



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

О.М.Холянова
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)
« 07 » марта 20 17 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой
Электроэнергетики и электротехники
(название кафедры)

Н.В. Силин
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)
« 07 » марта 20 17 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Электроснабжение промышленных предприятий

Направление подготовки – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль «Электроснабжение»

Форма подготовки (очная/заочная)

курс 4/5 семестр 7,8
лекции 18/6 час.
практические занятия 62/16 час.
лабораторные работы _____ час.
в том числе с использованием МАО лек. 6/4 /пр. 22/8 /лаб _____ час.
всего часов аудиторной нагрузки 80/22 час.
в том числе с использованием МАО 34/16 час.
самостоятельная работа 64/122 час.
контрольные работы (количество)
курсовая работа/курсовой проект 8/5 семестр/курс
зачет 8/5 семестр/курс
экзамен 7/5 семестр/курс

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, принятого решением Ученого совета ДВФУ, протокол № 06-15 от 04.06.2015, и утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 № 12-13-1282

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Электроэнергетики и электротехники, протокол № 7 от «07» марта 2017 г.

Заведующая (ий) кафедрой Н.В. Силин
Составитель (ли): доцент Д.Г. Туркин

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 2 из 116

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 3 из 116

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Электроснабжение промышленных предприятий» разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» очной и заочной формы и входит в обязательные дисциплины вариативной части учебного плана (Б1.В.ОД.10).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов (5 зачётных единиц). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18/14 часов), лабораторные работы (18 часов), практические занятия (62/28 часа) и самостоятельная работа студента (82/138 часа, в том числе 27 часов на экзамен). Дисциплина реализуется на 4/5 курсе. Форма контроля по дисциплине – зачет и экзамен.

Дисциплина опирается на знания, полученные студентами при изучении: «Математический анализ», «Физика», «Химия», «Начертательная геометрия и инженерная графика», «Информатика в электроэнергетике», «Математические задачи энергетики», «Электрические машины», «Теоретические основы электротехники», «Электробезопасность», «Электроэнергетические системы и сети», «Энергоснабжение», «Электрические аппараты», «Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах». В свою очередь она является «Фундаментом» для выполнения выпускной квалификационной работы по специализации «Электроснабжение промышленных предприятий».

Цель дисциплины: формирование базовых знаний в области оптимального построения, функционирования и развития систем электроснабжения промышленных предприятий. и транспортных систем.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 4 из 116

Задачи дисциплины:

1. Освоение методов расчета, проектирования и анализа систем электроснабжения.
2. Научить пользоваться конкретными методами расчетов.
3. Изучение нормативных и инструктивных документов, регламентирующих подачу электроэнергии отраслевым объектам всех назначений и типов технологий.

Для успешного изучения дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

способность использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций;

способность проявлять инициативу и принимать ответственные решения, осознавая ответственность за результаты своей профессиональной деятельности;

способность использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности;

способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;

способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общекультурные и общепрофессиональные компетенции (элементы компетенций).

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 5 из 116

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-6 - готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	Знает	особенности конструкций распределительных устройств разных типов; назначение, принцип действия, способы преобразования энергии, основные электрические и механические параметры электроэнергетического и электротехнического оборудования; принципы работы электроэнергетических установок, их характеристики; обозначения электрооборудования на схемах электроэнергетических объектов;
	Умеет	компоновать и рассчитывать главные электрические схемы электростанций и подстанций; выбирать электротехническое оборудование на электроэнергетических объектах;
	Владеет	способами определения состава оборудования и его параметров; методиками выбора и проверки электротехнического оборудования на электроэнергетических объектах;
ПК-7 - способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	Знает	требования, предъявляемые к схемам электроснабжения электроэнергетических объектов; основные режимы работы оборудования объектов электроэнергетики, методы их расчета, характеристические параметры;
	Умеет	рассчитывать режимы работы электротехнического оборудования электроэнергетического объекта; оценивать параметры режимов работы электрооборудования электроэнергетических объектов; осуществлять выбор электрооборудования в соответствии с режимными параметрами электроэнергетических систем
	Владеет	методиками расчёта режимов работы электротехнических установок различного назначения на электроэнергетических объектах; навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета режимов работы электроэнергетических установок;
ПК-8 - готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	Знает	требования, предъявляемые к основным параметрам режимов электроэнергетической системы; режимы работы оборудования объектов электроэнергетики и электротехники;
	Умеет	определить и обеспечить эффективные режимы технологического процесса по заданной методике; оценить результаты расчёта режима работы электроэнергетических объектов согласно требованию качественного электроснабжения

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 6 из 116

		потребителей; оптимизировать влияние параметров электротехнического оборудования на режимы электроэнергетической системы;
	Владеет	методикой регулирования основных параметров режима работы электротехнического оборудования промышленного предприятия; навыками обеспечения эффективных режимов технологического процесса на промышленном предприятии по заданной методике;

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» применяются следующие методы активного обучения: лекция с разбором конкретных ситуаций; лекция-дискуссия, лекция-беседа, групповая консультация.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 7 из 116

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА(18/6)

Тема 1. Общая характеристика систем электроснабжения. Потребление электроэнергии (2/1 часа).

Цели и задачи курса. Общая характеристика систем электроснабжения. Основные требования, предъявляемые к системам электроснабжения. Основные принципы проектирования систем электроснабжения. Основные определения; уровни электроснабжения, их характеристика. Приемники электрической энергии. Режимы работы электроприемников – длительный, кратковременный, повторно-кратковременный. Потребители электрической энергии промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства.

Тема 2. Методы расчета электрических нагрузок (2/1 часа).

Цель расчета электрических нагрузок; средняя нагрузка и расход электроэнергии, расчетная мощность. Основные и вспомогательные методы расчета нагрузок. Сущность комплексного метода расчета. Определение электрической нагрузки; параметры электроустановок; графики нагрузок; показатели графиков нагрузок. Электрические нагрузки промышленных предприятий. Электрические нагрузки жилых и общественных зданий и сооружений. Электрические нагрузки электрифицированного транспорта.

Тема 3. Номинальные напряжения электроустановок. Надежность электроснабжения (2/1 часа).

Состояние и задачи по оптимизации ступеней напряжения. Тенденции развития уровней напряжения. Выбор рационального напряжения. Категории электропотребителей по надежности; требования к надежности; показатели надежности; приведенные затраты; ущерб от перерыва электроснабжения; источники бесперебойного питания, их схемы и характеристики. Построение схем электроснабжения, обеспечивающих различные уровни надежности электроснабжения.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 8 из 116

Тема 4. Схемы электроснабжения объектов (2/1 часа), с использованием метода активного обучения «лекция с разбором конкретных ситуаций».

Принципы построения СЭС напряжением выше 1000 В. Обоснование структуры СЭС. Комплексные решения при проектировании СЭС. Общая оптимизация промышленных СЭС. Специфика СЭС жилых районов. Постановка задачи проектирования. Основные положения. Схемы и конструктивное исполнение ГПП. Выбор количества и мощности силовых трансформаторов; нагрузочная способность трансформаторов; виды распределительных устройств высшего и низшего напряжения, их схемы и область применения; выбор месторасположения ГПП; выбор рационального напряжения. Основы построения промышленных электрических сетей. Учет ограничений при прокладке трасс сетей. Задача построения сети рациональной конфигурации. Принципы построения сети. Расположение и число точек питания в сети. Схемы внутризаводского электроснабжения. Трансформаторы цеховых ТП и схемы их питания; особенности выбора цеховых трансформаторов; компоновка цеховых ТП; электропечей. Основы теории цеховых сетей. Построение СЭС напряжением до 1000 В. Принципы построения цеховой сети. Конструктивное исполнение цеховых сетей. Радиальные сети. Магистральные схемы. Кольцевые схемы. Петлевые схемы. Экономическое число распределительных шкафов.

Тема 5. Расчет режимов схем электроснабжения (2/1 часа).

Нормальный, аварийный и послеаварийный режимы работ. Расчеты режимов. Расчет параметров схемы электроснабжения в различных режимах. Режимы нейтрали сетей электроснабжения. Режимы нейтрали в сетях выше 1 кВ и до 1 кВ, особенности и условия выбора; заземление и зануление; рабочие и защитные нулевые проводники; нормативные сопротивления заземляющих устройств. Потери мощности и электроэнергии в системах

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 9 из 116

электроснабжения. Потери мощности и электроэнергии в линиях трансформаторах, реакторах; время максимальных потерь; пути снижения потерь электроэнергии.

Тема 6. Компенсация реактивной мощности (2/1 часа).

Понятие реактивной мощности; причины необходимости компенсации реактивной мощности. Классификация устройства компенсации; их достоинства и недостатки. Методика выбора числа и мощности КУ, параметров КУ. Централизованное, децентрализованное и местное размещение КУ. Схемы подключения КУ. Особенности применения КУ в сетях с резкопеременной нагрузкой, при наличии высших гармоник. Защита КУ. Условия эксплуатации КУ.

Тема 7. Выбор параметров основных элементов схем электроснабжения (2/0 часа).

Учет технических ограничений при выборе параметров элементов систем электроснабжения. Выбор сечений проводов и кабелей. Выбор коммутационных аппаратов. Особенности расчета токов КЗ в установках напряжением до 1000 В.

Тема 8. Расчеты показателей качества электроэнергии (2/0 часа), с использованием метода активного обучения «лекция-дискуссия».

Характеристика показателей качества электроэнергии. Основные, дополнительные и вспомогательные показатели качества; влияние отклонения и колебания частоты и напряжения на работу электроприемников; нормирование ПКЭ. Оценка ущерба от несоответствия качества электроэнергии нормам ГОСТ. Способы улучшения ПКЭ.

Тема 9. Экономия электроэнергии в системах электроснабжения (2/0 часа), с использованием метода активного обучения «лекция-беседа».

Учет и контроль расхода электроэнергии. Цели и виды учета электроэнергии; средства учета контроля электропотребления. Основные

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 10 из 116

мероприятия по экономии электроэнергии на промышленных предприятиях. Регулирование графиков электрических нагрузок. Электробалансы промышленных предприятий.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИСЦИПЛИНЫ (62/16 ЧАСА) (7 семестр, 18 часов)

Занятие 1. Методы расчета электрических нагрузок для различных объектов (6/2 часа), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (2 часа).

1. Способы определения расчётных электрических нагрузок для различных уровней систем электроснабжения.

2. Учёт особенностей электроприёмников при определении расчётных электрических нагрузок.

Занятие 2. Выбор рационального напряжения на различных ступенях систем электроснабжения (4/2 часа), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (2 часа).

1. Нормирование и расчёт рационального напряжения на различных уровнях систем электроснабжения.

2. Учёт капитальных затрат и эксплуатационных издержек.

Занятие 3. Надёжность электроснабжения (2/2 часов).

1. Нормирование и расчёт степени надёжности систем электроснабжения.

2. Технические и организационные мероприятия обеспечения уровня надёжности.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 11 из 116

Занятие 4. Схемы электроснабжения объектов (6/2 часов), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (2 часа).

1. Выбор схем электроснабжения с учётом нормальных и аварийных режимов работы.

2. Критерии надёжности при выборе и построении схем электроснабжения.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (8 семестр, 44 часа).

Занятие 5. Расчет параметров установившегося режима. Определение уровня технологических потерь электрической энергии (8/4 часов), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (3 часа).

1. Определение основных параметров систем электроснабжения в установившемся режиме.

2. Определение и нормирование уровня технологических потерь электроэнергии в системах электроснабжения.

Занятие 6. Выбор числа и мощности компенсирующих устройств в электрических сетях промышленных предприятий (8/2 часов), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (3 часа).

1. Выбор мощности и мест установки устройств компенсации реактивной мощности с учётом особенностей технологических процессов промышленных предприятий.

2. Составление баланса реактивной мощности.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 12 из 116

Занятие 7. Определение токов коротких замыканий в сетях промышленных предприятий (6/4 часа), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (2 часа).

1. Расчёт параметров схемы замещения в сетях промышленных предприятий.
2. Определение токов КЗ с учётом особенностей технологических процессов.

Занятие 8. Выбор параметров для заданной схемы электроснабжения объекта. Выбор сечений проводов и кабелей, параметры коммутирующих аппаратов (6/4 часов), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (2 часа).

1. Выбор и проверка коммутационных и измерительных аппаратов и проводников линий электропередач.
2. Выбор сечений проводников кабельных и воздушных линий в сетях до и свыше 1 кВ.

Занятие 9. Расчет показателей качества электроэнергии (6/2 часа), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (2 часа).

1. Нормирование и расчёт параметров качества электроэнергии.
2. Влияние качества электроэнергии на работу электроприёмников.

Занятие 10. Экономия электроэнергии на промышленном предприятии (6/2 часов), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (2 часа).

1. Энергосберегающие мероприятия.
2. Разработка и обоснование программы энергосбережения.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 13 из 116

3. Расчёт экономической эффективности энергосберегающих мероприятий.

Занятие 11. Ущерб от недоотпуска электроэнергии (4/2 часа), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (2 часа).

1. Определение ущерба от недоотпуска электроэнергии промышленных предприятий.
2. Влияние качества электроэнергии на технологические процессы.

Лабораторные работы (7 семестр 18 часов)

Занятие 1. Учёт влияния технологического оборудования на режимы электроэнергетических сетей (4/ часа).

1. Влияние активной, индуктивной, емкостной, выпрямительной, осветительной и двигательной нагрузки на основные режимные параметры. Исследование характеристик электрических нагрузок различного типа.
2. Способы компенсации воздействия технологического оборудования на режимные параметры электроэнергетических систем.

Занятие 2. Факторы, влияющие на потери электрической энергии в распределительных сетях, (5/ часа), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (2 часа).

1. Исследование факторов, влияющих на потери электрической энергии в распределительных сетях.
2. Технические аспекты уменьшения технологических потерь электроэнергии.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 14 из 116

Занятие 3. Параметры качества электроэнергии, (5/ часа), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (2 часа).

1. Экспериментальное определение основных показателей качества электроэнергии.

2. Изучение способов регулирования напряжения путем продольной или поперечной емкостной компенсации, регулирования напряжения и перетоков реактивной мощности.

Занятие 4. Энергосбережение и повышение эффективности функционирования распределительных сетей промышленных предприятий, (4/ часа), с использованием метода активного обучения «групповая консультация» (2 часа).

1. Энергосберегающие мероприятия в сетях промышленных предприятий. Оценка их экономической эффективности.

2. Влияние качества электроэнергии на технологические процессы.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 15 из 116

- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Контрольные и методические материалы, а также критерии и показатели необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Постановка задач проектирования систем электроснабжения Общие требования.	<p>ПК-6</p> <p>Знает - особенности конструкций распределительных устройств разных типов; назначение, принцип действия, способы преобразования энергии, основные электрические и механические параметры электроэнергетического и электротехнического оборудования;</p> <p>ПК-7</p> <p>Знает - основные режимы работы оборудования объектов электроэнергетики, методы их расчета, характеристические параметры; Умеет - оценивать параметры</p>	<p>3-9 недели – бриф-опрос на лекции (УО), 10 неделя – реферат (ПР-4); 12 неделя – тестирование (ПР-1); 3, 6, 9, 12 недели – защита лабораторных работ (ПР-6)</p>	<p>Экзамен. Вопросы 1-15 перечня типовых экзаменационных вопросов. (Приложение 2).</p>

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 16 из 116

			режимов работы электрооборудования электроэнергетических объектов;		
		ПК-8	Знает - требования, предъявляемые к основным параметрам режимов электроэнергетической системы;		
2	Особенности построения систем электроснабжения промышленных предприятий	ПК-6	Знает - принципы работы электроэнергетических установок, их характеристики; обозначения электрооборудования на схемах электроэнергетических объектов; Умеет - компоновать и рассчитывать главные электрические схемы электростанций и подстанций; Владеет - способами определения состава оборудования и его параметров;	1-9 недели – блиц-опрос на лекции (УО), 12 неделя – тестирование (ПР-1); 16 неделя – защита КЭП (ПР-5)	Экзамен. Вопросы 15-30 перечня типовых экзаменационных вопросов. (Приложение 2).
		ПК-7	Знает - требования, предъявляемые к схемам электроснабжения электроэнергетических объектов; Умеет - рассчитывать режимы работы электротехнического оборудования электроэнергетических		

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 17 из 116

			кого объекта; Владеет - методиками расчёта режимов работы электротехнических установок различного назначения на электроэнергетических объектах;		
		ПК-8	Знает - режимы работы оборудования объектов электроэнергетики и электротехники; Умеет - определить и обеспечить эффективные режимы технологического процесса по заданной методике; Владеет - методикой регулирования основных параметров режима работы электротехнического оборудования промышленного предприятия;		
3	Экономические аспекты проектирования систем электроснабжения	ПК-6	Умеет - выбирать электротехническое оборудование на электроэнергетических объектах; Владеет - методиками выбора и проверки электротехнического оборудования на электроэнергетических объектах;	1-9 недели – блиц-опрос на лекции (УО), 12 неделя – тестирование (ПР-1); 16 неделя – защита КИ (ПР-5)	Экзамен. Вопросы 30-45 перечня типовых экзаменационных вопросов. (Приложение 2).
		ПК-7	Умеет - осуществлять выбор		

			<p>электрооборудования в соответствии с режимными параметрами электроэнергетических систем</p> <p>Владеет - навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета режимов работы электроэнергетических установок;</p>		
		ПК-8	<p>Умеет - оценить результаты расчёта режима работы электроэнергетических объектов согласно требованию качественного электроснабжения потребителей; оптимизировать влияние параметров электротехнического оборудования на режимы электроэнергетической системы;</p> <p>Владеет - навыками обеспечения эффективных режимов технологического процесса на промышленном предприятии по заданной методике;</p>		

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 19 из 116

Типовые контрольные и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Системы электроснабжения: учебно-методический комплекс/ Д. Г. Туркин, С. А. Щанникова, Г. П. Лю. – Владивосток.: Изд-во Дальневосточного технического университета, 2008.- Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:385016&theme=FEFU>

2. Элементы энергосбережения в электроснабжении промышленных предприятий : учебное пособие / Г. Н. Климова, А. В. Кабышев – Томск.: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.- Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:662875&theme=FEFU>

3. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учебное пособие для вузов. .- М.: КноРус, 2013.- Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:698360&theme=FEFU>

4. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов. Ч. 1. Расчет электрических нагрузок, нагрев проводников и электрооборудования: учебное пособие. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/264/75264>

Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 20 из 116
----------------------------------	--	--	----------------

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 21 из 116

Дополнительная литература

(электронные и печатные издания)

1. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций. / Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=19573858>

2. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: - М., Энергоатомиздат, 1984. - 472 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:382256&theme=FEFU>

3. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М., Энергоатомиздат, 1983. - 208 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:711537&theme=FEFU>

4. Тульчин И.К., Нудлер Г.И. Электрические сети жилых и общественных зданий.- М.: Энергоатомиздат, 1990. - 479 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:412764&theme=FEFU>

5. Веников В.А. Электрические системы. Электрические сети. Учебник для энергетических спец. вузов. / В.А. Веников, А.А.Глазунов, Л.А. Жуков: Под ред. В.А. Веникова, В.А. Строева . – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Высшая школа, 1998. - 511 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:379569&theme=FEFU>

6. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. /Под ред. Федорова А.А., В 2-х томах -М.: Энергоатомиздат, 1980,1981. - 576 с, 624 с. - Режим доступа:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:676642&theme=FEFU>

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:665606&theme=FEFU>

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 22 из 116

7. Справочник по проектированию электроснабжения./Под ред. Барыбина А.А., В 2-х томах -М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:411284&theme=FEFU>

8. Проектирование электропередач, сетей и систем: методические указания к курсовому проектированию / сост. А.Л. Плиско. - Ульяновск: УлГТУ, 2011. - 23 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/222/77222>

9. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие. - Томск : Изд-во ТПУ, 2006. – 248 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/266/75266>

10. Егорова Н.Ю. Расчёт аварийных режимов в системе электроснабжения промышленного предприятия: Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов специальности 14021165 «Электроснабжение».- Ульяновск: УлГТУ, 2009.- 39 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/170/65170>

11. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов. Ч.2. Расчёт токов короткого замыкания в электроустановках до 1000 В: учебное пособие.- Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.- 168 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/265/75265>

12. Климова Г.Н., Кабышев А.В. Элементы энергосбережения в электроснабжении промышленных предприятий: учебное пособие / Г.Н. Климова, А.В. Кабышев; Томский политехнический университет.- Томск: Изд-во ТПУ, 2008. - 187 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/259/75259>

13. Правила устройства электроустановок : все действующие разделы. – Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2011, - 464с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:694239&theme=FEFU>

Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 23 из 116
----------------------------------	--	--	----------------

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 24 из 116

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральный центр цифровых образовательных ресурсов <http://fcior.edu.ru/>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office (Visio, Excel, PowerPoint, Word и т. д); программное обеспечение для выполнения математических расчётов Mathcad; программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

При осуществлении образовательного процесса используются следующие информационно справочные системы: ЭБС ДВФУ, профессиональная поисковая система JSTOR, электронная библиотека диссертаций РГБ, Научная электронная библиотека eLIBRARY, электронно-библиотечная система издательства «Лань», электронная библиотека "Консультант студента", электронно-библиотечная система IPRbooks, информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам".

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На изучение дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» отводится 98/42 часа аудиторных занятий и 82/138 часа самостоятельной работы.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 25 из 116

Современные образовательные технологии предусматривают взаимосвязанную деятельность преподавателя и учащихся. При изучении данной дисциплины используются традиционные и интерактивные образовательные технологии:

Лекции (рассмотрение теоретического материала) с использованием мультимедийных технологий (презентации), диалог с аудиторией, устные блиц-опросы в начале лекции ориентированы на обобщение и определение взаимосвязи лекционного материала. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

После прослушивания лекций рекомендуется самостоятельно ответить на вопросы и сверить свои ответы с лекционным материалом. При необходимости дополнительно прочесть лекции, воспользовавшись материалом лекций, представленных учебно-методическом комплексе по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий» <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:385016&theme=FEFU>.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 26 из 116

Практические занятия проводятся на основе совмещения индивидуального и коллективного обучения: индивидуальные расчетные задания позволяют более полно изучить методические подходы к электроэнергетическим расчётам, а последующий коллективный анализ результатов, поиск путей технических решений развивает навыки работы в коллективе, умение доказательно обосновывать свою речь, развивает коммуникативные и творческие навыки.

Перед практическим занятием студент должен изучить теоретический материал по лекционным занятиям, а также по рекомендуемой литературе. При выполнении практических заданий необходимо следовать методическим рекомендациям преподавателя.

Лабораторный практикум проводится на специализированных стендах и призван дать студентам практические навыки по оценке специфики функционирования электропитающих систем промышленных предприятий. Лабораторный практикум базируется на теоретических знаниях, полученных студентами на лекционных занятиях, а также расчётно-практических навыков, полученных на практических занятиях.

Перед лабораторным занятием студент должен проработать теоретический материал по теме работы, продумать и расписать ход выполнения работы, подготовить протокол выполнения работы с указанием в нём исходных расчётных данных, таблиц для внесения замеров, формул и зависимостей для промежуточных вычислений.

Результатом лабораторной работы является отчёт, который демонстрируется преподавателю на последующих занятиях. Студент должен уметь отвечать на вопросы преподавателя, поясняя выполнение работы и результаты, отражённые в отчёте.

Самостоятельная работа в виде индивидуальных заданий направлена на закрепление материала, изученного в ходе лекций, практических и

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 27 из 116

лабораторных занятий. Основной формой самостоятельной работы студента является изучение теоретического материала, его дополнение рекомендованной литературой, выполнение индивидуальных заданий, а также активная работа на лабораторных занятиях. Изучение отдельных разделов лекционного курса и практических занятий может дополняться индивидуальным раздаточным материалом или может быть включено в самостоятельную работу по соответствующим учебным пособиям, что позволит расширить объем усвояемого материала в условиях фиксированного фонда времени.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные и практические занятия по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий» проходят в аудиториях, оборудованных компьютерами типа Lenovo C360G-i34164G500UDK с лицензионными программами MicrosoftOffice 2010 и аудио-визуальными средствами проектор Panasonic DLPProjectorPT-D2110XE, плазма LG FLATRON M4716CCBAM4716CJ. Для выполнения самостоятельной работы студенты в жилых корпусах ДВФУ обеспечены Wi-Fi. Лабораторный практикум проводится на стендах «Типовой комплект учебного оборудования "Модель электрической системы с узлом комплексной нагрузки" /стендовый, компьютерный/ МЭС-КН-СК».



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий»
Направление подготовки - 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
профиль «Электроснабжение»
Форма подготовки (очная/ заочная)

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 29 из 116

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

7 семестр

№ п/п, тема работы	Дата/сроки выполнения	Вид СРС	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1. Определение расчётных электрических нагрузок для различных уровней систем электроснабжения с учётом специфики электроприёмников.	14.09.20- 28.09.20	Индивидуальное задание	2 недели	УО
2. Техничко-экономическое обоснование выбора рационального напряжения.	28.09.20- 05.10.20	Индивидуальное задание	1 неделя	УО
3. Оценка и обеспечение степени надёжности систем электроснабжения.	05.10.20- 12.10.20	Индивидуальное задание	1 неделя	УО
4. Построение схем электроснабжения с учётом нормальных и аварийных режимов работы	12.10.20- 26.10.20	Индивидуальное задание	2 недели	УО

8 семестр

№ п/п, тема работы	Дата/сроки выполнения	Вид СРС	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1. Определение уровня технологических потерь электрической энергии	08.02.21- 22.02.21	Индивидуальное задание	2 недели	УО
2. Компенсация реактивной мощности в сетях промышленных предприятий	22.02.21- 07.03.21	Индивидуальное задание	2 недели	УО

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 30 из 116

3. Выбор и проверка проводников и аппаратов сетей промышленных предприятий	07.03.21- 28.03.21	Индивидуальное задание	3 недели	УО
4. Оценка влияния качества электроэнергии на работу электроприёмников	28.03.21- 04.04.21	Индивидуальное задание	2 недели	УО
5. Энергосбережение в сетях промышленных предприятий	04.04.21- 18.04.21	Индивидуальное задание	2 недели	УО
6. Оценка ущерба от недоотпуска электроэнергии	18.04.21- 25.04.21	Индивидуальное задание	1 неделя	УО
7. Выполнение, оформление и защита КП	22.04.21- 27.05.21	Курсовой проект	5 недель	ПР-5

Календарный план выполнения курсового проекта

Наименование этапа курсовой работы	Срок выполнения этапа	Примечание
Получение задания и исходных данных	1 неделя	Здесь и далее с начала семестра
Анализ, уточнение и сбор исходных материалов для проектирования.	2 неделя	
Расчет электрических нагрузок проектируемого объекта	3-4 неделя	
Выбор и расчет схемы внешнего электроснабжения .	5-6 неделя	
Выбор и расчет схемы внутривозовского электроснабжения	7-8 неделя	
Выполнение генплана объекта с планом высоковольтных сетей	10 неделя	
Конструктивное исполнение схемы электроснабжения объекта.	10-11 неделя	
Расчет токов короткого замыкания.	12 неделя	
Параметрический анализ схемы электроснабжения.	13 неделя.	
Выполнение принципиальной электрической схемы электроснабжения объекта	14-15 неделя	

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 31 из 116

Наименование этапа курсовой работы	Срок выполнения этапа	Примечание
Оформление пояснительной записки	16 неделя	
Защита курсовой работы.	17 неделя	

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Материалы для самостоятельной работы студентов подготовлены в виде индивидуальных заданий по каждому разделу РПУД. Полный комплект индивидуальных хранится на кафедре Электроэнергетики и электротехники. Для расчётов и оформления РГР используются программы: MS Word, Excel, Visio.

Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению

Тема курсового проекта: Электроснабжение объекта промышленного или гражданского строительства.

Задание на проектирование: выдается преподавателем индивидуально

Цель работы: Принятие основных решений по электроснабжению объекта промышленного или гражданского строительства.

Приобретение практического навыка проектирования электроснабжения объекта промышленного или гражданского строительства

Состав курсового проекта:

1. Пояснительная записка.
2. Графическая часть проекта:
 - 2.1 Генплан объекта с планом высоковольтных распределительных сетей.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 32 из 116

2.2 Принципиальная схема электроснабжения промышленного предприятия.

Содержание проекта:

3. Исходные данные для проектирования.
 - 3.1. Характеристика местоположения объекта
 - 3.2. Характеристика источника питания.
 - 3.3. Характеристика проектируемого объекта.
 - 3.4. Характеристика высоковольтных потребителей проектируемого объекта.
4. Расчет электрических нагрузок проектируемого объекта
 - 4.1. Расчет силовых электрических нагрузок.
 - 4.2. Расчет осветительных нагрузок
 - 4.3. Расчет нагрузок наружного освещения
 - 4.3.1. Расчет освещения дорог
 - 4.3.2. Расчет охранного освещения
 - 4.3.3. Расчет освещения открытых пространств
 - 4.4. Расчет нагрузок по объекту в целом
 - 4.5. Картограмма электрических нагрузок.
5. Выбор и расчет схемы внешнего электроснабжения
 - 5.1. Выбор числа и мощности трансформаторов на ГПП
 - 5.2. Выбор рационального напряжения питающих сетей на базе ТЭР.
 - 5.3. Выбор и расчет схемы внешнего электроснабжения.
6. Выбор и расчет схемы внутриводского электроснабжения
 - 6.1. Выбор и обоснование схемы внутриводского электроснабжения.
 - 6.2. Выбор числа и мощности цеховых ТП с учетом компенсации реактивной мощности
 - 6.3. Баланс реактивных мощностей.
 - 6.4. Определение местоположения и типов компенсирующих устройств.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 33 из 116

6.5. Расчет высоковольтных распределительных сетей.

7. Конструктивное исполнение схемы электроснабжения объекта.

7.1. Конструктивное исполнение ГПП, РУ

7.2. Конструктивное исполнение высоковольтных распределительных сетей.

7.3. Конструктивное исполнение ТП

8. Расчет токов короткого замыкания.

9. Параметрический анализ схемы электроснабжения.

10. Учет электроэнергии.

Заключение.

Варианты заданий на курсовой проект

1. Электроснабжение завода дорожно-строительных машин

2. Электроснабжение машиностроительного завода

3. Электроснабжение ремонтно-механического завода

4. Электроснабжение завода нефтепромыслового оборудования

5. Электроснабжение предприятия машиностроения

6. Электроснабжение тракторостроительного завода

7. Электроснабжение завода тяжелого машиностроения

8. Электроснабжение станкостроительного завода

9. Электроснабжение авиазавода

10. Электроснабжение трансформаторостроительного завода

11. Электроснабжение предприятия металлообрабатывающей промышленности

12. Электроснабжение предприятия авиатранспортного оборудования

13. Электроснабжение машиностроительного предприятия

14. Электроснабжение абразивного завода

15. Электроснабжение автозавода

16. Электроснабжение завода среднего машиностроения

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 34 из 116

17. Электроснабжение завода сельхозмашиностроения
18. Электроснабжение предприятия по производству
деревообрабатывающего оборудования
19. Электроснабжение завода цветной металлургии
20. Электроснабжение судоремонтного завода
21. Электроснабжение электроаппаратного завода
22. Электроснабжение завода металлообработки
23. Электроснабжение завода маслоочистительных машин
24. Электроснабжение механического завода
25. Электроснабжение обогатительной фабрики металлургического
завода
26. Электроснабжение завода строительных конструкций
27. Электроснабжение завода станков мелких серий
28. Электроснабжение предприятия транспортного машиностроения
29. Электроснабжение завода легковых автомобилей
30. Электроснабжение завода агропромышленного оборудования
31. Электроснабжение завода по ремонту электрооборудования
32. Электроснабжение завода нефтегазового оборудования
33. Электроснабжение завода электротехнического оборудования
34. Электроснабжение завода литейного оборудования
35. Электроснабжение завода оборудования лёгкой промышленности
36. Электроснабжение завода строительного оборудования
37. Электроснабжение завода полиграфического оборудования
38. Электроснабжение завода оборудования пищевой промышленности
39. Электроснабжение завода горнорудного оборудования
40. Электроснабжение завода рыбоперерабатывающего оборудования
41. Электроснабжение механосборочного предприятия
42. Электроснабжение завода двигательного оборудования

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 35 из 116

43. Электроснабжение литейного предприятия
44. Электроснабжение завода кузнечно-прессового оборудования
45. Электроснабжение предприятия металлорежущих станков
46. Электроснабжение завода хлебо-булочных изделий
47. Электроснабжение пищевого комбината
48. Электроснабжение молокозавода
49. Электроснабжение завода рыбопереработки
50. Электроснабжение предприятия лёгкой промышленности

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

✓ 10-9 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все пункты расчётно-графического задания. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 8-7 - баллов – работа выполнена полностью; допущено не более 1 ошибки при выборе и проверке оборудования или одна-две ошибки в оформлении работы. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 7-6 балл – работа выполнена полностью. Допущено не более 2 ошибок в расчётах РГР или оформлении работы. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 6-5 баллов - Работа выполнена. Допущено три или более трех ошибок в расчётах, в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.

Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 36 из 116
----------------------------------	--	--	----------------

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 37 из 116

Приложение 2



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий»
Направление подготовки – 13.03.02 «Электроэнергетика и
электротехника»
профиль «Электроснабжение»
Форма подготовки (очная/ заочная)

Владивосток
2017

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 38 из 116

Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-6 - готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	Знает	особенности конструкций распределительных устройств разных типов; назначение, принцип действия, способы преобразования энергии, основные электрические и механические параметры электроэнергетического и электротехнического оборудования; принципы работы электроэнергетических установок, их характеристики; обозначения электрооборудования на схемах электроэнергетических объектов;
	Умеет	компоновать и рассчитывать главные электрические схемы электростанций и подстанций; выбирать электротехническое оборудование на электроэнергетических объектах;
	Владеет	способами определения состава оборудования и его параметров; методиками выбора и проверки электротехнического оборудования на электроэнергетических объектах;
ПК-7 - способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	Знает	требования, предъявляемые к схемам электроснабжения электроэнергетических объектов; основные режимы работы оборудования объектов электроэнергетики, методы их расчета, характеристические параметры;
	Умеет	рассчитывать режимы работы электротехнического оборудования электроэнергетического объекта; оценивать параметры режимов работы электрооборудования электроэнергетических объектов; осуществлять выбор электрооборудования в соответствии с режимными параметрами электроэнергетических систем
	Владеет	методиками расчёта режимов работы электротехнических установок различного назначения на электроэнергетических объектах; навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета режимов работы электроэнергетических установок;
ПК-8 - готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	Знает	требования, предъявляемые к основным параметрам режимов электроэнергетической системы; режимы работы оборудования объектов электроэнергетики и электротехники;
	Умеет	определить и обеспечить эффективные режимы технологического процесса по заданной методике; оценить результаты расчёта режима работы

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 39 из 116

		электроэнергетических объектов согласно требованию качественного электроснабжения потребителей; оптимизировать влияние параметров электротехнического оборудования на режимы электроэнергетической системы;
	Владеет	методикой регулирования основных параметров режима работы электротехнического оборудования промышленного предприятия; навыками обеспечения эффективных режимов технологического процесса на промышленном предприятии по заданной методике;

Перечень используемых оценочных средств

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Постановка задач проектирования систем электроснабжения Общие требования.	<p>ПК-6 Знает - особенности конструкций распределительных устройств разных типов; назначение, принцип действия, способы преобразования энергии, основные электрические и механические параметры электроэнергетического и электротехнического оборудования;</p> <p>ПК-7 Знает - основные режимы работы оборудования объектов электроэнергетики, методы их расчета, характеристические параметры; Умеет - оценивать параметры режимов работы</p>	<p>3-9 недели – бриц-опрос на лекции (УО), 10 неделя – реферат (ПР-4); 12 неделя – тестирование (ПР-1); 3, 6, 9, 12 недели – защита лабораторных работ (ПР-6)</p>	<p>Экзамен. Вопросы 1-15 перечня типовых экзаменационных вопросов. (Приложение 2).</p>

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 40 из 116

			электрооборудования электроэнергетических объектов;		
		ПК-8	Знает - требования, предъявляемые к основным параметрам режимов электроэнергетической системы;		
2	Особенности построения систем электроснабжения промышленных предприятий	ПК-6	Знает - принципы работы электроэнергетических установок, их характеристики; обозначения электрооборудования на схемах электроэнергетических объектов; Умеет - компоновать и рассчитывать главные электрические схемы электростанций и подстанций; Владеет - способами определения состава оборудования и его параметров;	1-9 недели – блиц-опрос на лекции (УО), 12 неделя – тестирование (ПР-1); 16 неделя – защита КЭП (ПР-5)	Экзамен. Вопросы 15-30 перечня типовых экзаменационных вопросов. (Приложение 2).
		ПК-7	Знает - требования, предъявляемые к схемам электроснабжения электроэнергетических объектов; Умеет - рассчитывать режимы работы электротехнического оборудования электроэнергетического объекта;		

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 41 из 116

			<p>Владеет - методиками расчёта режимов работы электротехнических установок различного назначения на электроэнергетических объектах;</p>		
		ПК-8	<p>Знает - режимы работы оборудования объектов электроэнергетики и электротехники; Умеет - определить и обеспечить эффективные режимы технологического процесса по заданной методике; Владеет - методикой регулирования основных параметров режима работы электротехнического оборудования промышленного предприятия;</p>		
3	Экономические аспекты проектирования систем электроснабжения	ПК-6	<p>Умеет - выбирать электротехническое оборудование на электроэнергетических объектах; Владеет - методиками выбора и проверки электротехнического оборудования на электроэнергетических объектах;</p>	1-9 недели – блиц-опрос на лекции (УО), 12 неделя – тестирование (ПР-1); 16 неделя – защита (ПР-5)	Экзамен. Вопросы 30-45 перечня типовых экзаменационных вопросов. (Приложение 2).
		ПК-7	<p>Умеет - осуществлять выбор электрооборудован</p>		

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 42 из 116

			ия в соответствии с режимными параметрами электроэнергетических систем Владеет - навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета режимов работы электроэнергетических установок;		
--	--	--	--	--	--

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-6 готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	знает (пороговый уровень)	особенности конструкций распределительных устройств разных типов; назначение, принцип действия, способы преобразования энергии, основные электрические и механические параметры электроэнергетического и электротехнического оборудования; принципы работы электроэнергетических установок, их характеристики; обозначения электрооборудования на схемах электроэнергетических	Знать виды электрических аппаратов и машин, их характеристики. Знать правила технической эксплуатации электрооборудования, его конструкции и характеристики.	Способность осуществлять выбор параметров электрооборудования для заданных режимов и условий эксплуатации

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 43 из 116

		объектов;		
	умеет (продвину тый)	компоновать и рассчитывать главные электрические схемы электростанций и подстанций; выбирать электротехническое оборудование на электроэнергетических объектах;	Уметь определять параметры и характеристики электрооборудован ия для сетей различного назначения	Способность самостоятельно проводить расчеты по определению параметров и характеристик электротехническ ого оборудования для заданных режимов и условий эксплуатации
	владеет (высокий)	способами определения состава оборудования и его параметров; методиками выбора и проверки электротехнического оборудования на электроэнергетических объектах;	Владеть методиками расчёта параметров электрооборудован ия и выбора типового оборудования по расчётным параметрам	Способность применять методики расчёта параметров электрооборудова ния для различных режимов и условий эксплуатации
ПК-7 способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональн ой деятельности	знает (порогов ый уровень)	требования, предъявляемые к схемам электроснабжения электроэнергетических объектов; основные режимы работы оборудования объектов электроэнергетики, методы их расчета, характеристические параметры;	Знать конструктивные особенности, принцип действия и область применения электрооборудован ия. Методы расчёта и проектирования электроэнергетичес ких систем	Способность применять методы расчёта и проектирования электроэнергетиче ских систем для конкретных исходных условий.
	умеет (продвину тый)	рассчитывать режимы работы электротехнического оборудования электроэнергетического объекта; оценивать параметры режимов работы электрооборудования электроэнергетических объектов; осуществлять выбор электрооборудования в соответствии с	Уметь выполнять расчёты и испытания электроэнергетичес ких режимов, выполнять и читать электрические схемы и чертежи, проводить оценку экономической эффективности внедряемых проектных решений	Способность выполнять расчёты электроэнергетиче ских режимов, выполнять и читать электрические схемы и чертежи, проводить оценку экономической эффективности внедряемых

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 44 из 116

		режимными параметрами электроэнергетических систем		проектных решений
	владеет (высокий)	методиками расчёта режимов работы электротехнических установок различного назначения на электроэнергетических объектах; навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета режимов работы электроэнергетических установок;	Владеть методами расчёта электрических режимов, а также принципами выбора электрооборудования для сетей различного назначения	Способность осуществлять выбор электрооборудования для сетей различного назначения и для конкретных расчётных режимов
ПК-8 готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	знает (пороговый уровень)	требования, предъявляемые к основным параметрам режимов электроэнергетической системы; режимы работы оборудования объектов электроэнергетики и электротехники;	Знать требования основных нормативных документов по монтажу, наладке и эксплуатации электрооборудования	Способность применять нормы основных нормативных документов по монтажу, наладке и эксплуатации электрооборудования для обеспечения требуемого режима
	умеет (продвинутый)	определить и обеспечить эффективные режимы технологического процесса по заданной методике; оценить результаты расчёта режима работы электроэнергетических объектов согласно требованию качественного электроснабжения потребителей; оптимизировать влияние параметров электротехнического оборудования на режимы электроэнергетической системы;	Уметь оценивать техническое состояние электрооборудования в соответствии с требованиями нормативных документов	Способность производить оценку технического состояния электрооборудования
	владеет (высокий)	методикой регулирования основных параметров	Владеть навыками проведения	Способность проводить

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 45 из 116

		режима работы электротехнического оборудования промышленного предприятия; навыками обеспечения эффективных режимов технологического процесса на промышленном предприятии по заданной методике;	осмотров и профилактических испытаний электрооборудования	осмотры и профилактические испытания электрооборудования, проводить анализ полученной информации, планировать мероприятия по обеспечению требуемых режимов и заданных параметров технологического процесса
--	--	--	---	--

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий» проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, защиты практических работ и курсового проекта, тестирования) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 46 из 116

– уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

– результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в АРС. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, которые переводятся в пятибалльную систему оценки.

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ видом промежуточной аттестации по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий» предусмотрен зачёт и экзамен, которые проводятся в устной форме.

В экзаменационном билете один вопрос связан с выполнением расчёта в общем виде и оценивается в 4 балла. Два вопроса связаны с общими понятиями расчёта, нормирования и снижения потерь электроэнергии и оцениваются каждый в 3 балла.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Перечень типовых экзаменационных вопросов

1. Общая характеристика систем электроснабжения.
2. Основные требования, предъявляемые к системам электроснабжения.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 47 из 116

3. Основные принципы проектирования систем электроснабжения.
4. Приемники электрической энергии. Режимы работы электроприемников.
5. Потребители электрической энергии промышленных предприятий.
6. Потребители электрической энергии городов.
7. Потребители электрической энергии сельского хозяйства.
8. Методы расчета электрических нагрузок для потребителей промышленных предприятий.
9. Методы расчета электрических нагрузок для потребителей городов.
10. Средняя нагрузка и расход электроэнергии, расчетная мощность.
11. Основные и вспомогательные методы расчета нагрузок. Сущность комплексного метода расчета.
12. Графики нагрузок; показатели графиков нагрузок.
13. Номинальные напряжения электроустановок. Выбор рационального напряжения.
14. Категории электропотребителей по надежности; общие требования к надежности.
15. Виды ущербов от перерыва электроснабжения.
16. Источники бесперебойного питания, их схемы и характеристики.
17. Построение схем электроснабжения, обеспечивающих различные уровни надежности электроснабжения.
18. Принципы построения СЭС напряжением выше 1000 В. Обоснование структуры СЭС
19. Специфика СЭС жилых районов.
20. Схемы и конструктивное исполнение ГПП. Выбор месторасположения ГПП и выбор рационального напряжения.
21. Выбор количества и мощности силовых трансформаторов; нагрузочная способность трансформаторов.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 48 из 116

22. Выбор местоположения ГПП. Картограмма электрических нагрузок.
23. Виды распределительных устройств высшего и низшего напряжения, их схемы и область применения.
24. Классификация схем внутривозводского электроснабжения.
25. Трансформаторы цеховых ТП и схемы их питания; особенности выбора цеховых трансформаторов; компоновка цеховых ТП.
26. Схемы подключения высоковольтных потребителей. ДСП как специфический потребитель электрической энергии.
27. Принципы построения цеховой сети. Конструктивное исполнение цеховых сетей.
28. Классификация сетей напряжением до 1000 В. Радиальные сети. Магистральные схемы. Кольцевые схемы. Петлевые схемы. Экономическое число распределительных шкафов.
29. Нормальный, аварийный и послеаварийный режимы работ. Расчеты режимов. Расчет параметров схемы электроснабжения в различных режимах.
30. Режимы нейтрали сетей электроснабжения.
31. Потери мощности и электроэнергии в системах электроснабжения. Потери мощности и электроэнергии в линиях трансформаторах, реакторах, время максимальных потерь; пути снижения потерь электроэнергии.
32. Методы расчета условно-переменных потерь электроэнергии.
33. Условно-постоянные потери. Состав. Способы определения.
34. Понятие реактивной мощности; причины необходимости компенсации реактивной мощности. Классификация устройства компенсации; их достоинства и недостатки.
35. Методика выбора числа и мощности КУ, параметров КУ.
36. Схемы подключения КУ. Особенности применения КУ в сетях с резкопеременной нагрузкой, при наличии высших гармоник.
37. Выбор сечений проводов и кабелей в сетях напряжением выше 1 кВ

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 49 из 116

38. Выбор сечений проводов и кабелей в сетях напряжением до 1000 В.

39. Характеристика показателей качества электроэнергии. Основные, дополнительные и вспомогательные показатели качества; нормирование ПКЭ.

40. Влияние отклонения и колебания частоты и напряжения на работу электроприемников. Оценка ущерба от несоответствия качества электроэнергии нормам ГОСТ.

41. Способы улучшения ПКЭ.

42. Экономия электроэнергии в системах электроснабжения.

43. Учет и контроль расхода электроэнергии. Цели и виды учета электроэнергии; средства учета контроля электропотребления.

44. Основные мероприятия по экономии электроэнергии на промышленных предприятиях.

45. Электробалансы промышленных предприятий.

46. Условно-переменные потери. Классификация методов расчёта. Способ определения.

Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий»:

Баллы (рейтингов ой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
-----------------------------------	--	--

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 50 из 116

От 86% до 100%	<i>«зачтено»/ «отлично»</i>	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материалы монографической и нормативной литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
От 76% до 85%	<i>«зачтено»/ «хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
От 61% до 75%	<i>«зачтено»/ «удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
Менее 61%	<i>«не зачтено»/ «неудовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Задания на курсовой проект

Рассчитать и построить систему электроснабжения промышленного предприятия. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых ТП выполнить с учетом компенсации реактивной мощности.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 51 из 116

1.1 Исходные данные

Исходными данными для проектирования системы электроснабжения завода является:

- генеральный план предприятия;
- установленная мощность по цехам таблица 1.1.;
- характеристика технологического процесса;
- характеристика режима работы проектируемого объекта;
- характеристика высоковольтных потребителей.

Таблица 1.1- Наименование цехов и их установленные мощности

Наименование цехов	L, м	B, м	H, м	P _н , кВт	K _с	cosφ
1 Склад металла	156	42	6	230	0,4	0,6
2 Механический цех	174	96	8,4	1700	0,3	0,65
3 Кузнечно-прессовый цех: 0,4 кВ	270	96	9,6	1200	0,45	0,7
2 ИП, нагрузка 10 кВ				1800	0,8	0,7
4 Штамповочно-прессовый цех	174	90	9,6	3500	0,45	0,7
5 Литейный цех: 0,4 кВ	270	90	10,2	1400	0,45	0,7
2 ДСП, нагрузка 10 кВ				6000	0,8	0,84
6 Пожарное депо	48	30	6	50	0,75	0,65
7 Гараж	48	30	6	120	0,35	0,65
8 Насосная пром. стоков: 0,4 кВ	48	24	6	180	0,75	0,85
2 АД, нагрузка 10 кВ				1500	0,75	0,85
9 Кузнечный и цех отжига	174	90	9,6	2620	0,5	0,75
10 Компрессорная: 0,4 кВ	30	18	6	320	0,75	0,8
4 СД, нагрузка 10 кВ				2800	0,75	0,8
11 Газогенераторная	30	24	6	500	0,75	0,8
12 Котельная	66	48	9,6	360	0,7	0,8
13 Насосная для котельной	48	24	6	250	0,75	0,8
14 Окрасочный цех	90	30	9,6	480	0,7	0,8
15 Склад масел и химикатов	72	36	6	185	0,53	0,6
16 Заводоуправление (3 этажа), ЦЗЛ (на первом этаже)	108	18	3,3	170	0,65	0,8
17 Столовая	54	18	3,3	300	0,4	0,7
17 Столовая	42	24	3,3	210	0,4	0,65
18-1 Проходные, на каждую	9	6	2,4	10	0,8	0,85
18-2 Проходные, на каждую	9	6	2,4	10	0,8	0,85

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 52 из 116

Наименование цехов	L, м	B, м	H, м	P_н, кВт	K_с	Cosφ
19 Материальный склад	42	24	4,8	70	0,25	0,5

1.2 Характеристика режима работы проектируемого объекта

Развернутая характеристика проектируемого предприятия с точки зрения надежности электроснабжения отдельных цехов приведена в таблице 1.2.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 53 из 116

Таблица 1.2- Характеристика сред и помещений

№	Наименование цехов	Категория	Хар-ка помещений	Классификация помещений		
				Поражение эл. током	Взрывопожароопасность	
					ПУЭ	СНиП
1.	Склад металла	III	Норм.	повышенная опасность (токопроводящий пол)		
2.	Механический цех	II	Пыльн.	повышенная опасность (токопроводящий пол)		Д
3.	Кузнечно-прессовый цех	I	Пыльн., жаркое	особо опасное (токопроводящий пол, высокая температура, пыль)		Г
4.	Штамповочно-прессовый цех	I	Пыльн., жаркое	особо опасное (токопроводящий пол, высокая температура, пыль)		Г
5.	Литейный цех	I	Жаркое	особо опасное (токопроводящий пол, высокая температура)		Г
6.	Пожарное депо	III	Норм.	повышенная опасность (токопроводящий пол)	П-I	Г
7.	Гараж	III	Влажн.	особо опасное (влажное, токопроводящий пол)	П-I	В
	Насосная пром. стоков	II	Влажн.	особо опасное (влажное, токопроводящий пол)		Д
8.	Кузнечный и цех отжига	I	Пыльн., жаркое	особо опасное (токопроводящий пол, высокая температура, пыль)		Г
9.	Компрессорная	I	Норм.	повышенная опасность (токопроводящий пол)		Д
10.	Газогенераторная	II	Норм.	повышенная опасность (токопроводящий пол)		Г
11.	Котельная	II	Пыльн., жаркое	особо опасное (токопроводящий пол, высокая температура, пыль)	П-I	Г
12.	Насосная для котельной	I	Влажное	особо опасное (влажное, токопроводящий пол)		Д
13.	Окрасочный цех	III	Хим. активн.	особо опасное (токопроводящий пол, хим. активные вещества)	В-I	А
14.	Склад масел и химикатов	II	Хим. активн.	особо опасное (токопроводящий пол, хим. активные вещества)	В-Ia	В
15.	Заводоуправление (3 этажа),	III	Норм.	без повышенной опасности	П-IIa	

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 54 из 116

№	Наименование цехов	Категория	Хар-ка помещени й	Классификация помещений		
				Поражение эл. током	Взрыво- пожароопаснос ть	
					ПУЭ	СНиП
	ЦЗЛ (на первом этаже)	III	Норм.	без повышенной опасности		
16.	Столовая	III	Влажн.	особо опасное (влажное, токопроводящий пол)		Г
18-1	Проходные, на каждую	III	Норм.	без повышенной опасности		
18-2	Проходные, на каждую	III	Норм.	без повышенной опасности		
19.	Материальный склад	III	Норм.	повышенная опасность (токопроводящий пол)	II-Па	

1.3 Выбор и обработка графиков электрических нагрузок

Для данной отрасли промышленности, к которой относится проектируемое предприятие, выбирается суточный график нагрузки и годовой график по продолжительности (см. рисунок 1.1, 1.2).

В таблице 1.3 представим данные о величине, в %, и продолжительности, в часах, ступеней годового графика по продолжительности.

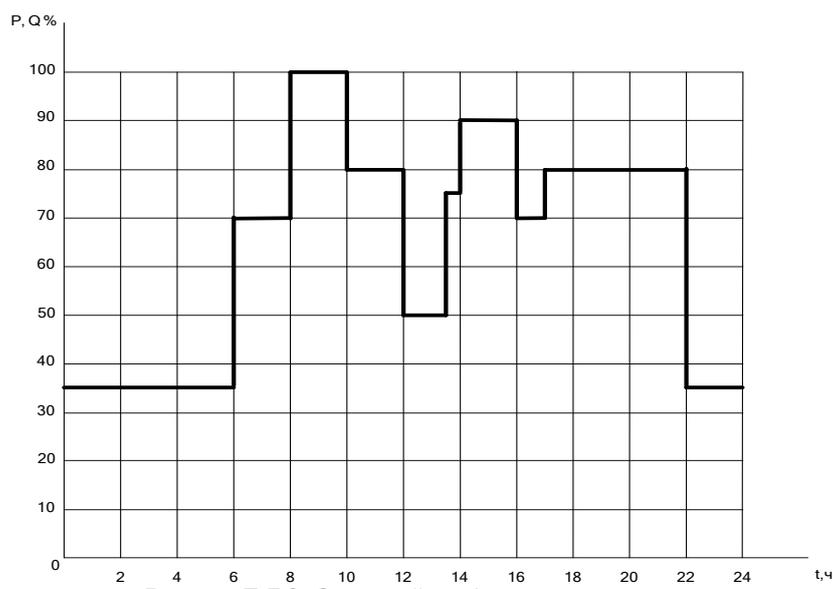


Рисунок 1.1 – Суточный график нагрузок

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 55 из 116

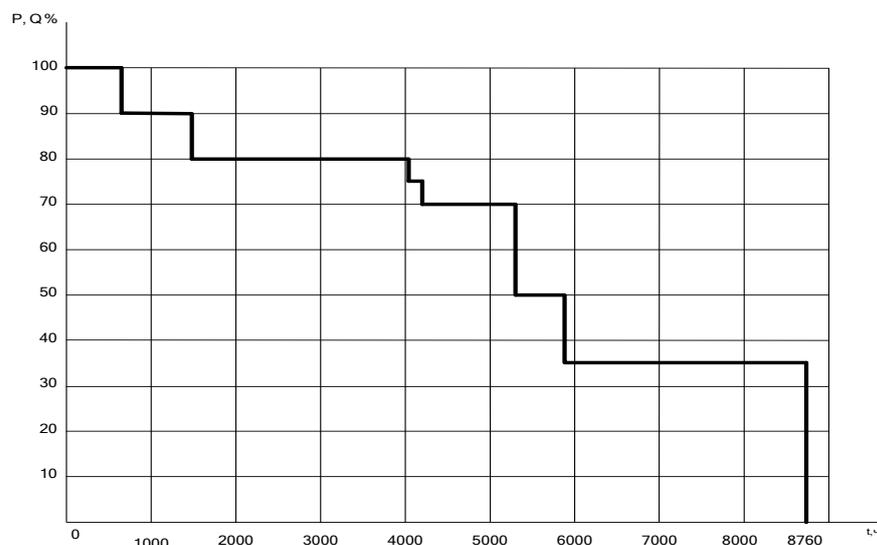


Рисунок 1.2 – Годовой график по продолжительности

В таблице 1.3 представлены данные о величине, в %, и продолжительности, в часах, ступеней годового графика по продолжительности.

Таблица 1.3 Расчетные данные для определения T_m

Номер ступени	Нагрузка, %	Время работы на i-ой ступени, час
1	100	700
2	90	800
3	80	2600
4	75	100
5	70	1100
6	50	600
7	35	2860

По данным графика определяется время использования максимума нагрузки – T_m и, затем, время максимальных потерь - τ_m .

$$T_m = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot T_i)}{P_{\max}}, \quad (1.2)$$

где P_i – мощность i-ой ступени графика, отн. един.;

i – продолжительность i-ой ступени графика, ч;

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 56 из 116

n – число ступеней годового графика;

P_{\max} – суммарная максимальная нагрузка, отн. един.

$$\tau_{\max} = \left(0,124 + \frac{T_m}{10^4} \right) \cdot 8760 \quad (1.3)$$

На примере деревообрабатывающего цеха определим время использования максимума нагрузки – T_m и время максимальных потерь – τ_m .

$$T_m = \frac{100 \cdot 700 + 90 \cdot 800 + 80 \cdot 2600 + 75 \cdot 100 + 70 \cdot 1100 + 50 \cdot 600 + 35 \cdot 2860}{100} = 5646 \text{ ч}$$

$$\tau_{\max} = \left(0,124 + \frac{5646}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 4153,7 \text{ ч.}$$

2 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРОЕКТИРУЕМОГО ОБЪЕКТА

2.1 Расчет силовых электрических нагрузок

Нагрузка потребителей задана суммарным значением без указания числа и мощности отдельных приемников, максимальная расчетная нагрузка определяется по формуле

$$P_{MC} = P_H \cdot K_c, \quad (2.1)$$

$$Q_{MC} = P_{MC} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2.2)$$

где K_c - коэффициент спроса, принимается по справочным данным;

P_H - установленная мощность цехов.

Все расчеты сводятся в таблицу 2.1 и 2.2.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 57 из 116

Таблица 2.1- Расчетные силовые нагрузки 0,4 кВ

№	Наименование цехов (0,4 кВ)	P_H , кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_{mc} , кВт	Q_{mc} , квар
1.	Склад металла	230	0,4	0,6	1,33	92	122,67
2.	Механический цех	1700	0,3	0,65	1,17	510	596,26
3.	Кузнечно-прессовый цех	1200	0,45	0,7	1,02	540	550,91
4.	Штамповочно-прессовый цех	3500	0,45	0,7	1,02	1575	1606,82
5.	Литейный цех	1400	0,45	0,7	1,02	630	642,73
6.	Пожарное депо	50	0,75	0,65	1,17	37,5	43,84
7.	Гараж	120	0,35	0,65	1,17	42	49,10
8.	Насосная пром. стоков	180	0,75	0,85	0,62	135	83,67
9.	Кузнечный и цех отжига	2620	0,5	0,75	0,88	1310	1155,31
10.	Компрессорная	320	0,75	0,8	0,75	240	180,00
11.	Газогенераторная	500	0,75	0,8	0,75	375	281,25
12.	Котельная	360	0,7	0,8	0,75	252	189,00
13.	Насосная для котельной	250	0,75	0,8	0,75	187,5	140,63
14.	Окрасочный цех	480	0,7	0,8	0,75	336	252,00
15.	Склад масел и химикатов	185	0,53	0,6	1,33	98,05	130,73
16.	Заводоуправление (3 этажа), ЦЗЛ (на первом этаже)	170 300	0,65 0,4	0,8 0,7	0,75 1,02	110,5 120	82,88 122,42
17.	Столовая	210	0,4	0,65	1,17	84	98,21
18-1	Проходная	10	0,8	0,85	0,62	8	4,96
18-2	Проходная	10	0,8	0,85	0,62	8	4,96
19	Материальный склад	70	0,25	0,5	1,73	17,5	30,31

Таблица 2.2 Расчетные силовые нагрузки 10 кВ

№	Наименование цехов	P_H , кВт	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	P_{mc} , кВт	Q_{mc} , квар
3	Кузнечно-прессовый цех3	1800	0,8	0,7	1,02	1440,00	1469,09
5	Литейный цех	6000	0,8	0,84	0,65	4800,00	3100,49
8	Насосная пром. стоков	1500	0,75	0,85	0,62	1125,00	697,21
10	Компрессорная	2800	0,75	0,8	0,75	2100,00	1575,00

2.2 Расчет осветительных нагрузок цехов

Светотехнический расчет осветительных установок выполняется методом удельных мощностей. Расчет производится на примере склада металла.

Задается высота производственного помещения и определяется расчетная высота по формуле:

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 58 из 116

$$h_p = h - h_c - h_z, \quad (2.3)$$

где h – высота помещения, м;

h_c – высота свеса светильника, для ДРЛ, $h_c = 0,3$ м;

h_z – высота плоскости нормирования освещенности, $h_z = 0$ м.

$$h_p = 6 - 0,3 - 0 = 5,7 \text{ м.}$$

Выбирается разряд зрительных работ VIIIв, требуемая освещенность при общем освещении составляет $E_n = 50$ лк.

Коэффициент запаса принимается равным $K_z = 1,8$.

Тип КСС – ДЗ.

Для ламп ДРЛ выбирается удельная мощность светильников $\omega_{уд} = 5,5$ Вт/м².

Приводим удельную мощность от табличным к истинным параметрам освещения

Удельная мощность

$$\omega_{расч} = \frac{\omega_{табл} E_n K_z}{K_{э табл} E_{табл} \eta_{св}} = \frac{5,5 \cdot 50 \cdot 1,8}{1,5 \cdot 100 \cdot 0,7} = 4,71, \text{ Вт/м}^2 \quad (2.4)$$

$\eta_{св}$ - КПД светильника в нижнюю полусферу.

Максимальную активную мощность равна:

$$P_{мо} = \omega_{расч} \cdot F_{цеха}, \quad (2.5)$$

где $F_{цеха}$ – площадь цеха.

$$P_{мо} = 4,71 \cdot 6552 \cdot 10^{-3} = 30,89 \text{ кВт.}$$

Реактивная мощность определяется по коэффициенту мощности, для ламп ДРЛ $\cos\varphi = 0,53$, $\tan\varphi = 1,6$; для ламп ЛЛ $\cos\varphi = 0,94$, $\tan\varphi = 0,36$.

$$Q_{мо} = P_{мо} \cdot \tan\varphi, \quad (2.6)$$

$$Q_{мо} = 30,89 \cdot 1,6 = 49,42 \text{ квар.}$$

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 59 из 116

Расчет для остальных цехов производится аналогично и сводится в таблицы.

2.3 Расчет наружного освещения

При проектировании освещения дорог используются типовые решения.

Расчет ведем для светильников типа РКУ 01-250-011 с лампами ДРЛ мощностью 250 Вт, которые установлены на опорах в ряд освещаемого проезда. Схема расположения светильников – односторонняя. Ширина дороги – 10 м.

Нормативная минимальная освещенность $E_n = 2$ лк, выбирается по таблице 1.7 /2/, в зависимости от интенсивности движения транспорта от 10 до 50 ед./ч для основных дорог. Светораспределение светильника – широкое, КСС – «Ш». Коэффициент запаса светильников с газоразрядными лампами $K_3=1,5$

Для лампы ДРЛ мощностью 250 Вт световой поток равен 13500 лм, КСС светильника - «Ш», тогда определяем наименьшую высоту установки светильника 9,5 м.

Для определения относительной освещенности предварительно необходимо определить коэффициент ρ^3 , для этого рассчитывается отношение $\frac{x}{h} = \frac{5}{9,5} = 0,53$ и по таблице 1.12 /2/ определяется ρ^3 . Полученный результат отличается от приведенных величин в таблице, поэтому его необходимо интерполировать: $\rho^3 = 2,205$.

Сумма относительных освещенностей:

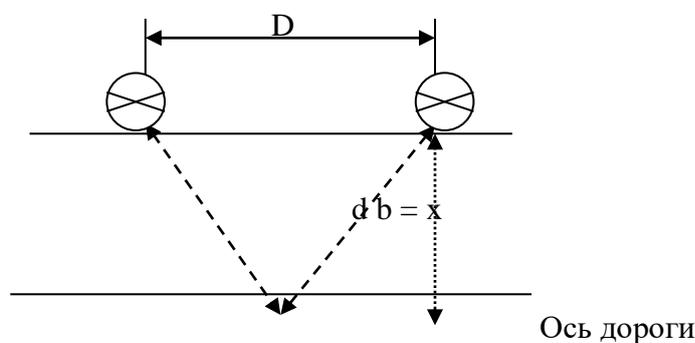
$$\sum \varepsilon = \frac{1000 \cdot E_n \cdot K_3 \cdot h^2 \cdot \rho^3}{\Phi_\lambda} = \frac{1000 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 9,5^2 \cdot 2,205}{13500} = 47,76 \text{ лк.}$$

Учитывая, что минимальная освещенность в точке А, (см. рисунок 2.1) создается одновременно двумя ближайшими светильниками, получаем:

$$\sum \varepsilon = 2 \cdot \varepsilon$$

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 60 из 116

$$\varepsilon = \frac{\sum \varepsilon}{2} = 23,88 \text{ лк.}$$



$$A \ a = y = D/2$$

Рисунок 2.1- Расположение точки минимальной освещенности А относительно расположения светильников на освещаемой поверхности

По графикам условных изолукс (рисунок 1.7 /1/) по величинам ε и $\zeta = 0,483$ (из таблицы 1.12 /1/) определяем $\eta = 1,8$. По таблице 1.12 /1/ и по полученному расчетному значению $\eta = \frac{y}{h}$ определяем стандартное значение η , (в верхней строке соответствующей графы) $\eta = 2,31$.

Так как $\eta = \frac{y}{h}$, отсюда $y = 2,31 \cdot 9,5 = 21,945$ м, тогда шаг светильника:

$$D = 2 \cdot y = 2 \cdot 21,945 = 43,89 \text{ м}$$

Округляя до ближайшего целого, получаем $D = 44$ м.

Протяженность дорог $L = 735$ км.

Количество светильников: $N = L/D = 735/44 = 16,70 \approx 17$ шт.

Активная мощность нагрузки наружного освещения определяется по формуле

$$P = P_{л} \cdot N \cdot K_{пра}$$

$$P = 0,25 \cdot 17 \cdot 1,1 = 4,675 \text{ кВт}$$

$$Q = 4,675 \cdot 1,73 = 8,09 \text{ квар.}$$

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 61 из 116

Для второстепенных дорог и проездов – расчет аналогичен.

Расчет ведем для светильников типа РКУ 01-125-011 с лампами ДРЛ мощностью 125 Вт, которые установлены на опорах в ряд освещаемого проезда. Схема расположения светильников – односторонняя. Ширина дороги – 6 м.

Нормативная минимальная освещенность $E_n = 1$ лк, выбирается по таблице 1.7 /2/, в зависимости от интенсивности движения транспорта менее 10 ед./ч для второстепенных дорог. Светораспределение светильника – широкое, КСС – «Ш».

Коэффициент запаса светильников с газоразрядными лампами $K_3=1,5$

Для лампы ДРЛ мощностью 125 Вт световой поток равен 5900 лм, КСС светильника - «Ш», тогда по таблице 1.8 /1/ определяем наименьшую высоту установки светильника 8,5 м.

Для определения относительной освещенности предварительно необходимо определить коэффициент ρ^3 , для этого рассчитывается отношение $\frac{x}{h} = \frac{3}{8,5} = 0,35$ и по таблице 1.12 /16/ определяется $\rho^3 = 1,185$.

Сумма относительных освещенностей:

$$\sum \varepsilon = \frac{1000 \cdot E_n \cdot K_3 \cdot h^2 \cdot \rho^3}{\Phi_\Lambda} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 8,5^2 \cdot 1,185}{5900} = 43,53 \text{ лк.}$$

Учитывая, что минимальная освещенность в точке А, (см. рисунок 2.1) создается одновременно двумя ближайшими светильниками, получаем:

$$\sum \varepsilon = 2 \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{\sum \varepsilon}{2} = 21,77 \text{ лк.}$$

По графикам условных изолук (рисунок 1.7 /2/) по величинам ε и $\xi = 0,015$ (из таблицы 1.12 /2/) определяем $\eta = 2,1$. По таблице 1.12 /2/ и по

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 62 из 116

полученному расчетному значению $\eta = \frac{y}{h}$ определяем стандартное значение

η , (в верхней строке соответствующей графы) $\eta = 2,2$.

Так как $\eta = \frac{y}{h}$, отсюда $y = 2,2 \cdot 8,5 = 18,7$ м, тогда шаг светильника:

$$D = 2 \cdot y = 2 \cdot 18,7 = 37,4 \text{ м}$$

Округляя до ближайшего целого, получаем $D = 37$ м.

Количество светильников:

$$N = 87 \text{ шт.}$$

Активная мощность нагрузки наружного освещения определяется по формуле

$$P = P_{\text{л}} \cdot N \cdot K_{\text{пра}}$$

$$P = 0,125 \cdot 87 \cdot 1,1 = 11,96 \text{ кВт}$$

$$Q = 11,96 \cdot 1,73 = 20,70 \text{ квар.}$$

2.4 Расчет охранного освещения

По СНиП 23-05-95 охранное освещение (при отсутствии специальных технических средств охраны) должно предусматриваться вдоль границ территорий, охраняемых в рабочее время, освещенность должна быть равна 0,5 лк на уровне земли в горизонтальной плоскости.

Расчет ведем для светильников типа СПО-200, мощность лампы 200 Вт.

Ширина освещаемой зоны 10 м. Нормированная минимальная освещенность $E_{\text{н}}=0,5$ лк.

Высота расположения светильников 6 м.

Коэффициент запаса светильников с лампами накаливания $K_3=1,3$.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 63 из 116

Световой поток лампы 2950 лм.

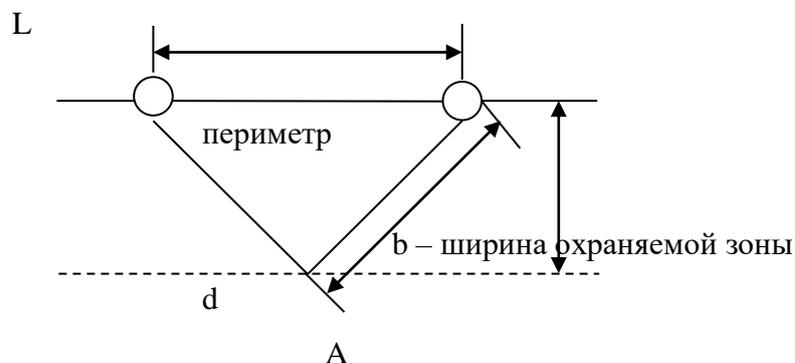


Рисунок 2.2- Расположение светильников и контрольной точки

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{1000 \cdot E_{\text{н}} \cdot K_3 \cdot h^2}{\sum \varepsilon}, \text{ откуда минимальная освещенность:}$$

$$\sum \varepsilon = \frac{1000 \cdot E_{\text{н}} \cdot K_3 \cdot h^2}{\Phi_{\text{л}}};$$

$$\sum \varepsilon = \frac{1000 \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot 6^2}{2950} = 7,9 \text{ лк.}$$

Учитывая, что минимальная освещенность в точке А, (см. рисунок 2.2) создается одновременно двумя ближайшими светильниками, получаем:

$$\sum \varepsilon = 2 \cdot \varepsilon \text{ и } \varepsilon = \frac{\sum \varepsilon}{2} = 3,95 \approx 4 \text{ лк..}$$

По Рисунок 1.6 /2/ определяется отношение $h/d = 0,37$, откуда расстояние до освещаемой точки $d = 16,22$ м, тогда шаг светильника:

$$D = 2 \cdot \sqrt{d^2 - b^2},$$

$$D = 2 \cdot \sqrt{16,22^2 - 10^2} = 25,54 \text{ м.}$$

Округляя до ближайшего целого, получаем $D = 26$ м.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 64 из 116

Количество светильников: $N = 82$ шт.

Активная мощность нагрузки наружного освещения определяется по формуле

$$P = P_{\text{л}} \cdot N$$

$$P = 0,2 \cdot 82 = 16,4 \text{ кВт.}$$

2.5 Расчёт освещения открытых площадок

Расчёт освещения открытых площадок сводится к определению числа и мощности прожекторов. Для этого используется метод удельных мощностей.

Рассчитывается активная мощность, необходимая для освещения данной площадки, по формуле

$$P_{\text{прож}} = P_{\text{уд}} \cdot F \quad (2.7)$$

где $P_{\text{уд}}$ - удельная мощность - мощность необходимая для освещения одного квадратного метра открытого пространства при (для открытых площадок при $E_{\text{н}}=2$ лк и лампах ДРЛ в качестве источника света - $P_{\text{уд}}=0,45 \text{ В т/м}^2$, соответственно для площадок при $E_{\text{н}} = 10 \text{ лк}$ – удельная мощность $P_{\text{уд}}=1,8 \text{ В т/м}^2$);

$F_{\text{плоч}}$ – площадь освещаемой площадки.

Далее выбирается тип прожектора и мощность лампы. Выбор типа прожектора зависит от высоты мачты, на которой он устанавливается.

Число прожекторов выбранного типа вычисляется по формуле

$$N_{\text{л}} = \frac{P_{\text{прож.}}}{P_{\text{л}}}, \quad (2.8)$$

где $P_{\text{л}}$ – мощность лампы для выбранного прожектора.

По данным генплана проектируемого объекта необходимо осветить открытые площадки возле гаража, пожарного депо и заводоуправления.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 65 из 116

Площадь, которую необходимо осветить возле пожарного депо составляет 1029 м².

Активная мощность, необходимая для освещения данной площадки

$$P_{\text{прож}} = 0,45 \cdot 1029 \cdot 10^{-3} = 0,463 \text{ кВт}$$

Реактивная мощность, необходимая для освещения данной площадки

Принимается к установке прожекторы с мощностью лампы 700 Вт.

$$N_{\text{л}} = \frac{0,463}{0,7} = 0,7 \approx 1.$$

К установке принимаются 1 прожектор.

$$Q_{\text{прож}} = 1 \cdot 0,7 \cdot 1,73 = 1,211 \text{ квар}$$

Расчеты для остальных площадок аналогичны и сводятся в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Расчет прожекторного освещения

	А, м	В, м	F, м ²	P _{уд} , Вт/м ²	P _{пр} , кВт	P _л , Вт	N _{драсч}	N _л	Q, квар	P, кВт
6 Пожарное депо	24,5	42	1029	0,45	0,463	700	0,7	1	1,211	0,7
7 Гараж	35	42	1470	0,45	0,662	700	0,9	1	1,211	0,7
16 Заводууправление	31,5	112	3528	1,8	6,350	700	9,1	9	10,899	6,3

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 66 из 116

3 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ЦЕХОВЫХ ТП И КОМПЕНСИРУЮЩИХ УРОЙСТВ

Предварительное распределение нагрузок по ТП приведено в таблице

3.1.

Таблица 3.1 – Выбор числа и мощности трансформаторов на ТП.

№ ТП	№№ цехов	Нагрузка по цехам				Число тр-ров	Мощность тр-ров	Кз
		Нагрузка цехов, Рм, кВт	Суммарная нагрузка, Р, кВт	Нагрузка цехов, Qм, квар	Суммарная нагрузка, Q, квар			
1	2	748,63		978,06		4	250	0,88
	1	122,89		172,09		3	400	0,73
	18-1	8,62		5,18		2	630	0,70
				880,14				
2	4	1798,71		1964,76		4	630	0,71
			1798,71		1964,76	3	1000	0,60
3	3	910,29		1143,37		2	630	0,72
						3	400	0,76
			910,29		1143,37			
4	15	110,27		150,28		3	250	0,71
	16	153,27		98,40		2	400	0,67
	ЦЗЛ	141,38		130,19				
	17	106,18		106,26				
	ОхрОсв	16,40						
	Прож	6,3		10,899				
			533,80		496,02			
5	5	971,59		1189,27		2	630	0,77
						2	400	1,21
						4	250	0,97
			971,59		1189,27			
6	12	278,61		278,61		2	630	0,70
	13	201,08		162,35		3	400	0,73
	14	374,57		313,71		4	250	0,88
	18-2	8,62		5,18				
	ОсвДор	16,64	879,52	28,78	788,64			
7	9	1533,71		1513,25		4	630	0,77
	11	381,94		292,36		4	400	1,21
	19	22,25	1937,91	37,91	1843,53	4	250	1,94
8	6	63,73		85,81		3	250	0,70
	7	68,23		91,07		2	630	0,42

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 67 из 116

№ ТП	№№ цехов	Нагрузка по цехам				Число тр-ров	Мощность тр-ров	Кз
		Нагрузка цехов, Рм, кВт	Суммарная нагрузка, Р, кВт	Нагрузка цехов, Qм, квар	Суммарная нагрузка, Q, квар			
	8	148,58		105,39				
	Прож	1,4		2,422				
	10	245,21	527,14	188,33	473,02			

В результате анализа мощности, площади и месторасположения цехов, а также в целях минимизации потерь в линиях 0,4 кВ предполагается установка трансформаторов мощностью 250 кВ·А и 630 кВ·А.

Минимальное число трансформаторов одной мощности

$$N_{\min} = \frac{P_{M\Sigma}}{K_3 \cdot S_{H.T.}} + \Delta N, \quad (3.1)$$

где $P_{M\Sigma}$ - суммарная мощность цехов, где установлены трансформаторы одной мощности, кВт;

K_3 – коэффициент загрузки трансформаторов;

$S_{H.T.}$ – номинальная мощность трансформатора, кВА.

ΔN – добавка до ближайшего целого числа.

Оптимальное число трансформаторов

$$N_{\text{опт}} = N_{\min} + m, \quad (3.3)$$

где m – дополнительное число трансформаторов, определяется по рисунку 9.2 /3/.

Число трансформаторов мощностью 250 кВ·А

$$N_{\min}^{250} = \frac{1060,94}{0,72 \cdot 250} = 5,89 + 0,11 = 6$$

$$N_{\text{опт}} = 6 + 0 = 6$$

Это значение совпадает с предварительным количеством трансформаторов, определенным по таблице 3.1.

Число трансформаторов мощностью 630 кВ·А

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 68 из 116

$$N_{\min}^{630} = \frac{7378,16}{0,77 \cdot 630} = 15,21 + 0,79 = 16$$

$$N_{\text{опт}} = 16 + 0 = 16$$

Это значение совпадает с предварительным количеством трансформаторов, определенным по таблице 3.1.

На проектируемом заводе устанавливаются КТП с трансформаторами ТМЗ 250/10 и ТМЗ 630/10. При питании от ТП нескольких РУ – 0,4 кВ ТП устанавливается в цехе с наибольшей нагрузкой. Если ТП необходимо ставить в цехе со взрыво- пожароопасной средой, то необходимо выполнять его отдельно стоящим, на расстоянии 12 – 25 м от цеха. Если $S_{\text{уд}} \geq (0,2 \div 0,3)$ кВ·А/м², то рекомендуется разносить трансформаторы по цеху, с целью уменьшения потерь.

Суммарную расчетную мощность компенсаторных батарей низкого напряжения (НБК), устанавливаемых в цеховой сети, определяют по формуле

$$Q_{\text{нк}} = Q_{\text{нк1}} + Q_{\text{нк2}}, \quad (3.4)$$

где $Q_{\text{нк1}}$ - суммарная мощность НБК, которую находим по формуле

$$Q_{\text{нк1}} = Q_p - Q_{\text{max.m}}, \quad (3.5)$$

где $Q_{\text{max.m}}$ - наибольшая реактивная мощность, которую целесообразно передавать через трансформаторы данной номинальной мощности, в сеть напряжением 0,38 кВ, определяемая по формуле

$$Q_{\text{max.m}} = \sqrt{\left(N_{\text{опт}} \cdot K_z \cdot S_{\text{н.тр}}\right)^2 - P_p^2}, \quad (3.6)$$

где $N_{\text{опт}}$, K_z , $S_{\text{н.тр}}$ - соответственно оптимальное число, коэффициент загрузки трансформаторов единой мощности $S_{\text{н.тр}}$;

P_p , Q_p - соответственно расчетные максимальные активная и реактивная мощности нагрузок трансформаторов единой мощности;

$Q_{\text{нк2}}$ - дополнительная мощность, которую рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{нк2}} = Q_{\Sigma \text{ТП}} - Q_{\text{нк1}} - \gamma N_{\text{опт}} \cdot S_{\text{н.тр}}, \quad (3.7)$$

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 69 из 116

где γ - коэффициент, который для двухступенчатой схемы питания трансформаторов от распределительных пунктов определяется по /17/ по формуле

$$\gamma = \frac{K_{p1}}{60} \quad (3.8)$$

где $K_{p1} = 9$ – для Дальнего Востока, коэффициент, который определяется в зависимости от числа смен работы предприятия и района его размещения;

γ - коэффициент, принимаемый для магистрали с числом трансформаторов более трех по формуле

$$\gamma = \frac{K_{p1}}{30} \quad (3.9)$$

Для ТП, питающихся от РП с синхронными высоковольтными двигателями, $Q_{нк2}$ не рассчитывается. Кроме того, в случае, если $Q_{нк2} < 0$, то принимается $Q_{нк2} = 0$.

По табл. 4 - 34 /8/ подбираются комплектные конденсаторные установки напряжением $U_n = 0,38$ кВ с таким расчетом, чтобы их стандартная мощность $Q_{нк ст}$ была меньше, но максимально приближена к расчетному значению $Q_{нк}$. Структурная схема питания ТП от РП и ГПП приведена на рисунке 3.1.

Определяем число и мощность НБК ТП1. Коэффициент γ определяется по формуле (3.8)

$$\gamma = 9/60 = 0,15$$

Находится наибольшая реактивная мощность, которую целесообразно передавать через трансформатор мощностью $S_{н тр} = 630$ кВА по (3.6).

$$Q_{\max .т} = \sqrt{(2 \cdot 0,77 \cdot 630)^2 - 880,14^2} = 408,21 \text{ квар}$$

Определяется суммарная мощность НБК $Q_{нк1}$ для данного цеха по (3.5)

$$Q_{нк1} = 1155,33 - 408,21 = 747,12 \text{ квар.}$$

Дополнительная мощность НБК $Q_{нк2}$ для ТП 1 по формуле (3.7)

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 70 из 116

$$Q_{нк2} = 1155,33 - 747,12 - 0,15 \cdot 3 \cdot 630 = 219,21 \text{ квар.}$$

Суммарную расчетную мощность конденсаторных батарей низкого напряжения, устанавливаемых в цеховой сети, определяем по формуле (3.4)

$$Q_{нк} = 747,12 + 219,21 = 966,33 \text{ квар.}$$

Расчетная мощность конденсаторной установки определяется по выражению

$$Q_{ком} = Q_{нк} / N_{тр} = 966,33 / 2 = 483,2 \text{ квар}$$

Выбираются конденсаторная установка типа КРМ 0,4-450.

Для остальных ТП расчет аналогичен. Результаты расчета сведены в таблицы 3.4-3.5.

Таблица 3.4 – Реактивная мощность, подлежащая компенсации

№ ТП	Рм, кВт	Qм, квар	Sном.тр., кВА	Nопт	Qмах.т, квар	Qнк1, квар	Схема питания	γ	Qнк2, квар	Qнк, квар
1	880,14	1155,33	630	2	408,21	747,12	2-х ступ	0,15	219,21	966,33
2	1798,71	1964,76	630	4	727,86	1236,90	магистр	0,30	-28,14	1236,90
3	910,29	1143,37	630	2	335,66	807,71	2-х ступ	0,15	146,66	954,37
4	533,80	496,02	250	3	81,61	414,41	2-х ступ	0,15	-30,89	414,41
5	971,59	1189,27	630	2	0,00	1189,27	магистр	0,30	-378,00	1189,27
6	879,52	788,64	630	2	409,55	379,09	от РП с СД	0,00	0	379,09
7	1937,91	1843,53	630	4	98,29	1745,24	от РП с СД	0,00	0	1745,24
8	527,14	473,02	250	3	117,14	355,88	от РП с СД	0,00	0	355,88

Таблица 3.5 – Выбор БСК на 0,4 кВ

№ ТП	Qнк, квар	Nопт	Qком, квар	Кол-во и тип БСК	Qбск, квар	Qбск(тип), квар
1	966,33	2	483,2	КРМ 0,4-450	450	900
2	1236,90	4	309,2	КРМ 0,4-300	300	1200
3	954,37	2	477,2	КРМ 0,4-450	450	900
4	414,41	3	138,1	КРМ 0,4-133	133	399
5	1189,27	2	594,6	КРМ 0,4-550	550	1100
6	379,09	2	189,5	КРМ 0,4-180	180	360
7	1745,24	4	436,3	КРМ 0,4-425	425	1700
8	355,88	3	118,6	КРМ 0,4-108	108	324

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 71 из 116

В цеховых КТП установлены трансформаторы ТМЗ - 250 и ТМЗ – 630 со следующими паспортными данными по таблице 5.2.1 /3/:

Таблица 3.6 Паспортные данные трансформаторов

Тип	S _{ном.тр.} , кВА	ВН,кВ	НН, кВ	Потери		U _{кз} , %	I _{хх} , %
				ΔP _х , кВт	ΔP _к , кВт		
ТМЗ-250/10	250	10	0,4	3,7	0,74	4,5	2,3
ТМЗ-630/10	630	10	0,4	7,6	1,31	5,5	1,8

Реактивная мощность, проходящая через трансформатор после установки БСК

$$Q_{\text{вк}}^{\text{}} = Q_{\text{м}} - Q_{\text{бск(тп)}} \quad (3.10)$$

Определяются потери активной мощности в трансформаторах ТП по формуле

$$\Delta P_{\text{тп}}^{\text{}} = N(\Delta P_{\text{х}}^{\text{}} + K_3^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}}^{\text{}}), \quad (3.11)$$

где ΔP_х, ΔP_к - потери активной мощности соответственно холостого хода и короткого замыкания в трансформаторе ТП;

K₃ - коэффициент загрузки трансформатора с учетом мощности НБК, который определяется по формуле

$$K_3 = \frac{S_{\text{р.тп}}}{N_{\text{тп}} \cdot S_{\text{н.тп}}}, \quad (3.12)$$

где S_{р.тп} - расчетная максимальная мощность ТП, рассчитываемая по формуле

$$S_{\text{м(тп)}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{вк}}^2}, \quad (3.13)$$

Потери реактивной мощности в трансформаторах ТП определяются по формуле

$$\Delta Q_{\text{тп}}^{\text{}} = N(\Delta Q_{\text{хх}} + K_3^2 \cdot \Delta Q_{\text{кз}}), \quad (3.14)$$

где ΔQ_{хх}, ΔQ_к, - потери реактивной мощности в трансформаторах ТП определяемые по формуле

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 72 из 116

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{xx\%}}{100} \cdot S_{н.тр}, \quad (3.15)$$

$$\Delta Q_{\kappa} = \frac{U_{\kappa\%}}{100} \cdot S_{н.тр}, \quad (3.16)$$

где $I_{xx\%}$, $U_{\kappa\%}$ - соответственно ток холостого тока и напряжение короткого замыкания трансформатора, определяемые по таблице 5.2.1 /3/.

Определяются приведенные потери активной мощности в трансформаторах ТП $\Delta P'_{ин}$ по (3.11), где за потери мощности принимаем приведенные потери холостого хода $\Delta P'_x$ и короткого замыкания $\Delta P'_\kappa$, которые определяем по формулам

$$\Delta P'_x = \Delta P_{xx} + K_{ин} \cdot \Delta Q_{xx}, \quad (3.17)$$

$$\Delta P'_\kappa = \Delta P_{\kappa} + K_{ин} \cdot \Delta Q_{\kappa}, \quad (3.18)$$

где $K_{ин}$ - коэффициент изменения потерь, который для цеховых ТП равен 0,07 кВт/ квар.

Определяются потери мощности в трансформаторах ТП1. Реактивная мощность, проходящая через трансформатор после установки БСК

$$Q_{вк} = 1155,33 - 900 = 255,33 \text{ квар.}$$

Рассчитывается максимальная мощность нагрузки этого ТП по (3.13)

$$S_{м(тп)} = \sqrt{880,14^2 + 255,33^2} = 916,43 \text{ кВА}$$

Коэффициент загрузки рассчитывается по (3.12)

$$K_3 = 916,43 / (2 \cdot 630) = 0,73.$$

Потери холостого хода в одном трансформаторе ТП1 по (3.15)

$$\Delta Q_{xx} = \frac{1,8}{100} 630 = 11,34 \text{ квар.}$$

Потери короткого замыкания в одном трансформаторе ТП1 по (3.16)

$$\Delta Q_{\kappa} = \frac{5,5}{100} 630 = 34,65 \text{ квар.}$$

Полные реактивные потери в трансформаторах ТП1 определяются по формуле (3.14)

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 73 из 116

$$\Delta Q_{\text{тп}} = 4 \cdot (11,34 + 0,73^2 \cdot 34,65) = 59,34 \text{ квар.}$$

Приведенные потери активной мощности холостого хода и короткого замыкания по (3.17), (3.18)

$$\Delta P_x = 7,6 + 0,07 \cdot 11,34 = 8,39 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_k = 1,31 + 0,07 \cdot 59,34 = 3,74 \text{ кВт}$$

Полные активные потери в трансформаторах ТП1 по (3.11)

$$\Delta P_{\text{тп}} = 2 \cdot (8,39 + 0,73^2 \cdot 3,74) = 20,74 \text{ кВт.}$$

Расчет потерь мощности в трансформаторах остальных ТП аналогичен.

Результаты расчета приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.6 - Расчет потерь мощности в цеховых ТП

№ ТП	P_M , кВт	Q_M , квар	$Q_{\text{бск(тп)}}$, квар	$Q_{\text{вк}}$, квар	S_M , кВА	K_3	$\Delta P_{\text{хх}}$, кВт	$\Delta P_{\text{кз}}$, кВт	$\Delta Q_{\text{хх}}$, квар	$\Delta Q_{\text{кз}}$, квар	$\Delta P_{\text{хх}}$, кВт	$\Delta P_{\text{кз}}$, кВт	$\Delta P_{\text{тп}}$, кВт
1	880,14	1155,33	900	255,33	916,43	0,73	7,6	1,31	11,34	34,65	8,39	3,74	20,74
2	1798,71	1964,76	1200	764,76	1954,54	0,78	7,6	1,31	11,34	34,65	8,39	3,74	42,56
3	910,29	1143,37	900	243,37	942,26	0,75	7,6	1,31	11,34	34,65	8,39	3,74	20,97
4	533,80	496,02	399	97,02	542,54	0,72	3,7	0,74	5,75	11,25	4,10	1,53	14,71
5	971,59	1189,27	1100	89,27	975,68	0,77	7,6	1,31	11,34	34,65	8,39	3,74	21,27
6	879,52	788,64	360	428,64	978,41	0,78	7,6	1,31	11,34	34,65	8,39	3,74	21,29
7	1937,91	1843,53	1700	143,53	1943,22	0,77	7,6	1,31	11,34	34,65	8,39	3,74	42,46
8	527,14	473,02	324	149,02	547,80	0,73	3,7	0,74	5,75	11,25	4,10	1,53	14,75

Активная мощность нагрузки на шинах 10 кВ с учетом потерь в трансформаторах ТП определяется по формуле

$$P_{\text{м(тп)}} = P_M + \Delta P_{\text{тп}} \quad (3.19)$$

Реактивная мощность нагрузки на шинах 10 кВ с учетом потерь в трансформаторах ТП определяется по формуле

$$Q_{\text{вк}} = Q_{\text{вк}} + \Delta Q_{\text{тп}} \quad (3.20)$$

Расчетная силовая нагрузка цеха на шинах 10 кВ с учетом потерь мощности в трансформаторах ТП определяется по формуле

$$S_M = \sqrt{P_{\text{м(тп)}}^2 + Q_{\text{вк}}^2} \quad (3.21)$$

Определяется расчетная силовая нагрузка цеха по формулам (3.19) - (3.21)

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 74 из 116

$$P'_{м(ТП)} = 880,14 + 20,74 = 900,88 \text{ кВт},$$

$$Q_{вкТП} = 255,33 + 59,34 = 314,67 \text{ квар},$$

$$S_{м} = \sqrt{900,88^2 + 314,67^2} = 954,26 \text{ кВА}.$$

Расчет для остальных цехов аналогичен. Результаты сведены в таблицу

3.7.

Таблица 3.7 Расчетная мощность нагрузки на шинах 10 кВ цеховых ТП

№ КТП	$P'_{м(ТП)}$, кВт	$Q_{вкТП}$, квар	$S_{м}$, кВА
1	900,88	314,67	954,26
2	1841,28	893,50	2046,62
3	931,25	304,80	979,86
4	548,50	131,93	564,15
5	992,86	153,50	1004,65
6	900,81	493,11	1026,95
7	1980,37	271,30	1998,87
8	541,89	184,27	572,37

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 75 из 116

4 РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ КАРТОГРАММЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Для нахождения места размещения ГПП и ТП на генеральном плане предприятия наносится картограмма нагрузок P_i , представляющих собой окружности, площади которых равны πR^2 и в выбранном масштабе M равны расчетной нагрузке P_i данных цехов.

$$P_i = \pi R^2 M \quad (4.1)$$

Тогда радиус окружности равен

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi \cdot M}}, \quad (4.2)$$

Для первого цеха:

$$R_1 = \sqrt{\frac{122,89}{\pi \cdot 0,05}} = 28,0 \text{ м,}$$

где $M = 0,05 \text{ кВт/м}^2$.

Круг делится на сектора, каждый из которых равен нагрузке осветительной, силовой на низкой и высокой стороне.

Площадь круга равна расчетной мощности цеха

$$P_p = P_{мс} + P_{10кВ} + P_{мо}, \quad (4.3)$$

Находятся углы секторов, соответствующие силовой нагрузке на низкой и высокой сторонам, осветительной нагрузкам

$$\omega_o = \frac{P_{мо} \cdot 360}{P_p}, \quad (4.4)$$

$$\omega_{сил} = \frac{P_{мс} \cdot 360}{P_p}, \quad (4.5)$$

$$\omega_{в/в} = \frac{P_{10кВ} \cdot 360}{P_p}. \quad (4.6)$$

Все результаты расчетов приведены в таблицу 4.1.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 76 из 116

Центром электрических нагрузок является точка с координатами X_0, Y_0 , где сосредоточена основная нагрузка

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i P_i)}{\sum_{i=1}^n (P_i)}, \quad (4.7)$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i P_i)}{\sum_{i=1}^n (P_i)} \quad (4.8)$$

где X_i, Y_i - геометрические координаты i - го цеха;

P_i - активная мощность нагрузки i - го цеха;

ΣP_i - суммарная активная мощность нагрузки всего предприятия, кВт.

n - количество цехов.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 77 из 116

Таблица 4.1 – Данные для построения картограммы электрических нагрузок

Наименование цеха	$P_{мс}$, кВт	$P_{10кВ}$, кВт	$P_{мо}$, кВт	P_p , кВт	r_i , мм	ω_0 , град	$\omega_{сил}$, град	$\omega_{в/в}$, град
1 Склад металла	92,0		30,89	122,89	28,0	90,5	269,5	
2 Механический цех	510		238,63	748,63	69,0	114,8	245,2	
3 Кузнечно-прессовый цех	540	1440	370,29	2350,29	122,3	56,7	82,7	220,6
4 Штамповочно-прессовый цех	1575		223,71	1798,71	107,0	44,8	315,2	
5 Литейный цех	630	4800	341,59	5771,59	191,7	21,3	39,3	299,4
6 Пожарное депо	37,5		26,23	63,73	20,1	148,2	211,8	
7 Гараж	42		26,23	68,23	20,8	138,4	221,6	
8 Насосная пром. стоков	135	1125	13,58	1273,58	90,0	3,8	38,2	318,0
9 Кузнечный и цех отжига	1310		223,71	1533,71	98,8	52,5	307,5	
10 Компрессорная	240	2100	5,21	2345,21	122,2	0,8	36,8	322,4
11 Газогенераторная	375		6,94	381,94	49,3	6,5	353,5	
12 Котельная	252		26,61	278,61	42,1	34,4	325,6	
13 Насосная для котельной	187,5		13,58	201,08	35,8	24,3	335,7	
14 Окрасочный цех	336		38,57	374,57	48,8	37,1	322,9	
15 Склад масел и химикатов	98,1		12,22	110,27	26,5	39,9	320,1	
16 Заводуправление (3 этажа), ЦЗЛ (на первом этаже)	110,5		42,77	153,27	31,2	100,5	259,5	
17 Столовая	84		22,18	106,18	26,0	75,2	284,8	
18-1 Проходная	8		0,62	8,62	7,4	26,1	333,9	
18-2 Проходная	8		0,62	8,62	7,4	26,1	333,9	
19 Материальный склад	17,5		4,75	22,25	11,9	76,9	283,1	

Результаты расчета ЦЭН приведены в таблице 4.2.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 78 из 116

Таблица 4.2 – Определение месторасположения ЦЭН

Наименование цеха	P _p , кВт	X, м	Y, м	P*X	P*Y
1 Склад металла	122,89	28	406	3440,864	49892,53
2 Механический цех	748,63	192,5	413	144111	309183,6
3 Кузнечно-прессовый цех	2350,29	192,5	154	452430	361944
4 Штамповочно-прессовый цех	1798,71	367,5	413	661027,5	742869
5 Литейный цех	5771,59	367,5	154	2121059	888824,6
6 Пожарное депо	63,73	507,5	31,5	32342,25	2007,45
7 Гараж	68,23	567	31,5	38685,6	2149,2
8 Насосная пром. стоков	1273,58	308	31,5	392261,8	40117,68
9 Кузнечный и цех отжига	1533,71	532	192,5	815936	295240
10 Компрессорная	2345,21	304,5	115,5	714115,6	270871,4
11 Газогенераторная	381,94	308	255,5	117638,4	97586,4
12 Котельная	278,61	672	357	187226,7	99464,2
13 Насосная для котельной	201,08	672	336	135123,8	67561,92
14 Окрасочный цех	374,57	532	332,5	199272	124545
15 Склад масел и химикатов	110,27	24,5	241,5	2701,601	26630,07
16 Заводоуправление (3 этажа), ЦЗЛ (на первом этаже)	153,27	10,5	119	1609,314	18238,89
17 Столовая	141,38	10,5	119	1484,532	16824,7
18-1 Проходная	106,18	24,5	52,5	2601,312	5574,24
18-2 Проходная	8,62	7	315	60,374	2716,83
19 Материальный склад	8,62	763	283,5	6580,766	2445,147
Сумма	22,25	308	189	6853,616	4205,628
Сумма	17863,36			6036562	3428893

$$X_0 = 6036562/17863,36 = 337,9 \text{ м}$$

$$Y_0 = 3428893/17863,36 = 192,0 \text{ м}$$

ЦЭН показан на генплане. Ввиду невозможности установки ГПП в ЦЭН, ГПП выносится за территорию предприятия в направлении районной подстанции.

5 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ГЛАВНОЙ Понижительной подстанции

Основными требованиями при выборе числа трансформаторов ГПП являются: надежность электроснабжения потребителей, а также минимум приведенных затрат на трансформаторы. Надежность электроснабжения потребителей II категории обеспечивают резервами, вводимым автоматически или действиями дежурного персонала.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 79 из 116

Применяются двух трансформаторные подстанции, которые экономически более целесообразны чем подстанции с одним или большим числом трансформаторов.

5.1 Определение реактивной мощности, вырабатываемой синхронными двигателями

Каждый установленный синхронный двигатель является источником реактивной мощности, минимальную величину которой по условию устойчивой работы СД определяют по выражению:

$$Q_{сд} = K_{сд} \cdot Q_{н.сд}, \quad (5.1)$$

где $K_{сд}$ - коэффициент загрузки СД по активной мощности

$$K_{сд} = \frac{P_{зад}}{N \cdot P_{ном}}, \quad (5.2)$$

где $P_{зад}$, $P_{н}$ - заданная и номинальная мощности СД, соответственно 2100 и 800 кВт,

$$K_{сд} = \frac{2100}{4 \cdot 800} = 0,66$$

$$Q_{сд} = 0,66 \cdot 407 = 267,09 \text{ квар}$$

Определение оптимальной реактивной мощности $Q_{э1}$, передаваемой из энергосистемы в сеть в период максимальных нагрузок энергосистемы.

Экономически целесообразную загрузку по реактивной мощности определяют по формуле:

$$Q_{сдэ} = \frac{Q_{н.сд} \cdot (3_{вк} \cdot Q_{н.сд} - K_1 \cdot C_{рп})}{2 \cdot K_2 \cdot C_{рп}}, \quad (5.3)$$

где $Q_{н.сд}$ - номинальная мощность СД;

$3_{вк}$ - удельная стоимость 1 квар конденсаторной батареи;

K_1, K_2 - потери в СД, при его номинальной реактивной мощности;

$C_{рп}$ - расчетная стоимость потерь, принимается 575·12 руб/кВт (за год).

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 80 из 116

$$Z_{\text{вк}} = \frac{K_{\text{яч}} \cdot (E_{\text{н}} + E_{\text{А1}} + E_{\text{ТР1}}) + K_{\text{БСК}} \cdot (E_{\text{н}} + E_{\text{А2}} + E_{\text{ТР2}}) + P_{\text{уд.БСК}} \cdot Q_{\text{БСК}} \cdot C_{\text{рп}}}{Q_{\text{БСК}}}, \quad (5.4)$$

где $E_{\text{н}}$, $E_{\text{а}}$, $E_{\text{тр}}$ - нормативные коэффициенты для линий, оборудования и НБК, приведены в таблице 5.1;

$\Delta P_{\text{уд}}$ - удельные потери мощности, равные 0,003 кВт;

$Q_{\text{БСК}}$ - мощность НБК, принятая равной 650 квар из условия $Q_{\text{БСК}} \approx Q_{\text{н}}$.

сд ;

$K_{\text{яч}}$, $K_{\text{бат}}$ - стоимость ячейки КРУ и НБК мощностью 402 квар, с учетом НДС принимаемые $K_{\text{бат}} = 126,142$ тыс. р., $K_{\text{яч}} = 246,6$ тыс. р.

Таблица 5.1 - Нормативные коэффициенты

Коэффициент	Индекс	
	1	2
$E_{\text{н}}$	0,12	0,12
$E_{\text{А}}$	0,063	0,075
$E_{\text{тр}}$	0,01	0,008

Определение $Z_{\text{вк}}$ производится по формуле (5.4)

$$Z_{\text{вк}} = \frac{246,6 \cdot (0,12 + 0,063 + 0,01) + 126,142 \cdot (0,12 + 0,075 + 0,008) + 0,003 \cdot 402 \cdot 6,9}{402} =$$

$$= 0,203 \text{ тыс. р.}$$

Определение $Q_{\text{сдэ}}$ производится по формуле (5.3)

$$Q_{\text{сдэ}} = \frac{402 \cdot (0,203 \cdot 402 - 409 \cdot 6,9)}{2 \cdot 4,57 \cdot 6,9} = 314,46 \text{ квар}$$

Если окажется, что $Q_{\text{сдэ}} > Q_{\text{сд}}$, то принимаем $Q_{\text{сдэ}} = Q_{\text{сд}}$, т.е. $Q_{\text{сдэ}} = 267,09$ квар.

Суммарная экономически целесообразная реактивная мощность, получаемая от СД, определяется по выражению:

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 81 из 116

$$Q_{\text{сд,эс}} = n \cdot Q_{\text{сд,э}}$$

(5.)

5)

$$Q_{\text{сд,эс}} = 4 \cdot 267,09 = 1068,38 \text{ квар.}$$

5.2 Определение расчетной активной мощности предприятия

Расчетная активная мощность предприятия

$$P_{\text{м}\Sigma\text{зав}} = P_{\text{м}\Sigma(0,4)} + \Sigma \Delta P_{\text{тп}} + P_{\text{м}\Sigma(10)} \quad (5.6)$$

где $P_{\text{м}\Sigma(0,4)}$ - суммарная активная мощность на напряжении 0,4 кВ, кВт;

$\Sigma \Delta P_{\text{тп}}$ - расчетные потери в трансформаторах цеховых ТП, кВт;

$P_{\text{м}\Sigma(10)}$ - суммарная активная высоковольтная мощность $P_{\text{м}\Sigma\text{в/в}} = 9465 \text{ кВт}$

$$P_{\text{м}\Sigma\text{зав}} = 8439,10 + 198,75 + 9465 = 18102,85 \text{ кВт}$$

5.3 Определение реактивной мощности, получаемой от энергосистемы

Расчет $Q_{\text{э1}}$ производится двумя способами.

I способ

$$Q_{\text{э1}} = \alpha \cdot P_{\text{м}\Sigma\text{зав}} \quad (5.7)$$

где $\alpha = 0,25$ при $U_{\text{н}} = 110 \text{ кВ}$ и $0,2$ при $U_{\text{н}} = 35 \text{ кВ}$.

Расчет приводится для напряжений 110 и 35 кВ

$$Q_{\text{э1}(35\text{кВ})} = 0,2 \cdot 18102,85 = 3620,57 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{э1}(110\text{кВ})} = 0,25 \cdot 18102,85 = 4525,71 \text{ квар}$$

II способ

$$Q_{\text{э1}} = Q_{\text{м}\Sigma\text{зав}} - Q_{\text{сд,эс}}, \quad (5.8)$$

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 82 из 116

где $Q_{M\Sigma\text{зав}}$ - суммарная реактивная мощность, потребляемая предприятием, квар;

$Q_{CД\Sigma}$ - суммарная экономически целесообразная реактивная мощность, получаемая от СД, квар

$$Q_{M\Sigma\text{зав}} = Q_{\Sigma\text{вкТП}} + Q_{M\Sigma(10\text{кВ})}, \quad (5.9)$$

где $Q_{\Sigma\text{вк}}$ - суммарная мощность цеховых ТП с учетом потерь;

$Q_{M\Sigma(10\text{кВ})}$ - суммарная мощность высоковольтной нагрузки 10 кВ.

$$Q_{M\Sigma\text{зав}} = 2747,09 + 6841,80 = 9588,89 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{Э}1} = 9588,89 - 1068,38 = 8520,52 \text{ квар}$$

При дальнейшем расчете используются наименьшее значение $Q_{\text{Э}1}$, т.е. значение $Q_{\text{Э}1}$ рассчитанное I способом по формуле (5.7)

$$Q_{\text{Э}1(35\text{кВ})} = 3620,57 \text{ квар}$$

$$Q_{\text{Э}1(110\text{кВ})} = 4525,71 \text{ квар.}$$

5.4 Выбор числа и мощности трансформаторов на ГПП

Как было отмечено выше, основную долю нагрузки предприятия составляют потребители II категории, для питания которых используются два масляных трансформатора.

Выбор мощности производится для двух напряжений: 110 кВ и 35 кВ.

Определение полной мощности производится по формуле

$$S_{MГПП} = K_{рм} \cdot \sqrt{P_{M\Sigma\text{зав}}^2 + Q_{\text{Э}1}^2}, \quad (5.10)$$

где $K_{рм}$ - коэффициент разновременности максимума нагрузок, принимаемый 0,9;

$P_{M\Sigma\text{зав}}$ - принимается равной 18102,85 кВт;

$Q_{\text{Э}1}$ - принимается равной 4525,71 квар для 110 и 3620,57 квар для 35 кВ.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 83 из 116

Для 110 кВ

$$S_{\text{мгпп}} = 0,9 \cdot \sqrt{18102,85^2 + 4525,71^2} = 16793,99 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

Если на ГПП устанавливается два трансформатора, то номинальная мощность каждого из них определяется по условию

$$S_{\text{н.тр}} = \frac{S_{\text{мгпп}}}{2 \cdot K_3}, \quad (5.11)$$

$$S_{\text{н.тр}} = \frac{16793,99}{2 \cdot 0,7} = 11868,01 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

где K_3 - коэффициент загрузки, равный 0,7.

Выбор силового трансформатора производится по таблице 5.2.2 /15/.

Расчет и выбор силового трансформатора на 35 кВ производится аналогично и сводится в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 - Паспортные данные силового трансформатора

U _н , кВ	Расчет		Тип, мощность и количество трансформаторов	Потери, кВт		I _{хх} , %	U _{кз} , %
	S _{м.гпп} , кВА	S _{ном.т} , кВА		ХХ	КЗ		
35	16615,22	11868,01	2хТДНС-16000/35	18	85	0,55	10
110	16793,99	11995,71	2хТДН-16000/110	18	85	0,7	10,5

5.5 Расчет потерь мощности и энергии в трансформаторах

Данный расчет производится аналогично п. 3.6.

Результаты расчетов сведены в таблицу 5.3

Потери энергии в трансформаторе $\Delta W_{\text{тр}}$ определяются по следующей формуле:

$$\Delta W_{\text{тр}} = n \cdot \Delta P'_{\text{хх}} \cdot T_{\text{вкл}} + n \cdot K_3^2 \cdot \Delta P'_{\text{кз}} \cdot \tau_{\text{м}}, \quad (4.11)$$

где $T_{\text{вкл}}$ - время включения, принимаемое равным 8760 ч.

$\tau_{\text{м}}$ - время максимальных потерь, равное 4153,7 ч.

$$\Delta W_{\text{тр}} = 2 \cdot 22,4 \cdot 8760 + 2 \cdot 0,52^2 \cdot 165 \cdot 4153,7 = 761990,38 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 84 из 116

Определение потерь мощности и энергии, в трансформаторах на 110 кВ производится аналогичным образом и сводится в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 - Потери мощности и энергии в трансформаторах

U _н , кВ	Кол-во и мощность тр-ов	ΔQ_{xx} , квар	$\Delta Q_{кз}$, квар	K _{пп}	ΔP_{xx} , кВт	$\Delta P_{кз}$, кВт	K _з	$\Delta P_{трГПП}$, кВт	$\Delta Q_{трГПП}$, квар	ΔW , кВт ч
35	2хТДНС- 16000/35	88	1600	0,05	22,4	165	0,52	133,77	1038,70	761990,38
110	2хТДН- 16000/110	112	1680	0,05	23,6	169	0,52	140,29	1149,44	800161,70

5.6 Выбор принципиальной схемы ГПП

Выбирается схема ГПП с перемычкой с высокой стороны, что повышает надежность электроснабжения. При нормальном режиме перемычка разомкнута. ГПП выполнена на основе блочного типа КТПБ-110/10.

Упрощенная схема ГПП приведена на рисунке 5.1.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 86 из 116

$$F_{\text{расч}} = \frac{I_M}{j_{\text{эк}}}, \quad (6.1)$$

где I_M - расчетный ток, А;

$j_{\text{э}}$ - экономическая плотность тока, принимаемая по таблице 1.3.36

/6/

$$I_M = \frac{S_{\text{м.ЛЭП}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (6.2)$$

где $S_{\text{м.ЛЭП}}$ - суммарная полная мощность на ЛЭП с учетом потерь.

$$S_{\text{м.ЛЭП}} = \sqrt{(P_{\text{м}\Sigma\text{зав}} + \Delta P_{\text{тр}})^2 + (Q_{\text{э1}} + \Delta Q_{\text{тр}})^2} \quad (6.3)$$

Производится расчет на напряжение 110 кВ

Суммарная полная мощность с учетом потерь

$$S_{\text{м.ЛЭП}} = \sqrt{(18102,85 + 133,77)^2 + (3620,57 + 1038,70)^2} = 18822,4 \text{ кВА}$$

Расчетный ток

$$I_M = \frac{18822,4}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 110} = 155,2 \text{ А,}$$

Определение экономического сечения

$$F_{\text{расч}} = \frac{155,2}{1,1} = 141,1 \text{ мм}^2$$

Принимается провод АС-150/11 с допустимым током $I_{\text{доп}}=450 \text{ А}$, $R_o = 19,8 \text{ Ом/100км}$

Проверка по допустимому току

$$I_{\text{ав}} = 2 \cdot I_M \leq I_{\text{доп}}, \quad (6.3)$$

$$I_{\text{ав}} = 2 \cdot 155,2 = 310,49 \leq 450 \text{ А}$$

Данный провод удовлетворяет условиям короны – сечение провода должно быть не меньше 70 мм^2 Расчет на 35 кВ производится аналогично данные сведены в таблицу 6.1. При строительстве ЛЭП принимаются железобетонные опоры с двусторонним питанием.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 87 из 116

6.2 Определение потерь энергии в ЛЭП

Расчет потерь энергии в ЛЭП ΔW_a производится по формуле

$$\Delta W_{\text{ЛЭП}} = n \cdot m \cdot I_m^2 \cdot R \cdot \tau_m, \quad (6.4)$$

где n - число питающих линий, равное 2;

$m = 3$ – число фаз;

R - сопротивление линии, Ом

$$R = \frac{R_0 \cdot L}{100}, \quad (6.5)$$

где L - длина ЛЭП, принимаемая равной 20 км;

R_0 - удельное сопротивление линии.

$$R = \frac{19,8 \cdot 20}{100} = 3,96 \text{ Ом.}$$

$$\Delta W_{\text{ЛЭП}} = 2 \cdot 3 \cdot 155,2^2 \cdot 3,96 \cdot 4153,7 = 761990,38 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Расчеты для ЛЭП на 110 и 35 кВ сводятся в таблице 6.1.

Таблица 6.1 Техничко-экономические характеристики ЛЭП.

U, кВ	S _{м.лэп} , кВА	I _м , А	j _{эк} , А/мм ²	F _{расч} , мм ²	F _{ст} , мм ²	I _{доп} , А	I _{ав} , А	R ₀ , Ом/100к м	R, Ом	ΔW _{лэп} , кВт ч
35	18822,4	155,2	1,1	141,1	150	450	310,49	19,8	3,96	2378578,24
110	19105,5	50,1	1,1	45,6	70	265	100,28	42,8	8,56	536305,99

6.3 Техничко-экономическое обоснование напряжения питающих ЛЭП с учетом стоимости ГЩ.

Схема подключения завода к шинам районной подстанции

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 89 из 116

L - длина ЛЭП.

Стоимость оборудования ГПП рассчитывается по формуле:

$$K_{OB} = K_{PA3} + K_{BЫKЛ} + K_{OПH} + K_{TP}, \text{ руб} \quad (6.8)$$

где K_{PA3} - стоимость разъединителей;

$K_{BЫKЛ}$ - стоимость выключателей;

$K_{OПH}$ - стоимость ОПН;

K_{TP} - стоимость трансформаторов.

Издержки на потери в ЛЭП рассчитываются по формуле:

$$I_{\Delta W_{ЛЭП}} = C_{П} \cdot \Delta W_{ЛЭП}, \text{ руб} \quad (6.9)$$

где $C_{П}$ - стоимость 1 кВт·ч потерь.

Издержки на потери в трансформаторах рассчитываются по формуле:

$$I_{\Delta W_{TP}} = C_{П} \cdot \Delta W_{TP}, \text{ руб.} \quad (6.10)$$

Стоимость 1 кВт заявленной мощности рассчитывается по формуле:

$$C_{П} = C_0 + \frac{C_{P.П}}{\tau_m}, \text{ руб} / \text{кВт} \cdot \text{ч} \quad (6.11)$$

где $C_0 = 1,03$ руб/кВт·ч, $C_{P.П} = 543,2$ руб/кВт·мес - для 35 кВ, $C_0 = 0,79$

руб/кВт·ч, $C_{P.П} = 575$ руб/кВт·мес - для 110 кВ, $\tau_m = 4153,72885$ ч.

1) Рассчитаем капитальные затраты для напряжения 35 кВ:

$$C_{П} = 1,03 + \frac{543,2 \cdot 12}{4153,73} = 2,599 \text{ руб./кВт} \cdot \text{ч.}$$

Издержки на потери в ЛЭП:

$$I_{\Delta W_{ЛЭП}} = 2,599 \cdot 2378578,24 = 6182611,70 \text{ руб.}$$

- издержки на потери в трансформаторах:

$$I_{\Delta W_{TP}} = 2,599 \cdot 761990,38 = 1980633,02 \text{ руб.}$$

- стоимость сооружения ЛЭП:

$$K_{ЛЭП}^1 = 11850 \text{ руб}; K_{уд} = 44; L = 20 \text{ км}$$

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 90 из 116

$$K_{\text{ЛЭП}}^I = 11850 \cdot 46 \cdot 20 = 10902000 \text{ руб}$$

Стоимость оборудования ГПП:

- стоимость разъединителей РНДЗ – 35/400 УХЛ 1

$$K_{\text{РАЗ}}^I = 55000 \text{ руб}; N = 10.$$

$$K_{\text{раз}} = 55000 \cdot 10 = 550000 \text{ руб.}$$

- стоимость выключателей ВГТ–35-II-12.5/630УХЛ1

$$K_{\text{ВЫКЛ}}^I = 417539 \text{ руб}; N = 4$$

$$K_{\text{выкл}} = 417539 \cdot 4 = 1670156 \text{ руб}$$

- стоимость ОПН -35/40,5/10/1 – III УХЛ 1

$$K_{\text{ОПН}}^I = 14880 \text{ руб}; N = 4.$$

$$K_{\text{опн}} = 14880 \cdot 4 = 59520 \text{ руб}$$

- стоимость трансформаторов ТДНС-16000/35

$$K_{\text{ТР}}^I = 1035423 \text{ руб}; N = 2.$$

$$K_{\text{тр}} = 1035423 \cdot 2 = 2070846 \text{ руб.}$$

- стоимость ГПП

$$K_{\text{об}} = 550000 + 1670156 + 59520 + 2070846 = 4350522 \text{ руб}$$

Капитальные затраты на 35 кВ:

$$Z_{35 \text{ кВ}} = (0,12+0,028+0,004) \cdot 10902000 + (0,12+0,063+0,01) \cdot 4350522 + 6182611,70 + 1980633,02 = 10659999,47 \text{ руб}$$

2) Рассчитаем капитальные затраты на 110 кВ:

$$C_{\text{п}} = 0,79 + \frac{575 \cdot 12}{4153,73} = 2,451 \text{ руб./кВт} \cdot \text{ч.}$$

- издержки на потери в ЛЭП:

$$I_{\Delta W_{\text{ЛЭП}}} = 2,451 \cdot 536305,99 = 1314570,73 \text{ руб.}$$

- издержки на потери в трансформаторах:

$$I_{\Delta W_{\text{ТР}}} = 2,451 \cdot 800161,70 = 1961322,78 \text{ руб.}$$

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 91 из 116

- стоимость сооружения ЛЭП:

$$K_{\text{ЛЭП}}^1 = 10700 \text{ руб}; K_{\text{уд}} = 46; L = 20 \text{ км}$$

$$K_{\text{ЛЭП}}^1 = 10700 \cdot 46 \cdot 20 = 9844000 \text{ руб}$$

Стоимость оборудования ГПП:

- стоимость разъединителей РДЗ-110/1000 - УХЛ1

$$K_{\text{РАЗ}}^1 = 93000 \text{ руб}; N = 10.$$

$$K_{\text{раз}} = 93000 \cdot 10 = 930000 \text{ руб.}$$

- стоимость выключателей ВГТ-110-40/2500У1

$$K_{\text{ВЫКЛ}}^1 = 1586651 \text{ руб}; N = 4$$

$$K_{\text{выкл}} = 1586651 \cdot 4 = 6346604 \text{ руб}$$

- стоимость ОПН 110/73/10 400 1 УХЛ 1

$$K_{\text{ОПН}}^1 = 31400; N = 4$$

$$K_{\text{опн}} = 31400 \cdot 4 = 125600 \text{ руб.}$$

- стоимость трансформаторов ТДН-16000/110

$$K_{\text{ТР}}^1 = 1533882 \text{ руб}; N = 2.$$

$$K_{\text{тр}} = 1533882 \cdot 2 = 3067764 \text{ руб}$$

- стоимость ГПП

$$K_{\text{об}} = 930000 + 6346604 + 125600 + 3067764 = 10469968 \text{ руб}$$

Капитальные затраты на 110 кВ:

$$Z_{110 \text{ кВ}} = (0,12+0,028+0,004) \cdot 9844000 + (0,12+0,063+0,01) \cdot 10469968 + 1314570,73 + 1961322,78 = 6792885,34 \text{ руб}$$

Сравнение приведенных затрат показывает, что стоимость варианта электроснабжения на напряжение 110 кВ с учетом ГПП меньше варианта на 35 кВ. Поэтому для дальнейших расчетов принимается схема внешнего электроснабжения на напряжение 110 кВ.

7 СОСТАВЛЕНИЕ БАЛАНСА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 92 из 116

ВНУТРИЗАВОДСКОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Расчетная реактивная нагрузка в сетях 6-10 кВ промышленных предприятий $Q_{\text{вбк}}$ определяется по формуле

$$Q_{\text{вбк.зав}} = Q_{\text{вбкГПП}} + Q_{\text{м}\Sigma(10\text{кВ})} + \Delta Q'_{\text{трГПП}} - Q_{\text{сд}\Sigma} - Q_{\text{Э1}}, \quad (7.1)$$

где $Q_{\text{вбкГПП}}$ – некомпенсированная реактивная нагрузка в сетях 0,4 кВ;

$Q_{\text{м}\Sigma(10\text{кВ})}$ - суммарная реактивная мощность высоковольтной нагрузки;

$\Delta Q'_{\text{трГПП}}$ – потери мощности в трансформаторах ГПП.

$$Q_{\text{вбк.зав}} = 2747,09 + 6144,59 + 1149,44 - 1068,38 - 4525,71 = 4447,03 \text{ квар}$$

Выбирается ВБК типа 2хКРМ(УКЛ56)-6,3-10,5 кВ-1800 квар. Для повышения коэффициента использования конденсаторных батарей выбирается централизованная установка на ГПП.

Итоговая мощность $Q_{\text{вбк}}$ с учетом выбранных батарей составляет

$$Q_{\text{вбк}} = 2 \cdot 1800 = 3600 \text{ квар}$$

Недокомпенсированная реактивная мощность предприятия

$$Q_{\text{вк}} = 4447,03 - 3600 = 847,03 \text{ квар}$$

Реактивная мощность, потребляемая заводом из системы:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{Э1}} + Q_{\text{вк}} \quad (7.2)$$

$$Q_{\Sigma} = 4525,71 + 847,03 = 5372,74 \text{ квар}$$

8 РАСЧЕТ СЕТИ ВНУТРИЗАВОДСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Расчет сечения кабельных линий выбирается по экономической плотности тока с последующей проверкой по длительно допустимым токовым нагрузкам нормального и аварийного режима и по термической стойкости к токам КЗ.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 93 из 116

Для расчета сечений кабельных линий, соединяющих ТП, необходимо знать рабочий максимальный ток, который протекает по рассматриваемому участку и определяется по формуле.

$$I_{р.м} = \frac{S_m}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (8.1)$$

где S_m - полная мощность проходящая по рассматриваемому участку кабельной линии, кВА;

U_n - напряжение на шинах РП, равное 10 кВ;

n - количество кабелей в нормальном или аварийном режиме.

Участок ГПП - РП

$$S_m = \sqrt{P_{\Sigma(тп,сд,ад)}^2 + Q_{\Sigma(тп,сд,ад)}^2}, \quad (8.2)$$

Участок РП - ТП

$$S_m = \sqrt{P_{\Sigma(тп)}^2 + Q_{\Sigma(тп)}^2}, \quad (8.3)$$

Расчет сечений кабельной линии ведется для наиболее загруженных одиночных магистралей отходящих от ГПП, либо одной секции РП.

Расчет проводится на примере магистрали с ТП6 и ТП7.

$$P_{тп} = \frac{P_{тп\Sigma}}{n}, \quad (8.4)$$

$$Q_{вк} = \frac{Q_{вк\Sigma}}{n}, \quad (8.5)$$

где $P_{тп\Sigma}$, $Q_{вк\Sigma}$ - суммарная активная и реактивная мощности ТП;

n - число трансформаторов на данном ТП.

$$\text{ТП1: } P_{тп} = 900,88/2 = 450,44 \text{ кВт}$$

$$Q_{вк} = 314,67/2 = 157,34 \text{ квар.}$$

Активная $P_{кл}$ и реактивная $Q_{кл}$ мощности проходящие по данному участку, определяется по формулам

$$P_{кл} = \sum P_{тп}, \quad (8.6)$$

$$Q_{кл} = \sum Q_{вк}, \quad (8.7)$$

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 94 из 116

Тогда для участков (см. рисунок 8.1):

$$\text{ТП1а-ТП3а: } P_{\text{кл}} = 450,44 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{кл}} = 157,34 \text{ квар.}$$

$$S_{\text{м}} = \sqrt{450,44^2 + 157,34^2} = 477,13 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{рм}} = 477,13 / (1 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5) = 26,24 \text{ А}$$

$$F_{\text{расч}} = 26,24 / 1,2 = 21,9 \text{ мм}^2.$$

$$j_{\text{эк}} = 1,2 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}, \text{ - для алюминиевых кабелей по таблице 1.3.36 /6/}$$

Принимается стандартное сечение $F_{\text{ст}} = 25 \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 90 \text{ А}$, кабель ААБ.

Производится проверка кабеля при работе в аварийном режиме, при котором должно соблюдаться условие:

$$I_{\text{ав}} = 2 \cdot I_{\text{рм}} < I'_{\text{доп}} = K_{\text{п}} \cdot K_{\text{пер}} \cdot I_{\text{доп}}, \text{ А (8.8)}$$

где $K_{\text{пер}} = 1,3$ – коэффициент перегрузки;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий количество кабелей в траншее и расстояние между ними.

$$I_{\text{ав}} = 2 \cdot 26,24 = 52,47 < \Gamma_{\text{доп}} = 1 \cdot 1,3 \cdot 90 = 117 \text{ А}.$$

Расчеты для остальных участков производятся аналогично и результаты расчетов сводятся в таблицу 8.1. Расчеты для РУ-0,4 кВ также производятся аналогично, выбор сечений производится только по допустимому току, результаты выбора сведены в таблицу 8.2. На рисунке 8.1 изображена схема соединения ТП и РП от ГПП.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 95 из 116

Таблица 8.1 – Выбор сечения кабельных линий 10 кВ

Участок	$P_{кл}, \text{кВт}$	$Q_{кл}, \text{квар}$	$S_{м}, \text{кВА}$	$I_{расч}, \text{А}$	$F_{расч}, \text{мм}^2$	$F_{ст}, \text{мм}^2$	$I_{доп}, \text{А}$	$\Gamma_{доп}, \text{А}$	$I_{ав}, \text{А}$
ГПП-РП1	2001,73	1132,24	2299,76	126,45	105,4	120	240	312	252,91
РП1-ИП	720,00	734,55	1028,57	56,56	47,1	50	140	182	113,11
РП1.1-ТП3а	916,07	309,74	967,01	53,17	44,3	50	140	182	106,34
ТП3а-ТП1а	450,44	157,34	477,13	26,24	21,9	25	90	117	52,47
РП1.1-ТП4а	365,67	87,96	376,10	20,68	17,2	16	75	97,5	41,36
ТП4а-ТП4в	182,83	43,98	188,05	10,34	8,6	16	75	97,5	20,68
ГПП-РП2	562,50	348,61	661,76	36,39	30,3	35	115	149,5	72,78
РП2-АД	562,50	348,61	661,76	36,39	30,3	35	115	149,5	72,78
ГПП-ТП5а	1417,07	523,50	1510,67	83,07	69,2	70	165	214,5	166,13
ТП5а-ТП2а	920,64	446,75	1023,31	56,27	46,9	50	140	182	112,53
ТП2а-ТП2в	460,32	223,38	511,65	28,13	23,4	25	90	117	56,27
ГПП-РП3.1	2851,85	1292,55	3131,10	172,17	143,5	150	275	357,5	344,33
РП3.1-ТП7а	1440,59	382,20	1490,43	81,95	68,3	70	165	214,5	163,90
ТП7а-ТП7в	945,50	314,38	996,40	54,79	45,7	50	140	182	109,58
ТП7в-ТП6а	450,41	246,55	513,47	28,23	23,5	25	90	117	56,47
РП3.1-ТП8а	361,26	122,85	381,58	20,98	17,5	16	75	97,5	41,96
ТП8а-ТП8в	180,63	61,42	190,79	10,49	8,7	16	75	97,5	20,98
РП3.1-СД	525	393,75	656,25	36,08	30,1	35	115	149,5	72,17
ГПП-ДСП	2400,00	1550,25	2857,14	157,10	130,9	150	275	357,5	314,20
ГПП-БСК		1800,00	1800,00	98,97	82,5	95	205	266,5	197,95

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 96 из 116

Таблица 8.2 – Выбор сечений кабельных линий 0,4 кВ

№ цеха	Участок	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВА	I_m , А	Тип выкл.	$I_{ном}$, А	n	Γ_m , А	$F_{ст}$, мм ²	$I_{доп}$, А	$\Gamma_{доп}$, А
1	ТП1-РУ1	122,89	172,09	211,46	305,22	A3726ФУ3	400	1	305,22	150	305	396,5
18-1	ТП1-РУ2	8,62	5,18	10,06	14,53	A3726ФУ3	250	1	14,53	10	65	84,5
14	ТП6-РУ3	374,57	313,71	488,59	705,22	A3726ФУ3	250	3	235,07	95	240	312
13	ТП6-РУ4	201,08	162,35	258,44	373,02	A3726ФУ3	250	2	186,51	70	200	260
18-2	ТП6-РУ5	8,62	5,18	10,06	14,53	A3726ФУ3	250	1	14,53	10	65	84,5
15	ТП4-РУ6	110,27	150,28	186,40	269,04	A3726ФУ3	400	1	269,04	120	270	351
17	ТП4-РУ7	106,18	106,26	150,21	216,81	A3726ФУ3	400	1	216,81	95	240	312
6	ТП8-РУ8	63,73	85,81	106,88	154,27	A3726ФУ3	160	1	154,27	50	165	214,5
7	ТП8-РУ9	68,23	91,07	113,79	164,25	A3726ФУ3	250	1	164,25	50	165	214,5
8	ТП8-РУ10	148,58	105,39	182,16	262,92	A3726ФУ3	400	1	262,92	120	270	351
11	ТП7-РУ11	381,94	292,36	480,99	694,25	A3726ФУ3	250	3	231,42	95	240	312
19	ТП7-РУ12	22,25	37,91	43,96	63,45	A3726ФУ3	250	1	63,45	10	65	84,5

Передача электроэнергии для светильников охранного освещения осуществляется по ВЛ. Расчёт охранного освещения проводится, так же как и расчёт уличного освещения – по наиболее загруженной ветви светильников. Но так, как в ветвях освещения, не существует никаких ответвлений, то необходимое минимальное сечения определяется по формуле

$$F_{MIN} = \frac{M_{OXP.}}{K \cdot \Delta U_{PACЧ}}, \quad (9.1)$$

где $M_{OXP.}$ – момент нагрузки ветви охранного освещения.

Момент нагрузки ветви охранного освещения рассчитывается по формуле

$$M_{OXP.} = P_{л.OXP.,\Sigma} \cdot (l_{л,0} + l_{л,1} / 2) \quad (9.2)$$

где $P_{л.OXP.,\Sigma}$ – активная суммарная мощность всех ламп светильников, включённых в самую загруженную ветвь;

$l_{л,0}$ и $l_{л,1}$ – длина КЛ от ТП до первого светильника и длина ВЛ наиболее загруженной ветви соответственно (см. рисунок 9.1).

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 97 из 116

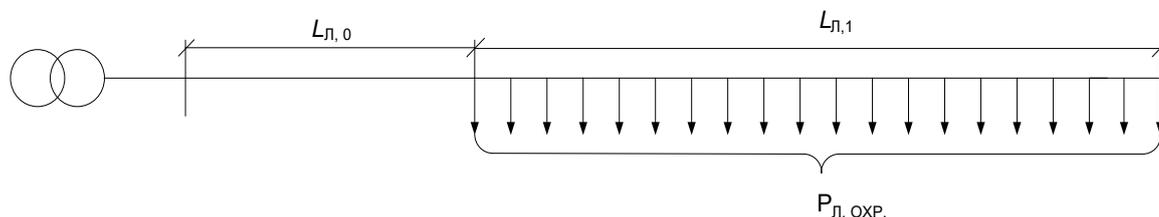


Рисунок 9.1 – Схема наиболее загруженной ветви светильников охранного освещения

Активная суммарная мощность всех ламп светильников определяется по формуле

$$P_{л,охр,\Sigma} = P_{л} \cdot n, \quad (9.3)$$

где n – число светильников в самой загруженной ветви (для данного предприятия $n=50$).

Активная суммарная мощность всех ламп светильников

$$P_{л,охр,\Sigma} = 0,2 \cdot 50 = 10 \text{ кВт}$$

Протяжённость ВЛ между двумя ближайшими светильниками в сети охранного освещения составляет 26 м, а длина КЛ от ТП до ближайшего светильника – 35 м.

Момент нагрузки ветви охранного освещения

$$M_{охр.} = 10 \cdot (40 + 50 \cdot 26/2) = 6900 \text{ кВт м}$$

Необходимое минимальное сечения сталеалюминиевого провода

$$F_{\min} = 6900 / (44 \cdot 6,7) = 23,41 \text{ мм}^2$$

Принимается стандартное сечение провода 25 мм².

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 98 из 116

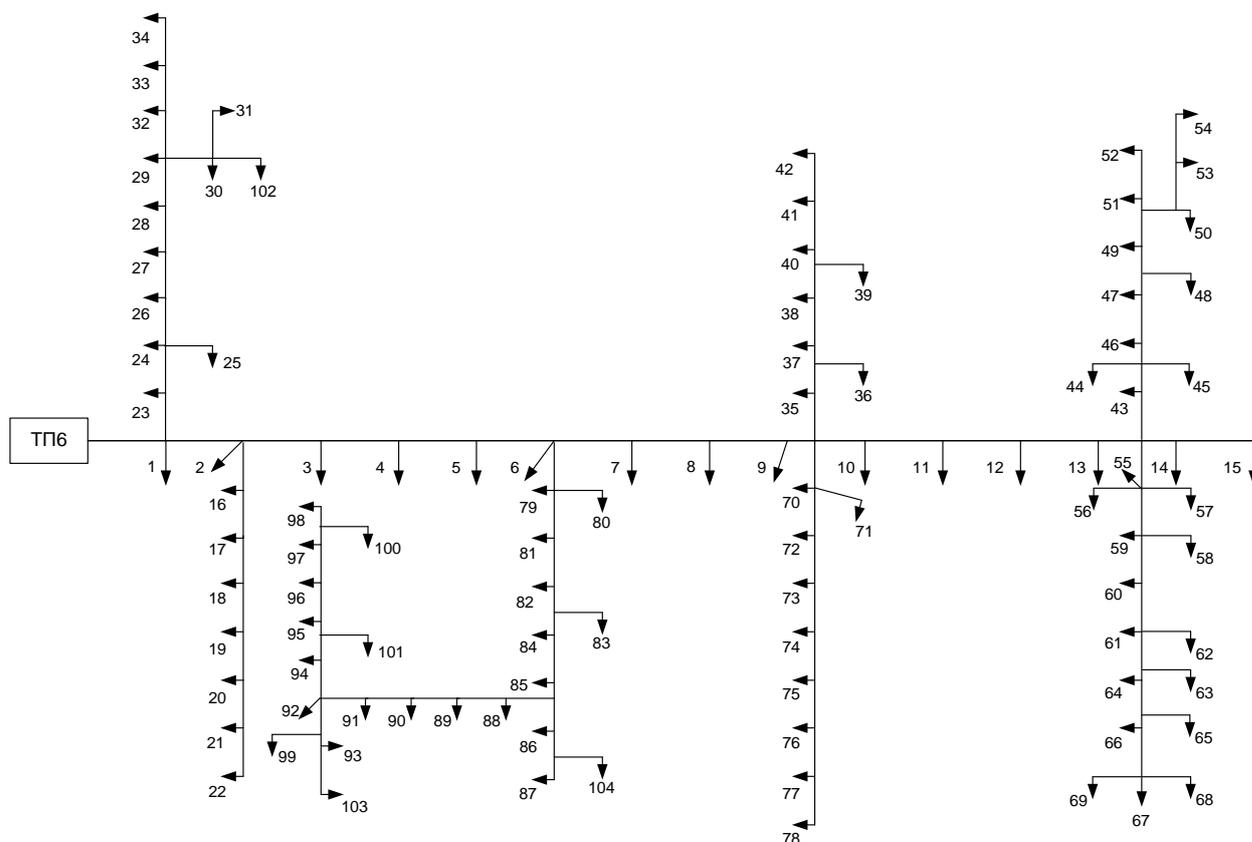


Рисунок 9.2 – Схема освещения дорог

Мощность светильника

$$P_{св} = 0,125 \cdot 1,1 = 0,1375 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем момент нагрузки самого удлиненного участка сети $M(1-98)$, так как мощность ламп в светильниках принята одинаковая $P_{л}=125\text{Вт}$, а расстояние между светильниками разное, то расчет произведем по формуле (9.5)

$$M = 0,1375 \cdot (44 \cdot 21 + 88 \cdot 20 + 132 \cdot 19 + 176 \cdot 18 + 220 \cdot 17 + 264 \cdot 16 + 301 \cdot 15 + 338 \cdot 14 + 375 \cdot 13 + 412 \cdot 12 + 449 \cdot 11 + 486 \cdot 10 + 523 \cdot 9 + 560 \cdot 8 + 597 \cdot 7 + 634 \cdot 6 + 671 \cdot 5 + 708 \cdot 4 + 745 \cdot 3 + 782 \cdot 2 + 819 \cdot 1) = 10060,05 \text{ кВт}\cdot\text{м}$$

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 99 из 116

Расчеты для остальных участков аналогичны и сведены в таблицу.

Участок	М, кВт·м
1-98	10060,1
23-34	283,4
16-22	227,15
35-42	433,538
70-78	618,75
43-52	596,888
55-67	714,175
7-15	598,95
Сумма	13532,9
для 2-х свет.	т, кВт·м
30-102	127,188
93-103	278,988
86-87	202,675
53-54	332,613
Сумма	941,463
для 1-го свет.	т, кВт·м
31	45,7875
25	20,35
99	91,3
101	101,475
100	630,575
104	70,95
83	60,775
80	45,5125
71	63,6625
36	59,5925
39	78,925
44	92,95
45	92,95
48	108,213
50	118,388
56	92,95
57	92,95
58	103,125
62	113,3
63	118,388
65	123,475

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 101 из 116

ТЕСТЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ

Общие сведения

Цель тестов и вопросов – определение уровня усвоения студентами знаний по курсу «Электроснабжение промышленных предприятий» в соответствии с учебной программой в процессе промежуточных и итоговой аттестаций.

Тесты и вопросы предназначены для студентов пятого курса специальности «Электроснабжение» кафедры электроэнергетики, изучающих дисциплину «Электроснабжение промышленных предприятий».

Содержание тестов и вопросов. В соответствии с учебными рабочими программами тесты и вопросы соответствуют следующим разделам дисциплины:

1. Общая характеристика систем электроснабжения.
2. Потребление электроэнергии.
3. Методы расчета электрических нагрузок.
4. Номинальные напряжения электроустановок.
5. Надежность электроснабжения.
6. Схемы электроснабжения объектов.
7. Расчет режимов схем электроснабжения.
8. Компенсация реактивной мощности.
9. Выбор параметров основных элементов схем электроснабжения.
10. Расчеты показателей качества электроэнергии.
11. Экономия электроэнергии в системах электроснабжения.

Структура тестов и вопросов. Каждый раздел содержит несколько основных тем, которым и соответствуют тесты и вопросы. К каждому вопросу прилагается по четыре ответа, один из которых правильный.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 102 из 116

Условия применения. Для контроля знаний на экзамене студент отвечает на билет из 12 вопросов по всем разделам. Билеты формирует лектор потока из вопросов по всем разделам дисциплины. Набор вопросов и тестов в билетах изменяет лектор.

На ответ по всем разделам отводится один академический час.

Тесты

1. Что такое система электроснабжения?

- а.* Совокупность взаимосвязанных электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией;
- б.* Линии электропередач, обеспечивающие транспорт электроэнергии от источника до потребителя;
- в.* Совокупность узлов генерации и потребления электрической энергии.

2. Какое выражение характеризует баланс системы электроснабжения по активной мощности?

а. $P_{Г} = P_{\text{потр}} + P_{\text{с.н}} + \Delta P$;

б. $P_{\text{потр}} = P_{\text{с.н}} + \Delta P$;

в. $P_{Г} = P_{\text{потр}}$,

где $P_{Г}$ – произведенная источником питания активная мощность, $P_{\text{потр}}$ – потребленная активная мощность, $P_{\text{с.н}}$ – расход электроэнергии на собственные нужды системы электроснабжения, ΔP – потери активной мощности.

3. Для каких уровней системы электроснабжения справедливо выполнения баланса по активной и реактивной мощности?

- а.* Только для уровня генерации;

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 103 из 116

- б. Для всех без исключения;
- в. Для уровня районной электрической сети.

4. Сколько уровней выделяют в общем случае в системе электроснабжения промышленного предприятия?

- а. 2;
- б. 4;
- в. 6.

5. На какие категории по надежности делятся электроприемники?

- а. I, II, III;
- б. I, особая, II, III;
- в. I, II, особая.

6. К какой категории по надежности относятся потребители, характеризующиеся как «перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, предприятию, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса и др.»?

- а. I;
- б. II;
- в. III;
- г. Особая.

7. К какой категории по надежности относятся потребители, характеризующиеся как «перерывы в электроснабжении которых приведут к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта»?

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 104 из 116

- а. I;*
- б. II;*
- в. III;*
- г. Особая.*

8. К какой категории по надежности относятся потребители, характеризующиеся как «бесперебойная работа которых необходима для безаварийной остановки производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего оборудования»?

- а. I;*
- б. II;*
- в. III;*
- г. Особая.*

9. Потребители какой категории по надежности должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых ИП, перерыв в электроснабжении которых допустим на время, необходимое для включения резервного питания дежурным персоналом или выездной оперативной бригадой?

- а. I;*
- б. II;*
- в. III;*
- г. Особая.*

10. По какому критерию характеризуется продолжительный режим работы электроприемников?

- а. Температура частей машины или аппарата не превышает длительно допустимую;*

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 105 из 116

б. Температура машины или аппарата во время работы не достигает длительно допустимого значения, а во время остановки охлаждается до температуры окружающей среды;

в. Кратковременные рабочие режимы машины или аппарата сменяются кратковременными периодами отключения, при этом нагрев не превышает длительно допустимой температуры, а охлаждение не достигает температуры окружающей среды.

11. По какому критерию характеризуется режим кратковременных нагрузок работы электроприемников?

а. Температура частей машины или аппарата не превышает длительно допустимую;

б. Температура машины или аппарата во время работы не достигает длительно допустимого значения, а во время остановки охлаждается до температуры окружающей среды;

в. Кратковременные рабочие режимы машины или аппарата сменяются кратковременными периодами отключения, при этом нагрев не превышает длительно допустимой температуры, а охлаждение не достигает температуры окружающей среды.

12. По какому критерию характеризуется режим повторно-кратковременных нагрузок работы электроприемников?

а. Температура частей машины или аппарата не превышает длительно допустимую;

б. Температура машины или аппарата во время работы не достигает длительно допустимого значения, а во время остановки охлаждается до температуры окружающей среды;

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 106 из 116

в. Кратковременные рабочие режимы машины или аппарата сменяются кратковременными периодами отключения, при этом нагрев не превышает длительно допустимой температуры, а охлаждение не достигает температуры окружающей среды.

13. Какой коэффициент характеризует отношение максимальной нагрузки на интервале времени T к средней?

- а. Коэффициент максимума;
- б. Коэффициент использования;
- в. Коэффициент спроса;
- г. Коэффициент формы графика нагрузки.

14. Какой коэффициент характеризует отношение средней мощности за наиболее загруженную смену к установленной мощности?

- а. Коэффициент максимума;
- б. Коэффициент использования;
- в. Коэффициент спроса;
- г. Коэффициент формы графика нагрузки.

15. Какой коэффициент характеризует отношение максимальной нагрузки к установленной?

- а. Коэффициент максимума;
- б. Коэффициент использования;
- в. Коэффициент спроса;
- г. Коэффициент формы графика нагрузки.

16. Какой коэффициент характеризует отношение среднеквадратичного тока (или среднеквадратической полной мощности)

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 107 из 116

приемника за определенный период времени к среднему значению его за тот же период времени?

- а.* Коэффициент максимума;
- б.* Коэффициент использования;
- в.* Коэффициент спроса;
- г.* Коэффициент формы графика нагрузки.

17. Какой коэффициент характеризует отношение средней активной мощности к максимальной за исследуемый период времени?

- а.* Коэффициент максимума;
- б.* Коэффициент использования;
- в.* Коэффициент заполнения графика нагрузки;
- г.* Коэффициент формы графика нагрузки.

18. Какой коэффициент характеризует отношение суммарного расчетного максимума активной мощности узла системы электроснабжения к сумме расчетных максимумов активной мощности отдельных групп приемников, входящих в данный узел системы электроснабжения?

- а.* Коэффициент разновременности максимумов активных нагрузок;
- б.* Коэффициент использования;
- в.* Коэффициент заполнения графика нагрузки;
- г.* Коэффициент формы графика нагрузки.

19. Какой диапазон напряжений указан неверно?

- а.* ВН – 110 кВ и выше;
- б.* СНI – 35-60 кВ;
- в.* СНII – 3-20 кВ;
- г.* НН – до 1 кВ.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 108 из 116

20. Какой уровень напряжения характерен для районных распределительных электрических сетей?

- а.* (35) 110 - 220 кВ;
- б.* 330 кВ и выше;
- в.* (6) 10 – 35 кВ.

21. С какой целью в системах электроснабжения стремятся максимально приблизить высокое напряжение к потребителю?

- а.* Уменьшение капитальных затрат в систему электроснабжения;
- б.* Уменьшение потерь электроэнергии;
- в.* Упрощение схемы электроснабжения.

22. Каково нормально допустимое значение установившегося отклонения напряжения?

- а.* $\pm 2,5\%$;
- б.* $\pm 3\%$;
- в.* $\pm 5\%$.

23. Каково предельно допустимое значение установившегося отклонения напряжения?

- а.* $\pm 5\%$;
- б.* $\pm 6\%$;
- в.* $\pm 10\%$.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 109 из 116

24. Какой коэффициент загрузки рекомендуется применять для силовых трансформаторов распределительных ТП при преобладании нагрузок II-категории на двухтрансформаторных ТП?

а. $K_3 = 0,65-0,7;$

б. $K_3 = 0,7-0,8;$

в. $K_3 = 0,9-0,95.$

25. Какой коэффициент загрузки рекомендуется применять для силовых трансформаторов распределительных ТП при преобладании нагрузок II-категории на двухтрансформаторных ТП и взаимном резервировании на вторичном напряжении?

а. $K_3 = 0,65-0,7;$

б. $K_3 = 0,7-0,8;$

в. $K_3 = 0,9-0,95.$

26. Какой коэффициент загрузки рекомендуется применять для силовых трансформаторов распределительных ТП при преобладании нагрузок II-категории и наличии складского резерва трансформаторов, а также при нагрузках III-категории?

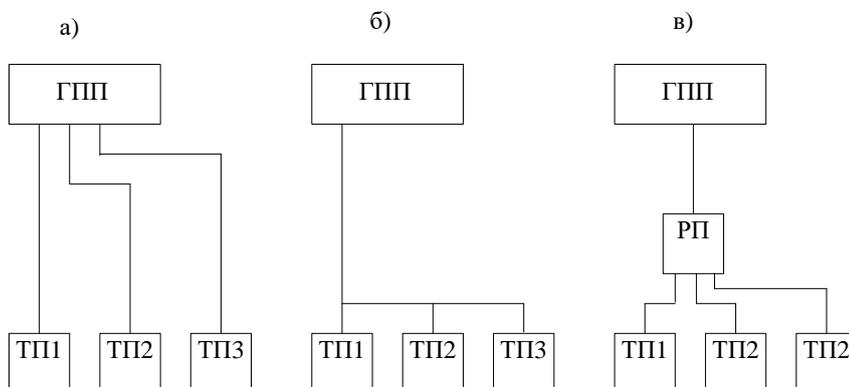
а. $K_3 = 0,65-0,7;$

б. $K_3 = 0,7-0,8;$

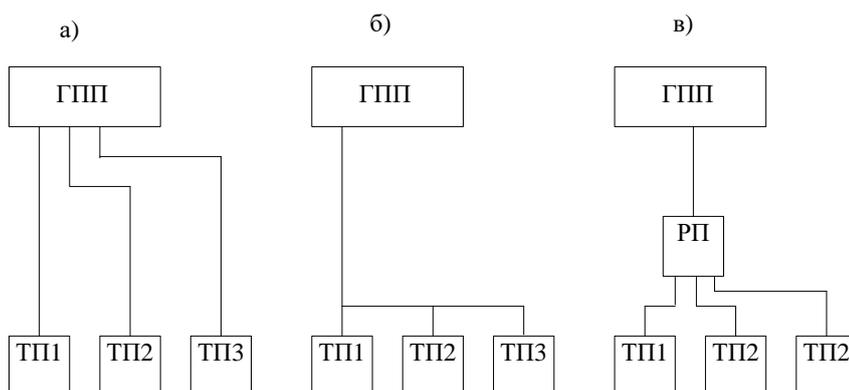
в. $K_3 = 0,9-0,95.$

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 110 из 116

27. Какая схема питания является радиальной?



28. Какая схема питания является магистральной?



29. В каких случаях предпочтительнее использовать радиальную схему питания?

- Расположение потребителей по разные стороны от центра питания;
- Расположение потребителей по одну сторону от центра питания;
- Наличие в схеме промежуточных РП.

30. В каких случаях предпочтительнее использовать магистральную схему питания?

- Расположение потребителей по разные стороны от центра питания;
- Расположение потребителей по одну сторону от центра питания;
- Наличие в схеме промежуточных РП.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 111 из 116

31. По какому критерию выбирается местоположение ТП?

- а. Максимальное приближение к наиболее мощному потребителю;
- б. Максимальное приближение к центру электрических нагрузок;
- в. Максимальное приближение к высоковольтным потребителям.

32. Каким образом определяются технические потери электроэнергии?

- а. По разности показаний приборов учета, фиксирующих отпуск электроэнергии в сеть и отпуск потребителям;
- б. Расчетным путем;
- в. Регламентируются нормативными документами.

33. Каким образом определяются фактические потери электроэнергии?

- а. По разности показаний приборов учета, фиксирующих отпуск электроэнергии в сеть и отпуск потребителям;
- б. Расчетным путем;
- в. Регламентируются нормативными документами.

34. К каким составляющим технологических потерь электроэнергии относится расход на собственные нужды подстанций?

- а. Условно постоянные;
- б. Условно переменные;
- в. Метрологические.

35. Каким образом определяются коммерческие потери электроэнергии?

- а. По разности фактических и технологических потерь;

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 112 из 116

б. Расчетным путем;

в. Регламентируются нормативными документами.

36. Какова связь нагрузочных потерь в базовом периоде и периоде регулирования?

$$a. \Delta W_{н.р} = \Delta W_{н.б} \left(\frac{W_{oc.p}}{W_{oc.б}} \right);$$

$$б. \Delta W_{н.р} = \Delta W_{н.б} \left(\frac{W_{oc.б}}{W_{oc.p}} \right)^2;$$

$$в. \Delta W_{н.р} = \Delta W_{н.б} \left(\frac{W_{oc.p}}{W_{oc.б}} \right)^2.$$

37. Каково предельное значение сопротивления заземляющего устройства в сетях с глухозаземленной нейтралью до 1 кВ?

а. 2, 4, 8 Ом при линейных напряжениях 660, 380, 220 В соответственно;

б. 10 Ом;

в. 2, 6, 10 Ом при линейных напряжениях 660, 380, 220 В соответственно.

38. Каково предельное значение сопротивления заземляющего устройства в сетях с изолированной нейтралью выше 1 кВ?

а. 0,5 Ом;

б. 10 Ом;

в. 4 Ом.

39. Каково предельное значение сопротивления заземляющего устройства в сетях с эффективно заземленной нейтралью выше 1 кВ?

а. 0,5 Ом;

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 113 из 116

б. 10 Ом;

в. 4 Ом.

40. При увеличении расстояния между вертикальными электродами заземляющего устройства их коэффициент использования:

а. Остается неизменным;

б. Уменьшается;

в. Увеличивается.

41. В сетях с каким режимом нейтрали допустима работа при однофазном замыкании на землю?

а. С изолированной нейтралью, но не более двух часов;

б. С глухозаземленной нейтралью, но не более двух часов;

в. В любых, но не более двух часов.

42. Что ограничивает область применения режима с изолированной нейтралью сетями с напряжением 35 кВ и ниже?

а. Требования по электробезопасности обслуживающего персонала;

б. Стоимость изоляции электроустановок;

в. Значение тока замыкания на землю.

43. С какой целью из перечисленных производится компенсация реактивной мощности у потребителей?

а. Экономия топлива на электростанциях;

б. Увеличение пропускной способности элементов систем электроснабжения;

в. Минимизация капитальных затрат на генерирующие мощности электростанций.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 114 из 116

44. В чем недостаток применения батарей конденсаторов в качестве источника реактивной мощности?

- а. Высокий расход активной мощности на выработку реактивной;
- б. Отсутствие возможности плавного регулирования объемов вырабатываемой мощности;
- в. Шум при работе.

45. В чем недостаток применения синхронных машин в качестве источника реактивной мощности?

- а. Высокий расход активной мощности на выработку реактивной;
- б. Отсутствие возможности плавного регулирования объемов вырабатываемой мощности;
- в. Неремонтопригодность.

46. При каком способе установки конденсаторных батарей их коэффициент использования наибольший?

- а. Индивидуальный;
- б. Групповой;
- в. Централизованный.

47. Какая проверка не производится при выборе сечения проводников кабельных линий?

- а. По допустимому нагреву;
- б. По условиям короны;
- в. По допустимой потере напряжения.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 115 из 116

48. На какое действие токов короткого замыкания не проверяются проводники и оборудование?

- а.* Электродинамическое;
- б.* Термическое;
- в.* По длительности.

49. Какова допустимая потеря напряжения в проводниках линий электропередач?

- а.* $\Delta U_{\text{д}} = 5\%$;
- б.* $\Delta U_{\text{д}} = 6\%$;
- в.* $\Delta U_{\text{д}} = 10\%$.

50. Каково предельно допустимое отклонение частоты от номинального значения?

- а.* $\pm 0,4$ Гц;
- б.* $\pm 0,2$ Гц;
- в.* $\pm 0,1$ Гц.

51. Каково нормально допустимое отклонение частоты от номинального значения?

- а.* $\pm 0,4$ Гц;
- б.* $\pm 0,2$ Гц;
- в.* $\pm 0,1$ Гц.

52. Для каких целей используются приборы расчетного учета?

- а.* Для внутриобъектного учета расхода и потребления электроэнергии;
- б.* Для взаиморасчетов субъектов оптового рынка электроэнергии;

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
Рабочая программа учебной дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Профиль «Электроснабжение»			
Разработчики: доцент Д.Г. Туркин	Идентификационный номер: УМКД.19.22(55)-13.03.02 - Б1.В.ОД.10 - 2017	Контрольный экземпляр находится на кафедре электроэнергетики и электротехники	Лист 116 из 116

в. Для отчета о режиме электропотребления перед вышестоящей энергоснабжающей организацией.

53. Предельный класс точности трансформаторов тока для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии:

а. 0,5;

б. 1,0;

в. 2,0.

54. Предельный класс точности трансформаторов напряжения для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии:

а. 0,5;

б. 1,0;

в. 2,0.

55. Предельный класс точности расчетных счетчиков электроэнергии:

а. 0,5;

б. 1,0;

в. 2,0.