



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЭиАС

В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ***

Направление подготовки (специальность)

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы

Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения

очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроснабжения промышленных предприятий
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий  
23.01.2023, протокол № 4

Зав. кафедрой  А.В.Варганова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
10.02.2023 г. протокол № 7

Председатель  В.Р. Храмшин

Согласовано:

Зав. кафедрой Теплотехнических и энергетических систем

 Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ЭПП, канд. техн. наук

 О.В. Газизова

Рецензент:

начальник ЦЭСиП ПАО «ММК», канд. техн. наук



Н.А. Николаев

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В.Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В.Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В.Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В.Варганова

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

подготовка обучающихся в вопросах, связанных с изучением основных источников питания электроэнергией объектов, структурных схем главных понижающих подстанций, районных электрических сетей питающих энергосистем, распределительных электрических сетей внутривозовского электроснабжения, режимов работы электрических сетей.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Электроэнергетические системы и сети входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Учебная - ознакомительная практика

Физика

История теплоэнергетики

Введение в направление

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная-преддипломная практика

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Производственная-технологическая практика

Энергобалансы предприятий

Теплоэнергетические системы промышленных предприятий

Энергетика и экология

Цифровые технологии в теплоэнергетике

Энергетические станции промышленных предприятий

Энергосбережение и вторичные энергоресурсы

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электроэнергетические системы и сети» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-6	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники
ОПК-6..1	Определяет способы измерения физических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники
ОПК-6..2	Осуществляет измерения физических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 73,9 акад. часов;
- аудиторная – 72 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 34,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1								
1.1 Электрические цепи - общие понятия. Линейные электрические цепи постоянного тока. Электрические цепи однофазного переменного тока. Трёхфазные цепи. Электрические измерения и приборы.	3	6	2		3,2	Подготовка к выполнению и защите ЛР №72	защита ЛР №72	ОПК-6..1, ОПК-6..1
Итого по разделу		6	2		3,2			
2. Раздел 2								
2.1 Основные источники питания электроэнергии объектов. Современные и перспективные источники электроэнергии. Типы электрических станций, участвующих в выработке электроэнергии. Основные особенности различных типов электростанций. Основные требования к главным схемам электроустановок. Главные схемы ТЭЦ. Главные понижающие подстанции, их структуры, схемы. Выбор числа и мощности трансформаторов связи на ТЭЦ и подстанциях. Основное электрооборудование	3	4			4	Подготовка к АКР №1. Выполнение индивидуального задания (ИЗ) №1	АКР№1, ИЗ №1	ОПК-6..1, ОПК-6..1
Итого по разделу		4			4			
3. Раздел 3								

<p>3.1 Общие сведения об электроэнергетических системах. Особенности электроэнергетических систем, их классификация. Типы конфигураций электрических сетей. Объединение энергетических систем. Управление электроэнергетическими системами. Планирование и проектирование развития энергосистем. Режимы электроэнергетической системы. Балансы активных и реактивных мощностей в энергосистеме, меры по их обеспечению. Принципы обеспечения надежности, резервирования и качества электроэнергии в электроэнергетической системе.</p>	3	4			2	Подготовка к АКР №2	АКР№2	ОПК-6..1, ОПК-6..1
Итого по разделу		4			2			
4. Раздел 4								

<p>4.1 Передача и распределение электроэнергии. Электрические нагрузки узлов электрических сетей, представление нагрузок в расчетных схемах электрических сетей. Схемы замещения линий, трансформаторов и автотрансформаторов. Определение параметров схем замещения различных элементов электрических сетей. Элементы теории передачи энергии по линиям электрической сети. Линии электропередачи переменного и постоянного тока высоких, сверхвысоких и ультравысоких напряжений. Расчет режимов линий электропередачи и электрических сетей в нормальных и послеаварийных режимах. Понижительные, повысительные, преобразовательные и инверторные подстанции электроэнергетических систем. Принципиальные схемы электрических соединений районных подстанций. Пути повышения пропускной способности электропередачи. Регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе. Общие сведения по оптимизации режимов электроэнергетических систем.</p>	3	6		4	2	Подготовка к АКР №2 ИЗ №2 ИЗ №3	АКР №2, ИЗ №2, ИЗ №3	ОПК-6..1, ОПК-6..1
Итого по разделу	6		4	2				
5. Раздел 5								

5.1 Конструктивное выполнение линий электрических сетей. Общая характеристика условий работы воздушных линий. Провода, изоляция, линейная арматура воздушных линий, опоры ЛЭП. Характеристика кабельных линий и условия их работы. Основные сведения о конструкциях кабелей и кабельной арматуры. Токопроводы промышленных предприятий. Внутренние электрические линии, выполненные проводами, шнурами.	3	2	6		6,9	Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ №70, 76, 77 Подготовка к АКР №3	Защита лабораторных работ №70, 76, 77; АКР №3	ОПК-6..1, ОПК-6..1
Итого по разделу		2	6		6,9			
6. Раздел 6								
6.1 Расчет районных и местных распределительных сетей. Параметры электрических сетей. Проектирование электрических сетей питающих энергосистем, включая выбор схемных решений, параметры основного электрооборудования. Особенности расчета местных сетей.	3	4	10	8	4	Подготовка к АКР №3 Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ № 73, 74	АКР №3, защита лабораторных работ № 73, 74	ОПК-6..1, ОПК-6..1
Итого по разделу		4	10	8	4			
7. Раздел 7								
7.1 Выбор сечений жил проводов ВЛЭП и кабелей – Основы выбора сечений проводов и кабелей. Выбор экономически целесообразных сечений проводов и кабелей; выбор сечений проводников в местных сетях по допустимой потере напряжения; области применения дополнительных условий при выборе сечений по допустимой потере напряжения. Проверка сечений проводов и кабелей по условиям нагрева.	3	4		2	1	ИЗ №4 Подготовка к АКР №3	АКР№3, ИЗ №4	ОПК-6..1, ОПК-6..1
Итого по разделу		4		2	1			
8. Раздел 8								



8.1 Технико-экономические расчеты электрических сетей – Основные технико-экономические показатели и критерии выбора оптимального варианта электрической сети. Вероятность перерывов электрообеспечения и надежность элементов электрической сети. Учет фактора надежности при проектировании электрической сети. Основные мероприятия по снижению потерь электроэнергии.	3	6		4	1	ИЗ №5, подготовка к АКР №4	ИЗ №5, АКР №4	ОПК-6..1, ОПК-6..1
Итого по разделу		6		4	1			
9. Подготовка к промежуточной аттестации								
9.1 Подготовка к сдаче зачета	3				10	Подготовка к сдаче зачета	Зачет с оценкой	
Итого по разделу					10			
Итого за семестр		36	18	18	34,1		зао	
Итого по дисциплине		36	18	18	34,1		зачет с оценкой	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Электроэнергетические системы и сети» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Электроэнергетические системы и сети» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении практических занятиях используются работа в команде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки расчетно-графических работ, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Антонов, С.Н. Проектирование электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.Н. Антонов, Е.В. Коноплев, П.В. Коноплев, А.В. Ивашина; Ставропольский гос. аграрный ун-т. – Ставрополь, 2014. – 104 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/514943> (дата обращения: 29.03.2021). – Режим доступа: по подписке.

2. Дубина, И. А. Электроэнергетические системы и сети : учебное пособие / И. А. Дубина, А. В. Варганова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3178.pdf&show=dcatalogues/1/1136593/3178.pdf&view=true> (дата обращения: 29.03.2021). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Николаева, С. И. Электроэнергетические сети и системы: Учебное пособие / Николаева С.И. - Волгоград:Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. - 64 с.: ISBN. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1007833> (дата обращения: 29.03.2021). – Режим доступа: по подписке.

2. Николаева, С. И. Расчет режимов электрических сетей: Практикум / Николаева С.И. - Волгоград:Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. - 60 с.: ISBN. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1007827> (дата обращения: 29.03.2021). – Режим доступа: по подписке.

3. Ананичева, С. С. Электроэнергетические системы и сети. Примеры и задачи : учебное пособие для вузов / С. С. Ананичева, С. Н. Шелюг. — 2-е изд. — Москва :

Издательство Юрайт, 2020. — 177 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07672-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://www.biblio-online.ru/bcode/455366> (дата обращения: 29.03.2021).

4. Лыкин, А. В. Электроэнергетические системы и сети : учебник для вузов / А. В. Лыкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 360 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04321-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://www.biblio-online.ru/bcode/451023> (дата обращения: 29.03.2021).

5. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» <https://vestnik.susu.ru/power/issue/archive> (дата обращения: 29.03.2021).

6. Журнал «Электротехнические системы и комплексы» <http://esik.magtu.ru/ru/> (дата обращения: 29.03.2021).

7. Журнал "Вестник Ивановского государственного энергетического университета" <http://vestnik.ispu.ru/taxonomy/term/102#> (дата обращения: 29.03.2021).

#### **в) Методические указания:**

1. Дубина, И. А. Проектирование районных и местных электрических сетей : учебное пособие / И. А. Дубина, О. В. Газикова, А. В. Кочкина. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=988.pdf&show=dcatalogues/1/1119140/988.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2021). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Электроэнергетические системы и сети : учебное пособие / И. А. Дубина, О. В. Газикова, А. В. Кочкина, Ю. Н. Кондрашова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 159 с. : ил., табл., схемы. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1143.pdf&show=dcatalogues/1/1120746/1143.pdf&view=true> (дата обращения: 14.03.2021). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0566-5. - Имеется печатный аналог.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно	бессрочно
MathCAD v.15 Education University	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
АСКОН Компас 3D в.16	Д-261-17 от 16.03.2017	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно

##### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа - мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ - лаборатория электрических измерений (Межфакультетская лаборатория моделирования систем электроснабжения ауд. 217). Лабораторные установки, измерительные приборы для выполнения лабораторных работ:

- стенд лабораторный 1.КЭЭСЭСТ1 –С-К «Качество электроэнергии в системах электроснабжения»;

- комплект типового лабораторного оборудования «Определение повреждений кабельных линий»;

- стенд лабораторный ЭЭ1-Л-Н-Р «Модель электротехнической системы»;

- комплект типового оборудования «Модель длинной линии электропередачи».

3. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации доска, мультимедийный проектор, экран.

4. Помещения для самостоятельной работы обучающихся - персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования; инструменты для ремонта лабораторного оборудования

## Приложение 1

### **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

По дисциплине «Электроэнергетические системы и сети» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение индивидуальных заданий, аудиторных контрольных работ на практических занятиях, а также выполнения и защиту лабораторных работ на лабораторных занятиях

#### **1. Перечень контрольных вопросов к зачету с оценкой**

1. Определение сечений проводов по допустимой потере напряжения по условию равенства плотности тока на всех участках сети.
2. Изоляция воздушных и кабельных ЛЭП. Габариты воздушных линий электропередачи. Механический расчет.
3. Воздушные линии эл. передач. Конструктивное исполнение воздушных ЛЭП.
4. Качество электроэнергии. Показатели качества.
5. Выбор сечения проводов по условию минимума расхода металла.
6. Батареи статических конденсаторов и синхронные компенсаторы как источники реактивной мощности.
7. Кабельные линии. Способы прокладки.
8. Выбор номинального напряжения и конфигурации сети.
9. Схемы замещения линий электропередачи и трансформаторов. Расчет линий электропередачи по схеме замещения с учетом трансформаторов.
10. Народнохозяйственный ущерб от перерывов электроснабжения
11. Структура эл. сетей и систем. Определения. Системы внешнего и внутреннего ЭС.
12. Выбор сечений проводов и кабелей. Методы выбора.
13. Основные источники питания э/э объектов. Типы эл. станций
14. Факторы, определяющие построение схем ЭС.
15. Выбор мощности компенсирующих устройств по условию регулирования напряжения.
16. Баланс активных и реактивных мощностей в эл. сети и в системе.
17. Режимы работы нейтрали в электрических сетях.

18. Основные требования к схемам электроснабжения. Выбор схем и напряжений электрических сетей.
19. Основы выбора сечений проводов и кабелей.
20. Главные задачи проектирования и эксплуатации систем ЭС.
21. Основы технико-экономических расчетов эл.сети.
22. Виды повреждения кабелей. Основные сведения о конструкции кабелей. Соединения и оконцевание кабелей.
23. Основные элементы электрической цепи.
24. Параметры режима электрической цепи (ток, напряжение, ЭДС).
25. Источники и приёмники энергии.
26. Условные графические обозначения. Резистивные элементы и накопители энергии электромагнитного поля.
27. Классификация электрических цепей по их элементам и признакам: род тока, линейность, разветвленность, наличие активных элементов.
28. Режимы работы источника электроэнергии. Схемы замещения источников электроэнергии постоянного тока.
29. Закон Ома. Законы Кирхгофа.
30. Последовательное соединение резистивных приемников. Цепи с одним источником питания и параллельно соединенными резистивными приемниками.
31. Мощность источника и приемника электроэнергии. Закон Джоуля-Ленца.
32. Особенности электромагнитных процессов в цепях с изменяющимися во времени токами. Реактивные элементы электрических цепей (индуктивность, емкость), их условные обозначения.
33. Синусоидальные и несинусоидальные периодические токи. Основные параметры, характеризующие синусоидальную величину.
34. Количественные и фазовые соотношения между токами и напряжениями на резистивных, индуктивных и емкостных пассивных элементах, цепь с параллельными ветвями.
35. Мощность цепи синусоидального тока. Активная, реактивная, полная мощность. Коэффициент мощности. Резонанс в цепях синусоидального тока.
36. Область применения трехфазных устройств. Трехфазная система ЭДС.
37. Трехфазные системы синусоидальных величин.
38. Последовательность фаз. Схемы трехфазных цепей. Линейные и фазные токи и напряжения. Четырехпроводная и трехпроводная цепи, режим их работы.

39. Мощность трехфазной цепи. Заземление и зануление в трехфазных сетях.

40. Прямые и косвенные методы измерения.

41. Устройство, принцип действия, основные свойства и области применения показывающих приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической систем. Счетчики электрической энергии. Обозначения на шкалах приборов. Определение цены деления. Погрешности и классы точности показывающих приборов.

42. Измерение токов, напряжений, мощности и энергии. Расширение пределов измерения приборов.

## **2. Перечень лабораторных работ и контрольных вопросов для защиты**

Лабораторная работа № 72 «Исследование режимов нейтрали в трёхфазных электрических сетях напряжением до и выше 1 кВ»

1. Изолированная и глухозаземлённая нейтраль в электрических сетях напряжением до 1 кВ.

2. Выбор режима работы электрической нейтрали в электрических сетях напряжением выше 1 кВ.

3. Достоинства и недостатки электрических сетей: с изолированной нейтралью, с компенсированной нейтралью, с глухозаземлённой и эффективно заземлённой нейтралью, область применения таких сетей.

4. Построить векторную диаграмму токов и напряжений при замыкании на землю фазы В в сети с изолированной нейтралью.

5. Построить векторную диаграмму токов и напряжений для сети с ДГР в электрической нейтрали в аварийном режиме.

6. В каких случаях возникает необходимость заземления нейтрали через дугогасящий реактор? Каким свойством должен обладать дугогасящий реактор?

7. Причины и условия появления перемежающейся дуги и её последствия.

Лабораторная работа № 73 «Определение потерь электрической энергии в распределительных сетях»

1. Как определяются потери активной и реактивной мощности ЛЭП?

2. Как производится расчет потерь мощности в разветвленных сетях?

3. Каким образом определяются потери мощности в линии с равномерно-распределенной нагрузкой?

4. Как определяются потери электроэнергии в линиях?

5. Какими видами потерь в трансформаторах сопровождается передача мощности через него?

6. Что такое время наибольших потерь?

7. Как определяются потери активной и реактивной мощности в двухмоточном трансформаторе?

8. Как определяются потери электроэнергии в двухобмоточном трансформаторе?

Лабораторная работа № 74 «Определение параметров установившегося режима электрической сети с односторонним питанием»

1. Основные методы расчета разомкнутых сетей.
2. Расчетные схемы электрических сетей.
3. Схемы замещения линий электропередач и трансформаторов.
4. Расчет режима линии электропередач при заданной мощности нагрузки (напряжение в конце линии постоянное).
5. Расчет режима линии электропередач при заданной мощности нагрузки (напряжение в начале линии постоянное).
6. Расчет режима линии электропередач при заданном токе нагрузки (напряжение в конце линии постоянное).
7. Расчет режима линии электропередач при заданном токе нагрузки (напряжение в начале линии постоянное).

Лабораторная работа № 76 «Воздушные линии электропередачи»

1. Назначение воздушных линий электропередачи.
2. Элементы воздушных линий электропередачи.
3. Конструкции, материал и марки проводов.
4. Изоляция и линейная арматура.
5. Назначение и конструкции опор.
6. Вибрация проводов и борьба с ней.
7. «Пляска» проводов и борьба с ней.
8. Транспозиция проводов ВЛ.
9. Воздушные линии с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Лабораторная работа № 77 «Кабельные линии электропередачи»

1. Элементы кабельной линии.
2. Конструкция кабелей с бумажной пропитанной изоляцией.
3. Конструкция кабелей с пластмассовой изоляцией.
4. Маркировка силовых кабелей напряжением до 10 кВ.
5. Конструкция соединительных муфт.
6. Конструкция концевых муфт и заделок.
7. Устройство стопорной муфты.



8. Способы прокладки кабельных линий в земле.
9. Прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях.

### **3. Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):**

#### ***АКР-1 по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети»***

##### **Вариант 1**

1. Дайте понятия определениям: электростанция, электрическая сеть, надежность.
2. Опишите главные задачи проектирования и эксплуатации систем электроснабжения, а также основные этапы проектирования.
3. Активное и индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий электропередачи.

##### **Вариант 2**

1. Дайте понятия определениям: электроустановка, распределительное устройство, график нагрузки.
2. Приведите классификацию электростанций и подстанций.
3. Активная и емкостная проводимости линий электропередачи.

##### **Вариант 3**

1. Дайте понятия определениям: система электроснабжения, подстанция, время использования наибольших нагрузок.
2. Опишите основные режимы работы электроэнергетических систем.
3. Схемы замещения линий электропередачи.

##### **Вариант 4**

1. Дайте понятия определениям: электроэнергетическая система, потребитель электроэнергии, надежность.
2. Баланс активной и реактивной мощности, резерв мощности.
3. Схема замещения двухобмоточного трансформатора.

##### **Вариант 5**

1. Дайте понятия определениям: энергосистема, линия электропередачи, время использования наибольших нагрузок.
2. Приведите основные требования к главным схемам электроустановок (электростанций и подстанций)

### 3. Схема замещения трехобмоточного трансформатора

#### Вариант 6

1. Дайте понятия определениям: электрическая сеть, распределительное устройство, надежность.
2. Приведите основные характеристики электрических нагрузок
3. Схемы замещения линий электропередачи.

#### Вариант 7

1. Дайте понятия определениям: электроустановка, потребитель электроэнергии, время использования наибольших нагрузок.
2. Приведите классификацию электроэнергетических систем и их свойства, охарактеризуйте объединение энергетических систем.
3. Схема замещения двухобмоточного трансформатора.

#### Вариант 8

1. Дайте понятия определениям: подстанция, электроэнергетическая система, график нагрузки.
2. Приведите способы определения рационального напряжения сети.
3. Схема замещения трехобмоточного трансформатора.

#### Вариант 9

1. Дайте понятия определениям: система электроснабжения, энергосистема, надежность.
2. Представление электрических нагрузок в расчетных схемах электрических сетей
3. Активная и емкостная проводимости линий электропередачи

#### Вариант 10

1. Дайте понятия определениям: электроустановка, электроэнергетическая система, график нагрузки.
2. Баланс активной и реактивной мощности, резерв мощности.
3. Активное и индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий электропередачи.

### ***АКР№2 Схемы замещения ЛЭП и трансформаторов***

1. Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи номинальным напряжением 35 кВ протяженностью 21 км, выполненной на двух

одноцепных П-образных опорах с горизонтальным расположением проводов, район по гололеду 2. На линии подвешены провода марки АС-95/16. Вычертить схему замещения рассматриваемой линии. Проверить выдержит ли данная линия нагрузку  $S=21+j11$  МВА. Подсчитать потери мощности и напряжения в линии.

2. Определить параметры упрощенной схемы замещения трехфазного автотрансформатора АТДЦТН-200000/220/110, у которого номинальные мощности обмоток высшего и среднего напряжения равны номинальной мощности автотрансформатора, а номинальная мощность обмотки низшего напряжения составляет 50 % от номинальной мощности автотрансформатора.

### **АКР № 3**

1. Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи номинальным напряжением 110 кВ протяженностью 20 км, выполненной на одноцепных П-образных опорах с горизонтальным расположением проводов. Расстояние между проводами 5 м. На линии подвешены провода марки АС-185/29. Вычертить схему замещения рассматриваемой линии. Проверить выдержит ли данная линия нагрузку  $S=40+j50$  МВА. Подсчитать потери мощности и напряжения в линии.

2. Выбрать трансформаторы на ГПП, если номинальное напряжение рассматриваемой подстанции равно 35 кВ, а нагрузка составляет  $S=10+j4$  МВА. Определить параметры упрощенной схемы замещения выбранного трансформатора, подсчитать потери мощности в трансформаторе.

### **АКР №4 Техничко-экономические расчеты**

Рассчитать стоимость сооружения и эксплуатации подстанции 220 кВ и оценить надежность его электроснабжения, если:

1.	Тип и количество трансформаторов	2×ТРДЦН-100000/220
2.	Количество присоединений на стороне ВН	10
3.	ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 38 ячеек вакуумных выключателей	
4.	Количество отходящих линий - 8 ВЛ	

## **4. Индивидуальные задания**

### **Индивидуальное задание №1**

Выбор числа и мощности трансформаторов связи на ТЭЦ и подстанциях.

Выбор силовых трансформаторов на понизительных подстанциях и станциях

№ вар и- ант а	Номинал ное высшее напряжен ие сети,кВ	Номинал ное напряжен ие нагрузки, кВ	Номинальная мощность генератора, МВа	Расчетная мощность нагрузки, МВА	Соотношение потребителей по категориям надежности, %		
					1	2	3
16	110	10	160( $\cos\varphi=0.85$ )	83	70	6	24

2. Выбрать трансформаторы на ГПП, если номинальное напряжение рассматриваемой подстанции равно 35 кВ, а нагрузка составляет  $S=33+j18$  МВА. Определить параметры упрощенной схемы замещения выбранного трансформатора, подсчитать потери мощности в трансформаторе.

### **Индивидуальное задание №2**

Задание №1 Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи, если исходные данные приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Исходные данные для расчета

Вариант	Номинальное напряжение	Тип линии	Протяженность, км	Тип опор	Расположение проводов	Расстояние между проводами, м
1.	10	A-70	15	П10	треугольником	1,5
2.	35	АС-70/11	32	ПБ35-1В	треугольником	3
3.	110	АС-185/29	56	ПБ 110-15	горизонтальное	4
4.	220	АС-240/32	90	1 ПБ-220-1	бочка	7
5.	10	A-120	6	П10	горизонтальное	1

### **Индивидуальное задание №3**

Задание №2. Определить параметры упрощенной схемы замещения трансформатора, если исходные данные приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Исходные данные для расчета

Вариант	Номинальное напряжение ВН	Тип трансформатора	Дополнительные данные для расчета
1.	500	ТДЦ-400000	
2.	35	ТРДНС-25000	
3.	110	ТРДНС-40000	
4.	220	АТДЦТН-125000	$U_{CH}=110$ кВ; $U_{HH}=10$ кВ (50 % от $S_{НОМАТ}$ )
5.	330	ТРДНС-40000	

#### **Индивидуальное задание №4**

Выбрать число и мощность трансформаторов на ГПП, если  $U_{НОМВН}=110$  кВ,  $U_{НОМНН}=10$  кВ,  $P_{нагр}=100$  МВт,  $\cos\varphi=0,7$ , а потребители III категории составляют 20% от общей нагрузки (имеются потребители I и II категории). Выбрать воздушную линию электропередачи от электростанции до ГПП. Рассчитать потоки мощности в заданной сети, наибольшую потерю напряжения в линии.

#### **Индивидуальное задание №5**

Осуществить оценку стоимости сооружения и эксплуатации линии электропередачи, если

1.	Длина ВЛ	80 км.
2.	Количество цепей	2
3.	Характеристика опор	Одностоечная
4.	Материал опор	Железобетон
5.	Марка и сечение проводника	АС-240/32
6.	Нормативный скоростной напор ветра	750
7.	Концевые устройства предусматривают установку по одному комплекту элегазовых выключателей с каждой стороны ВЛ	

**7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
ОПК-6: Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники		
ОПК-6.1	<p>Определяет способы измерения физических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники</p>	<p><b>1. Перечень контрольных вопросов к зачету с оценкой</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Баланс активных и реактивных мощностей в эл. сети и в системе.</li> <li>2. Режимы работы нейтрали в электрических сетях.</li> <li>3. Основные требования к схемам электроснабжения. Выбор схем и напряжений электрических сетей.</li> <li>4. Компенсация реактивной мощности.</li> <li>5. Главные задачи проектирования и эксплуатации систем ЭС.</li> <li>6. Основные элементы электрической цепи.</li> <li>7. Параметры режима электрической цепи (ток, напряжение, ЭДС).</li> <li>8. Источники и приёмники энергии.</li> <li>9. Условные графические обозначения. Резистивные элементы и накопители энергии электромагнитного поля.</li> <li>10. Классификация электрических цепей по их элементам и признакам: род тока, линейность, разветвленность, наличие активных элементов.</li> <li>11. Режимы работы источника электроэнергии. Схемы замещения источников электроэнергии постоянного тока.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>12. Закон Ома. Законы Кирхгофа.</p> <p>13. Последовательное соединение резистивных приемников. Цепи с одним источником питания и параллельно соединенными резистивными приемниками.</p> <p>14. Мощность источника и приемника электроэнергии. Закон Джоуля-Ленца.</p> <p>15. Особенности электромагнитных процессов в цепях с изменяющимися во времени токами. Реактивные элементы электрических цепей (индуктивность, емкость), их условные обозначения.</p> <p>16. Синусоидальные и несинусоидальные периодические токи. Основные параметры, характеризующие синусоидальную величину.</p> <p>17. Количественные и фазовые соотношения между токами и напряжениями на резистивных, индуктивных и емкостных пассивных элементах, цепь с параллельными ветвями.</p> <p>18. Мощность цепи синусоидального тока. Активная, реактивная, полная мощность. Коэффициент мощности. Резонанс в цепях синусоидального тока.</p> <p>19. Область применения трехфазных устройств. Трехфазная система ЭДС.</p> <p>20. Трехфазные системы синусоидальных величин.</p> <p>21. Последовательность фаз. Схемы трехфазных цепей. Линейные и фазные токи и напряжения. Четырехпроводная и трехпроводная цепи, режим их работы.</p> <p>22. Мощность трехфазной цепи. Заземление и зануление в трехфазных сетях.</p> <p>23. Прямые и косвенные методы измерения.</p> <p>24. Устройство, принцип действия, основные свойства и области применения показывающих приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической систем. Счетчики электрической энергии. Обозначения на шкалах приборов. Определение цены деления. Погрешности и классы точности</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>показывающих приборов.</p> <p>25. Измерение токов, напряжений, мощности и энергии. Расширение пределов измерения приборов.</p> <p><b>2. Аудиторные контрольные работы</b></p> <p><i>АКР-1 по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети»</i></p> <p>Вариант 1</p> <p>1. Дайте понятия определениям: электростанция, электрическая сеть, надежность.</p> <p>2. Опишите главные задачи проектирования и эксплуатации систем электроснабжения, а также основные этапы проектирования.</p> <p>3. Активное и индуктивное сопротивление воздушных и кабельных линий электропередачи.</p> <p>Вариант 2</p> <p>1. Дайте понятия определениям: электроустановка, распределительное устройство, график нагрузки.</p> <p>2. Приведите классификацию электростанций и подстанций.</p> <p>3. Активная и емкостная проводимости линий электропередачи.</p> <p>Вариант 3</p> <p>1. Дайте понятия определениям: система электроснабжения, подстанция, время использования наибольших нагрузок.</p> <p>2. Опишите основные режимы работы электроэнергетических систем.</p> <p>3. Схемы замещения линий электропередачи.</p>



Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>Вариант 4</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дайте понятия определениям: электроэнергетическая система, потребитель электроэнергии, надежность.</li> <li>2. Баланс активной и реактивной мощности, резерв мощности.</li> <li>3. Схема замещения двухобмоточного трансформатора.</li> </ol> <p>Вариант 5</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дайте понятия определениям: энергосистема, линия электропередачи, время использования наибольших нагрузок.</li> <li>2. Приведите основные требования к главным схемам электроустановок (электростанций и подстанций)</li> <li>3. Схема замещения трехобмоточного трансформатора</li> </ol>
ОПК-6.2	Осуществляет измерения физических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники	<p><b>1. Перечень контрольных вопросов к зачету с оценкой</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбор сечения проводов по условию минимума расхода металла.</li> <li>2. Определение вероятности перерывов ЭС потребителей в связи с повреждаемостью элементов.</li> <li>3. Выбор номинального напряжения и конфигурации сети.</li> <li>4. Народнохозяйственный ущерб от перерывов электроснабжения</li> <li>5. Факторы, определяющие построение схем ЭС.</li> <li>6. Основные источники питания э/э объектов. Типы эл. станций</li> <li>7. Основы технико-экономических расчетов эл.сети.</li> <li>8. Выбор ответвлений трансформатора.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>9. Определение сечений проводов по допустимой потере напряжения по условию равенства плотности тока на всех участках сети.</p> <p>10. Изоляция воздушных и кабельных ЛЭП. Габариты воздушных линий электропередачи. Механический расчет.</p> <p>11. Воздушные линии эл. передач. Конструктивное исполнение воздушных ЛЭП.</p> <p>12. Выбор сечения проводов по условию постоянства сечения проводов на всех участках сети.</p> <p>13. Кабельные линии. Способы прокладки.</p> <p>14. Схемы замещения линий электропередачи и трансформаторов. Расчет линий электропередачи по схеме замещения с учетом трансформаторов.</p> <p>15. Структура эл. сетей и систем. Определения. Системы внешнего и внутреннего ЭС.</p> <p>16. Выбор сечений проводов и кабелей. Методы выбора.</p> <p>17. Шунтирующие реакторы. Особенности работы, назначение.</p> <p>18. Качество электроэнергии. Показатели качества.</p> <p>19. Виды повреждения кабелей. Основные сведения о конструкции кабелей. Соединения и оконцевание кабелей.</p> <p><b>2. Выполнение и защита лабораторных работ</b></p> <p>Лабораторная работа № 72 «Исследование режимов нейтрали в трёхфазных электрических сетях напряжением до и выше 1 кВ»</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>8. Изолированная и глухозаземлённая нейтраль в электрических сетях напряжением до 1 кВ.</p> <p>9. Выбор режима работы электрической нейтрали в электрических сетях напряжением выше 1 кВ.</p> <p>10. Достоинства и недостатки электрических сетей: с изолированной нейтралью, с компенсированной нейтралью, с глухозаземлённой и эффективно заземлённой нейтралью, область применения таких сетей.</p> <p>11. Построить векторную диаграмму токов и напряжений при замыкании на землю фазы В в сети с изолированной нейтралью.</p> <p>12. Построить векторную диаграмму токов и напряжений для сети с ДГР в электрической нейтрали в аварийном режиме.</p> <p>13. В каких случаях возникает необходимость заземления нейтрали через дугогасящий реактор? Каким свойством должен обладать дугогасящий реактор?</p> <p>14. Причины и условия появления перемежающейся дуги и её последствия.</p> <p>Лабораторная работа № 73 «Определение потерь электрической энергии в распределительных сетях»</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как определяются потери активной и реактивной мощности ЛЭП?</li> <li>2. Как производится расчет потерь мощности в разветвленных сетях?</li> <li>3. Каким образом определяются потери мощности в линии с равномерно-распределенной нагрузкой?</li> <li>4. Как определяются потери электроэнергии в линиях?</li> <li>5. Какими видами потерь в трансформаторах сопровождается передача мощности через него?</li> <li>6. Что такое время наибольших потерь?</li> <li>7. Как определяются потери активной и реактивной мощности в двухобмоточном трансформаторе?</li> <li>8. Как определяются потери электроэнергии в двухобмоточном трансформаторе?</li> </ol> <p>Лабораторная работа № 74 «Определение параметров установившегося режима электрической сети с</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>односторонним питанием»</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные методы расчета разомкнутых сетей.</li> <li>2. Расчетные схемы электрических сетей.</li> <li>3. Схемы замещения линий электропередач и трансформаторов.</li> <li>4. Расчет режима линии электропередач при заданной мощности нагрузки (напряжение в конце линии постоянное).</li> <li>5. Расчет режима линии электропередач при заданной мощности нагрузки (напряжение в начале линии постоянное).</li> <li>6. Расчет режима линии электропередач при заданном токе нагрузки (напряжение в конце линии постоянное).</li> <li>7. Расчет режима линии электропередач при заданном токе нагрузки (напряжение в начале линии постоянное).</li> </ol> <p>Лабораторная работа № 76 «Воздушные линии электропередачи»</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>10. Назначение воздушных линий электропередачи.</li> <li>11. Элементы воздушных линий электропередачи.</li> <li>12. Конструкции, материал и марки проводов.</li> <li>13. Изоляция и линейная арматура.</li> <li>14. Назначение и конструкции опор.</li> <li>15. Вибрация проводов и борьба с ней.</li> <li>16. «Пляска» проводов и борьба с ней.</li> <li>17. Транспозиция проводов ВЛ.</li> <li>18. Воздушные линии с изоляцией из сшитого полиэтилена.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>Лабораторная работа № 77 «Кабельные линии электропередачи»</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Элементы кабельной линии.</li> <li>2. Конструкция кабелей с бумажной пропитанной изоляцией.</li> <li>3. Конструкция кабелей с пластмассовой изоляцией.</li> <li>4. Маркировка силовых кабелей напряжением до 10 кВ.</li> <li>5. Конструкция соединительных муфт.</li> <li>6. Конструкция концевых муфт и заделок.</li> <li>7. Устройство стопорной муфты.</li> <li>8. Способы прокладки кабельных линий в земле.</li> <li>9. Прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях.</li> </ol> <p><b>3. Аудиторные контрольные работы</b></p> <p><i>АКР №2 Схемы замещения ЛЭП и трансформаторов</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи номинальным напряжением 35 кВ протяженностью 21 км, выполненной на двух одноцепных П-образных опорах с горизонтальным расположением проводов, район по гололеду 2. На линии подвешены провода марки АС-95/16. Вычертить схему замещения рассматриваемой линии. Проверить выдержит ли данная линия нагрузку <math>S=21+j11</math> МВА. Подсчитать потери мощности и напряжения в линии.</li> <li>2. Определить параметры упрощенной схемы замещения трехфазного автотрансформатора</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства												
		<p>АТДЦТН-200000/220/110, у которого номинальные мощности обмоток высшего и среднего напряжения равны номинальной мощности автотрансформатора, а номинальная мощность обмотки низшего напряжения составляет 50 % от номинальной мощности автотрансформатора.</p> <p><b>АКР № 3</b></p> <p>1. Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи номинальным напряжением 110 кВ протяженностью 20 км, выполненной на одноцепных П-образных опорах с горизонтальным расположением проводов. Расстояние между проводами 5 м. На линии подвешены провода марки АС-185/29. Вычертить схему замещения рассматриваемой линии. Проверить выдержит ли данная линия нагрузку <math>S=40+j50</math> МВА. Подсчитать потери мощности и напряжения в линии.</p> <p>2. Выбрать трансформаторы на ГПП, если номинальное напряжение рассматриваемой подстанции равно 35 кВ, а нагрузка составляет <math>S=10+j4</math> МВА. Определить параметры упрощенной схемы замещения выбранного трансформатора, подсчитать потери мощности в трансформаторе.</p> <p><b>АКР №4 Техничко-экономические расчеты</b></p> <p>Рассчитать стоимость сооружения и эксплуатации подстанции 220 кВ и оценить надежность его электроснабжения, если:</p> <table border="1" data-bbox="674 1118 1919 1437"> <tbody> <tr> <td data-bbox="674 1118 752 1187">5.</td> <td data-bbox="752 1118 1525 1187">Тип и количество трансформаторов</td> <td data-bbox="1525 1118 1919 1187">2×ТРДЦН-100000/220</td> </tr> <tr> <td data-bbox="674 1187 752 1256">6.</td> <td data-bbox="752 1187 1525 1256">Количество присоединений на стороне ВН</td> <td data-bbox="1525 1187 1919 1256">10</td> </tr> <tr> <td data-bbox="674 1256 752 1370">7.</td> <td colspan="2" data-bbox="752 1256 1919 1370">ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 38 ячеек вакуумных выключателей</td> </tr> <tr> <td data-bbox="674 1370 752 1437">8.</td> <td colspan="2" data-bbox="752 1370 1919 1437">Количество отходящих линий - 8 ВЛ</td> </tr> </tbody> </table>	5.	Тип и количество трансформаторов	2×ТРДЦН-100000/220	6.	Количество присоединений на стороне ВН	10	7.	ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 38 ячеек вакуумных выключателей		8.	Количество отходящих линий - 8 ВЛ	
5.	Тип и количество трансформаторов	2×ТРДЦН-100000/220												
6.	Количество присоединений на стороне ВН	10												
7.	ЗРУ-10 кВ - 4-х секционное, рассчитанное на установку 38 ячеек вакуумных выключателей													
8.	Количество отходящих линий - 8 ВЛ													

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства																								
		<p><b>4. Индивидуальные задания</b></p> <p><b>Индивидуальное задание №1</b></p> <p>Выбор числа и мощности трансформаторов связи на ТЭЦ и подстанциях. Выбрать силовые трансформаторы на понизительных подстанциях и станциях</p> <table border="1" data-bbox="658 544 2157 978"> <thead> <tr> <th rowspan="2">№ варианта</th> <th rowspan="2">Номинальное высшее напряжение сети, кВ</th> <th rowspan="2">Номинальное напряжение нагрузки, кВ</th> <th rowspan="2">Номинальная мощность генератора, МВА</th> <th rowspan="2">Расчетная мощность нагрузки, МВА</th> <th colspan="3">Соотношение потребителей по категориям надежности, %</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>110</td> <td>10</td> <td>160 (cosφ=0.5)</td> <td>83</td> <td>70</td> <td>6</td> <td>24</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Выбрать трансформаторы на ГПП, если номинальное напряжение рассматриваемой подстанции равно 35 кВ, а нагрузка составляет <math>S=33+j18</math> МВА. Определить параметры упрощенной схемы замещения выбранного трансформатора, подсчитать потери мощности в трансформаторе.</p> <p><b>Индивидуальное задание №2</b></p> <p>Задание №1 Определить параметры схемы замещения воздушной линии электропередачи, если исходные данные приведены в таблице 1.1.</p>						№ варианта	Номинальное высшее напряжение сети, кВ	Номинальное напряжение нагрузки, кВ	Номинальная мощность генератора, МВА	Расчетная мощность нагрузки, МВА	Соотношение потребителей по категориям надежности, %			1	2	3	16	110	10	160 (cosφ=0.5)	83	70	6	24
№ варианта	Номинальное высшее напряжение сети, кВ	Номинальное напряжение нагрузки, кВ	Номинальная мощность генератора, МВА	Расчетная мощность нагрузки, МВА	Соотношение потребителей по категориям надежности, %																					
					1	2	3																			
16	110	10	160 (cosφ=0.5)	83	70	6	24																			

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства													
<p data-bbox="696 180 860 212">Таблица 1.1</p> <p data-bbox="696 248 1104 280">Исходные данные для расчета</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="658 316 779 427">Вариант</th> <th data-bbox="779 316 1077 427">Номинальное напряжение</th> <th data-bbox="1077 316 1218 427">Тип линии</th> <th data-bbox="1218 316 1420 427">Протяженность, км</th> <th data-bbox="1420 316 1543 427">Тип опор</th> <th data-bbox="1543 316 1825 427">Расположение проводов</th> <th data-bbox="1825 316 2163 427">Расстояние между проводами, м</th> </tr> </thead> </table>							Вариант	Номинальное напряжение	Тип линии	Протяженность, км	Тип опор	Расположение проводов	Расстояние между проводами, м
		Вариант	Номинальное напряжение	Тип линии	Протяженность, км	Тип опор	Расположение проводов	Расстояние между проводами, м							
		6.	10	А-70	15	П10	треугольником	1,5							
		7.	35	АС-70/11	32	ПБ35-1В	треугольником	3							
		8.	110	АС-185/29	56	ПБ 110-15	горизонтальное	4							
		9.	220	АС-240/32	90	1 ПБ-22 0-1	бочка	7							
		10.	10	А-120	6	П10	горизонтальное	1							
		<p data-bbox="696 1023 1095 1062"><b>Индивидуальное задание №3</b></p>													
<p data-bbox="658 1094 2163 1174">Задание №2. Определить параметры упрощенной схемы замещения трансформатора, если исходные данные приведены в таблице 1.2.</p>															
<p data-bbox="696 1206 864 1246">Таблица 1.2</p>															
<p data-bbox="696 1278 1104 1318">Исходные данные для расчета</p>															
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="658 1342 860 1455">Вариант</th> <th data-bbox="860 1342 1234 1455">Номинальное напряжение ВН</th> <th data-bbox="1234 1342 1565 1455">Тип трансформатора</th> <th colspan="4" data-bbox="1565 1342 2163 1455">Дополнительные данные для расчета</th> </tr> </thead> </table>							Вариант	Номинальное напряжение ВН	Тип трансформатора	Дополнительные данные для расчета					
Вариант	Номинальное напряжение ВН	Тип трансформатора	Дополнительные данные для расчета												



Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства			
		6.	500	ТДЦ-400000	
		7.	35	ТРДНС-25000	
		8.	110	ТРДНС-40000	
		9.	220	АТДЦТН-125000	$U_{CH}=110$ кВ; $U_{HH}=10$ кВ (50 % от $S_{НОМАТ}$ )
		10.	330	ТРДНС-40000	
<p align="center"><b>Индивидуальное задание №4</b></p>					
<p>Выбрать число и мощность трансформаторов на ГПП, если <math>U_{НОМВН}=110</math> кВ, <math>U_{НОМНН}=10</math> кВ, <math>P_{НАГР}=100</math> МВт, <math>\cos\varphi=0,7</math>, а потребители III категории составляют 20% от общей нагрузки (имеются потребители I и II категории). Выбрать воздушную линию электропередачи от электростанции до ГПП. Рассчитать потоки мощности в заданной сети, наибольшую потерю напряжения в линии.</p>					
<p align="center"><b>Индивидуальное задание №5</b></p>					
<p>Осуществить оценку стоимости сооружения и эксплуатации линии электропередачи, если</p>					
8.	Длина ВЛ	80 км.			
9.	Количество цепей	2			
10.	Характеристика опор	Одностоечная			
11.	Материал опор	Железобетон			
12.	Марка и сечение провода	АС-240/32			
13.	Нормативный скоростной напор ветра	750			

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства	
		14.	Концевые устройства предусматривают установку по одному комплекту элегазовых выключателей с каждой стороны ВЛ

## **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

### **Примерная структура и содержание пункта:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета с оценкой

Зачет с оценкой по данной дисциплине проводится в тестовой форме – 15 вопросов.

### **Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:**

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.