**АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК - Б1.Б.1**

**Целью освоения дисциплины является** изучение грамматического строя иностранного языка и лексики общетехнической направленности.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая дисциплина блока 1 по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Количество зачетных единиц - 7.

**Содержание разделов: 1 семестр.** Причастие: формы и функции. Причастие в функции определения. Причастие в функции обстоятельства и обстоятельный (зависимый) причастный оборот. Независимый причастный оборот в начале предложения. Независимый причастный оборот в конце предложения. Герундий: формы и функции. Сложный герундиальный оборот. Сложный герундиальный оборот в функции подлежащего. Инфинитив: формы и функции. Субъектный инфинитивный оборот с глаголами в пассиве, как признак оборота. Субъектный инфинитивный оборот с глаголами исключения. Субъектный инфинитивный оборот с глаголами. Объектный инфинитивный оборот. Объектный инфинитивный оборот с глаголами. Объектный инфинитивный оборот с глаголами ощущения (to see, to feel, to notice, to hear etc.). Устные темы: About Myself. Native Town. Russia. **2 семестр.** Придаточные предложения, определение: глагольные формы, оканчивающиеся на –ed, стоящие подряд. Условные придаточные предложения 1, 2. 3 типов и с инверсией. Местоимения в неопределенно-личных предложениях. Местоимение it. Неполные обстоятельственные предложения времени и условия. Бессоюзное подчинение придаточных определительных предложений. Страдательный (пассивный) залог и его особенности. Глагольные формы, оканчивающиеся на –ed, стоящие подряд. Устные темы: My Institute and my future profession. Great Britain. The USA.

**АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК (немецкий) - Б1.Б.1**

**Цель освоения дисциплины:** изучение грамматического строя иностранного языка и лексики общетехнической направленности.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая дисциплина подготовки бакалавров по направлению 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника.

Количество зачетных единиц - 7

**Содержание разделов: 1 семестр.** Вспомогательные глаголы haben;sein;werden.Употребление и спряжение вспомогательных глаголов. Употребление и спряжение модальных глаголов. Основные формы модальных глаголов. Модальные глаголы в Präsens и Präteritum Система временных форм в немецком языке.Временные формы Aktiv. Спряжение сильных и слабых глаголов во всех временных формах Aktiv. Устная тема: Das Studium**.** Все виды придаточных предложений Придаточные предложения дополнительные, цели, времени, места, следствия. Придаточные предложения условные союзные и бессоюзные Порядок слов в придаточных предложениях. Устная тема Meine Heimstadt**.** Употребление и правила перевода. Безличный пассив и его применение в технической литературе. Passiv- страдательный залог. Инфинитив пассив с модальными глаголами, образование пассива, перевод. Конструкция sein + причастие11, временные формы конструкции и употребление. **2 семестр.** Определение инфинитивной группы. Правила перевода инфинитивной группы. Инфинитивные обороты с um…zu, statt…zu, ohne…zu. Правила их перевода. Модальные конструкции haben + zu+ Infinitiv, sein + zu + Infinitiv , sich lassen + Infinitiv употребление этих конструкций, особенности употребления и перевод.Местоимение es и его функции.Устная тема Meine freie Zeit**.** Причастие: Причастие 1 и причастие 11 в качестве определения. Распространенное определение конструкция распространенного определения, правила перевода. Обособленные причастные обороты. Причастный оборот с причастием I и причастием II правила перевода.Многофункциональность лексических единиц.Устная тема: Mein Arbeitstag**.** Konjunktiv, различные функции употребления.Konjunktiv в технической литературе.Устная тема Deutschland und deutschsprachige Länder.

**Аннотация дисциплины**

ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК **(французский)**

**Б1.Б.1**

**Цель дисциплины:** изучение грамматического строя иностранного языка и лексики общетехнической направленности.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая дисциплина блока 1 по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Количество зачетных единиц – 7.

**Содержание разделов:** Глагол. Типы спряжения. Изъявительное наклонение. Положительная и отрицательная форма глагола. Повелительное наклонение. Образование и употребление времен Présent de ľindicatif, Futur Simple, Futur immédiat, Future dans le passé, Рassé сomposé, Passé simple, Imparfait, Plus-que-Рarfait, Рassé immédiat Употребление глаголов, спрягающихся с глаголом être в сложных временах. Согласование времен изьявительного наклонения. Устная тема: Мa famille. Активная и пассивная форма глагола. Употребление предлогов «par», «de». Спряжение глаголов в пассивной форме. Adjectif «certain». Устная тема: Mes études. Participe passé, participe présent ,participe passé composé,gérondif, Adjectif verbal. Устная тема: Ma journée de travail. Условное наклонение. Образование и употребление Conditionnel Présent. Образование и употребление Conditionnel Passé. Употребление времен Conditionnel после союза «si». Устная тема: Ma journée de repos. Construction participe. Proposition participe absolue. Proposition infinitive. Infinitif passé. Pronoms indefinis et demonstratifs. Ограничительные обороты «ne…que». Усилительные обороты «c’est…qui; c’est…que, ce sont…qui, ce sont …que». Устная тема: Paris. Образование и употребление Subjonctif présent, Subjonctif passé. Pronom relatif simple Pronoms relatifs-objets. Pronoms relatifs composés «lequel», «duquel», «auquel». «Y» – pronom et adverbe. «En» – pronom et adverbe. Устная тема: La France.

**Аннотация дисциплины**

***История - Б1.Б.2***

**Цель дисциплины:** изучение закономерностей и особенностей исторического прошлого человечества на основе систематизированных знаний об истории России, ее места и роли в мировом историческом процессе.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина относится к базовой части блока Б 1 по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника Количество зачетных единиц – 4.

**Содержание разделов.** История как наука. Традиции отечественной историографии. Специфика российского исторического процесса. Древнерусская государственность в IX – XIII вв.  Золотоордынское иго. Государственная централизация в европейской истории и истории цивилизаций Востока. Московская модель централизации. Эпоха Ивана Грозного в российской историографии. XVII вв. в мировой и отечественной истории. Причины, сущность и последствия Смуты. Внутренняя и внешняя политика первых Романовых. Российская империя и мир в XVIII – XIX в.Петр I и модернизация российского общества. «Просвещенный абсолютизм» Екатерины II.Реформы и контрреформы XIX вв. Основные направления общественной мысли и общественные движения в России. Мир и Россия в конце XIX – начале ХХ вв. Реформаторство С.Ю.Витте и П.А.Столыпина. Российская многопартийность и парламентаризм в деятельности I-IV Государственной думы. Первая мировая война и революционные потрясения России 1917 г. Опыт социалистического строительства в Советской России – СССР. «Сталинская модель социализма». Решающий вклад Советского Союза в разгром германского фашизма. Мировое сообщество и СССР во второй половине 1940-х - первой половине 1980-х гг.: «апогей сталинизма», «оттепель» Н.С.Хрущева, «брежневский застой». «Перестройка» М.С.Горбачева как попытка «совершенствования социализма». Россия и мир в 1990-е гг. и в первом десятилетии XXI в. Президентство Б.Н.Ельцина. Модернизация общественно-политических и экономических отношений. Президентство В.В.Путина и Д.А.Медведева. Деятельность Государственной думы. Политические партии и общественные движения современной России. Внешняя политика РФ: многополярный мир и выработка новых ориентиров.

**Аннотация дисциплины**

***Философия - Б1.Б.3***

**Цель освоения дисциплины**

Целью изучения философии является выработка философского мировоззрения, способности к методологическому анализу социокультурных и научных проблем.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина относится к базовой части блока 1 по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц – 4.

**Содержание разделов дисциплины.** Философия, мировоззрение, культура. Структура философского знания. Философия Древнего Востока. Античная философия.Философия средних веков. Философия и религия. Вера и знание. Философия Нового времени. Ф.Бэкон и Р.Декарт. Т.Гоббс, Д.Локк, Б.Спиноза, Г.Лейбниц. Классическая немецкая философия. Теория познания и этика И.Канта. Иррационализм в философии. Философия жизни. Шопенгауэр и Ницше. Марксистская философия и современность. Философия К.Маркса: диалектический и исторический материализм, проблема отчуждения. Отечественная философия. Славянофилы и западники. Русский космизм. В.Соловьев. Н.Бердяев. Прагматизм. Экзистенциализм. Герменевтика. Постмодернизм. Неомарксизм и постмарксизм Учение о бытии. Монистические и плюралистические концепции бытия, самоорганизация бытия. Понятия материального и идеального. Пространство, время. Движение и развитие, диалектика. Детерминизм и индетерминизм. Динамические и статистические закономерности. Научные, философские и религиозные картины мира. Научное и ненаучное знание. Критерии научности. Структура научного познания, его методы и формы. Рост научного знания. Научные революции и смены типов рациональности. Наука и техника. Сознание и познание. Сознание, самосознание и личность. Познание, творчество, практика. Вера и знание. Понимание и объяснение. Рациональное и иррациональное в познавательной деятельности. Проблема истины. Действительность, мышление, логика и язык. Человек, общество, культура. Человек и природа. Общество и его структура. Гражданское общество и государство. Формационная и цивилизационная концепции общественного развития. Философия культуры. Человек в системе социальных связей. Человек и исторические процесс; личность и массы, свобода и необходимость Смысл человеческого бытия. Насилие и ненасилие. Свобода и ответственность. Мораль, справедливость, право. Нравственные ценности. Представления о совершенном человеке в различных культурах. Эстетические ценности и их роль в человеческой жизни. Религиозные ценности и свобода личности. Будущее человечества. Глобальные проблемы современности. Взаимодействие цивилизаций и сценарии будущего.

**Аннотация дисциплины**

***Высшая математика - Б1.Б.4***

**Цель дисциплины:** является закладка математического фундамента как средства изучения окружающего мира, а также овладение инструментом и необходимой базой знаний для успешного освоения дисциплин естественнонаучного и профессионального циклов по профилю специальности и развития практических навыков в решении задач, возникающих в инженерных расчётах.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина относится к базовой части блока 1 по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц – 26.

**Содержание разделов.**

**1 семестр**.

Матрицы. Действия с ними. Определители и их свойства. Обратная матрица.

Собственные векторы и собственные значения. Диагонализация матриц. Жорданова форма. Метод Гаусса решения систем уравнений. Правило Крамера.

Линейное пространство. Линейная зависимость. Общая теория систем линейных алгебраических уравнений. Пространство решений, фундаментальная система решений. Евклидово пространство. Линейные операторы. Свойства, ранг, дефект.

Системы координат: декартова, полярная, цилиндрическая, сферическая. Скалярное, векторное, смешанное произведения и их приложение. Криволинейные и ортогональные системы координат. Виды задания кривой и поверхности. Прямая и плоскость в пространстве.

Теория квадратичных форм. Кривые 2 порядка. Поверхности 2 порядка.

Множества, операции над ними. Понятие функции. Предел функции в точке. Свойства пределов. Непрерывные функции в точке. Свойства непрерывных функций. Асимптотические разложения. Бесконечно большие функции и их связь с бесконечно малыми. Точки разрыва, их классификация. Асимптоты.

Понятие производной. Уравнение касательной и нормали к кривой. Дифференциал. Производные высших порядков. Возрастание и убывание функции в точке. Локальный экстремум. Теоремы Ролля, Коши и Лагранжа. Правило Лопиталя. Выпуклость функции. Достаточные условия выпуклости функции. Точки перегиба. Полное исследование функции. Формула Тейлора. Параметрически заданные функции. Построение графиков функций.

Первообразная. Неопределённый интеграл и его свойства. Интегрирование по частям и замена переменной в неопределённом интеграле. Методы интегрирования функций различного типа. Определённый интеграл и его геометрический смысл. Интеграл с переменным верхним пределом. Формула Ньютона-Лейбница. Приложения определённого интеграла: площадь, длина дуги (криволинейный интеграл первого рода), объём тела вращения и другие. Несобственный интеграл с бесконечным пределом. Абсолютная и условная сходимость. Теоремы сравнения. Несобственный интеграл от неограниченной функции.

Комплексные числа, модуль и аргумент комплексного числа, различные формы записи. Действия над комплексными числами.

**2 семестр.**

Функции нескольких переменных. Предел, непрерывность. Дифференцируемость функции нескольких переменных. Производная по направлению, градиент. Существование и дифференцируемость неявной функции. Касательная плоскость и нормаль к поверхности. Частные производные и дифференциалы высших порядков. Формула Тейлора для функции нескольких переменных. Локальный экстремум функции нескольких переменных. Наибольшее и наименьшее значение функции нескольких переменных на замкнутом ограниченном множестве. Условный экстремум. Метод множителей Лагранжа.

Кратные (двойные и тройные) интегралы. Вычисление площадей, объемов, приложения кратных интегралов в механике. Двойной интеграл в полярных координатах. Тройной интеграл в цилиндрических и сферических координатах. Площадь поверхности. Поток векторного поля через поверхность, его физический смысл. Формула Остроградского–Гаусса. Дивергенция векторного поля, ее физический смысл. Криволинейный интеграл второго рода. Свойства. Формула Грина. Циркуляция. Формула Стокса. Ротор векторного поля и его физический смысл. Потенциальное поле, условия потенциальности. Интеграл в потенциальном поле.

Числовая последовательность и ее предел. Свойства числовых последовательностей.

Ряды с положительными членами. Признаки сравнения. Признаки: Даламбера, Коши; интегральный признак Коши. Знакопеременные и знакочередующиеся ряды. Абсолютная и условная сходимость. Теорема Лейбница. Функциональные ряды. Область сходимости. Равномерная сходимость. Признак Вейерштрасса. Степенные ряды. Теорема Абеля. Ряд Тейлора. Разложение элементарных функций в степенной ряд. Ряды Фурье. Тригонометрический ряд Фурье. Условия сходимости и свойства суммы.

**3 семестр**

**Содержание разделов:**

Дифференциальные уравнения, основные понятия. Задача Коши. Теорема существования и единственности решения задачи Коши. Поле направлений. Метод изоклин. Основные типы уравнений первого порядка. Дифференциальные уравнения, допускающие понижение порядка. Линейные дифференциальные уравнения высшего порядка Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Характеристическое уравнение. Построение фундаментальной системы решений однородного уравнения. Нормальная система дифференциальных уравнений, её решение. Метод Эйлера. Неоднородные системы. Устойчивость (по Ляпунову) решений дифференциальных уравнений и систем. Асимптотическая устойчивость. Предельные циклы. Автономные системы второго порядка. Точки покоя. Комплексные числа и действия над ними. Числовые ряды в комплексной области. Понятие функции комплексного переменного. Предел, непрерывность. Основные функции комплексного переменного. Производная функции комплексного переменного. Аналитическая функция и ее свойства. Ряд Тейлора и ряд Лорана. Нули аналитических функций. Изолированные особые точки, их классификация. Интеграл от функции комплексного переменного. Интегральная формула Коши. Вычет. Теорема Коши о вычетах. Вычисление интегралов. Преобразование Лапласа, его свойства. Применение преобразования Лапласа к решению линейных дифференциальных уравнений и систем. Интеграл Лебега. Пространство интегрируемых функций. Норма. Ортогональные системы функций. Ряд по ортогональной системе функций. Ряд Фурье в комплексной форме. Преобразование Фурье и его свойства. Основные этапы решения инженерной задачи на компьютере. Процесс создания математической модели. Вычислительный эксперимент. Современное математическое обеспечение для решения инженерных задач. Общая характеристика математических пакетов. Источники и классификация погрешностей. Приближённые числа. Абсолютная и относительная погрешности. Особенности машинной арифметики. Погрешности арифметических операций. Погрешность функции одного и нескольких аргументов. Корректность и обусловленность вычислительной задачи. Примеры некорректных задач. Постановка задачи численного решения нелинейного уравнения. Локализация корня. Обусловленность задачи. Метод бисекции. Метод простых итераций. Метод Ньютона и его модификации. Постановка задачи численного решения нелинейной системы. Метод простых итераций. Метод Ньютона. Основные численные задачи линейной алгебры. Норма вектора. Норма матрицы. Постановка задачи численного решения системы линейных алгебраических уравнений. Обусловленность задачи решения системы линейных алгебраических уравнений. Оценка числа обусловленности матрицы системы. Метод простых итераций. Метод Зейделя. Постановка численной задачи вычисления собственных значений и собственных векторов матрицы. Обусловленность задачи. Степенной метод. Постановка задачи приближения функций. Интерполяция. Интерполяция многочленами. Многочлен Лагранжа. Погрешность интерполяции. Наилучшее равномерное приближение. Многочлены Чебышёва. Интерполяция сплайнами. Кубический сплайн. Метод наименьших квадратов. Постановка задачи приближённого вычисления определённого интеграла. Простейшие квадратурные формулы. Оценка погрешности. Автоматический выбор шага. Численное дифференцирование. Постановка задачи о приближённом решении задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Основные понятия и определения. Классификация методов. Метод Эйлера. Методы прогноза и коррекции. Методы Рунге-Кутты. Многошаговые методы. Методы Адамса. Решение задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

**Аннотация дисциплины**

**Физика – Б2.Б.5**

**Цель дисциплины:** изучение основных физических объектов, явлений и законов.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая дисциплина блока 1 по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц – 14.

**Содержание разделов:**

**1 семестр**

*1. Физические основы механики*

Предмет физики. Элементы физических знаний. Фундаментальные взаимодействия. Классификация элементарных частиц.

Предмет механики. Основные понятия механики: пространство и время, механическое движение, механическая система, замкнутая (изолированная) система, материальная точка, абсолютно твёрдое тело, система отсчёта. Свойства пространства-времени и законы сохранения. Механический принцип относительности. Различие и границы применимости классической и релятивистской механики, классической и квантовой механики.

Предмет кинематики. Радиус-вектор. Кинематический закон движения материальной точки. Траектория. Путь. Кинематические параметры: перемещение, скорость, ускорение. Обратная задача кинематики точки. Частные случаи движения материальной точки: равномерное и равноускоренное движение. Характеристики криволинейного движения: радиус кривизны траектории, нормальное и тангенциальное ускорение.

Виды движения твёрдого тела: поступательное, вращение вокруг неподвижной оси, сферическое, плоское. Угловые кинематические параметры: угловое перемещение, скорость, ускорение; частота, период вращения. Связь угловых и линейных кинематических параметров.

Предмет динамики. Законы Ньютона. Сила. Линия действия силы, силовая линия, равнодействующая (главный вектор), принцип независимости действия сил. Инерциальные системы отсчёта. Инертность. Масса. Внутренние и внешние силы. Центр масс механической системы. Теорема о движении центра масс. Гравитационная сила, сила упругости, сила сухого трения (трения скольжения и трения покоя). Кинематические связи: координатная связь, невесомая и нерастяжимая нить. Импульс материальной точки, механической системы. II закон Ньютона в дифференциальной форме.

Момент силы относительно точки, оси. Момент инерции тела относительно точки, оси. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Основное уравнение динамики вращательного движения. Качение без проскальзывания. Мгновенная ось вращения. Момент импульса твёрдого тела относительно оси. Основное уравнение динамики вращательного движения в дифференциальной форме.

Закон сохранения импульса. Условия сохранения импульса механической системы.

Момент импульса материальной точки относительно точки, оси; механической системы. Закон сохранения момента импульса.

Кинетическая энергия материальной точки; механической системы, твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси; твёрдого тела, совершающего плоское движение (теорема Кёнига). Работа, мощность. Работа при вращательном движении твёрдого тела. Теорема об изменении кинетической энергии. Потенциальное поле. Потенциальные и непотенциальные силы. Потенциальная энергия материальной точки, механической системы. Связь силы и потенциальной энергии. Механическая энергия. Закон сохранения механической энергии. Консервативные и диссипативные силы. Абсолютно упругий, абсолютно неупругий удар.

*2. Элементы специальной теории относительности*

Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Относительность одновременности, относительность длин и промежутков времени, интервал между двумя событиями и его инвариантность. Релятивистский закон сложения скоростей.

Динамика материальной точки. Релятивистский импульс. Релятивистское уравнение динамики материальной точки. Кинетическая энергия. Закон взаимосвязи массы и энергии. Вектор энергии-импульса.

*3. Основы молекулярной физики и термодинамики*

Предмет термодинамики и статистической физики. Постулаты молекулярно-кинетической теории. Взаимодействие молекул. Количество вещества. Молярная масса.

Термодинамическая система (макросистема). Микропараметры и макропараметры. Статистический и термодинамический методы исследования макросистем. Стохастическая система. Микросостояние и макросостояние термодинамической системы. Равновесное состояние. Термодинамический процесс. Равновесный, квазистатический процесс. Уравнение состояния.

Модель идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Газовые законы. Закон Дальтона. Основное уравнение МКТ идеального газа для давления, энергии. Молекулярно-кинетический смысл абсолютной температуры. Энергетическая температура. Среднеквадратичная скорость молекулы идеального газа.

Внутренняя энергия термодинамической системы. Внутренняя энергия идеального газа. Число степеней свободы молекулы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы. Работа газа. Количество теплоты. Теплоёмкость системы, удельная и молярная теплоёмкость вещества. I начало термодинамики. Адиабатный процесс идеального газа. Уравнение Пуассона. Политропный процесс идеального газа (общий случай). Зависимость теплоёмкости газа от температуры. Ограниченность классической теории теплоёмкости газов.

Тепловой двигатель, его принципиальные части. КПД теплового двигателя. Холодильная машина. Обратимый термодинамический процесс. Цикл Карно. Теоремы Карно.

Неравенство Клаузиуса. Приведённая теплота. Энтропия как функция состояния термодинамической системы. Фазовое пространство в классической физике. Фазовая ячейка. Изобразительная точка. Термодинамическая вероятность (статистический вес). Статистический смысл энтропии. II начало термодинамики. Изменение энтропии в термодинамических процессах. III начало термодинамики.

Функция распределения, её свойства. Среднее, среднеквадратичное, наивероятнейшее значение случайной величины. Распределение молекул идеального газа по скоростям (распределение Максвелла) и по энергиям. Наивероятнейшая, средняя и среднеквадратичная скорости молекул идеального газа. Барометрическая формула. Распределение Больцмана. Распределение Максвелла-Больцмана.

Модель реального газа Ван-дер-Ваальса. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия реального газа. Изотермы реального газа – расчётные и экспериментальные. Критическое состояние. Диаграммы состояния вещества. Тройная точка. Фазовые переходы I и II рода. Теплота и удельная теплота фазового перехода.

Длина свободного пробега молекулы идеального газа. Неравновесные процессы. Кинетические явления (явления переноса): диффузия, теплопроводность, внутреннее трение. Эмпирические уравнения явлений переноса: закон Фика, закон Фурье, закон Ньютона для внутреннего трения. Коэффициенты диффузии, теплопроводности, вязкости, их выражения для идеального газа. Молекулярно-кинетическая теория явлений переноса.

*4. Электростатика*

Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Электромагнитное поле. Силовые характеристики электромагнитного поля: основные – напряжённость электрического поля, индукция магнитного поля; вспомогательные – электрическое смещение, напряжённость магнитного поля. Сила Лоренца. Принцип суперпозиции полей.

Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Материальные уравнения.

Электростатическое поле в вакууме. Закон Кулона. Теорема Остроградского-Гаусса для напряжённости электрического поля. Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле. Потенциал. Интегральная и дифференциальная связь напряжённости и потенциала электростатического поля. Эквипотенциальные поверхности.

Проводники и диэлектрики. Свободные и связанные заряды. Электрический диполь. Дипольный момент. Сила и момент сил, с которыми электростатическое поле действует на диполь. Энергия диполя в электрическом поле.

Электрическое поле в диэлектриках. Полярные и неполярные диэлектрики, электронная и ориентационная поляризация. Поляризованность. Поляризуемость молекулы. Диэлектрическая восприимчивость и относительная диэлектрическая проницаемость вещества. Связь поляризованности с поверхностными и объёмными связанными зарядами. Теорема Остроградского-Гаусса для электрического поля в диэлектриках: для поляризованности, напряжённости электрического поля и электрического смещения. Связь напряжённости электрического поля и электрического смещения в изотропном диэлектрике. Теорема Остроградского-Гаусса в дифференциальной форме. Условия на границе раздела двух диэлектриков.

Свойства электростатического поля в проводниках. Электрическая ёмкость уединённого проводника. Взаимная ёмкость двух проводников. Конденсатор. Ёмкость конденсатора. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов.

Энергия заряженного конденсатора. Объёмная плотность энергии электрического поля.

*5. Электромагнетизм*

Электрический ток. Сила и плотность тока. Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома в дифференциальной форме, обобщённый закон Ома для участка цепи. Удельная электропроводность, удельное сопротивление вещества. Электрическое сопротивление. Последовательное и параллельное соединение проводников. Правила Кирхгофа. Работа и удельная мощность тока. Закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной форме.

Постоянное магнитное поле в вакууме. Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции магнитной индукции. Магнитный поток. Теорема Остроградского-Гаусса для магнитной индукции. Векторный потенциал.

Действие магнитного поле на заряженные частицы и проводники с током. Закон Ампера. Момент сил Ампера. Магнитный момент. Энергия рамки (замкнутого проводника) с током в магнитном поле. Работа по повороту рамки с током, перемещению линейного проводника и контура с током в магнитном поле.

Электромагнитная индукция. Закон Фарадея-Максвелла. Правило Ленца. Вихревые токи. Самоиндукция. Индуктивность. Взаимная индукция. Коэффициент взаимной индукции.

Энергия замкнутого проводника с током. Энергия взаимодействия проводников с током. Объёмная плотность энергии электромагнитного поля.

Магнитное поле в веществе. Макротоки и микротоки. Намагниченность. Теорема о циркуляции магнитного поля в веществе: намагниченности, магнитной индукции и напряжённости магнитного поля. Магнитная восприимчивость и относительная магнитная проницаемость вещества. Связь магнитной индукции и напряжённости магнитного поля в изотропном магнетике (неферромагнетике). Условия на границе раздела двух магнетиков.

Магнитный момент атома. Спин. Гиромагнитное отношение орбитальных и спиновых моментов. Классификация магнетиков: парамагнетики, диамагнетики и ферромагнетики. Диамагнетизм. Ларморова прецессия. Парамагнетизм. Закон Кюри-Вейсса. Ферромагнетизм. Свойства ферромагнетиков: гистерезис, остаточное намагничивание, точка Кюри. Толкование свойств ферромагнетиков. Домены.

Колебания. Колебательная система. Свободные незатухающие, затухающие, вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний и его решение. Характеристики гармонических колебаний: амплитуда, циклическая частота, начальная фаза, период, частота. Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний и его решение. Амплитуда, условный период затухающих колебаний. Переменный ток. Импеданс. Резонанс токов и напряжений.

Волны. Уравнение бегущей волны. Волновой фронт; плоская, сферическая волна Поперечные и продольные волны. Гармоническая волна и её характеристики: амплитуда, циклическая частота, частота, период, начальная фаза, скорость распространения, длина волны, волновое число (волновой вектор). Уравнение бегущей гармонической волны. Волновое уравнение, его общее решение.

Волновое уравнение для электромагнитной волны. Скорость распространения электромагнитных волн в вакууме, в среде. Монохроматическая электромагнитная волна и её характеристики. Энергия электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойнтинга. Интенсивность электромагнитной волны. Шкала электромагнитных волн. Отражение и преломление электромагнитной волны на границе раздела диэлектриков. Абсолютный и относительный показатели преломления среды. Законы отражения и преломления. Формулы Френеля. Закон Брюстера.

*6. Физические основы волновой оптики*

Интерференция волн. Когерентные волны. Условия максимумов и минимумов при интерференции когерентных волн. Геометрическая и оптическая разность хода волн. Схема Юнга (разделение волнового фронта надвое). Интерференция в тонких плёнках: плоскопараллельная пластинка, тонкий клин, кольца Ньютона. Пространственная и временная когерентность. Время и длина когерентности. Критерий Рэлея.

Дифракция волн. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция света на одной щели, дифракционной решётке, круглом отверстии. Разрешающая способность оптических приборов.

**2 семестр**

**Содержание разделов:** Виды поляризации света: естественный, линейно поляризованный, частично поляризованный свет. Степень поляризации света. Идеальный и абсолютный поляризаторы. Закон Малю. Оптическая анизотропия. Двойное лучепреломление. Оптическая ось, главная плоскость двоякопреломляющего кристалла. Обыкновенная и необыкновенная волны. Методы получения поляризованного света: отражение волны от диэлектрика под углом Брюстера (стопа Столетова), двойное лучепреломление, дихроизм.

Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта. Рассеяние света. Закон Рэлея. Фазовая и групповая скорости света. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия. Классическая электронная теория дисперсии.

Корпускулярные свойства света. Масса и импульс фотона. Фотоэффект. Корпускулярно-волновой дуализм свойств света.

Корпускулярно-волновой дуализм свойств вещества. Гипотеза де Бройля. Соотношение неопределённостей Гейзенберга. Квантово-механическое описание движения микрочастицы. Волновая функция и её статистический смысл. Уравнение Шрёдингера. Стационарное состояние. Частица в одномерной потенциальной яме бесконечной глубины. Квантование энергии. Потенциальный барьер, туннельный эффект.

Квантовомеханическая модель атома водорода. Квантование энергии, момента импульса и проекции момента импульса электрона. Квантовые числа. Спектры излучения атома водорода. Спин электрона. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры.

Методы описания состояния макросистемы. Термодинамический метод. Статистический метод. Изображение состояния термодинамической системы в фазовом пространстве. Фазовые ячейки и их заполняемость. Критерий вырождения газа. Функция распределения и её физический смысл. Статистики Максвелла-Больцмана, Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.

Равновесное тепловое излучение. Фотонный газ. Абсолютно чёрное тело. Распределение Бозе-Эйнштейна. Подсчёт числа фотонов с энергией от *ε* до *ε* + *dε*. Формула Планка. Законы теплового излучения. Оптическая пирометрия.

Квантовая теория свободных электронов в металлах. Распределение Ферми-Дирака. Подсчёт числа частиц с энергией от *ε* до *ε* + *dε*. Энергия Ферми. Влияние температуры на распределение электронов. Теплоёмкость электронного газа. Электропроводность металлов.

Зонная теория проводимости твёрдого тела. Расщепление энергетических уровней атома при формировании кристаллической решётки твёрдого тела.

Разрешённые и запрещённые зоны. Валентная зона и зона проводимости. Деление твёрдых тел на проводники, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории твёрдых тел. Собственная и примесная проводимость полупроводников и её зависимость от температуры.

Контактные явления. Работа выхода. Внутренняя и внешняя контактная разность потенциалов. Вольтамперная характеристика полупроводникового диода. Внутренний фотоэффект. Солнечные батареи.

Газовый разряд. Несамостоятельная проводимость газов. Вольтамперная характеристика газоразрядной трубки. Самостоятельная проводимость газов: термоэлектронная, вторичная электронная, автоэлектронная эмиссия, ионизация электронным ударом (неупругий удар, неупругий удар I рода, неупругий удар II рода). Виды самостоятельного разряда: тлеющий, дуговой, искровой, коронный разряд. Тлеющий разряд, его структура.

Состав ядра. Нуклоны. Заряд, размер и масса ядра. Дефект масс и энергия связи ядра. Взаимодействие нуклонов и понятие о природе и свойствах ядерных сил.

Ядерные реакции. Реакция деления ядра. Цепкая ядерная реакция. Критическая масса. Проблемы ядерной энергетики. Реакция синтеза атомного ядра. Проблемы управляемой термоядерной реакции.

Фундаментальные взаимодействия. Классификация элементарных частиц. Атничастицы. Законы сохранения в физике элементарных частиц. Поколения лептонов и кварков. Взаимодействие кварков и образование адронов.

**Аннотация дисциплины**

**Химия – Б2.Б.6**

**Целью освоения дисциплины является** изучение общих законов и принципов химии направленное на успешное усвоение специальных дисциплин и формирование научного и инженерного мышления.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** базовая дисциплина блока 1 по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц – 5.

**Содержание разделов:**

Основные понятия и определения химии неорганической, органической и общей химии. Значение химии в изучении природы и развитии техники. Основные стехиометрические законы химии: закон постоянства состава, закон эквивалентов, закон кратных отношений.

Квантово-механическая модель атома. Двойственная природа электрона. Понятие атомной орбитали. Квантовые числа. Принципы распределение электронов в атоме. Строение многоэлектронных атомов. Периодический закон и система элементов Д.И. Менделеева, их связь с электронной структурой атомов. Энергия ионизации, энергия сродства к электрону, электроотрицательность, атомные радиусы, окислительно-восстановительные и кислотно-основные свойства. Периодическое изменение свойств атомов элементов и их соединений.

Основные типы химической связи. Ковалентная и ионная связи. Параметры и свойства связи. Метод валентных связей. Механизмы образования ковалентной связи: обменный, донорно-акцепторный. Гибридизация атомных орбиталей. Пространственная структура молекул. Метод Гиллеспи. Свойства молекул. Понятие о методе молекулярных орбиталей. Природа химической связи в комплексных соединениях. Структура и свойства комплексов. Межмолекулярные взаимодействия: Агрегатные состояния вещества. Химическое строение твердого тела. Аморфное состояние вещества. Кристаллические решетки. Химическая связь в твердых телах. Молекулярные, атомно-ковалентные, ионные кристаллы и их свойства. Металлическая связь и металлы. Кристаллы с несколькими типами связей и их свойства. Химическая связь в полупроводниках и диэлектриках. Реальные кристаллы.

Элементы химической термодинамики. Внутренняя энергия и энтальпия. Первый закон термодинамики. Энтальпии образования и сгорания веществ. Закон Гесса и его следствия. Уравнение Кирхгоффа. Термохимические расчеты. Энтропия как функция состояния системы. Энтропия химических реакций и фазовых переходов. Второй закон термодинамики для изолированных систем. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца химических реакций. Критерии возможности самопроизвольного протекания химических процессов. Энергия Гибсса образования веществ. Термодинамические расчёты. Уравнение изотермы Вант-Гоффа. Химическое равновесие. Термодинамические условия равновесия. Константы химического равновесия. Зависимость константы равновесия от температуры. Смещение равновесия, принцип Ле Шателье. Расчеты равновесного состава систем и выхода продуктов реакции. Равновесие в гетерогенных системах. Адсорбционное равновесие. Равновесие в растворах комплексных соединений. Основные понятия химической кинетики. Основной закон химической кинетики. Кинетические уравнения для реакций разных порядков. Особенности кинетики гетерогенных реакций. Влияние температуры на скорость реакций. Уравнение Аррениуса. Теория активированного комплекса. Каталитические процессы. Катализаторы. Гомогенный и гетерогенный катализ. Основы кинетики сложных реакций. Цепные реакции.

Дисперсность и дисперсные системы. Растворы. Способы выражения концентрации растворов. Растворимость. Растворимость газов в жидкостях, законы Генри-Дальтона. Растворимость жидкостей в жидкостях, закон распределения. Растворимость твердых веществ в жидкостях. Общие (коллигативные) свойства растворов. Термодинамика процессов растворения. Химические равновесия в растворах электролитов. Электролитическая диссоциация. Слабые электролиты. Константа диссоциации. Закон Оствальда. Сильные электролиты. Активность электролитов в водных растворах. Водородный показатель среды. Гидролиз солей. Степень и константа гидролиза. Малорастворимые электролиты. Произведение растворимости.

Окислительно-восстановительные процессы. Электрохимические процессы. Определение и классификация электрохимических процессов. Законы Фарадея. Термодинамика электродных процессов. Понятие об электродных потенциалах. Потенциалы металлических, газовых и окислительно-восстановительных электродов. Гальванические элементы, ЭДС и ее измерение. Уравнение Нернста. Кинетика электродных процессов. Электрохимическая и концентрационная поляризация. Электролиз расплавов и водных растворов электролитов. Практическое применение электролиза.

Коррозия. Виды коррозии. Электрохимическая коррозия. Термодинамика и кинетика электрохимической коррозии. Методы защиты металлов и сплавов от коррозии

**Аннотация дисциплины**

***Экология –* Б1.Б.7**

**Цель дисциплины:** изучение основных принципов сохранения качества окружающей среды.

**Место дисциплины в структуре ОПОП**: Дисциплина относится к базовой части блока 1 по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц – 3.

**Содержание разделов**:

Основные понятия экологии. Биосфера. Биогеоценоз. Техносфера. Ноосфера. Экологические факторы. Основные законы экологии. Структура и основные характеристики экологических систем: глобальных, региональных, локальных. Традиционные направления экологии - факториальная экология, популяционная экология, биогеоценология. Антропогенная экология как наука, изучающая экосистемы типа "чело­век -окружающая среда". Инженерная экология как наука об инженерных методах исследования и защиты экосистем типа "человек-окружающая среда". Антропогенные факторы - особоопасные, опасные и вредные, их общая характеристика. Влияние антропогенных факторов на человека и окружающую среду. Вероятностный характер антропогенных факторов, концепция риска. Основные экологические проблемы. Влияние ТЭС, ГЭС, АЭС, ветровой, солнечной, приливной и геотермальной электростанции на окружающую среду. Основные принципы и задачи промышленной токсикологии. Токсикологическое основы нормирования загрязняющих веществ в окружающей среде. Оценка вредных веществ. Токсичность. Опасность. Отдаленные эффекты. Концентрации. Дозы. Коэффициент кумуляции. Степень кумуляции. Экология атмосферы. Состав, строение и функции атмосферы. Антропогенные источники загрязнения воздуха. Нормирование содержания и поступления загрязняющих атмосферу веществ. Методы очистки промышленных выбросов в атмосферу. Экология гидросферы. Состав и запасы воды. Источники загрязнения воды. Нормирование содержания и поступления вредных веществ в водные объекты. Требования к сточным водам промышленных предприятий. Методы очистки воды. Экология литосферы. Антропогенные воздействия на литосферу. Нормирование содержания вредных веществ в почве. Основы рационального природопользования. Структурная схема обращения с отходами производства и потребления. Системы экологического мониторинга. Цели и задачи экологического мониторинга. Структура системы экологического мониторинга (СЭМ). Уровни СЭМ (объектовый, региональный, глобальный). Геоинформационные системы как интеграторы экологической информации. Основные рычаги управления системой экологической безопасности. Организационно-правовые основы экологии. Экологическая экспертиза. Экологический аудит. Экологическая сертификация. Международное сотрудничество и международный опыт в решении экологических проблем.

**Аннотация дисциплины**

***Теоретические основы электротехники – Б1.Б8***

**Цель дисциплины:** - формирование теоретической базы знаний для овладения специальными дисциплинами профиля «Электротехника», чтения электротехнической литературы и квалифицированного взаимодействия со специалистами на языке электротехники.

**Место дисциплины в структуре ОПОП.**  Дисциплина относится к базовой части блока 1 по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц – 14.

**Содержание разделов:**

**3 семестр**

Предмет, содержание, роль в электротехническом образовании дисциплины ТОЭ, ее связь с другими дисциплинами. Этапы развития электротехники и ее теоретических основ. Основные понятия теории электрических цепей, топология цепей, электромагнитные процессы в цепях и физические величины их характеризующие, установившиеся и переходные процессы в цепях. Элементы и параметры цепей. Цепи с сосредоточенными и распределенными параметрами, линейные и нелинейные цепи. Задачи анализа, синтеза, диагностики цепей. Законы Кирхгофа и Ома, компонентные уравнения элементов электрических цепей.

**Линейные электрические цепи постоянного тока**

Активные и пассивные элементы цепей постоянного тока, двухполюсники и многополюсники. Приемники и источники энергии, их внешние и вольтамперные характеристики, схемы замещения источников энергии и режимы их работы. Баланс мощностей цепи. Передача энергии от активного двухполюсника к пассивному. Топологические матрицы цепи. Полная система уравнений цепи и ее представление в матрично-топологической форма. Эквивалентные преобразования электрических цепей и основанный на них метод расчета цепей. Метод эквивалентного генератора и диакоптика - расчет цепи по частям. Теорема компенсации и принцип взаимности, линейные соотношения между напряжениями и токами и принцип наложения. Методы узловых напряжений (потенциалов) и контурных токов, свойства коэффициентов матриц узловых проводимостей и контурных сопротивлений. Диагностика цепи, метод узловых сопротивлений.

**Линейные электрические цепи синусоидального тока**

Синусоидальные ЭДС, напряжения и токи. Источники синусоидальных ЭДС и токов. Действующие и средние значения периодических ЭДС, напряжений и токов. Изображение синусоидальных функций времени комплексными числами. Векторные и топологические диаграммы. Синусоидальный ток в цепи с последовательным соединением участков R, L и C. Комплексные сопротивления и проводимости. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Комплексный метод анализа электрической цепи. Активная, реактивная, комплексная и полная мощности. Мгновенная мощность и колебания энергии в цепи синусоидального тока. Расчет мощности по комплексам напряжения и тока. Понятие о компенсации реактивной мощности. Передача максимальной мощности от источника к приемнику. Эквивалентные параметры сложной цепи переменного тока, рассматриваемой в целом как двухполюсник. Схемы замещения двухполюсника при заданной частоте. Треугольники токов, напряжений, сопротивлений, проводимостей и мощностей. Схемы замещения и параметры конденсатора и катушки. Управляемые и управляющие элементы электрической цепи. ЭДС само- и взаимоиндукции. Индуктивно-связанные элементы электрической цепи. Расчет цепи при наличии индуктивно-связанных элементов, магнитная развязка. Трансформатор с линейными характеристиками. Идеальный трансформатор. Цепи, связанные через электрическое поле. Баланс мощностей в цепи синусоидального тока. Явление резонанса в цепях при последовательном и параллельном соединении элементов R, L и C. Частотные характеристики цепей с последовательным и параллельным соединением R, L и C, а также цепей, содержащих только реактивные элементы. Дуальные цепи.

**Линейные электрические цепи несинусоидального тока**

Несинусоидальные периодические ЭДС, токи и напряжения и разложение описывающих их функций в ряды Фурье. Понятие гармоники. Комплексное представление ряда Фурье. Максимальные, действующие и средние значения, коэффициенты формы, амплитуды, искажения несинусоидальных ЭДС, токов и напряжений. Явление биений колебаний и модулированные колебания. Расчет цепей с несинусоидальными периодическими ЭДС, напряжениями и токами. Мощности в цепях несинусоидального тока.

**Трехфазные цепи**

Многофазные цепи и системы и их классификация. Фазные и линейные токи и напряжения. Трехфазные источники энергии и нагрузки, вращающееся магнитное поле и принцип действия асинхронного и синхронного двигателей. Расчеты и векторные диаграммы трехфазных цепей в симметричных и несимметричных режимах. Эквивалентные схемы трехфазных линий. Мощности в трехфазных цепях.

**4 семестр**

**Высшие гармоники и симметричные составляющие ЭДС, токов и напряжений****трехфазных цепей**

Высшие гармоники и действующие значения фазных и линейных токов и напряжений. Разложение несимметричных систем трехфазных ЭДС, токов и напряжений на симметричные составляющие. Сопротивления симметричной цепи для токов различных последовательностей. Расчет трехфазной цепи методом симметричных составляющих.

**Переходные процессы в линейных цепях**

Понятие о переходном процессе и коммутациях в цепях. Законы коммутации. Классический метод расчета переходных процессов. Собственные частоты и постоянная времени цепи. Свободные и принужденные, преходящие и установившиеся составляющие переходных токов и напряжений. Переходные процессы в цепях с одним накопителем энергии. Переходные процессы в последовательной RLC-цепи при ее подключении под постоянное и синусоидальное напряжение. Особенности переходных процессов в RLC-цепях с жесткими уравнениями. Метод переменных состояния. Операторный метод расчета электрической цепи. Переходные и импульсные характеристики цепи. Использование z- преобразования и ин6теграла Дюамеля для расчета переходных процессов. Спектральный (частотный) метод анализа переходных процессов. Численные методы расчета переходных процессов, метод дискретных схем замещения.

**Четырехполюсники и электрические фильтры**

Различные виды уравнений пассивного и активного четырехполюсников. Системы параметров четырехполюсника и их взаимосвязи. Эквивалентные схемы замещения взаимных четырехполюсников. Характеристические параметры. Схемные функции и частотные характеристики. Способы соединений четырехполюсников. Электрические фильтры. Классификация. Фильтры типа «к».

**Установившиеся режимы в нелинейных электрических и магнитных цепях**

Нелинейные элементы электрических цепей и их классификация. Характеристики нелинейных элементов, статические и дифференциальные параметры. Графические, графоаналитические и численные методы расчета резистивных электрических цепей. Магнитные цепи и их законы, аналогия уравнений магнитных и электрических цепей. Расчет магнитной цепи при постоянных потоках. Расчет магнитной цепи с постоянным магнитом. Особенности периодических процессов в нелинейных цепях - высшие гармоники и комбинаторные колебания. Явления феррорезонанса тока и напряжения. Способы аппроксимации характеристик нелинейных элементов (кусочно-линейные, степенные и сплайновые) и основанные на них методы расчета нелинейных цепей - аналитические, сопряжения интервалов, гармонического баланса, гармонической линеаризации. Метод эквивалентных синусоид, эквивалентные параметры и схемы замещения катушки и трансформатора, учет свойств стальных магнитопроводов.

**Переходные процессы в нелинейных цепях**

Методы расчета переходных процессов в нелинейных цепях - условной линеаризации, аналитической аппроксимации, кусочно-линейной аппроксимации, последовательных интервалов. Фазовые траектории переходных процессов. Автоколебания, релаксационные колебания, хаотические колебания в нелинейных цепях

**5 семестр**

**Установившиеся режимы в цепях с распределенными параметрам**

Цепи с распределенными параметрами. Уравнения однородной двухпроводной линии. Первичные параметры линии. Установившийся режим в однородной линии. Вторичные параметры линии. Бегущие волны, прямые и обратные волны, коэффициенты обратной волны. Уравнения однородной линии с гиперболическими функциями. Входные сопротивления линии. Линия без искажений, линия без потерь. Явление стоячих волн. Линия как четырехполюсник, моделирование однородной линии цепной схемой.

**Переходные процессы в цепях с распределенными параметрами.**

Возникновение переходных процессов. Общее решение уравнений однородной линии, падающие, отраженные и преломленные волны. Переходные процессы при включении и отключении источника и нагрузки. Методика расчета переходных процессов. Методика определения волн, возникающих при переключениях в линиях и отражениях волн. Качественное рассмотрение процессов в линиях, содержащих сосредоточенные емкостные и индуктивные элементы. Многократные отражения волн с прямоугольным фронтом от резистивного элемента, блуждающие волны.

**Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле**

Электромагнитное поле и его уравнения в интегральной форме. Материальные среды и их электрофизические свойства. Векторы электромагнитного поля на границе двух сред. Основные частные случаи моделей электромагнитного поля (статическое и стационарное поля, перемещение в проводящих средах и т.д.). Электростатическое поле и его уравнения. Потенциал и градиент потенциала, определение потенциала по заданному распределению зарядов. Уравнения Лапласа и Пуассона, основная задача электростатики. Плоскопараллельное поле двух заряженных осей. Поле параллельных цилиндров. Теорема единственности и ее следствие. Диэлектрический шар во внешнем однородном поле. Проводящее тело во внешнем однородном поле. Метод зеркальных изображений. Связи между потенциалами и зарядами в системе заряженных тел: потенциальные коэффициенты, коэффициенты электростатической индукции и частичные емкости. Емкости проводов и кабелей, емкость трехфазной линии электропередач. Энергия и сила в электростатическом поле.

**Стационарные электростатические и магнитные поля**

Стационарное электрическое поле. Уравнения электрического поля постоянных токов. Аналогия электрического поля в проводящей среде с электростатическим полем. Электрическое поле растекания тока, сопротивление растеканию тока. Магнитное поле. Вихревой характер магнитного поля тока. Скалярный и векторный потенциалы, их применение для расчета магнитных полей. Обобщенный скалярный магнитный потенциал и его применение для расчета магнитных полей в областях с током. Аналогии магнитного поля с электростатическим полем. Магнитное поле вблизи плоских поверхностей ферромагнитных тел. Графический метод построения картины магнитного поля. Намагничивание тел различной формы. Размагничивающий фактор. Описание электромагнитных полей в сверхпроводящих средах и их магнитные характеристики. Энергия и сила в магнитном поле. Расчет индуктивности. Общие выражения для взаимной и собственной индуктивностей. Индуктивности простых систем (длинного провода и прямоугольной рамки, кругового контура и т.п.). Постановка краевой задачи для уравнений Пуассона и Лапласа. Виды граничных условий и типы краевых задач. Аналитические методы расчета потенциальных полей: метод зеркальных изображений, метод конформных преобразований, решение краевых задач с использованием функций Грина, метод разделения переменных, метод интегральных уравнений, вариационная постановка краевой задачи и методы ее решения. Численные методы расчета потенциальных полей: метод конечных разностей (сеток) и способы его реализации, проекционно-сеточные методы, метод конечных элементов, численные методы решения интегральных уравнений, метод граничных элементов, комплексный метод граничных элементов для плоскопараллельных полей.

**Переменное электромагнитное поле**

Запись уравнений переменного электромагнитного поля со сторонними источниками через векторы поля. Применение электродинамических потенциалов для записи уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Комплексные параметры среды. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме. Вектор Пойнтинга. Виды задач электродинамики и методы их решения. Волновые уравнения электромагнитного поля в однородном изотропном диэлектрике. Расчет распространения электромагнитных волн в диэлектрике методом разделения переменных. Скорость распространения электромагнитных волн в диэлектрике. Поверхностный эффект и эффект близости. Уравнения распространения электромагнитного поля в проводящей среде. Решение волнового уравнения. Плоское гармоническое электромагнитное поле. Явление поверхностного эффекта. Поверхностный эффект в тонких пластинах и цилиндрических проводниках. Понятие об эффекте близости. Расчет полных сопротивлений проводников при переменных токах. Аналитические методы (разделения переменных и интегральных уравнений) решения краевой задачи в проводящей среде. Применение численных методов (конечных разностей и конечных элементов) для расчета переменных полей в проводящих средах. Электромагнитное экранирование. Понятие об электромагнитном экранировании

**Аннотация дисциплины**

**Электрические машины – Б1.Б.9**

**Целью освоения дисциплины является** изучение принципов электромеханического преобразования энергии для успешной разработки высокоэффективных электрических машин и их применения на практике.

**Место дисциплины в структуре ОПОП: д**исциплина относится к базовой части блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц-10

**Содержание разделов дисциплины:** Введение. Значение электрических машин и электромеханики в современной электротехнике, электроэнергетике, отраслях промышленности. Перспективы развития электромеханики на современном этапе. Основные типы электрических машин и других электромеханических преобразователей, применяющихся в электроэнергетике, методы их анализа.

Принцип работы и конструкция однофазных трансформаторов. Магнитные системы и магнитопроводы трансформаторов. Электротехнические стали. Типы и конструкции обмоток. Основные изоляционные узлы и детали. Классификация изоляции. Рабочий процесс однофазного трансформатора. Основные уравнения напряжений и МДС однофазного трансформатора. Работа трансформатора при нагрузке. Приведённый трансформатор. Схема замещения трансформатора. Параметры схемы замещения. Векторная диаграмма трансформатора. Опыты холостого хода и короткого замыкания трансформатора. Регулирование напряжения трансформаторов. Внешняя характеристика. Регулирование напряжения под нагрузкой. Энергетическая диаграмма трансформатора. Потери и КПД.

Конструкция трехфазных трансформаторов. Схемы и группы соединения обмоток трёхфазных трансформаторов. Параллельная работа трехфазных трансформаторов. Условия включения трансформаторов на параллельную работу. Трёхобмоточные трансформаторы. Конструкция, параметры схемы замещения. Автотрансформатор. Специальные трансформаторы. Назначение, схема соединения обмоток, преимущества и недостатки перед обычными трансформаторами. Внезапное короткое замыкание трансформатора. Автотрансформаторы. Вопросы безопасности при работе с автотрансформаторами.

Вращающиеся магнитные поля в электрических машинах. Наведение ЭДС в трехфазной обмотке. Обмоточный коэффициент. МДС обмотки и ее гармонические составляющие. Индуктивные сопротивления обмотки машины переменного тока. Основные типы обмоток электрических машин. Способы улучшения формы ЭДС.

Назначение, области применения, принцип работы и конструкция синхронных машин в генераторном и двигательном режимах. Холостой ход синхронного генератора. Характеристика холостого хода. Работа синхронной машины на автономную нагрузку. Реакция якоря явнополюсного синхронного генератора. Уравнения напряжений и векторная диаграмма неявнополюсного синхронного генератора с приближенным учётом насыщения. Уравнения напряжений и векторная диаграмма явнополюсного синхронного генератора без учёта насыщения. Уравнения напряжений и векторная диаграмма явнополюсного синхронного генератора с приближенным учётом насыщения. Параметры синхронного генератора. Определение параметров из опытов. Потери и КПД синхронного генератора. Особенности работы синхронного генератора параллельно с сетью. Способы включения в сеть. Регулирование активной мощности синхронного генератора. Угловые характеристики. Регулирование реактивной мощности синхронного генератора. U-образные характеристики. Работа синхронной машины в двигательном режиме. Синхронный компенсатор. Внезапное короткое замыкание синхронного генератора.

Назначение, области применения и конструкция асинхронных машин (АМ). Принципы работы AM в режимах двигателя, генератора и электромагнитного тормоза. Основные уравнения и характеристики AM. Приведение рабочего процесса AM к рабочему процессу эквивалентного трансформатора. Схемы замещения AM. Векторная диаграмма асинхронного двигателя (АД). Опыты холостого хода и короткого замыкания АД. Энергетическая диаграмма АД. Вращающий момент АД. Формулы Клосса. Пусковой момент АД. Способы увеличения пускового момента АД. Способы пуска в ход АД с фазным и короткозамкнутым роторами. Регулирование частоты вращения АД. Работа АД в неноминальных и особых режимах.

Назначение, области применения и конструкция машин постоянного тока (МПТ). Принципы работы МПТ в генераторном и двигательном режимах. Типы обмоток якоря МПТ. Условия симметрии обмоток якоря. Магнитное поле МПТ при холостом ходе и нагрузке. Реакция якоря. Назначение в МПТ добавочных полюсов, компенсационной обмотки, стабилизирующей обмотки. Генераторы постоянного тока: схемы, внешние и регулировочные характеристики. Двигатели постоянного тока: схемы, пуск, характеристики, регулирование частоты вращения.

**Аннотация дисциплины**

***Безопасность жизнедеятельности –* Б1.Б.10**

**Цель дисциплины:** формирование культуры профессиональной безопасности, при которой вопросы снижения риска возникновения опасных ситуаций являются приоритетными.

**Место дисциплины в структуре ОПОП**: базовая часть блока 1 дисциплин по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц – 3.

**Содержание разделов**: Основные понятия и определения. Охрана труда. Промышленная безопасность. Антропогенные производственные факторы и их классификация. Вредные и опасные факторы, воздействующие на человека. Понятие риска. Нормативно-правовые основы безопасности жизнедеятельности. Система управления безопасностью и охраной труда. Новые принципы управления охраной труда в организациях. Аттестация рабочих мест в организациях. Электробезопасность. Действие электрического тока на организм человека. Электрическое сопротивление тела человека. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током. Оказание первой доврачебной помощи при поражении человека электрическим током. Критерии безопасности электрического тока. Классификация помещений по степени опасности поражения электрическим током. Явления, возникающие при стекании тока в землю. Напряжение прикосновения. Напряжение шага. Анализ опасности поражения человека электрическим током в различных электрических сетях. Виды сетей. Схемы включения человека в цепь электрического тока. Выбор схемы сети и режима нейтрали. Основные меры защиты от поражения электрическим током в электроустановках. Защитное заземление. Зануление. Устройства защитного отключения. Влияние электромагнитного поля на здоровье человека. Источники электромагнитных полей. Нормирование воздействия электромагнитных полей. Защита от воздействия электромагнитных полей. Электромагнитная безопасность при работе с компьютерной техникой. Основные физические характеристики шума. Воздействие шума на человека. Нормирование шума. Методы борьбы с шумом. Основные физические характеристики вибраций. Воздействие вибраций на человека. Нормирование вибраций. Методы борьбы с производственными вибрациями. Освещение. Основные светотехнические понятия и величины. Виды освещения. Нормирование освещения. Качественные показатели освещения. Общие сведения об ионизирующих излучениях. Воздействие ионизирующих излучений на человека. Дозиметрические величины. Нормирование воздействия радиации. Параметры микроклимата производственных помещений и их измерение. Физиологическое действие метеорологических условий на человека. Теплообмен человека с окружающей средой. Терморегуляция организма человека. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата. Пожарная безопасность. Общие сведения о горении. Категорирование помещений по пожаровзрывоопасности. Пожарная опасность зданий и сооружений. Тушение пожаров. Чрезвычайные ситуации. Классификация чрезвычайных ситуаций. Основные стадии чрезвычайных ситуаций. Основные направления в решении задач по обеспечению безопасности жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях.

**Аннотация дисциплины**

***Конструкционное материаловедение – Б1.Б.11.***

**Цель дисциплины:** изучение строения конструкционных материалов, а также его влияния на механические, технологические и эксплуатационные свойства для дальнейшего применения этих знаний в профессиональной деятельности.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина относится к базовой части блока 1 по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц – 3.

**Содержание разделов:** Типы кристаллических решеток и их основные характеристики. Дефекты кристаллической решетки. Типы точечных дефектов и их влияние на свойства сплавов. Строение сплавов.Твердые растворы внедрения и замещения. Промежуточные фазы. Испытания на растяжение. Определение характеристик прочности и пластичности. Испытания на твердость. Испытания на ударный изгиб. Порог хладноломкости. Понятие диаграммы состояния. Диаграммы состояния I-III типов. Связь между диаграммами состояния и свойствами сплавов – диаграммы Курнакова. Диаграмма «железо-цементит». Критические точки. Структурные превращения в доэвтектоидных сталях. Структурные превращения в заэвтектоидных сталях. Состав, строение и маркировка углеродистых сталей. Примеси и их влияние на свойства сталей. Физические основы термической обработки сплавов. Основы виды термической обработки. Диффузионное и бездиффузионное превращения аустенита. Изотермическое превращение аустенита. Отжиг первого рода (диффузионный). Отжиг второго рода. Закалка. Отпуск. Виды отпуска. Превращения в структуре стали при отпуске. Легированные стали. Распределение легирующих элементов в сталях, их влияние на полиморфизм железа и свойства. Влияние легирующих элементов на диаграмму изотермического распада аустенита. Классификация легированных сталей по микроструктуре после нормализации. Легированные стали с особыми свойствами. Сплавы на основе меди (бронзы и латуни). Состав, свойства и маркировка сплавов. Сплавы на основе алюминия (деформируемые неупрочняемые, деформируемые упрочняемые, литейные). Маркировка сплавов. Термическая обработка деформируемых упрочняемых сплавов.

**Аннотация дисциплины**

***Электротехническое материаловедение - Б1.Б.12***

**Цель дисциплины**: изучение основ электротехнического материаловедения и основных конструкционных материалов для последующего использования полученных знаний в практической деятельности. Формирование системы знаний о физических процессах, происходящих в электротехнических материалах в условиях эксплуатации, изучение методов диагностики электротехнических материалов, применяемых в электроэнергетике.

**МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП:** дисциплина базовой части части блока Б1 по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

. Количество зачетных единиц – 3

**Содержание разделов:** Классификация, области применения электротехнических материалов. Основные параметры электротехнических материалов. Общие представления об электропроводности диэлектриков. Зависимость тока от времени приложения постоянного напряжения. Токи абсорбции. Поверхностное сопротивление твердых диэлектриков. Простейшие формулы для объемной и поверхностной проводимости диэлектриков. Электропроводность газообразных диэлектриков. Электропроводность жидких диэлектриков. Зависимость удельной электропроводности от напряженности электрического поля. Электропроводность твердых диэлектриков**.** Диэлектрическая проницаемость. Быстрые виды поляризации. Замедленные виды поляризации. Эквивалентная схема замещения диэлектрика. Классификация диэлектриков по механизмам поляризации. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, давления, влажности, напряжения. Диэлектрическая проницаемость смесей. Основные виды поляризации в газообразных, жидких и твердых диэлектриках. Расчет полных и удельных диэлектрических потерь на переменном напряжении. Виды диэлектрических потерь. Диэлектрические потери в композиционных диэлектриках. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от температуры. частоты электрического поля и влажности.

Пробивное напряжение и электрическая прочность. Определение электрической прочности. Виды пробоя в диэлектриках. Механические, термические и физико-химические свойства диэлектриков. Газообразные диэлектрики. Электроизоляционные жидкости. Полимеры, пластмассы, пленки. Неорганические диэлектрики. Свойства и применение лаков и компаундов. Активные диэлектрики, свойства, материалы. Магнитные свойства вещества. Классификация веществ по магнитным свойствам.. Природа ферромагнетизма. Доменная структура. Намагничивание магнитных материалов Магнитный гистерезис. Структура ферромагнетиков. Магнитострикционная деформация. Магнитная проницаемость. Потери в магнитных материалах. Электрические свойства магнитных материалов. Классификация магнитных материалов. Магнитомягкие материалы. Магнитотвердые материалы. Специальные магнитные материалы. Природа проводимости и основные характеристики проводниковых материалов. Зависимость удельного электрического сопротивления металлов от температуры. Поверхностный эффект в металлах. Металлы высокой проводимости. Тугоплавкие металлы. Легкоплавкие металлы. Благородные металлы. Сплавы для термопар. Контактные материалы. Сверхпроводники. Высокотемпературные сверхпроводники. Применение высокотемпературных сверхпроводников. Криопроводники. Общие сведения о полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники. Зависимость от температуры основных параметров полупроводников. Основные эффекты в полупроводниках.

**Аннотация дисциплины**

***Физическая культура - Б1.Б.13***

**Цель дисциплины**: является формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

**Место дисциплины в структуре ООП**: Дисциплина относится к базовой части дисциплин 1 по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц – 2.

**Содержание разделов:** Физическая культура и спорт как социальный феномен современного общества. Средства физической культуры. Основные составляющие физической культуры. Социальные функции физической культуры. Формирование физической культуры личности. Физическая культура в структуре высшего образования. Организационно – правовые основы физической культуры и спорта студенческой молодежи России.

Общая психофизиологическая характеристика интеллектуальной деятельности и учебного труда студента. Общие закономерности и динамика работоспособности студентов в учебном году и основные факторы ее определяющие. Признаки и критерии нервно – эмоционального и психофизического утомления. Регулирование работоспособности, профилактика утомления студентов в отдельные периоды учебного года. Оптимизация сопряженной деятельности студентов в учебе и спортивном совершенствовании.

Воздействие социально – экологических, природно – климатических факторов и бытовых условий жизни на физическое развитие и жизнедеятельность человека. Организм человека как единая саморазвивающая биологическая система. Анатомо- морфологическое строение и основные физиологические функции организма, обеспечивающие двигательную активность. Физическое развитие человека. Роль отдельных систем организма и обеспечение физического развития, функциональных и двигательных возможностей организма человека. Двигательная активность и ее влияние на устойчивость и адаптационные возможности человека к умственным и физическим нагрузкам при различных воздействиях внешней среды. Степень и условия влияния наследственности на физическое развитие, на жизнедеятельность человека.

Здоровье человека как ценность. Факторы его определяющие. Влияние образа жизни на здоровье. Здоровый образ жизни и его составляющие. Основные требования к организации здорового образа жизни на здоровье. Здоровый образ жизни и его составляющие. Роль и возможности физической культуры в обеспечении здоровья. Социальный характер последствий для здоровья от употребления наркотиков и других психоактивных веществ, допинга в спорте, алкоголя и табакокурения. Физическое самовоспитание и самосовершенствование в здоровом образе жизни. Критерии эффективности здорового образа жизни. Личное отношение к здоровью, общая культура как условие формирования здорового образа жизни.

Физиологические механизмы и закономерности совершенствования отдельных функциональных систем и организма в целом под воздействием направленной физической нагрузки или тренировки. Физиологические основы освоения и совершенствования двигательных действий. Физиологические механизмы использования средств физической культуры и спорта для активного отдыха и восстановления работоспособности. Основы биомеханики естественных локомоций (ходьба, бег, прыжки).

Методические принципы физического воспитания. Основы и этапы обучения движениям. Развитие физических качеств. Формирование психических качеств в процессе физического воспитания.

Общая физическая подготовка, ее цели и задачи. Зоны интенсивности и энергозатраты при различных физических нагрузках. Значение мышечной релаксации при занятиях физическими упражнениями. Возможность и условия коррекции общего физического развития, телосложения, двигательной и функциональной подготовленности средствами физической культуры и спорта. Специальная физическая подготовка, ее цели и задачи. Спортивная подготовка. Структура подготовленности спортсмена. Профессионально- прикладная физическая подготовка как составляющая специальной подготовки. Формы занятий физическими упражнениями.

Массовый спорт и спорт высших достижений, их цели и задачи. Спортивные соревнования как средство и метод общей и специальной физической подготовки студентов. Спортивная классификация. Система студенческих спортивных соревнований: внутривузовские, межвузовские, всероссийские и международные. Индивидуальный выбор студентом видов спорта или систем физических упражнений. Организационно – правовые основы противодействия применению допинга в спорте. Профилактика употребления допинга в спорте.

Мотивация и целенаправленность самостоятельных занятий, их формы, структура и содержание. Планирование, организация и управление самостоятельными занятиями различной направленности. Взаимосвязь между интенсивностью нагрузок и уровнем физической подготовленности. Самоконтроль за эффективностью самостоятельных занятий. Особенности самостоятельных занятий, направленных на активный отдых, коррекцию физического развития и телосложения, акцентированное развитие отдельных физических качеств.

Виды диагностики при регулярных занятиях физическими упражнениями и спортом. Врачебный и педагогический контроль. Самоконтроль, его основные методы, показатели. Дневник самоконтроля. Использование отдельных методов контроля при регулярных занятиях физическими упражнениями и спортом. Коррекция содержания и методики занятий по результатам показателей контроля.

Личная и социально – экономическая необходимость психофизической подготовки человека к труду. Определение понятия ППФП, ее цели, задачи, средства. Место ППФП. Методика подбора средств ППФП, организация и формы ее проведения. Контроль за эффективность ППФП студентов.

Основные и дополнительные факторы, оказывающие влияние на содержание ППФП по избранной профессии. Основное содержание ППФП будущего бакалавра и дипломированного специалиста.

Производственная физическая культура. Производственная гимнастика. Особенности выбора форм, методов и средств физической культуры и спорта в рабочее и свободное время специалистов. Профилактика профессиональных заболеваний средствами физической культуры. Дополнительные средства повышения общей и профессиональной работоспособности. Влияние индивидуальных особенностей и самостоятельных занятий физической культурой.

**Аннотация дисциплины**

**" ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА" *- Б1.В.ОД1***

**Цель освоения дисциплины** состоит в изучении способов геометрического и графического моделирования инженерных задач; выработка знаний, умений и навыков, необходимых студентам для решения на этих моделях метрических и позиционных задач, встречающихся в инженерной практике; выполнение и чтение технических чертежей, оформление конструкторской и технической документации в области электроэнергетики и электротехники.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1. Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц: 4.

**Содержание разделов:**

1. *Геометрическое черчение*

Стандарты Единой Системы Конструкторской Документации (ЕСКД). Форматы. Масштабы. Линии. Шрифты чертежные.

Построение касательной к окружности. Построение сопряжений прямых и окружностей. Построение циркульных и лекальных кривых.

1. *Методы проецирования. Комплексный чертёж*

Предмет и задачи инженерной графики. Требования к техническим изображениям. Геометрическая модель объекта. Абсолютная и объектная системы координат.

Методы проецирования. Инвариантные свойства метода ортогонального проецирования. Прямая. Плоскость. Положение прямых и плоскостей в евклидовом пространстве и их изображение на чертеже. Относительная (объектная) система координат. Методы преобразования чертежа.

Построение основных и дополнительных видов на комплексном чертеже.

*3. Геометрические поверхности и тела. Плоские сечения поверхностей*

Поверхности как базовые элементы формы реального объекта. Способы образования поверхностей.

Классификация поверхностей. Поверхности вращения. Точки и линии на поверхностях. Цилиндрическая, коническая, сферическая и торовая поверхности и их задание на чертеже. Очерковые линии поверхностей.

Пересечение цилиндрической, конической, сферической и торовой поверхностей с плоскостями.

Параметрическое описание базовых элементов форм. Размеры формы и положения объектов.

*4. Взаимное пересечение поверхностей*

Общий алгоритм построения линии пересечения поверхностей. Вспомогательные поверхности – посредники. Требования, предъявляемые к поверхностям-посредникам.

Алгоритм построения линии пересечения поверхностей с помощью поверхности-посредника.

Применение плоских поверхностей-посредников для решения задач.

Соосные поверхности. Теорема о пересечении соосных поверхностей. Применение сферических вспомогательных поверхностей-посредников для решения задач. Теорема Монжа.

Пересечение поверхностей, из которых хотя бы одна занимает проецирующее положение. Пересечение цилиндрических поверхностей с параллельно расположенными осями. Пересечение конических поверхностей с пересекающимися осями вращения.

*5. Сечения и разрезы сложных геометрических объектов*

Сечения и разрезы как категории изображений. Определения. Правила построения.

Классификация разрезов и сечений. Правила обозначения секущих плоскостей, разрезов и сечений.

Условности и упрощения изображений, используемые при построении разрезов и сечений, в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

*6. Резьбовые поверхности. Резьба*

Образование винтовых поверхностей. Резьба. Классификация резьбы.

Основные параметры резьбы. Правила изображения и обозначения резьбы на чертеже. Резьбовые соединения.

*7. Параметризация чертежа геометрического объекта*

Понятие размерной базы. Способы базирования. Классификация размеров. Общие правила нанесения размеров на чертеже.

*8. Эскиз и рабочий чертёж детали*

Эскиз. Этапы выполнения эскиза детали при съёмке с натуры.

*9. Выполнение рабочих чертежей деталей в системе AutoCAD*

Современные CAD системы. Система AutoCAD. Интерфейс пользователя. Основные команды рисования и редактирования технических изображений. Способы написания и редактирования текста в системе AutoCAD.

Выполнение рабочего чертежа детали в среде AutoCAD.

*10. Виды соединений*

Соединения разъемные и неразъемные. Алгоритм расчета соединений с помощью крепежных деталей.

Правила оформления чертежей разъемных и неразъемных соединений.

*11. Изображение узлов сборочных единиц в системе AutoCAD*

Изображение узлов сборочных единиц с применением AutoCAD. Использование слоев и блоков в системе AutoCAD для выполнения чертежей сборочных единиц.

Свойства примитивов в AutoCAD и возможности их изменения.

Нанесение размеров в AutoCAD. Возможности изменения размерного стиля. Трансформация фрагментов графического изображения объекта в системе AutoCAD.

*12. Выполнение сборочного чертежа и спецификации сборочной единицы*

Виды изделий. Сборочная единица как вид изделия. Чертежи сборочных единиц (габаритный чертеж, чертеж общего вида (ВО), сборочный черте (СБ). Чертежи ВО и СБ: сходство и отличие. Сборочный чертеж и спецификация как компоненты рабочей документации. Основные стандарты ЕСКД, регламентирующие оформление сборочных чертежей и спецификаций.

Оформление спецификации в системе AutoCAD.

*13. Выполнение рабочих чертежей деталей*

Этапы проектирования. Виды проектной деятельности. Виды конструкторских документов.

Конструкторский документ «Чертеж общего вида (ВО)». Состав.

Алгоритм чтения чертежа общего вида при деталировании изделия. Чертеж детали как конструкторский документ: состав, правила оформления.

*14. Выполнение электрических схем*

Схемы. Виды и типы схем. Графическое изображение элементов схем. Схема электрическая принципиальная (Э3). Правила оформления схемы.

**Аннотация дисциплины**

***Прикладная механика - Б1.В.ОД.2***

**Цель дисциплины -** изучение основных современных методов расчета на прочность, жесткость и устойчивость элементов электроэнергетических конструкций и установок, необходимых в профессиональной деятельности по выбранному профилю.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина относится к вариативной части блока обязательных дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц – 5.

**Содержание разделов:** Диаграмма деформирования конструкционных материалов.

. Основные механические характеристики. Диаграммы деформирования хрупких материалов, диаграммы деформирования сжатия. Идеализация диаграмм деформирования. Статические моменты сечения. Центр тяжести сечения.

Моменты инерции сечения. Главные оси и главные моменты инерции сечения.

Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Свойства тензора напряжений. Главные напряжения. Плоское напряженное состояние. Упрощенные напряженные состояния (чистый сдвиг, линейное напряженное состояние).

Расчеты на прочность при растяжении. Расчёт на прочность статически неопределимые системы. Расчет гибкой нити на прочность.

Расчет на прочность и жесткость при кручении. Расчет валов. Расчет на прочность и жесткость цилиндрических пружин с малым углом подъема витков.

Прямой поперечный изгиб стержня. Расчеты на прочность при изгибе (балки из пластических материалов, балки из хрупких материалов).

Критерии прочности при сложном напряженном состоянии. Косой изгиб.

Понятие о критериях прочности. Критерий текучести Треска-Сен-Венана, критерий текучести Губера-Мизеса-Генки. Критерий Мора для хрупких материалов. Расчет вала, работающего на изгиб и кручение.

Продольный изгиб центрально сжатого стержня. Критическая сила. Формула Эйлера. Вычисление критической силы при напряжениях больше предела пропорциональности. Формула Ясинского

Прочность при регулярном многоцикловом нагружении. Линейное напряженное состояние. Сложное напряженное состояние.

**Аннотация дисциплины**

**"ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА" Б1.В.ОД.3**

**Цель освоения дисциплины** - изучение метрологии и электроизмерительной техники для последующего применения в практической деятельности.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина относится к блоку 1 обязательных дисциплин вариативной части Б1 основной образовательной программы направления **13.03.02** Электроэнергетика и электротехника. Число зачетных единиц – 5.

**Содержание разделов:**

*1. Общие понятия метрологии. Термины и определения. Погрешности измерений.*

Информационно-измерительная техника как одна из ветвей информационной техники. Метрология – научная основа информационно-измерительной техники. Физическая величина. Единица физической величины. Значение физической величины.

Измерение. Истинное и действительное значения физической величины. Точность измерения. Абсолютная и относительная погрешности измерения.

Результат измерения. Доверительная вероятность и доверительный интервал. Достоверность измерений. Возникновение и развитие единиц физических величин. Системы единиц. Система СИ. Дольные и кратные единицы физических величин.

Виды измерений: прямые, косвенные, совместные и совокупные измерения. Методы измерений. Виды средств измерений: мера, измерительный преобразователь, измерительный прибор, измерительная установка, измерительная система.

Классификация погрешностей по характеру проявления: систематическая, случайная (во времени или на множестве) и грубая погрешности. Примеры.

Классификация погрешностей по причине возникновения: погрешность метода, погрешность взаимодействия, инструментальная погрешность, погрешность отсчитывания. Примеры.

Классификация погрешностей меры, измерительного преобразователя и измерительного прибора по форме выражения: абсолютная, относительная и приведённая погрешности. Погрешности измерительного преобразователя по входу и по выходу. Примеры.

Классификация погрешностей средств измерений по условиям эксплуатации: основная и дополнительные погрешности. Примеры.

Классификация погрешностей средств измерений по виду зависимости от значения измеряемой величины: аддитивная погрешность, мультипликативная погрешность, погрешность линейности. Примеры.

Классификация погрешностей средств измерений по виду зависимости от скорости изменения измеряемой величины: статическая и динамическая погрешности. Примеры.

Суммирование независимых случайных величин. Понятие о центральной предельной теореме теории вероятностей.

Назначение метрологических характеристик средств измерений. Классификация нормируемых метрологических характеристик.

Характеристики чувствительности к влияющим величинам. Полные и частные динамические характеристики. Характеристики взаимодействия.

Неинформативные параметры выходного сигнала.

*2. Общая характеристика аналоговых электроизмерительных устройств*

Отличительный признак аналоговых измерительных устройств. Классификация измерительных преобразователей.

Классификация измерительных приборов. Измерительные преобразователи для электрических измерений: токовые шунты, делители напряжения, измерительные трансформаторы, усилители напряжения, преобразователи тока в напряжение на основе операционных усилителей, преобразователи переменного напряжения в постоянное на основе операционных усилителей, выпрямительные преобразователи, амплитудные детекторы, измерительные механизмы. Структурные схемы аналоговых электроизмерительных приборов. Отсчётные устройства.

*3. Общая характеристика цифровых электроизмерительных устройств*

Отличительный признак цифровых измерительных устройств. Основные элементы цифровых измерительных устройств: компараторы, комбинационные логические устройства, логические устройства с памятью, цифровые отсчётные устройства.

Коды, применяемые в цифровых измерительных устройствах. Единичные и позиционные коды. Двоичный код. Последовательные, параллельные и последовательно-параллельные коды. Преобразователи кодов.

Номинальные функции преобразования аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей. Основные характеристики АЦП и ЦАП: разрядность, быстродействие, погрешность квантования, погрешности дифференциальной и интегральной линейности, шумы и искажения.

Основные типы АЦП: АЦП параллельного типа, АЦП конвейерного типа, АЦП последовательных приближений, сигма-дельта АЦП.

Обобщённая структурная схемы цифрового электроизмерительного прибора.

*4. Измерение токов и напряжений.*

Критерии выбора средств измерений тока и напряжения. Приборы для измерения постоянного тока: аналоговые (магнитоэлектрические) и цифровые.

Приборы для измерения постоянного напряжения: аналоговые (магнитоэлектрические и электронные) и цифровые. Приборы для измерения переменного тока: аналоговые (выпрямительные, электромагнитные, электродинамические) и цифровые (в том числе с токовыми клещами). Приборы для измерения переменного напряжения: аналоговые (выпрямительные, электромагнитные, электродинамические, электростатические, электронные) и цифровые. Выводы. Отличительные особенности рассмотренных приборов. Электронные измерительные приборы. Электронные усилители и вольтметры постоянного и переменного тока. Электронно-лучевые осциллографы.

*5. Измерение параметров цепей постоянного и переменного тока*

Измерение сопротивления постоянному току. Косвенное измерение методом вольтметра и амперметра. Использование мостов постоянного тока, магнитоэлектрических и цифровых омметров.

Измерение параметров цепей переменного тока. Последовательные и параллельные эквивалентные схемы объектов измерения. Использование мостов переменного тока и цифровых RLC-измерителей.

*6. Измерение мощности и энергии*

Измерение активной мощности в однофазной цепи с помощью электродинамического ваттметра. Измерение активной мощности в трёхфазных трёхпроводных и четырёхпроводных цепях с помощью трёхфазных ферродинамических ваттметров. Выбор для подключения трёхфазного ваттметра «схемы двух приборов» или «схемы трёх приборов».

Измерение активной энергии в однофазной цепи с помощью индукционного счётчика.

Измерение активной энергии в трёхфазных трёхпроводных и четырёхпроводных цепях с помощью трёхфазных счётчиков. Выбор для подключения трёхфазного счётчика «схемы двух приборов» или «схемы трёх приборов».

Измерение мощности и энергии цифровыми приборами. Дополнительные функциональные возможности цифровых электронных измерителей по сравнению с аналоговыми электромеханическими.

Выводы. Сравнительная характеристика аналоговых электромеханических и цифровых электронных приборов для измерения мощности и энергии. Тенденции развития счётчиков электроэнергии.

*7. Исследование формы сигналов*

Сигнал. Форма сигнала. Качественная оценка формы сигнала. Параметры сигнала, используемые для количественной оценки его формы. Виды средств измерений, применяемых для исследования формы сигналов.

Устройство и работа аналоговых осциллографов. Каналы вертикального и горизонтального отклонения. Системы развёртки и синхронизации. Метрологические характеристики аналоговых осциллографов.

Устройство цифрового осциллографа. Работа цифрового осциллографа в режиме автоматического запуска. Метрологические характеристики цифровых осциллографов.

Сравнительная характеристика аналоговых и цифровых осциллографов.

*8. Измерение частоты и угла сдвига фаз*

Электромеханические частотомеры и фазометры. Устройство, работа и метрологические характеристики.

Цифровые частотомеры и фазометры. Устройство, работа и метрологические характеристики. Измерение частоты и угла сдвига фаз с помощью осциллографов.

**АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА Б.1.В.ОД.4

**Цель дисциплины:** изучение устройства, принципа работы, основных характеристик и параметров элементной базы устройств преобразовательной техники; изучение принципа работы, основных характеристик и параметров устройств преобразовательной техники.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1. Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц – 5.

**Содержание разделов:**

Место силовой электроники в современной технике. Основные определения. Элементная база электрон. устройств силовой электроники.

*Сетевые преобразователи электрической энергии.*

Выпрямители управляемые и не управляемые. Основные схемы неуправляемых и управляемых выпрямителей, принцип действия, основные расчетные соотношения для выбора элементов схемы. Основные принципы импульсной модуляции в преобразователях на полностью управляемых электронных ключах. Особенности работы выпрямителей на индуктивную, емкостную нагрузки и на противо ЭДС. Выходные фильтры

Зависимые инверторы, принцип действия. Входные и регулировочные характеристики. Преобразователи частоты с непосредственной связью, принцип действия, регулировочные характеристики.

Регуляторы переменного напряжения. Принцип действия, регулировочные характеристики.

*Автономные инверторы*

Автономные инверторы напряжения, тока и резонансные. Принцип действия, способы регулирования выходного напряжения, регулировочные характеристики. Выходные фильтры автономных инверторов напряжения. Преобразователи частоты со звеном постоянного тока.

Регуляторы постоянного напряжения. Типы регуляторов постоянного напряжения, принцип действия, регулировочные характеристики.

**Аннотация дисциплины**

***Гидроэнергетические установки - Б1.В.ОД.5***

**Цель освоения дисциплины** изучение общих вопросов гидроэлектростанций, работающих в энергетических системах

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1 по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника подготовки бакалавров .

Количество зачетных единиц – 2

**Содержание разделов:** Понятие о гидроэнергетических ресурсах. Методы расчета и классификация гидроэнергетических ресурсов. Напор, расход и мощность участка реки. Уравнение Бернулли. Схемы концентрации напора. Водные ресурсы земного шара и России. Схемы концентрации напора. Плотинная и деривационная схема концентрации напора. Мощность и энергия гидроэлектростанции. Гидроаккумулирующие электростанции. Приливные гидроэлектростанции. Назначения водохранилищ. Параметры водохранилищ. Характеристики верхнего и нижнего бьефов водохранилищ. Потери воды из водохранилищ. Воздействие водохранилищ на окружающую среду. Общие положения. Речной сток как вероятностный процесс. Параметры речного стока. Теоретические и эмпирические кривые обеспеченности, и методы их построения. Модели описания колебаний речного стока. Гидрологические прогнозы. Исходная гидрологическая информация. Понятие об энергетической системе. Графики электрической нагрузки. Суточные, недельные и годовые графики нагрузки. Роль ГЭС и ГАЭС в формировании и функционировании ЕЭС России.

Состав и компоновка основных сооружений гидроузла. Плотины их назначение и конструкции. Здания ГЭС. Особенности конструкций зданий ГЭС. Затворы. Их назначение и конструкции. Задачи регулирования речного стока водохранилищами ГЭС. Виды регулирования стока. Цикл регулирования. Суточное, недельное, сезонное, годовое и многолетнее регулирование стока. Методы расчета параметров водохранилищ. Оценка энергетического эффекта регулирования стока водохранилищами. Режим работы каскадов ГЭС. Классы, системы, типы и серии гидротурбин. Классы активных и реактивных гидротурбин. Системы реактивных гидротурбин- осевые (пропеллерные, поворотно-лопастные, двухперовые) радиально-осевые и диагональные. Системы активных гидротурбин: ковшовые, наклонно-струйные и турбины двойного действия. Подвод и отвод воды от турбин. Типы турбин. Быстроходность турбин. Типы гидрогенераторов. Параметры гидрогенераторов. Конструкции гидрогенераторов. Статор гидрогенератора, и элементы его конструкции. Ротор генератора и элементы возможные конструктивные решения. Параметры гидрогенераторов. Гидроаккумулирующие электростанции. Классификация, параметры, режим работы ГАЭС. Технико-экономическое обоснование параметров ГАЭС. Оборудование ГАЭС. Комплексное использование водных ресурсов водохранилищ ГЭС.

Организация управление работой ГЭС. Режимы работы гидроагрегатов в энергосистеме. Генераторный режим. Режим синхронного компенсатора и двигательный режим. Управление работой гидроагрегатами. Пуск гидроагрегата. Регулирование нагрузки гидроагрегата. Останов гидроагрегата.

**Аннотация дисциплины**

**ТЭС и АЭС – Б1.В.ОД.6**

**Цель дисциплины:** изучение основ работы конденсационных, газотурбинных, парогазовых тепловых электростанций, теплоэлектроцентралей, а также атомных электрических станций.

**Место дисциплины в структуре ООП:** относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1 основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) подготовки бакалавров по направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Количество зачетных единиц - 3.

**Содержание разделов:**

Единицы измерения параметров тепловых процессов. Некоторые свойства воды и водяного пар, как рабочего тела ТЭС. Энергетические ресурсы ТЭС. Принципиальная схема простейшей паротурбинной установки ТЭС. Энергетика и электрогенерирующие станции. Типы ТЭС. Общее представление о современной конденсационной тепловой электрической станции (КЭС). Технологический процесс преобразования химической энергии топлива в электроэнергию на КЭС. Принципиальная тепловая схема (ПТС) паротурбинной установки современной КЭС. Показатели тепловой экономичности. Промежуточный перегрев пара на КЭС. Регенеративный подогрев питательной воды на КЭС. Главный корпус ТЭС. Снабжение теплом промышленных предприятий и населения крупных и средних городов. Понятие о теплофикации. Представление о тепловых сетях крупных городов. Технологический процесс преобразования химической энергии топлива в электроэнергию на современной теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). ПТС паротурбинной установки современной ТЭЦ. Раздельная и комбинированная выработка электроэнергии и тепла. Схема теплофикационной установки ТЭЦ. График тепловой нагрузки теплосети и работа теплофикационной установки ТЭЦ. Устройство пиковых водогрейных котлов. Технология отпуска пара и теплоты от ТЭС. Виды органического топлива. Понятие энергетического топлива. Принципиальная схема подготовки к сжиганию газообразного топлива. Принципиальная схема подготовки мазута к сжиганию. Твердое топливо: принципиальные схемы систем пылеприготовления; конструкции углеразмольных мельниц; режимы сжигания твердого топлива. Устройство и принцип действия барабанной котельной установки ТЭЦ и КЭС. Технические требования к котельным установкам ТЭС. Устройство и функционирование газомазутного котла производительностью 500 т/ч. Устройство и принцип действия прямоточных котельных установок ТЭЦ и КЭС. Устройство и функционирование прямоточного котла на пылеугольном топливе. Котлы с циркулирующим кипящим слоем. Технический уровень отечественного котлостроения. Проблемы и перспективы создания котлов российских паротурбинных энергоблоков нового поколения. Устройство паровой турбины. Проточная часть и принцип действия паровой турбины. Конструкция основных узлов и деталей паровых турбин. Типы паровых турбин и области их использования. Основные технические требования к паровым турбинам и их характеристикам. Проблемы и перспективы создания турбин российских паротурбинных энергоблоков нового поколения. Типы и схемы включения регенеративных подогревателей, термических деаэрационных установок, питательных и конденсационных насосов, сетевых подогревателей. Потребители технической воды. Внешние и внутренние потери рабочего тела на ТЭС. Системы технического водоснабжения. Сооружения и устройства систем водоснабжения. Охладительные устройства. Система золошлакоудаления ТЭС. Ресурсы, потребляемые АЭС, ее продукция и отходы производства. Превращение ядерного горючего в топливном цикле (на примере водоводяного реактора ВВЭР-1000). Принципиальная схема ядерного реактора на тепловых (медленных) нейтронах. Принципиальная схема реактора канального типа РБМК-1000. Сравнение реакторов типов ВВЭР и РБМК. Технологические схемы производства электроэнергии на АЭС с реакторами типов ВВЭР и РБМК. Преимущества и недостатки АЭС по сравнению с ТЭС. Вредные выбросы ТЭС. Рассеивание выбросов через дымовые и вентиляционные трубы. Золоуловители. Сокращение выбросов оксидов серы и азота в атмосферу на ТЭС. Особенности газоочистки на АЭС. Устройство современной стационарной высокотемпературной газотурбинной установки (ГТУ). Устройство воздушного компрессора и камеры сгорания ГТУ. Устройство газовой турбины ГТУ. Преимущества, недостатки и области применения ГТУ. Технический уровень и характеристики отечественных и зарубежных ГТУ. Парогазовые энергетические технологии и устройство простейшей парогазовой установки (ПГУ). Классификация ПГУ, их типы (утилизационные ПГУ, ПГУ со сбросом уходящих газов ГТУ в энергетический котел, ПГУ с «вытеснением» регенерацией, ПГУ с высоконапорным парогенератором). Парогазовые установки утилизационного типа. Устройство горизонтального котла-утилизатора.

**Аннотация дисциплины**

***Экономика* - Б1.В.ОД.7**

**Целью освоения дисциплины** является изучение закономерностей поведения, взаимодействия и принятия экономическими субъектами решений о возможностях эффективного использования ограниченных ресурсов в условиях современной рыночной экономики.

**Место дисциплины в структуре ОПОП ВО:** относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1 основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Количество зачетных единиц – 3 з.е.

**Содержание разделов:** *Базовые экономические понятия*. Экономические потребности и экономические блага. Экономические ресурсы, их характеристика. Проблема экономического выбора. Альтернативные издержки. Экономическая эффективность и принцип сравнительного преимущества. Кривая производственных возможностей. Экономический рост. *Теория потребительского поведения. Потребительский выбор и его особенности.*Понятие товара. Полезность блага (товара). Закон убывающей предельной полезности товара.*Мир потребительских предпочтений: закономерности развития.* Кривая безразличия. Предельная норма замещения. Бюджетное ограничение. Условия равновесия потребителя. Потребительский выбор. Эффект замещения и эффект дохода.  *Ресурсы предприятия и их использование.* Капитал: понятие. Кругооборот и оборот капитала. Виды производительного капитала предприятия. *Основные средства* предприятия: состав и структура, оценка и переоценка, эффективность использования, износ, амортизация. Методы повышения эффективности использования. Показатели использования оборудования и его рабочей мощности. *Оборотные средства предприятия*: состав и структура, определение потребности в оборотных средствах. Показатели оценки и пути повышения эффективности использования оборотных средств. *Трудовые ресурсы.* Основные характеристики персонала предприятия. Организация труда на предприятии: принципы и формы организации. Нормирование труда. Организация оплаты труда. *Капиталообразующие инвестиции предприятия*. Общие положения и показатели оценки эффективности инвестиционных проектов. Экономический смысл дисконтирования. *Теория спроса и предложения.* Понятие «спрос». Функция спроса. Кривая спроса. Закон спроса. Факторы, сдвигающие кривую спроса. Эффекты: «цена-показатель качества», престижного спроса и ожидаемой динамики цен. Понятие «предложение». Функция предложения. Кривая предложения. Эластичность спроса по цене. Факторы, влияющие на ценовую эластичность спроса. Эластичность спроса по доходу. Перекрестная эластичность. Эластичность предложения. Точка рыночного равновесия. Избыток и дефицит предложения. Закон рыночного равновесия. Государственное регулирование рыночного равновесия. Влияние налогов, дотаций, фиксированных цен на рыночное равновесие. *Теория производства. Издержки и прибыль.* Издержки и их классификация. Производственная функция. Общие свойства производственных функций. Изокванта. Карта изоквант. Равновесие производителя. Валовой, средний и предельный продукт переменного фактора: взаимосвязь показателей и графическое представление. Связь между средними/предельными издержками и средним/предельным продуктом переменного фактора.. *Рыночная система. Типы рыночных структур.* Субъекты рынка. Понятие рынка и условия его возникновения. Сегментация рынка. Конкуренция на рынке, ее функции и виды. Основные модели рынка по типу конкуренции и их краткая характеристика. Входные барьеры в отрасль. Кривые спроса на продукцию одной фирмы в различных моделях рынка. *Предприятие в условиях совершенной конкуренции.* Валовая, средняя и предельная выручка в условиях совершенной конкуренции. Оптимизация совершенным конкурентом объема производства в краткосрочном и долгосрочном периоде. *Предприятие в условиях монополии.* государственное регулирование естественных монополий. Ценовая дискриминация. *Предприятие в условиях олигополии.* Предельная выручка в условиях олигополии. Лидерство в ценах. Тайный сговор. *Предприятие в условиях монополистической конкуренции.* Оптимизация монополистическим конкурентом объема производства в краткосрочном и долгосрочном периоде. *Основные макроэкономические показатели. Макроэкономическая нестабильность. Система национальных счетов*: основные макроэкономические показатели. Методы измерения ВВП. Номинальный и реальный ВВП. Индексы цен. ВВП и благосостояние. *Макроэкономическая нестабильность*: безработица и инфляция. Уровень занятости. Понятие полной занятости и естественного уровня безработицы. Закон Оукена. *Инфляция и ее виды*. Причины и источники инфляции. Инфляция спроса и инфляция издержек. Экономические и социальные последствия инфляции. Кривая Филипса. Взаимосвязь инфляции и безработицы.

**Аннотация к дисциплине Б1. В.ОД.8**

**«Электрические станции и подстанции»**

**Цель дисциплины:** изучение электрооборудования и схем электрических соединений электростанций и подстанций, подготовка обучающихся к проведению различных мероприятий, направленных на повышение надёжности их работы.

**Место дисциплины в структуре ОПОП**: относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1 основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Количество зачетных единиц – 5.

**Содержание разделов:**

Перспективные источники электроэнергии. Распределение нагрузки между электростанциями разных типов. Понятие о графиках нагрузок электростанций и подстанций. Надёжность электроснабжения потребителей. Экономические и экологические проблемы энергетики.

Общие сведения о токах короткого замыкания. Нагрев проводников и электрических аппаратов в продолжительных режимах и при коротких замыканиях. Допустимые температуры нагрева. Термическая и электродинамическая стойкость проводников и электрических аппаратов.

Основные параметры и эксплуатационные характеристики. Конструктивные особенности. Системы охлаждения. Современные системы возбуждения и предъявляемые к ним требования. Способы включения генераторов в сеть. Перспективы улучшения характеристик генераторов. Основные параметры и конструктивные особенности. Системы охлаждения. Тепловые режимы трансформаторов. Особенности автотрансформаторов. Способы изменения коэффициента трансформации.

Отключение цепи переменного тока. Процесс гашения электрической дуги в коммутационных аппаратах. Дугогасительные устройства электрических аппаратов переменного и постоянного тока. Типы выключателей и их конструктивные особенности.

Основные параметры и эксплуатационные характеристики современных выключателей, разъединителей и других электрических аппаратов.

Трансформаторы напряжения, трансформаторы тока, ёмкостные делители напряжения. Сведения о конструкции. Параметры, схемы соединения обмоток, схемы включения. Области применения.

Виды электрических схем. Роль и взаимосвязь элементов. Назначение и особенности структурных и принципиальных схем конденсационных электростанций (КЭС), теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), атомных электростанций (АЭС), гидроэлектростанций (ГЭС), парогазовых установок (ПГУ), газотурбинных установок (ГТУ) и подстанций (ПС). Назначение, роль и влияние на надёжность работы электростанций.

Способы электроснабжения собственных нужд. Расход электроэнергии на собственные нужды.

Типовые группы схем, их характеристики, условия функционирования и область применения. Заземления в электроустановках и режим нейтрали. Обеспечение безопасности обслуживающего персонала электроустановок. Системы измерений, контроля, сигнализации и управления. Источники оперативного тока.

**Аннотация дисциплины**

***Электроэнергетические системы и сети –* Б1.В.ОД.9**

**Целью освоения дисциплины является** изучение основ расчета и анализа режимов работы электроэнергетических систем и сетей.

**Место дисциплины в структуре ОПОП ВО:** относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1 основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Количество зачетных единиц – 5 з.е.

**Содержание разделов:**

Основные понятия и определения. Исторический обзор развития электрических сетей в России, современное состояние и перспективы дальнейшего развития. Преимущества объединенных электроэнергетических систем. Классификация электрических сетей. Номинальные напряжения электрических сетей. Требования, предъявляемые к электриче­ским сетям при их проектировании, сооружении и эксплуатации. Рабочие режимы работы электрических сетей. Задачи, решаемые при расчетах режимов электрических сетей.

Основные элементы электроэнергетических систем: генераторы, линии электропередачи, трансформаторы и автотрансформаторы, узлы комплексных нагрузок.

Основные сведения о конструкции воздушных линий. Конструктивные элементы воздушных линий: провода и тросы, изоляторы, линейная арматура, опоры и основания.

Основные сведения о конструкциях кабельных электрических линий. Конструкции силовых кабелей.

Полные и упрощенные схемы замещения электрических линий и их параметры. Активные и индуктивные сопротивления и проводимости линий. Зарядные мощности линий. Используемые сечения проводов. Транспозиция фаз. Расщепление проводов фаз линий.

Полные и упрощенные схемы замещения трансформаторов (автотрансформаторов) и их параметры. Активные и индуктивные сопротивления и проводимости трансформаторов (автотрансформаторов).

Понятие комплексной нагрузки. Статические характеристики нагрузок потребителей. Задание нагрузок при расчетах режимов электрических сетей.

Построение схемы замещения электрической сети. Подготовка схемы замещения электрической сети к расчету режима. Расчетные схемы электрических сетей.

Расчет электрических линий 110-220 кВ с использованием векторных диаграмм на­пряжений и токов и П-образной схемы замещения в случае, когда нагрузка задана током. Анализ различных режимов работы электрической линии. Влияние емкостных токов на режимные параметры. Аналитическая зависимость между напряжениями начала и конца линии. Понятие потери и падения напряжения. Допущения, используемые при расчете сетей 110 кВ.

Расчет электрических линий 110-220 кВ с использованием П-образной схемы замещения в случае, когда нагрузка задана мощностью. Четыре возможных случая постановки задачи расчета режима (по данным начала, по данным конца передачи, итерационным методом «в 2 этапа»). Допущения, используемые при расчете сетей 110 кВ.

Расчет магистральных и разветвленных сетей.

Совместный расчет сетей двух номинальных напряжений.

Расчет электрических сетей с учетом статических характеристик нагрузок. Метод систематизированного подбора.

Расчет режимов замкнутых сетей. Понятие точки потокораздела. Особенности послеаварийных режимов.

Краткие сведения об электрическом расчете сложных замкнутых элек­трических сетей.

Расчет режимов сетей напряжением до 35 кВ. Особенности расчета режимов.

Расчет режимов работы электрических сетей с двумя источниками питания.

Задачи расчета балансов активной и реактивной мощности.

Составляющие балансов активной и реактивной мощности в электрических сетях.

Баланс активной мощности в электроэнергетической системе и его связь с частотой.

Баланс реактивной мощности в электроэнергетической системе и его связь с напряжением.

Потребители реактивной мощности. Источники реактивной мощности в электроэнергетических системах, их технические и экономические характеристики. Выработка реактивной мощности генераторами электростанций. Компенсация реактивной мощности.

Основы регулирования напряжения. Способы и технические средства регулирования напряжения. Регулирующие устройства в электрических сетях. Особенности регулирования напряжения в системообразующих сетях и сетях низших напряжений.

Основы регулирования частоты. Задачи, допустимые отклонения частоты, регулировочные характеристики генераторов, методы регулирования частоты.

Основные сведения о характере потерь мощности и электроэнергии в различных элементах электрических сетей. Виды потерь мощности. Определение потерь мощности и электроэнергии в электрических линиях и трансформаторах (автотрансформаторах) с помощью графиков нагрузки и с использованием времени максимальных потерь.

Мероприятия по снижению потерь мощности и электроэнергии.

**Аннотация дисциплины**

**Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем– Б1.В.ОД.10**

**Цель дисциплины:** изучение принципов выполнения комплексов релейной защиты и автоматики (РЗА) электроэнергетических систем, технических средств для их реализации, способов расчета параметров устройств РЗА и оценки принимаемых решений.

**Место дисциплины в структуре ООП:** относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1 основной образовательной программы по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачётных единиц –5**.**

**Содержание разделов:** Общие сведения о релейной защите (РЗ) и автоматизации электроэнергетической системы (ЭЭС). Термины и определения. Структура и состав ЭЭС. Режимы работы ЭЭС, учитываемые при выполнении РЗА. Назначение и функции релейной защиты. Требования к устройствам РЗА. Основные виды повреждений в ЭЭС. Векторные диаграммы и расчет токов при различных видах КЗ на линиях и за трансформаторами. Токовые защиты. Трансформаторы тока и напряжения для релейной защиты. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и обмоток реле. Структура токовых защит от КЗ. Изображения и обозначения элементов и устройств РЗ на схемах. Трехступенчатые токовые защиты от многофазных КЗ. Максимальная токовая защита. Токовая отсечка без выдержек времени. Выбор тока срабатывания селективной отсечки. Оценка защищаемой зоны. Неселективная отсечка. Токовая отсечка с выдержкой времени. Выбор параметров срабатывания и оценка чувствительности. Способы повышения чувствительности токовой защиты. Схемы и общая оценка трехступенчатой токовой защиты от многофазных КЗ. Токовая направленная защита от многофазных КЗ. Назначение и характеристики реле направления мощности. Токовая направленная защита нулевой последовательности от КЗ на землю в сети с заземленной нейтралью. Защита от замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью. Дистанционные защиты. Принцип действия дистанционной защиты. Выбор параметров срабатывания трехступенчатой дистанционной защиты. Оценка чувствительности. Схема трехступенчатой дистанционной защиты. Общая оценка и область применения. Дифференциальные токовые защиты. Назначение. Принцип действия продольной дифференциальной токовой защиты. Выбор тока срабатывания дифференциальной защиты. Дифференциально-фазная и направленная токовые защиты с высокочастотной блокировкой. Поперечная направленная дифференциальная токовая защита параллельных линий. Автоматическое повторное включение линий электропередачи. Назначение АПВ, требования к устройствам АПВ. АПВ линий с одно- и двусторонним питанием. Возможности ускорения действия релейной защиты при наличии АПВ. Защиты трансформаторов, генераторов, шин. Повреждения и ненормальные режимы работы трансформаторов. Требования к РЗ трансформаторов. Газовая защита. Максимальная токовая защита. Дифференциальная защита трансформатора. Резервные защиты трансформаторов. Автоматическое регулирование коэффициента трансформации. Автоматическое включение резервного источника питания. Повреждения и ненормальные режимы работы генераторов, требования к РЗ генераторов. Основные и резервные защиты генераторов, работающих на сборные шины. Особенности выполнения релейной защиты блоков генератор-трансформатор. Дифференциальные и логическая защита шин. Резервирование отказа выключателей. Автоматика ЭЭС. Автоматическое включение синхронных генераторов на параллельную работу с системой. Автоматическое регулирование возбуждения. Назначение и виды противоаварийной автоматики. Автоматика предотвращения нарушения устойчивости. Автоматика ликвидации асинхронного режима. Автоматическая частотная разгрузка.

**Аннотация дисциплины**

***Техника высоких напряжений – Б1.В.ОД.11***

**Цель освоения дисциплины** состоит в изучении физических процессов в газе, определяющих возникновение, формирование и развитие электрических разрядов, которые определяют электрическую прочность газовой изоляции, а также физических основ высоковольтных электротехнологий, основанных на применении электрических разрядов в воздушной среде.

**Место дисциплины в структуре ОПОП**: дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Количество зачетных единиц – 5.

**Содержание разделов**: Роль и место электрических разрядов в высоковольтной изоляционной технике и электротехнологии. Классификация электрических разрядов в газах. Сечения взаимодействия и передачи энергии, средняя длина свободного пробега, скорость дрейфа, диффузия, функции распределения. Ионизация газа электронами (прямая, ступенчатая, ассоциативная). Расчётные и эмпирические методы определения коэффициента ионизации газа электронами. Возникновение и развал отрицательных ионов. Электронное возбуждение атомов и молекул газа. Колебательное и вращательное возбуждение молекул. Тушение возбуждения. Излучение фотонов атомами и молекулами газа, поглощение и фотоионизация. Основные процессы, ответственные за эмиссию электронов из катода (ионная бомбардировка, фотоэлектронная эмиссия, термоавтоэлектронная эмиссия). Коэффициент вторичной ионизации. Рекомбинация заряженных частиц в газе. Термоионизация газа. Основные характеристики плазмы: нейтральность, радиус Дебая, проводимость. Определение электронной лавины. Методы экспериментального исследования лавин. Статистика лавинного усиления. Гидродинамическая физико-математическая модель электронной лавины и реализующий её вычислительный алгоритм. Основные характерные параметры лавин (расчётные и экспериментальные).Условие самостоятельности электрического разряда в лавинной форме. Начальное напряжение. Закон Пашена. Особенности возникновения самостоятельного разряда в неоднородном электрическом поле (влияние неоднородности поля и полярности напряжения). Понятие начальной напряжённости электрического поля. Закон подобия электрических разрядов. Основы инженерной методики расчёта начальных напряжений. Зависимость начального напряжения от частоты. Методика расчёта первой критической частоты для промежутков с однородными и неоднородными электрическими полями. Влияние поля зарядов электронной лавины на радиус и число электронов в ней. Определение стримера. Условие перехода лавины в стример (критическое число электронов в лавине, её критический путь и радиус). Анодонаправленный стример. Особенности формирования и распространения катодонаправленного стримера. Условие самостоятельности разряда в стримерной форме. Однолавинно-стримерный разряд в однородном поле. Многолавинный и многолавинно-стримерный механизмы разряда. Особенности возникновения и развития стримера в промежутках с неоднородным полем, влияние полярности. Гидродинамическая физико-математическая модель стримера и реализующий её вычислительный алгоритм. Методы экспериментального исследования стримеров. Основные характерные параметры стримеров (расчётные и эмпирические). Условия перехода стримерной формы разряда в лидерную. Структура и особенности распространения анодо- и катодонаправленного лидеров. Основные характерные параметры лидеров. Финальная стадия лидерного разряда и формирование главного разряда. Временные характеристики разряда. Вольт-секундные характеристики при грозовых и коммутационных импульсах напряжения. Применение сильных электрических полей в электротехнологиях. Структурная схема типовой электротехнологической установки. Основные электротехнологии с использованием сильных электрических полей: электрофильтры, нанесение порошковых покрытий, электросепарация материалов. Понятие униполярного коронного разряда (УКР), его чехол и внешняя область, процессы в них протекающие. Начальное и разрядное напряжение промежутков с коронным разрядом. Физико-математическая модель внешней области УКР: уравнения и граничные условия. Приближённые аналитические методы и численные алгоритмы расчёта электрических полей во внешней области УКР. Методы экспериментального исследования коронного разряда. Его вольтамперные характеристики. Ионная зарядка аэрозольных частиц, её ударный и диффузионный механизмы. Ионная зарядка частиц неправильной формы. Индукционная зарядка. Одновременное действие ионной и индукционной зарядки. Зарядка эллипсоидальных частиц. Силы, действующие на заряженные и незаряженные аэрозольные частицы в электрическом поле. Общие уравнения, описывающие движение и зарядку частиц по ионному и диффузному механизмам. Подвижность частиц. Их осаждение и поведение на электроде в зависимости от условий движения.

**Аннотация дисциплины**

***Техника безопасности и охрана труда в электроустановках– Б1.В.ОД.12***

**Цель освоения дисциплины** получение знаний об организационных и технических мероприятиях и средствах, обеспечивающих безопасную работу с электроустановками, и освоение навыков применения этих знаний при проведении работ.

**Место дисциплины в структуру ОПОП ВО:** дисциплина по выбору вариативной части блока дисциплин Б.1 основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Количество зачётных единиц – 2.

**Содержание разделов**:

Понятие электробезопасности. Цели и задачи курса электробезопасности. Электротравматизм. Классификация электротравм. Ситуация с электротравматизмом в электроэнергетической отрасли. Первая помощь пострадавшему от электрического тока: меры первой доврачебной медицинской помощи, искусственное дыхание, массаж сердца, электрическая дефибрилляция сердца. Нормативно-правовые основы электробезопасности.

Основные термины и определения. Классификация электроустановок в отношении мер электробезопасности. Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током. Общие указания по устройству электроустановок.

Защита от прямого прикосновения. Защита от косвенного прикосновения. Применение малых напряжений. Электрическое разделение сетей. Электрическая изоляция. Контроль и профилактика повреждений изоляции. Электрозащитные средства. Электрические испытания изолирующих электрозащитных средств. Защитное заземление. Защитное зануление. Устройство защитного отключения.

Безопасность при пофазном ремонте воздушных линий электропередачи. Производство отключений. Безопасность работы под напряжением на воздушных линиях электропередачи. Особенности и достоинства метода работ под напряжением. Анализ возможных опасностей при работе под напряжением.

Обучение персонала. Медицинское освидетельствование персонала. Виды инструктажей. Проверка знаний персонала правил и инструкций. Переносные плакаты безопасности и ограждение места работы.

Категории работ, условия их производства. Ответственность за безопасность производства работ. Оформление наряда, распоряжения или перечня работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации. Выдача разрешения на подготовку рабочего места. Допуск бригады к работе. Надзор во время работы.

Квалификационные группы по электробезопасности персонала, обслуживающего электроустановки. Требования к работникам, производящим дежурство в электроустановках. Требования к работникам, осуществляющим осмотры электроустановок и воздушных линий электропередач.

Пожарная безопасность на электроэнергетических предприятиях. Требования пожарной безопасности к электроустановкам. Методы пожарной профилактики. Средства и способы пожаротушения.

**Аннотация дисциплины**

***Информатика- Б1.В.ОД13***

**Цель дисциплины:** Изучение основ программирования и принципов разработки оконных приложений.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина относится к вариативной части блока Б1 по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных единиц – 5.

**Содержание разделов:**

**1 семестр**

Предмет информатики. Общая характеристика процесса сбора, передачи, обработки и накопления информации. Технические и программные средства реализации информационных процессов. Понятия информационной системы и информационной технологии. Классификация информационных технологий. Современные ЭВМ и их характеристики. Представление информации в машине. Структурная схема ЭВМ. Краткие сведения об операционных системах для персональных компьютеров: WINDOWS, UNIX, LINUX.

Этапы подготовки и решения задач на ЭВМ. Алгоритм и его свойства. Современная технология проектирования алгоритмов решения задач: нисходящее и структурное проектирование.

Спецификация задачи. Построение алгоритмов на основе базовых и дополнительных управляющих структур. Итерационные и детерминированные циклы. Методы структурирования алгоритмов: объединение условий, дублирование кодов, метод Булевой переменной. Композиция методов и свертки алгоритма при структурировании. Вспомогательные алгоритмы: общего типа и функции.

Алфавит языка, идентификаторы, метки, комментарии, структура программы в целом и отдельного программного модуля.

Допустимые типы данных: запись констант и описание переменных. Допустимые классы операций и правила их использования. Допустимые структуры данных. Использование стандартных подпрограмм. Основные операторы: присваивания, безусловного перехода, условные операторы, операторы цикла, пустой оператор. Моделирование управляющих структур на Фортране.

Форматный ввод/вывод. Спецификации формата: правила их записи и использования. Неявный переход к новой записи при форматном вводе/выводе. Использование встроенного цикла. Инициализация данных с помощью оператора DATA.

Подпрограммы в Фортране. Процедуры и функции: правила оформления и вызова. Формальные и фактические параметры: правила записи и правила соответствия. Операторные функции и возможности их использования. Вызов параметров по наименованию и по значению.

Принципы тестирование программ. Тестирование «снизу-вверх» и «сверху-вниз»: основные принципы, достоинства и недостатки. Использование «заглушек» и отладочной печати.

Основные математические методы, используемые при решении числовых задач.

Поиск экстремума: среди всех элементов массива и среди элементов, удовлетворяющих условию. Индексация для вырезанной области матрицы. Методы сортировки: минимакс, метод пузырька, сортировка Шелла. Бинарный поиск. Вычисление тригонометрической функции с помощью ее разложения в ряд.

**2 семестр**

Обработка символьной информации в Фортране. Символьные данные: запись констант и описание переменных. Допустимые операции над символьными данными (включая стандартные функции). Возможности ввода/вывода.

Связь программных модулей Фортрана через общую область***.*** Неименованная и именованная общие области. Правила размещения данных в общих областях. Инициализация данных из общих областей. Основные отличия передачи данных через параметры и через общую область.

Работа с данными, хранящимися на внешнем устройстве. Файлы в Фортране. Понятие логической и физической записи. Виды записей в файле: форматные и бесформатные. Файлы прямого и последовательного доступа.

Работа с комплексными переменными***.*** Представление комплексных констант и описание комплексных переменных. Допустимые операции над комплексными данными (включая стандартные функции). Возможности ввода/вывода.

Базовые элементы алгоритмического языка Паскаль. Алфавит языка, идентификаторы, комментарии. Структура программы. Структура блока. Допустимые типы данных: стандартные скалярные и пользовательские (правила записи констант и описание переменных); структурированные типы данных (строки, массивы). Назначение указателей. Допустимые классы операций: арифметические, логические, отношения. Приоритет операций. Стандартные подпрограммы. Основные операторы Паскаля: присваивания, условные, цикла. Совместимость типов в Паскале.

Подпрограммы в Паскале. Особенности работы со строками в Паскале. Массивы: описание, ввод /вывод, допустимые операции. Вложенные блоки: процедуры и функции (особенности описания и обращения). Правила локализации имен. Рекурсия: прямая и косвенная

**Аннотация дисциплины**

***Теоретическая механика – Б1.В.ОД.14***

**Цель дисциплины:** изучение основных алгоритмов теоретической механики, численных методов инженерных расчётов и со­путствующего математического аппарата, применяемых при решении задач механики, а также освоение способов построения и компьютерной реализации математических моделей механических систем.

**Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по профилям подготовки: Высоковольтная электроэнергетика и электротехника; Гидроэлектростанции; Менеджмент в электроэнергетике и электротехнике; Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии; Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем; Электрические станции; Электроснабжение; Электроэнергетические системы и сети, направления 13.03.02 “Электроэнергетика и электротехника”.. Количество зачетных единиц – 5.

**Содержание разделов:**

Основные понятия кинематики. Способы задания движения точки. Скорость и ускорение точки при векторном и координатном способах задания движения. Произвольное движение твёрдого тела. Вектор угловой скорости. Формулы Пуассона. Теорема о распределении скоростей точек твёрдого тела при произвольном движении. Теорема о независимости угловой скорости от выбора полюса. Теорема о проекциях скоростей двух точек твёрдого тела. Распределение ускорений точек твёрдого тела при произвольном движении. Поступательное движение твёрдого тела. Распределение скоростей и ускорений точек. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Векторы угловой скорости и углового ускорения. Распределение скоростей и ускорений точек. Плоское движение твёрдого тела. Распределение скоростей и ускорений точек плоской фигуры. Теорема о мгновенном центре скоростей (МЦС). Примеры определения МЦС. Сложное движение точки. Теорема о сложении скоростей в сложном движении точки. Теорема о сложении ускорений в сложном движении точки (теорема Кориолиса). Аксиомы динамики. Две основные задачи динамики. Основные характеристики распределения масс механической системы. Кинетическая энергия механической системы. Теорема Кёнига. Кинетическая энергия твёрдого тела при различных случаях движения. Элементарная работа и мощность силы. Основные понятия теории сил. Моменты силы относительно точки и оси. Теорема о связи моментов силы относительно точки и оси. Главный вектор и главный момент системы сил. Пара сил, её главный вектор и главный момент. Мощность системы сил, приложенной к твёрдому телу. Классификация связей. Возможные перемещения и скорости. Идеальные связи. Обобщённые координаты. Возможные перемещения и скорости в обобщённых координатах. Тождества Лагранжа. Обобщённые силы. Условия равновесия механической системы в обобщённых координатах. Принцип Даламбера. Принцип возможных перемещений. Общее уравнение динамики (принцип Даламбера - Лагранжа). Общее уравнение динамики в обобщённых координатах. Уравнения Лагранжа второго рода. Анализ структуры уравнений движения в обобщённых координатах. Консервативные системы. Силовое поле. Потенциальная энергия механической системы. Обобщённые потенциальные силы. Уравнения Лагранжа второго рода для консервативных систем. Циклические интегралы. Интеграл энергии для консервативных систем. Теорема об изменении полной механической энергии. Дифференциальные уравнения движения твёрдого тела в различных случаях. Определение динамических реакций связей при плоском движении системы твёрдых тел. Абсолютно твёрдое тело и аксиомы теории сил. Теорема о приведении системы сил к силе и паре сил. Теорема об условиях равновесия абсолютно твердого тела. Уравнения равновесия абсолютно твёрдого тела под действием произвольной системы сил. Частные случаи условий равновесия. Статически определённые и неопределённые задачи. Теорема об условиях эквивалентности систем сил. Следствия теоремы об условиях эквивалентности систем сил. Центр параллельной системы сил и центр тяжести.

**Аннотация к дисциплине Б1. В.ОД.15**

**«Электрическая часть электрических станций»**

**Цель дисциплины** изучение методов анализа технического состояния электрооборудования, методов диагностирования электрооборудования

**Место дисциплины в структуре ОПОП**: дисциплина относится к циклу дисциплин 1вариативная часть дисциплин по выбору по направлению подготовки бакалавров 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника. Количество зачетных дисциплин -5.

**Содержание разделов:**

*1. Общие сведения об объектах электроэнергетики*

Основные термины и определения. Графические условные обозначения, применяемые в схемах. Структура процесса производства, распределения и потребления электрической и тепловой энергий. Структурная схема простейшей электроэнергетической системы. Структура установленной мощности. Проблемы развития электроэнергетики. Структура электроэнергетики РФ.

*2. Схема выдачи мощности электростанций*

Понятие схемы выдачи мощности электростанций. Обоснование и выбор главных схем электрических соединений электростанций. Иерархия принятия решений. Схема присоединения к энергосистеме. Выбор напряжений, на которые будет выдаваться электроэнергия.

Влияние энергетических характеристик паровых и газовых турбин, а также технологических минимума и максимума паровых котлов, паровых и газовых турбин на разработку схем выдачи мощности электростанций. Понятия нормальной, оперативной и ремонтной схемы. Примеры электрических схем, применяемых на блочных ТЭЦ, на ТЭЦ с поперечными связями

*3. Основные требования к электрооборудованию электростанций и подстанций*

Назначение и роль электрооборудования, режимы его работы. Требования к электрооборудованию в части уровня изоляции, допустимого нагрева в продолжительных режимах, стойкости при коротких замыканиях (КЗ), коммутационной способности

*4. Термическая и электродинамическая стойкость проводников и аппаратов*

Термическая стойкость проводников и электрических аппаратов. Нормируемые допустимые температуры. Проверка проводников и аппаратов на термическую стойкость. Возгораемость кабелей при КЗ.

Электродинамическая стойкость проводников. Проверка шинных конструкций с жесткими опорами на электродинамическую стойкость.

*5. Отключение цепей переменного тока*

Дуга переменного тока и ее характеристики. Физические процессы в дуге, влияющие факторы. Особенности отключения однофазной и трехфазной цепи переменного тока при КЗ. Характеристика восстанавливающегося напряжения. Влияние шунтирующих резисторов и апериодической составляющей тока КЗ. Отключение емкостных и малых индуктивных токов. Отключение неудаленных КЗ.

*6. Методы гашения дуги переменного тока. Коммутационное оборудование*

Типы гасительных камер. Электромагнитное дутье. Разбиение дуги на ряд коротких дуг. Стеснение дуги в узких щелях. Использование масляного и воздушного дутья, вакуума и элегаза.

Типы выключателей и их конструктивные особенности. Основные параметры и эксплуатационные характеристики современных выключателей, разъединителей и других электрических аппаратов.

***7.*** *Измерительные трансформаторы и устройства*

Назначение и роль измерительных трансформаторов и устройств. Трансформаторы напряжения, трансформаторы тока, ёмкостные делители напряжения. Сведения о конструкции. Параметры, схемы соединения обмоток, схемы включения. Области применения.

*8****.*** *Собственные нужды электростанций*

Назначение, роль и влияние на надёжность работы электростанций. Способы электроснабжения собственных нужд. Механизмы собственных нужд ТЭЦ на классических паросиловых агрегатах, на базе ГТУ и ПГУ. Расход электроэнергии на собственные нужды. Выбор рабочих и резервных трансформаторов собственных нужд на электростанциях.

*9****.*** *Режим нейтрали в электроустановках*

Заземления в электроустановках электростанций и режим нейтрали в РУ высшего, среднего напряжений и в системе собственных нужд. Обеспечение безопасности обслуживающего персонала электростанций.

*10. Схемы распределительных устройств электроустановок*

Развитие схем РУ в зависимости от требований надежности, напряжения и др. Типовая сетка схем коммутации их характеристики, условия функционирования и область применения. Выбор схем электрических соединений РУ высшего, среднего и низшего напряжений. Общие сведения о комплектных распределительных устройствах с воздушной и элегазовой изоляцией. Общие понятие открытого и закрытого РУ.

**Аннотация к дисциплине Б1.В.ДВ.1.1**

**«Электромагнитные переходные процессы»**

**Цель дисциплины** изучение методов расчёта различных электромагнитных переходных процессов, особенно присимметричных и несимметричных коротких замыканиях в электроустановках.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина относится к циклу Б1, вариативной части дисциплин по выбору основной образовательной программы подготовки бакалавров направления 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника", всего-5 зачётных единиц.

**Содержание разделов:**

*1. Общие сведения об коротких замыканиях*

Основные понятия. Допущения, принимаемые при расчетах токов короткого замыкания. Основные сведения о переходных процессах при форсировке возбуждения синхронных генераторов. Назначение расчетов токов коротких замыканий и предъявляемые к ним требования. Понятие о расчетных условиях.

*2. Переходный процесс при трёхфазном коротком замыкании в электрической цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения*

Понятие о периодической и апериодической составляющей тока короткого замыкания. Ударный ток короткого замыкания. Ударный коэффициент и способы его определения. Особенности переходного процесса при коротком замыкании в разветвлённой цепи.

*3. Составление расчетной схемы и схемы замещения*

Понятие о расчетной схеме и схеме замещения. Системы единиц, используемые при составлении схем замещения. Виды схем замещения. Преобразование схем замещения.

*4. Определение начального действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания*

Определение действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания в начальный момент короткого замыкания. Влияние двигателей и нагрузок в начальный момент короткого замыкания.

*5. Термическое и электродинамическое воздействие токов короткого замыкания на проводники и электрооборудование*

Определение удалённости точки КЗ от электрической машины. Изменение во времени действующего значения тока коротких замыканий от синхронных машин. Методы расчета интеграла Джоуля. Термическое воздействие токов короткого замыкания. Электродинамическое воздействие токов короткого замыкания.

*6. Особенности расчётов несимметричных коротких замыканий. Расчеты несимметричных коротких замыканий*

Преимущества метода симметричных составляющих. Условия применимости этого метода. Исходные уравнения. Двухфазное короткое замыкание. Однофазное короткое замыкание. Двухфазное короткое замыкание на землю. Правило эквивалентности тока прямой последовательности. Расчет токов и напряжений при несимметричных коротких замыканиях разными методами.

**Аннотация дисциплины**

**Алгоритмы задач электроэнергетики – Б1.В.ДВ.1.2**

**Целью освоения дисциплины является** изучение методов математического моделирования элементов сети и алгоритмов расчета установившихся нормальных, предельных и допустимых режимов сложных электроэнергетических систем на ЭВМ.

**Место дисциплины в структуру ОПОП ВО**: дисциплина относится к вариативной части по выбору блока дисциплин основной образовательной программы по подготовки бакалавров направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника». Количество зачётных единиц – 5.

**Содержание разделов**: Задачи расчетов установившихся режимов сложных электроэнергетических систем. Факторы, определяющие эффективность решения этих задач на ПЭВМ. Классификация элементов схемы замещения электроэнергетической системы (активные, пассивные, узловые, линейные). Классификация узлов. Модель ветви, модель узла. Исходная информация для расчета установившихся режимов. Основные уравнения, описывающие установившиеся режимы электроэнергетических систем. Узловое уравнение состояния электроэнергетической системы (в форме баланса токов, мощностей, обращенной). Базисный и балансирующий узлы, их выбор. Учет трансформаторных связей в расчетах УР. Формирование матрицы узловых проводимостей(матрицы **Y**) – исходные данные, алгоритм, свойства матрицы Y. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса с обратным ходом. Вычислительная схема прямого и обратного хода, основные формулы. Модификации метода Гаусса. Преимущества, недостатки метода.

Принципы учета слабой заполненности сетевых матриц. Хранение слабо заполненных матриц**:** требования к схемам хранения (упаковки) матриц, схема связанного списка. Формирование матрицы Y в компактной форме. Итерационные методы расчета установившихся режимов. Итерационный метод (простая итерация) решения нелинейного узлового уравнения в форме баланса токов. Недостаток метода. Решение нелинейного узлового уравнения в форме баланса токов на основе обращения матрицы **Y**, недостаток метода. Алгоритм вычисления элементов факторизованной матрицы. .Алгоритм расчета установившегося режима методом Зейделя. Свойства метода Зейделя, коэффициенты ускорения и замедления. Достоинства, недостатки метода. Метод расчета режимов, основанный на методе Зейделя при решении нелинейного узлового уравнения в форме баланса токов. Достоинства и недостатки метода. .Методы расчета установившихся режимов при разделении узлового уравнения в комплексной форме на два уравнения с действительными коэффициентами**.** Прямоугольная и полярная системы координат. Сущность метода Ньютона, Формы записи уравнений в прямоугольной и полярной системах координат. Решение узловых уравнений в форме баланса мощностей, записанных в прямоугольной и полярной системах координат, методом Ньютона. Зависимость размерности задачи расчета установившегося режима методом Ньютона, размерности матрицы Якоби от формы записи уравнений (в прямоугольной или полярной системах координат) и формы представления генераторных узлов. Свойства матрицы Якоби. Свойства метода Ньютона, проявляющиеся при решении нелинейных узловых уравнений с целью расчета установившегося режима сложных ЭЭС. Модификации метода Ньютона. Определение потерь мощности в электрических сетях. Стартовые алгоритмы, их достоинства и недостатки. Метод декомпозиции для расчета установившегося режима сложной энергосистемы .Методы расчета установившегося режима с учетом изменения частоты. Выбор методов расчета и современных программно-вычислительных комплексов в части расчета и анализа установившихся режимов сложных электроэнергетических систем. Совмещение расчета установившегося режима и оценки его статической устойчивости.

**Аннотация дисциплины**

**Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах**

***– Б1.В.ДВ.2.1***

**Цель освоения дисциплины** состоит в получении теоретических и практических навыков анализа переходных электромеханических процессов при малых и больших возмущениях в электроэнергетических системах. При этом основное внимание уделяется методам анализа статической и динамической устойчивости и мероприятиям по их обеспечению.

**Место дисциплины в структуре ОПОП**: дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин по выбору основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по подготовки бакалавров направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Количество зачетных единиц – 5.

**Содержание разделов**:

*1.* *Основные термины и определения. Элементы электроэнергетических систем. Переходные процессы в ЭЭС и их классификация*

Основные понятия и определения: энергетическая система, электроэнергетическая система (ЭЭС). Элементы ЭЭС. Классификация режимов ЭЭС и задачи управления ими. Переходные процессы в ЭЭС, их классификация по времени протекания. Математическое описание различных переходных процессов и задачи управления ими. Статическая и динамическая устойчивость ЭЭС.

*2. Математические модели электроэнергетической системы и её элементов. Характеристики мощности ЭЭС*

Уравнения электромагнитных переходных процессов в обмотках статора синхронного генератора, их особенности. Преобразование Парка-Горева. Упрощение уравнений Парка-Горева при анализе электромеханических переходных процессов в ЭЭС. Э.д.с. и , представление генератора как элемента электрической цепи. Уравнения синхронного генератора и его векторные диаграммы при опережающей и отстающей оси . Уравнение электромагнитного переходного процесса в обмотке возбуждения синхронного генератора. Э.д.с. , ее физический смысл. Преобразование Парка-Горева. Упрощение уравнений Парка-Горева при анализе электромеханических переходных процессов в ЭЭС. Э.д.с. и , представление генератора как элемента электрической цепи. Уравнения синхронного генератора и его векторные диаграммы при опережающей и отстающей оси . Уравнение электромагнитного переходного процесса в обмотке возбуждения синхронного генератора. Э.д.с. , ее физический смысл. Уравнение механического движения ротора генератора, постоянная инерции. Моментно-скоростная характеристика турбины. Выражения для определения электромагнитного момента генератора. Простейшая схема ЭЭС: «генератор – электропередача – шины бесконечной мощности». Векторная диаграмма. Выражения для активной и реактивной мощности на шинах генератора: , . Характеристика мощности нерегулируемого синхронного генератора = . Область существования установившихся режимов и область статической устойчивости простейшей ЭЭС. Практический критерий статической устойчивости. Квазипереходная характеристика мощности = . Соотношение максимумов характеристик мощности генератора при  и . Характеристика мощности генератора с регулированием возбуждения . Характеристики мощности сложной системы. Собственные и взаимные проводимости, их определение при исключении пассивных узлов: 1) метод преобразования схем, 2) метод единичных токов, 3) прямой ход метода Гаусса.

*3. Динамическая устойчивость ЭЭС. Определение условий динамической устойчивости ЭЭС*

Динамическая устойчивость ЭЭС: определение, задачи расчетов, основные допущения. Способ площадей, его рассмотрение на примере схемы «станция - шины» при отключении одной цепи двухцепной ЛЭП. Определение максимального угла вылета ротора. Определение запаса динамической устойчивости: 1) по соотношению площадок возможного торможения и ускорения. 2) по предельному значению мощности турбины. Аналитическое определение , определение  для частного случая разрыва связи с системой. Определение предельного времени отключения трехфазного короткого замыкания в простейшей ЭЭС. Применение способа площадей для системы «станция - станция». Область применения способа площадей.

*4.Расчет электромеханических переходных процессов в ЭЭС*

Основы методов численного интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений. Рассмотрение переходных процессов в простейшей ЭЭС при коротком замыкании общего вида. Сравнительная оценка тяжести короткого замыкания с точки зрения динамической устойчивости. Метод последовательных интервалов – основные допущения, вычислительная схема. Обобщение метода последовательных интервалов на сложную ЭЭС. Расчет методом последовательных интервалов динамической устойчивости системы «станция - шины» при учете электромагнитных переходных процессов в обмотке возбуждения генератора. Учет релейной форсировки возбуждения.

*5. Статическая устойчивость ЭЭС. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости ЭЭС*

Статическая устойчивость электроэнергетических систем. Определение устойчивости состояния равновесия по Ляпунову. Теорема Ляпунова. Линеаризация дифференциальных уравнений переходных процессов. Характеристическое уравнение, его корни. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости.

*6. Определение условий статической устойчивости ЭЭС*

Два способа составления характеристического уравнения. Условия статической устойчивости простейшей системы при . Составление линеаризованных уравнений переходных процессов для системы «станция - шины» при учете электромагнитных переходных процессов в обмотке возбуждения генератора. Составление характеристического уравнения для рассматриваемой системы. Необходимые условия устойчивости. Нарушение статической устойчивости в виде сползания и самовозбуждения. Критерии устойчивости. Критерий Гурвица. Необходимые и достаточные условия статической устойчивости системы при . Параметрическое самораскачивание. Возможные виды нарушения статической устойчивости и меры по их предотвращению.

*7. Условия статической устойчивости при автоматическом регулировании напряжения на зажимах генератора*

Требования к регулированию возбуждения генераторов электростанций. Ручное регулирование возбуждения, его влияние на режимные характеристики и условия статической устойчивости ЭЭС. Принципиальная схема АРВ пропорционального действия. Статические характеристики  и  при различных значениях . Вывод характеристического уравнения простейшей системы с безынерционным АРВ пропорционального действия. Условия статической устойчивости при  и  (условия отсутствия сползания и самораскачивания). Противоречие между статической точностью регулирования и статической устойчивостью. Влияние  на условие самораскачивания. Влияние гибкой обратной связи, охватывающей возбудитель, на его инерционность. Способ снижения инерционности возбудителя при больших возмущениях. АРВ сильного действия. Условия статической устойчивости простейшей системы при АРВ, реагирующем на отклонение напряжения и первую производную угла ротора генератора.

*8. Переходные электромеханические процессы в узлах нагрузки. Устойчивость узла нагрузки*

Переходные электромеханические процессы в узлах нагрузки. Уравнение движения и схема замещения асинхронного двигателя. Характеристика мощности. Практический критерий статической устойчивости асинхронного двигателя. Влияние внешнего сопротивления на  и . Лавина напряжения и средства ее предотвращения. Устойчивость узла нагрузки при больших возмущениях: пуск двигателя, резкопеременная нагрузка на валу, короткие замыкания.

*9. Практические критерии устойчивости*

Характеристика . Практический критерий статической устойчивости . Исследование с помощью этого критерия влияния поперечной емкостной компенсации на статическую устойчивость узла нагрузки. Статические характеристики мощности узла нагрузки по напряжению, регулирующие эффекты нагрузки. Практический критерий статической устойчивости .

*10. Асинхронный ход в ЭЭС. Ресинхронизация*

Асинхронный ход в ЭЭС: причины возникновения, влияние на работу генератора и режимы системы. Условия ресинхронизации.

*11. Технические способы и средства обеспечения условий устойчивости*

Мероприятия по обеспечению устойчивости ЭЭС. Мероприятия связанные со строительством сетевых элементов и мероприятия по установке систем автоматического управления.

**Аннотация к дисциплине Б1.В.ДВ.2.2**

***ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ***

**Цель дисциплины:** изучение основных принципов построения, проектирования и использования элементов автоматических устройств релейной защиты и автоматики

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина по выбору вариативной части блока дисциплин по выбору основной образовательной программы по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачётных единиц – 5

**Содержание разделов:**

Электрические реле. Общие понятия. Электромагнитное реле тока. Реле тока РТ-40. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи (АЦП и ЦАП). Характеристики АЦП. АЦП мгновенных значений времяимпульсного типа, параллельного типа, последовательного приближения.

Устройство выборки – хранения. Интегрирующие АЦП. Частотно-импульсный многотактного интегрирования, сигма-дельта АЦП. Интерфейсы АЦП. ЦАП на суммирование токов, на матрице R-2R, сигма-дельта ЦАП.

Микропроцессорные терминалы (МПТ) РЗА. Типовая структура МПТ РЗА. Принципы выбора шага дискретизации и квантования при аналого-цифровом преобразовании. Теорема Котельникова.

Вторичные измерительные преобразователи МПТ. Использование частотных фильтров. Ввод аналоговых сигналов в МПТ. Ввод и вывод дискретных сигналов в МПТ. Гальваническая развязка в МПТ. Источники питания МПТ.

Измерительный комплекс РЗиА РЕТОМ-51. Структурная схема и его работа. Функциональные возможности. Аналоговые и дискретные входы и выходы.

Дифференциальные реле тока. Обзор. ДЗТ-21. Структурная схема и принцип действия. Отстройка от проходящих токов и бросков намагничивающего тока. Измерительные органы ИО частоты, разности фаз, скольжения. Характеристики и реализация ИО. Реле частоты РЧ-1.

**Аннотация дисциплины**

***Автоматика энергосистем – Б1.В.ДВ.3.1***

**Цель дисциплины:** изучение назначений, требований, принципов действия и построения алгоритмов функционирования устройств режимной, сетевой и противоаварийной автоматики.

**Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина по выбору вариативной части блока 1 основной образовательной программы по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем»). Количество зачётных единиц – 3.

**Содержание разделов:** Классификация релейной защиты и автоматики. Обзор устройств сетевой, противоаварийной и режимной автоматики. Обзор автоматических устройств сетевой, режимной, противоаварийной и технологической автоматики, применяемой на объектах электроэнергетики ЕЭС России. Особенности взаимодействия различных видов автоматических устройств и комплексов релейной защиты и автоматики. Устройства сетевой автоматики. Назначение, Область применения, требования, принципы действия и алгоритмы функционирования. Автоматическое повторное включение. Виды, назначение, область применения. Требования к схемам автоматического повторного включения. Схема автоматического повторного включения однократного действия для линии с односторонним питанием. Особенности выполнения схем автоматического повторного включения для линий с двухсторонним питанием. Автоматический ввод резерва. Виды, назначение, область применения. Требования к схемам автоматического ввода резерва. Расчет параметров настройки устройства автоматического ввода резерва. Автоматика опережающего деления сети. Принципы выполнения, назначение, область применения. Устройства режимной автоматики. Назначение, Область применения, требования, принципы действия и алгоритмы функционирования. Автоматическое регулирование напряжением и реактивной мощностью. Обзор технических средств, позволяющих регулировать напряжение и реактивную мощность в ЕЭС России. Классификация систем возбуждения синхронных генераторов. Назначение, область применения, принцип действия. Сравнение. Принципы построения автоматических систем регулирования. Автоматическое регулирование возбуждением системы возбуждения синхронных генераторов. Назначение, принцип действия, характеристики схемы компаундирования, корректора напряжения и компаундирования с двухсистемным корректором напряжения. Автоматическое регулирование возбуждением сильного действия. Особенности, назначение, характеристики. Функциональная схема автоматического регулятора возбуждения сильного действия. Принципы распределение реактивных мощностей между двумя и более параллельно работающими генераторами. Автоматика регулирования коэффициента трансформации трансформатора. Принцип действия. Функциональная схема. Автоматическое регулирование частоты и перетоков активной мощности. Баланс мощности в энергосистеме. Плановые/неплановые нагрузки. Графики электрических и тепловых нагрузок. Первичное (НПРЧ и ОПРЧ), вторичное и третичное регулирование частоты. Назначение, требования, принцип действия. Устройства противоаварийной автоматики. Назначение, Область применения, требования, принципы действия и алгоритмы функционирования. Автоматика ограничения снижения частоты (АЧР, ЧДА, ЧАПВ). Назначение, область применения. Принцип действия. Автоматика ограничения снижения напряжения, автоматика ограничения повышения напряжения. Графики аварийного ограничения режима потребления электрической энергии (мощности). Условия и порядок введения. Устройство резервирования отказа выключателя. Назначение, принцип действия. Устройства технологической автоматики. Назначение, Область применения, требования, принципы действия и алгоритмы функционирования. Включение синхронного генератора на параллельную работу с сетью. Способы включения. Устройства точной автоматической синхронизации с постоянным углом и временем опережения. Требования. Характеристики. Расчет параметров настройки автоматических устройств точной синхронизации с постоянным временем и углом опережения.

**Аннотация дисциплины *Б1.В.ДВ.3.2***

**«ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ»**

**Цель дисциплины** является изучение принципов организации и разработки автоматизированных систем управления электротехническим оборудованием (АСУ ЭТО) электростанций.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина относится к циклу дисциплин 1, вариативной части дисциплин по выбору основной образовательной программы подготовки бакалавров по направления 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника". Всего- 5 з.е,

**Содержание разделов:**

Назначение и состав цепей контроля и управления электрооборудованием электроустановок (измерения, дистанционное управление, сигнализация, автоматика, защиты). Структура автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Аппаратура вторичных цепей электроустановок (реле, переключатели, автоматические выключатели и пр.). Правила построения принципиальных электрических схем. Схемы управления на традиционной аппаратуре и с использованием микропроцессорных средств.

Микропроцессорные средства управления. Контроллеры, модули устройств сопряжения с объектом (УСО). Типы входных и выходных сигналов. Типовые сигналы для управления электрооборудованием. Схемы подключения сигналов.

Программное обеспечение для разработки АСУ ЭТО (электротехническое оборудование). Программирование контроллеров, конфигурирование программно-технических комплексов. Технологические языки программирования. Алгоритмы управления электродвигателями собственных нужд электростанций (и подстанций).

Формирование мнемосхем. Сбор и первичная обработка сигналов. Сигнализация. Архивирование. Дистанционное управление.

Протоколы обмена информацией.

Основные виды документов (принципиальные и монтажные схемы). Условные графические элементы. Структура проекта. Методика автоматизированного проектирования.

Методы построения информационных моделей. Реляционная модель данных. Основные понятия. Операции над отношениями. Виды функциональных зависимостей. Нормализация отношений. СУБД ACCESS. Описание отношений. Типы данных. Основные принципы разработки интерфейса пользователя.

**Аннотация дисциплины**

***Защита от перенапряжений электроустановок станций – Б1.В.ДВ.4.1***

**Цель освоения дисциплины** – изучение условий возникновения и способов ограничения перенапряжений в электроустановках станций и принципов координации изоляции, обусловливающих выбор испытательных напряжений электрооборудования.

**Место дисциплины в структуре ОПОП**: дисциплина по выбору вариативной части блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по направлению13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Количество зачетных единиц – 5.

**Содержание разделов:**

Режимы нейтрали электрических сетей, перенапряжения при однофазных замыканиях на землю. Общая характеристика режимов заземления нейтрали электрических сетей. Достоинства и недостатки. Режимы заземления нейтрали в России и за рубежом. Емкостные токи замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью. Перенапряжения при однофазных дуговых замыканиях (ОДЗ) на землю в сетях 6–35 кВ с изолированной нейтралью. Энергетические воздействия на ОПН. Резонансная настройка. Ограничение восстанавливающегося напряжения на поврежденной фазе при ОДЗ. Недостатки резонансной настройки: возрастание смещения нейтрали при емкостной несимметрии, опасность недокомпенсации. Анализ требований ПУЭ, ПТЭ и инструкции по компенсации емкостных токов. Конструкции дугогасящих реакторов. Высокоомное и низкоомное заземление нейтрали. Заземление нейтрали в сетях генераторного напряжения. Эффективное заземление нейтрали. Методика применения ОПН для ограничения перенапряжений в электрических сетях 6–750 кВ. Квазистационарные перенапряжения в сетях с заземленной нейтралью. Расчет напряжения на нейтрали при несимметричных коротких замыканиях в сети с заземленной нейтралью. Перенапряжения на неповрежденных фазах при несимметричных коротких замыканиях. Учет емкостного эффекта для дальних электропередач. Ограничители перенапряжений. Конструкции ограничителей. Энергоемкость ОПН. Анализ основных положений ГОСТ Р 52725. Различие подходов к выбору ОПН в сетях 6–35 кВ и 110–750 кВ. Анализ действующих методических указаний и нормативов МЭК. Феррорезонансные явления в электрических сетях. Типовые конструкции измерительных трансформаторов напряжения и их схемы замещения для анализа феррорезонансных явлений в электрических сетях. Свободные колебания контура с нелинейной индуктивностью. Самонастройка феррорезонансного контура на частоту источника. Разновидности феррорезонанса. Классификация схем, приводящих к возникновению феррорезонансных явлений. Феррорезонансные перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью. Антирезонансные трансформаторы напряжения НАМИ, НАЛИ и НАМИТ. Явление «ложной земли». Феррорезонансные перенапряжения в сетях с заземленной нейтралью 220–500 кВ. Классификация феррорезонансных схем. Современные конструкции антирезонансных ТН. Влияние дополнительных емкостей в элегазовых генераторных выключателях на феррорезонансные процессы в сетях генераторного напряжения. Перенапряжения в обмотках силовых трансформаторов, автотрансформаторов и шун-тирующих реакторов. Перенапряжения в обмотках трансформаторов при воздействии грозовых импульсов. Понятие начального и конечного распределений напряжения. Определение параметров схем замещения трансформаторов для расчета высокочастотных и импульсных перенапряжений. Входные емкости трансформаторов. Конструкции обмоток. Импульсная электрическая прочность продольной изоляции. Конструктивные особенности трансформаторов для снижения воздействий на продольную изоляцию. Расчет продольных емкостей катушечных обмоток: непрерывных, частично и полностью переплетенных, с холостыми витками. Наведенные напряжения на обмотках низшего напряжения. Защита обмоток низшего напряжения трансформаторов от грозовых перенапряжений. Перенапряжения при работе вакуумных и элегазовых выключателей. Физические основы среза тока в вакуумной камере. Конструкции вакуумных камер. Влияние продольного и поперечного магнитного поля. Конструкции элегазовых выключателей. Сопоставление параметров вакуумных и элегазовых выключателей, влияющих на перенапряжения. Эскалация напряжений при возникновении повторных зажиганий. Защитные RC-цепи. Критерии выбора параметров защитных RC-цепей. Резонансные перенапряжения в обмотках трансформаторов. Современные подходы к численному моделированию перенапряжений при работе вакуумных и элегазовых выключателей. Перенапряжения в экранах кабелей. Физический механизм возникновения токов в экранах кабелей. Расчетные соотношения для определения токов и потерь в экранах трехфазных кабельных линий. Допустимые токи. Частичное заземление и транспозиция экранов как средство снижения токов в экранах. Перенапряжения в экранах при частичном заземлении или неполной транспозиции экранов. Применение ОПН для защиты изоляции экранов. Координация изоляции в сетях с изолированной и заземленной нейтралью. Анализ испытательных напряжений по ГОСТ 1516.3. Допустимый уровень квазистационарных, коммутационных и грозовых перенапряжений для силовых трансформаторов, КЛ, ВЛ, электрооборудования распредустройств.

**Аннотация дисциплины *– Б1.В.ДВ.4.2***

***Высоковольтные электротехнологические процессы и аппараты***

**Цель освоения дисциплины** состоит в изучении процессов, происходящих в аэрозольных и гидрозольных системах под воздействием электрических сил с применением сильных электрических полей, плазмохимических процессов и технологий, процессов воздействия сильных электромагнитных полей на материалы с применением технологических сильноточных устройств, и подготовке специалистов в области высоковольтных электротехнологий, способных использовать высоковольтные электротехнологические аппараты и установки для решения научных и практических технологических задач.

**Место дисциплины в структуре ОПОП**: дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин по выбору основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) по подготовки бакалавров направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Количество зачетных единиц – 5.

**Содержание разделов**: Введение. Роль электротехнологий в промышленном производстве и их место среди традиционных технологических процессов. Осаждение частиц. Осаждение монодисперсных частиц из ламинарного потока. Осаждение в плоском канале под действием постоянных внешних сил. Эффективность осаждения. Осаждение на горизонтальном участке круглой трубы. Осаждение под действием центробежных сил. Осаждение под действием сил зеркального отображения. Условие забора аэрозоля заборными трубками. Осаждение частиц из турбулентного потока. Сведения о турбулентном течении. Осаждение частиц из турбулентного потока в поле постоянных внешних сил. Эффективность осаждения частиц из турбулентного потока. Процессы на осадительном электроде. Поведение отдельно взятой частицы на электроде. Силы адгезии частиц к электроду. Поведение частицы на электроде в электрическом поле и при коронном разряде в промежутке. Поведение слоя на осадительном электроде. Определение характеристик порошкового слоя. Зарядка и разрядка слоя на электроде. Обратная корона с порошкового слоя. Время возникновения обратной короны. Сила, действующая на слой, в электрическом поле и при коронном разряде в промежутке. Влияние слоя на вольт-амперную характеристику коронного разряда. Коллективные процессы в аэрозольных системах. Электростатическое рассеяние монодисперсного аэрозоля. Влияние концентрации частиц на характеристики коронного разряда. Движение частиц по силовым линиям. Движение частиц поперек силовых линий. Характеристики полидисперсного аэрозоля. Очистка газов электрофильтрами. Конструкция электрофильтров. Степень очистки газов в электрофильтрах. Особенности определения эффективности осаждения в электрофильтрах. Способы борьбы с обратной короной в электрофильтрах. Электросепарация. Классификация электросепараторов. Сепарация по электропроводности. Трибоэлектростатическая сепара-ция. Пироэлектрическая сепарация. Диэлектрическая сепарация. Нанесение покрытий в электрическом поле. Электроокраска. Электропневмораспылители. Нанесение порошковых покрытий. Электрический кипящий слой. Электропечать. Электрофотография. Ксерокс. Электрокаплеструйная печать. Обезвоживание нефтепродуктов. Физические основы обезво-живания нефтепродуктов. Конструкция промышленных технологических установок для обессоливания и обезвоживания нефти и нефтепродуктов. Технологии обезвоживания нефтепродуктов. Плазмохимические технологии. Основы плазмохимических преобразований. Генераторы озона и озонные технологии. Электросинтез озона. Технологии конверсии газов в плазме газового разряда. Очистка топочных газов от оксидов азота и серы. Модификация поверхности материалов в плазме газового разряда. Нейтрализация зарядов статического электричества. Статическое электричество при перекачке нефтепродуктов по трубопроводам. Методы измерения основных параметров, характеризующих статическую электризацию. Способы защиты от разрядов статического электричества. Применение нейтрализаторов зарядов статического электричества. Технологии импульсного воздействия на материал. Электрогидравлические технологии. Электроэрозионная обработка материалов. Магнитно-импульсная обработка материалов. Аэрозольные электрогазодинамические устройства. Конденсационные ЭГД-генераторы заряженного аэрозоля. Струи заряженного аэрозоля. ЭГД-генераторы. ЭГД-компрессоры.

**Аннотация дисциплины**

**Проектирование электроустановок электростанций – Б1.В.ОД.5.1**

**Цель дисциплины** – изучение методов проектирования электроустановок станций, изучение методов выбора электрооборудования на электростанциях.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина относится к циклу дисциплин 1, вариативной части дисциплин по выбору основной образовательной программы подготовки бакалавров направления 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника". Количество зачетных единиц – 5.

**Содержание дисциплины:**

*1. Общие сведения о проектировании электростанций*

Основные термины и определения. Стадии проектирования. Проектная и рабочая документация. Задание на проектирование. Внестадийное проектирование. Иерархия принятия решений. Выбор площадки для строительства электростанций. Учет геологических факторов. Техническое водоснабжение. Экологические ограничения. Обоснование и выбор основного технологического оборудования. Технологические особенности электростанций различного типа, учитываемые в задачах проектирования.

*2. Основные понятия и классификация компоновок электроустановок.*

Общие принципы компоновки. Классификация компоновок электроустановок. Компоновка ТЭЦ. Генеральный план ТЭЦ. Требования ПУЭ, ПТЭ и других нормативных документов к конструктивному исполнению и компоновки электроустановок.

*3. Структурные схемы электростанций*

Схемы блоков. Структурные схемы ТЭЦ. Факторы, влияющие на выбор структурных схем ТЭЦ. Выбор блочных трансформаторов и автотрансформаторов связи. Выбор рабочих и резервных трансформаторов собственных нужд. Технико-экономические показатели.

*4. Выбор и проверка проводников и коммутационного оборудования электростанций*

Определение расчетных точек короткого замыкания для выбора электрооборудования. Решение вопроса о возможном способе ограничения токов короткого замыкания.

Выбор и проверка по условиям рабочего режима и короткого замыкания коммутационных аппаратов и другого электрооборудования.

Проверка шинных конструкций с жесткими опорами на электродинамическую стойкость. Особенности расчета на электродинамическую стойкость жесткой ошиновки напряжением свыше 110 кВ.

*5. Выбор схем электрических соединений распределительных устройств.*

Выбор конструкций распределительных устройств. Классификация конструкций. Методика проектирования.

Надежность, экономичность. Климатическое исполнение, зоны. Возможность локализации аварий. Безопасность, удобство обслуживания, пожаробезопасность, возможность расширения.

Открытые и закрытые распределительные устройства. ОРУ с жесткой ошиновкой. Сравнения и технико-экономическое обоснование выбора типа РУ

Комплектные распределительные устройства.

Элегазовые распределительные устройства. Классификация. Область применения. Преимущества и недостатки. Особенности КРУЭ. Типовые компоновки КРУЭ 110-500 кВ электрических станций. Технико-экономическое сопоставление вариантов.

***6****. Система собственных нужд электрических станций*

Источники электроснабжения и схемы распределительных устройств собственных нужд. Состав потребителей системы собственных нужд электростанций разных типов и подстанций. Система оперативного постоянного тока электрических станций и подстанций. Современные схемы. Вопросы ЭМС в системе оперативного постоянного тока электрических станций на этапе проектирования.

*7. Компоновка электростанций.*

Компоновка основных объектов и оборудования на площадке электростанций.

Прокладка токоведущих связей. Классификация, область применения, конструктивные решения токоведущих связей. Гибкие линейные связи. Открытые и закрытые токопроводы. Генераторные токопроводы. Компоновка и прокладка линейных связей. Токопроводы системы собственных нужд. Исполнение токопроводов с твердой изоляцией. Влияние типа токопровода на компоновку основного оборудования электроустановки.

**Аннотация дисциплины**

**Основы проектирования релейной защиты – Б1.В.ДВ.5.2**

**Цель дисциплины:** изучение основных принципов построения, проектирования и изучения устройств релейной защиты и автоматики.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина по выбору вариативной части блока 1 дисциплин по выбору основной образовательной программы по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачётных единиц – 5.

**Содержание разделов:** Общие вопросы курса. Расчёт ТТ, ТН, Нормативная техническая документация. РЗА энергетических объектов 10-35кВ. Общие вопросы курса, цели, программа. Состав проектов. Стадии проектов. Общие понятия релейной защиты и терминология. Схемы размещения защит. Обзор нормативной документации по проектированию РЗ на энергетических объектах разных классов напряжения. Основные требования к релейной защите (набор функций терминалов, количество устанавливаемых комплектов, резервирование). Маркировка кабелей, кабельный журнал. ТТ, ТН, расчёт вторичной нагрузки. РЗА энергетических объектов 10-35кВ. Автоматический ввод резерва. Дуговые защиты и логические защиты шин, защита от замыканий на землю. Основные принципы по построение систем РЗА объектов электроэнергетики 110-220 кВ. Технические решения. Изучение терминалов защит различных фирм зарубежных и отечественных производителей. Обзор нормативной документации по проектированию РЗ объектов 110-220 кВ. Обзор современных типов микропроцессорных терминалов релейной защиты. Общие вопросы и принципиальные типовые решения (на примере ПАО «МОЭСК»). Рассмотрение МП терминалов фирмы ABB серии REX670. Типовые решения. Чтение и разбор функциональных схем. ДЗЛ. Изучение МП терминала дифференциальной защиты ABB RED670. Общие сведения по заданию уставок. Расчёт уставок. Каналы связи. Схемы связи. Организация каналов связи для ДЗЛ. Изучение МП терминала ступенчатых защит ABB REL670. Общие сведения по заданию уставок. Расчёт уставок. Рассмотрение МП терминалов фирмы Siemens серии 7SX, Экра, Бреслер. Основные принципы по построение систем РЗА объектов электроэнергетики 330-750 кВ. Технические решения. Защита генераторов. Изучение терминалов защит различных фирм зарубежных и отечественных производителей. Обзор нормативной документации по проектированию РЗ 330-750 кВ. Основные решения при проектировании РЗ объектов 330-750 кВ. Проектирование защит трансформаторов. МП терминалы разных фирм производителей. Обзор. Функционально-логические схемы для типовых решений. Проектирование защит генераторов 160-300МВт. МП терминалы разных фирм производителей. Обзор. Защита блоков. АПВ ВЛ, КВЛ, КЛ 110-220 кВ. Терминалы управления выключателем. Делительная защита ШС., Защиты шин и ошиновок. АПВ. Решения в части АПВ ВЛ, КВЛ, КЛ 110-220 кВ. Выбор параметров настройки АПВ. Рассмотрение протоколов-совещаний ПАО «ФСК», ПАО «МОЭСК», ОАО «СО ЕЭС» в части АПВ. Различные типы АПВ (АПВ с контролем напряжения, с отсутствием напряжения, с контролем синхронизма, простое АПВ, многократное АПВ). Терминалы АУВ. Назначение и применение. Расчёт уставок срабатывания резервных защит ШСВ, защиты шин и ошиновок различных фирм производителей. Назначение делительной защиты. Синхронизация генераторов и блоков Автоматическая частотная разгрузка. Построение схем размещения защит Оформление проектной документации. Основные принципиальные ошибки при проектировании. Примеры схем размещения защит при проектировании подстанции. Основные принципиальные ошибки при проектировании Рассмотрение различных схем по реконструкции и строительству объектов электроэнергетики в части релейной защиты. Детальная проработка рабочей документации. Правильное составление технического задания на основании технических требований в части РЗА.

**Аннотация дисциплины Б1.В.ОД.6.1**

**Эксплуатация электрооборудования электростанций и подстанций–**

**Цель дисциплины** – подготовка обучающихся к эксплуатации электрооборудования на электрических станциях разных типов и подстанциях.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина относится к циклу дисциплин 1, вариативной части дисциплин по выбору основной образовательной программы подготовки бакалавров направления 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" Количество зачетных единиц – 5.

**Краткое содержание разделов:**

*Раздел 1. Механизмы собственных нужд*

Привод механизмов собственных нужд. Регулирование производительности. Асинхронные двигатели (АД), схемы замещения, моментная характеристика. Влияние изменения параметров электрической сети (частота, напряжение) на работу двигателей. Характеристики моментов основных механизмов собственных нужд. Основные вопросы эксплуатации электродвигателей. Основные защиты электродвигателей напряжением 6 кВ. Работа электродвигателей в неполнофазных режимах. Двигатель постоянного тока в системе собственных нужд.

*Раздел 2. Силовые трансформаторы*

Силовые трансформаторы, основные эксплуатационные и режимные характеристики. Устройства регулирования напряжения трансформаторов (РПН, ПБВ), эксплуатация и обслуживание. Системы охлаждения трансформаторов, способы защиты трансформаторного масла. Оперативные методы диагностики трансформаторов под напряжением. Основные испытания трансформаторов. Анализ растворенных в масле газов. Определение характера и степени опасности дефекта. Принятие решения о работоспособности трансформатора. Нормальные и допустимые режимы работы трансформаторов. Допустимые перегрузки трансформаторов.

*Раздел 3. Распределительные устройства*

Основные вопросы эксплуатации высоковольтных выключателей. Методы испытаний, ресурсная характеристика. Основные вопросы эксплуатации распределительных устройств. Современные методы оперативной диагностики. Распределительные устройства 0,4 кВ, типы сборок. Комплектные распределительные устройства 6-10 кВ. ЗРУ генераторного напряжения.

*Раздел 4. Система оперативного постоянного тока*

Организация систем оперативного постоянного тока (СОПТ) на электростанциях. Типовые схемы СОПТ. Коммутационные аппараты ЩПТ. Устройства контроля и исправности цепей постоянного тока. Потребители постоянного тока на ТЭЦ (аварийное освещение, аварийные электродвигатели постоянного тока, оперативный ток для управления коммутационными аппаратами и т.д.). Резервирование оперативного тока. Применение свинцово-кислотных аккумуляторов в качестве независимого источника питания. Основные характеристики свинцово-кислотной аккумуляторной батареи (АБ). Процессы разряда и заряда. Схемы заземления. Поиск замыкания на землю. Особенности эксплуатации МПРЗА. Способы повышения помехозащищенности МПРЗА. Эксплуатация и диагностика технического состояния АБ и других элементов электроустановок оперативного постоянного тока.

*Раздел 5. Оперативные переключения. Блокировки.*

Оперативные переключения. Порядок и организация переключений в электроустановках. Документация по производству оперативных переключений (бланки, программы). Обеспечение безопасности при оперативных переключениях. Системы блокировок разъединителей и заземляющих ножей. Последовательность операций при включении и отключении электрических цепей. Особенности выполнения переключений в РУ электростанций нового поколения (дистанционное управление коммутационными аппаратами с АРМ).

*Раздел 6. Синхронные генераторы.*

Основные вопросы эксплуатации синхронных генераторов. Основные контролируемые параметры. Контроль теплового состояния турбогенератора. Изменение допустимой мощности генератора в зависимости от параметров среды охлаждения.

Пуск и включение в сеть генераторов. Особенности пуска генераторов ГТУ в составе ПГУ (от тиристорных преобразовательных устройств). Методы синхронизации. Область успешной синхронизации. Нормальные режимы работы синхронных генераторов. Допустимые перегрузки по току статора и ротора. PQ-диаграмма турбогенератора. Асинхронизированные генераторы, особенности режимов работы. Системы возбуждения синхронных генераторов, АРВ. Резервные системы возбуждения генераторов. Перевод генераторов с рабочей на резервную систему возбуждения. Щеточно-контактный аппарат устройство, работа, признаки и причины неисправностей. Оперативные методы диагностики генераторов и основные методы испытаний синхронных генераторов.

*Раздел 7. Оперативно-диспетчерское управление*

Организация оперативно-диспетчерского управления оборудования. Распределение оборудования по уровням управления. Диспетчерское управление, диспетчерское ведение. Организация вывода в ремонт оборудования. Подача, согласование заявок на вывод в ремонт (в резерв, ввод в работу) оборудования. Особенности организации и проведения работ при вводе в работу нового оборудования.

*Раздел 8. Мероприятия по снижению аварийности*

Предотвращение развития и ликвидация нарушений нормального режима работы оборудования электростанций. Действия оперативного персонала. Причины и последствия некоторых масштабных аварий на электростанциях и энергосистеме.

**Аннотация дисциплины**

**Расчеты релейной защиты электроэнергетических систем – Б1.В.ОД6.2**

**Цель дисциплины:** изучение принципов действия, построения, методов расчета и оценки устройств релейной защиты линий электропередачи электроэнергетической системы.

**Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина по выбору вариативной части блока 1 основной образовательной программы по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Количество зачётных единиц – 5.

**Содержание разделов:** Назначение релейной защиты в электроэнергетической системе. Основные режимы работы электроэнергетической системы. Назначение и выполнение релейной защиты. Основная и резервная защиты. Ближнее и дальнее резервирование. Отказы функционирования защиты. Принципы, лежащие в основе выполнения защит с абсолютной и относительной селективностью. Свойства релейной защиты от КЗ. Требования к релейной защите. Режимы работы электроэнергетической системы, рассматриваемые при проектировании релейной защиты. Основные виды КЗ в электроэнергетической системе; их влияние на работу её элементов и системы в целом. Векторные диаграммы токов и напряжений при КЗ. Влияние нагрузки. Продольная несимметрия. Сложные виды повреждений. Качания и асинхронный ход. Особенности процессов КЗ на линиях электропередачи СВН. Расчеты электрических величин для целей выбора параметров срабатывания релейной защиты. Методы расчёта электрических величин в аварийных режимах для проектирования релейной защиты. Расчеты токовых защит от междуфазных КЗ в радиальной сети с одним источником питания. Общая характеристика защит с относительной селективностью. Структура защит. Назначение ступеней. Выполнение токовой ступенчатой защиты в радиальных сетях с односторонним питанием. Схемы подключения токовых цепей защиты. Характеристика выдержек времени максимальной токовой защиты. Пуск по напряжению. Комбинированные отсечки по току и напряжению. Общая оценка токовых защит. Расчеты токовых направленных защит от междуфазных КЗ. Принцип работы токовых направленных защит. Особенности расчета токов срабатывания первых и вторых ступеней защиты линий в радиальных сетях с двусторонним питанием. «Мертвая» зона защиты. Встречно- ступенчатый принцип выбора выдержек времени. Размещение органов направления мощности. Учет качаний при расчете параметров срабатывания токовых направленных защит. Особенности выполнения и расчета параметров срабатывания токовых направленных защит от междуфазных КЗ в кольцевой сети с одним источником питания. Каскадное действие защиты. Расчеты токовых направленных защит нулевой последовательности от коротких замыканий на землю в сетях с напряжением ≥110кВ. Общие положения и особенности выполнения токовых и токовых направленных защит нулевой последовательности линий от КЗ на землю. Расчёт параметров срабатывания и оценка чувствительности токовой защиты нулевой последовательности одиночных линий с одно- и двухсторонним питанием. Особенности выполнения токовой направленной защиты нулевой последовательности параллельных линий. Учет влияния взаимоиндукции сближенных линий электропередачи на расчет токов при КЗ на землю. Расчеты дистанционных защит. Дистанционная защита от многофазных КЗ на линиях электропередачи. Сопротивление на зажимах реле сопротивления (РС). Схемы включения реле сопротивления. Расчет параметров срабатывания и оценка чувствительности отдельных ступеней дистанционной защиты. Характеристики срабатывания РС с двумя входными величинами. Мероприятия по устранению «мертвых» зон у реле сопротивления. Поведение дистанционной защиты при качаниях и асинхронных режимах работы. Устройства блокировки при качаниях (УБК). Структура УБК. Блокировка дистанционной защиты при нарушении цепей напряжения.