 4	6
	вопрос 5	6
	практическое задание	20
<b>ИТОГО:</b>		<b>50</b>

**Итоговая оценка** определяется по количеству баллов по результатам семестрового экзамена. **Максимально возможное количество баллов – 100.**

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично
80-89	B	Хорошо
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	Удовлетворительно
35-59	FX	
0-34	F*	
		Неудовлетворительно

– с обязательным повторным изучением дисциплины.

Утверждено на заседании кафедры «Электрические системы»,  
протокол № \_\_\_\_ от \_\_. \_\_. 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Полковниченко Д.В.

#### 4.4 Пример текущего опроса на практических (семинарских) занятиях и лабораторных работах

##### На практических занятиях

На примере темы «Схемы замещения ЛЭП»

1. Какие металлы используются для ВЛЭП; КЛЭП?
2. Каким образом делятся маслонаполненные кабели в зависимости от давления?
3. Расшифровать аббревиатуру ВЛЭП, КЛЭП.
4. Расположение проводов ВЛЭП на опорах.
5. Зачем применяют расщепление фазы?
6. На какое напряжение (фазное, линейное) рассчитывается изоляция в сетях 35 (110, 220) кВ? Ответ пояснить.
7. Схема замещения ВЛЭП при заданном напряжении.
8. Схема замещения КЛЭП при заданном напряжении.

9. Формулы для расчета параметров схемы замещения ЛЭП.
10. Сопоставить параметры схемы замещения ВЛЭП при обычной и расщепленной конструкции фазы.
11. Зависимость  $r_0 = f(I \text{ нагрузки})$  для проводов, выполненных из цветных металлов и из стали.
12. Активное и омическое сопротивление. Их соотношение.
13. Условие возникновения короны.
14. Наименьшие сечения проводов ВЛЭП по условию коронирования.

### **На лабораторных занятиях**

На примере темы «Схемы замещения трансформаторов, параметры схем».

1. Какие параметры указывают в паспорте трансформатора? Что они характеризуют?
2. В чем заключаются преимущества автотрансформатора в сравнении с трехобмоточным трансформатором?
3. Какие опыты проводят для определения каталожных данных трансформатора?
4. На какие виды разделяют потери мощности в трансформаторах? От чего зависит их значение?
5. Как определить параметры эквивалентной схемы замещения при параллельной работе однотипных трансформаторов на подстанции?
6. Определить напряжение питания в опыте короткого замыкания трансформатору, если:
  - значение номинального напряжения обмотки высшего напряжения 115 кВ;
  - напряжение короткого замыкания, значение которого получено из опыта короткого замыкания 10 %.
7. Определить значение тока, если при проведении опыта короткого замыкания напряжение питания будет равняться значению номинального напряжения обмотки высшего напряжения 115 кВ, а напряжение короткого замыкания трансформатора равняется 10 %?
8. Определить на сколько процентов изменятся потери активной мощности в обмотках трансформатора, если напряжение источника питания уменьшится на 10 %, а мощность нагрузки не изменится?
9. Что означает ток холостого хода трансформатора, как его определить?
10. Что означает перемагничивание стали трансформатора, на какие параметры схемы замещения влияет процесс?
11. Определить на сколько процентов изменятся потери активной мощности в обмотках трансформатора, если полная мощность нагрузки  $S$  увеличится на 10%, а напряжение источника питания уменьшится на 10 %?
12. Определить на сколько процентов изменятся потери активной мощности в обмотках трансформатора, если полная мощность нагрузки  $S$  увеличится на 10%, а напряжение источника питания не изменится?
13. Как изменяются потери активной мощности в трансформаторе, если мощность нагрузки изменяется от 0 до номинальной мощности трансформатора?



## 4.5 Курсовое проектирование

При оценивании результатов курсового проекта руководствуются следующим распределением максимально возможного количества баллов по основным разделам работы:

№ п/п	Наименование раздела	Максимально возможное количество баллов
1	Формулирование цели, задач и разработка методики выполнения исследований.	20
2	Обоснование и разработка расчетной схемы участка электрической сети, обоснование напряжения источника питания	30
3	Проведение расчетов и исследований, направленных на решение поставленных в работе задач.	30
4	Анализ полученных результатов. Формулирование рекомендаций по улучшению режимов.	20
<b>ИТОГО</b>		<b>100</b>

Оценивание раздела производится исходя из следующего:

- правильная и аргументированная методика исследований. Использование современного программного обеспечения и апробированных методов расчета установившихся режимов. Полнота решенных заданий, логически сформулированные выводы и рекомендации, качественное оформление пояснительной записки – максимально возможно количество баллов;
- недостаточно обоснована методика исследований. Неполное решение задач, соответствующих полученному заданию. Не достаточно последовательные и логически сформулированные выводы и рекомендации. Имеются замечания по оформлению пояснительной записки – от 0,6 до 0,85 от максимально возможного количества баллов;
- отсутствует методика исследований. Неумение выполнить расчет для принятия решения о влиянии различных факторов на параметры режима – ноль баллов.

В результате суммирования набранных по разделам баллов руководитель курсовой работы определяет предварительную итоговую оценку и осуществляет допуск к защите работы. К защите допускаются студенты, набравшие не менее 60 баллов. В противном случае работа возвращается на доработку.

Предварительная оценка может быть изменена по результатам защиты курсового проекта перед комиссией, назначаемой из числа преподавателей кафедры.

## 5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *I Основная литература*

1. Лыкин, А. В. Электрические системы и сети : учебник / А. В. Лыкин. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 363 с. — ISBN 978-5-7782-3037-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91589.html>

2. Савина, Н. В. Современные электроэнергетические системы и сети : учебное пособие для СПО / Н. В. Савина. — Саратов : Профобразование, 2021. — 163 с. — ISBN 978-5-4488-1155-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105157.html>

3. Ананичева, С. С. Анализ электроэнергетических сетей и систем в примерах и задачах: учебное пособие / С. С. Ананичева, С. Н. Шелюг. - Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. - 176 с. - ISBN 978-5-7996-1784-4. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/65910.html>

### *II Дополнительная литература*

4. Савина, Н. В. Электроэнергетические системы и сети : учебное пособие для СПО / Н. В. Савина. — Саратов : Профобразование, 2021. — 176 с. — ISBN 978-5-4488-1161-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105164.html>

5. Беляков, Ю. С. Электрические сети и системы электроснабжения потребителей. Ч. II. Дополнительные сведения об электрических сетях : учебное пособие для студ. физ.-техн. фак-та. [Электронный ресурс] / Ю. С. Беляков ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования Петрозавод. гос. ун-т. - Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2015. — 55 с. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. ISBN 978-5-8021-2630-1. <http://ed.donntu.ru/books/17/cd7755.djvu>

6. Карапетян, И. Г. Справочник по проектированию электрических сетей / И. Г. Карапетян, Д. Л. Файбисович, И. М. Шапиро ; под редакцией Д. Л. Файбисович. — 4-е изд. — Москва : ЭНАС, 2017. — 376 с. — ISBN 978-5-4248-0049-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/76203.html>

## 6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Учебно-методические издания, разработанные в ДОННТУ:

7. **Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Электрические системы и сети»** : для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль бакалавриата «Электроэнергетические системы и сети» всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. электрических систем ; сост. С. А. Гришанов, И.И. Ларина. – Донецк : ДОННТУ, 2022. – 76 с. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. – (Доступ через личный кабинет студента).

8. **Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Электрические системы и сети»** : для обучающихся по образовательной программе «бакалавриат» направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», (профили подготовки «Электроэнергетические системы и сети», «Электрические станции» и «Электроснабжение») всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. электрических систем ; сост.: И. И. Ларина, С. А. Гришанов, С. В. Ковальская. – Донецк : ДОННТУ, 2022. – 77с. 1 файл – Систем. требования: Acrobat Reader Загл. с титул. экрана – (Доступ через личный кабинет студента)

9. **Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Электрические системы и сети»** : для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профили подготовки «бакалавриат» «Электроэнергетические системы и сети» и «Электрические станции» всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. электрических систем; сост. С. А. Гришанов, И. И. Ларина. – Донецк : ДОННТУ, 2022. – 57 с. (протокол №1 заседания учебно-издательского совета ДОННТУ от 26.01.2022 г.) – 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. – (Доступ через личный кабинет студента).

10. **Методические указания для самостоятельной работы и выполнения индивидуального задания по дисциплине «Электрические системы и сети»** : для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. электрических систем ; сост. С. А. Гришанов, И. И. Ларина. – Донецк : ДОННТУ, 2022. – 43 с. (протокол №1 заседания учебно-издательского совета ДОННТУ от 26.01.2022 г.) – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. Загл. с титул. экрана – (Доступ через личный кабинет студента).

### Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>.

ЭБС IPR SMART - <http://www.iprbookshop.ru/>.

## 7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Лекционные занятия:

1. Учебная лаборатория №8.509, учебный корпус 8, для проведения занятий лекционного типа, лабораторного типа, групповых и индивидуальных консульта-

ций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийное оборудование: С II-1100 (ОС - Windows XP Professional x86 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), SMathStudio-0.98 (бесплатная версия), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты).

### **7.2 Практические занятия:**

2. Учебная лаборатория №8.509, учебный корпус 8, для проведения занятий лекционного типа, лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийное оборудование: С II-1100 (ОС - Windows XP Professional x86 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), SMathStudio-0.98 (бесплатная версия), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты).

### **7.3 Лабораторные работы:**

3. Дисплейный класс №8.512а, учебный корпус 8, для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций (мультимедийное оборудование: компьютеры Cel/2.53GHz/512Mb/40Gb, Cel/2.53GHz/256Mb/40Gb, Intel Pentium 4 3Ghz/512M, Core i3 3.0 Ghz (ОС - Windows XP Professional x86 и Windows 7 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), SMathStudio-0.98 (бесплатная версия), Mathcad Express (бесплатная версия), LibraCAD 2.1 (бесплатная лицензия), FreeMat (бесплатная лицензия) Digsilent PowerFactory 14.0 (лицензия), мониторы TFT-17'', мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска передвижная, столы аудиторные, стулья ученические).

### **7.4 Самостоятельная работа:**

4. Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОН-НТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 - общественная лицензия MPL 2.0, Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3, Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL).