

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



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор
по учебно-методической работе
А.А. Панфилов

« 05 » октября 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Кабельные и воздушные линии»

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Профиль подготовки: **Электроснабжение**
 Уровень высшего образования: **бакалавриат**
 Форма обучения: **очная**

Семестр	Трудоёмкость, зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачёт)
Седьмой	2/72	-	36	-	36	Зачет
Восьмой	2/72	10	20	-	15	Экзамен - 27
Итого	4/144	10	56	-	51	Зачет, экзамен - 27

Владимир-2015

Handwritten mark

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.

Результатом достижения названных целей является приобретение выпускником, освоившего программу бакалавриата, новых общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, к наиболее важным из которых относятся следующие:

- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- - способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей при выборе и реализации эффективных режимов работы кабельных и воздушных линий по заданным методикам (ОПК-3);
- способность принимать участие в проектировании кабельных и воздушных линий для реализации задач электроснабжения в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования (ПК-3);
- готовность определять параметры и режимы работы кабельных и воздушных линий электропередачи (ПК-5);
- готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса передачи электрической энергии кабельными и воздушными линиями по заданной методике (ОК-7);
- способность составлять и оформлять оперативную документацию, предусмотренную правилами эксплуатации кабельных и воздушных линий (ПК-9);

• готовность участвовать в монтаже, наладке, ремонте и профилактике кабельных и воздушных линий на промышленных предприятиях (ПК-11);

- способность применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики кабельных и воздушных линий электропередачи (ПК-14).

Достижение названных целей предполагает решение следующих задач:

- 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

Дисциплина **«Кабельные и воздушные линии»** относится к дисциплинам вариативной части основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) бакалавриата направления «Электроэнергетика и электротехника» профиля «Электроснабжение». Дисциплина логически и содержательно – методически тесно связана с рядом теоретических дисциплин и практик предшествующего периода обучения.

Дисциплины базовой части раздела Б1 формируют необходимые для изучения необходимые для изучения электротехнологических установок способности к обобщению и анализу информации, навыки постановки цели и выбора путей её достижения (ОПК-1); готовность использовать компьютер как одно из средств освоения новой дисциплины и способности математического анализа и моделирования процессов в электротехнологических установках (ОПК-3); готовность выявить физическую основу функционирования электротехнологических установок (ПК-1), способность и готовность понимать актуальность совершенствования электротехнологических установок в экономическом и экологическом аспектах (ПК-3).

К числу учебных дисциплин, наиболее тесно связанных с дисциплиной «**Кабельные и воздушные линии**», относятся «Теоретические основы электротехники», «Информационно-измерительная техника и электроника», «Электропитающие системы и электрические сети», «Надёжность электроснабжения», «Эксплуатация систем электроснабжения». В результате освоения этих дисциплин студенты приобретают необходимые для изучения кабельных и воздушных линий **знания** основных понятий и законов электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей; методов и средств электрических измерений, элементной базы современной энергетической электроники, оборудования электрических станций и подстанций; принципов обеспечения надёжности электроснабжения. Приобретают **умения** применять современные методы расчёта электромагнитных полей, электрических и магнитных цепей; выполнять измерения электрических величин; собирать и налаживать схемы простых электротехнических и электронных устройств. **Овладевают** программными средствами для решения задач теоретической электротехники, современными средствами электрических измерений и аппаратурой для исследования электротехнических и электронных устройств.

Важную роль в подготовке к изучению дисциплины «**Кабельные и воздушные линии**» играют производственные практики, в ходе которых студенты знакомятся с электрооборудованием электрических подстанций и промышленных предприятий, в состав которого входят кабельные и воздушные линии.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины «**Кабельные и воздушные линии**» обучающийся должен

- знать:

- историю развития, область применения и инновационные тенденции совершенствования кабельных и воздушных линий (ПК-1);
- основные понятия и принципы построения кабельных и воздушных линий (ПК-2);
- физические явления в кабельных и воздушных линиях и основы теории их функционирования (ПК-3);

- элементную базу, характеристики, эксплуатационные требования и регулировочные свойства современных кабельных и воздушных линий (ПК-5);

- уметь:

- применять электромеханические, электронные и микропроцессорные средства РЗА для контроля значений электрических величин с целью защиты кабельных и воздушных линий (ПК-7);

- использовать современные информационные и телекоммуникационные технологии для повышения надёжности и энергоэффективности кабельных и воздушных линий (ОПК-3);

- выбирать и реализовывать эффективные режимы работы кабельных и воздушных линий по заданным методикам (ПК-7);

- правильно эксплуатировать кабельные и воздушные линии промышленных объектов, проводить ремонтные и профилактические работы (ПК-16);

- осуществлять оперативные изменения параметров режимов кабельных и воздушных линий в соответствии с требованиями нормативных документов (ПК-7)

- составлять и оформлять оперативную документацию, предусмотренную правилами эксплуатации кабельных и воздушных линий (ПК-9);

- обосновывать принятые технические решения на основе анализа их технологических, экономических и экологических последствий (ПК-3);

- владеть:

- методами расчёта основных параметров и характеристик кабельных и воздушных линий (ПК-5);

- навыками применения современных компьютерных технологий для получения информации в сфере кабельных и воздушных линий (ОПК-3);

- методиками проектирования наиболее распространённых типов кабельных и воздушных линий (ПК-3);

- навыками проведения стандартных испытаний и регулировки кабельных и воздушных линий (ПК-12);

- способностью формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде технического отчёта с его публичной защитой (ПК-9);

- способностью к участию в монтаже кабельных и воздушных линий (ПК-11);

- информацией о российских и зарубежных инновационных разработках в изучаемой предметной области (ПК-4).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 часа.

№	Раздел дисциплины	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы и трудоёмкость в часах						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах/%)	Формы текущего контроля и промежуточной аттестации
				Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Контрольные работы	СРС	КП/КР.		
1	Тема 1. Конструктивные особенности, параметры и маркировка силовых кабелей. Классификация линий электропередачи. Характеристика задач расчёта конструктивной части линий.	7	1	-	-	2	-	4	-	1,0/50,0%	
2	Тема 2. Методы расчета сопротивления, емкости, абсорбции и диэлектрических потерь изоляции силовых кабелей.	7	2-3	-	-	4	-	6	-	2,0/50,0%	
3	Тема 3. Моделирование и расчет воздушных линий электропередачи населенных пунктов.	7	4-6	-	-	6	+	6	-	3,0/50,0%	Рейтинг-контроль
4	Тема 4. Моделирование и расчет кабельных линий электропередачи городских электрических сетей.	7	7-9	-	-	6	-	6	-	3,0/50,0%	
5	Тема 5. Приборы и расчетные методы определения целостности жил силовых кабелей и фазировка кабельных линий	7	10-12	-	-	6	-	6	-	3,0/50,0%	Рейтинг-контроль
6	Тема 6. 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	+	8	-	6,0/50,0%	Рейтинг-контроль
Итого за 7-й семестр:			18	-	-	36	+	36		18/50,0%	Зачет
1	Тема 1. 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		3		4,0/66,7 %	
2	Тема 2. Конструкция кабельных линий электропередачи. Конструктивные элементы кабельных линий	8	3-4	2	-	4	+	3		4,0/66,7 %	

	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.									
3	Тема 3. Условия работы линий электропередачи. Особенности условий работы ВЛ и КЛ. Внешние воздействующие факторы.	8	5-6	2	-	4		3	4,0/66,7 %	Рейтинг-контроль
4	Тема 4. Исходные условия расчёта конструктивной части линий. Причины повреждаемости 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		3	4,0/66,7 %	РГР
5	Тема 5. 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 природе. 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	2	-	4		3	4,0/66,7 %	Рейтинг-контроль
	Итого за 8-й семестр:		10	10	-	20	+	15	20/66,66%	Экзамен - 27
	Итого:		10	10	-	56		51	38/57,57	Зачет, экзамен - 27

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

5.1. Лекционные занятия проводятся в аудиториях, оборудованных компьютерами, электронными проекторами и интерактивными досками, что позволяет сочетать активные и интерактивные формы проведения занятий. Чтение лекций сопровождается демонстрацией компьютерных слайдов, об-

щим количеством 178 шт. (Набор слайдов содержится на сайте электронных средств обучения ВлГУ).

5.2. Консультации по дисциплине проводятся в компьютерном классе. Более 40% времени отведено на интерактивные формы обучения работе с техническими средствами.

В ходе консультаций студенты используют учебную компьютерную базу данных по кабельным и воздушным линиям промышленных предприятий и систем электроснабжения.

5.4. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Цель проведения практических занятий – отработка методик расчета кабельных и воздушных линий электропередачи, подготовка студентов к выполнению расчетно-графической работы - научить их проектировать механическую часть воздушных линий (выбирать конструктивные элементы, проверять их по условиям работы в нормальных и аварийных режимах), расставлять опоры по профилю трассы ВЛ, проверять выполнение основных условий.

1. Определение погонных параметров кабельной линии.
2. Расчет и сравнение погонных параметров воздушных линий напряжением 6 кВ и 10 кВ при одинаковых и разных типах опор.
3. Расчет потребности в проводе заданного сечения для монтажа или реконструкции воздушной линии напряжением 10 кВ заданной протяженности.
4. Расчет и сравнение параметров схем замещения кабельной и воздушной линии одного класса напряжения, равным сечением токоведущих жил и равной протяженностью.
5. Расчет пропускной способности воздушной линии с учетом конструктивных параметров.
6. Расчет падения и потери напряжения нагруженной линии электропередачи.
7. Расчет напряжения в начале кабельной линии с учетом несимметрии и параметров нагрузки в конце линии.
8. Расчет зависимости пропускной способности линии от сечения и марки токоведущих жил.
9. Определение наибольшей потери напряжения в разомкнутой трехфазной сети напряжением 380 В, выполненную кабелем и воздушными линиями.
10. Расчет мощности и места установки конденсаторных батарей в сети 380 В для уменьшения потерь напряжения.
11. Определение конструктивных параметров воздушной линии с заданными параметрами нагрузки и параметрами схемы замещения.

12. Расчет токораспределения в кольцевой сети, выполненной кабелем и воздушной линией с заданными сечениями токоведущих жил.
13. Расчет годовых нагрузочных потерь электроэнергии в кабельных и воздушных линиях.
14. Расчет удельных механических нагрузок на конструктивные элементы воздушной линии при использовании однородных и сталеалюминевых проводов.
15. Расчет тяжения проводов при обрыве в одном из пролетов, выбор и проверка изоляторов.
16. Выбор и проверка изоляторов и линейной арматуры по механической прочности.
17. Построение разбивочного шаблона и расстановка опор по профилю трассы воздушной линии.
18. Построение монтажных графиков для сооружаемых воздушных линий электропередачи.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Для текущего контроля успеваемости применяется рейтинг-контроль, проводимый в форме тестирования на 5-й, 9-й и 17-й неделе.

Вопросы к рейтинг-контролю 7-го семестра Блок №1 (1-й рейтинг-контроль)

1. Основные конструктивные элементы силовых кабелей.
2. Основные функции элементов силовых кабелей.
3. Силовые кабели и электрические шнуры.
4. Контрольно-измерительные кабели.
5. Конструкции токопроводящих жил силовых кабелей.
6. Ряд номинальных сечений токопроводящих жил силовых кабелей.
7. Конструкция жилы защитного заземления силового кабеля.
8. Конструкция нулевой жилы силового кабеля.
9. Нулевые и токопроводящие жилы силового кабеля.
10. Функции оболочки силового кабеля.
11. Материалы оболочки силового кабеля.
12. Основные виды электрической изоляции силовых кабелей.
13. Функции электрической изоляции силовых кабелей.
14. Градированная изоляция.
15. Поясная изоляция силового кабеля.
16. Конструктивное выполнение поясной изоляции силового кабеля.
17. Назначение экранов в силовых кабелях.
18. Материалы экранов силовых кабелей.

19. Электрическое поле силового кабеля.
20. Способы регулирования электрического поля в силовых кабелях.

Блок №2 (2-й рейтинг-контроль)

1. Уплотнённые жилы силовых кабелей.
2. Цель использования уплотнённых жил силовых кабелей.
3. Коэффициент использования изоляции.
4. Материалы изоляции силовых кабелей.
5. Буквенные индексы изоляции в марках силовых кабелей.
6. Буквенные индексы оболочки в марках силовых кабелей.
7. Буквенные индексы брони в марках силовых кабелей.
8. Буквенные индексы наружного покрова в марках силовых кабелей.
9. Расчет максимальной напряженности электрического поля в трёхжильном кабеле.
10. Расчет максимальной напряженности электрического поля в изоляции одножильного кабеля.
11. Воздушная линия электропередачи (ЛЭП).
12. Активное сопротивление линии электропередачи.
13. Нагрев проводов, учет температуры провода.
14. В чем преимущества и недостатки проводов из цветного металла?
15. Каково назначение стальной составляющей в сталеалюминиевом проводе?
16. Почему применение стальных проводов ограничено?

Блок №3 (3-й рейтинг-контроль)

1. Для каких целей используют схемы замещения ВЛ и КЛ?
2. При решении каких задач целесообразно применение П- или Т-образных схем замещения? Каковы преимущества и недостатки этих схем?
3. Почему у ВЛ традиционного исполнения погонное индуктивное сопротивление значительно больше чем у кабельных ЛЭП?
4. Зачем выполняют транспозицию фазных проводов?
5. Коронный разряд на элементах конструкции ВЛ.
6. Влияние погодных условий на потери мощности на коронирование.
7. Какие физические явления отражаются наличием в схеме замещения ВЛ активной проводимости?
8. Почему ЛЭП являются источником зарядной (емкостной) мощности?
10. Зависимость зарядной мощности от конструкции и номинального напряжения линии?
11. Как по параметрам схем замещения ВЛ местных и районных сетей определить протяженность линий?

12. Что является главной изоляцией воздушных и кабельных линий?
13. По каким внешним признакам можно определить номинальное напряжение ВЛ?
14. Какие элементы трехфазной ЛЭП учитываются в схеме замещения параметрами одной фазы или с учетом параметров и взаимного влияния трех фаз?
15. В чем отличие схем замещения ЛЭП постоянного и переменного токов.
16. Отличие активного сопротивления стального провода от омического.
17. Причины изменений активных сопротивлений проводов из стали?
18. Какие физические явления определяют отличия индуктивного сопротивления линий с проводами из цветного металла и стали?

Вопросы к рейтинг-контролю 8-го семестра

Блок №1 (1-й рейтинг-контроль)

1. Укажите условия, при которых в силовых кабелях не производят замера сопротивления изоляции.
2. Абсорбция изоляции и её влияние на электрические параметры КЛ.
3. Приведите определение коэффициента абсорбции и пределы его изменения для современных изоляционных материалов.
4. Объясните, как необходимо проводить измерения сопротивления изоляции с повышенной точностью?
5. Перечислите марки и принцип действия приборов, используемых для измерения сопротивления изоляции.
6. Укажите факторы, оказывающие влияние на величину измеряемого сопротивления изоляции.
7. Приведите электрическую схему замещения изоляции.
8. Укажите способы уменьшения погрешности измерения изоляции.
9. Перечислите параметры, с помощью которых можно оценить диэлектрические потери.
10. Приведите эквивалентные схемы замещения, которые используются для изучения диэлектриков с потерями.
11. Назовите процессы, которые вызывают диэлектрические потери в изоляции.
12. Перечислите внешние факторы, которые оказывают влияние на величину диэлектрических потерь.
13. Приведите формулы, используемые для расчёта емкости токоведущей жилы силового кабеля.
14. Укажите диапазон изменения относительной диэлектрической проницаемости диэлектрических материалов, используемых в качестве изоляции силовых кабелей.

15. Приведите схемы измерения тангенса угла диэлектрических потерь на высоком напряжении.

16. Перечислите приборы и оборудование, которые используются для измерения $\operatorname{tg}\delta$ и ёмкости изоляции силового оборудования.

17. Перечислите факторы, оказывающие влияние на погрешность измерения $\operatorname{tg}\delta$ и ёмкости изоляции.

Блок №2 (2-й рейтинг-контроль)

1. Почему линии постоянного тока обладают повышенной пропускной способностью?

2. Перечислите этапы проведения работ по определению места повреждения силового кабеля.

3. Укажите виды повреждения силовых кабелей.

4. Перечислите методы определения места повреждения силового кабеля.

5. Опишите технические характеристики кабельного моста.

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

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

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

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

10. Назовите материалы, применяемые для изоляции в силовых кабелях, и укажите значения их $\operatorname{tg}\delta$ и ёмкости изоляции.

11. В чем отличие схем замещения ВЛ 35 и 110 кВ? Когда в схемах замещения учитываются поперечные элементы?

12. Укажите последовательность, в которой выполняется фазировка кабельных линий.

13. Объясните, как выполняется фазировка кабельных линий с помощью мегаомметра.

14. Перечислите аварийные ситуации, которые могут возникать в электрических сетях вследствие неправильной фазировки.

Блок №3 (3-й рейтинг-контроль)

1. Диэлектрические потери в изоляции кабеля.

2. Зарядная мощность линии электропередачи.

3. Мероприятия по повышению пропускной способности линии электропередачи.

4. Факторы, позволяющие не учитывать зарядную мощность линии электропередачи.

5. Условия выбора сечения фазных проводов линий электропередачи.

6. Целесообразность замены воздушной линии электропередачи на кабельную.

7. Технические потери электроэнергии в линиях электропередачи и пути их уменьшения.
8. Влияние конструктивных параметров ЛЭП на ее пропускную способность по активной мощности.
9. Параллельная работа воздушных и кабельных линий электропередачи.
10. Современная кабельная арматура.
11. Воздушные линии электропередачи с настраиваемыми параметрами.
12. Понятие интеллектуальной электрической сети.
13. Продольная компенсация в воздушных линиях электропередачи.
14. Технические ограничения на выбор сечений токоведущих жил.
15. Техничко-экономические ограничения на выбор сечений токоведущих жил.
16. Потери активной мощности в линейной арматуре линий электропередачи.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

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 сопротивление 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 (емкостной) 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 емкостные 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 6-220 кВ.
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.

6.2. Темы контрольных заданий (расчетно-графических работ):

1. Расчет 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 расчет 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 провода для характерных пролетов линии.
5. Выбор подвесных изоляторов для крепления проводов к промежуточным и анкерным опорам.

Вопросы к самостоятельной работе студентов

- 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 расчета конструктивной части линий.
- Тема 6. Механические нагрузки проводов и тросов.
- 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.
- Тема 12. Монтажные стрелы провеса.
- Тема 13. Основы проектирования и сооружения кабельных линий.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература

1. Грунтович, Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: Учебное пособие / Н.В. Грунтович. - М.: НИЦ ИНФРА-М: Новое знание, 2013. - 271 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-006952-4,
2. Суворин, А. В. Приемники и потребители электрической энергии систем электроснабжения [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. В. Суворин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 354 с. - ISBN 978-5-7638-2973-0
3. Герасименко, А. А. Статистическое моделирование электрических нагрузок в задаче определения интегральных характеристик систем распределения электрической энергии [Электронный ресурс] : монография / А. А. Герасименко, И. В. Шульгин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 208 с. - ISBN 978-5-7638-2931-0
4. Дайнеко, В.А. Эксплуатация электрооборудования и устройств автоматики: Учебное пособие / В.А. Дайнеко, Е.П. Забелло, Е.М. Прищепова - М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2015. - 333 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-010296-2,

б) дополнительная литература

1. Янукович, Г.И. Электроснабжение сельского хозяйства: Практикум / Г.И. Янукович, И.В. Протосовицкий, А.И. Зеленкевич. - М.: НИЦ ИНФРА-

М; Мн.: Нов. знание, 2015. - 516 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (п) ISBN 978-5-16-010297-9,

2. Герасименко, А. А. Оптимальная компенсация реактивной мощности в системах распределения электрической энергии [Электронный ресурс]: монография / А. А. Герасименко, В. Б. Нешатаев. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 218 с. - ISBN 978-5-7638-2630-2.

3. Коровкин, А. В. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине "Воздушные и кабельные линии" / А. В. Коровкин, С. А. Сбитнев ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра электротехники и электроэнергетики. — Владимир: ВлГУ, 2007. — 31 с.: ил. — (Для заочного обучения). — Электронная версия 2006 г. изд.

Издание на др. носителе: Методические указания к курсовому проекту по дисциплине "Воздушные и кабельные линии" [Электронный ресурс] / А. В. Коровкин, С. А. Сбитнев ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра электротехники и электроэнергетики. — Владимир, 2006. — (Для заочного обучения). <http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1005>

4. Колесник, Г. П. Современные технические средства передачи электроэнергии [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям / Г. П. Колесник ; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), Кафедра электротехники и электроэнергетики. — Электронные текстовые данные (1 файл: 968 Кб). — Владимир: ВлГУ, 2015. — 46 с.: табл. — Заглавие с титула экрана. — Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки. — Adobe Acrobat Reader. —

<URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3968/1/00558.pdf>>.

в) интернет-ресурсы

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

8. 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).

Рабочая программа дисциплины «Кабельные и воздушные линии» составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению **13.03.02** «Электроэнергетика и электротехника» (профиль подготовки: «Электроснабжение»).

Рабочую программу составил Колесник Г.П. 

Рецензент: технический директор ООО «Энергетика Технологий»,
Инженер  Хромов Н.С.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электротехники и электроэнергетики

Протокол № 2 от 02.10 2015 г.,

Заведующий кафедрой Сбитнев С.А. 

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

Протокол № 2 от 02.10 2015 г.,

Председатель комиссии Сбитнев С.А. 

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2016/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 05.09.17 года

Заведующий кафедрой Бадамян Н.П.

Рабочая программа одобрена на 2017/18 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 04.09.18 года

Заведующий кафедрой Бадамян Н.П.

Рабочая программа одобрена на 2019/20 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 04.09.19 года

Заведующий кафедрой Бадамян Н.П.

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____