

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Распределительные электрические сети

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.03
Трудоемкость в зачетных единицах:	4 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	4 семестр - 40 часов;
Практические занятия	4 семестр - 24 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	4 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	4 семестр - 41,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	4 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Платонова И.А.
	Идентификатор	R63f8f8ea-PlatonovaIA-46218dd2

И.А. Платонова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Валянский А.В.
	Идентификатор	R98c29a50-ValianskyAV-a927df5f

А.В. Валянский

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шаров Ю.В.
	Идентификатор	R324da3b6-SharovYurV-0bb905bf

Ю.В. Шаров

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение конструктивной части воздушных линий электропередачи, включая основные методы расчета

Задачи дисциплины

- формирование знания конструктивных элементов воздушных линий электропередачи, их назначения и материалов, применяемых при их изготовлении;
- изучение внешних факторов, оказывающих влияние на техническое состояние и эксплуатационные характеристики воздушных линий электропередачи;
- обучение базовым практическим методам выбора основных конструктивных элементов воздушных линий электропередачи на основании справочной литературы;
- развитие навыков принимать и обосновывать конкретные технические решения при конструировании элементов воздушных линий электропередачи.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в организации процесса эксплуатации электрических подстанций и линий электропередачи	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует знание по выбору электрооборудования и проверке его технических параметров в процессе эксплуатации подстанций и линий электропередачи	знать: - основные и дополнительные элементы воздушных линий электропередачи, их конструкции и материалы изготовления.
ПК-1 Способен участвовать в организации процесса эксплуатации электрических подстанций и линий электропередачи	ИД-2 _{ПК-1} Демонстрирует знание организации технического обслуживания и ремонта электрооборудования подстанций и линий электропередачи	знать: - математические модели статического поведения проводов под воздействием внешних нагрузок с учетом эквивалентных физико-механических характеристик.
ПК-1 Способен участвовать в организации процесса эксплуатации электрических подстанций и линий электропередачи	ИД-3 _{ПК-1} Демонстрирует знания в методах оценки технического состояния электрооборудования подстанций и линий электропередачи	знать: - статические и динамические внешние воздействия на воздушные линии электропередачи, приводящие к аварийным ситуациям, а также методы борьбы с ними, применяемые как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации. уметь: - рассчитывать удельные механические нагрузки на провода воздушной линии, решать нелинейное уравнение состояния провода; - выбирать нормативные сочетания климатических условий по условиям прочности и наибольшего провисания проводов.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен применять знание способов производства, транспорта и использования электроэнергии	ИД-1 _{ПК-2} Демонстрирует знание способов производства, передачи, распределения электроэнергии и электроснабжения потребителей	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - метод механического расчета линейных изоляторов и выбор их типов с учетом высоты прохождения трассы воздушной линии и степени загрязнения атмосферы; - критерии выбора проводов с учетом внешних климатических факторов и требуемой коррозионной стойкости, а также методы механического расчета проводов. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять наибольшие расчетные усилия в линейных изоляторах; - вычислять габаритный пролет и строить шаблон для расстановки промежуточных опор по продольному профилю трассы воздушной линии.
ПК-2 Способен применять знание способов производства, транспорта и использования электроэнергии	ИД-2 _{ПК-2} Демонстрирует знание основ управления процессами производства, транспорта и использования электроэнергии	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способы расстановки анкерно-угловых и промежуточных опор по трассе воздушной линии электропередачи. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнять расчет напряжений и стрел провеса провода в пределах анкерowanego участка воздушной линии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Распределительные электрические сети (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Воздушная линия электропередачи и её конструктивные элементы	9	4	7	-	1	-	-	-	-	-	1	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Воздушная линия электропередачи и её конструктивные элементы" и подготовка к тестированию</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], пп. 2.5.75 – 2.5.82, 2.5.86 – 2.5.98, 2.5.103 – 2.5.115 [3], 436 – 448 [4], 73 – 174 [5], 779 – 781</p>	
1.1	Воздушная линия электропередачи и её конструктивные элементы	9		7	-	1	-	-	-	-	-	1	-		
2	Внешние атмосферные воздействия на воздушную линию электропередачи	7		5	-	1	-	-	-	-	-	1	-		<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Внешние атмосферные воздействия на воздушную линию электропередачи. Выбор нормативного сочетания климатических условий для различных режимов работы воздушной линии электропередачи" и подготовка к тестированию</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], пп. 2.5.38 – 2.5.51, 2.5.85, 2.5.91 [2], 20 – 34 [3], 450 – 455</p>
2.1	Внешние атмосферные воздействия на воздушную линию электропередачи	7		5	-	1	-	-	-	-	-	1	-		
3	Основные положения механического	8.6		5	-	3	-	-	-	-	-	0.6	-		

	расчета проводов. Удельные механические нагрузки на провода воздушных линий электропередачи												"Основные положения механического расчета проводов. Удельные механические нагрузки на провода воздушных линий электропередачи" и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], пп. 2.5.52 – 2.5.55, 2.5.71 – 2.5.74, 2.5.83, 2.5.201, 2.5.212, 2.5.215 [2], 34 – 55
3.1	Основные положения механического расчета проводов	4.4	3	-	1	-	-	-	-	-	0.4	-	
3.2	Удельные механические нагрузки на провода воздушных линий электропередачи	4.2	2	-	2	-	-	-	-	-	0.2	-	
4	Физико-механические характеристики проводов. Математическая модель кривой провисания провода. Уравнение физико-механического состояния провода	9.0	5	-	3.0	-	-	-	-	-	1.0	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Физико-механические характеристики проводов. Математическая модель кривой провисания провода. Уравнение физико-механического состояния провода" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п. 2.5.84 [2], 7 – 18, 56 – 63, 70 – 72 [5], 796 – 799
4.1	Характеристики монометаллических проводов. Экспериментальная диаграмма растяжения проволоки (провода)	1.8	1	-	0.5	-	-	-	-	-	0.3	-	
4.2	Эквивалентные характеристики сталеалюминиевых проводов	2.7	2	-	0.5	-	-	-	-	-	0.2	-	
4.3	Математическая модель кривой провисания провода	2.3	1	-	1	-	-	-	-	-	0.3	-	
4.4	Уравнение физико-механического	2.2	1	-	1	-	-	-	-	-	0.2	-	

	состояния провода													
5	Выбор определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий	10.0	3	-	6	-	-	-	-	-	1.0	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материала по разделу "Выбор определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий" и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 63 – 70, 72 – 78 [5], 799	
5.1	Определяющее по прочности провода нормативное сочетание климатических условий и методы его выбора	2.5	1	-	1	-	-	-	-	-	0.5	-		
5.2	Построение зависимостей среднего напряжения от длины пролёта	4.3	1	-	3	-	-	-	-	-	0.3	-		
5.3	Метод критических пролётов	3.2	1	-	2	-	-	-	-	-	0.2	-		
6	Климатические условия наибольшего провисания провода. Габаритный пролёт	8.0	2	-	5	-	-	-	-	-	1.0	-		
6.1	Критическая температура воздуха	2.2	1	-	1	-	-	-	-	-	0.2	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материала по разделу "Климатические условия наибольшего провисания провода. Габаритный пролёт" и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 78 – 89 [5], 802, 805	
6.2	Габаритный пролёт и алгоритм его расчета	5.8	1	-	4	-	-	-	-	-	0.8	-		
7	Расстановка опор по трассе воздушной линии электропередачи. Механический расчет провода в пределах анкерowanego участка	9.2	5.5	-	2.5	-	-	-	-	-	1.2	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Расстановка опор по трассе воздушной линии электропередачи. Механический расчет провода в пределах анкерowanego участка" и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u>	

7.1	Продольный профиль трассы	1.7	1	-	0.5	-	-	-	-	-	0.2	-	[2], 89 – 100, 109 – 118 [5], 805 – 808
7.2	Построение расстановочного шаблона	1.7	0.5	-	1	-	-	-	-	-	0.2	-	
7.3	Расстановка промежуточных опор с помощью шаблона. Понятия весового и ветрового пролётов	1.7	1	-	0.5	-	-	-	-	-	0.2	-	
7.4	Условие равновесия поддерживающих гирлянд изоляторов	1.2	1	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	
7.5	Система уравнений состояния провода для анкерowanego участка	1.2	1	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	
7.6	Приближенный метод расчета напряжений в анкерowanym участке. Приведенный пролёт	1.7	1	-	0.5	-	-	-	-	-	0.2	-	
8	Выбор подвесных изоляторов для поддерживающих и натяжных гирлянд	5.7	2.5	-	2.5	-	-	-	-	-	0.7	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материала по разделу "Выбор подвесных изоляторов для поддерживающих и натяжных гирлянд" и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], пп. 2.5.99 – 2.5.102 [2], 153 – 168
8.1	Основные положения механического расчёта линейных изоляторов и арматуры	1.2	0.5	-	0.5	-	-	-	-	-	0.2	-	
8.2	Выбор типа и количества изоляторов для комплектования поддерживающих гирлянд	2.3	1	-	1	-	-	-	-	-	0.3	-	
8.3	Выбор типа и количества	2.2	1	-	1	-	-	-	-	-	0.2	-	

	изоляторов для комплектования натяжных гирлянд												
9	Опоры воздушных линий электропередачи из различных материалов и способы их закрепления в грунте. Фундаменты опор	5.5	5	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Опоры воздушных линий электропередачи из различных материалов и способы их закрепления в грунте. Фундаменты опор"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], пп. 2.5.135 – 2.5.140 [3], 363 – 436 [4], 23 – 72, 212 – 229 [5], 782 – 794</p>
9.1	Деревянные и железобетонные опоры	2.2	2	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	
9.2	Стальные решётчатые опоры. Многогранные опоры	2.2	2	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	
9.3	Закрепление опор в грунте. Фундаменты опор	1.1	1	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	-	0.5	-	
	Всего за семестр	108.0	40.0	-	24.0	-	2	-	-	-	0.5	8.0	33.5
	Итого за семестр	108.0	40.0	-	24.0		2	-			0.5	41.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Воздушная линия электропередачи и её конструктивные элементы

1.1. Воздушная линия электропередачи и её конструктивные элементы

Общая характеристика воздушных линий электропередачи. Воздушные линии электропередачи с неизолированными, изолированными и защищёнными проводами. Области их применения и классификация по числу трёхфазных цепей. Основные и дополнительные конструктивные элементы воздушных линий электропередачи. Промежуточные и анкерные группы опор и опоры специального типа. Классификация опор по конструктивному исполнению и материалу изготовления. Основные достоинства и недостатки деревянных, железобетонных и металлических опор. Выбор марок проводов для воздушных линий электропередачи. Требования, предъявляемые к материалу их изготовления. Классификация проводов по конструктивному исполнению, материалу изготовления и стойкости к коррозии. Области применения проводов различных марок. Технические ограничения на минимально допустимые сечения и диаметры проводов. Провода повышенной пропускной способности. Достоинства и недостатки современных компактных и высокотемпературных проводов. Обоснование их рационального применения. Классификация изоляторов по конструктивному исполнению и изоляционному материалу, их достоинства и недостатки, области применения и маркировка. Современные полимерные и длинностержневые фарфоровые изоляторы. Линейная арматура и её классификация по назначению. Способы закрепления опор в грунте различной структуры. Основные типы фундаментов и конструкции закреплений в грунте металлических, железобетонных и деревянных опор.

2. Внешние атмосферные воздействия на воздушную линию электропередачи

2.1. Внешние атмосферные воздействия на воздушную линию электропередачи

Анализ внешних атмосферных воздействий на воздушную линию электропередачи. Условия образования различных видов гололёдно-изморозевых отложений на проводах и степень их влияния на механическую прочность. Наблюдение за интенсивностью гололёдообразования и вероятностно-статистический учёт данных на метеостанциях. Районирование территории России по нормативной толщине стенки гололеда. Факторы, влияющие на интенсивность гололёдообразования. Ветровые воздействия на конструктивные элементы воздушной линии электропередачи. Наблюдение за интенсивностью ветрового давления на метеостанциях. Районирование территории России по нормативному ветровому давлению. Факторы, влияющие на интенсивность ветровых нагрузок. Динамические ветровые воздействия. Наиболее распространенные виды колебаний проводов, вызываемые действием ветра: эоловая вибрация; субколебания; пляска. Механизмы развития этих колебаний и их характеристика. Основные средства защиты от ветровых колебаний и пассивные меры борьбы. Конструкции современных отечественных и зарубежных гасителей вибрации, распорок-гасителей, междуфазных изолирующих распорок и гасителей пляски. Электрическая плавка гололеда. Влияние изменений температуры воздуха на работу проводов. Обработка зарегистрированных на метеостанциях данных и определение характерных значений температуры.

3. Основные положения механического расчета проводов. Удельные механические нагрузки на провода воздушных линий электропередачи

3.1. Основные положения механического расчета проводов

Механический расчет проводов по методу допускаемых напряжений. Нормируемые допустимые напряжения в проводах. Наименьшие расстояния от проводов до земли.

Нормативные сочетания климатических условий для механического расчёта проводов в нормальном режиме работы воздушной линии электропередачи.

3.2. Удельные механические нагрузки на провода воздушных линий электропередачи

Расчетные и нормативные удельные нагрузки на провода от их собственной массы, массы гололеда и давления ветра, соответствующие нормативным сочетаниям климатических условий. Определение наибольшей механической нагрузки.

4. Физико-механические характеристики проводов. Математическая модель кривой провисания провода. Уравнение физико-механического состояния провода

4.1. Характеристики монометаллических проводов. Экспериментальная диаграмма растяжения проволоки (провода)

Физико-механические характеристики проволок и монометаллических проводов, получаемые при испытаниях образцов на растяжение. Экспериментальная диаграмма растяжения проволоки (провода). Текучесть и ползучесть металлов.

4.2. Эквивалентные характеристики сталеалюминиевых проводов

Взаимодействие разнородных металлов в конструкции комбинированного провода при температурах, отличных от температуры изготовления. Эквивалентные расчетные параметры сталеалюминиевых проводов.

4.3. Математическая модель кривой провисания провода

Математическая модель кривой провисания провода при одинаковой высоте его подвески на соседних опорах. Уравнения цепной линии и параболы. Области их применения. Формулы для расчета стрелы провеса и длины провода.

4.4. Уравнение физико-механического состояния провода

Вывод уравнения физико-механического состояния провода. Решение нелинейного уравнения состояния провода в форме записи относительно напряжений итерационным методом Ньютона.

5. Выбор определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий

5.1. Определяющее по прочности провода нормативное сочетание климатических условий и методы его выбора

Нормативное сочетание климатических условий, при котором наиболее вероятно превышение допустимого напряжения. Методы выбора определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий, получившие наибольшее распространение.

5.2. Построение зависимостей среднеэксплуатационного напряжения от длины пролёта

Наглядный метод построения зависимостей среднеэксплуатационного напряжения в проводе от длины пролета при исходных условиях, соответствующих наибольшей механической нагрузке и низшей температуре воздуха.

5.3. Метод критических пролётов

Критические пролеты и вывод формул для их расчета. Алгоритм выбора определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий по методу критических пролетов.

6. Климатические условия наибольшего провисания провода. Габаритный пролёт

6.1. Критическая температура воздуха

Условная критическая температура воздуха. Выявление нормативного сочетания климатических условий, при котором провод имеет наибольшее провисание. Вывод формулы для расчета критической температуры.

6.2. Габаритный пролёт и алгоритм его расчета

Наиболее выгодный в условиях ровной местности габаритный пролет воздушной линии. Вывод формулы для габаритного пролета. Алгоритм его расчета и проверки правильности полученного результата.

7. Расстановка опор по трассе воздушной линии электропередачи. Механический расчет провода в пределах анкерowanego участка

7.1. Продольный профиль трассы

Составление продольного профиля трассы воздушной линии электропередачи. Перечень данных, наносимых на чертеж продольного профиля.

7.2. Построение расстановочного шаблона

Шаблон для расстановки промежуточных опор по трассе линии. Уравнения кривых шаблона. Выбор масштаба для построения шаблона и уравнения масштабных кривых.

7.3. Расстановка промежуточных опор с помощью шаблона. Понятия весового и ветрового пролётов

Расстановка промежуточных опор по продольному профилю трассы воздушной линии с помощью шаблона. Правило пользования шаблоном при ручном способе расстановки опор. Понятия весового и ветрового пролетов.

7.4. Условие равновесия поддерживающих гирлянд изоляторов

Уравнение моментов статического равновесия поддерживающей гирлянды изоляторов. Определение горизонтальных составляющих отклонения поддерживающих гирлянд изоляторов в пределах анкерowanego участка.

7.5. Система уравнений состояния провода для анкерowanego участка

Механический расчет провода в анкерowanym участке с промежуточными пролётами неравной длины. Составление системы уравнений состояния провода для анкерowanego участка, состоящего из произвольного числа промежуточных пролетов.

7.6. Приближенный метод расчета напряжений в анкерowanym участке. Приведенный пролёт

Понятие приведённого пролёта анкерowanego участка и его использование для приближённого определения напряжения в проводе. Вывод формулы для расчёта приведённого пролёта в условиях относительно ровной местности.

8. Выбор подвесных изоляторов для поддерживающих и натяжных гирлянд

8.1. Основные положения механического расчёта линейных изоляторов и арматуры

Механический расчет изоляторов и арматуры по методу разрушающих нагрузок. Понятие электромеханической разрушающей нагрузки. Коэффициенты условий работы и надёжности по материалу для выбора изоляторов и арматуры по нагрузкам в нормальных и аварийном режимах работы воздушной линии электропередачи.

8.2. Выбор типа и количества изоляторов для комплектования поддерживающих гирлянд

Вывод выражений для определения наибольших расчетных нагрузок, действующих на поддерживающую гирлянду изоляторов в нормальных и аварийном режимах работы воздушной линии электропередачи. Выбор типа и количества изоляторов для комплектования поддерживающих гирлянд по условиям механической прочности и степени загрязнения атмосферы.

8.3. Выбор типа и количества изоляторов для комплектования натяжных гирлянд

Вывод выражений для оценки наибольших расчетных нагрузок, действующих на натяжную гирлянду изоляторов. Выбор типа и количества изоляторов для комплектования натяжных гирлянд по условиям механической прочности и степени загрязнения атмосферы.

9. Опоры воздушных линий электропередачи из различных материалов и способы их закрепления в грунте. Фундаменты опор

9.1. Деревянные и железобетонные опоры

Конструкции деревянных опор, их достоинства и недостатки. Используемые сорта древесины и способы защиты от гниения. Области применения деревянных опор, особенности их изготовления и эксплуатации. Маркировка деревянных опор. Конструкции железобетонных опор, их преимущества и недостатки, области применения. Способы увеличения прочности и долговечности железобетонных опор. Маркировка железобетонных опор.

9.2. Стальные решётчатые опоры. Многогранные опоры

Достоинства и недостатки стальных решётчатых опор, области их применения. Традиционные конструкции стальных опор, способы сборки и соединения их элементов, средства защиты от коррозии, основные причины повреждения. Маркировка стальных унифицированных опор. Современные стилизованные стальные решётчатые опоры. Особенности конструкций современных стальных многогранных опор, их преимущества и недостатки, области применения.

9.3. Закрепление опор в грунте. Фундаменты опор

Способы закрепления стоек деревянных и железобетонных опор в грунте различной структуры. Конструкции железобетонных фундаментов для установки промежуточных и анкерно-угловых стальных решётчатых опор. Разновидности свайных фундаментов и области их применения. Особенности закрепления в грунте опор на оттяжках.

3.3. Темы практических занятий

1. Воздушная линия электропередачи и её конструктивные элементы;
2. Внешние атмосферные воздействия на воздушную линию электропередачи;
3. Основные положения механического расчета проводов;
4. Удельные механические нагрузки на провода;

5. Физико-механические характеристики проводов;
6. Уравнения кривой провисания и физико-механического состояния провода;
7. Выбор определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий;
8. Климатические условия наибольшего провисания провода. Габаритный пролёт;
9. Расстановка опор по трассе воздушной линии электропередачи;
10. Механический расчет провода в пределах анкерowanego участка;
11. Выбор подвесных изоляторов для поддерживающих и натяжных гирлянд.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Воздушная линия электропередачи и её конструктивные элементы"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Внешние атмосферные воздействия на воздушную линию электропередачи. Выбор нормативного сочетания климатических условий для различных режимов работы воздушной линии электропередачи"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные положения механического расчета проводов. Удельные механические нагрузки на провода воздушных линий электропередачи"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физико-механические характеристики проводов. Математическая модель кривой провисания провода. Уравнение физико-механического состояния провода"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Выбор определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Климатические условия наибольшего провисания провода. Габаритный пролёт."
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расстановка опор по трассе воздушной линии электропередачи. Механический расчет провода в пределах анкерowanego участка"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Выбор подвесных изоляторов для поддерживающих и натяжных гирлянд"
9. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Опоры воздушных линий электропередачи из различных материалов и способы их закрепления в грунте. Фундаменты опор"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)									Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Знать:												
основные и дополнительные элементы воздушных линий электропередачи, их конструкции и материалы изготовления	ИД-1пк-1	+									+	Тестирование/Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи. Внешние атмосферные воздействия на воздушные линии
математические модели статического поведения проводов под воздействием внешних нагрузок с учетом эквивалентных физико-механических характеристик	ИД-2пк-1			+	+							Контрольная работа/Удельные механические нагрузки на провода воздушной линии электропередачи
статические и динамические внешние воздействия на воздушные линии электропередачи, приводящие к аварийным ситуациям, а также методы борьбы с ними, применяемые как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации	ИД-3пк-1	+	+									Тестирование/Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи. Внешние атмосферные воздействия на воздушные линии
критерии выбора проводов с учетом внешних климатических факторов и требуемой коррозионной стойкости, а также методы механического расчета проводов	ИД-1пк-2	+	+	+	+	+	+					Контрольная работа/Выбор определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий. Выявление климатических условий наибольшего провисания провода и расчёт габаритного пролёта
метод механического расчета линейных изоляторов и выбор их типов с учетом высоты прохождения трассы воздушной линии и степени загрязнения атмосферы	ИД-1пк-2										+	Контрольная работа/Построение шаблона для расстановки опор по продольному профилю трассы воздушной линии электропередачи. Выбор типа и количества подвесных стеклянных тарельчатых изоляторов для комплектования гирлянд

способы расстановки анкерно-угловых и промежуточных опор по трассе воздушной линии электропередачи	ИД-2ПК-2																		Контрольная работа/Построение шаблона для расстановки опор по продольному профилю трассы воздушной линии электропередачи. Выбор типа и количества подвесных стеклянных тарельчатых изоляторов для комплектования гирлянд
Уметь:																			
выбирать нормативные сочетания климатических условий по условиям прочности и наибольшего провисания проводов	ИД-3ПК-1																		Контрольная работа/Выбор определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий. Выявление климатических условий наибольшего провисания провода и расчёт габаритного пролёта
рассчитывать удельные механические нагрузки на провода воздушной линии, решать нелинейное уравнение состояния провода	ИД-3ПК-1																		Контрольная работа/Удельные механические нагрузки на провода воздушной линии электропередачи
вычислять габаритный пролет и строить шаблон для расстановки промежуточных опор по продольному профилю трассы воздушной линии	ИД-1ПК-2																		Контрольная работа/Выбор определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий. Выявление климатических условий наибольшего провисания провода и расчёт габаритного пролёта Контрольная работа/Построение шаблона для расстановки опор по продольному профилю трассы воздушной линии электропередачи. Выбор типа и количества подвесных стеклянных тарельчатых изоляторов для комплектования гирлянд
определять наибольшие расчетные усилия в линейных изоляторах	ИД-1ПК-2																		Контрольная работа/Построение шаблона для расстановки опор по продольному профилю трассы воздушной линии электропередачи. Выбор типа и количества подвесных стеклянных тарельчатых изоляторов для комплектования

											гирлянд
выполнять расчет напряжений и стрел провеса провода в пределах анкерowanego участка воздушной линии	ИД-2ПК-2			+	+	+	+	+			Контрольная работа/Построение шаблона для расстановки опор по продольному профилю трассы воздушной линии электропередачи. Выбор типа и количества подвесных стеклянных тарельчатых изоляторов для комплектования гирлянд

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

4 семестр

Форма реализации: Выполнение задания

1. Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи. Внешние атмосферные воздействия на воздушные линии (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Выбор определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий. Выявление климатических условий наибольшего провисания провода и расчёт габаритного пролёта (Контрольная работа)
2. Построение шаблона для расстановки опор по продольному профилю трассы воздушной линии электропередачи. Выбор типа и количества подвесных стеклянных тарельчатых изоляторов для комплектования гирлянд (Контрольная работа)
3. Удельные механические нагрузки на провода воздушной линии электропередачи (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №4)

Итоговая оценка по курсу выставляется исходя из оценки за устный экзамен.

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Правила устройства электроустановок. Раздел 2. Передача электроэнергии. Гл 2.4., 2.5 : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 20.05.03 : введ. в действие с 01.10.03 / М-во энерг. Рос. Федерации . – 7-е изд. – М. : ЭНАС, 2004 . – 160 с. - ISBN 5-931963-76-6 .;
2. Зарудский, Г. К. Механический расчет проводов, тросов и изоляторов воздушных линий электропередачи : монография / Г. К. Зарудский, И. А. Платонова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 205 с. - ISBN 978-5-9902974-8-7 .;
3. Справочник по электрическим установкам высокого напряжения / Ред. И. А. Баумштейн, С. А. Бажанов . – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1989 . – 768 с. - ISBN 5-283-01134-8 .;
4. Гологорский, Е. Г. Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4-500 кВ / Е. Г. Гологорский, А. Н. Кравцов, Б. М. Узелков . – М. : ЭНАС, 2003 . – 344 с. - ISBN 5-931962-67-0 .;
5. Герасимов В.Г.- "Электротехнический справочник. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии", Издательство: "МЭИ", Москва, 2009 - (964 с.) <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383003381.html>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Windows / Операционная система семейства Linux;
2. Libre Office;
3. Электронная энциклопедия энергетики.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-200, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран
	Д-400, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Д-209, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-200, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, трибуна, мультимедийный проектор, экран
	Д-400, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Д-203, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ЭС"	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, колонки звуковые, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер, документы, журналы, книги, учебники, пособия, канцелярский принадлежности, зеркала
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-2/9, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф.	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, кондиционер,

	"ЭЭС"	телевизор, книги, учебники, пособия, канцелярский принадлежности, зеркала
--	-------	--

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Воздушные линии электропередачи

(название дисциплины)

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи. Внешние атмосферные воздействия на воздушные линии (Тестирование)
- КМ-2 Удельные механические нагрузки на провода воздушной линии электропередачи (Контрольная работа)
- КМ-3 Выбор определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий. Выявление климатических условий наибольшего провисания провода и расчёт габаритного пролёта (Контрольная работа)
- КМ-4 Построение шаблона для расстановки опор по продольному профилю трассы воздушной линии электропередачи. Выбор типа и количества подвесных стеклянных тарельчатых изоляторов для комплектования гирлянд (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Воздушная линия электропередачи и её конструктивные элементы					
1.1	Воздушная линия электропередачи и её конструктивные элементы		+	+	+	+
2	Внешние атмосферные воздействия на воздушную линию электропередачи					
2.1	Внешние атмосферные воздействия на воздушную линию электропередачи		+	+	+	+
3	Основные положения механического расчета проводов. Удельные механические нагрузки на провода воздушных линий электропередачи					
3.1	Основные положения механического расчета проводов			+	+	+
3.2	Удельные механические нагрузки на провода воздушных линий электропередачи			+	+	+
4	Физико-механические характеристики проводов. Математическая модель кривой провисания провода. Уравнение физико-механического состояния провода					
4.1	Характеристики монометаллических проводов. Экспериментальная диаграмма растяжения проволоки (провода)			+		
4.2	Эквивалентные характеристики сталеалюминиевых проводов			+		
4.3	Математическая модель кривой провисания провода			+	+	+

4.4	Уравнение физико-механического состояния провода		+	+	+
5	Выбор определяющего по прочности провода нормативного сочетания климатических условий				
5.1	Определяющее по прочности провода нормативное сочетание климатических условий и методы его выбора			+	+
5.2	Построение зависимостей среднеэксплуатационного напряжения от длины пролёта			+	+
5.3	Метод критических пролётов			+	+
6	Климатические условия наибольшего провисания провода. Габаритный пролёт				
6.1	Критическая температура воздуха			+	+
6.2	Габаритный пролёт и алгоритм его расчета			+	+
7	Расстановка опор по трассе воздушной линии электропередачи. Механический расчет провода в пределах анкерowanego участка				
7.1	Продольный профиль трассы			+	+
7.2	Построение расстановочного шаблона			+	+
7.3	Расстановка промежуточных опор с помощью шаблона. Понятия весового и ветрового пролётов			+	+
7.4	Условие равновесия поддерживающих гирлянд изоляторов				+
7.5	Система уравнений состояния провода для анкерowanego участка				+
7.6	Приближенный метод расчета напряжений в анкерowanym участке. Приведенный пролёт				+
8	Выбор подвесных изоляторов для поддерживающих и натяжных гирлянд				
8.1	Основные положения механического расчёта линейных изоляторов и арматуры				+
8.2	Выбор типа и количества изоляторов для комплектования поддерживающих гирлянд				+
8.3	Выбор типа и количества изоляторов для комплектования натяжных гирлянд				+
9	Опоры воздушных линий электропередачи из различных материалов и способы их закрепления в грунте. Фундаменты опор				
9.1	Деревянные и железобетонные опоры	+			+
9.2	Стальные решётчатые опоры. Многогранные опоры	+			+
9.3	Закрепление опор в грунте. Фундаменты опор	+			+
Вес КМ, %:		15	20	35	30