

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



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

А.А. Каракозов

(подпись)

« 31 » сентября 2023 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):

Электроснабжение

(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа:

бакалавриат

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения:

очная, заочная, очно-заочная

(очная, заочная, очно-заочная)

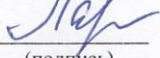
Форма обучения	Очная	Очно-заочная	Заочная
Семестр	5	6	6
Общая трудоёмкость в з.е./часах	4,5/162	4,5/162	4,5/162
Контактная работа (час.), в том числе	91	36	24
лекции (час.)	34	8	8
лабораторные работы (час.)	17	12	2
практические (семинарские) занятия (час.)	34	8	6
Самостоятельная работа (час.), в том числе	53	90	120
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	27	27	27
Контроль (экзамен, час./зачёт)	Экзамен (18)	Экзамен (36)	Экзамен (18)

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) «Электроснабжение») для 2023 года приёма по очной, заочной и очно-заочной формам обучения.

**Составитель:**

доцент кафедры

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

(подпись)

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

Протокол от « 07 » 03 2023 года № 8

Заведующий кафедрой  Полковниченко Д.В.

(подпись)

Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** «Электроснабжение промышленных предприятий и городов».

Протокол от « 15 » 03 2023 года № 15

Заведующий кафедрой  Левшов А.В.

(подпись)

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

Протокол от « 23 » 03 2023 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.)

### 3. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Значение дисциплины "Электрические системы и сети" 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, основ построения сетей.

Цель и задачи дисциплины.

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:

- способен рассчитывать режимы работы электроэнергетических установок различного назначения, определять состав оборудования и его параметры, схемы электроэнергетических объектов (ПК-4).

## **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. (Семин.)	Лабор.	СРС
Тема 1. Вступление. Основные задачи.	3/2/4	2/-	-	-	1/2/4
Тема 2. Классификация сетей.	3/2/4	2/-	-	-	1/2/4
Тема 3. Схемы замещения	21/12/14	4/2/2	8/2/2	6/2/-	3/6/10
Тема 4. Характеристики ЭП	3/3/4	2/-	-	-	1/3/4
Тема 5. Потери мощности и электро-энергии	9/9/11	2/2/2	4/2/-	2/-	1/5/9
Тема 6. Векторные диаграммы ЛЭП	4/6/6	2/2/-	-		2/4/6



Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ. (Семина.)	Лабор.	СРС
Тема 7. Методы расчета режимов замкнутых сетей	18/19/17	4/4/2	6/2/2	4/4/-	4/9/13
Тема 8. Расчет режимов замкнутых сетей	11/6/9	2/-	6/-		3/6/9
Тема 9. Расчет местных сетей по потере напряжения	6/4/6	2/-	2/-		2/4/6
Тема 10. Основы управления режимами работы электрических систем	4/5/9	2/-	-		2/5/9
Тема 11. Регулирование частоты	4/3/4	2/-	-		2/3/4
Тема 12. Регулирование напряжения	19/13/13	4/2/2	8/2/2	5/2/2	2/7/7
Тема 13. Повышение экономичности электрических сетей	6/7/8	4/-			2/7/8
Курсовая работа (проект)	27/27/27				27/27/27
Итого по видам занятий	138 /118/136	34/12/8	34/8/6	17/8/2	53/90/120
Контактная работа (дополнительная)	6/8/8				6/8/8
Контроль	18/36/18				
Итого:	162				

### Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ПК-4	Темы 1-13

### 3.2. Лекции

Тема 1. Вступление.

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 электро-снабжения, 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.

Схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов и их параметры.

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.

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

Тема 5. Потери мощности и электроэнергии в элементах сети

Содержание темы 5: Расчет потерь мощности в линиях электропередач, 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. Первичное и вторичное регулирование частоты. Автоматическая частотная разгрузка.

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.** Повышение экономичности электрических сетей

Содержание темы 13: Экономичность замкнутых сетей. Естественное и экономическое распределение мощностей, уравнивающая мощность, оптимальное распределение мощности в замкнутых контурах электрических сетей. Оптимальное распределение мощности между электростанциями.

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 13: [[л2](#), [л4](#)]

### 3.3. Практические (семинарские) занятия

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

### 3.4. Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очная/ заочная	Литература
1	Конструкция, схемы и параметры линий электропередачи	2/-	[ <a href="#">Л 1</a> ]
2	Параметры схем замещения трансформаторов	4/2/-	[ <a href="#">Л 1</a> ]
3	Потери мощности и электроэнергии в трансформаторах	2/-	[ <a href="#">Л 2</a> ]
4	Исследование режимов работы сети с двухобмоточными трансформаторами	2/2/-	[ <a href="#">Л 3</a> ]
5	Исследование режимов работы сети с трехобмоточными трансформаторами	2/2/-	[ <a href="#">Л 3</a> ]
6	Регулирование напряжения в электрических сетях с помощью устройств компенсации реактивной мощности	5/2/2	[ <a href="#">Л 2</a> , <a href="#">Л 3</a> ]
Итого:		17/8/2	

### 3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очная/ очно-заочная заочная
1	Изучение лекционного материала	9/23/58
2	Подготовка к практическим занятиям	10//20/26
3	Подготовка к лабораторным работам	7//20/9
4	Выполнение курсового проекта	-
5	Выполнение курсовой работы	27/27/27
6	Выполнение индивидуального задания	-
Итого:		53/90/120

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

Учебным планом в рамках освоения дисциплины предусмотрено выполнение студентами **курсовой работы**.

Тематика курсовой работы связана с разработкой схемы электроснабжения пяти потребителей от одного источника питания, расчетом режимов и оценкой их



экономичности.

Задачи курсовой работы заключаются в разработке вариантов электроснабжения потребителей, выборе и проверке сечений проводов, трансформаторов, выборе наилучшей конфигурации сети по экономическим критериям, расчете и анализе режимов в спроектированной сети. Индивидуальные задания выдаются преподавателем на основании методических указаний [Л9].

Работа должна содержать варианты схем электроснабжения потребителей, окончательную конфигурацию сети и принципиальную схему электроснабжения, схему замещения электрической сети, расчетную схему, методику расчетов, расчет параметров режима и анализ их допустимости.

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 экономических критериев дополнительных капитальных вложений;
- использования справочной и нормативной документации;
- расчетов установившихся режимов и их анализа.

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

Объем учебной нагрузки при выполнении курсовой работы – 27 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.

**Индивидуальное задание** учебным планом не предусмотрено.

## **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.

#### 4Пример экзаменационного билета

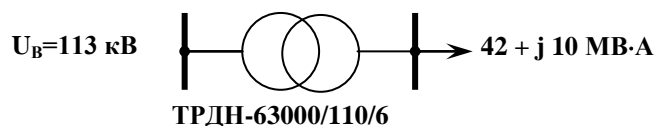
### ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

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:	Электроснабжение
Учебная дисциплина:	5 (осенний) Электрические системы и сети

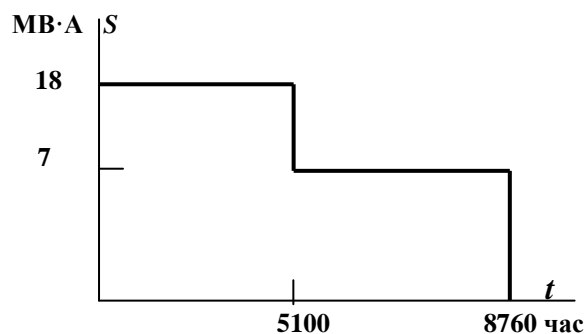
#### БИЛЕТ № 1

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
Протокол	(наименование кафедры полностью)
Зав. кафедрой	Полковниченко Д.В.
Экзаменатор	Ларина И.И.



## **КРИТЕРИИ**

### **оценивания экзаменационной работы**

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

Экзамен проводится письменно по билетам. Экзаменационные билеты содержат один теоретический вопрос, требующий конкретного ответа, и два практических задания. При необходимости отвечающий должен сопроводить написанный ответ поясняющей схемой (рисунком).

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 и заочной формы обучения осуществляется по результатам практических занятий и лабораторных работ.

Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта, выполнение курсовой работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходи-

мым 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 (заочной) формы обучения		
Отчёт по лабораторной работе	2 / 6	Задание выполнено правильно, решения обоснованы, приведен анализ полученного результата
	1 / 3	Задание выполнено в целом правильно, решения не всегда обоснованы, возникли трудности в объяснении полученных результатов
<b>Итого по лабораторным работам (максимально возможное)</b>	<b>16 / 6</b>	Из расчёта 8 (1) аудиторных занятий для проведения лабораторных работ. Оценивается каждое занятие.
Контрольные опросы на практических занятиях	2 / 6	Ответ правильный и аргументирован
	1 / 3	Ответ неполный, имеются ошибки в расчетах
<b>Итого по практическим занятиям (максимально возможное)</b>	<b>14 / 24</b>	Из расчёта проведения 7 (4) опросов по 6 (3) рассматриваемым темам. Оценивается каждый опрос.
Контрольные опросы на лекциях	4 / 5	Полные аргументированные ответы на поставленные вопросы
	2 / 2	Неполное раскрытие вопросов
<b>Итого по контрольным опросам на лекциях (максимально возможное)</b>	<b>20 / 20</b>	Из расчёта проведения 5 (4) опросов по 13 (4) рассматриваемым темам. Оценивается каждый опрос.
<b>ИТОГО:</b>	<b>50 / 50</b>	Максимально возможное

**Промежуточная аттестация** по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена. 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

Форма контроля		Максимально возможное количество баллов
	практическое задание	20
<b>ИТОГО:</b>		<b>50</b>

Максимальное количество баллов за ответ на вопрос экзаменационного билета засчитывается студенту в случае, если ответ подтверждает владение студентом знаниями в полном объеме учебной программы, материал изложен в логической последовательности с выделением главного, содержит точные формулировки, сопровождается иллюстрирующими схемами и рисунками (при необходимости).

В случае, если ответ на вопрос не в полной мере отвечает приведенным требованиям, студенту засчитывается меньшее количество баллов в соответствии. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос студент получает 0 баллов.

**Итоговая оценка** определяется путем суммирования количества баллов по результатам текущего контроля и количества 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	Удовлетворительно
60-69	E	
35-59	FX	Неудовлетворительно
0-34	F*	

\* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

#### 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?

Текущий контроль знаний студентов производится по результатам контрольных опросов в ходе проведения практических занятий и лабораторных работ.

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена в соответствии с «Положением об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете», утвержденном приказом ДонНТУ от 02.05.2018г. № 337-14.

При определении уровня знаний студентов преподаватель руководствуется критериями оценки знаний, являющимися составляющей учебно-методического комплекса дисциплины.

#### 4.5 Курсовое проектирование

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

№ п/п	Наименование раздела	Максимально возможное количество баллов
1	Разработка вариантов схем электроснабжения потребителей.	10
2	Выбор и проверка электротехнического оборудования. Выбор лучшего варианта электроснабжения потребителей.	20
3	Обоснование и разработка расчетной схемы участка электрической сети, обоснование напряжения источника питания, желаемого напряжения на шинах потребителей для различных режимов.	20
4	Проведение расчетов режимов.	30
5	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 выполнения задания. 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 выполнения задания. 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 выполнения задания. Неумение выполнить расчет для принятия решения выбора схемы питания потребителей и анализа режимов работы сети – 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 курсовой работы 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 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. – Систем. требования: Acrobat Reader – Загл. с титул. экрана – (Доступ через личный кабинет студента).

8. **Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Электрические системы и сети»** для обучающихся направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», программы бакалавриат «Электрические станции» и «Электроснабжение» / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. электрических систем ; сост. С.А. Гришанов, И. И. Ларина – Донецк : ДОННТУ, 2021. – (Доступ через личный кабинет студента)

9. **Методические указания к выполнению курсовой работы "Проект районной электрической сети"** по дисциплине «Электрические системы и сети» : для обучающихся направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», программы бакалавриат «Электрические станции» и «Электроснабжение» / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. электрических систем ; сост. : И. И. Ларина, С. В. Ковальская. – Донецк : ДОННТУ, 2021. – 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 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).

## **7.2 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).