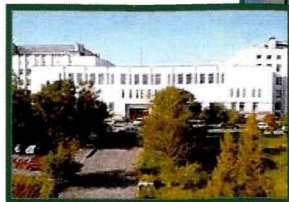
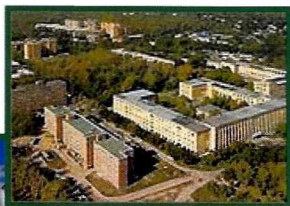


ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

➤ Конспект лекций

Банк тестовых заданий в системе UniTest



ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Учебная программа дисциплины

➤ **Конспект лекций**

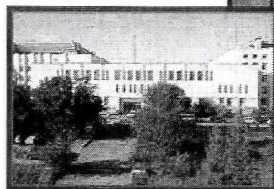
Методические указания по курсовому проектированию

Методические указания по практическим занятиям

Методические указания по лабораторным работам

Методические указания по самостоятельной работе

Банк тестовых заданий в системе UniTest



УДК 621.311.16

ББК 31.2

Г37

Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети» подготовлен в рамках инновационной образовательной программы «Создание группового проектного обучения студентов СФУ как одного из основных элементов инновационной образовательной программы в рамках приоритетного образовательного проекта «Образование» на базе учебно-научно-производственного комплекса», реализованной в ФГОУ ВПО СФУ в 2007 г.

Рецензенты:

Красноярский краевой фонд науки;

Экспертная комиссия СФУ по подготовке учебно-методических комплексов дисциплин

Герасименко, А. А.

Г37 Электроэнергетические системы и сети. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : конспект лекций / А. А. Герасименко, Е. С. Кинев, Т. М. Чупак. – Электрон. дан. (7 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – (Электроэнергетические системы и сети : УМКД № 261-2007 / рук. творч. коллектива Е. С. Кинев). – 1 электрон. опт. диск (DVD). – Систем. требования : Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц; 512 Мб оперативной памяти; 7 Мб свободного дискового пространства; привод DVD; операционная система Microsoft Windows 2000 SP 4 / XP SP 2 / Vista (32 бит); Adobe Reader 7.0 (или аналогичный продукт для чтения файлов формата pdf).

ISBN 978-5-7638-1277-0 (комплекса)

Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320802542 от 02.12.2008 г. (комплекса)

Настоящее издание является частью электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети», включающего учебную программу, методические указания по курсовому проектированию, методические указания по практическим занятиям, методические указания к лабораторным работам, методические указания по самостоятельной работе, контрольно-измерительные материалы «Электроэнергетические системы и сети. Банк тестовых заданий», наглядное пособие «Электроэнергетические системы и сети. Презентационные материалы».

Рассмотрены общая характеристика систем передачи и распределения электрической энергии, расчет и анализ установившихся режимов электрических сетей, основы построения схем систем передачи и распределения электрической энергии. Приведены иллюстрации, схемы, контрольные вопросы для самопроверки.

Предназначен для студентов направления подготовки бакалавров 140200.62 «Электроэнергетика и электротехника» укрупненной группы 140000 «Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника».

© Сибирский федеральный университет, 2008

Рекомендовано к изданию

Инновационно-методическим управлением СФУ



Редактор Н. А. Варфоломеева

Содержимое ресурса охраняется законом об авторском праве. Несанкционированное копирование и использование данного продукта запрещается. Встречающиеся названия программного обеспечения, изделий, устройств или систем могут являться зарегистрированными товарными знаками тех или иных фирм.

Подп. к использованию 01.09.2008

Объем 7 Мб

Красноярск: СФУ, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

Оглавление

Предисловие	7
Лекция 1. Общая характеристика систем передачи и распределения электрической энергии. Моделирование элементов электрических систем.....	9
1.1. Основные понятия, термины, определения	9
1.2. Характеристика системы передачи электрической энергии.....	12
1.3. Характеристика систем распределения электрической энергии	13
1.4. Система передачи и распределения электрической энергии.....	18
Вопросы для самопроверки.....	20
Лекция 2. Напряжения элементов электрической сети. Режимы нейтралей электрических сетей	21
2.1. Номинальные напряжения элементов электрических сетей.....	21
2.2. Режимы нейтралей электрических сетей.....	23
2.2.1. Режим нейтралей сетей до 1000 В с глухозаземленной нейтралью.....	24
2.2.2. Низковольтные сети с изолированной нейтралью.....	25
2.2.3. Высоковольтные сети с изолированной нейтралью	27
2.2.4. Высоковольтные сети с компенсированной нейтралью	29
2.2.5. Высоковольтные сети с глухозаземленной нейтралью	30
Вопросы для самопроверки.....	32
Лекция 3. Принципы конструктивного исполнения линий электропередач.....	34
3.1. Воздушные линии электропередачи	34
3.2. Кабельные линии электропередачи	45
Вопросы для самопроверки.....	50
Лекция 4. Характеристика и расчёт параметров схем замещения воздушных и кабельных линий	52
4.1. Активное сопротивление	53
4.2. Индуктивное сопротивление.....	54
4.3. Ёмкостная проводимость	57
4.4. Активная проводимость.....	60
4.5. Воздушные ЛЭП с расщеплёнными фазами.....	61
4.6. Схемы замещения линий электропередач	63
4.7. ЛЭП со стальными проводами	66

Вопросы для самопроверки.....	69
Лекция 5. Параметры и схемы замещения	
двухобмоточных трансформаторов	72
5.1. Двухобмоточные трансформаторы.....	74
5.2. Опыт короткого замыкания	79
5.3. Опыт холостого хода	81
Вопросы для самопроверки.....	83
Лекция 6. Трёхобмоточные трансформаторы...	85
6.1. Автотрансформаторы	89
Лекция 7. Моделирование трансформаторов с	
расщеплёнными обмотками и компенсирующих	
устройств.....	97
7.1. Двухобмоточные трансформаторы с расщеплёнными обмотками	97
7.2. Представление компенсирующих устройств. Виды и назначения	
устройств.....	102
7.3. Конденсаторная батарея	104
7.4. Установки продольной ёмкостной компенсации	106
7.5. Синхронный компенсатор.....	108
7.6. Статические тиристорные компенсаторы.....	110
Вопросы для самопроверки.....	112
Лекция 8. Электрические нагрузки и задачи	
расчётов установившихся режимов.....	114
8.1. Представление электрических нагрузок в схемах замещения	
электрических сетей.....	114
8.2. Задачи расчёта и анализа установившихся режимов электрической	
сети	118
Вопросы для самопроверки.....	122
Лекция 9. Анализ режима участка	
электрической сети	123
Вопросы для самопроверки.....	134
Лекция 10. Расчёт установившихся режимов	
разомкнутых электрических сетей	136
10.1. Расчет по данным, характеризующим начало участка	137
10.2. Расчет режима по данным, характеризующим конец участка.....	140
10.3. Расчет по заданной мощности конца участка и напряжению начала	144
10.4. Расчет по заданной мощности начала и напряжению конца	146
Вопросы для самопроверки.....	148

Лекция 11. Расчет режима линии

электропередачи	150
11.1. Расчет по данным в начале ЛЭП	150
11.2. Расчет по данным в конце ЛЭП	153
11.3. Расчет режима ЛЭП при известном напряжении в начале участка и мощности нагрузки	156
11.4. Анализ режима холостого хода линии электропередачи	159
11.5. Расчет установившегося режима разомкнутой электрической сети	162
11.5.1. Расчет по данным в конце сети	163
11.5.2. Расчет по данным в начале сети	168
Вопросы для самопроверки	172

Лекция 12. Расчёт установившихся режимов

простых замкнутых электрических сетей	174
12.1. Расчётные нагрузки и схемы электрических сетей	175
12.2. Анализ электрического режима простейшей замкнутой электрической сети	178
12.3. Расчёт потокораспределения	180
12.4. Расчет электрического режима сети с двусторонним питанием	180
12.4.1. Правило моментов для токов	181
12.4.2. Правило моментов для мощностей	184
Вопросы для самопроверки	185

Лекция 13. Методы расчёта и анализа потерь

электрической энергии	187
13.1. Метод характерных суточных режимов	191
13.2. Метод средних нагрузок	192
13.3. Метод среднеквадратичных параметров режима	194
13.4. Метод времени наибольших потерь	196
Вопросы для самопроверки	198

Лекция 14. Основы построения схем систем передачи и распределения электрической

энергии	199
14.1. Требования к схемам электрических сетей	199
14.2. Способы присоединения подстанций к электрической сети	203
14.3. Типовые схемы распределительных устройств	205
Вопросы для самопроверки	211

Лекция 15. Общая постановка и характеристика задачи технико-экономических расчётов

15.1. Капитальные затраты	212
15.2. Ежегодные издержки	213

15.3. Чистый дисконтированный доход.....	217
15.4. Срок окупаемости капитальных затрат.....	218
15.5. Критерий сравнительной технико-экономической эффективности	218
15.6. Выбор сечения проводов и жил кабелей	222
15.7. Выбор сечений проводов по допустимой потере напряжения.....	225
15.8. Учёт технических ограничений при выборе проводов воздушных линий и жил кабелей.....	229
15.8.1. Коронирование проводов воздушных линий.....	229
15.8.2. Механическая прочность проводов воздушных линий.....	229
15.8.3. Термическая стойкость.....	230
Вопросы для самопроверки.....	230
Лекция 16. Показатели и нормы качества электроэнергии. Баланс активной и реактивной мощности и уровень частоты и напряжения в электроэнергетической системе	233
16.1. Нормы основных показателей качества электроэнергии	233
16.2. Влияние частоты на работу оборудования.....	239
16.3. Первичное регулирование частоты.....	242
16.4. Вторичное регулирование частоты.....	246
16.5. Выбор станций для регулирования частоты.....	248
16.6. Регулирование частоты в послеаварийных режимах	249
Вопросы для самопроверки.....	252
Лекция 17. Основы регулирования режимов систем передачи и распределения электрической энергии.....	254
17.1. Задачи регулирования режимов.....	254
17.2. Регулирование напряжения с помощью трансформаторов с устройствами регулирования под нагрузкой.....	255
17.3. Выбор режимов регулирования напряжения в распределительных электрических сетях.....	267
17.4. Регулирование напряжения изменением потоков реактивной мощности.....	272
Вопросы для самопроверки.....	277
Библиографический список.....	279

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Электроэнергетические системы и сети» является основной, специальной, призванной формировать профессиональную подготовку инженеров – электроэнергетиков направления 140200 «Электроэнергетика» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования.

Данный конспект лекций по дисциплине «электроэнергетические системы и сети» (учебное пособие) предназначен для студентов электроэнергетических и электротехнических специальностей вузов. В качестве основного оно может быть использовано студентами, которые специализируются по электроэнергетическим системам, электрическим сетям, электрическим станциям, системам электроснабжения, а как вспомогательное – студентами смежных инженерных специальностей, экономических и педагогических специальностей энергетического профиля. Конспект лекций может быть использован инженерами, бакалаврами, магистрантами, занимающимися эксплуатацией, проектированием, исследованием систем передачи и распределения электрической энергии.

При подготовке конспекта лекций авторы использовали свой многолетний опыт постановки и преподавания дисциплин данного направления в вузе, свои ранее опубликованные работы, результаты, полученные в диссертационных работах аспирантов, выполненных под их руководством.

Материал лекций содержит теорию электроэнергетических сетей и систем передачи и распределения электроэнергии, контрольные вопросы для самопроверки. Данные вопросы могут быть также применены для подготовки системы тестов, используемых при диагностике компетенций студентов по всему материалу дисциплины. Список литературы содержит основные учебники и учебные пособия, изданные ранее по данному направлению, справочники, монографические и периодические источники, которые могут быть использованы для углубленного изучения дисциплины.

Материал данного учебного пособия соответствует требованиям, предъявляемым к дисциплине «Электроэнергетические системы и сети», которые предусмотрены Государственным образовательным стандартом Российской Федерации.

Конспект лекций состоит из 17 лекций, снабженных многочисленными иллюстрациями, схемами и обширным списком контрольных вопросов для самопроверки.

В лекциях с 1 по 8 рассматривается общая характеристика передачи и распределения электрической энергии. Основные понятия, термины, определения, напряжения элементов электрической сети, принципы конструктивного исполнения линии электропередачи, характеристика и расчет параметров схем замещения воздушных и кабельных линий, примеры и схемы замещения двухобмоточных трансформаторов, трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов, двухобмоточные трансформаторы с расщепленными

обмотками низшего напряжения, представление компенсирующих устройств, представление электрических нагрузок в схемах замещения ЭС.

В лекциях с 9 по 13 рассматривается расчет и анализ установившихся режимов электрических сетей, задачи расчета и анализа установившихся режимов электрических сетей, анализ режима участка электрической сети, расчет и анализ установившихся режимов разомкнутых и простых замкнутых электрических сетей, математические модели, методы расчета и анализа потерь электрической энергии, потребление и потери электроэнергии в электрических сетях.

В лекциях с 14 по 17 рассмотрены основы построения схем систем передачи и распределения электрической энергии, требования к схемам электрических сетей, общая постановка и характеристика задачи техникоэкономических расчетов, выбор сечения проводов и жил кабелей, показатели и нормы качества электроэнергии, баланс активной и реактивной мощности и уровень частоты и напряжения в электроэнергетической системе, основы регулирования режимов систем передачи и распределения электрической энергии, качество электроэнергии и его обеспечения.

Авторы надеются, что изложенный материал будет полезен студентам при изучении данного курса и подготовке к зачетам и экзаменам.

ЛЕКЦИЯ 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

План

1. Основные понятия и определения.
2. Характеристика системы передачи электрической энергии.
3. Характеристика системы распределения электрической энергии.
4. Типы конфигураций сети.
5. Пример взаимосвязи систем передачи и распределения электрической энергии.

1.1. Основные понятия, термины, определения

Производство электрической энергии концентрируется преимущественно на крупных электростанциях, работающих совместно (параллельно). Центры потребления электрической энергии (промышленные предприятия, города, сельские районы и т. п.) удалены от её источников на десятки, сотни и тысячи километров и распределены на значительной территории.

Для характеристики системы передачи и распределения электрической энергии (ЭЭ) и всей структуры «генерация – передача – потребление» введём некоторые понятия, термины и определения.

Электроустановка – совокупность аппаратов, машин, оборудования и сооружений, предназначенных для производства, преобразования, передачи, распределения или потребления ЭЭ. Электроустановки (ЭУ) разделяют по величине напряжения до 1000 В (низковольтные ЭУ) и выше 1000 В (высоковольтные ЭУ).

Электростанция – электроустановка, служащая для производства (генерации) электрической энергии в результате преобразования энергии, заключённой в природных энергоносителях (уголь, газ, вода и др.) при помощи turbo- и гидротурбин.

Подстанция – электроустановка, предназначенная для приёма, преобразования (трансформации) и распределения электроэнергии, состоящая из трансформаторов (автотрансформаторов) и других преобразователей ЭЭ, распределительных и вспомогательных устройств. В зависимости от назначения подстанции выполняются трансформаторными или преобразовательными – выпрямительными, двигатель-генераторными и др. Подстанция может быть повышающей (повысительной), если преобразование величины напряжения переменного тока осуществляется с низшего напряжения на высшее (подстанции электростанций), и понижающей (понижительной) – в случае трансформации высшего напряжения на низшее (подстанции предприятий, городов и др.).

Центр, источник электропитания – источник ЭЭ, на сборных шинах (зажимах) которого осуществляется автоматическое регулирование режима напряжения. Наряду с электростанциями это шины подстанции с трансформаторами, оснащёнными регуляторами напряжения под нагрузкой (РПН), регулируемые источниками реактивной мощности, линейными регуляторами и др.

Распределительное устройство (РУ) – электроустановка, входящая в состав любой подстанции; предназначена для приёма и распределения электроэнергии на одном напряжении (до 1000 В и более). РУ содержат коммутационные аппараты, устройства управления, защиты, измерения и вспомогательные сооружения.

Наряду с подстанциями электрическая энергия может распределяться на *распределительных пунктах* – устройствах, предназначенных для приёма и распределения ЭЭ на одном напряжении (без трансформации) и не входящих в состав подстанции.

Линия электропередачи (ЛЭП) – электроустановка, предназначенная для передачи электрической энергии на расстояние с возможным промежуточным отбором. Линии выполняют воздушными, кабельными, а также в виде токопроводов на промышленных предприятиях и электростанциях и внутренних проводок в зданиях и сооружениях.

Потребитель ЭЭ, электроприёмник (ЭП) – аппарат, агрегат, механизм (электродвигатель, преобразователь, светильник и др.), потребляющий или преобразующий ЭЭ в другие виды энергии. С позиции структурной иерархии системы передачи и распределения ЭЭ к потребителям может быть отнесена совокупность электрических нагрузок (ЭН) (дом, посёлок, завод и т. д.), получающих электропитание с шин подстанций того или иного напряжения. В ряде случаев в качестве потребителей рассматривают подстанции, от которых осуществляется электроснабжение жилого района, промышленного предприятия и др. объектов.

Элементами системы передачи и распределения ЭЭ являются: линии электропередачи различных конструкций и напряжений (W), устройства продольной и поперечной компенсации (КУ) параметров ЛЭП (установки продольной компенсации и шунтирующие реакторы); трансформаторные подстанции (силовые трансформаторы (Т) и автотрансформаторы, выключатели, разъединители, контрольно-измерительные приборы и т. п.); источники реактивной мощности (ИРМ) (конденсаторные батареи, синхронные и статические тиристорные компенсаторы); устройства защиты и автоматики, т. е. автоматические регуляторы (АР), устройства релейной защиты (РЗ) и противоаварийной автоматики (ПА), средства диспетчерского и технологического управления (СДТУ).

Электропередача – это линия с повышающей и понижающей подстанциями, служащая для транзитной передачи электроэнергии от станции к концентрированному потребителю, получающему электроэнергию от шин низшего напряжения понижающей подстанции.

Электрическая сеть – объединение преобразующих подстанций, распределительных устройств, переключательных пунктов и соединяющих их линий электропередачи, предназначенных для передачи ЭЭ от электростанции к местам потребления и распределения её между потребителями. Электрическая сеть эквивалентна развитой высоковольтной сети электропередач. Отдельная электропередача в узком смысле представляет собой электрическую сеть. Развитая электрическая сеть, как по составу электроустановок, так и по функциональному назначению, образует систему передачи и распределения электроэнергетики.

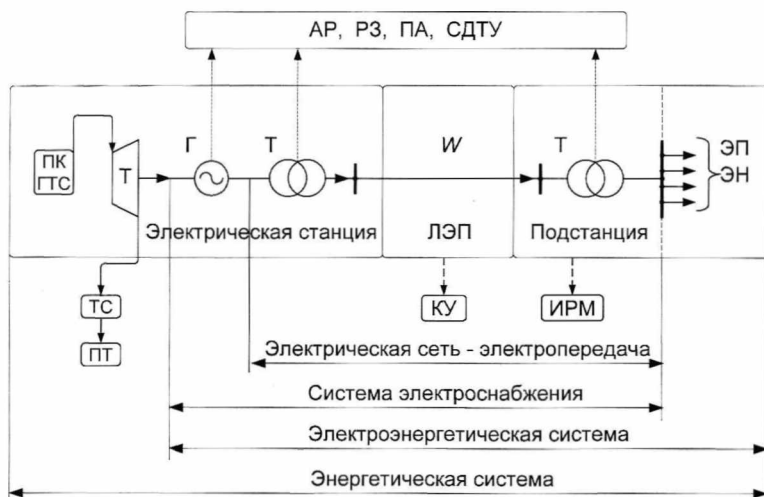


Рис. 1.1. Взаимосвязь объектов, обеспечивающих производство, передачу, распределение и потребление электрической и тепловой энергии

В современных условиях отдельные электропередачи и в целом системы передачи распределения электроэнергии не работают изолированно; они связывают (объединяют) большинство электрических станций в электроэнергетическую систему для совместной (параллельной) работы на общую электрическую нагрузку и централизованного снабжения электроэнергией всех потребителей.

Электроэнергетическая (электрическая) система (ЭЭС) – совокупность электрической части электростанций, электрических сетей (сетей электропередач) и потребителей электроэнергии (электроприёмников), а также устройств управления, регулирования и защиты, объединённых общностью режима и непрерывностью (одновременностью) процессов производства, передачи и потребления электрической энергии.

Энергетическая система (энергосистема) – объединение электростанций, электрических и тепловых сетей (ТС) и ряда установок и устройств для

производства, передачи, распределения и потребления электрической и тепловой энергии. Установки и устройства: источники энергии – паровые котлы (ПК) или гидротехнические сооружения (ГТС), турбины (Т), генераторы (Г); нагрузки – потребители электрические (ЭН) и тепловые (ПТ) и др.

Более широким, чем электрическая сеть, является понятие «система электроснабжения». Она объединяет все электроустановки, предназначенные для обеспечения потребителей электрической энергией. Из рис. 1.1 ясно, что система электроснабжения эквивалентна (с учетом ЭП) электрической части энергетической системы – электроэнергетической системе.

Электрическая сеть или эквивалентная ей система передачи и распределения электрической энергии, являющаяся частью электроэнергетической системы, должна удовлетворять ряду требований: обеспечивать надёжное, а в отдельных случаях бесперебойное электроснабжение, устойчивость работы, питать потребители электроэнергией нормированного качества, удовлетворять условиям экономичности сооружения, эксплуатации и развития (расширения), безопасности и удобства эксплуатации, учитывать возможность выполнения релейной защиты, режимной и противоаварийной автоматики.

1.2. Характеристика системы передачи электрической энергии

Основу системы передачи электрической энергии от электрических станций, её производящих, до крупных районов электропотребления или распределительных узлов ЭЭС составляют развитые сети электропередач или отдельные электропередачи внутрисистемного и межсистемного значения (системообразующие сети) и питающие сети напряжением 220 кВ и выше. Их появление вызвано необходимостью размещения крупных ТЭС и АЭС за пределами жилых зон, а также возможностью выработки части ЭЭ гидроэлектростанциями, расположенными на относительно удалённом расстоянии от городов. Внутрисистемные и межсистемные магистральные линии электропередач, включая дальние (протяжённые) ЛЭП, объединяющие на совместную (параллельную) работу электростанции и наиболее крупные подстанции (районы электропотребления), составляют системообразующую сеть. Назначение такой сети – формирование ЭЭС и одновременно выполнять функции передачи, транзита электрической энергии.

Одним из основных требований, предъявляемых к таким передающим и связующим сетям, является обеспечение надёжности и устойчивости их работы, т. е. обеспечение работоспособности во всех возможных состояниях (режимах) – нормальных, ремонтных, аварийных и послеаварийных. Решение этой задачи в значительной мере возлагается на большой комплекс автоматических устройств: управления, релейной защиты, режимной и противоаварийной автоматики. Совокупность магистральных и системообразующих (передающих) электрических сетей и устройств автоматического регулирования образует систему передачи электрической энергии.

Системообразующая сеть, являющаяся основной сетью энергосистем, предназначена для передачи больших потоков мощности (от сотен МВт до нескольких ГВт) отдалённым потребителям (расстояние до 1000 км и более)

и выполняется в основном магистральными линиями электропередачи на переменном токе. Межсистемные линии электропередачи сооружают обычно на напряжение более высокое, чем напряжение внутрисистемных линий соединяемых систем, и включают трансформаторные подстанции по концам. Межсистемные передачи ЭЭ переменным током осуществляются преимущественно на напряжении 500 и 750 кВ. Напряжение 500 кВ используется для системообразующих сетей в энергосистемах со шкалой номинальных напряжений сетей 110–220–500–1150 кВ и напряжение 750 кВ в ОЭС со шкалой 150–330–750 кВ, в которой в качестве следующей ступени возможно напряжение 1800 кВ.

Сети этих напряжений служат для выдачи мощности крупных электростанций, создания межсистемных связей и питания нагрузочных узлов 500/220, 500/110, 330/110(150) кВ и узлов внутрисистемных связей 1150/500, 750/330 кВ. Линии электропередачи 330 кВ, а в некоторых ЭЭС линии 220 кВ, используются для внутрисистемных связей: выдачи мощности и связи крупных электростанций, для питания и объединения центров электроснабжения 330/110(150), 220/110 систем распределения электроэнергии. В мощных концентрированных ЭЭС с развитой сетью 500 кВ сети 220 кВ выполняют, как правило, распределительные функции.

Номинальное напряжение линий электропередачи зависит от передаваемой мощности, количества цепей и расстояния (дальности), на которое передается электроэнергия. Выбор номинальных напряжений выполняют на этапе проектирования систем передачи ЭЭ. В данном случае необходимо отметить, что чем больше передаваемая мощность и протяженность линии, тем выше по техническим и экономическим причинам должно быть номинальное напряжение электропередачи.

Под пропускной способностью электропередачи понимается наибольшая активная мощность трех фаз электропередачи, которую можно передать в длительном установившемся режиме с учетом режимно-технических ограничений.

Обеспечение необходимой пропускной способности электропередачи при удовлетворительных экономических показателях представляет наибольшую техническую трудность. Для обеспечения и повышения пропускной способности системообразующих электропередач по условию устойчивости параллельной работы генераторов станций применяются ряд мероприятий и устройств.

1.3. Характеристика систем распределения электрической энергии

Назначение распределительных сетей – доставка электроэнергии непосредственно потребителям напряжением 6–10 кВ, распределение электроэнергии между подстанциями 6–110/0,38–35 кВ района электропотребления, сбор мощности, производимой небольшими станциями (теплофикационными и гидравлическими), мощности которых составляют десятки, иногда сотни мегаватт.