Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой энергетики
_____ Ю.В.Мясоедов
«____»_____2012 г.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА. ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальностей

140203.65 – «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»
140204.65 – «Электрические станции»
140205.65 – «Электроэнергетические системы и сети»
140211.65 – «Электроснабжение»

Составитель: А.Г. Ротачева

Благовещенск

2012 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
1 Рабочая программа дисциплины 4
2 Краткий конспект лекций 33
3 Методические рекомендации по проведению практических занятий 69
4 Самостоятельная работа студентов 70
4.1 Методические указания по проведению самостоятельной работе студентов 70
4.2 Методические указания по выполнению домашнего задания 71
4.3 Комплекты домашних заданий 71
5 Программные продукты, реально используемые в практической деятельности выпускника 72
6 Материалы по контролю качества образования 72
6.1 Методические указания по организации контроля знаний 72
6.2 Фонд заданий для проведения блиц-опроса 73
6.3 Итоговый контроль 74
7 Карта обеспеченности дисциплины профессорско-преподавательского состава 75
8 Список использованных источников 75
Заключение 76

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Электроэнергетика. Производство электроэнергии» является одним из важнейших. Его влияние на студента-первокурсника мало знающего о своей профессии очень велико. Дисциплина «Электроэнергетика. Производство электроэнергии» занимает важное место в учебном процессе. В этом общеэнергетическом курсе студент получает знания по дисциплинам включающие вопросы целей, задач, структур электрооборудования электрических станций и подстанций, основные нормативно-технические принципы и построения электрических схем станций и подстанций, производство электроэнергии; современные и перспективные источники электроэнергии.

В данном учебно-методическом комплексе отражены следующие вопросы: соответствие дисциплины «Электроэнергетика. Производство электроэнергии» стандарту; показана рабочая программа дисциплины; подробно описан график самостоятельной учебной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля; расписаны методические указания по проведению самостоятельной работы студентов; предложен краткий конспект лекций по данному курсу; методические рекомендации по выполнению домашних занятий; показан перечень программных продуктов, реально используемых в практике деятельности студентов; методические указания по применению современных информационных технологий для преподавания учебной дисциплины; методические указания профессорско-преподавательскому составу по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний студентов; комплекты заданий для домашних заданий; фонд тестовых заданий для оценки качества знаний по дисциплине; контрольные вопросы к зачету; карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава.

По данной дисциплине не предусмотрены практические занятия и контрольные работы.

1 Рабочая программа дисциплины

1.1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Электроэнергетика» являются формирование систематизированных знаний об основных закономерностях и принципах построения электрических сетей, производства электроэнергии, видов и типов электростанций, схем электрических станций и подстанций, конструктивных особенностях линий электропередачи, методах расчета установившихся режимов электрических сетей, условиях выполнения балансов мощностей в электроэнергетической системе, особенностей систем электроснабжения различных объектов, общих сведений о релейной защите и автоматизации, изоляции и перенапряжениях, приобретение студентами навыков анализа и составления схем электрических сетей, станций и подстанций, систем электроснабжения, расчета установившихся режимов, развитие культуры экономически целесообразного выбора проектируемого варианта схемы электроснабжения и электрооборудования.

Задачи дисциплины:

- Изучение основ электроэнергетических систем (ЭЭС), производства электроэнергии, электрических сетей, электрических станций и подстанций, расчета параметров режима, конструктивного исполнения линий электропередачи, основ релейной защиты и автоматики.
- Освоение методов расчета установившихся режимов сетей разных классов номинального напряжения, методики выбора ответвлений РПН силовых трансформаторов, автотрансформаторов и линейных регуляторов.
- Формирование навыков по расчету и анализу установившихся режимов электрических сетей, по обеспечению желаемого напряжения в сети, условий выполнения балансов активной и реактивной мощностей в ЭЭС, по проектированию и эксплуатации систем электроснабжения.
- Изучение научных основ построения систем электроснабжения, технологий анализа и синтеза схем электроснабжения напряжением до и выше 1 кВ, принципов и методов разработки и реализации оптимальных технических решений при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения.
- Освоение методик формирования величины расчетной нагрузки на различных уровнях системы электроснабжения, технико-экономических моделей, используемых при выборе типа и параметров электротехнического оборудования, методических подходов к решению проблемы компенсации реактивной мощности в современных условиях.
- Изучение изоляции линий электропередачи, электрооборудования станций и подстанций, экологических аспектов электроустановок высокого напряжения.
- Формирование навыков эксплуатации изоляции электроустановок.

1.2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина «Электроэнергетика» входит в цикл общепрофессиональных дисциплин (ОПД.Ф.08) и относится к дисциплинам, формирующим общепрофессиональные знания и навыки, необходимые при изучении дисциплин циклов СД и ДС, при выполнении дипломного проекта.

Она включает следующие разделы:

Производство электроэнергии;

Передача и распределение электроэнергии;

Электроснабжение;

Изоляция.

Требования к обязательному минимуму содержания ООП по направлению подготовки дипломированного специалиста «Электроэнергетика». Федеральный компонент ОПД.Ф.08 Электроэнергетика:

производство электроэнергии: современные и перспективные источники электроэнергии; электрические схемы, электрооборудование электростанций, собственные нужды и их схемы; распределительные устройства, их схемы; заземление электрических сетей; системы измерения, контроля, сигнализации и управления напряжением и частотой; резерв мощности; автоматизация процесса производства электроэнергии на электростанциях; ремонт оборудования;

передача и распределение электроэнергии: общие сведения об электроэнергетических системах; линии электропередачи переменного и постоянного тока; понижающие и преобразовательные подстанции; характеристика оборудования линий и подстанций; типы конфигураций электрических сетей; электрические нагрузки узлов электрических сетей; схемы замещения линий, трансформаторов и автотрансформаторов; расчет режимов линий электропередачи и электрических сетей в нормальных и послеаварийных режимах; балансы активной и реактивной мощности в энергосистеме, качество электроэнергии; регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе;

электроснабжение: особенности систем электроснабжения городов, промышленных предприятий, объектов сельского хозяйства и транспортных систем; типы электроприемников, режимы их работы; методы расчета электрических нагрузок; методы достижения заданного уровня надежности оборудования, систем электроснабжения; условия выбора параметров основного оборудования в системах электроснабжения различного назначения; режимы нейтрали; типы энергоустановок, экономика электроснабжения; накопители энергии; ресурсосберегающие технологии. Нормативные показатели качества электроэнергии: технические, социально-экономические и экологические требования, предъявляемые к системам электроснабжения;

релейная защита и автоматизация: типы автоматических устройств релейной защиты и их функции; повреждения и ненормальные режимы; защита синхронных генераторов, трансформаторов и блоков генератор-трансформатор, защита сборных шин станций и подстанций; автоматическое включение резервного питания; автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу; автоматическое регулирование напряжения и реактивной мощности, частоты и активной мощности; противоаварийная автоматика, автоматический контроль и телемеханика в энергосистемах;

изоляция и перенапряжения: виды электрической изоляции оборудования высокого напряжения; изоляция воздушных линий электропередачи; молниезащита воздушных линий; изоляция электрооборудования станций и подстанций, закрытых и открытых распределительных устройств; элегазовая изоляция; молниезащита оборудования станций и подстанций; защита изоляции электрооборудования от внутренних перенапряжений; экологические аспекты электроустановок высокого напряжения.

Дисциплина базируется на курсах цикла общих математических и общенаучных дисциплин (ЕН) «Математика» и «Физика», читаемых в 1 – 4 семестрах, курсе «Теоретические основы электротехники», входящем в цикл общепрофессиональных дисциплин (ОПД) и читаемом в 3 – 4 семестрах.

Студенты, обучающиеся по данной дисциплине, должны знать и владеть следующими материалами:

Математика – решение систем алгебраических уравнений, дифференциальные и интегральные исчисления, графы, теория функций комплексного переменного, теория вероятностей и математическая статистика, математическая логика;

Физика – электричество и магнетизм, явления сверхпроводимости, полупроводники, принципы неопределенности;

Теоретические основы электротехники – уравнения электромагнитного поля, законы электрических цепей; трехфазные цепи; теория электромагнитного поля, поверхностный эффект и эффект близости; электромагнитное экранирование.

Материаловедение. Электроматериаловедение – пробой газов, жидких и твердых диэлектриков; жидкие диэлектрики, полимеры, электроизоляционные материалы.

1.3. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

общие сведения об электроэнергетических системах;

современные и перспективные источники электроэнергии;

типы электростанций и особенности их технологического режима;

электрические схемы станций и подстанций;

электрооборудование электростанций;

основы заземления электрических сетей;

резерв мощности;

основы передачи и распределения электроэнергии;

линии электропередачи переменного и постоянного тока;

конфигурацию электрических сетей и способы присоединений подстанций;

конструкцию линий электропередачи;

схемы замещения линий и трансформаторов, автотрансформаторов;

методы расчета установившихся режимов электрических сетей;

балансы активной мощности и ее связь с частотой;

балансы реактивной мощности и ее связь с напряжением.

особенности систем электроснабжения предприятий, городов, объектов сельского хозяйства;

теоретические основы проектирования систем электроснабжения;

технические параметры систем электроснабжения;

методы расчета электрических нагрузок;

конструкцию, конфигурацию и исполнение электрических систем электроснабжения;

принципы построения систем электроснабжения;

типы оборудования, применяемого в электроснабжении, методы их выбора;

условия выбора параметров систем электроснабжения, схемы электроснабжения;

режимы работы и технико-экономические характеристики систем электроснабжения, режимы нейтрали;

нормирование качества электроэнергии, требования по качеству электроэнергии, предъявляемые к системам электроснабжения;

типы устройств релейной защиты и их функции;

исполнение защиты генераторов, трансформаторов, сборных шин станций и подстанций, виды системной и противоаварийной автоматики;

виды электрической изоляции оборудования высокого напряжения электрических станций и подстанций, воздушных и кабельных линий электропередачи;

условия работы изоляции при длительном воздействии рабочего напряжения;

молниезащиту воздушных линий, оборудования станций и подстанций.

2) Уметь:

выбирать источники электроэнергии, применять типовые схемы распределительных устройств;

использовать принципы технологического процесса производства электроэнергии на различных типах электростанций, включая нетрадиционные источники энергии;

разрабатывать и анализировать электрические схемы станций и подстанций;

выбирать оборудование собственных нужд электростанций и их схемы;

классифицировать электрические сети;

составлять схемы замещения и определять их параметры для разомкнутых и простых замкнутых сетей различной конфигурации;

рассчитывать основные характеристики линий электропередачи;

рассчитывать нормальные и послеаварийные установившиеся режимы сетей различных конфигураций нескольких уровней номинального напряжения;

выбирать номера ответвлений РПН и ПБВ силовых трансформаторов и автотрансформаторов, линейных регуляторов;

составлять и обеспечивать балансы активной и реактивной мощностей в ЭЭС;

анализировать рабочие режимы электроэнергетической системы;

классифицировать электроприемники;

рассчитывать электрические нагрузки;

разрабатывать схемы внешнего и внутреннего электроснабжения;

выбирать параметры основного оборудования в системах электроснабжения;

выбирать режимы нейтрали;

осуществлять компенсацию емкостных токов замыкания на землю;

выбирать типы электроустановок;

самостоятельно разрабатывать эффективные проектные решения в области электроэнергетики;

применять ресурсосберегающие технологии;

определять показатели качества электроэнергии в системах электроснабжения;

выбирать релейную защиту, исходя из повреждения или анормального режима электроустановки или электроэнергетической системы;

выбирать средства автоматики и автоматизации;

анализировать условия работы изоляции электроустановок и линий электропередач различных классов напряжения;

анализировать и определять характеристики физических процессов, протекающих во внешней и внутренней изоляции под воздействием высоких напряжений, оценивать их влияние на надежность электропередачи и электроустановок;

выбирать изоляцию;

эксплуатировать внешнюю и внутреннюю изоляцию линий электропередачи и электроустановок при любых условиях работы энергосистемы;

защищать изоляцию электрооборудования от внутренних перенапряжений.

3) Владеть навыками:

построения и анализа схем электростанций и подстанций;

составления электрических схем основных типов электроустановок и расчетов их базовых энергетических показателей;

выбора простейших схем электрических соединений электрических станций;

анализа и составления электрических схем электрических сетей;

составления схем замещения электрических сетей;

расчета параметров режима электрических сетей;

обеспечения условий выполнения балансов в ЭЭС.

определения величин расчетных нагрузок;

разработки схем электроснабжения с учетом категорий по надежности и перегрузочной способности элементов схемы электроснабжения на вариантной основе;

выбора режимов нейтрали электроустановок в рассматриваемой системе электроснабжения и их конструктивного исполнения;

анализа качества электроэнергии в системах электроснабжения;

выбора средств релейной защиты и автоматики в зависимости от вида повреждения в системе электроэнергетики;

проектирования и эксплуатации изоляции электроустановок с учетом экологических аспектов.

1.4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 334 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)* Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
				К	З	З	РС	
Производство электроэнергии – 60 часов								
1	Современные и перспективные источники электроэнергии	5	1-7	8	8		10	3,7 недели – опрос на лекции; 4,6 недели – опрос на практическом занятии, защита индивидуального домашнего задания
2	Электрические схемы и электрооборудование электрических станций	5	8-18	10	10		14	11, 15 недели – опрос на лекции; 8,10,12,14,16 недели – опрос на практическом занятии, защита индивидуального домашнего задания
3	Промежуточная аттестация	5						зачет
Передача и распределение электроэнергии – 90 часов								
1	Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей	5	1-6	18	6		4	1,3,5 недели – блиц-опрос на лекции; 2,4,6 недели – опрос на практическом занятии; 4,6 недели – защита индивидуального домашнего задания
2	Расчет установившихся режимов		7 7-15	6	0		1	7,9,11,13,15 недели - блиц-опрос на лекции; 8,10,12,14 недели - опрос на практическом занятии, защита индивидуального домашнего задания 8 неделя - коллоквиум
3	Рабочие режимы электроэнергетических систем	5	16-18	10	2		3	16 неделя – коллоквиум; 16,18 недели - опрос на практическом занятии, защита индивидуального домашнего задания; 17 неделя – блиц-опрос на лекции
4	Промежуточная аттестация	5						экзамен
Электроснабжение – 90 часов								
	Структура и		1					3,5,7 недели – блиц-опрос

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)* Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
				К	З	З	РС	
1	характеристики систем электроснабжения. Расчет электрических нагрузок		1-7	4			4	на лекции; 2,4,6 недели – опрос на практическом занятии, защита индивидуального домашнего задания
2	Построение систем электроснабжения	6	8-9	4	2		4	9 неделя - блиц-опрос на лекции; 8 неделя – контрольная работа; 8 неделя - опрос на практическом занятии, защита индивидуального домашнего задания
3	Выбор элементов систем электроснабжения, режимов работы и их конструктивное исполнение	6	10-18	18	10		18	10,12,14,16,18 недели - опрос на практическом занятии, защита индивидуального домашнего задания; 14 неделя – контрольная работа; 11,13,15,17 недели – блиц-опрос на лекции
4	Промежуточная аттестация	6						зачет
Изоляция – 94 часа								
1	Внешняя изоляция	7	1-7	20	6	6	12	3,5,7 недели – опрос на лекции; 2,4,6 недели – опрос на лабораторном занятии, защита отчетов по лабораторной работе
2	Внутренняя изоляция	7	7-11	14	4	4	8	9,11 недели – опрос на лекции; 8,10 недели – опрос на лабораторном занятии, защита отчетов по лабораторной работе
3	Изоляция электроустановок и воздушных линий	7	12-16	14	6	6	10	13,15 недели – опрос на лекции; 12,14,16 недели – опрос на лабораторном занятии, защита отчетов по

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)* Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
				К	З	З	РС	
								лабораторной работе
4	Промежуточная аттестация	7						экзамен

Примечания:

ЛК – лекции, ПЗ – практические занятия, ЛЗ – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студентов.

1.5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

1.5.1. Лекции

Производство электроэнергии – 18 часов

Раздел 1. Современные и перспективные источники электроэнергии

Тема 1. Введение – 2 часа

Основные понятия и определения. Общая характеристика источников электроэнергии.

Тема 2. Производство электрической энергии – 6 часов

Виды, назначения, воздействия на окружающую среду ГЭС, ГАЭС, ТЭС. Возобновляемые источники энергии, виды, назначения, условия использования. Графики нагрузки энергосистемы: заполнение суточного графика нагрузки. Электроприемники и их категории.

Раздел 2. Электрические схемы и электрооборудование электрических станций

Тема 3. Электрические станции – 4 часа

Электрические схемы электрических станций; электрооборудование электростанций; собственные нужды и их схемы; распределительные устройства и их схемы; выбор трансформаторов связи и трансформаторов собственных нужд на электрических станциях; системы измерения, контроля, сигнализации и управления напряжением и частотой; резерв мощности; автоматизация процесса производства электроэнергии на электростанциях.

Тема 4. Распределительные устройства и их схемы – 4 часа

Коммутационные аппараты: виды обозначения на схеме, назначение. Комплектные распределительные устройства напряжением выше 6-10 кВ. Схемы распределительных устройств (РУ), область их применения, закрытые и открытые РУ; конструктивное выполнение РУ. Ремонт оборудования.

Тема 5. Заземление электрических сетей – 2 часа

Назначение заземления; заземляющие устройства и заземлители; контур заземления; сопротивление заземления; сопротивление грунта; сопротивление растеканию вертикального электрода; термическая стойкость заземляющих проводников; заземление электрических сетей.

Передача и распределение электроэнергии – 54 часа

Раздел 1. Структура и характеристики ЭЭС, электрических сетей

Тема 1. Общие сведения об электроэнергетических системах – 6 часов

Современное состояние энергетики и тенденции ее развития. Топливно-энергетический комплекс. Перспективы развития электроэнергетики на Дальнем Востоке. Определение электроэнергетической системы, электрической станции, электрической сети, подстанции, линии электропередачи. Классификация электрических сетей. Линии электропередачи переменного и постоянного тока. Понижающие и преобразовательные подстанции. Характеристики оборудования линий и подстанций. Типы конфигураций электрических сетей.

Тема 2. Схемы электрических сетей – 4 часа

Разомкнутые сети. Замкнутые сети: кольцевые сети и сети с двухсторонним питанием. Схемы соединения электрической сети. Способы присоединения подстанций к электрической сети. Схемы электрических соединений подстанций.

Тема 3. Конструкции линий электрических сетей – 8 часов

Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи (ЛЭП). Провода воздушных линий и тросы. Опоры: их классификация и конструктивное исполнение, область применения; линейная арматура; изоляторы. Конструктивные элементы кабельных линий электропередачи. Классификация кабельных линий, принципы формирования марки кабеля, маркировка кабелей, конструктивное исполнение кабелей различного уровня номинального напряжения, их область применения. Кабельная арматура. Прокладка кабелей.

Раздел 2. Расчет установившихся режимов

Тема 4. Схемы замещения линий, трансформаторов и автотрансформаторов – 6 часов

Схемы замещения линий с сосредоточенными параметрами. Определение параметров схем замещения воздушных и кабельных линий. Схемы замещения двухобмоточных, трехобмоточных трансформаторов, трансформаторов с расщепленными обмотками, автотрансформаторов и расчет их параметров.

Тема 5. Расчет режимов разомкнутых электрических сетей – 6 часов

Расчет режимов линий электропередачи и электрических сетей в нормальных и послеаварийных режимах. Приведенная и расчетная нагрузка узла. Потери мощности в двухобмоточном, трехобмоточном трансформаторах, в автотрансформаторе. Падение и потеря напряжения. Расчет режима электрической сети по данным «конца» и по данным «начала» при заданном токе нагрузки, мощности нагрузки. Построение векторных диаграмм при расчете режимов.

Тема 6. Расчет режимов в замкнутых электрических сетях – 6 часов

Определение потоков мощности на головных участках в простых замкнутых сетях. Точка потокораздела. Расчет режимов кольцевых сетей. Расчет сети с двумя точками потокораздела. Расчет режимов сети с двухсторонним питанием.

Тема 7. Расчет режимов в электрических сетях нескольких классов номинальных напряжений – 4 часа

Определение напряжения на стороне низшего напряжения трансформатора. Расчет режимов сети с различными номинальными напряжениями. Порядок расчета режима сети любой конфигурации. Регулирование напряжения с помощью ответвлений РПН трансформаторов, автотрансформаторов и линейных регуляторов.

Тема 8. Особенности расчета режимов – 4 часа

Расчет режима в однородных сетях. Особенности расчета сетей с равномерно распределенной нагрузкой. Определение наибольшей потери напряжения.

Раздел 3. Рабочие режимы электроэнергетических систем

Тема 9. Модели электрических нагрузок узлов электрических сетей при расчетах режимов – 4 часа

Электрические нагрузки узлов электрических сетей. Статические и динамические характеристики нагрузок, понятие и физическая сущность. Статические характеристики осветительной нагрузки, двигателей. Комплексная нагрузка узла. Статические характеристики комплексной нагрузки по напряжению и частоте. Регулируемый эффект нагрузки. Способы задания нагрузки при расчетах режимов.

Тема 10. Балансы активной и реактивной мощности в энергосистеме – 6 часов

Баланс активной мощности и ее связь с частотой. Резерв мощности. Регулирование частоты вращения турбины. Статическая и динамическая характеристики турбины. Качество электроэнергии; регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе. Баланс реактивной мощности и ее связь с напряжением. Генерация реактивной мощности. Потребление реактивной мощности. Регулирование напряжения в ЭЭС.

Электроснабжение – 36 часов

Раздел 1. Структура и характеристики систем электроснабжения. Расчет электрических нагрузок

Тема 1. Структура и параметры систем электроснабжения - 4 часа

Предмет, структура и задачи курса. Основные термины и определения. Классификация электроприемников и потребителей электроэнергии. Типы электроприемников, режимы их работы. Продолжительность включения, цикличность работы электроприемника. Паспортная и номинальная мощности электроприемников. Категорийность по надежности городских, сельских и промышленных потребителей. Особая группа первой категории. Характеристика типовых электроприемников. Структура потребителей: промышленные и приравненные к ним, производственные сельскохозяйственные, бытовые, общественно-коммунальные. Социально-экономические и экологические аспекты систем электроснабжения. Типы энергоустановок. Накопители энергии. Ресурсосберегающие технологии.

Тема 2. Графики нагрузки элементов и узлов систем электроснабжения – 4 часа.

Понятие электрической нагрузки и графика электрической нагрузки. Индивидуальные и групповые графики нагрузок. Типовой график электрической нагрузки. Упорядоченная диаграмма и ее построение. Описание электрической нагрузки случайным процессом. Понятие максимума нагрузки. Показатели графиков электрической нагрузки: коэффициент использования, коэффициент включения, коэффициент загрузки, коэффициент формы, коэффициент заполнения, коэффициент максимума.

Тема 3. Расчет электрических нагрузок – 4 часов.

Описание процесса нагрева элемента при протекании электрического тока. Понятие расчетной электрической нагрузки. Методы расчета электрических нагрузок. Методика формирования величины расчетной нагрузки. Вероятностно-статистический метод как основа практических методик определения расчетной нагрузки элементов систем электроснабжения на различных ее уровнях. Общее и различия в практических методах определения расчетной нагрузки элементов систем электроснабжения городов и промышленных предприятий. Эмпирические методы расчета электрических нагрузок. Метод расчета электрических нагрузки промышленного предприятия по коэффициенту расчетной активной мощности. Эффективное число электроприемников. Средняя мощность за наиболее загруженную смену. Полная расчетная мощность силовой нагрузки. Расчетная нагрузка электрического освещения. Расчет однофазных электрических нагрузок. Расчет нагрузок сварочных электроприемников. Расчет электрических нагрузок зданий. Расчетные нагрузки распределительных городских сетей. Расчетные электрические нагрузки сельских потребителей.

Раздел 2. Построение систем электроснабжения

Тема 4. Системы электроснабжения, принципы их формирования, экономика электроснабжения – 4 час.

Требования к системам электроснабжения. Принципы их построения. Методы достижения заданного уровня надежности оборудования, систем электроснабжения. Комплексная характеристика электрических схем систем электроснабжения. Классификация схем по типам, характеристика и область применения схем каждого типа. Влияние категории надежности электроснабжения электроприемников и допустимых систематических и

послеаварийных перегрузок оборудования на выбор схемы. Особенности систем электроснабжения городов, промышленных предприятий, объектов сельского хозяйства и транспортных систем.

Тема 5. Внешнее электроснабжение – 2 часа.

Внешнее электроснабжение: источники питания, линии связи и пункты приема электроэнергии. Источники питания в системах электроснабжения. Способы подключения предприятия к электропитающей системе. Главные понизительные подстанции (ГПП) и подстанции глубокого ввода (ПГВ), распределительные подстанции (РП). Схемы внешнего электроснабжения, их типы и характеристика. Глубокие вводы высших напряжений в городах и на промышленных предприятиях. Основные схемы глубоких вводов. Требования к конструктивному выполнению.

Тема 6. Внутреннее электроснабжение – 2 час.

Общее и различия в схемах городских и промышленных электрических сетей. Условия выбора параметров основного оборудования в системах электроснабжения различного назначения. Трансформаторные подстанции (ТП) 6-10/0,4 кВ, токопроводы, кабельные сети. Схемы внутреннего электроснабжения. Особенности исполнения схем электроснабжения при наличии потребителей особой группы I категории по надежности. Конструктивное выполнение промышленных распределительных электрических сетей.

Раздел 3. Выбор элементов систем электроснабжения, режимов работы и их конструктивное исполнение

Тема 7. Выбор места расположения пунктов приема электроэнергии. Выбор трансформаторов подстанций системы внешнего электроснабжения – 4 часов.

Генеральный план предприятия. Картограмма нагрузок. Центр электрических нагрузок. Зона рассеяния электрических нагрузок: эллипс рассеяния. Тензорный метод расчета центра электрических нагрузок и зоны рассеяния. Вероятностно-статистический метод определения зоны рассеяния. Исполнение пунктов приема электроэнергии. Исполнение силовых трансформаторов: масляные, совтоловые и сухие трансформаторы. Маркировка. Основные параметры. Допустимые систематические и аварийные перегрузки трансформаторов. Учет категории надежности электроснабжения электроприемников и величин допускаемых систематических и послеаварийных перегрузок при выборе количества и мощности силовых трансформаторов. Технико-экономическое обоснование выбора трансформаторов ГПП (ПГВ). Методика выбора и проверки силовых трансформаторов ГПП (ПГВ).

Тема 8. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения. Нагрузочная способность и выбор параметров систем электроснабжения – 6 часов.

Проблема компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения. Электроприемники - потребители реактивной мощности. Потребление реактивной мощности асинхронными двигателями. Типы компенсации реактивной мощности. Естественная компенсация реактивной мощности. Источники реактивной мощности: синхронные двигатели 6-10 кВ, конденсаторные установки, статические источники реактивной мощности. Экономические и технические характеристики различных видов компенсирующих устройств. Основные положения по размещению компенсирующих устройств в системах электроснабжения. Определение мощности компенсирующих устройств до и выше 1 кВ. Влияние мощности устанавливаемых компенсирующих устройств на выбор мощности цеховых трансформаторных подстанций и параметров электрооборудования. Выбор числа цеховых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности. Баланс реактивных мощностей. Определение экономически целесообразной реактивной мощности, генерируемой синхронными двигателями. Регулирование мощности компенсирующих устройств, базовая и регулируемая ступени конденсаторных батарей. Экономические и технические критерии выбора параметров основного электрооборудования электрических сетей среднего и низшего напряжений. Выбор и проверка сечений кабельных линий, токопроводов.

Тема 9. Режимы работы и технико-экономические характеристики, характеристики параметров режимов систем электроснабжения – 4 часа

Режимы нейтрали электроустановок в сетях среднего и низшего напряжений. Влияние режима нейтрали на характеристики качества электрической схемы. Анализ параметров режимов и технико-экономических характеристик различных схем. Экономика электроснабжения. Нормативные показатели качества электроэнергии: технические, социально-экономические и экологические требования, предъявляемые к системам электроснабжения.

Тема 10. Релейная защита и автоматизация – 2 часа

Назначение релейной защиты и автоматики. Основные требования, предъявляемые к релейной защите и автоматике. Типы автоматических устройств релейной защиты и их функции. Повреждения и ненормальные режимы. Основные виды защит и параметры релейной защиты. Защита синхронных генераторов, трансформаторов и блоков генератор-трансформатор, защита сборных шин станций и подстанций. Автоматическое включение резервного питания. Автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу. Автоматическое регулирование напряжения и реактивной мощности, частоты и активной мощности. Противоаварийная автоматика. Автоматический контроль и телемеханика в энергосистемах.

Изоляция – 48 часов

Раздел 1. Внешняя изоляция

Тема 1. Введение. Основные понятия и определения – 4 часа

Предмет и задачи раздела дисциплины. Виды электрической изоляции оборудования высокого напряжения. Изоляция воздушных линий электропередачи, условия ее работы. Требования к изоляции и классификация электрической изоляции. Напряжения, действующие на изоляцию. Общие сведения о перенапряжениях, возникающих в электроустановках, в электроэнергетических системах, их характеристики. Проблемы изоляции в современной электроэнергетике.

Тема 2. Общая характеристика внешней изоляции – 4 часа

Особенности внешней изоляции. Атмосферный воздух как диэлектрик. Классификация воздушных изоляционных промежутков. Назначение и типы изоляторов. Конструкция изоляторов. Виды, типовые элементы и условия испытаний внешней изоляции.

Тема 3. Разряды в воздушных промежутках – 6 часов

Разряд в однородном поле. Развитие разряда и пробивные напряжения промежутков с однородным электрическим полем. Закон Пашена. Слабонеоднородные и резконеоднородные поля. Развитие разряда и начальные напряжения промежутков с неоднородным электрическим полем. Эффект полярности электродов. Разряды в длинных воздушных промежутках. Время разряда и его структура. Вольт-секундные характеристики изоляции и их значение.

Тема 4. Разряды в воздухе вдоль поверхности изоляторов – 6 часов

Поверхностный разряд в резконеоднородном поле при преобладании: а) тангенциальной составляющей напряженности; б) нормальной составляющей напряженности. Разряд вдоль поверхности в однородном поле. Влияние конструктивных особенностей изоляторов на напряжение перекрытия. Развитие разряда и напряжения перекрытия изоляторов при неблагоприятных атмосферных воздействиях, их учет при определении разрядных и испытательных напряжений. Коронный разряд, импульсная корона. Регулирование электрических полей во внешней изоляции за счет экранов, барьеров и принудительного распределения напряжения в изоляционных конструкциях.

Раздел 2. Внутренняя изоляция

Тема 5. Общие свойства внутренней изоляции – 4 часа

Внутренняя изоляция электроустановок, ее общие характеристики, основные виды и принципы использования. Зависимость электрической прочности изоляции от длительности воздействия напряжения. Кратковременная и длительная электрическая прочность изоляции. Закономерности старения изоляции, характеристики частичных разрядов. Самовосстанавливающаяся и несамовосстанавливающаяся изоляция. Краткая характеристика пробоев жидких и твердых диэлектриков.

Тема 6. Основные виды внутренней изоляции и повышение ее электрической прочности - 10 часов

Комбинирование диэлектрических материалов во внутренней изоляции. Маслобарьерная изоляция. Роль барьеров в повышении электрической прочности изоляции. Твердая изоляция. Бумажно-масляная изоляция. Вакуумная изоляция. Элегазовая изоляция. Газовая изоляция. Регулирование электрических полей во внутренней изоляции с помощью барьеров, градирование изоляции, Применение конденсаторных обкладок и полупроводниковых покрытий. Допустимые напряжения на внутренней изоляции.

Раздел 3. Изоляция электроустановок и воздушных линий

Тема 7. Изоляция устройств высокого напряжения – 10 часов

Изоляция кабельных линий высокого напряжения. Общие принципы выполнения и конструкции кабельной изоляции. Кабели с вязкой пропиткой. Маслонаполненные кабели. Газонаполненные и газоизолированные кабели, кабели с элегазовой изоляцией. Кабели с пластмассовой изоляцией. Кабельные муфты. Испытания изоляции кабелей. Изоляция силовых трансформаторов: классификация и особенности изоляции. Конструкция изоляции трансформаторов. Изоляция электрооборудования станций и подстанций. Изоляция электрооборудования закрытых и открытых распределительных устройств. Изоляция трансформаторов тока, ее конструкция, испытания. Изоляция выключателей (масляных, воздушных, элегазовых, вакуумных), ее испытания. Изоляция герметизированных распределительных устройств (на основе элегаза). Конструкция ячеек ГРУ, КРУЭ, их монтаж и эксплуатация. Изоляция вводов высокого напряжения, конструктивные особенности и профилактические испытания. Изоляция силовых конденсаторов, ее конструкция, испытания. Изоляция электрических машин высокого напряжения, ее конструкция и испытания. Волновые процессы в обмотках электрических машин. Молниезащита оборудования станций и подстанций; защита изоляции электрооборудования от внутренних перенапряжений.

Тема 8. Изоляция воздушных линий электропередачи – 4 часа

Разрядные напряжения воздушных промежутков, характерных для линий электропередачи. Выбор линейной изоляции. Статистический метод выбора изоляции для нестандартных воздушных линий (ВЛ). Методика выбора длины воздушного промежутка. Выбор промежутка провод-земля или провод-транспорт. Молниезащита воздушных линий. Экологические аспекты электроустановок высокого напряжения. Экологическое влияние ВЛ и РУ подстанций и станций.

1.5.2. Практические занятия

Производство электроэнергии – 18 часов

Цель проведения практических занятий – научить студентов выбирать и анализировать схемы электрических станций и подстанций.

№ п.п.	Наименование темы	Кол-во часов
1.	Технологическая и структурная схема ТЭЦ	2
2.	Технологическая и структурная схема КЭС, ГЭС и АЭС	2
3.	Выбор силовых трансформаторов (автотрансформаторов)	4

№ п.п.	Наименование темы	Кол-во часов
	электростанций и подстанций	
4	Схемы распределительных устройств 35-750 кВ	6
5.	Схемы собственных нужд электростанций и подстанций	4

Передача и распределение электроэнергии – 18 часов

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1.	Расчет параметров электрических схем замещения ЛЭП	2
2.	Расчет параметров схем замещения трансформаторов и автотрансформаторов	2
3.	Составление схем замещения электрической сети. Определение приведенной и расчетной нагрузок узла	2
4.	Расчет режимов в разомкнутых сетях	2
5.	Расчет режимов в кольцевых сетях	2
6.	Расчет режимов в сетях с двухсторонним питанием	2
7.	Выбор ответвлений РПН трансформаторов, автотрансформаторов, линейных регуляторов	2
8.	Расчет режимов в сетях с несколькими номинальными напряжениями	2
9.	Обзор задач по всем темам	2

Электроснабжение – 18 часов

Практические занятия проводятся с целью закрепления знаний, полученных при изучении теоретического курса и формировании навыков по расчету электрических нагрузок и выбору параметров схем электроснабжения.

№ п.п.	Наименование темы	Кол-во часов
1	Построение упорядоченных диаграмм	4
2	Расчет трехфазных электрических нагрузок	2
3	Расчет однофазных электрических нагрузок. Расчет нагрузок контактной электросварки	2
4	Выбор низковольтных компенсирующих устройств.	2
5	Определение экономически целесообразной реактивной мощности, генерируемой синхронными двигателями.	2
6	Баланс реактивной мощности. Выбор высоковольтных компенсирующих устройств.	2
7	Определение параметров схем внешнего электроснабжения.	2
8	Определение параметров схем внутреннего электроснабжения.	2

На практических занятиях используются реальные схемы систем электроснабжения. Каждому студенту выдаются индивидуальные домашние задания.

1.5.3. Лабораторные занятия

Целью проведения лабораторных работ является изучение вопросов, связанных с работой изоляции высоковольтных электроустановок и освоения правил безопасности проведения работ на высоковольтных линиях электропередачи, в распределительных устройствах станций и подстанций.

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	Изучение конструкции, условий применения аппарата АИИ-70 и правил безопасности в зале ТВН	2
2	Исследование электрической прочности воздушных промежутков в переменном и постоянном магнитном поле	2
3	Исследование электрических разрядов по поверхности твердых диэлектриков	2
4	Исследование вольт-секундных характеристик изоляционных конструкций. Измерение сопротивления изоляции и коэффициента абсорбции.	2
5	Изучение конструкций изоляторов	2
6	Распределение напряжения вдоль гирлянды изоляторов	2
7	Измерение тангенса угла диэлектрических потерь	2
8	Определение электрической прочности жидких диэлектриков	2

1.6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в часах
Производство электроэнергии – 24 часа			
1	1	подготовка к опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию	4 6
2	2	подготовка к опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию	6 8
Передача и распределение электроэнергии – 18 часов			
1	1	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию	2 2
2	2	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию; подготовка к коллоквиуму	4 5 2
3	3	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию подготовка к коллоквиуму	1 1 1
Электроснабжение			

№ п/п	№ раздела дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в часах
1	1	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию с использованием обучающих тестов и компьютерных симуляций; подготовка рефератов по материалам, вынесенным на самостоятельное изучение	4 6 4
2	2	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию с использованием обучающих тестов и компьютерных симуляций; подготовка к контрольной работе	1 2 1
3	3	подготовка к блиц-опросу на лекции; выполнение индивидуальных домашних заданий и подготовка к практическому занятию с использованием обучающих тестов и компьютерных симуляций; подготовка к контрольной работе; подготовка рефератов по материалам, вынесенным на самостоятельное изучение	4 8 1 5
Изоляция			
1	1	подготовка к опросу на лекции; выполнение отчетов по лабораторным работам и подготовка к лабораторному занятию; подготовка рефератов по материалам, вынесенным на самостоятельное изучение	4 4 4
2	2	подготовка к опросу на лекции; выполнение отчетов по лабораторным работам и подготовка к лабораторному занятию; подготовка рефератов по материалам, вынесенным на самостоятельное изучение	2 4 2
3	3	подготовка к опросу на лекции; выполнение отчетов по лабораторным работам и подготовка к лабораторному занятию; подготовка рефератов по материалам, вынесенным на самостоятельное изучение	2 4 4

1.7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Электроэнергетика» используются традиционные и современные образовательные технологии. Из современных образовательных технологий применяются информационные и компьютерные технологии с привлечением к преподаванию мультимедийной техники, технологии активного обучения, проблемного обучения. Применяются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: проблемные ситуации, компьютерные симуляции, деловые игры, на которых проводится структурный анализ схем электроэнергетической системы Дальнего Востока, систем электроснабжения существующих предприятий, вырабатываются навыки построения схем

электрических сетей и систем электроснабжения. В рамках дисциплины предусмотрены мастер-классы специалистов в области электроэнергетики.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя: консультации и помощь при выполнении индивидуального домашнего задания, при подготовке к лабораторной работе, при изучении материалов, выносимых на самостоятельную проработку, при подготовке к деловой игре, работу со схемами электрических станций и подстанций, электроэнергетической системы ДВФО, со схемами электроснабжения предприятий и городов, индивидуальную работу студента в компьютерном классе ЭФ или в библиотеке.

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

Производство электроэнергии

Самостоятельное изучение разделов дисциплины включает работу над лекционным материалом и литературой при подготовке к практическим занятиям, а также активный поиск новой информации в Интернете по заданию лектора или руководителя практических занятий.

Темы индивидуальной работы студента:

особенности технологических схем ТЭЦ по сравнению с КЭС;

виды технологических схем АЭС;

особенности схемы ГЭС по мощности;

нетрадиционные источники электроэнергии в энергетике;

особенности схемы ГАЭС;

парогазовые и паротурбинные установки;

компоновочные решения ОРУ и КРУЭ.

Контрольные вопросы к зачету

1. Современные и перспективные источники электроэнергии.
2. ТЭС, виды, назначение воздействия на окружающую среду.
3. ТЭС, электрические схемы и электрооборудование.
4. ГЭС, сравнительная характеристика видов.
5. ГЭС, электрические схемы и электрооборудование.
6. ГАЭС, назначение, принцип действия, электрические схемы и электрооборудование.
7. Возобновляемы источники энергии: виды, условия использования.
8. График нагрузки энергосистемы: заполнения по виду станций.
9. Особенности ТЭС, АЭС и ГЭС, учитываемые при заполнении суточного графика нагрузки.
10. Особенности технологической схемы ТЭЦ в сравнении с КЭС.
11. Виды технологических схем АЭС.
12. Особенности схемы ГЭС по мощности.
13. Схемы распределительных устройств 10-750 кВ.
14. Схемы подстанций и их виды.
15. Собственные нужды станций и подстанций и их схемы.
16. Собственные нужды ГЭС.
17. Собственные нужды ТЭЦ.
18. Собственные нужды КЭС.
19. Собственные нужды подстанций.

20. Распределительные устройства, их схемы
21. Коммутационные аппараты: виды обозначения на схеме, назначение.
22. Заземление электрических станций и подстанций, электрических сетей.
23. Заземляющие устройства: назначение, применение.
24. Системы измерения.
25. Контроль, сигнализация и управление напряжением и частотой.
26. Резерв мощности.
27. Автоматизация процессов производства электроэнергии на электростанциях.
24. Ремонт электрооборудования.

Передача и распределение электроэнергии

Система оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по разделу дисциплины включает вопросы для блиц-опроса на лекциях, индивидуальные домашние задания, вопросы для коллоквиума, вопросы и задания для оценки деятельности студентов во время деловой игры.

Тематика вопросов блиц-опроса на лекциях совпадает с тематикой лекций.

Темы индивидуальных домашних заданий:

определение параметров схем замещения линий электропередачи;

определение параметров схем замещения силовых трансформаторов;

определение приведенной и расчетной нагрузки узла;

расчет режимов разомкнутых электрических сетей;

расчет режимов кольцевых сетей;

расчет режимов магистралей с двухсторонним питанием;

выбор ответвлений РПН трансформаторов, автотрансформаторов, линейных регуляторов;

расчет режимов сетей двух уровней номинального напряжения.

Коллоквиум по первому разделу дисциплины проводится на тему: «Общая характеристика ЭЭС, структурный анализ схем электрических сетей». Вопросы к коллоквиуму соответствуют вопросам к экзамену № 1 – 42.

Коллоквиум по второму разделу дисциплины проводится на тему: «Расчет и анализ установившихся режимов». Вопросы к коллоквиуму соответствуют вопросам к экзамену № 43 – 77.

Система оценочных средств и технологий для проведения экзамена включает контрольные вопросы и задания к экзамену.

Контрольные вопросы и задания к экзамену

Вопросы к экзамену

1. Понятия: энергетическая система, электроэнергетическая система, электрическая станция, электрическая сеть.
2. Общие сведения об электроэнергетических системах.
3. Классификация электрических сетей.
4. Стандартный ряд номинальных напряжений и наибольшие рабочие значения напряжений.
5. Преимущества объединённых энергосистем.
6. Линии электропередачи переменного и постоянного тока.
7. Дальние линии электропередачи переменного тока.
8. Дальние линии электропередачи постоянного тока.
9. Понижающие и преобразовательные подстанции. Характеристика оборудования подстанций.
10. Системообразующие сети, пример.

11. Питающие сети, пример.
12. Распределительные сети, пример.
13. Типы конфигураций электрических сетей.
14. Способы присоединения подстанций к электрической сети.
15. Схемы электрических соединений подстанций.
16. Конструктивные элементы ВЛЭП и их назначение.
17. Транспозиция проводов, и с какой целью она применяется.
18. Высота опоры, длина пролёта, стрела провеса.
19. Количество изоляторов в гирляндах на ВЛЭП различных номинальных напряжений.
20. Ориентировочные значения длин пролётов ВЛЭП разных классов номинальных напряжений.
21. Конструктивное исполнение проводов. Требования к материалу, из которого изготовляются провода.
22. Марки проводов. Области применения проводов различных марок.
23. Марки грозозащитных тросов и области их применения.
24. Виды и типы опор. Их назначение.
25. Конструктивное исполнение деревянных опор, область их применения.
26. Конструктивное исполнение железобетонных опор, область их применения.
27. Конструктивное исполнение металлических опор, область их применения.
28. Унификация конструкций металлических и железобетонных опор. Шифры опор.
29. Расположение проводов на опоре.
30. Классификация линейных изоляторов, их конструктивное исполнение.
31. Виды линейной арматуры, её назначение.
32. Классификация кабелей.
33. Кабели напряжением до 1 кВ.
34. Кабели напряжением 3 – 10 кВ.
35. Кабели напряжением 20, 35 кВ.
36. Маслонаполненные кабели низкого давления.
37. Маслонаполненные кабели высокого давления.
38. Газоизолированные линии и газонаполненные кабели.
39. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.
40. Принцип формирования марок кабелей. Маркировка кабелей, примеры.
41. Кабельная арматура, её назначение.
42. Прокладка кабелей.
43. Схемы замещения ВЛЭП и их параметры.
44. Схемы замещения кабельных линий, их параметры.
45. Каталожные данные трансформаторов, основные понятия и определения.
46. Схема соединения обмоток автотрансформатора. Распределение токов при работе автотрансформатора в понижающем режиме.
47. Типовая и номинальная мощности автотрансформаторов.
48. Схема замещения двухобмоточного трансформатора и её параметры.
49. Схема замещения трансформатора с расщепленной обмоткой и её параметры.
50. Схема замещения трёхобмоточного трансформатора, её параметры.
51. Схема замещения автотрансформатора, её параметры.
52. Определение потерь мощности в двухобмоточном трансформаторе.
53. Определение потерь мощности в трёхобмоточном трансформаторе и автотрансформаторе.
54. Приведенная и расчётная нагрузка узла.
55. Падение и потеря напряжения.
56. Расчёт режима линий при заданном токе нагрузки по данным «конца».

57. Расчёт режима линий при заданном токе нагрузки по данным «начала».
58. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при расчёте режима линии.
59. Расчёт режимов разомкнутых сетей по данным «конца».
60. Расчёт режимов разомкнутых сетей по данным «начала».
61. Построение векторных диаграмм токов и напряжений при расчёте режимов разомкнутых сетей.
62. Определение потоков мощности на головных участках в простых замкнутых сетях и в сетях с двухсторонним питанием.
63. Расчёт кольцевых сетей.
64. Понятие «точка потокораздела». Расчет простой замкнутой сети с двумя точками потокораздела?
65. Расчёт режимов сетей с двухсторонним питанием.
66. Определение напряжения на стороне низшего напряжения подстанции с двухобмоточными трансформаторами.
67. Определение напряжения на сторонах среднего и низшего напряжений подстанции с трёхобмоточными трансформаторами и автотрансформаторами.
68. Расчёт сетей с различными номинальными напряжениями.
69. Регулирование напряжения в электрической сети.
70. Выбор ответвлений РПН в двухобмоточных трансформаторах
71. Выбор ответвлений РПН в трехобмоточных трансформаторах
72. Выбор ответвлений РПН в автотрансформаторах.
73. Линейные регуляторы и область их применения. Выбор ответвлений линейных регуляторов.
74. Расчет режимов линий электропередачи и электрических сетей в послеаварийных режимах.
75. Особенности расчёта режимов в однородных электрических сетях.
76. Определение наибольшей потери напряжения.
77. Особенности расчёта режима сетей с равномерно распределённой нагрузкой.
78. Электрические нагрузки узлов электрических сетей.
79. Статические и динамические характеристики нагрузок, понятия и физическая сущность.
80. Статические характеристики осветительной нагрузки.
81. Статические характеристики асинхронных и синхронных двигателей.
82. Обобщённые статические нагрузки по напряжению и частоте комплексной нагрузки.
83. Задание нагрузки при расчётах режимов.
84. Представление генераторов при расчётах установившихся режимов.
85. Баланс активной мощности в энергосистеме и его связь с частотой.
86. Резерв мощности.
87. Качество электроэнергии.
88. Регулирование частоты вращения турбины
89. Регулирование частоты в электроэнергетической системе.
90. Потребление реактивной мощности
91. Выработка реактивной мощности на электростанциях.
92. Регулирующий эффект нагрузки.
93. Баланс реактивной мощности в энергосистеме и его связь с напряжением.
94. Регулирование напряжения в электроэнергетической системе.

Задания для экзамена сформированы в виде задач, включающих в себя составление схем замещения электрических сетей и определение их параметров, определение приведенной и расчетной мощностей нагрузки узлов электрической сети, расчет режимов

разомкнутых и замкнутых сетей, сетей с двумя уровнями номинального напряжения, обеспечение желаемого уровня номинального напряжения на шинах подстанции с помощью РПН.

Электроснабжение

Система оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по разделу дисциплины включает вопросы для блиц-опроса на лекциях, индивидуальные домашние задания, задания для контрольных работ, вопросы и задания для оценки деятельности студентов во время деловой игры.

Тематика вопросов блиц-опроса на лекциях совпадает с тематикой лекций.

Темы индивидуальных домашних заданий:

построение упорядоченных диаграмм графиков активной и реактивной мощностей узлов нагрузки;

расчет трехфазной электрической нагрузки;

расчет однофазной электрической нагрузки и нагрузки контактной электросварки;

выбор низковольтных компенсирующих устройств и силовых трансформаторов КТП;

определение экономически целесообразной реактивной мощности, генерируемой синхронными двигателями;

балансовые расчеты реактивной мощности и выбор высоковольтных компенсирующих устройств;

определение параметров схем внешнего электроснабжения;

определение параметров схем внутреннего электроснабжения.

Темы контрольных работ:

раздел 2 – комплексный расчет электрических нагрузок предприятия, цеха или отделения;

раздел 3 – разработка схем электроснабжения и выбор их элементов.

Система оценочных средств и технологий для проведения зачета включает контрольные вопросы и задания к зачету.

Контрольные вопросы и задания к зачету

Вопросы к зачету

1. Структура и параметры систем электроснабжения.
2. Характеристика систем электроснабжения промышленных предприятий, их особенности.
3. Характеристика систем электроснабжения городов, их особенности.
4. Особенности систем электроснабжения объектов сельского хозяйства и транспортных систем.
5. Потребитель и приемник электроэнергии. Примеры. Типы электроприемников, режимы их работы.
6. Классификация потребителей систем электроснабжения по надежности. Примеры.
7. Классификация приемников электроэнергии по режимам работы. Примеры.
8. Классификация электроприемников по напряжению и мощности. Примеры.
9. Классификация приемников электроэнергии по роду тока и частоте.
10. Силовые общепромышленные установки и производственные механизмы.
11. Типы графиков электрических нагрузок.
12. Показатели графиков электрических нагрузок.
13. Характеристики графиков электрических нагрузок.
14. Классификация и область применения методов расчета электрических нагрузок.

15. Эмпирические методы расчета электрических нагрузок.
16. Метод упорядоченных диаграмм.
17. Статистические методы расчета электрических нагрузок.
18. Метод коэффициента расчетной нагрузки.
19. Расчет трехфазных электрических нагрузок по первому этапу.
20. Расчет трехфазных электрических нагрузок по второму этапу.
21. Пиковая мощность и ее определение.
22. Исходные данные для проектирования систем электроснабжения.
23. Принципы построения схем электроснабжения. Требования к ним.
24. Послеаварийный режим.
25. Источники питания. Типы энергоустановок.
26. Пункты приема электроэнергии.
27. Влияние категории надежности электроснабжения электроприемников и допустимых систематических перегрузок оборудования на выбор схемы.
28. Методы достижения заданного уровня надежности оборудования, систем электроснабжения.
29. Способы подключения предприятий к энергосистеме.
30. Характерные схемы электроснабжения предприятий при питании их от ЭЭС.
31. Питание предприятий от ЭЭС при наличии собственных ТЭЦ.
32. Схемы внешнего электроснабжения.
33. Глубокие вводы.
34. Двухступенчатые схемы электроснабжения.
35. Радиальные схемы внутреннего электроснабжения.
36. Магистральные схемы внутреннего электроснабжения.
37. Смешанные схемы внутреннего электроснабжения.
38. Схемы электроснабжения при наличии электроприемников особой группы I категории.
39. Картограмма нагрузок.
40. Условный центр электрических нагрузок и определение его координат.
41. Определение зоны рассеяния центров электрических нагрузок.
42. Определение места расположения трансформаторной, преобразовательной подстанций, РП.
43. Условия выбора параметров основного оборудования в системах электроснабжения различного назначения.
44. Экономика электроснабжения.
45. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП (ПГВ) и их проверка.
46. Естественная компенсация реактивной мощности.
47. Выбор низковольтных компенсирующих устройств.
48. Определение экономически целесообразной реактивной мощности, генерируемой синхронными двигателями.
49. Балансовые расчеты реактивной мощности. Выбор высоковольтных компенсирующих устройств.
50. Выбор и проверка высоковольтных кабелей.
51. Выбор и проверка токопроводов. Область их применения.
52. Конструктивное исполнение ГПП и ПГВ.
53. Режимы нейтрали в распределительных сетях.
54. Компенсация емкостного тока замыкания на землю.
55. Накопители энергии.
56. Ресурсосберегающие технологии.
57. Нормативные показатели качества электроэнергии: технические, социально-экономические и экологические требования, предъявляемые к системам электроснабжения.
58. Повреждения и ненормальные режимы в системах электроэнергетики.

59. Типы автоматических устройств релейной защиты и их функции.
60. Защита синхронных генераторов.
61. Защита трансформаторов и блоков генератор-трансформатор.
62. Защита сборных шин станций и подстанций.
63. Автоматическое включение резервного питания.
64. Автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу.
65. Автоматическое регулирование напряжения и реактивной мощности, частоты и активной мощности.
66. Противоаварийная автоматика.
67. Автоматический контроль и телемеханика в энергосистемах.

Задания для зачета сформированы в виде инженерных задач, включающих в себя расчет электрических нагрузок, компенсацию реактивной мощности, разработку схем внешнего и внутреннего электроснабжения и выбор их параметров.

Изоляция

Система оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по разделу дисциплины включает в себя контролирующие тесты, задания для контрольных работ, вопросы и задания для оценки деятельности студентов по лабораторному практикуму.

Контролирующие тесты проводятся по темам соответствующих разделов. В каждом тестовом задании от 7 до 10 заданий. Тест выявляет теоретические знания, практические умения и аналитические способности студентов.

Контрольная работа выполняется в конце семестра по всем пройденным разделам семестра**.** В контрольной работе содержится четыре задачи. Контрольная работа направлена на проверку умений студентов применять полученные теоретические знания в отношении определенной конкретной задачи.

Система оценочных средств и технологий для проведения экзамена включает контрольные вопросы к экзамену.

Контрольные вопросы к экзамену

1 Электрофизические процессы в газах.
2 Движение заряженных частиц в газе.
3 Основные свойства термической плазмы.
4 Разновидности разрядов в газах.
5 Канальная форма разряда.
6 Коронный разряд.
7 Импульсная корона.
8 Ионизация и рекомбинация частиц в газах.
9 Лавина электронов и условие самостоятельности разряда.
10 Электропроводимость диэлектриков.
11 Поляризация диэлектриков. Диэлектрические потери.
12 Виды электрической изоляции оборудования высокого напряжения.
13 Атмосферный воздух как диэлектрик.
14 Назначение изоляторов, их цели и конструкция.
15 Испытание внешней изоляции.
16 Развитие разряда и пробивные напряжения промежутков с однородным электрическим полем.
17 Развитие разряда, начальные и пробивные напряжения промежутков с неоднородным электрическим полем.

18 Вольт-секундная характеристика воздушных промежутков. Время разряда.

19 Разряд в длинных воздушных промежутках.

20 Влияние конструкции изоляторов на напряжение перекрытия.

21 Развитие разряда и напряжение перекрытия изоляторов при неблагоприятных погодных условиях.

22 Учет атмосферных условий при определении разрядных и испытательных напряжений.

23 Регулирование электрических полей во внешней изоляции электроустановок.

24 Изоляция электрооборудования станций и подстанций, закрытых и открытых распределительных устройств.

25 Внутренняя изоляция: понятие и общие свойства.

26 Зависимость эл. прочности внутренней изоляции от длительности воздействия напряжения.

27 Самовосстанавливающаяся и не самовосстанавливающаяся изоляция. Влияние на неё механических тепловых и др. воздействий.

28 Пробой жидких диэлектриков.

29 Пробой твёрдых диэлектриков. Разряд по поверхности твердого диэлектрика.

30 Маслобарьерная изоляция.

31 Твердая изоляция.

32 Бумажно-масляная изоляция.

33 Газовая и вакуумная изоляция.

34 Элегазовая изоляция.

35 Градирование изоляции.

36 Применение конденсаторных обкладок и полупроводниковых покрытий.

37 Допустимые напряжения на внутренней изоляции, факторы, влияющие на кратковременную электрическую прочность внутренней изоляции.

38 Изоляция воздушных линий электропередачи.

39 Изоляция ВЛ на опорах.

40 Изоляционные расстояния в пролетах ВЛ.

41 Выбор линейной изоляции.

42 Изоляционные конструкции ОРУ.

43 Изоляционные промежутки в ОРУ.

44 Выбор наружной изоляции РУ подстанции.

45 Изоляционные конструкции с газовой изоляцией.

46 Молниезащита воздушных линий.

47 Экологические аспекты электроустановок высокого напряжения.

48 Экологическое влияние ВЛ и РУ.

49 Основные конструкции кабелей высокого напряжения.

50 Кабельные муфты. Испытание изоляции кабелей.

51 Классификация и особенности изоляции силовых трансформаторов. Конструкция изоляции трансформаторов.

52 Испытания изоляции трансформаторов.

53 Изоляция ТТ.

54 Изоляция масляных и воздушных выключателей.

55 Изоляция вакуумных выключателей.

56 Изоляция элегазовых выключателей.

57 Изоляция герметизированных РУ, КРУЭ.

58 Изоляция вводов ВН.

59 Изоляция силовых конденсаторов.

60 Изоляция электрических машин высокого напряжения.

61 Молниезащита оборудования станций и подстанций.

62 Защита изоляции электрооборудования от внутренних перенапряжений.

1.9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»

Производство электроэнергии

а)основная литература:

1. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций : учеб.: рек. Мин. обр. РФ / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. -2-е изд., стер.. -М.: Академия, 2005,2009 - 448 с.
2. Балаков Ю.Н. Проектирование схем электроустановок : учеб. пособие: доп. УМО/ Ю. Н. Балаков, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов. -М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2004. -288 с.:а-рис.
3. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. Учебное пособие.-М: ФОРУМ ИНФРА.- М: 2006-480с.
4. Тепловые и атомные электрические станции [Текст] : учеб. / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. - 5-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010. - 464 с.
5. Энергетика в современном мире [Текст] / В. Е. Фортов, О. С. Попель. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 168 с.

б) дополнительная литература:

1. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии : учеб. пособие : доп. УМО/ А. А. Бурмистров [и др.] ; под ред. В. И. Виссарионова. - 2-е изд., стер.. - М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2009. - 144 с.
2. Солнечная энергетика [Текст] : учеб. пособие / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, В. А. Кузнецова. - 2-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2011. - 276 с.
3. Производство электрической энергии : учеб.-метод. пособие/ А. Г. Ротачева, Я. В. Кривохижа; АмГУ, Эн.ф.. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2009. -184 с.
4. Электрическая часть гидроэлектростанций : учеб. пособие/ В. А. Старшинов, А. И. Пойдо, М. В. Пираторов. -М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2003. -160 с.
5. Электроэнергетика. Производство электроэнергии : учеб.-метод. комплекс для спец. 140204 - "Электрические станции"/ АмГУ, Эн.ф.; сост. А. Г. Ротачева. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.
6. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы [Текст]: учеб. пособие / А. В., да Роза ; пер. с англ., ред. С. П. Малышенко, пер. с англ., ред. О. С. Попель. - М. : Интеллект : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010. - 704 с.
7. Электротехнический справочник. Том 3, книга 1. М: Энергоатомиздат. 2002г., 878 с.
8. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию предприятий и общественных зданий [Текст] / ред. С. И. Гамазин, Б. И. Кудрин, С. А. Цырук. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010.
9. Электротехнический справочник [Текст] : в 4 т. / Под общ.ред. В.Г. Герасимов, Под общ. ред. А.Ф. Дьяков, Под общ. ред. Н.Ф. Ильинский, Гл. ред. А.И. Попов. - 8-е изд., испр. и доп. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2002, 2004 Т. 3 : Производство, передача и распределение электрической энергии : справочное издание. – 2002, 2004. - 964 с. : рис., табл. - Библиогр. в конце разд.- Предм. указ.: с. 961-963.

в) периодические издания (журналы):

«Энергетик»;
«Промышленная энергетика»;
«Электрика»;
«Вестник МЭИ»;
«Электротехника»;

«Электротехника». Реферативный журнал;
«Электричество»;
«Электрические станции»;
«Энергохозяйство за рубежом»;
«Энергетика». Реферативный журнал;
«Electrical Power and Energy Systems»;
«IEEE Transactions. Power systems».

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iqlib.ru/	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.

Передача и распределение электроэнергии

а) основная литература:

1. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии : учеб. пособие: рек. Мин. обр. РФ/ А. А. Герасименко , В. Т. Федин. -Ростов н/Д: Феникс; Красноярск: Издат. проекты, 2006. -719 с.
2. Лыкин А.В. Электрические системы и сети : учеб.пособие / А.В.Лыкин . - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. - 247 с.
3. Основы современной энергетики в 2 т. : Учеб. : рек. Мин. обр. РФ :Т 2. Современная электроэнергетика/ под ред. Е.В. Аметистова. – М.: Издат. дом МЭИ, 2010. – 632 с.

б) дополнительная литература:

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети : учеб./ В. И. Идельчик. -М.: Энергоатомиздат, 1989. - 592 с.
2. Электрические системы. Электрические сети. : Учеб. для электроэнерг. спец. вузов/ ред. В. А. Веников. -2-е изд., прераб. и доп.. -М.: Высш. шк., 1998. -512 с.
3. Электроэнергетика. Передача и распределение электроэнергии : учеб.-метод. комплекс для спец. 40203, 140204, 140205, 140211/ АмГУ, Эн.ф.; сост. Н. В. Савина . - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2008. -236 с.
4. Кужеков С.Л. Практическое пособие по электрическим сетям и электрооборудованию/ С. Л. Кужеков, С. В. Гончаров. -3-е изд.. -Ростов н/Д: Феникс, 2009. - 493 с.
5. Алиев И.И. Электротехника и электрооборудование : справ./ И. И. Алиев. -М.: Высш. шк., 2010. -1199 с.
6. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэн. спец. вузов : Учеб. пособие/ Под ред. В.М. Блок. - М.: Высш. шк., 1990. - 383 с.
7. Электротехнический справочник : В 4 т./ Под общ. ред. В.Г. Герасимов, Под общ. ред. А.Ф. Дьяков, Под общ. ред. Н.Ф. Ильинский, Гл. ред. А.И. Попов Т. 3 : Производство, передача и распределение электрической энергии : справочное издание. -2002. -964 с.

8. Савина Н.В. Электрические сети в примерах и расчетах: учеб. пособие/ Н.В. Савина, Ю.В. Мясоедов, Л.Н. Дудченко – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 1999. - 238 с.

9. Зуев Э.Н. Основы техники подземной передачи электроэнергии : учеб. пособие/ Э.Н. Зуев - М.: «Энергоатомиздат» Москва, 1999. – 256с.

10. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электрических станций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования/ Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.

в) периодические издания (журналы):

Электричество;

Известия РАН. Энергетика;

Электрические станции;

Вестник МЭИ;

Промышленная энергетика;

Энергетика. Сводный том;

IEEE Transaction on Power Systems;

Энергосбережение;

Энергохозяйство за рубежом;

International Journal of Electrical Power & Energy Systems.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iqlib.ru	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания
2	Консультант +	Справочно-правовая система. Содержит законодательную базу, нормативно-правовое обеспечение, статьи.
3	http://www.twirpx.com/files/tek/	Twirpx.com - это служба, обеспечивающая с помощью веб-интерфейса, расположенного только по адресу http://www.twirpx.com, и специализированного аппаратно-программного обеспечения хранение, накопление, передачу и обработку материалов Пользователей, представленной в электронном виде в публичный доступ. Интернет-библиотека, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания

На практических занятиях и в самостоятельной работе студентов используется система компьютерной математики Mathcad и программный комплекс VISIO.

Электроснабжение

а)основная литература:

4. Кудрин, Б. И. Системы электроснабжения [Текст] : учеб. пособие / Б. И. Кудрин. - М. : Академия, 2011. - 352 с. - (Высшее проф. образование. Энергетика).

5. Конюхова, Елена Александровна. Электроснабжение объектов [Текст] : учеб. пособие / Е.А.Конюхова. - М. : Мастерство, 2002. - 319 с. : рис. - Библиогр.: с. 311.

6. Основы современной энергетики. Часть 2. Современная электроэнергетика : Учеб. : рек. Мин. обр. РФ/ под ред. Е.В. Аметистова. – М.: Издат. дом МЭИ, 2010. – 632 с.

б)дополнительная литература:

11. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию предприятий и общественных зданий [Текст] / ред. С. И. Гамазин, Б. И. Кудрин, С. А. Цырук. – М.: Издат. дом МЭИ, 2010. – 745 с.

12. Коробов, Г. В. Электроснабжение. Курсовое проектирование [Текст] : учеб. пособие / Г. В. Коробов, В. В. Картавцев, Н. А. Черемисинова. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2011. - 192 с.

13. Системы электроснабжения : учеб.-метод. комплекс для спец. 140211 - Электроснабжение/ АмГУ, Эн.ф.; сост. Н. В. Савина . -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. -195 с.

14. Ополева, Галина Николаевна. Схемы и подстанции электроснабжения [Текст] : справ.: учеб. пособие: рек. УМО / Г. Н. Ополева. - М. : ФОРУМ : ИНФРА - М, 2006. - 480 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 473.

15. Кужеков, Станислав Лукъянович. Практическое пособие по электрическим сетям и электрооборудованию [Текст] / С. Л. Кужеков, С. В. Гончаров. - 3-е изд. - Ростов н/Д : Феникс, 2009. - 493 с. : ил. - (Профессиональное мастерство). - Библиогр. : с. 480.

16. Липкин, Борис Юльевич. Электроснабжение промышленных предприятий и установок [Текст] : учеб. / Б. Ю. Липкин. – М.: Высшая школа, 1990. - 368 с.

17. Буре А.Б. Компенсация реактивной мощности и выбор фильтрующих устройств в сетях промышленных предприятий : учеб. пособие/ А. Б. Буре, И. А. Мосичева. - М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2004. -28 с.

18. Электротехнический справочник : В 4 т./ Под общ. ред. В.Г. Герасимов, Под общ. ред. А.Ф. Дьяков, Под общ. ред. Н.Ф. Ильинский, Гл. ред. А.И. Попов Т. 3 : Производство, передача и распределение электрической энергии : справочное издание. -2002. -964 с.

19. Справочник по проектированию электроснабжения/ под ред. Ю. Г. Барыбина [и др.]. -М.: Энергоатомиздат, 1990. -576 с.

20. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / под ред. Ю. Г. Барыбина [и др.]. -М.: Энергоатомиздат, 1991. - 464 с.

в)периодические издания (журналы):

Электричество;
Известия РАН. Энергетика;
Вестник ИГЭУ;
Вестник МЭИ;
Промышленная энергетика;
Энергетика. Сводный том;
IEEE Transaction on Power Systems;
International Journal of Electrical Power & Energy Systems.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
11	http://www.iqlib.ru	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные

		учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания
22	Консультант +	Справочно-правовая система. Содержит законодательную базу, нормативно-правовое обеспечение, статьи.

На практических занятиях и в самостоятельной работе студентов используется система компьютерной математики Mathcad и программный комплекс VISIO, ПВК RastrWin.

Изоляция

а)основная литература:

1. Техника высоких напряжений: Учебник для вузов / И.М.Богатенков, Ю.Н.Бочаров, Н.И. Гумерова, Г.М.Иманов и др.; под ред. Г.С.Кучинского. – СПб.: Энергоатомиздат, 2003.– 608 с.
2. Куффель, Е. Техника и электрофизика высоких напряжений [Текст]: учеб.-справ. Рук. / Е. Куффель, В. Цаенгль, Дж. Куффель.- Долгопрудный: Интеллект, 2011.-520 с.

б)дополнительная литература:

1. Электроэнергетика. Изоляция : учеб.-метод. комплекс для спец. 140204, 140205, 140211, 140203/ АмГУ, Эн.ф.; сост. Н. В. Савина , В. В. Соловьев. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. -1 о=эл. опт. диск (CD-ROM)
2. Электроэнергетика. Изоляция : учеб.-метод. комплекс для спец. 140204, 140205, 140211, 140203/ АмГУ, Эн.ф.; сост. Н. В. Савина, В. В. Соловьев . -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. -90 с.
3. Электрические аппараты высокого напряжения : учеб. пособие: доп. Гос. ком. СССР по нар. обр. / под ред. Г. Н. Александрова. - Л. : Энергоатомиздат, 1989. - 344 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 336
4. Савина Н.В, Соловьев В.В, Кривохижа Я.В, Тоушкин А.Г, Лупешко Ю.М Изоляция и перенапряжения. Лабораторный практикум: Учебное пособие. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007.

в)периодические издания (журналы):

Электричество;
Электрические станции;
Известия РАН. Энергетика;
Вестник ИГЭУ;
Вестник МЭИ;
Промышленная энергетика;
Энергетика. Сводный том;
Электрика;
IEEE Transaction on Power Systems;
International Journal of Electrical Power & Energy Systems.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.biblio@amursu.ru/	Электронный ресурс библиотеки АмГУ
2	http://www.iqlib.ru/	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные

		учебники, справочные и уче бные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.

1.10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, интерактивная доска. Материал лекций представлен в виде презентаций в Power Point. Для компьютерных симуляций используются электрические схемы энергетических компаний Дальнего Востока, однолинейные электрические схемы электрических станций и подстанций, расположенных на Дальнем Востоке, электрические схемы промышленных предприятий, городов, однолинейные электрические схемы промышленных электрических станций и подстанций.

Для проведения практических занятий и в самостоятельной работе студентов используются схемы открытых и закрытых распределительных устройств и собственных нужд электрических станций и подстанций.

Лабораторные работы проводятся в специализированных аудиториях. Основное оборудование, используемое при проведении лабораторных работ, представлено в таблице.

№	Наименование лабораторий, ауд.	Основное оборудование
1	Ауд. 207 - Зал высоковольтного оборудования	Стенды с изоляционными конструкциями: подвесные изоляторы, опорные изоляторы, проходные изоляторы
2	Ауд.107 – Зал высоких напряжений	Аппарат АИИ-70, аппарат АИД – 70, макет гирлянды изоляторов, гирлянда подвесных тарельчатых изоляторов, штанга измерительная ШИП - 220, маслонаполненный ввод ГТТБ-60-110/800, ввод масляного выключателя МВ – 35, мост переменного тока Р 5026, конденсатор Р 5023, измерительный трансформатор НОМ –10 кВ, ЛАТР

1.11. РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Рейтинговая оценка деятельности студентов осуществляется в соответствии с технологической картой дисциплины о рейтинговой системе обучения, принятой на заседании кафедры энергетики.

Текущий контроль качества освоения отдельных тем и разделов дисциплины осуществляется на основе рейтинговой системы. Этот контроль проводится ежемесячно в течение семестра и качество усвоения материала (выполнения задания) оценивается в баллах, в соответствии с рейтинг планом дисциплины.

Промежуточная аттестация (экзамен или зачет) проводится в конце семестра и оценивается по 5-ти балльной системе. Допуск к экзамену или зачету осуществляется по итоговому рейтингу текущего контроля, который определяется суммированием баллов по всем видам текущего контроля.

Для раздела дисциплины «Производство электроэнергии» максимальный балл составляет 100, в том числе: индивидуальные домашние задания – 80, другие виды текущего контроля – 20 баллов. Допуск к экзамену соответствует 56…100 баллам.

Для раздела дисциплины «Передача и распределение электроэнергии» максимальный балл составляет 100, в том числе: индивидуальные домашние задания – 60, коллоквиумы – 30, другие виды текущего контроля – 10 баллов. Допуск к экзамену соответствует 56…100 баллам.

Для раздела дисциплины «Электроснабжение» максимальный балл составляет 100, в том числе: индивидуальные домашние задания – 80, другие виды текущего контроля – 20 баллов. Допуск к экзамену соответствует 56…100 баллам.

Для раздела дисциплины «Изоляция» максимальный балл составляет 100, в том числе: выполнение и защита лабораторных работ – 70, контролирующие тесты – 20, другие виды текущего контроля – 10 баллов. Допуск к экзамену соответствует 56…100 баллам.

2 Краткий конспект лекций

Тема 1. Введение. Основные понятия и определения об электрических станциях.

Производство электрической энергии преследует цель закрепления, систематизации и расширения творческих знаний студента путем самостоятельного решения комплексных задач использования электрооборудования электрической станции, подстанции энергосистемы, главной понизительной подстанции промышленного предприятия.

В процессе изучения производства электрической энергии студент осваивает методику выполнения проектных решений, учится работать с технической литературой и читать электрические схемы.

Электрической схемой называется условное изображение соединений отдельных машин, аппаратов, приборов и токоведущих частей электрических установок между собой. При этом отдельные элементы электрической установки обозначаются условными знаками.

Электрические схемы в практике эксплуатации электрических установок служат для того, чтобы, не осматривая в (натуре всех агрегатов, приборов и соединительных проводников (кабелей, шин, линий), что зачастую является невозможным, в то же время ясно представлять, от каких агрегатов и через какие соединительные элементы, машины и приборы электрическая энергия подается к потребителям. В практике проектирования и монтажа электрических установок электрические схемы служат для того, чтобы знать, какой должна быть установка, какие элементы данной установки должны быть соединены между собой и каким образом. В последнем случае электрическая схема помогает быстро и правильно осуществить монтаж.

Знание электрических схем облегчает эксплуатацию электрических установок. Оперативные переключения совершенно не мыслимы без знания электрической схемы соединения, так как ошибочное включение или отключение отдельных машин, аппаратов и линий, как правило, ведет к авариям (повреждению оборудования и недоотпуску электроэнергии), а зачастую и к человеческим жертвам. Так, включение под напряжение линии, на которой работают люди, будет сопровождаться человеческими жертвами. Подача напряжения на закороченный элемент электрической установки приведет к короткому замыканию, что, в свою очередь, может привести к повреждению оборудования, нарушению устойчивой параллельной работы электрической установки (станции, системы) и перерыву снабжения электроэнергией потребителей. Ошибочное отключение потребителей электрической энергии вызовет недоотпуск электроэнергии, а у некоторых, особо ответственных потребителей, может повести к человеческим жертвам и к нанесению огромного убытка народному хозяйству из-за остановки производства.

Наличие электрических схем отдельных элементов установки облегчает их ремонт. Во многих случаях незнание электрической схемы или неумение ее прочесть делает невозможным проведение ремонта электротехнического оборудования.

С другой стороны, умение читать электрические схемы и отличное знание схем оборудования и установки, в которой работает рабочий, служат залогом безаварийной

работы в действующих установках – залогом перевыполнения норм выработки при монтажных работах, повышения качества и сокращения сроков профилактических ремонтов оборудования.

Простота и наглядность схем электрических установок достигаются тем, что каждый тип элементов установок обозначается особым, присвоенным ему значком, называемым условным обозначением.

С целью облегчения чтения электрических схем условное графическое обозначение каждого отдельного элемента электрической установки выражает наиболее характерные особенности данного элемента. Так, например, для генераторов и других вращающихся электрических машин характерно наличие круглых частей (ротор, статор), поэтому основным элементом условного обозначения вращающейся электрической машины является окружность. Для масляного выключателя характерным является наличие размыкающихся контактов и кожуха. Эти две особенности и положены в основу условного графического обозначения масляного выключателя.

1. Синхронные генераторы и компенсаторы.

Как известно, синхронные генераторы являются основными источниками переменного тока. Они преобразуют механическую энергию вращения, получаемую от турбины, в электрическую энергию.

Внешний вид синхронного паротурбинного генератора представлен на рис. 1. В электрических схемах применяют несколько видов условных обозначений генераторов.

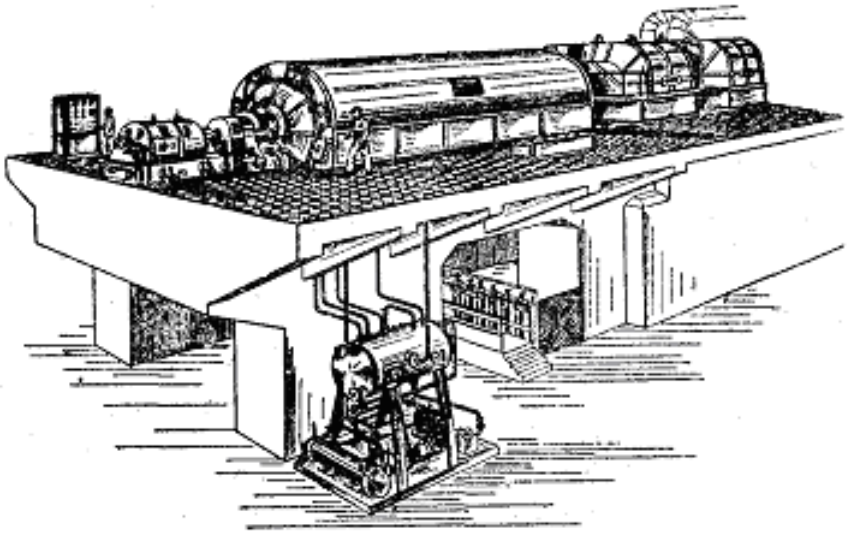


Рисунок 1. – Внешний вид синхронного паротурбинного генератора

Прежде всего, для обозначения синхронного генератора и компенсатора может быть применено общее обозначение для вращающейся электрической машины, приведенное на рис. 2, а) и б), причем первое из них применяется в однолинейных, а второе в многолинейных схемах. Вторая группа условных обозначений для синхронных генераторов и компенсаторов приведена на рис 2, в) и г). В этих обозначениях имеется по две окружности, одна из которых (внешняя) обозначает якорь (статор), а вторая (внутренняя) – возбудитель синхронного генератора или компенсатора.

На последней окружности черными квадратиками указаны щетки. Третья группа (рис. 2, д, е, ж и з) заключает в себе условное обозначение якоря (статора) и системы возбуждения. В них статор также обозначается окружностью, а система возбуждения – зигзагом и размещается рядом с окружностью (справа). Условные обозначения, приведенные на рис. 2, з) и е) – предназначаются для синхронных машин трехфазного тока с выведенной нейтральной (средней) точкой. Обозначения, приведенные на рис. 2, ж) и з), предназначаются для синхронных машин трехфазного тока с выведенными шестью концами фаз обмотки статора.

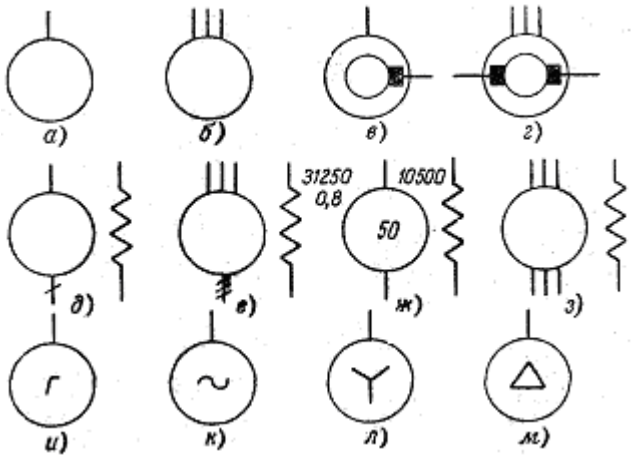


Рисунок 2. – Общее обозначение вращающейся электрической машины

Приведенные на рис. 2, з) и ж) обозначения предназначаются для однолинейных схем, а на рис 2, е) и з) – для трехлинейных схем.

Три черточки, пересекающие наискось линию, идущую вниз от окружности на рис. 2, е), обозначают три провода (фазы). Одна такая черточка на рис. 2, д), означает один провод (нейтральный).

Внутри обозначения машины могут быть поставлены буквы, обозначающие род машины. Буква Г (рис. 2, и) означает генератор (первая буква слова генератор); буквы СК обозначают синхронный компенсатор. Знак синусоиды (волнистая линия), нарисованная внутри окружности (рис. 2, к), указывает на то, что данная машина является машиной переменного тока. В некоторых случаях указывают, как соединены обмотки статора: в звезду (рис. 2, л и м) или в треугольник.

Иногда условное обозначение снабжается цифрами, которые обозначают напряжение, мощность, номинальный коэффициент мощности и частоту (рис. 2, ж).

Напряжение указывается в вольтах и ставится рядом с подходящими проводами; справа от вертикальных проводов и снизу под горизонтальными проводами.

Мощность указывается в киловольт-амперах (синхронные компенсаторы) и киловаттах (синхронные генераторы) и ставится слева от условного обозначения, при этом наименования величин можно не указывать.

Номинальный коэффициент мощности ($\cos(\varphi)$) ставятся под величиной мощности.

Номинальная частота указывается в герцах внутри условного обозначения.

2. Силовые трансформаторы.

Трансформаторы служат для преобразования электрической энергии одного напряжения в электрическую энергию другого напряжения.

Трансформаторы имеют две или три (иногда и более) электрически не соединенных друг с другом группы обмоток на различные напряжения, например, первая 1 группа напряжением 6 000 кВ, трехфазные.

Для изображения трансформаторов применяют три вида условных обозначений: однолинейное, многолинейное и подробное (многолинейное с указанием обмоток) исполнение.

В обозначениях первых двух видов группа обмоток каждого напряжения обозначается окружностью. Так, двухобмоточный трансформатор обозначается двумя окружностями, а трехобмоточный – тремя окружностями. Кроме того, внутри окружности указывается вид соединения обмоток, условными обозначениями, приведенными на рис. 3:

Рис. 3. а) – Однофазная обмотка с двумя выводами;

Рис. 3. б) – Однофазная обмотка с двумя выводами и выведенной нейтральной (средней) точкой;

Рис. 3. в) – Соединение обмоток двух фаз в открытый треугольник;

Рис. 3. г) – Три однофазные обмотки, каждая с двумя выводами;

Рис. 3. д) – трехфазная обмотка, соединенная в звезду;

Рис. 3. е) – трехфазная обмотка, соединенная в звезду с выведенной нейтральной (средней) точкой;

Рис. 3. ж) – трехфазная обмотка, соединенная в треугольник;

Рис. 3. з) – трехфазная обмотка, соединенная в разомкнутый треугольник;

Рис. 3. и) – трехфазная обмотка, соединенная в зигзаг.

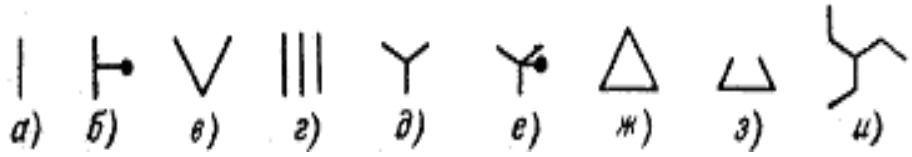


Рисунок 3. – Условные обозначения соединения обмоток

Однофазные двухобмоточные трансформаторы, обозначаются так, как указано на рис. 4, а), б), в), г), д) и е), где на рис. 4, а) и г) дано однолинейное изображение (на рис. 4, а) – нормального трансформатора, а на рис 4, г) –трансформатора с экраном между обмотками), на рис. 4, б) и д) – двухлинейное (без экрана и с экраном), а на рис. 4, б) и е) – подробное. Однофазные трехобмоточные трансформаторы обозначаются так, как указано на рис 4, ж), з) и на рис. 4, ж) – однолинейное изображение; на рис. 4, з) – многолинейное, а на рис. 4, и) – подробное. Изображения трехфазных двухобмоточных трансформаторов представлены на рис. 4, к), л) и м). На рис. 4, о) приведено однолинейное соединение.

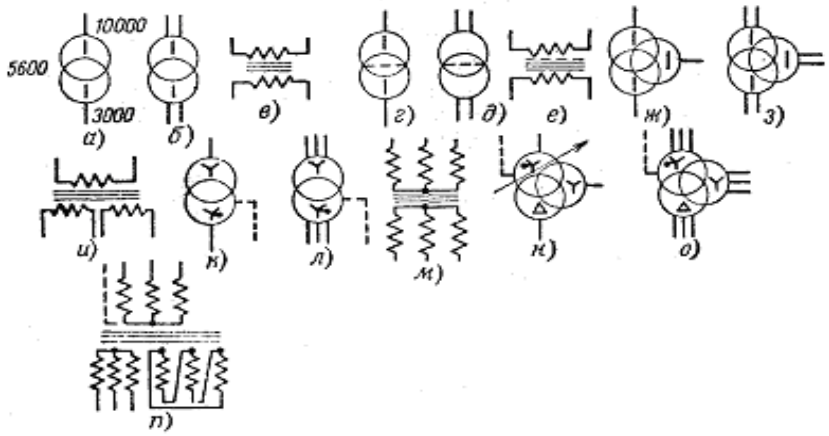


Рисунок 4. –Однофазные двухобмоточные трансформаторы

Тема 2. Способы производства электроэнергии

ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ТЭС)

Основной тип электростанций в России – тепловые, работающие на органическом топливе (уголь, мазут, газ, сланцы, торф). Среди них главную роль играют мощные (более 2 млн. кВт) ГРЭС – государственные районные электростанции, обеспечивающие потребности экономического района, работающие в энергосистемах.

Тепловыми называют такие электростанции, где тепловую и электрическую энергию получают благодаря сжиганию в топках котлов или самих двигателях твердого, жидкого или газообразного топлива. Поэтому различают электростанции угольные (где сжигают кусковой или переработанный уголь в угольную пыль), торфяные, сланцевые, дизельные, работающие на жидком топливе, а также электростанции, где в топках котлов сжигается мазут или газ, и газотурбинные, где газ сгорает не в топках котлов, а в турбине.

Среди тепловых значительную часть составляют конденсационные электростанции (КЭС), предназначенные в основном для выработки электрической энергии и снабжения ею потребителей. На них широко применяют агрегаты с единичными мощностями 200, 300, 500,800 МВт и более. Коэффициент полезного действия (кпд) современных КЭС достигает 40 – 42 %. Среди тепловых станций они являются наиболее мощными (2400 – 4800 МВт и выше), и называются ГРЭС. Главный корпус ГРЭС показан на рис. 5. Эти станции вместе с гидроэлектростанциями служат основной базой электрификации России.

Следующей значительной группой среди тепловых станций являются теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), которые предназначены для комбинированной выработки тепловой (пара и горячей воды) и электрической энергии. Комбинированная выработка энергии повышает кпд современных ТЭЦ до 65 – 70 %.

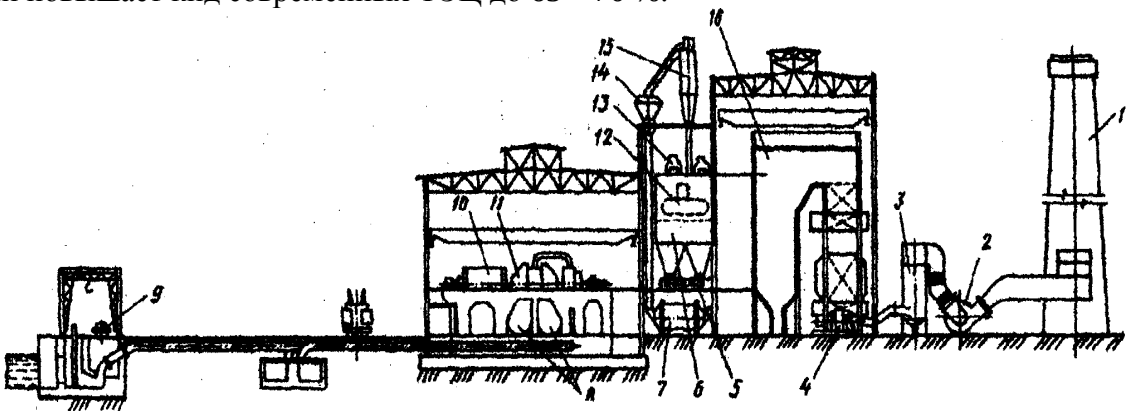


Рисунок 5. – Главный корпус ГРЭС (поперечный разрез):

1 – дымовая труба; 2 – дымосос; 3 – золоуловитель; 4 – дутьевой вентилятор; 5 и 6 – питатель в бункер сырого угля; 7 – углеразмольная мельница; 8 – конденсаторы турбины; 9 – циркуляционный насос; 10 – генератор; 11 – поровая турбина; 12 – деаэратор; 13 – транспортер угля; 14 – сепаратор; 15 – циклон; 16 – котел.

Кусковой уголь через ленточные транспортеры (рис. 5) и угольные склады поступает в бункер, взвешивается на весах для дальнейшего определения удельных расходов условного топлива (на выработанный киловатт-час), а затем попадает в мельницу (куда подводится горячий воздух), где размалывается и окончательно подсушивается. Отсюда угольная пыль выносится в сепаратор, в котором освобождается от недостаточно размолотых крупных частиц угля. Пылевоздушная смесь из сепаратора поступает в циклон, где происходит отделение пыли от газов.

Полученное таким образом пылевидное топливо подается питателями пыли (шнеками) в горелки котельного агрегата, распыляется и сгорает в топке. В топку котла подается подогретый воздух. Выпавшие шлаки удаляются багерным насосом, а зола,

находящаяся в отработанных газах во взвешенном состоянии, улавливается и удаляется золоуловителем. Для создания тяги в топке и выброса отработанных газов служат дымосос и дымовая труба.

Полученный в котельном агрегате пар поступает в турбину, которая приводит в действие генератор. Отработавший в турбине пар поступает в конденсатор, в котором создается вакуум, пар, охлаждается и превращается в воду (конденсат). Конденсат подается конденсатным насосом в деаэратор, где очищается от кислорода и других газов, а затем питательным насосом в котел. Таким образом, создается постоянный замкнутый пароводяной цикл.

На размещение тепловых электростанций оказывает основное влияние топливный и потребительский факторы. Наиболее мощные ТЭС расположены, как правило, в местах добычи топлива. Тепловые электростанции, использующие местные виды топлива (торф, сланцы, низкокалорийные и многозольные угли), ориентируются на потребителя и одновременно находятся у источников топливных ресурсов. Потребительскую ориентацию имеют электростанции, использующие высококалорийное топливо, которое экономически выгодно транспортировать. Что же касается тепловых электростанций, работающих на мазуте, то они располагаются преимущественно в центрах нефтеперерабатывающей промышленности. Преимущества тепловых электростанций по сравнению с другими типами электростанций заключаются в следующем:

– Относительно свободное размещение, связанное с широким распространением топливных ресурсов в России;

– Способность вырабатывать электроэнергию без сезонных колебаний (в отличие от ГРЭС).

К недостаткам относятся:

– Использование не возобновляемых топливных ресурсов;

– Низкий КПД;

– Крайне неблагоприятное воздействие на окружающую среду.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (ГЭС)

Работа гидравлических станций (ГЭС) (рис. 6.) основана на использовании водной энергии.

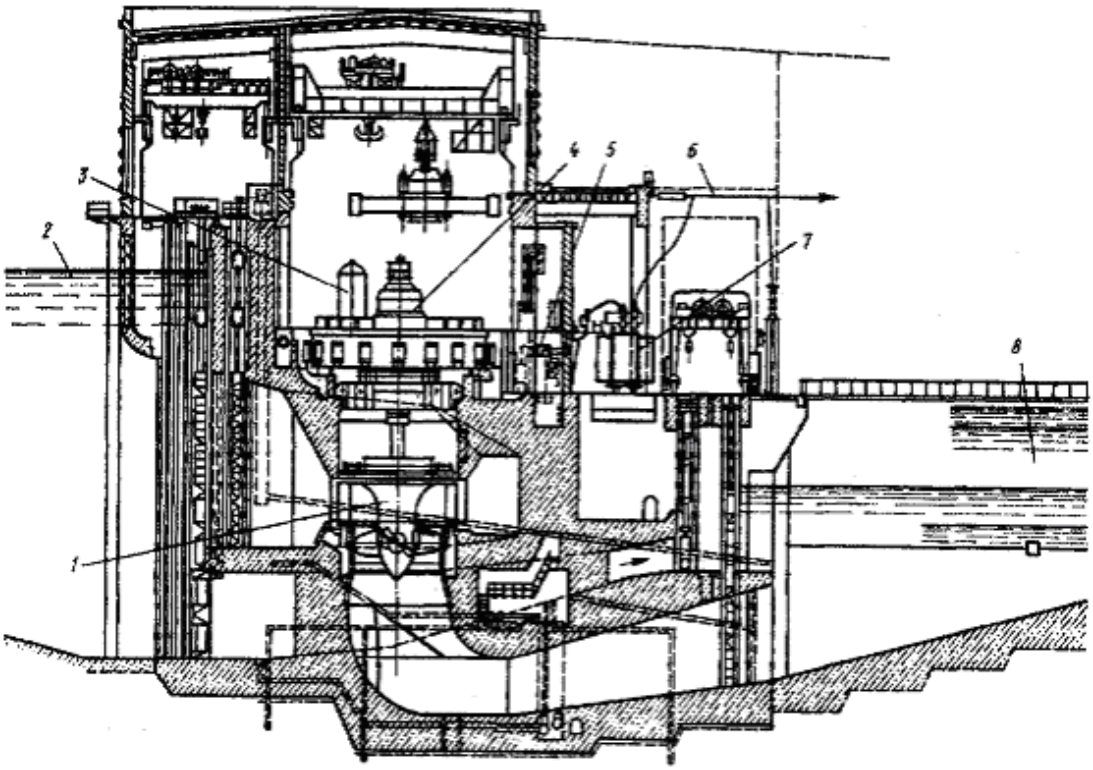


Рисунок 6. – Здание ГЭС (поперечный разрез):

1 – Гидротурбина; 2 и 8 – Нормальные уровни верхнего и нижнего бьефов; 3 – Маслонапорная установка гидротурбины; 4 – Гидрогенератор; 5 – Закрытое распределительное устройство; 6 – Линия к подстанции; 7 – Повышающий трансформатор.

Первичными двигателями на ГЭС являются гидротурбины, которые приводят во вращение синхронные гидрогенераторы. Мощность, развиваемая гидроагрегатом, пропорциональна напору H и расходу воды Q, т. е.:

$$P = Q \cdot H \ .$$

Таким образом, мощность ГЭС определяется расходом и напором воды.

На ГЭС, как правило, напор воды создается плотиной. Водное пространство перед плотиной называется верхним бьефом, а ниже плотины – нижним бьефом. Разность уровней верхнего (УВБ) и нижнего бьефа (УНБ) определяет напор H.

Верхний бьеф образует водохранилище, в котором накапливается вода, используемая по мере необходимости для выработки электроэнергии.

В состав гидроузла на равнинной реке входят: плотина, здание электростанции, водосбросные, судопропускные (шлюзы), рыбопропускные сооружения и другие.

На горных реках сооружаются ГЭС, которые используют большие естественные уклоны реки. Однако при этом обычно приходится создавать систему деривационных сооружений. К ним относятся сооружения, направляющие воду в обход естественного русла реки: деривационные каналы, туннели, трубы.

В электрической части ГЭС во многом подобны конденсационным электростанциям. Как и КЭС, гидроэлектростанции обычно удалены от центров потребления, так как место их строительства определяется в основном природными условиями. Поэтому электроэнергия, вырабатываемая ГЭС, выдается на высоких и сверхвысоких напряжениях (110 – 500 кВ). Отличительной особенностью ГЭС является небольшое потребление электроэнергии на

собственные нужды, которое обычно в несколько раз меньше, чем на ТЭС. Это объясняется отсутствием на ГЭС крупных механизмов в системе собственных нужд.

Благодаря меньшим эксплуатационным расходам себестоимость электроэнергии на ГЭС, как правило, в несколько раз меньше, чем на тепловых электростанциях.

В современных энергосистемах при сооружении ГЭС одновременно с энергетическими решаются важные народнохозяйственные задачи:

– Орошение земель и развитие судоходства;

– Обеспечение водоснабжения крупных городов и промышленных предприятий.

Технология производства электроэнергии на ГЭС довольно проста и легко поддается автоматизации. Пуск агрегата ГЭС занимает не более 50 с, поэтому резерв мощности в энергосистеме целесообразно обеспечить именно этими агрегатами.

Коэффициент полезного действия ГЭС обычно составляет около 85 – 90 %.

АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (АЭС)

Атомные электростанции (АЭС) относятся к тепловым электрическим станциям, однако из-за ряда специфических особенностей выделяются в самостоятельную группу. Первая в мире атомная станция была пущена в 1954 году, а сейчас работают Белоярская, Нововоронежская, Ленинградская, Кольская и другие АЭС, которые постепенно будут вытеснять электростанции, работающие на органическом топливе. Коэффициент полезного действия атомных электростанций пока невысок – 20 – 30 %.

Устройство, в котором происходит процесс деления ядер с выделением теплоты, называют атомным реактором. На АЭС применяют несколько видов реакторов: водоводяные энергетические ВВЭР-440, ВВЭР-1000, РБМК-1500, а также на быстрых нейтронах.

Схема атомной электростанции показана на рис. 7. Для регулирования скорости процесса выделения теплоты (его замедления) в атомных реакторах применяют графитовые стержни. Теплота, выделяемая при получении ядерной энергии, передается в реакторе 1 охлаждающему теплоносителю (например, обычной воде, диоксиду углерода, гелию), который с помощью реакторного насоса 9 пропускается через специальный теплообменник 2, а затем с помощью насоса 8 перекачивается в парогенератор 3. Здесь вода превращается в пар, поступающий в турбину 4. На одном валу с турбиной находится генератор (турбогенератор 5), от которого электроэнергия подается в электрическую сеть. Реактор 1 и промежуточный теплообменник 2 являются источниками радиоактивного излучения, опасного для жизни.

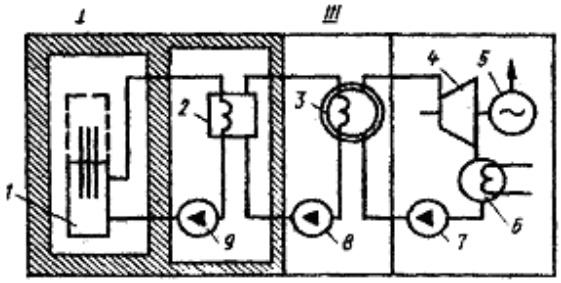


Рисунок 7. – Схема атомной электростанции

Для приема электроэнергии, вырабатываемой электростанциями, ее преобразования и электроснабжения потребителей передачи электроэнергии из одного энергорайона в другой служат электрические сети и их подстанции. В зависимости от характера потребителей, расположения и мощности электростанции в данном районе, конфигурации, длины и напряжения электрических сетей, атмосферных и других условии электрические подстанции имеют различное назначение и разнообразное оборудование.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДСТАНЦИЙ

В современных энергосистемах основными признаками, определяющими тип подстанции, являются ее местоположение, назначение и роль в энергосистеме. Главными факторами, которые в настоящее время определяют классификацию сетевых подстанций по степени их сложности, являются:

– Главная схема электрических соединений и присоединение ее к системе (тупиковая, ответвительная, проходная или узловая);

– Число отходящих линий на высшем и среднем напряжении;

– Способ управления и обслуживания подстанции (полностью автоматическая подстанция или с постоянным дежурным персоналом);

– С выключателями на стороне высшего напряжения или без них;

– С компенсирующими устройствами или без них.

Все сетевые подстанции можно разбить на три основные категории:

I. Подстанции по упрощенным схемам, как правило, без выключателей;

II. Проходные подстанции с малым числом линий и выключателей;

III. Узловые подстанции (мощные коммутационные узлы системы).

По своему назначению подстанции I и II категории разделяются на:

1) Потребительские подстанции;

2) Системные подстанции.

Потребительские подстанции в основном характеризуются наличием двух напряжений, то есть установкой, как правило, двухобмоточных трансформаторов.

К потребительским подстанциям в отдельных случаях можно отнести также подстанции с установкой трехобмоточных трансформаторов 110/35/6 – 10 кВ, а также с трансформаторами 220/35/6 – 10 кВ.

Все подстанции с установкой автотрансформаторов являются системными подстанциями.

По характеру выдачи мощности и питанию нагрузки системные подстанции можно разбить на:

1) Подстанции, выдающие мощность через автотрансформаторы из сети высшего напряжения в сеть среднего напряжения для электроснабжения на этом напряжении целых районов;

2) Подстанции с реверсивным потоком мощности через автотрансформаторы из сети ВН в сеть СН и наоборот (при наличии группы электростанций в сети среднего напряжения);

3) Подстанции с комбинированным режимом работы, когда наряду с обменными потоками между ВН и СН имеется нагрузка на стороне низшего напряжения 6 – 35 кВ.

Таким образом, по рассматриваемому признаку основным назначением системных подстанций является осуществление прямой электрической связи между сетями высшего и среднего напряжений с выдачей значительных потоков мощности.

По способу присоединения к сети подстанции разделяются на:

1) Тупиковые:

а) Питаемые по одной тупиковой линии;

б) Питаемые по двум тупиковым линиям;

2) Ответвительные:

а) Ответвление от одной проходящей линии;

б) Ответвление от двух проходящих линий;

3) Проходные (транзитные):

а) Включаемые в рассечку одной проходящей линии с двусторонним питанием;

б) То же с односторонним питанием;

в) Включаемые в рассечку двух проходящих линий;

4) Комбинированные, когда, кроме питающих линий, от подстанции отходят дополнительно одна – две радиальные или транзитные линии.

Ответвительные подстанции в свою очередь разделяются на подгруппы:

а) Подстанции с глухим присоединением к проходящим линиям;

б) Подстанции с автоматическим секционированием участков линий.

Подстанции I категории также разделяются на:

1) Подстанции без подпитки;

2) Подстанции с подпиткой со стороны низшего или среднего напряжений.

По местоположению проходные и мощные узловые подстанции разделяются на:

1) Подстанции, расположенные на трассе слабой одиночной внутрисистемной или межсистемной связи;

2) Подстанции, представляющие собой мощные коммутационные узлы системы, через которые на стороне высшего напряжения по линиям проходят большие межсистемные транзитные потоки мощности.

По количеству устанавливаемых трансформаторов подстанции разделяются на:

1) Однотрансформаторные;

2) Двухтрансформаторные;

3) Трех – Четырехтрансформаторные.

По типам устанавливаемых трансформаторов подстанции разделяются на следующие:

1) С двухобмоточными трансформаторами;

2) С трехобмоточными трансформаторами;

3) С трансформаторами с расщепленными обмотками НН;

4) С автотрансформаторами.

По количеству напряжений на подстанции возможны:

1) Подстанции с двумя напряжениями (ВН+НН);

2) Подстанции с двумя напряжениями (ВН+СН);

3) Подстанции с тремя напряжениями (ВН+СН+НН);

4) Подстанции с четырьмя напряжениями (ВН+СН+ +СН+НН).

В мощных узловых подстанциях возможно также два напряжения НН, например 10 и 35 кВ, для питания некоторых удаленных потребителей местного района.

По типам компенсирующих устройств и специальным системным функциям подстанции разделяются на следующие группы:

1) С установкой синхронных компенсаторов;

2) С установкой шунтовых батарей статических конденсаторов;

3) С установкой синхронных компенсаторов и шунтовых батарей конденсаторов;

4) С установкой продольной емкостной компенсации (УПК);

5) С установкой шунтирующих реакторов.

По способу управления подстанции разделяются на:

1) Полностью автоматические подстанции, без постоянного дежурного персонала;

2) С дежурством на дому;

3) С постоянным дежурным персоналом.

Тема 3. Электрические схемы электрических станций и подстанций.

СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Структурная электрическая схема зависит от состава оборудования (числа генераторов, трансформаторов), распределения генераторов и нагрузки между распределительными устройствами (РУ) разного напряжения и связи между этими РУ.

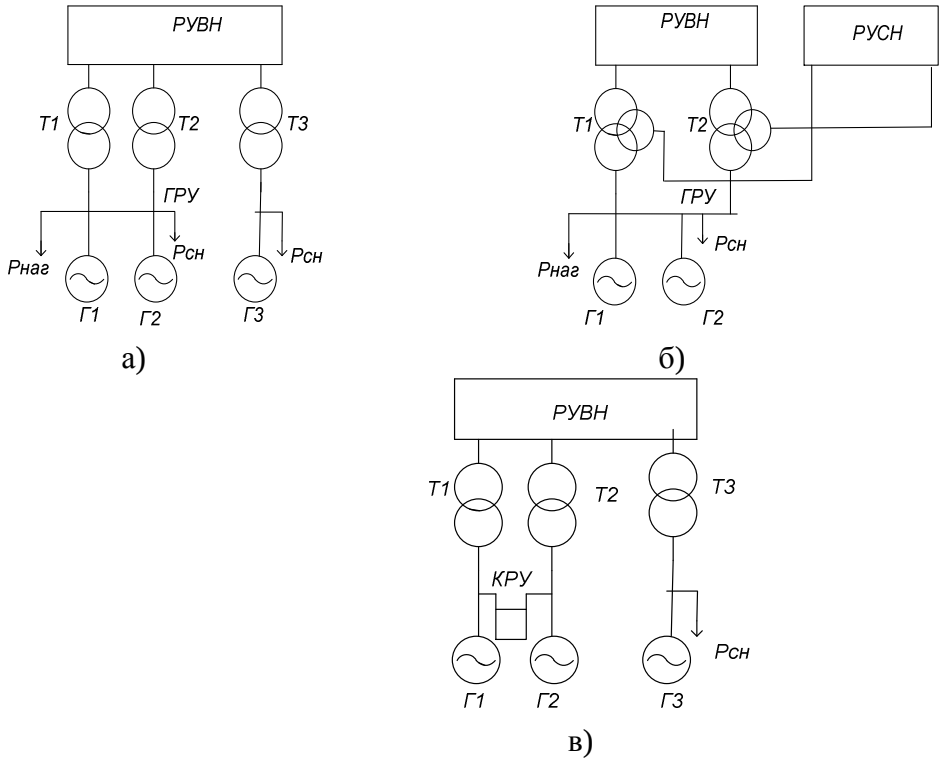


Рисунок 8. – Структурные схемы ТЭЦ

На рис. 8. показаны структурные схемы ТЭЦ. Если ТЭЦ сооружается вблизи потребителей электроэнергии $U = 6 - 10\,кВ$, то необходимо иметь распределительное устройство генераторного напряжения (ГРУ). Количество генераторов, присоединяемых к ГРУ, зависит от нагрузки $U = 6 - 10\ кВ$. На рис. 8, а) два генератора присоединены к ГРУ, а один, как правило, более мощный, – к распределительному устройству высокого напряжения (РУВН).

Линии $110 - 220$ кВ, присоединенные к этому РУ, осуществляют связь с энергосистемой.

Если вблизи ТЭЦ предусматривается сооружение энергоемких производств, то питание их может осуществляться по ВЛ $U = 35 - 110\ кВ$. В этом случае на ТЭЦ предусматривается распределительное устройство среднего напряжения (РУСН) (рис. 8, б). Связь между РУ разного напряжения осуществляется с помощью трехобмоточных трансформаторов или автотрансформаторов.

При незначительной нагрузке ($U = 6 - 10\ кВ$) целесообразно блочное соединение генераторов с повышающими трансформаторами без поперечной связи на генераторном напряжении, что уменьшает токи КЗ и позволяет вместо дорогостоящего ГРУ применить комплектное РУ для присоединения потребителей $6 - 10$ кВ (рис. 8, в). Мощные энергоблоки $100 - 250$ МВт присоединяются к РУВН без отпайки для питания потребителей. Современные мощные ТЭЦ обычно имеют блочную схему.

На рис. 9. показаны структурные схемы электростанций с преимущественным распределением электроэнергии на повышенном напряжении (КЭС, ГЭС, АЭС). Отсутствие потребителей вблизи электростанций позволяет отказаться от ГРУ. Все генераторы

соединяются в блоки с повышающими трансформаторами. Параллельная работа блоков осуществляется на высоком напряжении, где предусматривается распределительное устройство (рис.9, а).

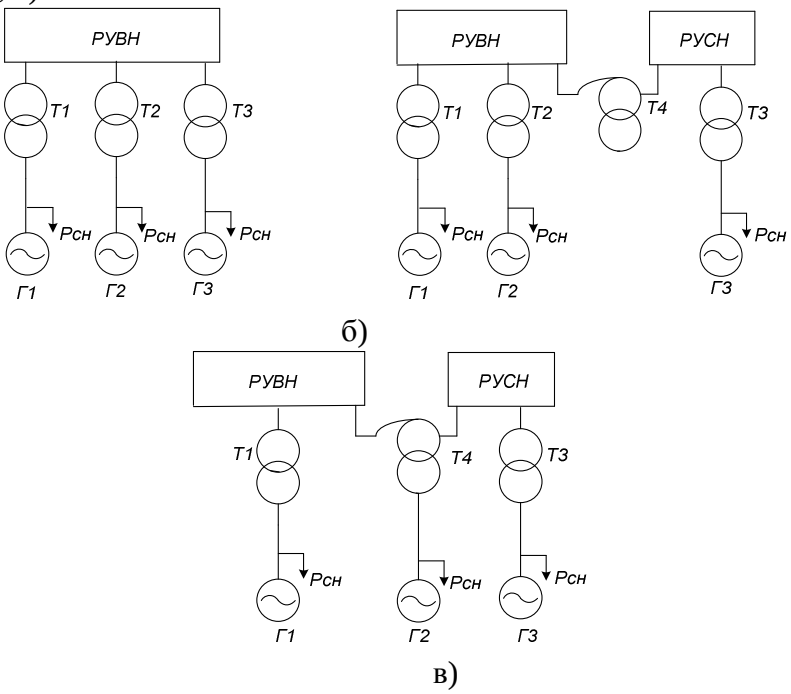


Рисунок 9. – Структурные схемы КЭС, ГЭС, АЭС

Если электроэнергия выдается на высшем и среднем напряжении, то связь между РУ осуществляется автотрансформатором связи (рис. 9, б) или автотрансформатором, установленным в блоке с генератором (рис. 9, в).

На рис. 10 показаны структурные схемы подстанций. На подстанции с двухобмоточными трансформаторами (рис. 10, а) электроэнергия от системы поступает в РУВН, затем трансформируется и распределяется между потребителями в РУНН. На узловых подстанциях осуществляется связь между отдельными частями энергосистемы и питание потребителей (рис. 10, б). Возможно сооружение подстанций с двумя РУ среднего напряжения, РУВН и РУНН. На таких подстанциях устанавливаются два автотрансформатора и два трансформатора (рис. 10, в).

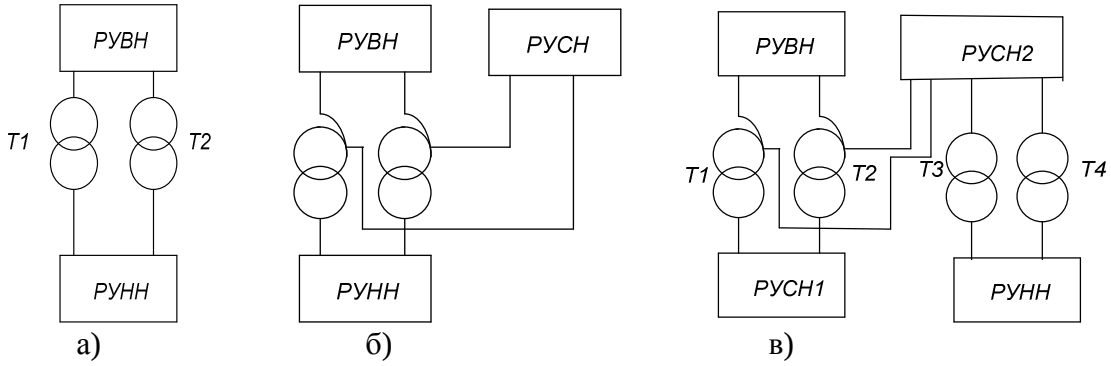


Рисунок 10 – Структурные схемы подстанций

ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРОВ.
ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ТЭЦ

На электростанциях, имеющих шины генераторного напряжения, предусматривается установка трансформаторов для связи этих шин с шинами повышенного напряжения. Такая

связь необходима для выдачи избыточной мощности в энергосистему в нормальном режиме, когда работают все генераторы, и для резервирования питания нагрузок на напряжении 6 – 10 кВ при плановом или аварийном отключении одного генератора.

Число трансформаторов связи обычно не превышает двух и выбирается из следующих соображений.

При трех или более секциях сборных шин ГРУ устанавливаются два трансформатора связи. Это позволяет создать симметричную схему и уменьшить перетоки мощности между секциями при отключении одного генератора.

При выдаче в энергосистему от ТЭЦ значительной мощности, соизмеримой с мощностью вращающегося резерва энергосистемы (10 – 12 % общей установленной мощности энергосистемы), необходима установка двух трансформаторов. В этом случае обеспечивается надежная выдача избыточной мощности в энергосистему.

В остальных случаях, когда ГРУ состоит из одной – двух секций и выдаваемая в энергосистему мощность невелика, допустима установка одного трансформатора связи.

Трансформаторы связи должны обеспечить выдачу в энергосистему всей активной и реактивной мощности генераторов за вычетом нагрузок собственных нужд и нагрузок распределительного устройства генераторного напряжения в период минимума нагрузки, а также выдачу в сеть активной мощности, вырабатываемой по тепловому графику в нерабочие дни.

Мощность трансформаторов связи выбирается с учетом возможности питания потребителей в летний период, когда при снижении тепловых нагрузок может потребоваться остановка теплофикационных агрегатов. Также учитывается необходимость резервирования питания нагрузок в период максимума при выходе из строя наиболее мощного генератора, присоединенного к ГРУ.

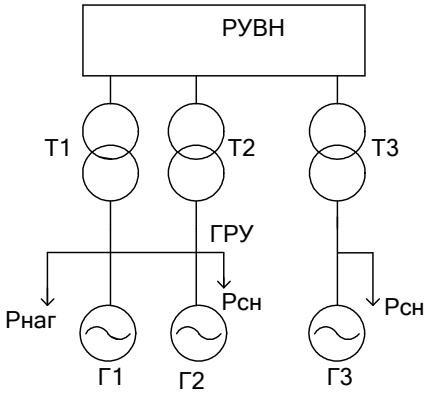


Рисунок 11. – Схема выдачи электроэнергии ТЭЦ

На рис. 11. приведена схема выдачи электроэнергии ТЭЦ, где условно показаны сборные шины генераторного и высшего напряжения.

Мощность, передаваемая через трансформатор, определяется с учетом различных значений cos(φ) генераторов, нагрузки и потребителей собственных нужд:

$$S_{расч} = \sqrt{(\sum P_Г - P_н - \sum P_{С,Н})^2 + (\sum Q_Г - Q_н - \sum Q_{С,Н})^2} \qquad (1)$$

где $\Sigma P_Г$, $\Sigma Q_Г$ – активная суммарная и реактивная мощность генераторов, присоединенных к сборным шинам; $\Sigma P_н$, $\Sigma Q_н$ – активная и реактивная нагрузка на генераторном напряжении; $\Sigma P_{СН}$, $\Sigma Q_{СН}$ – активная и реактивная нагрузка собственных нужд.

Передаваемая через трансформатор связи мощность изменяется в зависимости от режима работы генераторов и графика нагрузки потребителей. Эту мощность можно определить на основании суточного графика выработки мощности генераторами и графиков нагрузки потребителей и собственных нужд ТЭЦ. При отсутствии таких графиков

определяют мощность, передаваемую через трансформатор, в трех режимах: в режиме минимальных нагрузок, подставляя в (1) $P_{н,\min}$, $Q_{н,\min}$ находят $S_{1расч}$, в режиме максимальных нагрузок $P_{н,\max}$, $Q_{н,\max}$ находят $S_{2расч}$, в аварийном режиме при отключении самого мощного генератора (изменяется величина $\Sigma P_Г$, $\Sigma Q_Г$) находят $S_{3расч}$.

По наибольшей расчетной нагрузке определяется мощность трансформаторов связи. При установке двух трансформаторов:

$$S_T \geq \frac{S_{расч,\max}}{K_З \cdot n} \qquad (2)$$

где $K_З$ – 0,7 – коэффициент загрузки трансформатора;

n – количество трансформаторов.

Трансформаторы связи могут работать как повышающие в режиме выдачи мощности в энергосистему и как понижающие при передаче мощности из энергосистемы. Реверсивная работа вызывает необходимость применения трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой.

Трансформаторы могут быть трехобмоточными, если на ТЭЦ кроме нагрузок 6 – 10 кВ имеются нагрузки на 35 кВ, составляющие не менее 15 % общей нагрузки трансформатора, а связь с энергосистемой осуществляется на напряжении 110 кВ.

При нагрузке на 35 кВ менее 15 % устанавливаются двухобмоточные трансформаторы 35/6 – 10 кВ.

Выбор трансформаторов производится по загрузке обмоток низшего напряжения, которая определяется в трех указанных выше режимах по (1).

На ТЭЦ с блочным соединением генераторов мощность блочного трансформатора выбирается по расчетной мощности:

$$S_{расч} = \sqrt{(P_Г - P_н - P_{С,Н})^2 + (Q_Г - Q_н - Q_{С,Н})^2}\ , \qquad (3)$$

где $P_Н$ – нагрузка, присоединенная к ответвлению от энергоблока. Если нагрузка присоединена к двум энергоблокам, то при определении $S_{расч}$ следует принять $P_н/2$.

Если от энергоблока получают питание только собственные нужды, то

$$S_{расч} = \sqrt{(P_Г - P_{С,Н})^2 + (Q_Г - Q_{С,Н})^2}\ . \qquad (4)$$

ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ СВЯЗИ НА КЭС, ГЭС И АЭС

На мощных КЭС, ГЭС и АЭС выдача электроэнергии в энергосистему происходит на двух, а иногда на трех повышенных напряжениях. Связь между распределительными устройствами разного напряжения осуществляется обычно с помощью автотрансформаторов, применение которых обусловлено рядом преимуществ.

Мощность автотрансформаторов выбирается по максимальному перетоку между распределительными устройствами высшего и среднего напряжения, который определяется по наиболее тяжелому режиму. Расчетным режимом может быть выдача мощности из РУ среднего напряжения в РУ высшего напряжения, имеющего связь с энергосистемой. При этом необходимо учитывать в расчете минимальную нагрузку на шинах СН. Более тяжелым может оказаться режим передачи мощности из РУ высшего напряжения в РУ среднего напряжения при максимальной нагрузке на шинах СН и отключении одного из энергоблоков, присоединенных к этим шинам.

Число автотрансформаторов связи определяется схемой прилегающего района энергосистемы. При наличии дополнительных связей между линиями высшего и среднего напряжения в энергосистеме на электростанции может быть установлен один автотрансформатор, а в некоторых случаях возможен отказ от установки автотрансформатора связи. При таком решении упрощается конструкция РУ и уменьшаются токи КЗ на шинах высшего и среднего напряжения.

Если связей между линиями высшего и среднего напряжения в прилегающем районе энергосистемы нет, то устанавливаются два автотрансформатора.

Переток мощности через автотрансформаторы связи определяется выражением:

$$S_{расч} = \sqrt{(\Sigma P_Г - P_н - P_{С,Н})^2 + (\Sigma Q_Г - Q_н - Q_{С,Н})^2}\,, \qquad (5)$$

где $\sum P_Г$, $\sum Q_Г$ – активная и реактивная мощности генераторов, присоединенных к шинам среднего напряжения;

$P_{С.Н,}$ $Q_{С.Н}$ – активная и реактивная нагрузки собственных нужд блоков, присоединенных к шинам среднего напряжения;

$P_Н$, $Q_Н$ – активная и реактивная нагрузки на шинах среднего напряжения.

Расчетная мощность определяется для трех режимов: максимальная, минимальная нагрузка СН и отключение энергоблока, присоединенного к шинам среднего напряжения при максимальной нагрузке потребителей. По наибольшей расчетной мощности выбирается номинальная мощность автотрансформатора с учетом допустимой перегрузки.

Возможна установка автотрансформаторов в блоке с генератором. В этом случае мощность автотрансформатора выбирается с учетом коэффициента выгодности. Известно, что обмотка низшего напряжения рассчитывается на типовую мощность автотрансформатора:

$$S_{НН} = S_{ТИП} = S_{НОМ} \cdot \kappa_{ВЫГ} S_{НОМ}\,, \qquad (6)$$

где $S_{НОМ}$ – номинальная мощность автотрансформатора по каталогу;

$\kappa_{ВЫГ}$ – коэффициент выгодности.

Так как обмотка низшего напряжения должна быть рассчитана на полную мощность генератора, то:

$$S_Г \le S_{НН} = \kappa_{ВЫГ} \cdot S \qquad (7)$$

откуда:

$$S_{НОМ} \ge \frac{S_Г}{\kappa_{ВЫГ}}\,.$$

Коэффициент выгодности зависит от коэффициента трансформации автотрансформатора и находится в пределах 0,33 – 0,667.

Соответственно мощность автотрансформатора в блоке с генератором составляет:

$$S_{НОМ} = 3 - 1.5 \cdot S_{Г}$$

Увеличение мощности автотрансформатора при установке его в блоке с генератором снижает эффективность применения схемы связи. В этой схеме автотрансформатор работает в комбинированном режиме, т. е. передает электроэнергию со стороны низшего напряжения на сторону высшего или среднего напряжения и осуществляет переток между РУ среднего и высшего напряжения. Комбинированные режимы требуют строгого контроля загрузки обмоток.

Окончательный выбор того или иного способа присоединения автотрансформаторов должен быть обоснован технико-экономическим расчетом.

ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПОДСТАНЦИИ

Наиболее часто на подстанциях устанавливают два трансформатора или автотрансформатора. В этом случае при правильном выборе мощности трансформаторов обеспечивается надежное электроснабжение потребителей даже при аварийном отключении одного из них.

На двухтрансформаторных подстанциях в первые годы эксплуатации, когда нагрузка не достигла расчетной, возможна установка одного трансформатора. В течение этого периода необходимо обеспечить резервирование электроснабжения потребителей по сетям среднего или низшего напряжения. В дальнейшем при увеличении нагрузки до расчетной устанавливается второй трансформатор. Если при установке одного трансформатора обеспечить резервирование по сетям СН и НН нельзя или полная расчетная нагрузка подстанции ожидается раньше, чем через 3 года после ввода ее в эксплуатацию, то подстанция сооружается по конечной схеме, т. е. с двумя трансформаторами.

Однотрансформаторные подстанции могут сооружаться для питания неответственных потребителей III категории, если замена поврежденного трансформатора или ремонт его производится в течение не более одних суток.

Сооружение однотрансформаторных подстанций для потребителей II категории допускается при наличии централизованного передвижного трансформаторного резерва или при наличии другого резервного источника питания от сети СН или НН, включаемого вручную или автоматически.

Централизованный трансформаторный резерв широко используется в схемах электроснабжения промышленных предприятий. В этом случае в цехах сооружаются однотрансформаторные подстанции, и предусматривается один резервный трансформатор, который при необходимости может быть установлен на любой цеховой подстанции. То же самое может быть предусмотрено для сетевого района, объединяющего несколько подстанций, связанных подъездными дорогами, состояние которых позволяет в любое время года перевезти резервный трансформатор на любую подстанцию.

Сооружение однотрансформаторных подстанций обеспечивает значительную экономию капитальных затрат, но не исключает возможности перерыва электроснабжения, поэтому рекомендуемая предельная мощность таких подстанций при наличии передвижного трансформаторного резерва 16 – 25 МВА при 110 кВ, до 6,3 МВА при 35 кВ; 2,5 – 6,3 МВА при 110 кВ, до 2,5 – 4,0 МВА при 35 кВ – при отсутствии передвижного резерва.

Установка четырех трансформаторов возможна на подстанциях с двумя средними напряжениями (220 / 110 / 35 / 10 кВ, 500 / 220 / 35 / 10 кВ и др.).

Мощность трансформаторов выбирается по условиям:

1) При установке одного трансформатора:

$$S_{НОМ} \geq S_{MAX}; \qquad (8)$$

2) При установке двух трансформаторов:

$$S_{НОМ} \geq \frac{S_{MAX}}{2 \cdot 0,7}$$

S_{MAX} – наибольшая нагрузка подстанции на расчетный период 5 лет.

Для двухобмоточного трансформатора: $S_{MAX} = S_{HH}$,

для трехобмоточного трансформатора: $S_{MAX} = S_{HH} + S_{CH}$.

При выборе мощности автотрансформаторов, к обмотке НН которых присоединены синхронные компенсаторы, необходимо проверить загрузку общей обмотки автотрансформатора (S_0) по формуле:

$$S_0 = \sqrt{(\kappa_{ВЫГ} P_B + P_H)^2 + (\kappa_{ВЫГ} Q_B + Q_H)^2}\ . \qquad (9)$$

Трансформаторы и автотрансформаторы с ВН до 500 кВ включительно по возможности выбираются трехфазными трансформаторами.

Группы из однофазных трансформаторов устанавливаются при отсутствии трехфазных трансформаторов соответствующей мощности. При установке одной группы однофазных трансформаторов предусматривается одна резервная фаза. В ряде случаев может оказаться экономичнее применить спаренные трехфазные трансформаторы (автотрансформаторы).

Выбор схем электрических соединений станций и подстанций.

При выборе схем РУ необходимо учесть следующее:

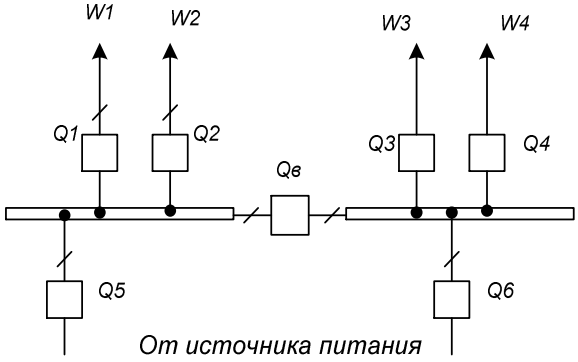
– Номинальное напряжение;

– Количество присоединений;

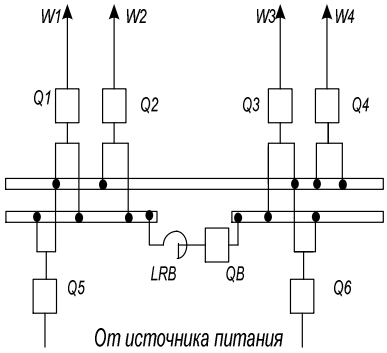
– Наличие транзита мощности.

На стороне 6 – 10 кВ наиболее часто применяется схема с одной системой сборных шин секционированных выключателем (рис. 12, а). Источники питания и линии 6 – 10 кВ присоединяются к сборным шинам с помощью выключателей и разъединителей. На каждую цепь необходим один выключатель, который служит для отключения и включения этой цепи в нормальных и аварийных режимах. Достоинствами схемы является простота, наглядность, экономичность, достаточно высокая надежность. Схема с одной системой сборных шин позволяет использовать комплектные распределительные устройства, что снижает стоимость монтажа, позволяет широко применять механизацию и уменьшает время сооружения электроустановки.

С учетом особенностей электроприемников (I и II категории), схемы электроснабжения их, а также большого количества присоединений к сборным шинам для генераторного распределительного устройства (ГРУ) ТЭЦ при технико-экономическом обосновании может предусматриваться схема с двумя системами сборных шин (рис. 12 ,б), в которой каждый элемент присоединяется через развилку двух шинных разъединителей, что позволяет осуществлять работу как на одной, так и на другой системе шин. Данная схема является гибкой и достаточно надежной. К недостаткам следует отнести большое количество разъединителей, изоляторов, токоведущих материалов и выключателей, более сложную конструкцию распределительного устройства, что ведет к увеличению капитальных затрат на сооружение ГРУ.



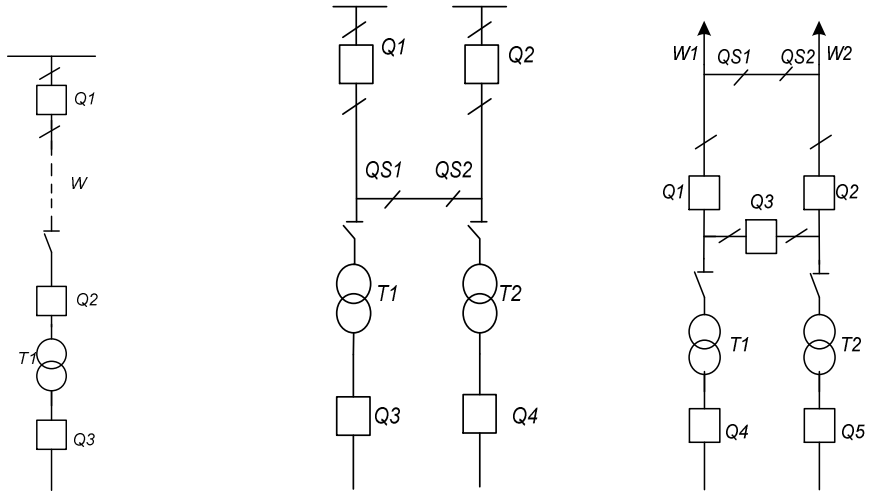
а)



б)

Рисунок 12. – Схемы, применяемые на напряжение 6 – 10 кВ

На стороне 35 – 220 кВ при небольшом количестве присоединений применяют упрощенные схемы, в которых обычно отсутствуют сборные шины, число выключателей уменьшенное. Одной из таких схем является схема блок трансформатор – линия (рис. 13, а). В блочных схемах элементы электроустановки соединяются последовательно без поперечных связей с другими блоками. На двухтрансформаторных тупиковых подстанциях 35 – 220 кВ для РУВН применяется схема сдвоенный блок трансформатор – линия (рис. 13, б). Блоки для большей гибкости соединены неавтоматической перемычкой из двух разъединителей QS1, QS2. В нормальном режиме один из разъединителей отключен. На стороне ВН транзитных подстанций возможно применение схемы мостика с выключателями (рис.13, в). В схеме на четыре присоединения устанавливается три выключателя Q1, Q2, Q3. В нормальном режиме все выключатели включены. Для сохранения в работе обеих линий при ревизии любого выключателя (Q1, Q2, Q3) предусматривается дополнительная перемычка из двух разъединителей QS1, QS2.



а) б) в)

Рисунок 13. – Схемы, применяемые на напряжение 35 – 220 кВ

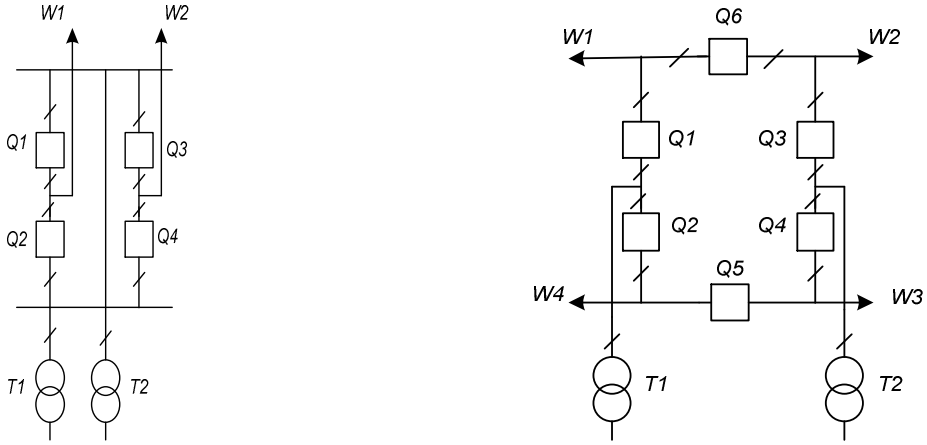
Также для РУВН станций и подстанций используют кольцевые схемы (схемы многоугольников). В такой схеме каждый элемент – линия, трансформатор присоединяется между двумя соседними выключателями. Ревизия любого выключателя производится без перерыва работы какого-либо элемента. В кольцевых схемах надежность работы выключателей выше, чем в других схемах, так как имеется возможность опробования любого выключателя в период нормальной работы схемы. Опробование выключателя путем его отключения не нарушает работу присоединенных элементов и не требует никаких переключений в схеме.

На рис. 14, а представлена схема четырехугольника (квадрата). Эта схема экономична (четыре выключателя на четыре присоединения), позволяет производить опробование и ревизию любого выключателя без нарушения работы ее элементов. Схема обладает высокой надежностью. Отключение всех присоединений маловероятно. Достоинством всех кольцевых схем является использование разъединителей только для ремонтных работ. Количество операций разъединителями в таких схемах невелико.

К недостаткам кольцевых схем следует отнести более сложный выбор трансформаторов тока, выключателей и разъединителей, установленных в кольце, так как в зависимости от режима работы схемы, ток, протекающий по аппаратам, меняется. Релейная защита также должна быть выбрана с учетом всех возможных режимов при выводе в ревизию выключателей кольца.

Схема четырехугольника применяется в РУ 330 кВ и выше электростанций, а также на подстанциях при напряжении 220 кВ и выше.

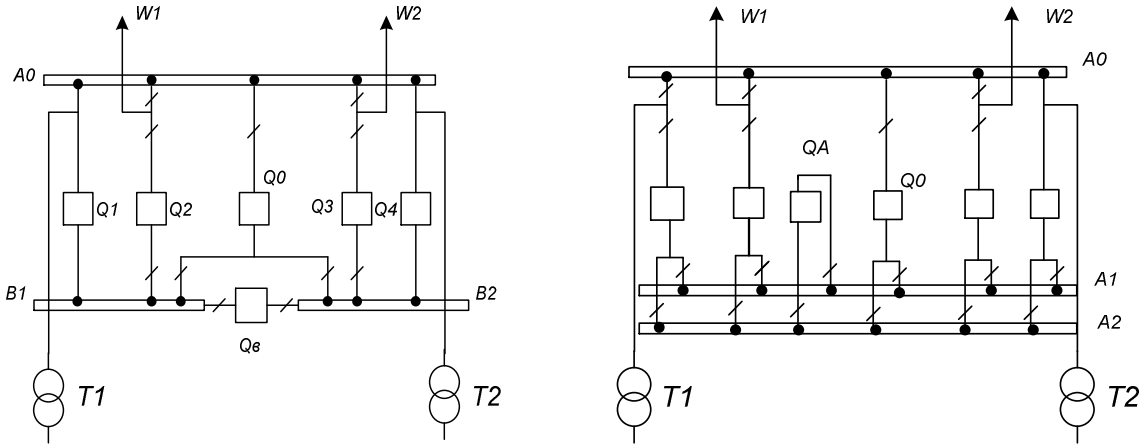
Достаточно широкое применение получила схема шестиугольника (рис. 14, б), обладающая всеми особенностями четырехугольника.



а) б)

Рисунок 14. – Схемы, применяемые на напряжение 220 и выше кВ.

Одним из важных требований к схемам на стороне высшего напряжения является создание условий для ревизии и опробовании выключателей без перерыва работы. Этим требованиям отвечает схема с одной рабочей и обходной системами шин (рис.15, а).



а) б)

Рис.15 – Схемы, применяемые на напряжение 110 – 220 кВ.

В нормальном режиме обходная система шин (Q_0) находится без напряжения. Разъединители, соединяющие линии и трансформаторы с обходной системой шин, отключены. Q_0 – обходной выключатель, который может заменить любой другой выключатель. Схема с одной рабочей и обходной системами шин применяется для РУВН и РУСН 110 – 220 кВ станций и подстанций с числом присоединений не больше 7.

При большем числе присоединений применяется схема с двумя рабочими и обходной системами шин (рис.15, б). Как правило, обе системы шин находятся в работе при соответствующем фиксированном распределении всех присоединений: линии Wl, и трансформатор Т1 присоединены к первой системе шин А1, линии W2, и трансформатор Т2 присоединены ко второй системе шин А2, шиносоединительный выключатель QA включен, Такое распределение присоединений увеличивает надежность схемы, так как при КЗ на шинах отключаются шиносоединительный выключатель QA и только половина присоединений. Если повреждение на шинах устойчивое, то отключившиеся присоединения переводят на исправную систему шин. Перерыв электроснабжения половины присоединений определяется длительностью переключений. Рассмотренная схема рекомендуется для РУ 110 – 220 кВ на стороне ВН и СН подстанций при числе присоединений 7 – 15, а также на электростанциях при числе присоединений до 12.

Недостатки этой схемы:

– Отказ одного выключателя при аварии приводит к отключению всех источников питания и линий, присоединенных к данной системе шин, а если в работе находится одна система шин, отключаются все присоединения. Ликвидация аварии затягивается, так как все операции по переходу с одной системы шин на другую производятся разъединителями. Если источниками питания являются мощные блоки турбогенератор – трансформатор, то пуск их после сброса нагрузки на время более 30 мин может занять несколько часов;

– Повреждение шиносоединительного выключателя равноценно КЗ на, обеих системах шин, т. е. приводит к отключению всех присоединений;

– Большое количество операций разъединителями при выводе в ревизию и ремонт выключателей усложняет эксплуатацию РУ;

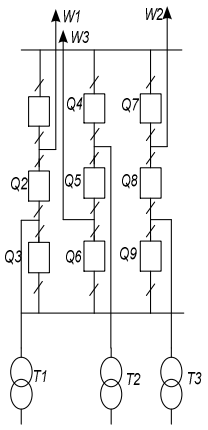
– Необходимость установки шиносоединительного, обходного выключателей и большого количества разъединителей увеличивает затраты на сооружение РУ.

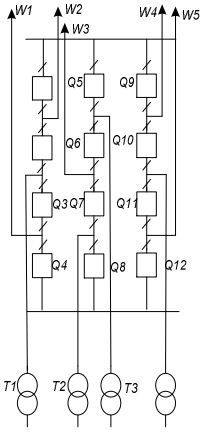
Некоторого увеличения гибкости и надежности схемы можно достичь секционированием одной или обеих систем шин,

На ТЭС и АЭС при числе присоединений 12 – 16 секционируется одна система шин, при большем числе присоединений – обе системы шин.

На подстанциях секционируется одна система шин при $U = 220$ кВ при числе присоединений 12 – 15 или при установке трансформаторов мощностью более 125 МВ·А. Обе системы шин 110 – 220 кВ секционируются при числе присоединений более 15.

Если сборные шины секционированы, то для уменьшения капитальных затрат возможно применение совмещенных шиносоединительного и обходного выключателей.





а) б)

Рис. 16 – Схемы, применяемые на напряжение 330 и выше кВ.

В распределительных устройствах 330 – 750 кВ применяется схема с двумя системами шин и тремя выключателями на две цепи (рис.16, а). На шесть присоединений необходимо девять выключателей, т. е. на каждое присоединение «полтора» выключателя (отсюда происходит второе название схемы: «полуторная», или «схема с 3/2 выключателя на цепь»).

Каждое присоединение включено через два выключателя. Для отключения линии W1 необходимо отключить выключатели Q1, Q2, для отключения трансформатора T1 – Q2, Q3.

В нормальном режиме все выключатели включены, обе системы шин находятся под напряжением. Для ревизии любого выключателя отключают его и разъединители, установленные по обе стороны выключателя. Количество операций для вывода в ревизию – минимальное, разъединители служат только для отделения выключателя при ремонте, никаких оперативных переключений ими не производят.

Достоинством схемы является то, что при ревизии любого выключателя все присоединения остаются в работе. Другим достоинством полуторной схемы является ее высокая надежность, так как все цепи остаются в работе даже при повреждении на сборных шинах. При одинаковом числе источников питания и линий работа всех цепей сохраняется

даже при отключении обеих систем шин, при этом может лишь нарушиться параллельная работа на стороне повышенного напряжения.

Схема позволяет в рабочем режиме без операций разъединителями производить опробование выключателей. Ремонт шин, очистка изоляторов, ревизия шинных разъединителей производятся без нарушения работы цепей (отключается соответствующий ряд шинных выключателей), все цепи продолжают работать параллельно через оставшуюся под напряжением систему шин.

Для увеличения надежности схемы одноименные элементы присоединяются к разным системам шин: трансформаторы Т1, Т3 и линия W3 – к первой системе шин, линии Wl, W2 – трансформатор Т2 – ко второй системе шин. При таком сочетании в случае повреждения любого элемента или сборных шин при одновременном отказе в действии одного выключателя и ремонте выключателя другого присоединения отключается не более одной линии и одного источника питания.

Недостатками рассмотренной схемы являются:

– Отключение КЗ на линии двумя выключателями, что увеличивает общее количество ревизий выключателей;

– Удорожание конструкции РУ при нечетном числе присоединений, так как одна цепь должна присоединяться через два выключателя;

– Снижение надежности схемы, если количество линий не соответствует числу трансформаторов.

В схеме на (рис. 16, б) на девять присоединений требуется 12 выключателей, т. е. на каждое присоединение 4/3 выключателя. Наилучшие показатели схема имеет, если число линий в 2 раза меньше или больше числа трансформаторов.

Схема с 4/3 выключателя на присоединение имеет все достоинства полуторной схемы, а кроме того:

– Схема более экономична (1,33 выключателя на присоединение вместо 1,5);

– Секционирование сборных шин требуется только при 15 присоединениях и более;

– Надежность схемы практически не снижается, если в одной цепочке будут присоединены две линии и один трансформатор вместо двух трансформаторов и одной линии.

Схема находит применение в РУ 330 – 500 кВ мощных КЭС и АЭС.

Схемы электрических соединений (типы схем) понижающих подстанций (ПС) 110(35) – 220 / 10 кВ на стороне высшего напряжения (ВН) определяется назначением каждой из ПС и ее «местоположением» в составе сети. Это могут быть узловая, проходная (транзитная), тупиковая или на ответвлениях («отпайках») от линии ПС. ПС подразделяются на три группы:

1. ПС 110(35) — 330 кВ, осуществляемые по, так называемым, упрощенным схемам на стороне ВН с минимальным количеством или без выключателей, с одним или двумя трансформаторами, питающимся по одной или двум линиям ВН; на стороне «среднего» напряжения (СН, 110 или 35 кВ) может быть до шести присоединений воздушных линий;

2. ПС проходные (транзитные) 110 – 500 кВ с количеством трансформаторов или автотрансформаторов от двух до четырех, с количествами присоединяемых воздушных линий ВН – до четырех и на СН до десяти и с количеством выключателей на ВН до девяти;

3. Узловые ПС (общесистемного значения) 330 – 1150 кВ с количествами автотрансформаторов – до четырех, воздушных линий на ВН – до восьми и на СН – до 10.

Обоснованный выбор схем ПС в общем случае является самостоятельной достаточно сложной технико-экономической задачей.

Ниже приводятся краткие характеристики областей применения основных типов рекомендуемых схем ПС, представленных на рис. 8 – 12. Для тупиковых ПС применяется схема (рис. 13 б) с двумя блочными соединениями воздушных линий и трансформаторов. Со стороны линий ВН имеется перемычка с двумя разъединителями, один из которых отключен в нормальных режимах работы. (На рис. 8 – 12 для упрощения применено условное

изображение разъединителей ВН и СН в виде наклонной черточки. Такое же изображение разъединителей допускается лишь в расчетно-пояснительных записках по курсовым проектам, но не на чертежах схем.

Перемычка используется (при обоих включенных разъединителях) после отключения поврежденной линии, что позволяет сохранить в работе оба трансформатора; это повышает надежность электроснабжения потребителей и экономичность режима п/ст. Указанное расположение перемычки объясняется существенно большей повреждаемостью воздушных линий сравнительно с трансформаторами.

Аналогичная схема применяется при присоединении ПС на ответвлении (на «отпайке») к одной или двум магистральным воздушным линиям.

Если от ПС, питающейся по двум линиям ВН, отходит одноцепная линия к следующей ПС с потребителями II и III категорий (по требованиям надежности электроснабжения), то эта линия присоединяется по схеме мостика (рис.13, в).

Для ПС кольцевых сетей широко применяется схема «мостика» с выключателем и с отделителями (в комплекте с короткозамыкателями) в цепях трансформаторов (рис. 13, в). Имеющаяся в схеме дополнительная перемычка (с разъединителями), разомкнутая в нормальных режимах, позволяет при ревизиях и ремонтах выключателя перемычки сохранить кольцевую сеть в замкнутом состоянии.

Для крупных ПС 220 кВ со значительной мощностью двух трансформаторов или автотрансформаторов, питающихся по двум линиям, рекомендуется применение схемы «четырехугольника», обеспечивающая высокую надежность электроснабжения потребителей (рис. 14 а).

При количестве присоединений на стороне ВН ПС более 5 при напряжениях 110 – 220 кВ рекомендуется схема с одной рабочей, секционированной выключателем, и обходной системами шин (рис. 15, а). Подача напряжения на обходную систему шин осуществляется только при включении предназначенного для этого выключателя. Такая операция нужна при ремонте или замене любого иного выключателя данной схемы.

Схемы ПС с трехобмоточными трансформаторами или с автотрансформаторами на стороне СН определяются числом отходящих воздушных линий. При четном числе отходящих линий (от 4 до 10) рекомендуется применять на стороне СН одиночную секционированную систему шин с выключателями в цепях трансформаторов или автотрансформаторов (рис. 12, а). При этом следует учесть необходимость – по условиям надежности питания потребителей – каждую цепь двухцепной линии СН подключать к разным секциям шин.

Рекомендуется использовать автотрансформаторы с регулированием под нагрузкой рабочих ответвлений на стороне 110 кВ. В некоторых случаях для обеспечения независимого регулирования напряжения на шинах 10 кВ может потребоваться установка линейных регулировочных трансформаторов, включаемых в цепи трансформаторов с обмотками данного напряжения.

На стороне «низшего» напряжения (НН) п/ст могут применяться различные типы схем в зависимости от разнообразных условий непосредственного электроснабжения промышленных, коммунально-бытовых, сельскохозяйственных и электротранспортных потребителей. На п/ст обычно используются секционированные шины НН (рис. 12, а). При применении трансформаторов с расщепленной обмоткой НН рекомендуется двойная секционированная система шин. Секционные выключатели НН как правило, разомкнуты в нормальных режимах работы п/ст и автоматически включаются при аварийном (или плановом) отключении одного из трансформаторов.

СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭС

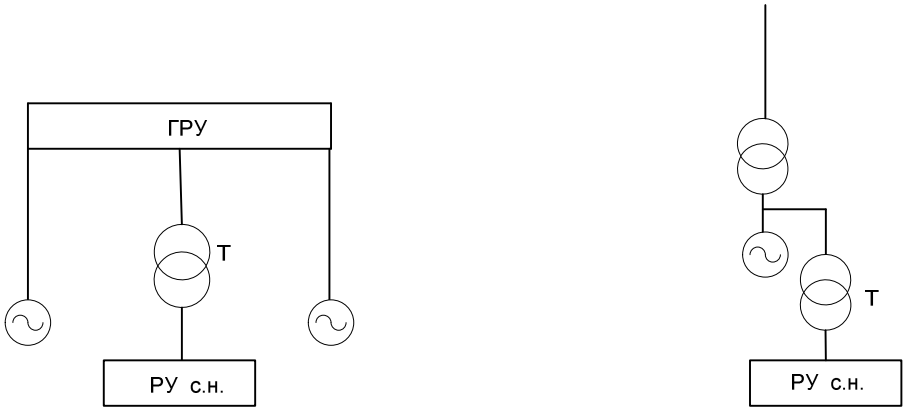
Производство тепловой и электрической энергии полностью механизировано. Большое количество механизмов обеспечивает работу основных агрегатов электростанции – питательных насосов, дутьевых вентиляторов, дымососов, конденсатных насосов, дробилок, мельниц, циркуляционных насосов и других.

Для привода большинства рабочих механизмов используют трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Для очень мощных механизмов могут использоваться синхронные электродвигатели. Для механизмов, требующих регулирования частоты вращения, применяют электродвигатели постоянного тока.

Нормальная работа электростанции возможна только при надежной работе всех механизмов с. н., что возможно лишь при надежном электроснабжении их. Потребители с.н. относятся к потребителям I категории.

Основными напряжениями, применяемыми в настоящее время в системе с.н., являются 6 кВ (для электродвигателей мощностью более 200 кВт) и 0,38/0,23 кВ для остальных электродвигателей и освещения. Применение напряжения 3 кВ не оправдало себя, так как стоимость электродвигателей 3 и 6 кВ мало отличается, а расход цветных металлов и потери электроэнергии в сетях 3 кВ значительно больше, чем в сетях 6 кВ.

Для мощных блочных ТЭС возможно применение напряжения 0,66 кВ для электродвигателей 16 – 630 кВт и напряжения 10 кВ для крупных электродвигателей. Если на электростанции предусматривается ГРУ 6 – 10 кВ, то распределительное устройство собственных нужд (РУСН) получает питание непосредственно с шин ГРУ реактированными линиями или через понижающий трансформатор с.н. Т (рис. 17, а).



а) б)

Рис.17 – Структурные схемы рабочего питания собственных нужд

Если генераторы электростанции соединены в энергоблоки то питание с.н. осуществляется отпайкой от энергоблока (рис.17, б).

С увеличением мощности энергоблоков растет потребление на собственные нужды, следовательно, увеличивается и мощность трансформатора с.н. Чем больше мощность, тем больше токи КЗ в системе с.н., тем тяжелее установленное оборудование. Для ограничения токов КЗ можно применять трансформаторы с повышенным напряжением КЗ, или трансформаторы с расщепленными обмотками 6 кВ, которые применяются при мощности трансформаторов 25 МВ·А и более.

Рассмотренные схемы не могут обеспечить надежного питания с.н., так как при повреждениях в генераторах, на шинах ГРУ или в тепломеханической части нарушается питание РУСН. Поэтому кроме рабочих источников с.н. должны предусматриваться резервные источники питания. Такими источниками могут быть трансформаторы, присоединенные к шинам повышенного напряжения, имеющим связь с энергосистемой. Даже при отключении всех генераторов электростанции питание с.н. будет осуществляться от энергосистемы. На тот редкий случай, когда авария на электростанции совпадает с аварией в энергосистеме и напряжение с.н. не может быть подано от резервного

трансформатора, для наиболее ответственных потребителей, которые обеспечивают сохранность оборудования в работоспособном состоянии (масляные насосы смазки, уплотнений вала, валоповоротные устройства и другие), предусматриваются аккумуляторные батареи и дизель-генераторы. На ряде зарубежных электростанций в качестве аварийных источников питания с.н. установлены газовые турбины, которые подхватывают питание с.н. энергоблока при снижении частоты в энергосистеме.

Выбор мощности рабочих трансформаторов с.н. производится с учетом числа и мощности потребителей с.н.

СХЕМЫ СОБСТВЕННЫХ НУЖД КЭС

Рабочие трансформаторы с.н. блочных ТЭС присоединяются отпайкой от энергоблока (рис.17, б). Мощность этих трансформаторов определяется в зависимости от установленной мощности энергоблока. На электростанциях с энергоблоками 300 МВт и более часть мощных механизмов с.н. (питательные насосы, дутьевые вентиляторы) может иметь турбопривод.

Распределительное устройство с.н. выполняется с одной секционированной системой шин.

Количество секций 6 – 10 кВ для блочных ТЭС принимается: две на каждый энергоблок (при мощности энергоблока более 160 МВт).

Каждая секция или секции попарно присоединяются к рабочему трансформатору с.н.. Резервное питание секций с.н. осуществляется от резервных магистралей, связанных с пускорезервными трансформаторами с.н.

Резервные магистрали для увеличения гибкости и надежности секционируются выключателями через каждые два-три энергоблока.

Число резервных трансформаторов с.н. на блочных ТЭС без генераторных выключателей принимается:

– Один – при двух блоках;

– Два – при числе энергоблоков от трех до шести.

При большем числе энергоблоков предусматривается третий резервный трансформатор генераторного напряжения, не присоединенный к источнику питания, но установленный на электростанции и готовый к замене любого рабочего трансформатора с.н.

Если в схемах энергоблоков установлены генераторные выключатели, то число резервных трансформаторов принимается:

– Один – при двух энергоблоках;

– Один присоединенный и один, готовый к замене – при трех и более энергоблоках.

Если часть энергоблоков с выключателями, а часть без выключателей, то число резервных трансформаторов с.н. выбирается по первому условию. Резервные трансформаторы с.н. должны присоединяться к сборным шинам повышенного напряжения, которые имеют связь с энергосистемой по линиям ВН (на случай аварийного отключения всех генераторов электростанции). Это требование трудно выполнить, если связь с энергосистемой осуществляется по линиям 500 – 750 кВ. В этом случае резервные ТСН присоединяются к шинам среднего напряжения (110, 220 кВ) при условии, что они связаны через автотрансформатор с шинами ВН.

Допускается также резервный ТСН присоединять к обмотке НН автотрансформатора, если обеспечиваются допустимые колебания напряжения на шинах РУСН при регулировании напряжения автотрансформатора и условия самозапуска электродвигателей.

Резервный трансформатор с.н. может присоединяться при помощи ответвления от блока генератор – трансформатор с установкой генераторного выключателя.

Резервные трансформаторы с.н. на КЭС с энергоблоками 160 МВт и более присоединяются к разным источникам питания (РУ разных напряжений, разные секции сборных шин РУ одного напряжения, обмотки НН автотрансформаторов).

Мощность каждого резервного трансформатора с.н. на блочных электростанциях без генераторных выключателей должна обеспечить замену рабочего трансформатора одного энергоблока и одновременный пуск или аварийный останов второго энергоблока. Если

точный перечень потребителей с.н. в таком режиме неизвестен, то мощность резервного трансформатора с.н. выбирается на ступень больше, чем рабочего. Если в схемах энергоблоков установлены генераторные выключатели, то мощность резервных трансформаторов принимается равной мощности рабочих трансформаторов. В любом случае мощность резервных трансформаторов должна быть проверена по условиям самозапуска.

Для обеспечения самозапуска необходимо:

– Увеличивать мощность резервного трансформатора;

– Не применять трансформаторы с U_K больше 13%.

Многочисленные потребители с.н. напряжением 0,4 кВ (на один энергоблок 300 МВт приходится более 600 электродвигателей 0,4 кВ) присоединяются к секциям 0,4 кВ, получающим питание от трансформаторов 6 – 10 / 0,4 кВ. Расход на с.н. 0,4 кВ приблизительно можно принять равным 10 % общего расхода.

Трансформаторы 6/0,4 кВ устанавливаются по возможности в центрах нагрузки: в котельном и турбинном отделении, на топливном складе, в объединенном вспомогательном корпусе, на ОРУ, в компрессорной и т.д.

Трансформаторы мощностью более 1000 кВ·А не применяются, так как их применение приводит к значительному увеличению тока КЗ в сети 0,4 кВ. Сборные шины 0,4 кВ секционируются для повышения надежности питания. Каждая секция обеспечивается рабочим и резервным питанием, включаемым автоматически.

Для поддержания необходимого уровня напряжения на шинах с.н. трансформаторы имеют РПН. Схема соединения обмоток рабочих и резервных трансформаторов выбирается таким образом, чтобы возможно было их кратковременное параллельное включение в моменты перехода с рабочего на резервное питание и наоборот.

Применение трансформаторов с расщепленной обмоткой и раздельная работа секций 6 кВ приводят к ограничению тока КЗ до такого значения, которое позволяет применить ячейки комплектного распределительного устройства с выключателями ВМПЭ – 10 или ВЭМ – 6 (для энергоблоков 500 МВт и больше). При необходимости ограничения тока КЗ на стороне 0,4 кВ на вводах к некоторым сборкам устанавливаются реакторы.

СХЕМА СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЭЦ

Рабочие трансформаторы с.н. не блочной части ТЭЦ присоединяются к шинам генераторного напряжения. Число секций с.н. 6 кВ выбирается равным числу котлов. В некоторых случаях выделяют секции для питания общестанционных потребителей.

Мощность рабочих ТСН выбирают по условию:

$$S_{ном} \geq \frac{S_{с.н.}}{n} \qquad (10)$$

где $S_{с.н.}$ – мощность с.н. не блочной части ТЭЦ;

n – число секций 6кВ в не блочной части ТЭЦ.

Мощность ТСН и количество секций с.н. в блочной части ТЭЦ выбираются так же, как и для КЭС.

Резервный ТСН присоединяется к шинам ГРУ (при схеме с двумя системами шин) или отпайкой к трансформатору связи (при схеме с одной системой шин).

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СХЕМАМ

Схемы РУ подстанций при конкретном проектировании разрабатываются на основании схем развития энергосистемы, схем электроснабжения района или объекта и других работ по развитию электрических сетей и должны:

– Обеспечить требуемую надежность электроснабжения потребителей ПС в соответствии с категориями электроприемников и транзитных перетоков мощности по межсистемным магистральным связям в нормальном и послеаварийном режиме;

– Учитывать перспективу развития ПС;

– Учитывать требования противоаварийной автоматики;

– Обеспечить возможность и безопасность проведения ремонтных и эксплуатационных работ на отдельных элементах схемы без отключения смежных присоединений;

– Обеспечить наглядность, экономичность и автоматичность.

Схемы РУ должны предусматривать отключение выключателей и отделителей в ремонт:

– Для всех схем РУ напряжением 6 – 35 кВ, а также для блочных и мостиковых схем РУ напряжением 110 и 220 кВ (за исключением цепи, по которой осуществляется транзит мощности) – путем временного отключения цепи, в котором установлен ремонтируемый аппарат;

– Для мостиковых схем РУ напряжением 35 – 220 кВ – путем применения ремонтных перемычек, за исключением случаев, когда перемычки отсутствуют;

– Для схем со сборными шинами РУ напряжением 110 и 220 кВ – путем применения обходных выключателей, за исключением случаев, когда обходная система шин отсутствует;

– Для схем РУ напряжением 6 – 220 кВ – путем установки подменного выключателя, если применяется такой тип выключателей (схемы с выкатными выключателями, КРУЭ);

– Для схем РУ напряжением 330 – 750 кВ (кроме схем блока 330 и 500 кВ), а также 110 – 330 кВ по схеме четырехугольника – отключением выключателя без отключения присоединения.

Число одновременно отключенных выключателей в пределах РУ одного напряжения должно быть более:

– При повреждении линии – двух;

– При повреждение трансформаторов напряжением до 500кВ – четырех, 750 кВ – трех.

Сравнение конкурирующих вариантов схем, намеченных на основании перечисленных требований, и их окончательный выбор производится на основании технико-экономических расчетов с учетом показателей надежности.

ВЫБОР АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Для питания сетей управления, автоматики и сигнализации, а также для освещения станции используются установки постоянного тока с аккумуляторными батареями. В ряде случаев в качестве оперативного тока используется переменный ток или выпрямленный специальными теристорными (вентильными) преобразователями постоянный ток. Использование переменного или выпрямленного оперативного тока позволяет отказаться от мощных дорогостоящих аккумуляторных батарей и существенно упростить оперативные цепи.

Установка постоянного тока состоит из одного или нескольких преобразователей энергии переменного тока в постоянный ток, аккумуляторной батареи и соответствующего распределительного устройства. В качестве преобразователей используют выпрямители или двигатели – генераторы. При нормальной работе станции (подстанции) сеть постоянного тока питается через преобразователь. Батарея заряжена и потребляет лишь небольшой ток заряда для компенсации саморазряда. При нарушении нормального режима (исчезновение напряжения переменного тока в системе СН) преобразователь отключается и нагрузку принимает на себя батарея.

Основную нагрузку аккумуляторной батареи на тепловой станции составляют следующие приемники:

– Аппараты устройств дистанционного управления, сигнализации, блокировки и релейной защиты;

– Приводы выключателей, автоматов, контакторов;

– Аварийное освещение;

– Электродвигатели аварийных насосов системы уплотнения вала генератора;

– Электродвигатели аварийных маслонасосов системы смазки агрегатов;

– Электродвигатели аварийных маслонасосов системы регулирования турбин (только для турбин К–300–240 ЛМЗ с автономной системой регулирования), у агрегатов до 200 МВт давление в системе регулирования поддерживается за счет главных маслонасосов на валу турбины.

На гидроэлектростанциях аварийных маслонасосов нет.

Условно все нагрузки можно разделить на постоянную, характеризующую работу установки в нормальном режиме, временную, характеризующую работу установки в установившемся аварийном режиме, и толчковую – в аварийном переходном режиме.

Величина постоянно включенной нагрузки колеблется в зависимости от числа включенных реле, ламп и других приемников и определяется расчетом для конкретного объекта.

В приближенных расчетах можно принимать следующие значения постоянно включенных нагрузок:

– Для тепловых электростанций с поперечными связями (на одну батарею) – 20 А;

– Для тепловых блочных электростанций с агрегатами 150 – 200 МВт (одна батарея на блок) – 40 А;

– Для тепловых электростанций с блоками 300 МВт и выше (одна батарея на блок) – 40 А.

Число аккумуляторных батарей выбирается по следующему принципу:

– На ТЭС с поперечными связями с тепловой части мощностью до 200 МВт устанавливается одна батарея, на ТЭЦ мощностью больше 200 МВт – две батареи, емкость каждой из которых выбирается с учетом 50 % суммарной нагрузки;

– На ТЭС блочного типа для каждых двух блоков, обслуживаемых одним блочным щитом управления, предусматривается установка одной аккумуляторной батареи, при блоках 300 МВт и выше допускается установка одной батареи на блок;

– На ГЭС устанавливают одну или для экономии кабеля – две аккумуляторные батареи.

Аккумуляторные батареи выбирают по необходимой емкости, уровням напряжения в аварийном режиме и схеме присоединения к шинам.

На электростанциях применяются свинцовые аккумуляторы типа СК – № или СН – №, где С – стационарный, К – для коротких разрядов, Н – с намазанными пластинами, № – номер типа. Как правило, аккумуляторные батареи эксплуатируются в режиме постоянного подзаряда по схеме с элементным коммутатором. Напряжение при этом на элементе в начале разряда составляет 2,15 В, а допустимое напряжение в конце полного разряда в получасовом режиме принимается равным 1,75 В. По данным Научно-исследовательского аккумуляторного института токи разряда в указанном получасовом режиме принимаются: для разряда при начальной температуре электролита 10^0 С – 21 А, при 25^0 С – 25 А.

Количество элементов, присоединяемых к шинам в режиме постоянного подзаряда,

$$n_0 = \frac{U_{Ш}}{U_{ПА}}, \qquad (11)$$

где n_0 – число основных элементов в батарее;

$U_{Ш}$ – напряжение на шинах;

$U_{ПА}$ – напряжение на элементе в режиме подзаряда (2,15 В).

Если принимается $U_{Ш} = 230$ В, то:

$$n_0 = \frac{230}{2{,}15} = 108 \text{ элементов.}$$

Если принимается $U_{Ш} = 253$ В, то:

$$n_0 = \frac{253}{2,15} = 118 \text{ элементов.}$$

В режиме заряда при максимальном напряжении на элементе 2,6 В к шинам присоединяется минимальное число элементов:

$$n_{\min} = \frac{230}{2,6} = 88 \text{ элементов.}$$

В режиме аварийного заряда при напряжении на элементе 1,75 В к шинам присоединяется:

$$n_{\min} = \frac{230}{1,75} = 130 \text{ элементов.}$$

где n – общее число элементов батареи.

Таким образом, типовой номер батареи – N, выбирается по формуле:

$$N \geq 1,05 \cdot \frac{I_{AB}}{J}, \qquad (12)$$

где I_{AB} – нагрузка установившегося получасового (часового) аварийного разряда, А;

1,05 – коэффициент запаса;

J – допустимая нагрузка аварийного разряда, А/№, приведенная к первому номеру аккумуляторов, в зависимости от температуры электролита.

Полученный номер округляется до ближайшего большего типового номера.

Выбранный аккумулятор необходимо проверить по наибольшему толчковому току по следующему неравенству:

$$46 \cdot N \geq I_{T.MAX}, \qquad (13)$$

где 46 – коэффициент, учитывающий допустимую перегрузку;

$$I_{T.MAX} = I_{AB} + I_{ПР} + I_{ПОСТ} + I'_{AB}, \qquad (14)$$

где $I_{ПР}$ – ток, потребляемый электромагнитными приводами выключателей, включающихся в конце аварийного режима.

Как было уже отмечено, подзарядное устройство в нормальном режиме питает постоянно включенную нагрузку и подзаряжает батарею. Согласно ГОСТ 2.825 – 73 ток подзаряда должен быть $0,03 \cdot N$, тогда:

$$I_{ПЗ} \geq 0,15 \cdot N + I_{П}, \qquad (15)$$

где $I_{П}$ – ток постоянно включенной нагрузки.

Напряжение подзарядного устройства определяется по условию:

$$U_{ПЗ} \geq 2,15 \cdot n_0, \qquad (16)$$

где n_0 – число основных элементов.

В качестве подзарядных устройств применяют выпрямительные агрегаты с твердыми выпрямителями, типа ВАЗП – 380/260 – 40/80, на напряжение 380 – 260 В и ток 40 – 80 А и другие.

Зарядное устройство рассчитывается на ток заряда:

$$I_{A} = 5 \cdot N + I_{П}, \qquad (17)$$

и напряжение в конце заряда 2,75 В на элемент; $U_{З} = 2,75 \cdot N$.

В качестве зарядных устройств применяют двигатели-генераторы (с генератором постоянного тока параллельного возбуждения).

Генераторы постоянного тока выбирают, как правило, одной серии на номинальное напряжение 270 В, с регулированием в пределах 220 – 320 В.

Заземление ОРУ станций и подстнций

1 Расчет заземлителя подстанции

В соответствии с /ПУЭ/ все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции, должны надежно соединяться с землей. Заземляющее устройство должно отвечать условию $R_З < 0,5$ Ом или допустимому напряжению прикосновения.

Расчет заземления подстанции подразумевает расчет стационарного и импульсного сопротивления заземлителя. Для выполнения горизонтальных заземлителей используем полосу из оцинкованной стали размером 4х40 мм (площадь сечения – $F_{пол}$=160 мм^2), уложенную на глубину $h_З$=0,7 м /Карякин Р.Н.-2002/. Вертикальные заземлители выполним из оцинкованного стального прутка диаметром $d = 15$ мм ($F_{пр}$=176,6 мм^2) и длиной $l_в$=5 м.

Проверим выбранные сечения заземляющих проводников по условиям:

1) коррозионной стойкости:

Контур заземлителя сетки расположенной с выходом за границы оборудования по 2 м (для того чтобы человек при прикосновении к оборудованию не смог находится за пределами заземлителя).

Площадь использования под заземлитель:

$$S = A \cdot B \ \ м^2.$$

Горизонтальные заземляющие проводники выполнены стальной полосой $40 \times 4 \ мм^2$.

Производим проверку выбранного проводника по условиям:

Проверка сечения по условиям механической прочности:

$$F_{ì\ .ï\ .} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \ ì\ ì^{\ 2}.$$

Проверка на термическую стойкость:

$$F_{Ò.Ñ.} = \sqrt{\frac{I^2_{ì\ î\ ëí} \cdot T}{400 \cdot \beta}} \ \ мм^2,$$

где $T = t_{01} = 0,5$ с – время срабатывания РЗ при его отключении;

$\beta = 21$ (для стали)- коэффициент термической стойкости.

Проверка сечения на коррозийную стойкость:

$$F_{ÊÎ\ Ð} = \pi \cdot S_{ÑÐ} \cdot \left(d + S_{ÑÐ}\right) \ \ мм^2 \ ,$$

где $S_{CP} = \alpha_3 \cdot ln^3 T + \alpha_2 \cdot ln^2 T + \alpha_1 \cdot lnT + \alpha_0 = 0,668$,

где $T = 240$ *мес* - время использования заземлителя за 20 *лет*;

Коэффициенты для расчета глубины коррозии, при весьма высокой коррозийной активности:

$$\alpha_0 = 0,0224; \ \alpha_1 = -0,0104; \ \alpha_2 = 0,00915; \ \alpha_3 = 0,0026.$$

Сечение горизонтальных проводников должно удовлетворять условию:

$$F_{М.П.} \geq F_{\min} \geq F_{КОР} + F_{Т.С.} \quad мм^2 .$$

Для средней полосы $H = 2$ м – толщина сезонных изменений грунта, по которой принимается глубина заложения вертикальных прутков, что позволит $\rho = const$.
Если выполняется условие:

$$F_{М.П.} \geq F_{\min} = F_{КОР} + F_{Т.С.} \quad мм^2 ;$$

$$F_{Ì\ .Ï\ .} = 314 \geq F_{\min} \quad мм^2 ;$$

Принимаем расстояние между полосами сетки: $l_{П-П} = 5$ м.
Тогда общая длина полос в сетке:

$$L_{Ã} = \frac{2 \cdot S}{l_{Ï\ -Ï}} \ м .$$

Уточняем длину горизонтальных полос при представлении площади подстанции квадратичной моделью со стороной $\sqrt{S}$.
В этом случае число ячеек:

$$m = \frac{L_{Ã}}{2 \cdot \sqrt{S}} - 1 .$$

Длина стороны ячейки:

$$\frac{\sqrt{S}}{m} \ м .$$

Длина горизонтальных полос в расчетной модели:

$$L = 2 \cdot \sqrt{S} \cdot (m + 1) \ м .$$

Определяем количество вертикальных электродов.
Принимаем: $l_B = 5 \ м$ - длина вертикального электрода;
Расстояние между вертикальными электродами.

$$a = (0,25 \div 8) \cdot l_B = (0,25 \div 8) \cdot 5 = 1,25 \div 40 \ м .$$

Тогда количество вертикальных электродов:

$$n_{\hat{A}} = \frac{4 \cdot \sqrt{S}}{\grave{a}}.$$

Вычисляем стационарное сопротивление заземлителя:

$$R = \rho_{ЭR} \cdot \left(\frac{A}{\sqrt{S}} + \frac{1}{L + n_B \cdot l_B} \right),$$

где $\rho_{ЭR}$ -эквивалентное удельное сопротивление грунта, определяем стр. 181 (1).

Глубина заложения заземлителей от поверхности земли:

$$h_З = 0 \div 0{,}1 \cdot \sqrt{S} \quad м;$$

$$h_З = 0 \div 21{,}4 \quad м.$$

Принимаю: $h_З = 0{,}5 \quad м.$

Граница разделения слоев двух слойной модели:

$$h_{1Ý} = l_{\hat{A}} + h_Ç \quad м.$$

Длина вертикального электрода:

$$l_З = l_B = 5 \quad м.$$

Находим:

$$\frac{h_{1Ý} - h_Ç}{l_Ç}.$$

принимаем:

$$\frac{\rho_{ЭR}}{\rho_2} = 0{,}9 \ .$$

Отсюда: $\rho_{ÝR} = 0{,}9 \cdot \rho_2$ Ом · м.

Находим коэффициент подобия:

A - коэффициент подобия, принимается по таблице и зависит от отношения:

$$\frac{l_{\hat{A}}}{\sqrt{S}}.$$

Принимаем: $A = 0{,}415$.

Импульсный коэффициент:

$$\alpha_{u.i.} = \sqrt{\frac{1500 \cdot \sqrt{S}}{(\rho_i + 320) \cdot \left(I_M + 45\right)}};$$

$$\alpha_{è.âåðõ.} = \sqrt{\frac{1500 \cdot \sqrt{S}}{(\rho_1 + 320) \cdot \left(I_M + 45\right)}};$$

$$\alpha_{è.íèæí.} = \sqrt{\frac{1500 \cdot \sqrt{S}}{(\rho_2 + 320) \cdot \left(I_M + 45\right)}};$$

$$R = \rho_{ÝÊÂ} \cdot \left(\frac{À}{\sqrt{S}} + \frac{1}{L + n_{Â} \cdot l_{Â}} \right) \text{ Ом.}$$

Определяем импульсное сопротивление грунтов при условии:

$$R_{u.i.} \le 0,5 \quad \text{Ом;}$$

$$R_{è.âåðõ.} = R \cdot \alpha_{è.âåðõ.} \le 0,5 \quad \text{Ом;}$$

$$R_{è.íèæí.} = R \cdot \alpha_{è.íèæí.} \le 0,5 \quad \text{Ом.}$$

В связи с тем, что не выполняется условие по безопасности, сопротивление заземлителя надо пересчитать по напряжению прикосновения.

2 Расчет импульсного сопротивления заземлителя подстанции

Расчет эквивалентного сопротивления первого слоя:

Принимаем: $l_B = 5\ м$ - длина вертикального электрода;

Глубина заложения заземлителей от поверхности земли

$$t = h_З = 0,5 \ \ м.$$

Граница разделения слоев двух слойной модели

$$h_{1Э} = l_B + h_З = 5 + 0,5 = 5,5;$$

$$\rho_{1Ý} = \frac{h_{1Ý}}{\Sigma \frac{h_i}{\rho_i}} = \frac{5,5}{\frac{1,5}{\rho_1} + \frac{4}{\rho_2}} \quad \text{Ом} \cdot \text{м.}$$

Расчет эквивалентного сопротивления второго слоя:

Толщина второго слоя эквивалентной двухслойной модели

$$H_{РАСЧ} = \left(1,3 \div 1,4\right) \cdot l_B.$$

Принимаем: $H_{РАСЧ} = 1,4 \cdot l_B = 1,4 \cdot 5 = 7\ м;$

$$\rho_{2Ý} = \frac{H_{ÐÀÑ\times} - h_{1Ý}}{\Sigma \frac{h_i}{\rho_i}} \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Находим: $\frac{h_{1Ý} - h_Ç}{l_Ç}$.

принимаем:

$$\frac{\rho_{ЭКВ}}{\rho_2} = 0,9 .$$

Отсюда: $\rho_{ЭКВ} = 0,9 \cdot \rho_{2Э} = 2700$ Ом · м.

Определяем стационарное сопротивление одного вертикального электрода:

$$R_{ЭВ} = \frac{\rho_{ЭКВ}}{\pi \cdot 2 \cdot l_B} \cdot \ln\left[\frac{4 \cdot l_B \cdot (2 \cdot t + l_B)}{d \cdot (4 \cdot t + l_B)}\right] = 545,58 \text{ Ом}.$$

Определяем стационарное сопротивление одного горизонтального электрода:

$$R_{ÝÃ} = \frac{\rho_{ÝÊÂ}}{\pi \cdot l_Ã} \cdot \ln\left[\frac{1,5 \cdot l_Ã}{\sqrt{2 \cdot d \cdot t}}\right] \text{ Ом}.$$

Определяем стационарное заземление:

$$R = \frac{R_{ÝÃ} \cdot R_{ÝÂ}}{\eta \cdot (n_Â \cdot R_{ÝÃ} + m \cdot R_{ÝÂ})} \le 5 \text{ Ом}.$$

где $\eta = \eta_u = 0,75$ - коэффициент использования заземлителя учитывающий растекание тока молнии из-за взаимных экранов;

Определение импульсного сопротивления вертикального электрода:

$$R_{èÂ} = \frac{\alpha_{èÂ} \cdot R_{ÝÂ}}{\eta \cdot n_Â} \text{ Ом},$$

где $\alpha_{uB} = 1$ - импульсный коэффициент вертикального электрода;

Определение импульсного сопротивления горизонтального электрода.

Определяем удельную индуктивность на единицу длины горизонтального заземлителя:

$$L_O = 0,2 \cdot \left(\ln\frac{l}{r} - 0,31\right) \frac{мкГн}{м},$$

где l – длина полосы, м;

r - радиус электрода, м.

Определяем импульсный коэффициент протяженного заземлителя:

$$\alpha_{èÃ} = 1 + \frac{L_O \cdot l}{3 \cdot \tau_{Ô} \cdot R_{ÝÃ}},$$

где $\tau_{Ф} = 2$ *мкс* - длительность фронта тока молнии;

$$R_{èÃ} = \alpha_{èÃ} \cdot R_{ÝÃ} \quad \text{Ом.}$$

Определяем общее или суммарное импульсное сопротивление:

$$R_{è} = \frac{R_{èÃ} \cdot R_{èÂ}}{\eta_{è} \cdot \left(n_{Â} \cdot R_{èÃ} + m \cdot R_{èÂ}\right)} \le 5 \text{ Ом.}$$

1.6.3 Расчет шагового напряжения

Рассчитываем распределение напряжения при вертикальном расположении электрода:

$$\beta_1 = \frac{\ln a - \ln r}{\ln 2 \cdot l - \ln r},$$

где a - длина шага, мм;

l - длина вертикального электрода, мм;

r - радиус электрода, мм.

$$\beta_1 = \frac{\ln a - \ln r}{\ln 2 \cdot l - \ln r} = \frac{\ln 800 - \ln 10}{\ln 2 \cdot 5000 - \ln 10}.$$

Рассчитываем распределение напряжения при горизонтальном расположении электрода:

$$\beta_2 = \frac{R_h}{R_h + 6 \cdot \rho_1}.$$

где R_h - сопротивление тела человека, Ом;

ρ_1 - удельное сопротивление верхнего слоя, $Ом \cdot м$.

$$\beta_2 = \frac{R_h}{R_h + 6 \cdot \rho_1}.$$

Рассчитываем распределение напряжения по поверхности земли:

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \cdot \rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \frac{2 \cdot l}{d},$$

где I_3 - ток, стекающий с заземлителя проектируемого заземляющего устройства при однофазном КЗ;

$$I_3 = 0,5 \cdot 1,5 \cdot I_{ÍÎ}^{(3)} \quad A;$$

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \cdot \rho_{Ý}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l}{d} \quad B \ ;$$

Рассчитываем шаговое напряжение на поверхности земли:

$$U_{Ø} = \varphi_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \quad B \, .$$

4. Расчет напряжения прикосновения

Рассчитываем допустимое значение сопротивления заземляющего устройства:

$$R_{Ç,ÄÎ Ï} = \frac{U_{ÄÎ Ï}}{I_3} \quad Ом \, .$$

Определяем общее сопротивления сложного элемента:

$$R_З = A \cdot \frac{\rho_Э}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_Э}{L_Г + L_В} \ ,$$

где A - определяется, если $0 \le \frac{5+0,5}{\sqrt{45864}} \le 0,1$;

$0 \le 0,026 \le 0,1$, то

$$A = 0,444 - 0,84 \cdot \frac{l+t}{\sqrt{S}} = 0,444 - 0,84 \cdot 0,026 = 0,422 \, ;$$

$$R_Ç = A \cdot \frac{\rho_{Ý}}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_{Ý}}{L_{Ã} + L_{Â}} \ Ом \, .$$

Так как у нас получилось $R_З \ge R_{З,ДОП}$, а по условию безопасной работы у нас должно выполняться условие $R_З \le R_{З,ДОП}$, то для снижения значения напряжения прикосновения, в целях экономии затрат на сооружение заземляющего устройства применим подсыпку слоем гравия толщиной 0,2 м в рабочих местах. Удельное сопротивление верхнего слоя (гравия) в этом случае будет равно $\rho_1 = 3000 \ Ом \cdot м$;

Рассчитываем коэффициент, определяемый по сопротивлению тела человека R_h и сопротивлению растекания тока от ступеней R_C:

$$\beta_3 = \frac{R_h}{R_h + R_C} = \frac{R_h}{R_h + 1,5 \cdot \rho_1} \, .$$

Рассчитываем коэффициент напряжения прикосновения, для сложных заземлителей:

$$k_{Ï} = \frac{M \cdot \beta_3}{\left(\frac{l \cdot L}{a \cdot \sqrt{S}} \right)^{0,45}} \, ,$$

где M - параметр, зависящий от $\frac{\rho_1}{\rho_2}$.

Так как подсыпка гравием не влияет на растекание тока с заземляющего устройства, так как глубина заложения заземлителей 0,7 м больше толщины слоя гравия, по этому соотношение $\frac{\rho_1}{\rho_2}$ и M остаются неизменными: если $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{1000}{3000} = 0,33$, то $M = 0,425$.

Рассчитываем допустимое значение напряжения прикосновения, для сложных заземлителей после подсыпке гравия:

$$U_Ç = \frac{U_{ÄÎ\ Ï}}{k_Ï}\ B,$$

что в свою очередь меньше: $U_{ДОП} = 10000\ B$.

Пересчитываем допустимое значение сопротивления заземляющего устройства:

$$R_{Ç,ÄÎ\ Ï} = \frac{U_Ç}{I_З}\ Ом.$$

Что соблюдается по условию безопасной работы, должно выполняться условие:

$$R_Ç = 1,68 \le R_{Ç,ÄÎ\ Ï}\ Ом.$$

Рассчитываем значение напряжения прикосновения, для сложных заземлителей:

$$U_{Ï\ Ð} = k_Ï \cdot I_З \cdot R_Ç\ B,$$

что меньше $U_{ДОП} = 400\ B$.

3 Методические рекомендации по проведению практических занятий

Цель практических занятий – научить студентов выполнять расчеты по выбору силовых трансформаторов и автотрансформаторов связи, а также правильно выбирать схемы ОРУ, ЗРУ на станциях и подстанциях.

Практические занятия проводятся по индивидуальным карточкам.

Ниже приведен пример:

Пример 1

Задание: Выбрать мощность трансформаторов связи, если на ТЭЦ установлены три генератора ТВФ – 63, $U_{ном} = 10,5$ кВ, $cos(\varphi) = 0,8$. Нагрузка на генераторном напряжении $P_{H,max} = 65$ МВт, $P_{H,min} = 50$ МВт, $cos(\varphi) = 0,9$, остальная мощность выдается в энергосистему по ВЛЭП 110 кВ. Расход на собственные нужды принять 10 %.

Решение:

Нагрузка 10 кВ обеспечивается двумя генераторами, поэтому намечаем структурную схему – два генератора присоединены к ГРУ и один в блок с повышающим трансформатором (рис. 11).

Расход мощности на с. н. одного турбогенератора:

$$P_{с,н} = \frac{P_{с,н\%}}{100} \cdot P_{уст} = \frac{10}{100} \cdot 63 = 6,3 \text{ МВт};$$

$$Q_{с,н} = P_{с,н} \cdot tg(\varphi) = 6,3 \cdot 0,75 = 4,725 \text{ МВар}.$$

Реактивная мощность генератора ТВФ – 63:

$$Q_Г = P_Г \cdot tg(\varphi) = 63 \cdot 0,75 = 47,25 \text{ Мвар}$$

Реактивные нагрузки:

$$Q_{н,max} = 65 \cdot 0,62 = 40,3 \text{ МВар};$$

$$Q_{н,min} = 50 \cdot 0,62 = 31 \text{ МВар}.$$

Определяем расчетную нагрузку трансформаторов связи в режиме минимальных нагрузок по (1):

$$S_{1расч} = \sqrt{(2 \cdot 63 - 50 - 2 \cdot 6,3)^2 + (2 \cdot 47,25 - 31 - 2 \cdot 4,725)^2} = 104,7 \ MBA.$$

Определяем расчетную нагрузку в режиме максимальных нагрузок:

$$S_{2расч} = \sqrt{(2 \cdot 63 - 65 - 2 \cdot 6,3)^2 + (2 \cdot 47,25 - 40,3 - 2 \cdot 4,725)^2} = 65,9 \ MBA.$$

Определяем расчетную нагрузку в аварийном режиме – при отключении одного генератора:

$$S_{3расч} = \sqrt{(63 - 65 - 6,3)^2 + (47,25 - 40,3 - 4,725)^2} = 8,59 \ MBA.$$

Знак минус в первом слагаемом подкоренного выражения указывает на изменение направления мощности в аварийном режиме. При отключении одного генератора активная недостающая мощность передается с шин 110 кВ через трансформатор связи.

Мощность трансформаторов связи выбираем по (2) с учетом того, что $S_{расч,\max} = S_{1расч} = 104,7$ МВА и принимая $K_3 = 1,4$:

$$S_Т \geq \frac{S_{расч,\max}}{K_3} = \frac{104,7}{1,4} = 74,75 \ MBA.$$

Принимаем два трансформатора связи по 80 МВА. Мощность блочного трансформатора для G3 принимаем 80 МВА.

При подготовке ответов на вопросы для самостоятельной работы студентам рекомендуется пользоваться программой MathCAD и Visio для выполнения серий расчетов и графической части схем ОРУ.

4 Самостоятельная работа студентов

4.1 Методические указания по проведению самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов включает изучение лекционного материала и дополнительной литературы по дисциплине при подготовке к занятиям, работу в библиотеке, написание реферата по предложенной теме и сдачу зачета. Контроль степени усвоения материала осуществляется с помощью вопросов для самопроверки. Также на каждой лекции предусмотрен 15 минутный опрос студентов по ранее (и самостоятельно) изученному материалу.

Тема 1. Введение.

Основные понятия и определения об электрических станциях.

Вопросы для самопроверки.

1. Классификация электрических станций?
2. Классификация тепловых электрических станций?
3. Классификация гидравлических электрических станций?
4. Назначение турбогенераторов и гидрогенераторов?
5. Назначение трансформаторов и автотрансформаторов?

Тема 2. Производство электрической энергии

Виды, назначения, воздействия на окружающую среду ГЭК, ГАЭС, ТЭС. Возобновляемые источники энергии, виды, назначения, условия использования. Графики нагрузки энергосистемы: заполнения суточного графика нагрузки. Электроприемники и их категории.

Вопросы для самопроверки.

1. Виды, назначения, воздействия на окружающую среду ГЭК, ГАЭС, ТЭС.
2. Тепловая электрическая станция (ТЭС). Привести примеры.
3. Гидроэлектростанция (ГЭС). Привести примеры.
4. Атомная электрическая станция (АЭС). Привести примеры.
5. Гидроаккумулирующая станция (ГАЭС). Привести примеры.
6. Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ). Привести примеры.
7. Тепловая конденсационная электрическая станция (КЭС). Привести примеры.
8. Возобновляющие источники электроэнергии.
9. Графики нагрузки энергосистемы.
10. Заполнение суточного графика нагрузки.
11. Электроприемники и их категории.

Тема 3. Электрические схемы электрических станций и их оборудование.

Электрические схемы электрических станций; электрооборудование электрических станций; собственные нужды электрических станций и их схемы; распределительные устройства и их схемы; заземление электрических станций; система измерения, контроля, сигнализации и управления; автоматизация процесса производства электроэнергии на электростанциях; схемы РУ, область их применения, закрытые и открытые РУ; конструктивное выполнение РУ; заземляющие устройства; расчет заземляющих устройств.

Вопросы для самопроверки.

1. Классификация электрических схем электрических станций.
2. Электрооборудование электрических станций.
3. Собственные нужды электрических станций и их схемы.
4. Распределительные устройства и их схемы.
5. Закрытые и открытые РУ.
6. Схемы РУ, область их применения.
7. Заземляющие устройства, расчет заземляющих устройств.
8. Система измерения, контроля, сигнализации и управления.
9. Автоматизация процесса производства электроэнергии на электростанциях.
10. Понятия: ОРУ, ЗРУ, КРУ, КРУН.
11. Схемы присоединения подстанций.
12. Назначение подстанций и их оборудование.

4.2 Методические указания по выполнению домашних заданий

Целью выполнения домашнего задания является самостоятельное изучение материала при подготовке к следующему занятию. Основным типом домашнего задания для данной дисциплины является изучение, и применение схем ОРУ на электрических станциях и подстанциях, и схем собственных нужд.

4.3 Фонды домашних заданий

Домашние задания выполнены в виде перечня вопросов.

Комплект домашних вопросов.

1. ТЭС, виды, назначение воздействия на окружающую среду.
2. ГЭС, сравнительная характеристика видов.
3. ГАЭС, назначение, принцип действия.
4. Возобновляемы источники энергии: виды, условия использования.
5. График нагрузки энергосистемы: заполнения по виду станций.

6. Особенности ТЭС, АЭС и ГЭС, учитываемые при заполнении суточного графика нагрузки.

7. Электроснабжение потребителей I, II, III, категории.

8. Особенности технологической схемы ТЭЦ относительно КЭС.

9. Виды технологических схем АЭС.

10. Особенности схемы ГЭС по мощности.

11. Виды РЧ в энергосистеме и область их применения.

12. Схемы подстанций и их виды.

13. Собственные нужды станций и подстанций.

14. Собственные нужды ГЭС.

15. Собственные нужды ТЭЦ.

16. Собственные нужды КЭС.

17. Собственные нужды подстанций.

18. Заземление электрических станций и подстанций.

19.Коммутационные аппараты: виды обозначения на схеме, назначение.

20. Заземляющие устройства: назначение, применение.

5 Программные продукты, реально используемые в практической деятельности выпускника

В процессе изучения дисциплины «Производство электроэнергии» студент при подготовке к домашним заданиям, к лекционным курсам использует программные продукты. Но применение этих программ происходит поверхностно, т.е. даются основные понятия. Подробное изучение этих программ проводится по дисциплине «Пакеты прикладных программ», «Математические модели».

1. На кафедре имеется программное обеспечение. Оно представляет собой программы необходимые для учебного процесса и которое может каждый студент установить себе, для освоения учебного материала на собственных персональных компьютерах.

Программы для ознакомления студентов:

1. MS Visio (2007, 2010) - графический редактор
2. MathCad (14, 15) – система математических расчетов;
3. MatLab – система моделирования;
4. Modus – Тренажерный комплекс;
5. SDO-6 – Расчет режимов и оптимизация режимов ЭЭС;
6. RASTR, RastWin – Расчет режимов электрических систем;
7. Energy1 – Расчет сети;
8. Uchet – Учет электроэнергии;
9. Kaktys – контролирующая и обучающая программа;
10. Tkz-3000 – Расчет токов короткого замыкания;
11. Runge – Расчет уравнений движения работы синхронных машин;
12. Curspm G2, Curspm G2 – Автоматизированный расчет графиков электрических нагрузок;
13. «Krnet» – Расчет технико-экономических параметров эл.сети;
14. Delphi-6.0 – система быстрой разработки программ;
15. Model – Моделирование параметров режима.

6 Материалы по контролю качества образования

6.1 Методические указания по организации контроля знаний студентов

На лекциях проводится блиц-опрос (текущий контроль) по пройденному материалу, проверка домашнего задания. В конце семестра проводится зачет (вопросы к зачету приведены ниже в пункте 6.3).

План проведения блиц-опроса:

1. Напоминается тема предыдущего занятия;

2. Студентам задается 4 – 5 вопросов по предыдущей теме занятия;
3. Проводится анализ полученных ответов.

6.2 Фонд заданий (для блиц-опроса)

Блиц-опрос №1.

Тема 1. Введение.

Основные понятия и определения об электрических станциях.

Вопросы .

1.Классификация электрических станций?
2.Классификация тепловых электрических станций?
3.Классификация гидравлических электрических станций?
4.Назначение турбогенераторов и гидрогенераторов?
5.Назначение трансформаторов и автотрансформаторов?

Блиц-опрос №2.

Тема 2. Производство электрической энергии

Виды, назначения, воздействия на окружающую среду ГЭС, ГАЭС, ТЭС.

Вопросы.

1. Виды, назначения, воздействия на окружающую среду ГЭК, ГАЭС, ТЭС.
2. Тепловая электрическая станция (ТЭС). Привести примеры.
3. Гидроэлектростанция (ГЭС). Привести примеры.
4. Атомная электрическая станция (АЭС). Привести примеры.
5. Гидроаккумулирующая станция (ГАЭС). Привести примеры.
6. Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ). Привести примеры.
7. Тепловая конденсационная электрическая станция (КЭС). Привести примеры.

Блиц-опрос №3.

Тема 2. Производство электрической энергии

Возобновляемые источники энергии, виды, назначения, условия использования. Графики нагрузки энергосистемы: заполнения суточного графика нагрузки. Электроприемники и их категории.

Вопросы.

1. Возобновляющие источники электроэнергии.
2. Графики нагрузки энергосистемы.
3. Заполнение суточного графика нагрузки.
4. Электроприемники и их категории.
5. Экологичность возобновляющих источников электроэнергии.

Блиц-опрос №4.

Тема 3. Электрические схемы электрических станций и их оборудование.

Электрические схемы электрических станций; электрооборудование электрических станций; собственные нужды электрических станций и их схемы; распределительные устройства и их схемы.

Вопросы .

1. Классификация электрических схем электрических станций.
2. Электрооборудование электрических станций.
3. Собственные нужды электрических станций и их схемы.
4. Распределительные устройства и их схемы.
5. Закрытые и открытые РУ.
6. Схемы РУ, область их применения.

Блиц-опрос №5.

Тема 4. Электрические схемы электрических станций и их оборудование.

Заземление электрических станций; система измерения, контроля, сигнализации и управления; автоматизация процесса производства электроэнергии на электростанциях; схемы РУ, область их применения, закрытые и открытые РУ; конструктивное выполнение РУ; заземляющие устройства; расчет заземляющих устройств.

Вопросы .
1. Заземляющие устройства, расчет заземляющих устройств.
2. Система измерения, контроля, сигнализации и управления.
3.Автоматизация процесса производства электроэнергии на электростанциях.
4. Понятия: ОРУ, ЗРУ, КРУ, КРУН.
5. Схемы присоединения подстанций.
6. Назначение подстанций и их оборудование.

6.3 Итоговый контроль
В конце семестра, на зачетной неделе проводится зачет.
Контрольные вопросы к зачету по дисциплине «Производство электроэнергии».
Билет № 1
1. ТЭС, виды, назначение воздействия на окружающую среду.
2. Виды РЧ в энергосистеме и область их применения.
Билет № 2
1. ГЭС, сравнительная характеристика видов.
2. Схемы подстанций и их виды.
Билет № 3
1. ГАЭС, назначение, принцип действия.
2. Собственные нужды станций и подстанций.
Билет № 4
1 Возобновляемы источники энергии: виды, условия использования.
2. Возобновляемы источники энергии: виды, условия использования.
Билет № 5
1. График нагрузки энергосистемы: заполнения по виду станций.
2. . Собственные нужды ТЭЦ.
Билет № 6
1. Особенности ТЭС, АЭС и ГЭС, учитываемые при заполнении суточного графика нагрузки.
2. Собственные нужды КЭС.
Билет № 7
1. Электроснабжение потребителей I, II, III, категории.
2 Собственные нужды подстанций.
Билет №. 8
1. Особенности технологической схемы ТЭЦ относительно КЭС.
2. Заземление электрических станций и подстанций.
Билет № 9
1. Виды технологических схем АЭС.
2. Коммутационные аппараты: виды обозначения на схеме, назначение.
Билет № 10
1. Особенности схемы ГЭС по мощности.
2. Заземляющие устройства: назначение, применение.
Билет № 11
1. Назначение генераторов.
2. Шины и токопроводы.
Билет № 12
1. Классификация электрических станций.
2. Виды нагрузки и их характеристика.

7 Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава

Лекции	Практические занятия (библиотека)	Самостоятельная работа	Зачет
Доцент кафедры Энергетики Ротачева Алла Георгиевна	Доцент кафедры Энергетики Ротачева Алла Георгиевна	Доцент кафедры Энергетики Ротачева Алла Георгиевна	Доцент кафедры Энергетики Ротачева Алла Георгиевна

8 Список использованных источников

1. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций : учеб.: рек. Мин. обр. РФ / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. -2-е изд., стер.. -М.: Академия, 2005,2009 - 448 с.
2. Балаков Ю.Н. Проектирование схем электроустановок : учеб. пособие: доп. УМО/ Ю. Н. Балаков, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов. -М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2004. -288 с.:а-рис.
3. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. Учебное пособие.-М: ФОРУМ ИНФРА.- М: 2006-480с.
4. Тепловые и атомные электрические станции [Текст] : учеб. / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. - 5-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010. - 464 с.
5. Энергетика в современном мире [Текст] / В. Е. Фортов, О. С. Попель. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 168 с.
6. Методы расчета ресурсов возобновляемых источников энергии : учеб. пособие : доп. УМО/ А. А. Бурмистров [и др.] ; под ред. В. И. Виссарионова. - 2-е изд., стер.. - М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2009. - 144 с.
7. Солнечная энергетика [Текст] : учеб. пособие / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, В. А. Кузнецова. - 2-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2011. - 276 с.
8. Производство электрической энергии : учеб.-метод. пособие/ А. Г. Ротачева, Я. В. Кривохижа; АмГУ, Эн.ф.. -Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2009. -184 с.
9. Электрическая часть гидроэлектростанций : учеб. пособие/ В. А. Старшинов, А. И. Пойдо, М. В. Пираторов. -М.: Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2003. -160 с.
10. Электроэнергетика. Производство электроэнергии : учеб.-метод. комплекс для спец. 140204 - "Электрические станции"/ АмГУ, Эн.ф.; сост. А. Г. Ротачева. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007.
11. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы [Текст]: учеб. пособие / А. В., да Роза ; пер. с англ., ред. С. П. Малышенко, пер. с англ., ред. О. С. Попель. - М. : Интеллект : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010. - 704 с.
12. Электротехнический справочник. Том 3, книга 1. М: Энергоатомиздат. 2002г., 878 с.
13. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию предприятий и общественных зданий [Текст] / ред. С. И. Гамазин, Б. И. Кудрин, С. А. Цырук. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010.
14. Электротехнический справочник [Текст] : в 4 т. / Под общ.ред. В.Г. Герасимов, Под общ. ред. А.Ф. Дьяков, Под общ. ред. Н.Ф. Ильинский, Гл. ред. А.И. Попов. - 8-е изд., испр. и доп. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2002, 2004 Т. 3 : Производство, передача и распределение электрической энергии : справочное издание. – 2002, 2004. - 964 с. : рис., табл. - Библиогр. в конце разд.- Предм. указ.: с. 961-963.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном учебно-методическом комплексе отражены полные вопросы: показана рабочая программа дисциплины; подробно описан график самостоятельной учебной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля; расписаны методические указания по проведению самостоятельной работы студентов; предложен краткий конспект лекций по данному курсу; методические рекомендации по выполнению домашних занятий; показан перечень программных продуктов, реально используемых в практике деятельности студентов; комплекты заданий для домашних заданий; фонд тестовых заданий для оценки качества знаний по дисциплине; контрольные вопросы к зачету; карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава.