

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт архитектуры, строительства и энергетики

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Авдеев С.Н.  
« 10 » 03 20 22 г.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Кабельные и воздушные линии»**

**направление подготовки / специальность**

**13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

**Электроснабжение**

(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир

2022г

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Целями освоения дисциплины «**Кабельные и воздушные линии**» являются:– формирование у специалистов - энергетиков знаний в области передачи и распределения электрической энергии, о перспективах развития электроэнергетических систем и сетей, о новых методах транспорта электрической энергии; формирование способностей использовать технические средства при решении вопросов получения, преобразования, передачи и распределения электрической энергии, правил устройства электрических установок при проектировании электроснабжения системных объектов; приобрести навыки составления расчётных схем и их схем замещения с учетом параметров кабельных и воздушных линий; формулирования и постановки задач расчёта параметров установившихся режимов простейших электрических сетей при решении задач профессиональной деятельности бакалавров по профилю «Электроснабжение»; формирование готовности к обоснованию принятых технических решений с учётом экономических и экологических последствий их применения.

**Задачи**, решаемые для достижения названных целей:

- - изучение понятий и принципов теории преобразования электромагнитной энергии в другие виды энергии, соответствующие заданному технологическому процессу;
- - изучение основных методов и средств защиты кабельных и воздушных линий от повреждений и ненормальных режимов функционирования;
- - овладение навыками проектирования, анализа и синтеза кабельных и воздушных линий с использованием современных информационных технологий;
- - приобретение умений правильно выбирать, налаживать и эксплуатировать кабельные и воздушные линии энергетических объектов.
- - приобретение навыков формирования законченных представлений о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчёта с его публичной защитой.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Б1.О.22 Дисциплина «**Кабельные и воздушные линии**» относится к дисциплинам обязательной части учебного плана.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП.

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции	Наименование оценочного средства
--	--	----------------------------------

	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-5 Способен производить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельностью	ОПК-5.1 Знает средства измерений. ОПК-5.2 Умеет выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность. ОПК-5.3 Владеет способами обработки результатов измерений и оценки их погрешности.	<b>Знает</b> средства измерений. <b>Умеет</b> выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность. <b>Владеет</b> способами обработки результатов измерений и оценки их погрешности.	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Вопросы рейтинг контроля. Задания к РГР
ПК1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ПК-1.1. Знает, как выполнять сбор и анализ данных для проектирования, составлять конкурентно-способные варианты технических решений. Умеет: ПК-1.2. Обосновывать выбор целесообразного решения ПК-1.3. Подготавливать разделы предпроектной документации на основе типовых технических решений. ПК-1.4. Владеет пониманием взаимосвязей задач проектирования и эксплуатации.	<b>Знать:</b> основные физические явления и законы электротехники. Перечень и основные требования нормативных документов в области эксплуатации и проектирование элементов систем электроснабжения. <b>Уметь:</b> анализировать и самостоятельно выбрать необходимые данные для проектирования элементов и узлов систем электроснабжения <b>Владеть:</b> основными теоретическими и экспериментальными подходами для сбора и анализа данных для проектирования объектов профессиональной деятельности	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Вопросы рейтинг контроля. Задания к РГР

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы, 144 часа.

##### Тематический план форма обучения – очная

№	Раздел дисциплины	Семестр	Недели семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля и промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	<b>Тема 1.</b> Конструктивные особенности, параметры и маркировка силовых кабелей. Классификация линий электропередачи. Характеристика задач расчёта конструктивной части линий.	7	1	-	2	-	2	4	
2	<b>Тема 2.</b> Методы расчета сопротивления, емкости, абсорбции и диэлектрических потерь изоляции силовых кабелей.	7	2-3	-	4		4	6	
3	<b>Тема 3.</b> Моделирование и расчет воздушных линий электропередачи населенных пунктов.	7	4-6	-	6		6	6	Рейтинг-контроль – 1
4	<b>Тема 4.</b> Моделирование и расчет кабельных линий электропередачи городских электрических сетей.	7	7-9	-	6		6	6	
5	<b>Тема 5.</b> Приборы и расчетные методы определения целостности жил силовых кабелей и фазировка кабельных линий	7	10-12	-	6		6	6	Рейтинг-контроль – 2
6	<b>Тема 6.</b> Определение вида и места повреждения кабельных линий. Критическая длина пролета. Условия максимальной стрелы провеса провода. Критическая температура. Допустимые напряжения. Расчет однородных (монометаллических) проводов. Расчет сталеалюминевых проводов.	7	13-18	-	12		12	8	Рейтинг-контроль – 3
<b>Всего за седьмой семестр: 72 ч.</b>				-	<b>36</b>	-		<b>36</b>	<b>Зачет РГР</b>
1	<b>Тема 1.</b> Конструкция воздушных линий электропередачи. Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи (ЛЭП). Провода ВЛ и их тросы. Опоры: их классификация и конструкция, область применения, линейная арматура; изоляторы. Фундаменты опор.	8	1-2	2	4		4	2	
2	<b>Тема 2.</b> Конструкция кабельных линий элек-								

	тропередачи. Конструктивные элементы кабельных линий электропередачи. Классификация кабельных линий, принципы формирования марки кабеля, маркировка кабелей, конструктивное исполнение кабелей различного уровня номинального напряжения, их область применения. Газоизолированные линии, кабельные линии с форсированным охлаждением, криогенные кабельные линии.	8	3-4	2	4		4	3	
3	<b>Тема 3.</b> Условия работы линий электропередачи. Особенности условий работы ВЛ и КЛ. Внешние воздействующие факторы.	8	5-6	2	4		4	2	Рейтинг-контроль – 1
4	<b>Тема 4.</b> Исходные условия расчёта конструктивной части линий. Причины повреждения ВЛ и КЛ. Мероприятия по повышению механической прочности ВЛ. Расчетные климатические условия. Особенности расчета проводов и тросов на механическую прочность. Механические нагрузки проводов и тросов. Удельные механические нагрузки и их расчет.	8	7-8	2	4		4	3	Рейтинг-контроль – 2
5	<b>Тема 5.</b> Теория расчетов проводов и грозозащитных тросов. Стрела провеса провода. Силы тяжения. Уравнение кривой провисания провода. Напряжение в материале провода при разных климатических условиях. Уравнение состояния провода. Условия максимального напряжения в проводе. Критическая длина пролета. Условия максимальной стрелы провеса провода. Критическая температура. Допустимые напряжения. Расчет однородных (монометаллических) проводов. Расчет сталеалюминевых проводов. Определение физико-механических характеристик сталеалюминевых проводов. Условия максимального напряжения в сталеалюминевом проводе. Три критических пролёта.	8	9-10	3	4		6	5	Рейтинг-контроль – 3
<b>Всего за восьмой семестр: 72 ч.</b>				<b>10</b>	<b>20</b>	-		<b>15</b>	Экзамен 8-ой сем. 27
<b>Наличие в дисциплине КР</b>									
<b>Всего за учебный год: 144 часов</b>				<b>10</b>	<b>56</b>	-		<b>51</b>	Зачет 7-ой сем. Экзамен 8-ой сем. 27

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

#### Раздел 1. Конструкция воздушных линий электропередачи.

- *Тема 1.* Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи (ЛЭП). Провода ВЛ и их тросы.
- *Тема 2.* Опоры: их классификация и конструкция, область применения, линейная арматура; изоляторы. Фундаменты опор.

## **Раздел 2.** Конструкция кабельных линий электропередачи.

*Тема 1.* Конструктивные элементы кабельных линий электропередачи. Классификация кабельных линий, принципы формирования марки кабеля, маркировка кабелей.

*Тема 2.* Конструктивное исполнение кабелей различного уровня номинального напряжения, их область применения. Газоизолированные линии, кабельные линии с форсированным охлаждением, криогенные кабельные линии.

## **Раздел 3.** Условия работы линий электропередачи.

*Тема 1.* Особенности условий работы ВЛ и КЛ.

*Тема 2.* Внешние воздействующие факторы.

## **Раздел 4.** Исходные условия расчёта конструктивной части линий.

*Тема 1.* Причины повреждаемости ВЛ и КЛ. Мероприятия по повышению механической прочности ВЛ. Расчетные климатические условия.

*Тема 2.* Особенности расчета проводов и тросов на механическую прочность. Механические нагрузки проводов и тросов. Удельные механические нагрузки и их расчет.

## **Раздел 5.** Теория расчетов проводов и грозозащитных тросов.

*Тема 1.* Стрела провеса провода. Силы тяжения. Уравнение кривой провисания провода. Напряжение в материале провода при разных климатических условиях. Уравнение состояния провода.

*Тема 2.* Условия максимального напряжения в проводе. Критическая длина пролета. Условия максимальной стрелы провеса провода. Критическая температура. Допустимые напряжения. Расчет однородных (монометаллических) проводов. Расчет сталеалюминевых проводов.

*Тема 3.* Определение физико-механических характеристик сталеалюминевых проводов. Условия максимального напряжения в сталеалюминевом проводе. Три критических пролёта.

## **Содержание практических занятий по дисциплине**

### **Раздел 1.** Определение погонных параметров кабельной линии.

*Тема 1.* Расчет и сравнение параметров схем замещения кабельной и воздушной линии одного класса напряжения, равным сечением токоведущих жил и равной протяженностью.

### **Раздел 2.** Методы расчета сопротивления, емкости, абсорбции и диэлектрических потерь изоляции силовых кабелей.

*Тема 1.* Расчет напряжения в начале кабельной линии с учетом несимметрии и параметров нагрузки в конце линии.

### **Раздел 3.** Моделирование и расчет воздушных линий электропередачи населенных пунктов.

*Тема 1.* Расчет потребности в проводе заданного сечения для монтажа или реконструкции воздушной линии напряжением 10 кВ заданной протяженности.

*Тема 2.* Расчет зависимости пропускной способности линии от сечения и марки токоведущих жил.

*Тема 3.* Расчет и сравнение погонных параметров воздушных линий напряжением 6 кВ и 10 кВ при одинаковых и разных типах опор.

### **Раздел 4.** Моделирование и расчет кабельных линий электропередачи городских электрических сетей.

*Тема 1.* Расчет падения и потери напряжения нагруженной линии электропередачи.

*Тема 2.* Определение наибольшей потери напряжения в разомкнутой трехфазной сети напряжением 380 В, выполненную кабелем и воздушными линиями.

*Тема 3.* Приборы и расчетные методы определения целости жил силовых кабелей и фазировка кабельных линий

**Раздел 5.** Расчет однородных (монометаллических) проводов. Расчет сталеалюминевых проводов.

*Тема 1.* Расчет удельных механических нагрузок на конструктивные элементы воздушной линии при использовании однородных и сталеалюминевых проводов.

*Тема 2.* Расчет критической длины пролета и максимальной стрелы провеса провода. Расчет критической температуры.

*Тема 3.* Расчет допустимых напряжений на провода и тросы воздушных линий электропередачи.

*Тема 4.* Расчет пропускной способности воздушной линии с учетом конструктивных параметров.

**Раздел 6.** Определение конструктивных параметров воздушной линии с заданными параметрами нагрузки и параметрами схемы замещения.

*Тема 1.* Расчет тяжения проводов при обрыве в одном из пролетов, выбор и проверка изоляторов.

*Тема 2.* Расчет мощности и места установки конденсаторных батарей в сети 380 В для уменьшения потерь напряжения.

**Раздел 7.** Расчет токораспределения в кольцевой сети, выполненной кабелем и воздушной линией с заданными сечениями токоведущих жил.

*Тема 1.* Расчет годовых нагрузочных потерь электроэнергии в кабельных и воздушных линиях.

**Раздел 8.** Удельные механические нагрузки и их расчет.

*Тема 1.* Выбор и проверка изоляторов и линейной арматуры по механической прочности.

**Раздел 9.** Проектирование воздушной линии электропередачи.

*Тема 1.* Построение разбивочного шаблона и расстановка опор по профилю трассы воздушной линии.

*Тема 2.* Построение монтажных графиков для сооружаемых воздушных линий электропередачи.

**Раздел 10.** Расчет технологических и нагрузочных потерь в линиях электропередачи.

*Тема 1.* Расчет зарядной мощности и потерь напряжения в линиях электропередачи.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**5.1. Текущий контроль успеваемости** осуществляются по следующему перечню контрольных вопросов

### **Вопросы к рейтинг-контролю (7-й семестр)**

#### **1-й рейтинг-контроль**

1. Воздушная линия электропередачи (ЛЭП).
2. Активное сопротивление линии электропередачи.

3. Нагрев проводов, учет температуры провода.
4. В чем преимущества и недостатки проводов из цветного металла?
5. Каково назначение стальной составляющей в сталеалюминиевом проводе?
6. Почему применение стальных проводов ограничено?
7. Какие конфигурации расположения фазных проводов наиболее распространены при строительстве линий электропередачи?
8. Какие преимущества линий электропередачи постоянного тока перед линиями электропередачи переменного тока?
9. В чем смысл транспозиции фазных проводов линии электропередачи?
10. При каких уровнях напряжения ЛЭП целесообразно применять транспозицию фазных проводов линии электропередачи и чем характерен полный цикл транспозиции?
11. В чем отличие анкерной опоры от промежуточной и переходной?
12. В чем смысл стрелы провеса фазного провода фазного провода воздушной линии электропередачи?
13. Что такое габарит воздушной линии электропередачи?
14. В чем отличие анкерного пролета от пролета воздушной линии электропередачи?
15. Основные конструктивные элементы силовых кабелей.
16. Основные функции элементов силовых кабелей.
17. Силовые кабели и электрические шнуры.
18. Контрольно-измерительные кабели.
19. Конструкции токопроводящих жил силовых кабелей.
20. Ряд номинальных сечений токопроводящих жил силовых кабелей.

## **2-й рейтинг-контроль**

1. Нулевые и токопроводящие жилы силового кабеля.
2. Конструкция жилы защитного заземления силового кабеля.
3. Конструкция нулевой жилы силового кабеля.
4. Функции оболочки силового кабеля.
5. Материалы оболочки силового кабеля.
6. Основные виды электрической изоляции силовых кабелей.
7. Функции электрической изоляции силовых кабелей.
8. Градированная изоляция.
9. Поясная изоляция силового кабеля.
10. Конструктивное выполнение поясной изоляции силового кабеля.
11. Назначение экранов в силовых кабелях.
12. Материалы экранов силовых кабелей.
13. Электрическое поле силового кабеля.
14. Способы регулирования электрического поля в силовых кабелях.
15. В чем отличие исполнения силовых кабелей низкого и высокого напряжения?
16. В чем отличие кабеля от шнура?
17. Уплотнённые жилы силовых кабелей.
18. Цель использования уплотнённых жил силовых кабелей.
19. Коэффициент использования изоляции.
20. Материалы изоляции силовых кабелей.



### **3-й рейтинг-контроль**

1. Буквенные индексы брони в марках силовых кабелей.
2. Материалы, используемые для изготовления токопроводящих жил силового кабеля.
3. Буквенные индексы изоляции в марках силовых кабелей.
4. Буквенные индексы оболочки в марках силовых кабелей.
5. Буквенные индексы наружного покрова в марках силовых кабелей.
6. Расчет максимальной напряженности электрического поля в трёхжильном кабеле.
7. Расчет максимальной напряженности электрического поля в изоляции одножильного кабеля.
8. Для каких целей используют схемы замещения ВЛ и КЛ?
9. При решении каких задач целесообразно применение П- или Т-образных схем замещения? Каковы преимущества и недостатки этих схем?
10. Почему у ВЛ традиционного исполнения погонное индуктивное сопротивление значительно больше чем у кабельных ЛЭП?
11. Зачем выполняют транспозицию фазных проводов?
12. Коронный разряд на элементах конструкции ВЛ.
10. Влияние погодных условий на потери мощности на коронирование.
13. Какие физические явления отражаются наличием в схеме замещения ВЛ активной проводимости?
14. Почему ЛЭП являются источником зарядной (емкостной) мощности?
15. Зависимость зарядной мощности от конструкции и номинального напряжения линии?
16. Как по параметрам схем замещения ВЛ местных и районных сетей определить протяженность линий?
17. Что является главной изоляцией воздушных и кабельных линий?
18. По каким внешним признакам можно определить номинальное напряжение ВЛ?
19. Какие элементы трехфазной ЛЭП учитываются в схеме замещения параметрами одной фазы или с учетом параметров и взаимного влияния трех фаз?
20. В чем отличие схем замещения ЛЭП постоянного и переменного токов.

### **Вопросы к рейтинг-контролю (8-й семестр)**

#### **1-й рейтинг-контроль**

1. Как по значению номинального напряжения разделить силовые кабели на группы?
2. Отличие активного сопротивления стального провода от омического.
3. Причины изменений активных сопротивлений проводов из стали?
4. Какие физические явления определяют отличия индуктивного сопротивления линий с проводами из цветного металла и стали?
5. В чем смысл ограничений на применение при строительстве и реконструкции ЛЭП на применяемые материалы и конструкции проводов и изоляции воздушных и кабельных линий электропередачи?
6. Как по числу токопроводящих жил классифицировать силовые кабели?
7. Сверхпроводящие кабели для линий электропередачи.
8. Укажите условия, при которых в силовых кабелях не производят замера сопротивления изоляции.
9. Абсорбция изоляции и её влияние на электрические параметры КЛ.

10. Приведите определение коэффициента абсорбции и пределы его изменения для современных изоляционных материалов.
11. Объясните, как необходимо проводить измерения сопротивления изоляции с повышенной точностью?
12. Перечислите марки и принцип действия приборов, используемых для измерения сопротивления изоляции.
13. Укажите факторы, оказывающие влияние на величину измеряемого сопротивления изоляции.
14. Приведите электрическую схему замещения изоляции.
15. Укажите способы уменьшения погрешности измерения изоляции.
16. Перечислите параметры, с помощью которых можно оценить диэлектрические потери.
17. Приведите эквивалентные схемы замещения, которые используются для изучения диэлектриков с потерями.
18. Назовите процессы, которые вызывают диэлектрические потери в изоляции.
19. Перечислите внешние факторы, которые оказывают влияние на величину диэлектрических потерь.
20. Приведите формулы, используемые для расчёта емкости токоведущей жилы силового кабеля.

## **2-й рейтинг-контроль**

1. Укажите диапазон изменения относительной диэлектрической проницаемости диэлектрических материалов, используемых в качестве изоляции силовых кабелей.
2. Приведите схемы измерения тангенса угла диэлектрических потерь на высоком напряжении.
3. Перечислите приборы и оборудование, которые используются для измерения  $\text{tg}\delta$  и ёмкости изоляции силового оборудования.
4. Перечислите факторы, оказывающие влияние на погрешность измерения  $\text{tg}\delta$  и ёмкости изоляции.
5. Почему линии постоянного тока обладают повышенной пропускной способностью?
6. Перечислите этапы проведения работ по определению места повреждения силового кабеля.
7. Укажите виды повреждения силовых кабелей.
8. Перечислите методы определения места повреждения силового кабеля.
9. Опишите технические характеристики кабельного моста.
10. Укажите особенности определения места повреждения по методу «Петли Муррея».
11. Дайте характеристику емкостного метода, используемого для определения места повреждения кабельной линии.
12. Укажите отличия определения места повреждения по методу «Петли Варлея» от метода «Петли Муррея».
13. Перечислите недостатки петлевых методов определения места повреждения в силовых кабелях.
14. Назовите материалы, применяемые для изоляции в силовых кабелях, и укажите значения их  $\text{tg}\delta$  и ёмкости изоляции.

15. В чем отличие схем замещения ВЛ 35 и 110 кВ? Когда в схемах замещения учитываются поперечные элементы?
16. Укажите последовательность, в которой выполняется фазировка кабельных линий.
17. Объясните, как выполняется фазировка кабельных линий с помощью мегаомметра.
18. Перечислите аварийные ситуации, которые могут возникать в электрических сетях вследствие неправильной фазировки.
19. Какие типы проводов и грозозащитных тросов используются при строительстве воздушной линии электропередачи?
20. Какие функции в воздушной линии электропередачи выполняет грозозащитный трос?

### **3-й рейтинг-контроль**

1. Расчет удельных механических нагрузок на конструктивные элементы воздушной линии.
2. Расчет критической длины пролета.
3. Расчет максимальной стрелы провеса провода.
4. Расчет допустимых напряжений на провода и тросы ЛЭП.
5. Расчет тяжения проводов при обрыве в одном из пролетов.
6. Выбор и проверка изоляторов по их механической прочности.
7. Выбор и проверка линейной арматуры по механической прочности.
8. Построение разбивочного шаблона для ЛЭП.
9. Расстановка опор по профилю трассы воздушной линии.
10. Расчет потребности в проводе заданного сечения для монтажа ЛЭП.
11. Зависимость пропускной способности линии от сечения и марки токоведущих жил.
12. Падение и потеря напряжения нагруженной линии электропередачи.
13. Потери напряжения в разомкнутой трехфазной сети напряжением 380 В.
14. Стрела провеса провода ЛЭП и силы тяжения.
15. Условия максимального напряжения в проводе ЛЭП.
16. Зависимость зарядной мощности от конструкции и номинального напряжения линии.
17. По каким внешним признакам можно определить номинальное напряжение ВЛ?
18. В чем преимущества и недостатки проводов из цветного металла? Каково назначение стальной составляющей в сталеалюминиевом проводе?
19. Емкостные токи воздушных и кабельных линий.
20. В чем отличие схем замещения ВЛ 35 и 110 кВ? Когда в схемах замещения учитываются поперечные элементы?

### **5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета – 7 семестр и в форме экзамена – 8 семестр.

#### **Вопросы к зачету:**

1. Какова физическая сущность активного сопротивления КЛ? Как и в каком случае следует учитывать температуру провода?

2. Каков физический смысл индуктивного сопротивления кабельных линий? Почему для линий одного исполнения и класса напряжения индуктивные сопротивления практически одинаковые, незначительно зависящие от сечения проводов и жил фаз? Каковы характерные значения этих сопротивлений для КЛ различных напряжений?
3. Как определить удельные (на 1 км) активное и индуктивное сопротивления КЛ, не используя справочников? Что для этого нужно знать?
4. От чего зависит активная проводимость кабельных линий? Чем определяется качество изоляции линий?
5. Какие физические явления отражаются наличием в схеме замещения КЛ активной проводимости?
6. Сравните индуктивные сопротивления и емкостные токи воздушных и кабельных линий. Где они больше? Почему?
7. Что является главной изоляцией кабельных линий? Устройство и особенности.
8. При каких длинах КЛ возможен отказ от учета распределенности параметров для П-образной схемы замещения?
9. В каких случаях в схемах замещения КЛ небольшого сечения необходимо учитывать индуктивное сопротивление?
10. Сущность отличия погонных параметров ВЛ и КЛ?
11. В чем отличие схем замещения КЛ напряжением 35 и 110 кВ? Когда в схемах замещения учитываются поперечные элементы?
12. С какой целью используются схемы замещения КЛ?
13. Почему КЛ являются источником зарядной (емкостной) мощности? Зависимость зарядной мощности от конструкции и номинального напряжения линии?
14. Как по параметрам схем замещения КЛ местных и районных сетей определить протяженность линий?
15. Сущность фазировки кабельных линий.
16. Перечислите, какую цветовую маркировку имеют фазы в трёхфазных цепях. Приведите последовательность, в которой располагаются шины в трёхфазных установках до 1 кВ. Укажите, в какой последовательности располагаются шины в распределительных устройствах 6-220кВ.
17. Объясните, чем отличаются термины «порядок следования фаз» и «порядок чередования фаз».
18. Назначение защитного (РЕ) и (PEN) проводников.
19. Объясните, что понимается под термином «группа соединения обмоток», приведите примеры.
20. Объясните, чем отличаются прямые методы выполнения фазировки от косвенных.
21. Приборы, используемые для фазировки кабельных линий.
26. Укажите последовательность, в которой выполняется фазировка кабельных линий.
27. Объясните, как выполняется фазировка кабельных линий с помощью мегаомметра.
28. Перечислите аварийные ситуации, которые могут возникать в электрических сетях вследствие неправильной фазировки.
29. Приведите формулы, с помощью которых можно определить допустимое значение тока короткого замыкания для кабельной линии по условию её термической стойкости.
30. Перечислите этапы проведения работ по определению места повреждения силового кабеля.

31. Укажите виды повреждения силовых кабелей и перечислите методы определения места повреждения силового кабеля.

33. Опишите технические характеристики кабельного моста.

34. Укажите особенности определения места повреждения по методу «Петли Муррея».

35. Дайте характеристику емкостного метода, используемого для определения места повреждения кабельной линии.

36. Укажите отличия определения места повреждения по методу «Петли Варлея» от метода «Петли Муррея».

37. Перечислите недостатки петлевых методов определения места повреждения в силовых кабелях.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

#### **Вопросы к экзамену:**

1. Нормативные и климатические условия проектирования ВЛ. Опоры и фундаменты ВЛ. Выбор унифицированных опор и фундаментов.
2. Выбор проводов и молниезащитных тросов. Линейная арматура и изоляция проводов.
3. Удельные механические нагрузки проводов и молниезащитных тросов. Стрелы провеса проводов и тросов.
4. Напряжение в проводах и тросах, тяжения по ним в нормальных режимах работы. Тяжение по проводам и молниезащитным тросам при их разрывах.
5. Длина проводов и тросов в пролетах ВЛ. Критические длины пролетов. Особенности расчетов молниезащитных тросов в нормальных режимах работы
6. Пролеты ВЛ. Расстановка опор по трассе линии. Пересечение ВЛ технических сооружений и естественных преград.
7. Защита проводов и тросов от повреждений вибрацией.
8. Кабельные линии. Классификация и электрические характеристики силовых кабелей.
9. Эксплуатация КЛ. Соединение и оконцевание кабелей.
10. Кабельная продукция и провода: провода соединительные; неизолированные провода; провода установочные, самонесущие провода; кабели управления; кабели контрольные, кабели сигнально-блокировочные; кабели телефонные. Отличие от электрических шнуров и контрольно-измерительных кабелей.
11. Кабели силовые. Основные составные части силового кабеля и их буквенные обозначения в маркировке кабелей. Параметры электрической схемы замещения КЛ.
12. Кабели с пластмассовой изоляцией на низкое напряжение. Трехжильные кабели напряжением до 10 кВ, устройство и электрические характеристики.
13. Кабели с пластмассовой изоляцией на среднее и высокое напряжение. Кабели с пропитанной бумажной изоляцией на среднее напряжение. Область применения и электрические характеристики.
14. Кабели с пропитанной бумажной изоляцией на высокое напряжение. Область применения и электрические характеристики.

15. Удельные параметры металлов токопроводящих жил силовых кабелей: проволока алюминиевая и из алюминиевых сплавов; медная проволока.
16. Особенности и устройство КЛ напряжением 110 и 220 кВ. В чем отличие их схем замещения?
17. Трехжильные силовые кабели напряжением 20-35 кВ и их электрические характеристики.
18. Конструкции и ряд номинальных сечений токопроводящих жил силовых кабелей. Уплотнённые жилы. Нулевые, токопроводящие и жилы защитного заземления.
19. Функциональное назначение конструктивных элементов силового кабеля и материалы, используемые для их изготовления.
20. Основные виды изоляции, которые используются в силовых кабелях. Градированная изоляция. Поясная изоляция. Коэффициент использования изоляции.
21. Электрическое поле силового кабеля. Максимальное значение напряженности электрического поля в изоляции трёхжильного и одножильного кабеля. Способы регулирования электрического поля в силовых кабелях.
22. Коэффициент абсорбции изоляции силового кабеля и способы его измерения.
23. Методы и марки приборов, используемых для измерения сопротивления изоляции силового кабеля. Факторы, оказывающие влияние на значение измеряемого сопротивления изоляции. Способы уменьшения погрешности измерения изоляции.
24. Диэлектрические потери диэлектриков и процессы, которые вызывают диэлектрические потери в изоляции. Эквивалентные схемы замещения диэлектриков с потерями.
25. Схемы, приборы и оборудование для измерения тангенса угла диэлектрических потерь на высоком напряжении. Факторы, оказывающие влияние на погрешность измерения  $\operatorname{tg}\delta$  и ёмкости изоляции. Расчёт ёмкости токоведущей жилы силового кабеля.
26. Материалы, применяемые для изоляции в силовых кабелях, и значения их  $\operatorname{tg}\delta$ , ёмкости изоляции и диапазон изменения относительной диэлектрической проницаемости диэлектрических материалов,
27. Электрические схемы замещения ВЛ и КЛ. При решении каких задач целесообразно применение П- или Т-образных схем замещения? Преимущества и недостатки этих схем.
28. Физическая сущность активного и индуктивного сопротивления воздушных и кабельных линий. Как и в каком случае следует учитывать температуру провода? Почему у ВЛ традиционного исполнения погонное индуктивное сопротивление значительно больше чем у кабельных ЛЭП?
29. ЛЭП как источник зарядной (ёмкостной) мощности. Зависимость зарядной мощности от конструкции и номинального напряжения линии. По каким внешним признакам можно определить номинальное напряжение ВЛ?
30. Схемы замещения ВЛ 35 и 110 кВ. Индуктивные сопротивления и ёмкостные токи воздушных и кабельных линий.
31. Физическая сущность активного и индуктивного сопротивлений КЛ. Почему для линий одного исполнения и класса напряжения индуктивные сопротивления практически одинаковые, незначительно зависящие от сечения проводов и жил фаз?
32. Какие физические явления отражаются наличием в схеме замещения КЛ активной проводимости? Чем определяется качество изоляции линий?
33. Что является главной изоляцией кабельных линий? Устройство и особенности.

34. С какой целью используются схемы замещения КЛ? При каких длинах КЛ возможен отказ от учета распределенности параметров для П-образной схемы замещения?
35. Сущность отличия погонных параметров ВЛ и КЛ? В каких случаях в схемах замещения КЛ небольшого сечения необходимо учитывать индуктивное сопротивление?
36. Как по параметрам схем замещения КЛ местных и районных сетей определить протяженность линий?
37. Сущность фазировки кабельных линий. Приборы, используемые для фазировки кабельных линий.
38. Цветовая маркировка фаз в трёхфазных цепях. Приведите последовательность, в которой располагаются шины в трёхфазных установках до 1 кВ. Укажите, в какой последовательности располагаются шины в распределительных устройствах 6-220кВ.
39. Учет терминов «порядок следования фаз» и «порядок чередования фаз» при выполнении операции фазировки КЛ.
40. Фазировка КЛ с учетом группы соединения обмоток трансформаторов.
41. Прямые и косвенные методы выполнения фазировки, их отличие.
42. Последовательность операций при выполнении фазировки кабельных линий.
43. Выполнение фазировки кабельных линий с помощью мегаомметра.
44. Аварийные ситуации, которые могут возникать в электрических сетях вследствие неправильной фазировки.
45. Расчет допустимого значения тока короткого замыкания для кабельной линии по условию её термической стойкости.
46. Перечислите этапы проведения работ по определению места повреждения силового кабеля.
47. Укажите виды повреждения силовых кабелей и перечислите методы определения места повреждения силового кабеля.
48. Кабельный мост Р-333 и его технические характеристики.
49. Определения места повреждения кабельной линии по методу «Петли Муррея».
50. Определения места повреждения кабельной линии емкостным методом.
51. Определения места повреждения кабельной линии по методу «Петли Варлея».
52. Петлевые методы определения места повреждения в силовых кабелях, их недостатки.

### **5.3. Самостоятельная работа обучающегося.**

#### **Темы контрольных заданий (расчетно-графических работ):**

1. Расчёт удельных механических нагрузок от атмосферных воздействий на фазные провода и на грозозащитные тросы (при их наличии) с учетом высот их крепления на промежуточной опоре.
2. Расчет значений критических пролетов и выбор исходного сочетания климатических условий для расчета провода на механическую прочность в нормальном режиме работы ВЛ, основываясь на нормируемых значениях допускаемых напряжений и эквивалентных физико-механических характеристик.
3. Расчет критической температуры и выбор сочетания климатических условий существования наибольших вертикальных стрел провисания проводов и расчёт габаритного пролета линии; построение шаблона для расстановки опор по продольному профилю трассы ВЛ в масштабах: по вертикали - 1:500, по горизонтали - 1: 5000.

4. Составление монтажной таблицы и построение монтажных графиков про- вода для характерных пролетов линии.

5. Выбор подвесных изоляторов для крепления проводов к промежуточным и анкер- ным опорам.

**6.3.** В ходе самостоятельной работы по освоению дисциплины студенты имеют возможность использовать активные элементы электронных методических материалов, размещённых на сайте системы дистанционного обучения (СДО) университета.

### **Вопросы к самостоятельной работе студентов**

#### **Седьмой семестр**

Тема 1. Общие сведения о конструкциях ВЛ и КЛ.

Тема 2. Конструкция воздушных линий электропередачи.

Тема 3. Конструкция кабельных линий электропередачи.

Раздел 2 «Расчет воздушных линий по условиям работы»

Тема 4. Условия работы линий электропередачи.

Тема 5. Исходные условия расчёта конструктивной части линий.

Тема 6. Механические нагрузки проводов и тросов.

#### **Восьмой семестр**

Тема 7. Теория расчетов проводов и грозозащитных тросов.

Тема 8. Расчет грозозащитных тросов.

Тема 9. Особые случаи расчета проводов.

Тема 10. Изоляторы и линейная арматура.

Тема 11. Расстановка опор по профилю трассы ВЛ. Монтажные стрелы провеса.

Тема 12. Основы проектирования и сооружения кабельных линий.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Книгообеспеченность**

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издатель- ство	Год изда- ния	КНИГООБЕС- ПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	4
Основная литература		
1. Бадалян Н.П. и др. Кабельные и воздушные линии электропереда- чи: учеб. пособие / Н.П. Бадалян, Г.П. Колесник, Д.П. Андрианов, Ю.С. Чебрякова. – Владимир: Изд-во Владим. Гос. ун-та, 2019. – 260 с.	2019	<a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/7626">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/7626</a>



2. Короткевич М.А. Монтаж электрических сетей: учебное пособие. Минск: Высшая школа, 2012, - 512 с.	2012	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
3. Короткевич М.А. Эксплуатация электрических сетей: учебное пособие. Минск: Высшая школа, 2014, - 351 с.	2014	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
4. Таранов М.А., Хорольский В.Я. Эксплуатация систем электрооборудования: учебное пособие. Ростов-на-Дону. Издательство: Terra Принт. – 2010, - 320 с.	2010	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
5. Колесник, Г. П. Современные технические средства передачи электроэнергии [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям / Г. П. Колесник;— Владимир: ВлГУ, 2015 .— 46 с.	2015	<a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/3968">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/3968</a>
Дополнительная литература		
1. Правила устройства электроустановок. 7-е и 6-е издание. – СПб.: Изд. ДЕАН, 2011. – 1168 с. ISBN: 978-5-93630-682-2. ББК: 329-5я82	2012	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
2. Колесник, Григорий Платонович. Современные технические средства передачи электроэнергии [Электронный ресурс]: методические указания к самостоятельной работе студентов / Г. П. Колесник, С. А. Сбитнев ;— Владимир: ВлГУ, 2015 .— 76 с.	2010	<a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/3967">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/3967</a>
3. Коровкин, Андрей Венедиктович. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине "Воздушные и кабельные линии" / А. В. Коровкин, С. А. Сбитнев ; Владимир : ВлГУ, 2007.— 31 с. :	2004	<a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1005">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1005</a>

## 6.2. Периодические издания

1. Журнал «Электричество».
2. Журнал «Электро. Электротехника. Электротехническая промышленность».
3. Журнал «Электротехника».
4. Журнал «Известия ВУЗов: электроника».
5. Журнал «Известия ВУЗов: электромеханика».
6. Журнал «Известия РАН: энергетика».
7. Журнал «История науки и техники».

## 6.3. Интернет-ресурсы

1. <http://www.myenergy.ru/popular/history/>
2. <http://svpressa.ru/energy/>
3. <https://ria.ru/spravka/20061222/57580805.html>
4. <http://pandia.ru/text/77/496/1541824645.php>
5. [http://geolike.ru/page/gl\\_6513.htm](http://geolike.ru/page/gl_6513.htm)
6. <http://znanium.com/catalog>

Электронное средство обучения по дисциплине **«Кабельные и воздушные линии»**  
/ Комплект из 178 слайдов. Составитель Г.П. Колесник. – Владимир: ВлГУ).

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Практические занятия проводятся в компьютерном классе кафедры ЭтЭн (лаб. 519-3; 16 компьютеров) с использованием лицензионного программного обеспечения.

2. Лекции читаются в аудиториях кафедры ЭтЭн, оборудованных электронными проекторами (ауд. 517-3; 520-3; 522-3), с использованием комплекта слайдов (Электронное средство обучения по дисциплине **«Кабельные и воздушные линии»** / Комплект из 178 слайдов. Составитель Г.П. Колесник. – Владимир: ВлГУ).

Рабочую программу составил \_\_ст. преподаватель каф. Электротехники и электроэнергетики  
Ильина Л.Е. Ильина Л.Е.  
(ФИО, должность, подпись)

Рецензент  
(представитель работодателя) в.д. Инженер проектировщик Объединения «ИНЖСТРОЙ»  
Ильина Т.А. Ильина Т.А.  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

Протокол № 1 от 30.08.2021 года  
Заведующий кафедрой Бадалян Н.П. Бадалян Н.П.  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.02 «Электроэнергетика и  
электротехника» (профиль подготовки: «Электроснабжение»)

Протокол № 1 от 30.08.2021 года  
Председатель комиссии Бадалян Н.П. Бадалян  
Н.П.  
(ФИО, должность, подпись)

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

*НАИМЕНОВАНИЕ*

образовательной программы направления подготовки код и наименование ОП, направленность: наименование (указать уровень подготовки)

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

*Подпись*

*ФИО*