

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.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**

для специальности 140211.65 – «Электроснабжение»

Составитель: А.Н. Козлов, В.В. Соловьев

Благовещенск 2012 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
1. Рабочая программа дисциплины	3
2. Краткий конспект лекций	9
3. Самостоятельная работа студентов	24
3.1. Методические указания по проведению самостоятельной работе студентов	24
3.2. График самостоятельной учебной работы студентов	26
3.3. Методические указания по выполнению домашнего задания	28
3.4. Комплекты домашних заданий	32
4. Методические указания по проведению информационных технологий	33
5. Программные продукты, реально используемые в практической деятельности выпускника	33
6. Материалы по контролю качества образования	34
6.1. Методические указания по организации контроля знаний студентов	34
6.2. Фонд заданий для проведения блиц-опроса	34
6.3. Итоговый контроль	35
7. Список литературы	38

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Введение в специальность» относится к блоку ФТД, является дисциплиной - Факультатив.

Курс «Введение в специальность» является одним из важнейших. Его влияние на студента-первокурсника мало знающего о своей профессии очень велико. Дисциплина «Введение в специальность» занимает важное место в учебном процессе. В рассматриваемом курсе студент получает *представление обо всех разделах энергетики* и их взаимосвязях, об энергетических системах и основных, происходящих в них процессах преобразования, передачи и потребления электроэнергии.

В данном учебно-методическом комплексе отражены следующие вопросы: соответствие дисциплины «Введение в специальность» 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 лабораторные занятия, курсовые работы (проекты), контрольные работы.

## **1. Рабочая программа дисциплины**

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью данного курса является изучение основных сведений по выполнению систем промышленного электроснабжения. Уделено внимание преобразовательным устройствам, приемникам электрической энергии, средствам автоматизации и защиты систем электроснабжения пром. предприятий. Даются представления о качестве электрической энергии и резервах ее экономии на пром. предприятиях.

Теоретической базой дисциплины «Введение в специальность» являются полученные ранее знания по физике, истории и на базе этого формируются представления о современных системах электроснабжения, о составляющих ее элементах, включая основное электрооборудование современных предприятий и о перспективном прогрессивном развитии систем электроснабжения объектов (по отраслям).

В процессе всех видов занятий по изучению дисциплины «Введение в специальность» в соответствии с квалификационной характеристикой выпускников, студенты должны уметь: пользоваться справочной литературой, знать маркировку трансформаторов, уметь ее расшифровывать, знать основные схемы преобразования электроэнергии.

### **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО**

Одна из экономических задач нашей страны - это разработка комплексных программ технического перевооружения и реконструкции производства, его непрерывного обновления на основе современной техники и передовой технологии. Все это целиком распространяется на системы электроснабжения. Специальность учитывает деятельность инженера как специалиста-исследователя систем электроснабжения; как проектировщика, электромонтажника и наладчика при новом строительстве и техническом перевооружении действующих предприятий.

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

современные методы проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий;

схемы низковольтного электроснабжения;

конструктивное исполнение элементов низковольтной сети;

выбор и проверку сечений проводников, коммутационно-защитных аппаратов напряжением до 1000 В;

пуск и самозапуск электродвигателей;

режимы работы нейтралей;

перегрузочную способность элементов схем электроснабжения.

2) Уметь:

выбирать схемы низковольтной электрической сети;

рассчитывать токи коротких замыканий в сетях до 1000 В;

выбирать кабели, провода, шинопроводы, электропроводку;

выбирать коммутационно-защитную аппаратуру с обеспечением селективности ее работы;

определять длительность пуска и выбирать схемы пуска электродвигателей;

решать вопросы самозапуска электродвигателей;

выбирать режимы работы нейтралей;

осуществлять компенсацию емкостных токов замыкания на землю;

определять в послеаварийных и ремонтных режимах допустимые перегрузки элементов схемы электроснабжения.

3) Владеть навыками:

анализа схем электроснабжения промышленных предприятий;

проектирования низковольтного электроснабжения;

оценивания возможности пуска и самозапуска электродвигателей.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 36 часов

№ 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)
				ЛК	СРС	
1	ВВЕДЕНИЕ	1	1	2		
2	ПРИЕМНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ		4-6	4	2	4-6 недели – блиц-опрос на лекции
3	ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ		6-8	4	5	6-8 недели - блиц-опрос на лекции.
4	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ		8-10	3	5	8-10 неделя – контрольная работа
5	ЗАЩИТА, УПРАВЛЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ		12-14	3	4	12-14 неделя – контрольная работа
6	КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ. ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ		16-18	2	2	13, 14 недели – блиц-опрос на лекции
7	Промежуточная аттестация					Зачет

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. ВВЕДЕНИЕ.

Основные понятия и определения. Краткие сведения по истории развития электроснабжения промышленных предприятий. Современные проблемы в электроснабжении промышленных предприятий. Особенности инженерных расчетов в электроснабжении. Особенности технико-экономических расчетов.

## 5.2. ПРИЕМНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.

Классификация приемников электроэнергии. Электрические двигатели. АД, СД, ДПТ. Электротехнологические установки. Электрические печи сопротивления. Электродуговые печи. Индукционные печи. установки высокочастотного нагрева. Специальные электротермические установки. Электролизеры. Электросварочное оборудование. Электрический транспорт. Электрическое освещение.

## 5.3. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Общие положения. Трансформаторы. Схема устройства. Холостой ход и короткое замыкание. Основные паспортные величины. Особенности технического выполнения трансформаторов. Условные обозначения и маркировка. Выпрямители. Полупроводниковые элементы, на которых выполняются схемы. Схемы однополупериодного, двухполупериодного выпрямления. Трехфазный мостовой выпрямитель (управляемый и неуправляемый). Виды нагрузки в данных схемах (активная, индуктивная, емкостная, смешанная). Инверторы. Однофазные и трехфазные инверторы. Мостовой инвертор.

## 5.4 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.

Категории потребителей электроэнергии. Схемы электроснабжения промышленных предприятий. Конструктивное исполнение сетей систем электроснабжения. КЛ и ВЛ. Шины и токопроводы.

## 5.5. ЗАЩИТА, УПРАВЛЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.

## 5.6. КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ. ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

## 6.САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа предусматривает:

- выполнение рефератов по темам лекционных занятий(10 часов);
- самостоятельная работа с рекомендуемой литературой и журналами научно-технического направления (8 часов).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоёмкость в часах
1	1	подготовка к блиц-опросу на лекции	
2	2	подготовка к блиц-опросу на лекции	2
3	3	подготовка к блиц-опросу на лекции	5
4	4	подготовка к блиц-опросу на лекции	5
5	5	подготовка к блиц-опросу на лекции	4
6	6	подготовка к блиц-опросу на лекции	2

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Наилучшей гарантией глубокого и прочного усвоения дисциплины «Введение в специальность» является заинтересованность студентов в приобретении знаний. Поэтому для поддержания интереса студентов к процессам и технологиям получения и обработки материалов необходимо использовать различные образовательные технологии и задействовать все атрибуты процесса научного познания.

При преподавании дисциплины «Введение в специальность» используется технология модульного обучения.

При чтении лекций по данной дисциплине используется такой неимитационный метод активного обучения, как «Проблемная лекция». Где перед изучением модуля обо-

значается проблема, на решение которой будет направлен весь последующий материал модуля.

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

Система оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине включает вопросы для блиц-опроса на лекциях.

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

Итоговой формой контроля знаний студентов по данной дисциплине является зачет. При сдаче зачета необходимо ответить на два теоретических вопроса по изученному курсу.

Оценка «зачтено» ставится в случае:

- правильных и полных ответов на оба теоретических вопроса.
- правильного, но неполного ответа на один из вопросов, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки не принципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя;
- правильных, но неполных ответов на оба вопроса, требующих уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки не принципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя.

Оценка «не зачтено» ставится в случае:

- неверного ответа (отсутствия ответа) на один теоретический вопрос и неполного ответа на второй вопрос, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки не принципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя;
- неверных ответов (отсутствия ответов) на оба теоретических вопроса.

Примерные вопросы к зачету:

1. Первые сведения о применении электроэнергии. Первый источник электроэнергии.
2. Гальванические элементы. Батареи из них.
3. Изобретение электромашинного генератора.
4. Развитие электрического освещения.
5. Формирование электротехнической промышленности.
6. Идея самовозбуждения. Появление заводских электростанций.
7. Программная задача Т.А. Эдисона. Её роль в развитии электроснабжения.
8. Электрификация России. План ГОЭЛРО.
9. Современные проблемы в электроснабжении пром. предприятий. Энергосбережение. Экологичность.
10. Уменьшение потерь. Повышение надежности. Обеспечение требуемого качества.
11. Точность номинальных данных электрооборудования. Погрешности.
12. Технические и экономические требования, предъявляемые к системам промышленного электроснабжения.
13. Схема устройства трансформатора.
14. Режимы работы трансформатора.
15. Внешняя характеристика трансформатора.
16. Современное исполнение трансформаторов. Условные обозначения обмоток

трансформаторов. Маркировка.

17. Схема однополупериодного выпрямления и графики выходного напряжения и тока при активном сопротивлении.

18. Двухполупериодная мостовая схема выпрямления.

19. Трехфазный мостовой выпрямитель с неуправляемыми вентилями.

20. Принцип инвертирования. Мостовой инвертор.

21. Классификация приемников электроэнергии.

22. АД. Схема устройства АД.

23. Механическая характеристика АД.

24. Пуск АД. Пусковые токи.

25. СД. Схема устройства СД.

26. Пуск СД.

27. ДПТ. Схема ДПТ с независимым возбуждением. Его механические характеристики.

28. Последовательное возбуждение ДПТ. Механическая характеристика серийного двигателя.

29. Электрические печи сопротивления. Схема ТЭН, его элементы.

30. Электродуговые печи. Схема работы дуговой печи. Влияние работы дуговой печи на показатели качества электроэнергии.

31. Индукционные печи. Схема индукционной печи. Принцип работы.

32. Установки высококачественного нагрева. Принцип работы. Влияние работы установки на показатели качества электрической энергии.

33. Электролизер. Схема работы и ее принцип.

34. Электродуговая сварка на переменном токе. Схема работы. Влияние электродуговой сварки на качество электроэнергии.

35. Схема электродуговой сварки на постоянном токе. Принцип работы.

36. Схема контактной сварки. Влияние на показатели качества электроэнергии.

37. Схема точечной сварки. Принцип работы.

38. Квалификация электрического транспорта.

39. Магистральный транспорт. Схема электроснабжения магистрального транспорта на однофазном токе.

40. Получение постоянного тока для питания электровоза. Схема электровоза постоянного тока.

41. Городской электрический транспорт. Схема электроснабжения и подвижного состава.

42. Промышленный электрический транспорт.

43. Внутризаводской транспорт. Электропогрузчики, тельферы. Аккумуляторный транспорт.

44. Схема зарядки аккумулятора. Схема тягового устройства внутризаводского транспорта.

45. Электрическое освещение. Устройство лампы накаливания. Зависимость к.п.д. от напряжения, подводимого к лампе накаливания.

46. Газоразрядные лампы. Плазма.

47. Стартерная схема включения люминесцентной лампы. ВАХ комплекта "люминесцентная лампа-дрессель".

48. Дуговые ртутные люминесцентные лампы. Устройство и схема подключения ДРЛ.

49. Категории потребителей электроэнергии. Понятие надежности.

50. Требования, предъявляемые к схемам электроснабжения пром. предприятий.

51. Факторы, влияющие на выбор схемы электроснабжения пром. предприятий.

52. Радиальные схемы внутризаводской сети.

53. Магистральные схемы электроснабжения.



54. ГВ. ПГВ. ГПП.
55. Схемы цеховых сетей.
56. Конструктивное исполнение линий СЭС ПП. Устройство 3-фазного кабеля.
57. Применяемые в электротехнике изоляционные материалы.
58. Назначение защиты. Понятие селективности.
59. Измерительные трансформаторы. Назначение.
60. Предохранители. Схема распределительной сети с установкой плавких предохранителей на различных ступенях электроснабжения.
61. Коммутационные операции в системах электроснабжения. АСУП. Цепи, используемые для вторичных коммутаций.
62. Диспетчерский пункт электроснабжения. Его устройство.
63. Понятие об автоматизации. АВР и АПВ. АЧР.
64. Показатели качества электроэнергии. Отклонение напряжения. Колебания напряжения. Несинусоидальность напряжения.
65. Несимметричные режимы СЭС.
66. Электробаланс пром. предприятия. Его анализ.
67. Основные способы уменьшения потерь электроэнергии.
68. Организация учета электроэнергии.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ»**

### **а) основная литература:**

1. Основы современной энергетики [Текст] : учеб. : в 2 т. / под ред. Е. В. Аметистова. - 5-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010 Т. 1 : Современная теплоэнергетика / под ред. А. Д. Трухня. - 2010. - 471 с.
2. Основы современной энергетики [Текст] : учеб. : в 2 т. / под ред. Е. В. Аметистова. - 5-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010 Т. 2 : Современная электроэнергетика / под ред. А. П. Бурмана, В. А. Строева. - 2010. - 632 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Быстрицкий, Геннадий Федорович. Основы энергетики [Текст] : учеб.: доп. УМО / Г. Ф. Быстрицкий, 2006,2005,2007. - 278 с.
2. Введение в специальность [Текст] : учеб.-метод. комплекс для спец. 140101 - Тепловые электрические станции / АмГУ, Эн.ф., 2007. - 41 с.
3. Основы современной энергетики [Текст] : учеб.: В 2 ч.: рек. УМО / под ред. Е. В. Аметистова. Ч. 1 : Современная теплоэнергетика / А. Д. Трухний, А. А. Макаров, В. В. Клименко, 2003. - 376 с.
4. Стерман Л.С. Тепловые и атомные электрические станции [Текст] : Учебник для вузов: Доп. Мин. обр. РФ / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин, 2000. - 408 с

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

<b>№</b>	<b>Наименование ресурса</b>	<b>Краткая характеристика</b>
1	<a href="http://www.iglib.ru">http://www.iglib.ru</a>	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.
2	Консультант +	Справочно-правовая система. Содержит законодательную базу, нормативно-правовое обеспечение, статьи.

**г) периодические издания (профессиональные журналы)**

1. «Энергетик»;
2. «Электричество»;
3. «Электрические станции»;
4. «Известия РАН. Энергетика»;
5. «Промышленная энергетика»;
6. «Вестник ИГЭУ»;
7. «Вестник МЭИ».

**2. Краткий конспект лекций**

**Тема 1. Введение (2 часа)**

Курс «Введение в специальность» является одним из важнейших. Его влияние на студента-первокурсника мало знающего о своей профессии очень велико. В этом курсе студент получает *представление обо всех разделах энергетики* и их взаимосвязях, об энергетических системах и основных, происходящих в них процессах преобразования, передачи и потребления электроэнергии. О принципах работы и конструктивном выполнении энергетических установок, о современном состоянии и перспективах развития энергетики.

Энергетика рассматривается как одна из подсистем единой глобальной системы функционирования человеческого общества, включающей, так же подсистемы, окружающую среду и различные отрасли хозяйства.

Понятие «энергетика» и «энергетическая наука» употребляется давно, однако и в настоящее время вкладываемый в них смысл нельзя считать установившемся.

Под *энергетикой* или *энергетической системой* следует понимать совокупность больших естественных (природных) и искусственных (созданных человеком) систем, предназначенных для получения, преобразования. Распределения и использования в народном хозяйстве энергетических ресурсов всех видов.

Под *энергетической наукой* понимается система знаний о свойствах и взаимодействиях энергетических потоков и влияние их на человеческое общество в социальном, экономическом и научно-техническом планах и влиянии на окружающую среду.

*Энергетика представляет собой большую систему*, призванную способствовать реорганизации человеческого общества на основе научно-технического прогресса и развития всего народного хозяйства.

Энергетика, являясь большой системой, состоит из отдельных подсистем, связанных между собой таким образом, что раздельное рассмотрение подсистем невозможно без учета их взаимного влияния и обратных связей.

Изучение курса «Введение в специальность» относится к первому этапу подготовки инженера. *Роль инженера* в современном обществе очень велика. Инженеры могут и должны непосредственно превращать науку в производительную силу общества. Используя ее достижения для повышения производительности труда и качества ее продукции в сфере материального производства.

В системе электроснабжения объектов можно выделить три вида электроустановок:

- по производству электроэнергии – электрические станции;
- по передаче, преобразованию и распределению электроэнергии – электрические сети и подстанции;
- по потреблению электроэнергии в производственных и бытовых нуждах – приемники электроэнергии.

## **Тема 2. Приемники электрической энергии (4 часа)**

В зависимости от выполняемых функций, возможностей обеспечения схемы питания от энергосистемы, величины и режимов потребления электроэнергии и мощности, особенностей правил пользования электроэнергией потребителей электроэнергии принято делить на следующие основные группы:

- промышленные и приравненные к ним;
- производственные сельскохозяйственные;
- бытовые;
- общественно-коммунальные (учреждения, организации, предприятия торговли и общественного питания и др.).

К промышленным потребителям приравнены следующие предприятия: строительные, транспорта, шахты, рудники, карьеры, нефтяные, газовые и другие промыслы, связи, коммунального хозяйства и бытового обслуживания.

Промышленные потребители являются наиболее энергоемкой группой потребителей электрической энергии.

Каждая из групп потребителей имеет определенный режим работы. Так, например, электрическая нагрузка от коммунально-бытовых потребителей с преимущественно осветительной нагрузкой отличается большой неравномерностью в различное время суток. Днем нагрузка небольшая, к вечеру она возрастает до максимума, ночью она резко падает и к утру вновь возрастает. Электрическая нагрузка промышленных предприятий более равномерна в течение дня и зависит от вида производства, режима рабочего дня и числа смен.

Требования, предъявляемые к надежности электроснабжения от источников питания, определяются потребляемой мощностью объекта и его видом.

Приемники электрической энергии в отношении обеспечения надежности электроснабжения разделяются на несколько категорий. Первая категория - электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный экономический ущерб, повреждение дорогостоящего оборудования, расстройство сложного технологического процесса, массовый брак продукции. Примером электроприемников первой категории в промышленных установках могут быть электроприемники насосных станций противопожарных установок, системы вентиляции в химически опасных цехах, водоотливных и подъемных установок в шахтах и т. п. В городских сетях к первой категории относят центральные канализационные и водопроводные станции, АТС, радио и телевидение, а также лифтовые установки высотных зданий. Допустимый интервал продолжительности нарушения электроснабжения для электроприемников первой категории не более 1 мин.

Из состава электроприемников первой категории выделяется особая группа (нулевая категория) электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы для жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего оборудования. Например, к электроприемникам нулевой категории относятся операционные помещения больниц, аварийное освещение. Вторая категория - электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовым недоотпускам продукции, массовым простоям рабочих, механизмов. Допустимый интервал продолжительности нарушения электроснабжения для электроприемников второй категории не более 30 мин.

Примером электроприемников второй категории в промышленных установках являются приемники прокатных цехов, основных цехов машиностроения, текстильной и целлюлозно-бумажной промышленности. Школы, детские учреждения и жилые дома до пяти этажей и т. п. обычно относят к приемникам второй категории.

Третья категория - все остальные электроприемники, не подходящие под определение первой и второй категорий. К этой категории относятся установки вспомога-

тельного производства, склады неотвественного назначения.

Электроприемники первой категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания, при отключении одного из них переключение на резервный должно осуществляться автоматически. Согласно определению ПУЭ независимыми источниками питания являются такие, на которых сохраняется напряжение при исчезновении его на других источниках, питающих эти электроприемники. Согласно ПУЭ к независимым источникам могут быть отнесены две секции или системы шин одной или двух электростанций или подстанций при соблюдении следующих условий:

- каждая из этих секций или систем шин питается от независимых источников;
- секции шин не связаны между собой или же имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секций шин.

Для электроснабжения электроприемников особой группы должен предусматриваться дополнительный третий источник питания, мощность которого должна обеспечивать безаварийную остановку процесса.

Электроприемники второй категории рекомендуется обеспечивать от двух независимых источников питания, переключения можно осуществлять не автоматически.

Электроснабжение электроприемников третьей категории может выполняться от одного источника при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта и замены поврежденного оборудования, не превышают одних

Промышленность потребляет основную долю электрической энергии. Нужно отметить, что за последнее время удельное потребление электрической энергии промышленностью значительно снизилось за счет быстрых темпов развития других отраслей народного хозяйства (сельского хозяйства, транспорта) и увеличения потребляемой ими электроэнергии.

Заметно увеличилось потребление *электроэнергии коммунально-бытовыми приборами и установками*. В самой промышленности произошло увеличение доли производства средств потребления, что даже сказалось на перераспределении удельных потреблений электроэнергии.

*Электрификация сельского хозяйства* во многом определяется специфическими условиями этой отрасли, выражающимися в распространении производства на обширных территориях, низкой концентрации труда, сезонности и др.

В сельском хозяйстве электрическая энергия применяется для самых различных нужд: обогрева помещений в парниковых хозяйствах, электромашинного орошения и т.д.

Большое количество электрической энергии потребляет *электрифицированный железнодорожный транспорт*. В настоящее время важнейшие магистральные артерии в нашей стране электрифицированы. Переход на электрическую тягу позволил повысить пропускную способность за счет увеличения скорости движения поездов, снизить себестоимость перевозок, повысить экономию топлива и т.д.

Для электрификации железнодорожного транспорта используется как постоянный, так и переменный ток.

*Электрическая энергия в быту* расходуется во все возрастающих количествах. По мере развития электротехнической промышленности создаются более совершенные бытовые приборы, которые находятся в наличии в каждой семье.

Потребление электрической энергии промышленными предприятиями, транспортом, электробытовыми приборами, меняется как в течении суток, так и в течении года. В утренние часы, когда начинают работу предприятия, включается освещение в квартирах, потребление электроэнергии значительно возрастает, т.е. *наступает утренний максимум нагрузки*. Днем нагрузка уменьшается. Вечером нагрузка достигает максимальных величин.

### **Тема 3. Преобразование электрической энергии (4 часа)**

Виды электрических станций: тепловая электрическая станция (ТЭС),

гидроэлектростанция (ГЭС), атомная электрическая станция (АЭС), приливная электростанция (ПЭС), гидроаккумулирующая станция (ГАЭС), теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), тепловая конденсационная электрическая станция и др.

Станции в своем названии содержат указание на то, какой вид первичной энергии, в какую вторичную энергию на них преобразуется. Например, ТЭС преобразует тепло (первичную энергию) в электрическую энергию (вторичную), ГЭС – механическую энергию движения воды в электрическую, АЭС – атомную энергию в электрическую и др.

*Электроустановка* – это совокупность машин, аппаратов, линий электропередачи и вспомогательных устройств, предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии.

Основное электрооборудование электрических станций и подстанций: синхронные генераторы, силовые трансформаторы и автотрансформаторы, синхронные и статические компенсаторы.

На современных электростанциях применяются *синхронные генераторы* трехфазного переменного тока. Первичными двигателями для них являются паровые турбины или гидротурбины. В первом случае это *турбогенератор*, а во втором – *гидрогенератор*.

Паровые турбины, являются первичными двигателями, наиболее экономичны при высоких скоростях.

Большинство *турбогенераторов* быстроходные, т.е. имеют максимальное число оборотов 3000. Если бы наши электроустановки были рассчитаны на частоту 60 Гц, то номинальное число оборотов соответственно увеличилось бы до 3600.

Генераторы небольших мощностей, соединенные с дизелями и другими поршневыми машинами, изготавливаются на 750 – 1500 об/мин.

*Гидрогенераторы* большой и средней мощности выполняются с вертикальным валом, в верхней части которого располагается генератор, а в нижней – гидротурбина. Мощность гидротурбины и ее скорость определяются величиной напора и расхода воды. Гидрогенераторы при больших мощностях изготавливаются на 60 – 125 об/мин, т.е. они являются тихоходными машинами.

*Силовые трансформаторы и автотрансформаторы* предназначены для преобразования электроэнергии переменного тока с одного напряжения на другое. Наибольшее распространение получили трехфазные трансформаторы, так как потери в их на 12 – 15 % ниже, а расход активных материалов и стоимость на 20 – 25 % меньше, чем в группе трех однофазных трансформаторов такой же суммарной мощности.

Однофазные трансформаторы применяются, если невозможно изготовление трехфазных трансформаторов необходимой мощности или затруднена их транспортировка.

Мощный трансформатор высокого напряжения представляет собой сложное устройство, состоящее из большого числа конструктивных элементов, основными из которых являются: магнитная система (магнитопровод), обмотки, изоляция, выводы, бак, охлаждающее устройство, механизм регулирования напряжения, защитные и измерительные устройства, тележка.

Силовые трансформаторы являются основным электрическим оборудованием электроэнергетических систем, обеспечивающим передачу и распределение электроэнергии на переменном трехфазном токе от электрических станций к потребителям. С помощью трансформаторов напряжение повышается от генераторного до значений, необходимых для электропередач системы (35... 750 кВ), а также многократное ступенчатое понижение напряжения до значений, применяемых непосредственно в приемниках электроэнергии (0,22...0,66 кВ).

В справочных данных на трансформаторы приводятся: тип, номинальная мощность, номинальные напряжения обмоток, потери мощности холостого хода и короткого замыкания, напряжение короткого замыкания, ток холостого хода.

На повышающих и понизительных подстанциях применяют трехфазные или группы однофазных трансформаторов с двумя или тремя отдельными обмотками. В зависимости от числа обмоток трансформаторы разделяются на двухобмоточные и трехобмоточные. Двухобмоточные трансформаторы номинальной мощностью больше 25 МВ·А выполняются с расщепленной обмоткой вторичного напряжения 6... 10 кВ. Обмотки высшего, среднего и низшего напряжений принято сокращенно обозначать соответственно ВН, СН, НН.

В настоящее время применяются трансформаторы следующих стандартных номинальных мощностей: 25,40, 63, 100, 160,250, 400, 630, 1000, 1600, 2500, 4000, 6300, 10 000, 16 000, 25 000, 32000, 40 000, 63 000, 80 000, 160 000 кВ · А.

Условные обозначения типов трансформаторов состоят из букв, которые обозначают:

первые буквы: О - однофазный, Т - трехфазный;

последняя буква: Н - выполнение одной обмотки с устройством регулирования напряжения под нагрузкой (РПН);

Р - трансформатор с расщепленной обмоткой низшего напряжения;

Т - трехобмоточный трансформатор;

М, Д, ДЦ, С, З - система охлаждения трансформаторов.

В настоящее время трансформаторы выполняются с переключением ответвлений обмотки без возбуждения (ПБВ) и с переключением ответвлений обмотки под нагрузкой - РПН (табл. 4.1).

Переключение без возбуждения осуществляется после отключения всех обмоток от сети при помощи ответвлений обмотки ВН или СН. Трехфазные понижающие трансформаторы мощностью 25... 80 000 кВ · А напряжением до 35 кВ включительно имеют четыре ответвления ( $\pm 2 \times 2,5 \%$ ) номинального напряжения. Понижающие трансформаторы напряжением НО и 220 кВ имеют ответвления для ПБВ только в трехобмоточном исполнении на обмотках СН при напряжении 38,5 кВ.

Трансформаторы с воздушным охлаждением называются сухими (С). Изготавливаются мощностью до 1600 кВ · А включительно для установки в закрытых помещениях. Преимущество сухих трансформаторов заключается в их пожаробезопасности и сравнительной простоте конструкции.

Естественное масляное охлаждение (М) применяется для трансформаторов мощностью до 6300 кВ·А.

При мощности трансформаторов 10000 кВ·А и более применяется масляное охлаждение с воздушным дутьем (Д). Обдувание поверхности радиаторов позволяет увеличить теплоотдачу на 50% и более. В настоящее время трансформаторы снабжаются системой дутьевого охлаждения при помощи вентиляторов.

Масляное охлаждение с принудительной циркуляцией (Ц) позволяет значительно увеличить отвод тепла. К баку масляного трансформатора подключают центробежный насос, который прогоняет горячее масло через воздушный или водяной охладитель.

На трансформаторах мощностью 63 МВ · А и более используют две системы охлаждения ДЦ.

Трансформаторы с охлаждением негорючим жидким диэлектриком совтолом (Н) изготавливаются мощностью до 2500 кВ·А включительно.

Буква З обозначает, что трансформатор без расширителя и защита осуществляется с помощью азотной подушки.

Пример условного обозначения трансформатора ТРДН -40 000/110: трехфазный трансформатор с расщепленной обмоткой НН, масляным охлаждением, дутьем и

естественной циркуляцией масла, РПН, номинальной мощностью 40 000 кВ • А, напряжением 110 кВ.

Важным параметром подключения трансформатора к сети является группа и схема соединений его обмоток. *Группой соединений* называют угловое (кратное 30°) смещение векторов между одноименными вторичными и первичными линейными напряжениями холостого хода трансформатора. Возможны четыре схемы соединения силовых трансформаторов: звезда Y, звезда с выведенной нейтралью Y<sub>Н</sub>, треугольник А, зигзаг Z. Группа соединений указывается числами от 0 до 12. Например, 11 соответствует углу 330°.

На электрических станциях и подстанциях наибольшее распространение получили следующие схемы и группы соединений двухобмоточных трансформаторов:

звезда - звезда с выведенной нейтралью Y/Y<sub>Н</sub> - 12;

звезда - треугольник Y/Д - 11;

звезда с выведенной нейтралью - треугольник Y<sub>Н</sub>/А - 11.

В трехобмоточных трансформаторах наиболее часто применяются соединения: звезда - звезда с выведенными нейтральями - треугольник Y/Y<sub>Н</sub>/А - 11, 12.

Автотрансформаторы применяются при небольших коэффициентах трансформации (менее 2), при которых они более экономичны, чем трансформаторы. Кроме того, автотрансформаторы применяются в сетях напряжением 220 кВ и выше для регулирования напряжения (линейные регуляторы).

Автотрансформаторы с первичным напряжением ВН 220 кВ имеют номинальные мощности 32, 63, 125 и 200 МВ-А.

Маркировка автотрансформаторов начинается с буквы А, например, АТДЦТН - 2000000/220 обозначает автотрансформатор трехфазный с масляным охлаждением с принудительной циркуляцией и дутьем, трехобмоточный, с РПН, номинальной мощностью 200 000 кВ-А, напряжением 220 кВ.

Трехфазные трехобмоточные автотрансформаторы изготавливаются с соединением обмоток ВН (220 кВ) и СН (110 кВ) в звезду и добавочной обмотки НН (6,3...38,5 кВ) в треугольник.

### **Преобразовательные агрегаты**

Преобразовательные агрегаты предназначены для питания:

- электролизных установок цветной металлургии и химической промышленности;
- дуговых вакуумных и графитировочных электропечей;
- установок для электрохимической обработки металлов и гальваностегии;
- цеховых сетей постоянного тока, от которых питаются электроприводы, не требующие регулирования подводимого к ним напряжения.

В качестве преобразователей переменного тока в постоянный используются кремниевые выпрямительные агрегаты. Каждый агрегат состоит из трансформатора, одного или двух, или четырех выпрямительных блоков, и другого комплектующего оборудования. Трансформаторы для полупроводниковых агрегатов электролизных установок применяются типа ТДНП - 10Ш)... 40 000/10...35 - трехфазные с РПН.

Кремниевые выпрямительные агрегаты для дуговых вакуумных электропечей и графитировочных печей аналогичны выпрямительным блокам агрегатов для электролизных установок. Трансформаторы для выпрямительных агрегатов дуговых вакуумных электропечей применяются типа ТМНПВ - 4000... 12 500/6... 10.

Для питания вакуумных электропечей применяются также параметрические источники тока (ПИТ), главной особенностью которых является высокая точность стабилизации тока нагрузки при емкостном характере коэффициента мощности и при его значении, равном единице. ПИТ состоит из трансформатора, трехфазного резонансного реактора, конденсаторной установки, выпрямителя и вспомогательных устройств. Разработаны ПИТ на номинальные токи 12,5; 25; 37,5; 50 кА и номинальное напряжение 75 В.

В установках для электрохимической обработки металлов и нанесения различных гальванических покрытий применяют кремниевые преобразовательные агрегаты. Для таких установок требуется регулирование выпрямленного тока в широких пределах, что обеспечивается соответствующим регулированием напряжения. Агрегаты ВАКР и ВАК выполнены на тиристорах и могут работать в режиме автоматического и ручного регулирования выпрямленного напряжения и тока.

#### **Тема 4. Электрические сети промышленных предприятий (3 часа)**

Система электроснабжения объекта состоит из питающих, распределительных, трансформаторных и преобразовательных подстанций и связывающих их кабельных и воздушных сетей, а также токопроводов.

Система электроснабжения может быть выполнена в нескольких вариантах, из которых выбирается оптимальный. При его выборе учитываются степень надежности, обеспечение качества электроэнергии, удобство и безопасность эксплуатации, возможность применения прогрессивных методов электромонтажных работ.

*Узловой распределительной подстанцией (УРП)* называется центральная подстанция объекта напряжением 35... 220 кВ, получающая питание от энергосистемы и распределяющая ее по подстанциям глубоких вводов на территории объекта.

*Главной понижающей подстанцией (ГПП)* называется подстанция, получающая питание непосредственно от районной энергосистемы и распределяющая энергию на более низком напряжении (6 или 10 кВ) по объекту.

*Подстанцией глубокого ввода (ПГВ)* называется подстанция на напряжение 35...220 кВ, выполненная по упрощенным схемам коммутации на первичном напряжении, получающая питание непосредственно от энергосистемы или от УРП. ПГВ обычно предназначается для питания отдельного объекта (крупного цеха) или района предприятия.

Система электроснабжения может быть выполнена в нескольких вариантах, из которых выбирается оптимальный. При его выборе учитываются степень надежности, обеспечение качества электроэнергии, удобство и безопасность эксплуатации, возможность применения прогрессивных методов электромонтажных работ.

Электрические сети внутри объекта выполняются по магистральным, радиальным или смешанным схемам.

Радиальные схемы распределения электроэнергии применяются в тех случаях, когда пункты приема расположены в различных направлениях от центра питания.

Радиальная схема питания обладает большой гибкостью и удобствами в эксплуатации, так как повреждение или ремонт одной линии отражается на работе только одного потребителя.

Магистральные схемы напряжением 6... 10 кВ применяются при линейном («упорядоченном») размещении подстанций на территории объекта, когда линии от центра питания до пунктов приема могут быть проложены без значительных обратных направлений. Магистральные схемы имеют следующие преимущества: лучшую загрузку кабелей при нормальном режиме, меньшее число камер на РП. К недостаткам магистральных схем следует отнести усложнение схем коммутации при присоединении ТП и одновременное отключение нескольких потребителей, питающихся от магистрали, при ее повреждении.

Для выполнения электрических сетей применяются неизолированные (голые) и изолированные провода, кабели, токопроводы.

Голые провода не имеют изолирующих покрытий. Их можно прокладывать только в условиях, исключающих случайные прикосновения к ним людей. Прикосновение проводящим предметом к одному или нескольким проводам приведет к замыканию. Наибольшее распространение голые провода получили на воздушных линиях, расположенных на открытом воздухе. Провода подвешиваются к опорам при помощи изоляторов и арматуры.



Большинство сетей напряжением до 1 кВ внутри помещений выполняются изолированными проводами, т. е. проводами, имеющими изолирующие, а иногда защитные покрытия.

*Кабелем* называют многопроволочный провод или несколько скрученных вместе изолированных проводов при помещении в общую герметическую оболочку. Силовые кабели предназначены для прокладки в земле, под водой, на открытом воздухе и внутри помещений.

*Токопроводом* называют устройство, предназначенное для канализации электроэнергии при открытой прокладке в производственных и электротехнических помещениях, по опорным конструкциям, колоннам и фермам зданий. К токопроводам относятся шинные магистрали различного исполнения, которые называются *шинопроводами*.

Материалами для токоведущих частей проводов и кабелей являются медь, алюминий, их сплавы и сталь.

Медь - один из лучших проводников электрического тока, и поэтому необходимые технико-экономические показатели (потери электроэнергии) можно получить при меньших сечениях медных проводов, чем при проводах из других материалов. Твердотянутая медь при температуре +20°C имеет удельное сопротивление 18 Ом • мм<sup>2</sup> в расчете на 1 км. Медные провода хорошо противостоят влиянию атмосферных условий и большинству химических реагентов, находящихся в воздухе.

Алюминий - худший проводник, чем медь. Его проводимость примерно в 1,6 раза меньше проводимости меди, однако проводимость алюминия все же достаточно высока, чтобы его можно было использовать в качестве токопроводящего материала для проводов и кабелей. Действию атмосферных явлений алюминий противостоит так же хорошо, как и медь.

Стальные провода используются в тех случаях, когда требуется передать небольшую мощность и, следовательно, небольшое сечение, например, в сельских сетях. Стальные провода с большим сопротивлением на разрыв используются для устройства переходов воздушных линий через широкие реки, ущелья и т. п. при длине пролета более 1 км.

Активное и реактивное сопротивление стальных проводов значительно выше, чем проводов из цветного металла, и поэтому область применения этих проводов ограничена. Существенный недостаток стальных проводов - их высокая коррозия. Для повышения коррозионной стойкости стальные провода изготавливают из оцинкованной проволоки.

## **Тема 5. Защита, управление и автоматизация систем электроснабжения (3 часа)**

В условиях эксплуатации возможны повреждения отдельных элементов системы электроснабжения. В ряде случаев повреждение должно быть ликвидировано в течение долей секунды, совершенно очевидно, что человек не в состоянии справиться с такой задачей. Поэтому для определения места повреждения и подачи сигнала на отключение соответствующих выключателей устанавливаются специальные автоматические устройства. Это и есть релейная защита, действующая на отключение. В некоторых случаях выключение и защита совмещаются в одном аппарате (предохранитель, автомат).

Иногда в условиях эксплуатации возникают ненормальные режимы, существование которых допустимо в течение некоторого времени. Нарушение нормального режима в этих случаях может быть ликвидировано действием оперативного персонала. При этом нецелесообразно немедленное отключение элемента электрической сети, а достаточно дать сигнал персоналу. Это осуществляется релейной защитой, действующей на сигнал.

Релейная защита - только часть автоматики, получившая применение в системах раньше других автоматических устройств. Вместе с тем, одна релейная защита не в состоянии обеспечить надежность и бесперебойность электроснабжения. В

этом нетрудно убедиться на примере рассмотренных схем электроснабжения. Распределительную подстанцию в сетях напряжением 6... 10 кВ (см. гл. 6) обычно выполняют в виде двух секций. Каждая питающая линия связана только со своей секцией и обеспечивает питание потребителей только своей секции. Совершенно очевидно, что при повреждении одной из линий и ее отключении соответствующая секция обесточивается, а электроснабжение ее потребителей прекращается. Электроснабжение потребителей может быть восстановлено, если включить секционный аппарат. Эта операция должна быть осуществлена максимально возможно быстро для потребителей первой категории, поэтому в качестве секционного аппарата используется выключатель и для его включения используется устройство автоматики, получившее название *автоматического включения резерва* - АВР.

Опыт эксплуатации воздушных линий электропередач показал, что после быстрого отключения до 70... 90% повреждений самоустраняются, а линия, включенная повторно, остается в работе. И здесь повторное включение осуществляется с помощью автоматики - устройством, получившим название *автоматического повторного включения* - АПВ.

Применительно к релейной защите и автоматике под надежностью понимают свойство этих устройств выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени.

Для обеспечения надежности релейная защита и автоматика должны выполняться при помощи высококачественных и надежно работающих реле и других элементов. Их монтаж должен быть надежным, т. е. таким, при котором исключается обрыв проводов, замыкание между ними, ложное срабатывание от механических сотрясений и др. Существенное значение для надежности имеет правильная эксплуатация защиты и автоматики. Состояние всех устройств защиты и автоматики должно периодически проверяться. Так как каждый элемент может оказаться неисправным, то надежность защиты и автоматики тем выше, чем меньшее число элементов они содержат. Особенно важно уменьшение числа наименее надежных элементов, которыми являются контакты реле. Поэтому для увеличения надежности устройства следует стремиться к его упрощению. Существенное повышение надежности устройств релейной защиты и автоматики может быть достигнуто применением бесконтактных элементов.

### **Основные принципы действия релейной защиты**

**Токовые защиты.** Защиты, для которых воздействующей величиной является ток, проходящий в месте их включения, получили название *токовых*. Первыми токовыми защитами, и вообще первыми защитами, были плавкие предохранители. В настоящее время, наряду с плавкими предохранителями, широко используют аппараты, получившие название *реле*. Они позволяют выполнять более совершенные защиты. Реле тока являются основными реле токовой защиты. Они приходят в действие при отклонении величины тока в защищаемом элементе от заданного значения. Реле, действующее при возрастании тока, называется *максимальным реле тока*, а реле, реагирующее на снижение этой величины, - *минимальным реле тока*. Токовые защиты выполняют с включением реле на полные фазные токи, а также на симметричные составляющие этих токов. В зависимости от способа обеспечения селективности токовые защиты делятся на максимальные токовые и токовые отсечки

**Защиты напряжения.** Для защиты напряжения воздействующей величиной является напряжение цепи в месте включения защиты. Основное реле защиты - реле напряжения, которое приходит в действие при отклонении величины напряжения от заданного значения.

Защита, срабатывающая при уменьшении напряжения, называется *минимальной защитой напряжения*. Основным ее реле является минимальное реле напряжения. Защита, предназначенная для действия при превышении напряжением заданной величины, называется *максимальной защитой напряжения*; для ее выполнения используют максимальное реле напряжения.

Защиту можно выполнить с включением реле на полные фазные и междуфазные напряжения, а также на симметричные составляющие этих напряжений. Селективное действие защиты напряжения обеспечивается теми же способами, что и у токовых защит.

**Токовые направленные защиты.** Токовая направленная защита действует в зависимости от величины тока и его фазы по отношению к напряжению на шинах подстанции, где защита установлена. Защита срабатывает, если ток превысит заданную величину, а его фаза будет соответствовать короткому замыканию на защищаемом элементе. Такое действие обеспечивается включением в схему защиты наряду с реле тока реле мощности, реагирующего на направление мощности КЗ.

Токовые направленные защиты, так же как и ненаправленные, бывают с выдержкой времени и мгновенного действия и могут выполняться реагирующими на полные напряжения и токи фаз или на их симметричные составляющие.

**Дистанционные защиты.** При КЗ в связи с увеличением тока  $I$  в защищаемом элементе и уменьшением напряжения  $U$  отношение  $UI$  уменьшается по величине. Поэтому защиту от КЗ можно выполнить с учетом изменения величины этого отношения. Такая защита называется *дистанционной*. Основным ее органом является реле сопротивления. Схему защиты выполняют так, что ее выдержка времени находится в зависимости от расстояния между местом установки защиты и точкой КЗ; с увеличением этого расстояния растет и выдержка времени.

**Дифференциальные защиты.** Дифференциальная защита основана на принципе сравнения токов или фаз токов по концам защищаемого участка или в соответствующих ветвях параллельно соединенных элементов электрической установки. Связь между сравниваемыми токами осуществляется проводами. Дифференциальный принцип позволяет выполнять защиту, как правило, быстродействующей.

**Высокочастотные защиты.** Высокочастотная защита используется в качестве защиты магистральных линий электропередач. Как и дифференциальная защита, она основана на принципе сравнения между собой однородных электрических величин по концам защищаемой линии. Связь между сравниваемыми величинами осуществляется обычно с помощью токов высокой частоты. В качестве линии связи используется сама защищаемая линия. Высокочастотный принцип позволяет выполнить защиту быстродействующей.

## **Тема 6. Качество электрической энергии. Экономия электроэнергии на предприятиях (2 часа)**

Приемники электроэнергии (ПЭ) и аппараты, присоединенные к электрическим сетям, предназначены для работы при определенных номинальных параметрах: номинальной частоте переменного тока, номинальном напряжении, номинальном токе и т.п. Долгое время основными режимными параметрами, определяющими качество электрической энергии, считались значение частоты в электрической системе и уровни напряжения в узлах сети. Однако, по мере внедрения в технологические производственные процессы электропотребителей, обладающих нелинейными вольт-амперными характеристиками, все чаще приходилось учитывать возможные нарушения симметрии, синусоидальности формы кривой напряжения в трехфазных сетях.

На показатели качества электрической энергии заметное влияние оказывают параметры сетей. Например, напряжение на зажимах ПЭ будет зависеть от протяженности и характера сети, находящейся между источником питания (ИП) и данными ПЭ. Поэтому показатели, связанные с напряжением, являются местными (локальными), имеющими различные значения в точках сети. Частота сети является общесистемным (глобальным) параметром качества электрической энергии.

Опыт проектирования и эксплуатации электрических сетей показывает, что мероприятия по исключению и снижению влияния электрических сетей на показатели качества электроэнергии могут быть весьма дорогими. Поддержание оптимального уровня на-

пряжения на зажимах каждого ПЭ в общем случае нецелесообразно в первую очередь, по экономическим соображениям. Действительно, поскольку ПЭ могут иметь неодинаковые режимы работы и находятся электрически на разном удалении от ИП, то для поддержания оптимального напряжения на зажимах каждого из них необходимо снабдить их индивидуальными регуляторами напряжений. Очевидно, что это слишком дорого. Более выгодным является групповое регулирование напряжения, когда общее регулирующее устройство устанавливается для группы ПЭ. При этом, естественно, номинальное напряжение будет поддерживаться лишь у некоторых из ПЭ, тогда как у остальных напряжение может отклоняться от номинального в большую или меньшую сторону.

Из-за этого в какой-то мере могут ухудшаться технические параметры производственных установок, отрицательно влияя на их экономичность. Однако экономия от замены индивидуального регулирования напряжения правильно выбранным групповым, как правило, перекрывает соответствующее снижение экономичности производства.

В требованиях к качеству электрической энергии, (ГОСТ 13109 - 99), указываются технически допустимые пределы отклонений значений от номинальных параметров. Первый у нас в стране государственный стандарт на качество электроэнергии был введен в 1967 г. (ГОСТ 13109 - 67). Он был скорректирован в 1979 и в 1987 гг., а в настоящее время действует новый ГОСТ 13109-99.

На этапе проектирования сети при нормальных режимах ее работы необходимо рассчитывать показатели качества электроэнергии (ПКЭ) и выбирать наиболее экономичные средства приведения параметров режимов к допустимым пределам (нормам). В условиях эксплуатации в электрической сети должен осуществляться систематический контроль за ПКЭ и соответственно приниматься меры по приведению параметров к допустимым нормам.

#### **Показатели качества электроэнергии**

ГОСТ 13109-99 устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ) в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей, или приемники электрической энергии (точки общего присоединения - ТОП).

Этот ГОСТ устанавливает 11 основных показателей качества электроэнергии (ПКЭ):

- 1) отклонение частоты;
- 2) установившееся отклонение напряжения;
- 3) размах изменения напряжения;
- 4) дозу фликера (мерцания или колебания);
- 5) коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения;
- 6) коэффициент и-й гармонической составляющей напряжения
- 7) коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- 8) коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности;
- 9) глубину и длительность провала напряжения;
- 10) импульсное напряжение;
- 11) коэффициент временного перенапряжения;

При определении значений некоторых показателей КЭ используют следующие вспомогательные параметры электрической энергии:

- 1) частоту повторения изменений напряжения;
- 2) интервал между изменениями напряжения;
- 3) глубину провала напряжения;
- 4) частота появления провалов напряжения;
- 5) длительность импульса по уровню 0,5 его амплитуды;
- 6) длительность временного перенапряжения;

Установлены два вида норм ПКЭ: нормально допустимые (норм.)

и предельно допустимые (пред.).

*Основные сведения о системах электроснабжения, энергосбережения и энергетической безопасности*

Статистика показывает, что с ростом потребления энергии на одного жителя в год качество жизни повышается. Уровень жизни также зависит и от эффективности использования энергии. Очевидно, что в странах с более высоким потреблением энергии национальный доход на душу населения также выше (табл. 1).

Таблица 1. Показатели эффективности использования энергии стран со сходными климатическими условиями

Страна	энергоресурсов на душу населения, т у.т.	Эффективность использования энергии, дол. США ВВП/кг у.т (рейтинговый показатель)
США	8,3	3,9(8)
Канада	7,9	3,2(9)
Финляндия	6,5	4,8(7)
Швеция	5,8	5,2 (6)
Франция	4,2	6,7(4)
Россия	4,2	0,5(18)
Германия	4,1	7,7(3)
Дания	3,9	10,0 (2)
Швейцария	3,8	12,2 (1)
Чехия	3,8	1,4 (12)
Ирландия	3,7	6,7 (5)
Эстония	3,2	1,3 (14)
Украина	3,0	0,6(17)
Венгрия	2,6	2,0(10)
Польша	2,6	1,7(11)
Беларусь	2,4	1.1(15)
Литва	2,2	0.9(16)
Латвия	1.6	1,6(18)

Потребность страны в энергии  $R$  определяется зависимостью

$$R = EN, \quad (1)$$

где  $E$  - годовое потребление энергии на душу населения;  $N$  - количество жителей в стране. Национальный доход на душу населения  $S$  -пропорционален эффективности использования энергии:

$$S = f E, \quad (2)$$

где  $f$  - нелинейный параметр, определяющий эффективность использования энергии. Этот параметр аналогичен коэффициенту полезного действия. Подставив  $E$  из (2) в (1), получим

$$R = SN / f. \quad (3)$$

Таким образом, из зависимостей (1) и (3) следует, что потребность страны в энергии может быть удовлетворена или за счет наращивания мощности энергетических установ эффективного использования энергии.

Для решения практических вопросов эффективного использования энергии необходимо знание основных терминов и понятий, связанных с производством, преобразованием, транспортировкой и потреблением энергии, а также непосредственно касающихся энергосбережения. Рассмотрим их с краткими комментариями.

Энергия является мерой способности объекта совершить работу. Известно много видов энергии, например тепловая, механическая, электрическая, излучения, химическая,

ядерная, массы. В ряде публикаций теплоту не относят к отдельному виду энергии, а считают лишь формой или способом ее передачи.

Одним из критериев оценки качества энергии принимается доля энергии источника, которая может быть превращена в механическую работу. Широко распространенные и перспективные источники энергии имеют следующие ориентировочные значения этого критерия:

- теплота сжигаемого топлива - 30-46 %;
- электроэнергия - 95 % и более;
- источники механической энергии: ветровая - 30 %, водных потоков рек - 60 %, волновая и приливная — 65 %;
- тепловые возобновляемые источники - 35 %;
- фотоэлектрические преобразователи - 15 %.

Источники энергии делятся на невозобновляемые (истощаемые) и возобновляемые (неистощаемые).

**Невозобновляемые источники энергии** - это природные запасы вещества и материалов, которые могут быть использованы человеком для производства энергии. В первую очередь к ним следует отнести ископаемые топлива и продукты их переработки: каменный и бурый уголь, сланцы, торф, нефть, природный и попутный газ. Это также отходы некоторых производств: металлургической промышленности, процессов химической и термохимической переработки углеродистого и углеводородного сырья и т.д.

**Возобновляемые источники энергии** - это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии: Солнца, ветра, тепловой энергии Земли, морей и океанов, рек, биомассы (растений и животных).

Запасы и перспективы использования различных источников энергии определяются энергетическими ресурсами.

**Энергетический ресурс** - носитель энергии, который используется в настоящее время или может быть использован в перспективе. В настоящее время основными потребляемыми энергетическими ресурсами являются природные топлива и энергия потоков воды, которые представляют собой не что иное, как преобразованную энергию Солнца. Предварительно переработанный, преобразованный энергетический ресурс, непосредственно используемый на стадии конечного потребления, а также природный энергетический ресурс, потребляемый на этой стадии, называются *энергоносителями*. Примеры энергоносителя - природный газ, мазут (котельное топливо), горячая вода и пар в системах центрального теплоснабжения и т. д.

Энергетические ресурсы подразделяют на первичные и вторичные.

**Первичный энергоресурс** - энергоресурс, который не был подвергнут какой-либо переработке.

**Вторичный энергоресурс (ВЭР)** - энергоресурс, получаемый в виде побочного продукта основного производства или являющийся таким продуктом. Фактически ВЭР являются отходами производства. Применение ВЭР позволяет значительно повысить эффективность использования энергии.

Топливо-энергетический комплекс, охватывающий получение, передачу, преобразование и использование различных видов энергии и энергетических ресурсов, называется энергетикой.

Энергетика делится на классическую и неклассическую.

**Классическая** энергетика базируется на использовании ископаемого горючего или ядерного топлива и энергии воды крупных рек (рис. 1). Она подразделяется на теплоэнергетику, электроэнергетику, ядерную энергетику и гидроэнергетику.

**Неклассическая** энергетика включает возобновляемые источники энергии и ВЭР: энергию Солнца (тепловая энергия, превращенная тепловая энергия, кинетическая энер-

гия, фотосинтез), тепловую энергию Земли, энергию планетарного движения (приливы), ВЭР (тепловые, горючие и перепадов давления).

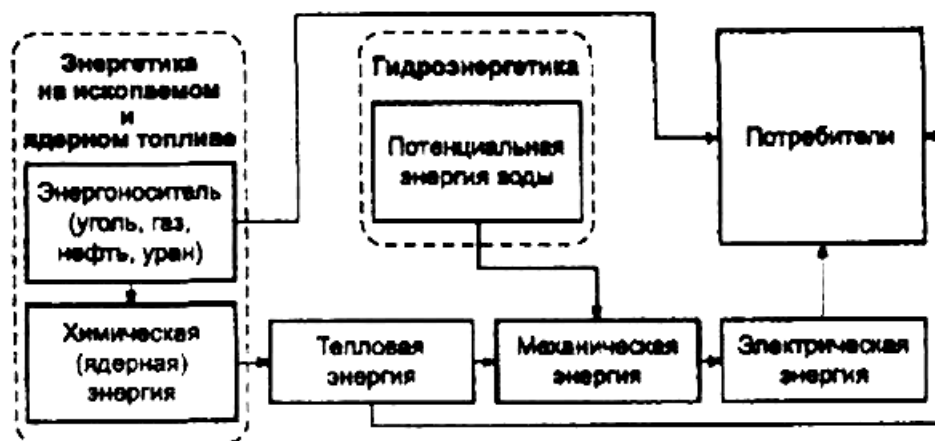


Рис. 1. Энергетическая цепочка, основанная на большой энергетике

Энергетические цепочки от источника до конечного потребления энергии включают преобразование энергии в различные виды. Эти процессы и составляют сущность энергетики.

Вместе с тем на каждой стадии производства и потребления энергии имеются ее потери (чаще всего в виде теплоты), рассеивающейся обратно в окружающую среду.

Решение вопросов уменьшения потерь энергии и ее эффективного использования на всех стадиях составляет сущность энергосбережения.

**Энергетический объект** – любое сооружение или группа сооружений предназначенные для производства, транспорта, распределения и/или преобразования энергии, а также ее использование для производства продукции.

**Энергосберегающая политика государства** - правовое, организационное и финансово-экономическое регулирование деятельности в области энергосбережения;

**Непроизводительный расход энергетических ресурсов** - расход энергетических ресурсов, обусловленный несоблюдением требований, установленных государственными стандартами, а также нарушением требований, установленных иными нормативными актами, технологическими регламентами и паспортными данными для действующего оборудования;

**Энергопотребление** – физическая величина, отражающая количество потребляемого хозяйственным субъектом энергоресурса определенного качества, которая используется для расчета показателей энергоэффективности.

**Энергосбережение** - организационная, научная, практическая и информационная деятельность, направленная на эффективное использование энергетических ресурсов и реализуемая с применением технических, экономических и правовых методов. Энергосбережение включает широкий набор взаимосвязанных действий и методов для обеспечения эффективного использования энергии.

**Эффективное использование энергии** - достижение экономически и социально оправданного уменьшения использования энергетических ресурсов на единицу продукции или услуг при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении требований к охране окружающей природной среды.

**Показатель энергоэффективности** – абсолютная или удельная величина потребления или потери энергетических ресурсов для продукции любого назначения, установленная государственными стандартами.

**Потенциал энергосбережения** – объем экономии энергоресурсов на энергетическом объекте, который может дать внедрение соответствующей технологии или реализация энергосберегающего мероприятия.

**Экономия энергии** - результаты реализации мер, применяемых в целях снижения непроизводительных потерь топлива, электроэнергии, теплоты, механической энергии. Экономия энергии может достигаться пассивными и активными методами.

К пассивным методам, например, относится использование теплоизоляции для уменьшения потерь теплоты в окружающую среду путем применения материалов и конструкций с малой теплопроводностью и теплопередачей.

**Активная экономия энергии** - регулирование отпуски теплоты на отопление и кондиционирование воздуха и регулирование нагрузки потребительских установок. Активная экономия энергии также включает утилизацию вторичных энергоресурсов. Экономия энергии может достигаться и за счет организационных изменений и внедрения новых систем, например путем использования установок, процессов, продукции или услуг, требующих меньше энергии для работы или изготовления продукции, чем применявшиеся ранее, без ухудшения качественных характеристик производимых изделий или услуг. Кроме того, может проводиться замещение применяющегося энергоносителя другим с достижением экономической выгоды без ущерба для выпуска конечной продукции. Например, в отдельных случаях замещение технологического пара горячей водой приводит к уменьшению непроизводительных потерь теплоты.

Конечный результат экономии энергии может быть прямым и косвенным.

**Прямое энергосбережение** связано непосредственно с экономией энергетических ресурсов при производстве, преобразовании и транспортировке энергии.

**Косвенное энергосбережение** связано с экономией материальных неэнергетических ресурсов при их добыче, переработке и эксплуатации и достигается за счет уменьшения материалоемкости выпускаемой продукции, повышения ее надежности и качества, продления срока службы изделий. Примером косвенного энергосбережения могут служить широко используемые для подавления или уменьшения скорости коррозии металлоконструкций электрохимические методы.

Во всех случаях экономия энергии имеет смысл, если при использовании любого метода или принципа, направленного на ее экономию, влияние на окружающую среду минимально, человек не испытывает неудобств и за счет эффективного использования энергии получена прибыль.

Физико-технический анализ проблемы должен быть дополнен экологическим и экономическим анализом.

Наконец, в процессе преобразования энергии различные юридические и физические лица, связанные с производством, транспортировкой и потреблением: энергии, вступают во взаимные контакты с определенными обязательствами. Ил взаимоотношения регламентируются законодательством и относятся к области права.

Таким образом, для решения проблемы эффективного использования энергии необходимо иметь представление и владеть информацией об основах энергетики, экологии, социальной политики, экономики, менеджмента и права, чтобы» обладая соответствующими знаниями и умениями, реализовывать их на практике.

Одной из составляющих энергетического менеджмента является обеспечение энергетической безопасности развития экономики. Сущность и формы реализации энергетической безопасности во многом зависят от уровня энергетической обеспеченности страны.

Составляющими энергетического менеджмента являются:

**Энергоаудит** – обследование энергетических объектов с целью выявления энергетической эффективности, определения мер по ее повышению и возможностей их реализации, включающее сбор документальной информации, инструментальное обследование, анализ информации и разработку рекомендаций по энергосбережению.

**Сбор документальной информации** – сбор данных о потреблении энергоресурсов, выпуске продукции, выполнении работ и оказании услуг, о технологических параметрах, технико-экономических показателях, климатических наблюдениях и других данных, которые необходимо учитывать при расчете эффективности энергетического объекта.



В будущем проблема энергообеспечения экономики приобретет еще большую остроту. Для того чтобы увеличить в несколько раз производство валового национального продукта (ВНП) на душу населения, не достигая при этом порогового показателя в 10-12 тыс. дол. США, можно (по примеру таких государств как Венгрия, Польша, Эстония и др.) Пойти по пути повышения эффективности использования энергии без значительного возрастания энергопотребления. Но чтобы перейти в категорию стран с уровнем производства ВНП в десятки тысяч долларов США на душу населения, необходимо (как это следует из табл. 1) не только значительно повысить энергоэффективность, но и существенно увеличить энергопотребление.

**Энергетическая безопасность** – состояние защищенности экономик страны, отдельных регионов, предприятий, граждан от угрозы надежному топливно- и энергообеспечению.

Можно выделить следующие обобщенные факторы повышения энергетической безопасности стран с различным уровнем обеспеченности энергетическими ресурсами:

– Развитие стратегии, методологии оценки и мониторинг энергетической безопасности.

– Модернизация и реструктуризация топливно-энергетического комплекса.

– Расширение списка стран-поставщиков и номенклатуры экспортируемых энергетических ресурсов.

– Повышение надежности функционирования энергетических установок.

– Диверсификация топливно-энергетических ресурсов, использование альтернативных источников энергии.

– Повышение эффективности использования энергии за счет разработки и внедрения новых технологий и оборудования в промышленности, сельском хозяйстве, транспорте и социальной сфере.

– Реализация существующего потенциала энергосбережения, включая уменьшение потерь энергии, использование вторичных энергетических ресурсов и т.д.

– Частичная переориентация на собственные топливно-энергетические ресурсы, включая:

- использование местных видов органического топлива;
- развитие энергетических источников на ядерном топливе и (или) совместная эксплуатация блоков АЭС пограничных стран;
- развитие водородной энергетики;
- использование вторичных энергетических ресурсов;
- использование биологических отходов (биотоплива) в промышленных масштабах, для производства электроэнергии и теплоты;
- развитие нетрадиционных возобновляемых энергетических источников на основе энергии Солнца, водных потоков, ветра и геотермальных вод.

– Долевое участие в разработке и эксплуатации и (или) акционирование предприятий энергетического сектора стран-партнеров.

– Разработка совместных со странами-партнерами программ повышения коллективной энергетической безопасности.

В качестве дополнительного критерия энергетической безопасности следует рассматривать наличие национальной информационно-аналитической системы, включая подсистемы мониторинга показателей энергетической безопасности, определения текущих пороговых уровней кризисности состояния энергетической безопасности и составления долгосрочных и среднесрочных прогнозов развития энергетической составляющей экономики.

### **3. Самостоятельная работа студентов**

#### **3.1. 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. Краткие сведения по истории развития электро-снабжения промышленных предприятий. Современные проблемы в электроснабжении пром. предприятий. Особенности инженерных расчетов в электроснабжении. Особенности технико-экономических расчетов.

Вопросы для самопроверки.

1. Первые сведения о применении электроэнергии. Первый источник электроэнергии.
2. Что такое «энергетика»?
3. Чем занимается специальность «Электроснабжение»
4. В чем заключаются инженерные и технико-экономические расчеты ?
5. Какова роль инженера в современном обществе?

### **Тема 2. Приемники электрической энергии.**

Классификация приемников электроэнергии. Электрические двигатели. АД, СД, ДПТ. Электротехнологические установки. Электрические печи сопротивления. Электродуговые печи. Индукционные печи. установки высокочастотного нагрева. Специальные электротермические установки. Электролизеры. Электросварочное оборудование. Электрический транспорт. электрическое освещение.

Вопросы для самопроверки.

1. Классификация электроприемников.
2. Назовите виды и категории потребителей электрической энергии Привести примеры.
3. Каковы принципиальные отличия в работе АД, СД, ДПТ?
4. Дать определение электротехнологической установки. Привести примеры
5. Назовите основные виды преобразования электрической энергии в другие виды.

### **Тема 3. Преобразование электрической энергии**

Общие положения. Трансформаторы. Схема устройства. Холостой ход и короткое замыкание. Основные паспортные величины. Особенности технического выполнения трансформаторов. Условные обозначения и маркировка. Выпрямители. Полупроводниковые элементы, на которых выполняются схемы. Схемы однополупериодного, двухполупериодного выпрямления. Трехфазный мостовой выпрямитель (управляемый и неуправляемый). Виды нагрузки в данных схемах (активная, индуктивная, емкостная, смешанная). Инверторы. Однофазные и трехфазные инверторы. Мостовой инвертор.

Вопросы для самопроверки.

1. Определение, назначение и принцип работы трансформатора. Классификация трансформаторов.
2. Определение полупроводниковых элементов. Принцип работы.
3. Назначение и принцип действия однополупериодного, двухполупериодного выпрямления. Схема трехфазного мостового выпрямителя.
4. Назначение и принцип действия однофазного и трехфазного инвертора. Мостовой инвертор.
5. Виды нагрузки и их характеристика.

#### **Тема 4. Электрические сети промышленных предприятий.**

Категории потребителей электроэнергии. Схемы электроснабжения промышленных предприятий. Конструктивное исполнение сетей систем электроснабжения. КЛ и ВЛ. Шины и токопроводы.

Вопросы для самопроверки.

1. Факторы, влияющие на выбор схемы электроснабжения пром. предприятий.
2. Радиальные схемы внутризаводской сети.
3. Магистральные схемы электроснабжения.
4. Понятия: ГВ, ПГВ, ГПП, ТП, КТП, ОРУ, ЗРУ.
5. Схемы цеховых сетей.
6. Конструктивное исполнение линий электропередач. Устройство 3-фазного кабеля.
7. Применяемые в электротехнике изоляционные материалы.

#### **Тема 5. Защита, управление и автоматизация систем электроснабжения**

Вопросы для самопроверки.

1. Защита систем электроснабжения, назначение и принципы работы.
2. Свойства защит.
3. Основные требования, предъявляемые к свойствам защит.
4. Виды защит.
5. Аварийные процессы в ЭЭС.

#### **Тема 6. Качество электрической энергии**

Вопросы для самопроверки.

1. Основные показатели качества электроэнергии.
2. Источники искажения качества электроэнергии.
3. Влияние источников искажения на качество электроснабжения.
4. Нормирование показателей качества электроэнергии. Допустимые отклонения.
5. Мероприятия по улучшению качества электроэнергии.

#### **Тема 7. Экономия электроэнергии на предприятиях.**

Общие рекомендации по экономии электроэнергии. Основные проблемы. Электробаланс, основные способы уменьшения потерь электроэнергии в СЭС ПП. Организация учета электроэнергии.

Вопросы для самопроверки.

1. Понятие потерь электроэнергии. Виды и причины возникновения потерь.
2. Что такое электробаланс?
3. Каковы общие рекомендации по экономии электроэнергии?
4. Система учета и контроля потерь электроэнергии.
5. Основные способы уменьшения потерь электроэнергии в СЭС ПП.

#### **3.2. График самостоятельной учебной работы студентов**

График самостоятельной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля показан ниже. В пункте 3.1 более подробно расписано содержание самостоятельной работы студентов.

№	Содержание самостоятельной работы, литература	Объем, часы	Формы контроля	Сроки, недели
1	2	3	4	5
1	Проработка лекционного материала по теме 1. <b>Введение</b> Работа с литературой: Венников В.А., Путьгин Е.В. Введение в специальность. М: Высшая школа. 1988 г.	2	Блиц-опрос, рефераты, доклады	2 недели

2	<p>Проработка лекционного материала по теме 2. <b>Приемники электрической энергии</b></p> <p>Работа с литературой: Электроснабжение промышленных предприятий. Ю.Л. Мукосеев. М. Энергия. 1973 г. Электротехнологические пром. установки. Под ред. Свенчанского А.А. - М.: Энергоиздат, 1982 г Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г.М. Кнорринга. - Л.: Энергия 1976 г.</p>	2	Блиц-опрос, рефераты, доклады	4 неделя
3	<p>Проработка лекционного материала по теме 3.</p> <p><b>Преобразование электрической энергии.</b></p> <p>Работа с литературой: Кацман М. М. Электрические машины. М: Высшая школа. 2003 г. Личин В.И. Электроника. Ростов-на-Дону: Феникс. 2002 г. М. Энергия. 1973 г. Электротехнологические пром. установки. Под ред. Свенчанского А.А. - М.: Энергоиздат, 1982 г</p>	2	Блиц-опрос, рефераты, доклады	6 неделя
4	<p>Проработка лекционного материала по теме 4.</p> <p><b>Электрические сети промышленных предприятий.</b></p> <p>Работа с литературой: Электротехнический справочник т. 3 кн. 2. Под ред. А.Грудинско-го.М.:Энергоиздат, 1992 г.</p>	2	Блиц-опрос, рефераты, доклады	8 неделя
5	<p>Проработка лекционного материала по теме 5.</p> <p><b>Защита, управление и автоматизация систем электроснабжения</b></p> <p>Работа с литературой: Электротехнический справочник т. 3 кн. 2. Под ред. А.Грудинско-го.М.:Энергоиздат, 1992 г.</p>	2	Блиц-опрос, рефераты, доклады	10 неделя
6	<p>Проработка лекционного материала по теме 6.</p> <p><b>Качество электрической энергии.</b></p> <p>Работа с литературой: Иванов В.С, Соколов В.И. Режимы потребления и качества электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. М: Энергоатомиздат. 1988 г.</p>	2	Блиц-опрос, рефераты, доклады	12 неделя
7	<p>Проработка лекционного материала по теме 7.</p> <p><b>Экономия электроэнергии на предприятиях.</b></p> <p>Потери электроэнергии в электриче-</p>	2	Блиц-опрос, рефераты, доклады	14 неделя

	ских сетях. Под ред. Казанцева В.Н. М: Энергоатомиздат. 1983 г.			
8	Обзор материала лекций. Подготовка рефератов.	2	Защита рефератов	16 неделя
9	Обзор материала лекций. Подготовка к зачету.	2	Защита рефератов. Получение допуска к зачету	18 неделя

### 3.3. 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 являются рефераты и доклады.

Преподавателем выдается тема реферата (доклада) с указанием литературы, которая может быть использована. В реферате (докладе) раскрывается суть поставленного вопроса, обсуждаются основные проблемы, раскрываются задачи данной темы. В конце реферата (доклада) студент должен сделать выводы, подвести итог о выше сказанном.

Ниже показан пример реферата на тему «**Электроснабжение городов**».

#### 1. Основные требования к системе электроснабжения города.

До сих пор вопросы рационального построения системы электроснабжения города мы рассматривали в объеме решения частных задач, например выявления технико-экономических особенностей отдельных элементов электроснабжения.

В реальной системе ее элементы представляют одно целое, поэтому выбор рационального построения системы включает совокупность вопросов, в процессе рассмотрения которых должны быть найдены требуемые соотношения между отдельными элементами системы, с тем, чтобы ее суммарные технико-экономические показатели находились в наивыгоднейших пределах, при этом должны быть учтены местные особенности города.

При определении рациональных путей построения системы электроснабжения устанавливаются общие принципы ее выполнения, конфигурация сетей принятых напряжений, размещение подстанций и источников питания, очередность сооружения отдельных элементов системы, выбор схемы электроснабжения (т. е. определение необходимых электрических связей между всеми элементами системы).

Схема электроснабжения города в первую очередь должна базироваться на установленных оптимальных параметрах и уровнях напряжений отдельных элементов системы, а также количестве трансформаций энергии. Она должна учитывать, что некоторые элементы системы электроснабжения города являются одновременно элементами энергетической системы района, т. е. с их помощью может предусматриваться параллельная работа источников питания энергосистемы и осуществление необходимых режимов ее работы.

Следует принимать во внимание, что система предназначена для питания энергией очень большого количества потребителей. При этом выбор схемы электроснабжения города производится независимо от характера потребителей и требуемого уровня надежности питания их приемников энергии. Только суммарная мощность потребителей является критерием, с помощью которого определяется уровень надежности их питания. В частности, совокупность приемников всех категорий мощностью более 10 МВ\*А относится к приемникам I категории. Совокупность мощностью от 400 кВА до 10 МВА при выполнении сетей кабелями является приемником II категории (за исключением приемников I категории).

Схема электроснабжения города базируется на заданных источниках питания. Вместе с этим должны быть выбраны, с одной стороны, источники для питания отдельных городских районов и крупных потребителей в виде городских или промышленных подстанций. С другой стороны, должны быть установлены источники, предназначенные непосредственно для питания системы электроснабжения города — районные подстанции энергосистемы.

Основной особенностью электропотребления города является непрерывное увеличение его как за счет естественного роста, так и за счет новых потребителей.

Для представления о темпах роста электропотребления городов можно привести пример электрических сетей Ленинграда. В частности, за десятилетие 1961 — 1970 гг. суммарное электропотребление города увеличилось в 1,7 раза. При этом расход энергии в промышленности возрос в 1,5 раза, для нужд городского транспорта в 1,9 раза, водопровода и канализации в 1,75 и предприятий общественно-коммунального обслуживания всех остальных видов в 1,6 раза. Бытовое электропотребление населения города за указанный период возросло в 2,5 раза. Примерно в этих же размерах увеличивается электрическая нагрузка перечисленных групп городских потребителей. Таким образом, с учетом всех отмеченных характеристик могут быть сформулированы основные требования, которым должна удовлетворять рационально построенная система электроснабжения города.

Прежде всего система должна быть выполнена таким образом, чтобы суммарные приведенные затраты, связанные с ее сооружением и последующей эксплуатацией, были минимальными.

Надежность электроснабжения, создаваемая системой, должна находиться в пределах, регламентируемых правил устройств электроустановок (ПУЭ), который устанавливает объем резервных элементов системы для обеспечения питания потребителей города на полную мощность при различных режимах ее работы. Выбор расчетных режимов производится согласно требованиям соответствующих разделов ПУЭ, учитывающих плановые и аварийные отключения отдельных элементов системы, возможность совпадения этих отключений и т. д.

Система должна обеспечивать питание каждого узла потребителей с общей нагрузкой выше 10 МВА от двух независимых источников с автоматическим вводом резервных элементов и переключением питания с одного источника на другой.

При выборе схемы электроснабжения следует учитывать гибкость системы, т. е. ее приспособляемость к разным режимам распределения мощности, возникающим в процессе работы. Особенно резкое изменение режима работы возникает при внезапных отключениях отдельных элементов системы вследствие аварийного повреждения различного оборудования, кабелей и т. д. Следует считаться с необходимостью отключения элементов системы для ремонтных работ, испытаний, осмотров и других эксплуатационных надобностей.

При определении принципов построения системы электроснабжения города необходимо стремиться к тому, чтобы система обеспечивала потребность в энергии во все возрастающих размерах, имея в виду непрерывный рост нагрузки в течение длительного времени, не требуя каких-либо коренных изменений, как ее отдельных элементов, так и системы в целом. Одновременно с этим, если возникает необходимость из-за увеличения нагрузки после длительного промежутка времени или появления нового оборудования с улучшенными технико-экономическими показателями, система должна иметь возможность быть преобразованной в другую систему электроснабжения. Проектирование системы электроснабжения должно выполняться с выявлением очередности развития на срок не менее 10 лет и возможности последующего ее расширения.

Зарубежные специалисты считают наиболее рациональным сооружение системы отдельными этапами, исходя из увеличения нагрузки в два, три, четыре раза и т. д., не привязывая начало сооружения каждого этапа к календарному сроку, а в зависимости от

реальных темпов роста нагрузки. На одном из этапов в случае необходимости может быть предусмотрено преобразование системы электроснабжения по другому принципу.

Существенным требованием является необходимость поддержания мощности короткого замыкания в пределах, допустимых для используемой аппаратуры, на всех стадиях развития системы. Последнее может осуществляться за счет деления системы на части, раздельной работы трансформаторов, использования реакторов и т. д. (в зависимости от этапа развития системы).

При всех расчетных режимах работы системы должно обеспечиваться требуемое качество энергии, подаваемой потребителям.

Требуемый уровень напряжения обеспечивается соответствующим выбором параметров отдельных элементов системы, а также за счет применения специальных мер, например, установки на центре питания (ЦП) трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой, использованием конденсаторных установок промышленных предприятий не только для компенсации реактивной мощности, но также для регулирования напряжения и т. п.

Подчеркнем экономическую целесообразность использования средств регулирования напряжения в системе электроснабжения города, так как в этом случае речь идет об использовании средств для значительной совокупности потребителей.

При выборе отдельных элементов системы электроснабжения необходимо стремиться к осуществлению совместного питания различных групп потребителей. Между тем до настоящего времени отмечается использование отдельных элементов системы (линий, подстанций) для обособленного питания потребителей, что определяется различной ведомственной подчиненностью потребителей. Последнее ведет к созданию в сетях необоснованных резервов.

Согласно ПУЭ, вопросы электроснабжения потребителей должны решаться комплексно с учетом состояния энергетики данного района и выявления всех его потребителей. С целью уменьшения в электрических сетях резервов рекомендуется устройство связей между сетями различных ведомств (промышленные предприятия, коммунально-бытовые потребители и т. д.) для взаимного резервирования нагрузок.

Указанные требования определяются целесообразностью использования одних резервных элементов в схемах питания потребителей. Кроме того, разный характер потребления создает условия для более рационального использования одного и того же элемента системы в схеме питания разных потребителей за счет разновременности максимума их нагрузки.

Степень реализации указанных требований, при выполнении системы электроснабжения любого города, определяется местными условиями, которые будут накладывать специфический отпечаток на выполнение, как отдельных элементов, так и системы в целом.

## 2. Идеальная система электроснабжения города.

Отмеченные в предыдущем параграфе основные требования к рациональной системе электроснабжения города послужили основанием для разработки идеальной системы, которая удовлетворяла бы всем поставленным выше условиям и была практически осуществима.

Решение такой задачи встречается в работах зарубежных авторов. Применительно к крупным и средним городам, в частности, может быть рассмотрена система питания, базирующаяся на использовании только двух напряжений: 10 и 10 кВ. Сеть 10 кВ выполняется в виде кольца, охватывающего город. Принципиальная схема идеальной системы указана на рис. 7-1.

Территория города для выбора параметров основных элементов системы рассматривается состоящей из трех частей: центральной, с наибольшей плотностью нагрузки, средней части и окраины города, имеющей наименьшую плотность нагрузки.

Для электроснабжения центральной части города предусматривается сооружение достаточно мощной подстанции 110/10 кВ, питание которой осуществляется за счёт диаметральной электрической связи 110 кВ, проходящей через город.

Источники питания, расположенные на территории города и вне его пределов, отдают энергию непосредственно в кольцо, которое является как бы сборными шинами всех источников питания города. С помощью кольца осуществляется их параллельная работа.

Одновременно с этим за счет городских подстанций 110/10 кВ, расположенных вдоль кольца, в центрах нагрузки отдельных районов города производится отвод энергии в распределительные сети 10 кВ. Количество кольцевых подстанций 110/10 кВ определяется местными условиями, в частности, оптимальной мощностью подстанций, или нагрузкой крупных потребителей.

Для создания наиболее благоприятных условий распределения энергии в системе и осуществления наивыгоднейших режимов ее работы рекомендуется соответствующее чередование по длине кольца ПО кВ присоединений источников питания и понизительных подстанций.

Число линий кольца 110 кВ, а также их конструктивное выполнение определяется местными условиями. На окраинах города оно может быть в виде воздушных линии, что удешевляет систему электроснабжения, диаметральной связь 110 кВ выполняется во всех случаях кабелями.

Общая пропускная способность кольца 110 кВ должна быть такой, чтобы электроснабжение города сохранялось при различных аварийных режимах: при повреждениях и внезапном выходе из строя отдельных частей системы. Режим работы кольца 110 кВ и схемы кольцевых подстанций, кроме того, учитывают допустимые условия мощности короткого замыкания в распределительных сетях 10 кВ.

Рассматриваемая система на протяжении длительного промежутка времени будет удовлетворять всем отмененным выше условиям и прежде всего возможностям ее дальнейшего расширения без коренной ломки. При этом по мере увеличения нагрузки городских потребителей и появления новых объектов соответствующее развитие системы может производиться разными путями. В частности, пропускная способность сети 110 кВ практически может как угодно увеличиваться за счет увеличения числа линий 110 кВ, т. е. путем многократного повторения кольца 110 кВ. При этом новые линии 110 кВ могут прокладываться по другим трассам города с сооружением дополнительных подстанций 110/10 кВ в центрах нагрузки.

Вместе с этим могут предусматриваться дополнительные диаметральные связи 110 кВ с новыми подстанциями 110/10 кВ, а также подстанции глубокого ввода 110 кВ.

В зависимости нагрузки системы электроснабжения и местных условий ее питание может усиливаться путем подачи энергии от внешних источников питания при более высоком напряжении, например 330 кВ. При этом в узловых пунктах отдельные части кольца 110 кВ соединяются таким образом, чтобы мощность короткого замыкания в каждой точке сети 110 кВ находилась в заданных пределах. В связи с этим каждое кольцо 110 кВ системы по местным условиям может работать независимо одно от другого, и в этом случае имеются как бы две самостоятельные системы электроснабжения, которые связываются между собой только на более высоком напряжении 330 кВ.

По мере роста нагрузки города дальнейшее развитие его системы электроснабжения выполняется за счет создания кольцевой сети 330 кВ и увеличения количества опорных подстанций 330/110 кВ. С развитием сети 330 кВ кольцевая сеть 110 кВ начинает терять свое значение и постепенно преобразуется в распределительную сеть. Ее развитие ограничивается. Усиление пропускной способности системы электроснабжения производится путем размыкания кольцевой сети 110 кВ и заводки ее линий на новые подстанции 330/110 кВ. При этом сеть 110 кВ в системе электроснабжения города начинает выполнять только функцию глубокого ввода. Таким образом, происходит есте-



ственный процесс введения в систему более высокого напряжения, что диктуется непрерывным увеличением электрической нагрузки городов.

В рассматриваемых материалах идеальной системе электроснабжения не противопоставляются другие принципы ее осуществления, в связи с чем нельзя вынести суждение об истинной экономической целесообразности идеальной системы. Поставленная задача решена только технически, без экономических обоснований.

Однако необходимо подчеркнуть, что рассматриваемая идеальная система отвечает большей части отмеченных выше требований к электроснабжению города. Кроме того, идеальная система, а также отдельные элементы ее построения находят соответствующее отражение в системах питания современных городов.

Естественно, что существующие системы электроснабжения в той или иной мере отличаются от идеальной системы. Последнее определяется специфическими условиями отдельных городов и в первую очередь условиями увеличения нагрузки их потребителей, количеством и характеристикой источников питания, наличием связей с другими источниками питания и энергосистемой и т. д. Сильное влияние на принципы построения системы электроснабжения оказывают исторические условия развития города.

### 3.4. Фонды домашних заданий

Домашние задания выполнены в виде перечня тем рефератов.

Комплект домашних заданий (темы рефератов).

1. Производство электрической энергии на электростанциях.
2. Производство электрической энергии на тепловых электростанциях.
3. Производство электрической энергии на гидроэлектростанциях
4. Производство электрической энергии на атомных электростанциях
5. Альтернативные источники энергии: приливные электростанции.
6. Альтернативные источники энергии: геотермальные электростанции.
7. Альтернативные источники энергии: ветровые электростанции.
8. Альтернативные источники энергии: солнечные электростанции.
9. Основное оборудование электростанций.
10. Основные задачи электрификации.
11. Распределительные устройства и схемы соединений.
12. Электротехнологические промышленные установки. Дать характеристику на конкретном примере.
13. Специальные типы трансформаторов (сварочные, измерительные, автотрансформаторы и т.д).
14. Современные проблемы в электроснабжении пром. предприятий. Энергосбережение. Экологичность.
15. Промышленный электрический транспорт
16. Плазма. Применение в электроэнергетике.
17. Показатели качества электроэнергии.
18. Потери электроэнергии. Основные понятия. Способы уменьшения потерь.
19. История развития электротехники.
20. Схемы электроснабжения пром. предприятий. Классификация, особенности.
21. Электрическое освещение. Классификация источников света и их краткая характеристика.
22. Понятие об автоматизации систем электроснабжения. АВР, АПВ, АЧР.
23. Линии электропередач постоянного и переменного тока.
24. Надежность электроснабжения потребителей электроэнергии.
25. Система учета электроэнергии. Назначение и организация учета.
26. Влияние электроэнергетики на человеческое общество и окружающую среду.

#### **4. Методические указания по применению информационных технологий**

К информационному обеспечению можно отнести следующие ресурсы:

1. Система автоматизации библиотек «IRBIS». Данная система, предназначенная для обеспечения возможности поиска информации о книжном фонде библиотеки ВУЗа. Система позволяет искать информацию о библиотечном издании по следующим критериям: ключевые слова, автор, заглавие, год издания и др.;

2. Информационная система нормативных документов «Kodeks». Система, предназначенная для поиска нормативных документов, применяемых в области энергетики.

3. Всемирная сеть InterNet. Данная сеть позволяет иметь доступ к информационным ресурсам всего мира и университета в частности. Адрес сайта Амурского государственного университета [www.amusru.ru](http://www.amusru.ru). В частности на данном сайте можно своевременно узнать о событиях в ВУЗе, получить доступ к информационным ресурсам университета, в том числе к информации об аттестации, лицензировании.

4. Локальная библиотека кафедры Энергетики «Студент». Данный ресурс представляет собой электронные варианты книжного фонда, необходимого для учебного процесса.

В процессе обучения используются электронные презентации лекций с элементами активного обучения. Перечень лекций: «Выработка электроэнергии на электростанциях»; «Передача и распределение электроэнергии». Использование медиапроектора для просмотра фильма «Воздушные линии электропередач с применением самонесущих изолирующих проводов».

#### **5. Программные продукты, реально используемые в практической деятельности выпускника**

В процессе изучения дисциплины «Введение в специальность» 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 (2002, 2003); графический редактор
2. MathCad (2000, 2001, 2003) – 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-3000v.lut – 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, т.е. обсуждение рефератов (докладов). 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. Краткие сведения по истории развития электроснабжения промышленных предприятий. Современные проблемы в электроснабжении пром. предприятий. Особенности инженерных расчетов в электроснабжении. Особенности технико-экономических расчетов.

Вопросы.

1. Первые сведения о применении электроэнергии. Первый источник электроэнергии.
2. Что такое «энергетика»?
3. Чем занимается специальность «Электроснабжение»
4. В чем заключаются инженерные и технико-экономические расчеты ?
5. Какова роль инженера в современном обществе?

#### Блиц-опрос №2.

##### **Тема 2. Приемники электрической энергии.**

Классификация приемников электроэнергии. Электрические двигатели. АД, СД, ДПТ. Электротехнологические установки. Электрические печи сопротивления. Электродуговые печи. Индукционные печи. установки высокочастотного нагрева. Специальные электротермические установки. Электролизеры. Электросварочное оборудование. Электрический транспорт. электрическое освещение.

Вопросы.

1. Классификация электроприемников.
2. Назовите виды и категории потребителей электрической энергии Привести примеры.
3. Каковы принципиальные отличия в работе АД, СД, ДПТ?
4. Дать определение электротехнологической установки. Привести примеры
5. Назовите основные виды преобразования электрической энергии в другие виды.

#### Блиц-опрос №3.

##### **Тема 3. Преобразование электрической энергии**

Общие положения. Трансформаторы. Схема устройства. Холостой ход и короткое замыкание. Основные паспортные величины. Особенности технического выполнения трансформаторов. Условные обозначения и маркировка. Выпрямители. Полупроводниковые элементы, на которых выполняются схемы. Схемы однополупериодного, двухполупериодного выпрямления. Трехфазный мостовой выпрямитель (управляемый и неуправляемый). Виды нагрузки в данных схемах (активная, индуктивная, емкостная, смешанная). Инверторы. Однофазные и трехфазные инверторы. Мостовой инвертор.

Вопросы.

1. Определение, назначение и принцип работы трансформатора. Классификация трансформаторов.
2. Определение полупроводниковых элементов. Принцип работы.
3. Назначение и принцип действия однополупериодного, двухполупериодного выпрямления. Схема трехфазного мостового выпрямителя.
4. Назначение и принцип действия однофазного и трехфазного инвертора. Мостовой

инвертор.

5. Виды нагрузки и их характеристика.

Блиц-опрос №4.

#### **Тема 4. Электрические сети промышленных предприятий.**

Категории потребителей электроэнергии. Схемы электроснабжения промышленных предприятий. Конструктивное исполнение сетей систем электроснабжения. КЛ и ВЛ. Шины и токопроводы.

Вопросы.

1. Факторы, влияющие на выбор схемы электроснабжения пром. предприятий.
2. Радиальные схемы внутризаводской сети.
3. Магистральные схемы электроснабжения.
4. Понятия: ГВ, ПГВ, ГПП, ТП, КТП, ОРУ, ЗРУ.
5. Схемы цеховых сетей.
6. Конструктивное исполнение линий электропередач. Устройство 3-фазного кабеля.
7. Применяемые в электротехнике изоляционные материалы.

Блиц-опрос №5.

#### **Тема 5. Защита, управление и автоматизация систем электроснабжения**

Вопросы.

1. Защита систем электроснабжения, назначение и принципы работы.
2. Свойства защит.
3. Основные требования, предъявляемые к свойствам защит.
4. Виды защит.
5. Аварийные процессы в ЭЭС.

Блиц-опрос №6.

#### **Тема 6. Качество электрической энергии**

Вопросы.

1. Основные показатели качества электроэнергии.
2. Источники искажения качества электроэнергии.
3. Влияние источников искажения на качество электроснабжения.
4. Нормирование показателей качества электроэнергии. Допустимые отклонения.
5. Мероприятия по улучшению качества электроэнергии.

Блиц-опрос №7.

#### **Тема 7. Экономия электроэнергии на предприятиях.**

Общие рекомендации по экономии электроэнергии. Основные проблемы. Электробаланс, основные способы уменьшения потерь электроэнергии в СЭС ПП. Организация учета электроэнергии.

Вопросы.

1. Понятие потерь электроэнергии. Виды и причины возникновения потерь.
2. Что такое электробаланс?
3. Каковы общие рекомендации по экономии электроэнергии?
4. Система учета и контроля потерь электроэнергии.
5. Основные способы уменьшения потерь электроэнергии в СЭС ПП.

#### **6.3. Итоговый контроль**

В конце семестра, на зачетной неделе проводится зачет.

Контрольные вопросы к зачету по дисциплине «Введение в специальность».

#### **Билет № 1**

1. Первые сведения о применении электроэнергии. Первый источник электроэнергии.
2. Организация учета электроэнергии.

#### **Билет № 2**

1. Гальванические элементы. Батареи из них.
2. Основные способы уменьшения потерь электроэнергии.

**Билет № 3**

1. Изобретение электромашинного генератора.
2. Электробаланс пром. предприятия. Его анализ.

**Билет № 4**

- 1 Развитие электрического освещения.
2. Несимметричные режимы СЭС.

**Билет № 5**

1. Формирование электротехнической промышленности.
2. Показатели качества электроэнергии. Отклонение напряжения. Колебания напряжения. Несинусоидальность напряжения

**Билет № 6**

1. Идея самовозбуждения. Появление заводских электростанций.
2. Понятие об автоматизации. АВР и АПВ. АЧР.

**Билет № 7**

1. Программная задача Т.А. Эдисона. Её роль в развитии электроснабжения.
2. Диспетчерский пункт электроснабжения. Его устройство.

**Билет №. 8**

1. Электрификация России. План ГОЭЛРО.
2. Коммутационные операции в системах электроснабжения. АСУП. Цепи, используемые для вторичных коммутаций.

**Билет № 9**

1. Современные проблемы в электроснабжении пром. предприятий. Энергосбережение. Экологичность.
2. Предохранители. Схема распределительной сети с установкой плавких предохранителей на различных ступенях электроснабжения

**Билет № 10**

1. Уменьшение потерь. Повышение надежности. Обеспечение требуемого качества.
2. Измерительные трансформаторы. Назначение.

**Билет № 11**

1. Точность номинальных данных электрооборудования. Погрешности.
2. Назначение защиты. Понятие селективности.

**Билет № 12**

1. Технические и экономические требования, предъявляемые к системам промышленного электроснабжения.
2. Применяемые в электротехнике изоляционные материалы

**Билет № 13**

1. Схема устройства трансформатора.
2. Конструктивное исполнение линий СЭС ПП. Устройство 3-фазного кабеля.

**Билет № 14**

1. Режимы работы трансформатора.
2. Схемы цеховых сетей.

**Билет № 15**

1. Внешняя характеристика трансформатора.
2. ГВ. ПГВ. ГПП.

**Билет № 16**

1. Современное исполнение трансформаторов. Условные обозначения обмоток трансформаторов. Маркировка.
2. Магистральные схемы электроснабжения.

**Билет № 17**

1. Схема однополупериодного выпрямления и графики выходного напряжения и тока при активном сопротивлении.
2. Радиальные схемы внутризаводской сети.

**Билет № 18**

1. Двухполупериодная мостовая схема выпрямления.
2. Факторы, влияющие на выбор схемы электроснабжения пром. предприятий.

**Билет № 19**

1. Трехфазный мостовой выпрямитель с неуправляемыми вентилями.
2. Требования, предъявляемые к схемам электроснабжения пром. предприятий.

**Билет № 20**

1. Принцип инвертирования. Мостовой инвертор.
2. Категории потребителей электроэнергии. Понятие надежности.

**Билет № 21**

1. Классификация приемников электроэнергии.
2. Дуговые ртутные люминесцентные лампы. Устройство и схема подключения ДРЛ.

**Билет № 22**

1. АД. Схема устройства АД.
2. Стартерная схема включения люминесцентной лампы. ВАХ комплекта "люминесцентная лампа-дрессель".

**Билет № 23**

1. Механическая характеристика АД.
2. Газоразрядные лампы. Плазма.

**Билет № 24**

1. Пуск АД. Пусковые токи.
2. Электрическое освещение. Устройство лампы накаливания. Зависимость к.п.д. от напряжения, подводимого к лампе накаливания

**Билет № 25**

1. СД. Схема устройства СД.
2. Схема зарядки аккумулятора. Схема тягового устройства внутризаводского транспорта.

**Билет № 26**

1. Пуск СД.
2. Внутризаводской транспорт. Электропогрузчики, тельферы. Аккумуляторный транспорт.

**Билет № 27**

1. ДПТ. Схема ДПТ с независимым возбуждением. Его механические характеристики.
2. Промышленный электрический транспорт.

**Билет № 28**

1. Последовательное возбуждение ДПТ. Механическая характеристика серийного двигателя.
2. Городской электрический транспорт. Схема электроснабжения и подвижного состава.

**Билет № 29**

1. Электрические печи сопротивления. Схема ТЭН, его элементы.
2. Получение постоянного тока для питания электровоза. Схема электровоза постоянного тока.

**Билет № 30**

1. Электродуговые печи. Схема работы дуговой печи. Влияние работы дуговой печи на показатели качества электроэнергии.
2. Магистральный транспорт. Схема электроснабжения магистрального транспорта на однофазном токе.

**Билет № 31**

1. Индукционные печи. Схема индукционной печи. Принцип работы.
2. Квалификация электрического транспорта.

**Билет № 32**

1. Установки высококачественного нагрева. Принцип работы. Влияние работы установки на показатели качества электрической энергии.

2. Схема точечной сварки. Принцип работы.

**Билет № 33**

1. Электролизер. Схема работы и ее принцип.

2. Схема контактной сварки. Влияние на показатели качества электроэнергии.

**Билет № 34**

1. Электродуговая сварка на переменном токе. Схема работы. Влияние электродуговой сварки на качество электроэнергии.

2. Схема электродуговой сварки на постоянном токе. Принцип работы.

**7. Список литературы**

**а) основная литература:**

1. Основы современной энергетики [Текст] : учеб. : в 2 т. / под ред. Е. В. Аметистова. - 5-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010 Т. 1 : Современная теплоэнергетика / под ред. А. Д. Трухня. - 2010. - 471 с.

2. Основы современной энергетики [Текст] : учеб. : в 2 т. / под ред. Е. В. Аметистова. - 5-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010 Т. 2 : Современная электроэнергетика / под ред. А. П. Бурмана, В. А. Строева. - 2010. - 632 с.

**б) дополнительная литература:**

1. Быстрицкий, Геннадий Федорович. Основы энергетики [Текст] : учеб.: доп. УМО / Г. Ф. Быстрицкий, 2006,2005,2007. - 278 с.

2. Введение в специальность [Текст] : учеб.-метод. комплекс для спец. 140101 - Тепловые электрические станции / АмГУ, Эн.ф., 2007. - 41 с.

3. Основы современной энергетики [Текст] : учеб.: В 2 ч.: рек. УМО / под ред. Е. В. Аметистова. Ч. 1 : Современная теплоэнергетика / А. Д. Трухний, А. А. Макаров, В. В. Клименко, 2003. - 376 с.

4. Стерман Л.С. Тепловые и атомные электрические станции [Текст] : Учебник для вузов: Доп. Мин. обр. РФ / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин, 2000. - 408 с

**в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	<a href="http://www.iglib.ru">http://www.iglib.ru</a>	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.
2	Консультант +	Справочно-правовая система. Содержит законодательную базу, нормативно-правовое обеспечение, статьи.
3	<a href="http://www.gostedu.ru">http://www.gostedu.ru</a>	Образовательный ресурс. ГОСТ, СНИП.

**г) периодические издания (профессиональные журналы)**

1. «Энергетик»;
2. «Электричество»;
3. «Электрические станции»;
4. «Известия РАН. Энергетика»;
5. «Промышленная энергетика»;
6. «Вестник ИГЭУ»;
7. «Вестник МЭИ».