

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Вятский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Начальник управления  
дополнительного образования и  
международной деятельности  
Курагина / Курагина К.А.

«15» октября 2021

пр. №04-04-2021-0461-0729

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения»**

**для дополнительной профессиональной программы –**  
**программы профессиональной переподготовки**

**«Электроэнергетические системы и сети, электрооборудование и**  
**режимы»**

Киров, 2021

Рабочую программу разработал:

А.В. Вильнер, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Электроэнергетические системы»  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет».

© Вятский государственный университет, 2021

© А.В. Вильнер, 2021

# 1. Рабочая учебная программа

## 1.1 Пояснительная записка

### Актуальность изучения дисциплины

Дисциплина «Дальние электропередачи» является одним из основополагающих в подготовке специалистов в области электроэнергетики и формирует у обучающихся знания, умения и навыки в области расчета и анализа режимов протяженных линий электропередачи сверхвысокого напряжения. Для успешного освоения курса студент должен обладать знаниями в области высшей и прикладной математики, физики, теоретических основ электротехники. Концепция курса предполагает широкое использование активных методов обучения: на практических занятиях решаются и анализируются определенные проблемы протяженных линий электропередачи; в ходе выполнения лабораторных работ студенты используют численные методы расчета для анализа режимов дальних линий электропередачи.

**Цель дисциплины** – ознакомление обучающихся с особенностями расчета и анализа режимов работы протяженных линий электропередачи сверхвысокого напряжения переменного и постоянного тока.

#### Задачи дисциплины:

- ознакомление слушателей с основными режимами работы ЛЭП СВН;
- изучение особенностей соотношений параметров ЛЭП и параметров режимов;
- изучение способов повышения пропускной способности ЛЭП СВН.

### Компетенции слушателя, формируемые в результате освоения учебной дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты обучения:

Виды деятельности	Профессиональные компетенции или трудовые функции	Практический опыт	Умения	Знания
ВД-1	К1 – Способность применять знания принципов и технологий электроэнергетической и	Владение навыками использования современных	Умение обоснованно выбирать основные	Знание основных принципов проектирования объектов

	электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности на предприятиях и в организациях.	методов проектирования электрических сетей и повышения их энергоэффективности. Навыками расчета характеристик проектируемого электрооборудования и принятия схемных решений.	параметры и характеристики проектируемой схемы и электрооборудования.	электрических сетей. Основных нормативных документов, регламентирующих вопросы проектирования электрических сетей.
<b>ВД-2</b>	<b>К4 –</b> Способность выполнять анализ режимов электроэнергетических систем, контролировать параметры режимов работы электрооборудования объектов электроэнергетики, определять и обеспечивать эффективные режимы электроэнергетических систем и сетей с учетом требований по надежности электро-снабжения и показателей качества электроэнергии, управлять электроэнергетическими режимами работы электроэнергетических систем и сетей.	Владение навыками метода расчета и снижения потерь электроэнергии. Навыками использования программных средств для расчетов, регулирования и анализа установившихся и переходных режимов электроэнергетических систем и сетей	Умение рассчитывать, регулировать и анализировать установившиеся и переходные режимы электроэнергетических систем и сетей с использованием программных средств.	Знание методов расчета установившихся и переходных режимов электроэнергетических систем и сетей, методов расчета и снижения потерь электроэнергии, принципов регулирования частоты и напряжения в энергосистеме. Средств регулирования режимов электроэнергетических систем и сетей, их назначение и принципы действия.

## 1.2 Содержание учебной дисциплины

### Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Форма обучения	Общий объем (трудоемкость) часов	В том числе аудиторная контактная работа обучающихся с преподавателем, час					Самостоятельная работа, час	Форма промежуточной аттестации
		Всего	Лекции и	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Консультации		
<b>заочная</b>	<b>22</b>	10	4	2	4	-	12	<b>зачет</b>

## Тематический план

№ п/п	Основные разделы и темы учебной дисциплины	Часы			Самостоятельная работа
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Введение. Расчетные схемы замещения линий электропередачи сверхвысоких напряжений	0,5	-	-	2
2.	Передача электрической энергии переменным током	1,5	1	-	3
3.	Анализ режимов работы линий электропередачи	1	1	4	3
4.	Оптимизация режимов электропередачи СВН. Компенсация параметров дальних линий электропередачи. Настройка линии.	0,5	-	-	3
5.	Перспективы развития ЛЭП СВН	0,5	-	-	1
	<b>Итого:</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>12</b>

### Матрица соотнесения тем учебной дисциплины и формируемых в них компетенций

	Разделы/темы учебной дисциплины	Компетенции			
		Количество часов	К-1	К-4	Общее количество компетенций
1	Введение. Расчетные схемы замещения линий электропередачи сверхвысоких напряжений	2,5	+	+	2
2	Передача электрической энергии переменным током	5,5	+	+	2
3	Анализ режимов работы линий электропередачи	9	+	+	2
4	Оптимизация режимов электропередачи СВН. Компенсация параметров дальних электропередач	3,5	+	+	2
5	Перспективы развития ЛЭП СВН	1,5	+	+	2
	<b>Итого</b>	<b>22</b>			

### Краткое содержание учебной дисциплины

#### Тема 1. Введение. Расчетные схемы замещения линий электропередачи сверхвысоких напряжений

Роль электропередач СВН в современной энергетике. Классификация линий электропередачи. Передачи постоянного тока. Назначение линий электропередачи постоянного тока и вставок постоянного тока. Общие вопросы дальних линий электропередачи. Основные проблемы ЛЭП СВН:

технические, экономические, экологические, эстетические. Виды расчетных схем: П-образные, Т-образные, четырехполюсники, область применения, особенности схем замещения.

## **Тема 2. Передача электрической энергии переменным током**

Определение погонных параметров ЛЭП СВН, сопоставительный анализ параметров линий с одним проводом в фазе и с расщепленными проводами. Определение обобщенных постоянных линии электропередачи. Волновой характер процессов в линии электропередачи.

Характерные особенности длинной линии. Анализ схемы замещения элементарного участка длинной линии.

Волновые параметры линии: коэффициент распространения, волновое сопротивление, волновая длина.

Уравнения длинной линии по параметрам начала и параметрам конца линии.

Режим натуральной мощности линии, его особенности. Распределение напряжения вдоль линии при передаче мощности, равной (большей или меньшей) натуральной. Распределение напряжения при принудительном поддержании напряжения по концам линии.

## **Тема 3. Анализ режимов работы линии электропередачи**

Уравнения для мощности начала и конца передачи. Предел передаваемой мощности. Зависимость предела передаваемой мощности от волновой длины линии. Приведение параметров к режиму натуральной мощности. Уравнения, связывающие параметры режима и волновую длину линии, анализ режимов линии электропередачи.

Распределения напряжения вдоль ЛЭП СВН при передаче мощности, равной, больше и меньше натуральной, распределение напряжения вдоль линии электропередачи при ее одностороннем включении.

Особенности линий электропередачи длиной в  $1/4$  длины волны (1500 км). Особенности линий электропередачи в  $1/2$  длины волны (3000 км)

## **Тема 4. Оптимизация режимов линий электропередачи СВН. Компенсация параметров дальних линий электропередачи**

Понятие о пропускной способности линии электропередачи. Основные способы повышения пропускной способности линии электропередачи. Назначение, основные способы компенсации параметров ЛЭП.

Факторы, определяющие место расположения, число, мощность УПК и степень компенсации. Анализ способов установки УПК на параллельных линиях.

«Настройка» ЛЭП, основные способы настройки ЛЭП.

Применение реакторов поперечной компенсации. Назначение, места установки реакторов. Влияние реакторов на повышение напряжения в режиме

одностороннего питания линии. Распределение напряжений и токов вдоль линии с реакторами.

### **Тема 5. Перспективы развития ЛЭП СВН**

Основные принципы устройства и конструктивные особенности линий повышенной пропускной способности. Компактные линии. Линии с нетрадиционными конструкциями фаз. Управляемые линии электропередачи. Линии электропередачи постоянного тока, их особенности, достоинства, недостатки. Схемы линий электропередачи постоянного тока. Перспективы развития линий электропередачи.

## **2. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **2.1. Методические рекомендации для преподавателя**

Выбор методов и средств обучения, образовательных технологий осуществляется преподавателем исходя из необходимости достижения обучающимися планируемых результатов освоения дисциплины, а также с учетом индивидуальных возможностей обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, методических указаний и разработок, указанных в программе, особое внимание уделить целям, задачам, структуре и содержанию дисциплины.

### **2.2. Методические указания для слушателей**

Успешное освоение учебной дисциплины предполагает активное, творческое участие слушателя на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной работы. Слушатель обязан посещать лекции, практические занятия, лабораторные работы, контрольные работы, получать консультации преподавателя и выполнять самостоятельную работу.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Содержание лекций определяется настоящей рабочей программой дисциплины.

Предполагается, что слушатели приходят на лекции, предварительно проработав соответствующий учебный материал по источникам, рекомендуемым программой.

Целью практических занятий является проверка уровня понимания слушателями вопросов, рассмотренных на лекциях и в учебной литературе, степени и качества усвоения материала; применение теоретических знаний в реальной практике решения задач; восполнение пробелов в пройденной теоретической части курса и оказания помощи в его освоении.

Практические занятия в равной мере направлены на совершенствование индивидуальных навыков решения теоретических и прикладных задач, выработку навыков интеллектуальной работы, а также ведения дискуссий.

Основной формой подготовки слушателей к практическим занятиям и лабораторным работам является самостоятельная работа с учебно-методическими материалами, научной литературой, статистическими данными и т.п.



Самостоятельная работа слушателей включает в себя выполнение различного рода заданий (изучение учебной и научной литературы, материалов лекций, систематизацию прочитанного материала, подготовку контрольной работы, решение задач и т.п.), которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению.

Регулярно рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Результатом самостоятельной работы должно стать формирование и закрепление у слушателей определенных знаний, умений, навыков, компетенций.

При проведении промежуточной аттестации слушателя учитываются результаты текущей аттестации в течение периода обучения.

Процедура оценивания результатов освоения учебной дисциплины (модуля) осуществляется на основе действующего Положения об организации текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ВятГУ.

Для приобретения требуемых компетенций, хороших знаний и высокой оценки по дисциплине слушателям необходимо выполнять все виды работ своевременно в течение всего периода обучения.

### **Самостоятельная работа**

Самостоятельная работа слушателей включает изучение материалов лекций, учебников, проработку тем, вынесенных на самостоятельное изучение, выполнение контрольной работы, подготовку к экзамену.

Слушатель изучает материал лекций по конспекту, в котором изложены основные понятия по теме. С помощью методической и учебной литературы слушатель прорабатывает и углубляет знания по теме лекций, практических занятий и лабораторных работ.

### **3. Учебно-методическое обеспечение учебной дисциплины**

#### **Учебная литература (основная)**

1) Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения: учеб. для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Электроэнергетические системы и сети" направления подготовки "Электроэнергетика", для системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации персонала РАО, а также студентам вузов, входящих в состав Открытого энергетического университета / Ю. П. Рыжов. - М.: Изд. дом МЭИ, 2007. - 486, [1] с. : ил.; 22 см. - Библиогр.: с. 477-480

2) Электроэнергетические системы и сети: учеб. пособие / В. Н. Костин. - Санкт-Петербург: Троицкий мост, 2015. - 304 с.: рис., табл.. - (Учебное пособие). - Библиогр.: с. 290

3) Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем : учеб. пособие / А. П. Бурман, Ю. К. Розанов, Ю. Г. Шакарян. - Москва: Изд. дом МЭИ, 2012. - 335 с.. - Библиогр.: с. 334-335

#### **Учебная литература (дополнительная)**

1) Передача и распределение электрической энергии [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов направления 38.04.02 "Менеджмент" профиля "Менеджмент в энергетике" и других профилей в рамках направления 38.04.02, для бакалавров всех профилей направления 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / Г. А. Черепанова, А. В. Вильнер ; ВятГУ, КирПИ, ЭТФ, каф. ЭЭС. - Киров: [б. и.], 2017. - 162 с.

2) Передача и распределение электрической энергии [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 140400 "Электроэнергетика и электротехника" / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. - 4-е изд., стер.. - Москва: КНОРУС, 2014. - 645 с.: ил., табл.. - (Бакалавриат). - Библиогр.: с. 642-645

#### **Учебно-методические издания**

1) Анализ соотношений параметров линий сверхвысокого напряжения и параметров режима [Текст] : лаб. практикум: дисциплина "Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения": специальность 140205, д/о, з/о / ВятГУ, ЭТФ, каф. Э; сост. А. В. Вильнер. - Киров: [б. и.], 2009. - 19 с.

2) Компенсация параметров дальних электропередач [Электронный ресурс]: лаб. практикум: дисциплина "Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения": специальность 140205, д/о, з/о / ВятГУ, ЭТФ, каф. Э; сост. А. В. Вильнер. - Киров : [б. и.], 2010. - х

3) Анализ режимов работы линии электропередачи сверхвысокого напряжения [Электронный ресурс] : лаб. практикум: дисциплина "Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения": специальность 140205, д/о, з/о / ВятГУ, ЭТФ, каф. Э ; сост. А. В. Вильнер. - Киров: [б. и.], 2011. - х

4) Исследование особенностей линий в четверть длины волны и в половину длины волны [Электронный ресурс]: лаб. практикум: дисциплина "Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения": специальность 140205, д/о, з/о / ВятГУ, ЭТФ, каф. Э; сост. А. В. Вильнер. - Киров: [б. и.], 2010. - х

#### **Перечень электронно-библиотечных систем (ресурсов) и баз данных для самостоятельной работы**

Используемые сторонние электронные библиотечные системы (ЭБС):

- ЭБС «Научная электронная библиотека eLIBRARY» (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)
- ЭБС «Издательства Лань» (<http://e.lanbook.com/>)
- ЭБС «Университетская библиотека online» ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru))
- Внутренняя электронно-библиотечная система ВятГУ (<http://lib.vyatsu.ru/>)
- ЭБС «ЮРАЙТ» (<http://biblio-online.ru>)

## Перечень специализированных аудиторий (лабораторий)

Вид занятий	Назначение аудитории
Лекции, практика	Учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием
Самостоятельная работа	Читальные залы библиотеки

## Перечень специализированного оборудования

Перечень используемого оборудования
Мультимедиа проектор
Ноутбук
Экран с электроприводом

## Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по учебной дисциплине

№ п.п.	Наименование ПО	Краткая характеристика назначения ПО	Производитель ПО и/или поставщик ПО
1	Программная система с модулями для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ»	Программный комплекс для проверки текстов на предмет заимствования из Интернет-источников, в коллекции диссертация и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ) и коллекции нормативно-правовой документации LEXPRO	ЗАО "Анти-Плагиат"
2	Microsoft Office 365 Student Advantage	Набор веб-сервисов, предоставляющий доступ к различным программам и услугам на основе платформы Microsoft Office, электронной почте бизнес-класса, функционалу для общения и управления документами	ООО "Рубикон"
3	Office Professional Plus 2013 Russian OLP NL Academic.	Пакет приложений для работы с различными типами документов: текстами, электронными таблицами, базами данных, презентациями	ООО "СофтЛайн" (Москва)
4	Windows 7 Professional and Professional K	Операционная система	ООО "Рубикон"
5	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса	Антивирусное программное обеспечение	ООО «Рубикон»
6	Информационная система КонсультантПлюс	Справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации	ООО «КонсультантКиров»

7	Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»	Справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации	ООО «Гарант-Сервис»
8	Security Essentials (Защитник Windows)	Защита в режиме реального времени от шпионского программного обеспечения, вирусов.	Microsoft

#### **4. Материалы, устанавливающие содержание и порядок проведения промежуточных аттестаций**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета в устной форме (вопросно-ответная форма).

Зачет принимается преподавателями, проводившими учебные занятия по данной учебной дисциплине.

К сдаче зачета допускаются все слушатели, проходящие обучение на данной ДПП, вне зависимости от результатов текущего контроля успеваемости и посещаемости занятий, при этом результаты текущего контроля успеваемости могут быть использованы преподавателем при оценке уровня усвоения обучающимися знаний, приобретения умений, навыков и сформированности компетенций в результате изучения учебной дисциплины.

#### **Вопросы для подготовки к зачету:**

1. Поясните, почему необходимо повышать номинальное напряжение линий электропередачи? Какие преимущества дает повышение номинального напряжения?

2. Поясните, какие проблемы возникают при повышении номинального напряжения ЛЭП СВН?

3. Назовите характерные особенности дальних линий электропередачи переменного тока.

4. Охарактеризуйте основные проблемы ЛЭП СВН.

5. Поясните, какие линии называют длинными линиями.

6. Из каких элементов состоит ячейка схемы замещения ЛЭП СВН? Что отражают эти элементы?

7. Поясните, как рассчитываются волновые параметры линии электропередачи. Приведите соответствующие выражения.

8. Запишите выражения для напряжения и тока в линии электропередачи по параметрам начала линии. Поясните входящие в уравнения параметры.

9. Запишите выражения для напряжения и тока в линии электропередачи по параметрам конца линии. Поясните входящие в уравнения параметры.

10. Запишите выражение для определения предела передаваемой мощности по линии электропередачи, поясните, от каких параметров зависит этот предел.

11. Изобразите зависимости предела передаваемой мощности от длины линии для идеальной линии без потерь. Поясните, какие длины линии электропередачи соответствуют наибольшему пределу передаваемой мощности?

12. Поясните, какой режим работы линии электропередачи называют режимом натуральной мощности? Каковы особенности такого режима?

13. Рассчитайте волновые параметры и натуральную мощность для линии напряжением 500 кВ без потерь с параметрами  $\chi_0 = 0,32$  Ом/км,  $\nu_0 = 3,8$  мкСм/км.

14. Поясните, какие линии называют компенсированными? Каково назначение компенсации? Как выбирается степень продольной емкостной компенсации и место расположения УПК?

15. Охарактеризуйте основные особенности линий в одну четвертую длины волны (1500 км).

16. Охарактеризуйте основные особенности линий в одну вторую длины волны (3000 км).

17. Каково назначение шунтирующих реакторов, устанавливаемых в сетях сверхвысоких напряжений?

18. Изобразите структурную схему линии электропередачи постоянного тока. Поясните назначение ее основных элементов.

19. Перечислите достоинства и недостатки линий электропередачи постоянного тока.

20. Охарактеризуйте принципы устройства линий повышенной пропускной способности.

21. Рассчитайте напряжение и ток в заданной точке линии электропередачи по параметрам режима в конце линии электропередачи.

22. Рассчитайте напряжение и ток в заданной точке линии электропередачи по параметрам режима в начале линии электропередачи.