

Принято на заседании  
Ученого совета ГИ НИТУ МИСИС  
Протокол от 03.10.2024 № 7-24

ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ  
НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ МАГИСТРАТУРЫ

**13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

Москва 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	Пояснительная записка	3
2.	Содержание разделов	4
a.	Раздел 1. Электрические машины	4
b.	Раздел 2. Электрические и электронные аппараты	5
c.	Раздел 3. Силовая преобразовательная техника	6
d.	Раздел 4. Электрический привод	7
e.	Раздел 5. Электроснабжение горных и промышленных предприятий	8
f.	Раздел 6. Энергетический аудит и энергосбережение	11
g.	Раздел 7. Управление энергоресурсами	11
3.	Рекомендуемая литература	13

## 1. Пояснительная записка

Цель вступительного испытания – определение возможности поступающего осваивать основные профессиональные образовательные программы высшего образования (ОПОП ВО) в пределах образовательных стандартов ВО НИТУ МИСИС по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Вступительное испытание по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» проводится в виде письменного экзамена.

Продолжительность вступительного испытания составляет 2 часа (120 минут).

Экзаменационный билет содержит 5 заданий.

Система оценивания письменного вступительного испытания:

1 вопрос – 5 баллов;

2 вопрос – 10 баллов;

3 вопрос – 20 баллов;

4 вопрос – 30 баллов;

5 вопрос – 35 баллов.

В случае правильного и полного ответа поступающий получает количество баллов, соответствующее номеру вопроса, при неполном ответе или при наличии ошибок члены экзаменационной комиссии выставляют количество баллов пропорционально части правильного выполнения задания.

Результаты вступительных испытаний оцениваются по 100-балльной шкале.

Минимальный проходной балл, подтверждающий успешное прохождение вступительных испытаний, составляет 40.

Перечень принадлежностей, которые поступающий имеет право принести в аудиторию во время проведения вступительного испытания: ручка, пишущая черными или синими чернилами, простой карандаш, ластик, непрограммируемый калькулятор.

## 2. Содержание разделов

### Раздел 1. Электрические машины

Взаимно-обратимые преобразователи энергии в магнитных полях. Закон электромагнитной индукции Фарадея, закон электродинамического взаимодействия Ампера.

Общие сведения о трансформаторах: назначение, принцип действия, история создания. Маркировка выводов обмоток, условные обозначения в электрических схемах. Номинальные (паспортные) данные. Трансформаторы для горной промышленности.

Однофазный трансформатор. Конструкция, режимы нагрузки, холостого хода и короткого замыкания. Математическая модель трансформатора: допущения, уравнения электрического состояния. Параметры обмоток, приведение параметров. Электрическая модель трансформатора, схема замещения. Эксплуатационные режимы трансформаторов и задачи их анализа (внешняя характеристика и потери энергии). Холостой ход: ток, мощность потерь, опыт холостого хода. Работа трансформатора под нагрузкой. Влияние характера нагрузки (активная, активно-индуктивная и активно-емкостная) на внешнюю характеристику, энергетический баланс, потери энергии и КПД.

Трехфазные трансформаторы. Особенности конструкций. Схема соединений и маркировка выводов обмоток, обозначения на схемах. Способы определения номера группы, соединения обмоток. Линейные и фазные коэффициенты трансформации. Номинальные параметры трансформаторов. Параллельная работа трансформаторов. Регулирование вторичного напряжения.

Специальные трансформаторы: автотрансформаторы, измерительные и сварочные.

Общие сведения об асинхронных машинах и паспортные данные. Применение асинхронных двигателей (АД) в приводе горных машин. Устройство, маркировка выводов обмоток, обозначения в схемах, номинальные данные и их взаимосвязь. Принцип действия трехфазного АД. Создание вращающегося магнитного поля. Скольжение. Частота ЭДС и тока в роторе.

Обмотки статора: схемы и параметры.

Уравнения баланса напряжений и ЭДС в цепях статора и ротора. Электрическая модель – схема замещения. Аналогия с трансформатором при неподвижном и вращающемся роторе.

Номинальные режимы работы. Работа АД под нагрузкой. Энергетический баланс, потери, КПД и коэффициент мощности. Энергетическая диаграмма. Электромагнитный момент и механическая характеристика АД. Влияние напряжения и сопротивления цепи ротора на механическую характеристику. Рабочие характеристики АД.

Пуск асинхронных двигателей. Пусковой ток при прямом пуске. Улучшение пусковых свойств. Двухклеточные и глубоководные двигатели.

Регулирование частоты вращения.

Реверсирование АД.

Использование асинхронных машин при неподвижном роторе: индукционный регулятор напряжения и фазорегулятор.

Назначение и устройство синхронных машин, их паспортные данные. Маркировка и обозначение в схемах. Синхронные машины в горной промышленности и других отраслях. Принцип действия синхронного генератора и двигателя. Холостой ход автономного синхронного генератора.

Работа автономного синхронного генератора (СГ) под нагрузкой. Номинальные режимы работы. Реакция якоря и ее действия. Основное уравнение равновесия. Векторные диаграммы генератора. Векторные диаграммы для генераторного и двигательного режимов. Перевод СГ в режим синхронного двигателя (СД).

Мощность и электромагнитный момент синхронных машин. Угловые характеристики для генераторного и двигательного режимов. Статическая устойчивость, перегрузочная способность.

Синхронные двигатели. Область применения. Принцип действия. Способы пуска СД. Векторная диаграмма СД.

Работа СД при изменении нагрузки на валу (регулирование активной мощности). Работа СД при изменении тока возбуждения (регулирование реактивной мощности). Режимы недовозбуждения и перевозбуждения. U-образные характеристики, синхронный компенсатор.

Рабочие характеристики СД.

Номинальная мощность, потери и КПД синхронных машин.

Назначение и устройство машин постоянного тока, их паспортные данные. Маркировка и обозначения в схемах. Принцип действия генератора и двигателя постоянного тока. Схемы возбуждения.

Математическая модель машины постоянного тока. Параметры обмоток и конструктивные постоянные.

Реакция якоря. Коммутация.

Генераторы постоянного тока: характеристика холостого хода, внешняя и регулировочные характеристики. Энергетическая диаграмма.

Двигатели постоянного тока: номинальные режимы работы, энергетическая диаграмма, рабочие характеристики. Влияние схем возбуждения на характеристики двигателей постоянного тока. Регулирование частоты вращения.

Машины постоянного тока в горном оборудовании и установках.

Исполнительные асинхронные двигатели.

Вращающиеся трансформаторы, асинхронный преобразователь частоты.

Синхронные микромашины: реактивный, шаговый и гистерезисный двигатели.

Универсальные коллекторные двигатели, тахогенераторы.

Паспортные данные генераторов и преобразователей, нагрузочные и регулировочные характеристики. Номинальные режимы работы.

Защита от внешних воздействий (IP), климатические условия размещения, требования по уровню шума и радиопомехам. Режимы нагрузки: продолжительный S1, кратковременный S2, повторно-кратковременный S3.

Тенденции развития электрических машин: использование новых материалов, увеличение надежности, расширение номенклатуры микромашин.

## **Раздел 2. Электрические и электронные аппараты**

Расположение электрических аппаратов в установке по производству, распределению и потреблению электрической энергии. Назначение и классификация электрических и электронных аппаратов. Требования, предъявляемые к ним.

Основные положения теории горения дуги. Электрическая дуга постоянного и переменного тока. Восстановление напряжения на дуговом промежутке. Устройства гашения дуги постоянного и переменного тока. Электрические контакты. Параметры и особенности работы коммутирующих контактов.

Сопровитления. Контроллеры. Реостаты. Командоаппараты. Контактторы. Пускатели. Устройство и принцип действия.

Предохранители. Разъединители. Отделители и короткозамыкатели. Выключатели. Выключатели нагрузки. Реверсоры. Реакторы. Комплектные распределительные устройства напряжением до и выше 1 кВ. Автоматические и неавтоматические выключатели. Устройство и принцип действия. Принцип действия измерительных трансформаторов тока и трансформаторов напряжения. Схемы включения. Режимы работы трансформаторов тока и напряжения. Принцип действия трансформаторов тока и напряжения постоянного тока.

Классификация и основные элементы реле. Принцип действия. Реле: электромагнитные, электродинамические, поляризованные, индукционные, герконовые, полупроводниковые, тепловые.

Классификация, характеристики и параметры датчиков. Параметрические датчики (резисторные, емкостные, индуктивные, трансформаторные). Генераторные датчики (индукционные, пьезоэлектрические, термоэлектрические, основанные на использовании эффекта Холла).

Классификация электромагнитных аппаратов. Дроссели насыщения. Магнитные усилители (однотактные и двухтактные; без обратной связи; с обратными связями). Бесконтактные магнитные реле.

Контакторы, пускатели, переключатели, выключатели нагрузки.

Аппараты постоянного тока. Защитные полупроводниковые аппараты переменного тока. Аппараты на запираемых тиристорах.

Синхронные и несинхронные полупроводниковые комбинированные аппараты.

Усилительные схемы. Основные показатели усилителей. Обратная связь в усилителях. Принципы построения усилительных каскадов на транзисторах. Практические схемы. Многокаскадные и операционные усилители.

Параметры и схемы выпрямителей. Фазочувствительные выпрямители и усилители, управляемые выпрямители и инверторы.

Стабилизаторы напряжения и тока (параметрические, компенсационные).

Усилители мощности, импульсные регуляторы, дискретные силовые устройства, локальные корректирующие и защитные схемы.

### **Раздел 3. Силовая преобразовательная техника**

Понятие о преобразователях электрической энергии переменного тока в энергию постоянного тока; постоянного тока в переменный; постоянного в постоянный; переменного тока в переменный. Классификация силовой преобразовательной техники.

Трехфазная нулевая схема выпрямителя как основа многопульсных схем неуправляемых и управляемых преобразователей. Анализ электромагнитных процессов в трехфазной нулевой схеме при работе на активную и активно-индуктивную нагрузки. Регулировочные характеристики. Коммутационные процессы в преобразователе, построение внешних характеристик. Инверторный режим преобразователя при работе на электрическую машину постоянного тока. Принципы построения многопульсных систем ВП посредством последовательного, параллельного или смешанного соединения трехфазных нулевых схем. Трехфазная мостовая схема ВП, как пример последовательного соединения двух трехфазных нулевых схем и “две обратные звезды с уравнивающим реактором”, - как пример параллельного соединения тех же трехфазных нулевых схем. Методы расчета преобразователей и выбор их отдельных элементов.

Методы определения пульсаций напряжения и тока в ВП и их оценка. Фильтры - методы расчета и выбора параметров. Определение границы прерывистого тока на внешних характеристиках многопульсного ВП. Построение внешних характеристик в зоне прерывистых токов ВП.

Функции и структура систем управления ведомых сетью ВП. Принцип работы СИФУ, построенной по вертикальному способу. Одноканальные и многоканальные системы, синхронный и асинхронный принципы. Техничко-экономические показатели различных систем СИФУ.

Методы построения реверсивных ВП, классификация. Способы управления реверсивными двухкомплектными ВП. Согласованный совместный принцип управления и его разновидности. Раздельный принцип управления и анализ электромеханических процессов при этом способе управления. Техничко-экономические показатели реверсивных ВП при различных способах управления.

Энергетические показатели ВП. Полная мощность ВП и ее составляющие и их зависимость от диапазона выпрямленного напряжения. Коэффициент мощности. Классификация способов и схем, предназначенных для повышения энергетических показателей ВП. Специальные схемы ВП с улучшенными показателями, имеющие естественную коммутацию вентилях и усложненные законы регулирования. Схемы с искусственной и комбинированной коммутациями. Техничко-экономическая оценка способов и схем повышения коэффициента мощности.

Классификация импульсных преобразователей напряжения. Способы принудительной коммутации тиристоров. Нереверсивные и реверсивные импульсные преобразователи на полностью управляемых вентилях и тиристорах. Тиристорные импульсные преобразователи переменного напряжения.

Классификация автономных инверторов. Однофазные, трехфазные схемы автономных инверторов напряжения, их принцип действия. Транзисторные и магнито-транзисторные инверторы напряжения. Способы построения и область применения инверторов напряжения на тиристорах. Автономные инверторы тока, устройство и принцип действия, схемы замещения и внешняя характеристика. Методы регулирования и стабилизации выходного напряжения. Область применения.

Особенности работы преобразователей частоты с непосредственной связью. Особенности работы преобразователей частоты с промежуточным звеном постоянного тока. Преобразователи частоты с силовыми элементами на базе IGBT и IPM модулях. Преобразователи переменного тока и область их применения.

#### **Раздел 4. Электрический привод**

Определение понятия «электрический привод». Структурная схема электропривода и характеристика каждого элемента. Классификация электроприводов по виду движения, роду тока, механических передаточных устройств и ряду других признаков. Достоинства и недостатки электропривода. Современный электропривод и тенденция его развития.

Кинематические схемы машин и механизмов и их классификация. Типовые нагрузки механической части электропривода. Активные и реактивные моменты и силы. Уравнение движения механической части электропривода с абсолютно жесткими механическими связями. Статические и динамические моменты. Момент инерции привода (маховой момент). Уравнение движения электропривода при постоянном моменте инерции. Уравнения движения электропривода с упругими механическими связями. Механическая часть электропривода как объект управления.

Статические и динамические характеристики электроприводов с машинами постоянного тока с независимым возбуждением. Статические и динамические характеристики электроприводов с машинами постоянного тока с последовательным возбуждением. Статические и динамические характеристики электроприводов с машинами постоянного тока со смешанным возбуждением. Тормозные режимы электроприводов с машинами постоянного тока. Пусковые и перегрузочные свойства электроприводов с машинами постоянного тока.

Статические и динамические характеристики электроприводов с асинхронными двигателями. Тормозные режимы электроприводов с асинхронными двигателями. Пусковые и перегрузочные свойства электроприводов с асинхронными двигателями.

Электромеханические свойства электроприводов с синхронными двигателями.

Основные критерии определения мощности – условия нагревания и перегрузочная способность. Нагрузочные диаграммы электроприводов и методы их расчета. Баланс мощностей. Потери энергии в электроприводах постоянного и переменного токов в установившихся и переходных режимах. Нагрев и охлаждение двигателей. Влияние температуры на срок службы изоляции. Номинальные режимы двигателей.

Выбор электродвигателя по мощности при продолжительном режиме работы. Выбор электродвигателя по мощности при кратковременном режиме работы. Выбор электродвигателя по мощности при повторно-кратковременном режиме работы.

Допустимая частота включения асинхронных короткозамкнутых электродвигателей.

Выбор электродвигателя по роду тока и напряжения, конструктивного исполнения и способу соединения с рабочей машиной или передаточным устройством.

Управляемые преобразователи напряжения и тока. Генераторы постоянного тока. Вентильные преобразователи напряжения постоянного тока. Индукционно-емкостные преобразователи. Преобразователи частоты. Трехфазные преобразователи частоты с автономным инвертором. Непосредственные преобразователи частоты. Тиристорные коммутаторы постоянного и переменного токов.

Функции систем управления электроприводами и их классификация. Основные требования, предъявляемые к системам управления электроприводами. Способы изображения электрических схем электроприводов. Типовые узлы электрических схем и принципы их действия. Схемы

управления пуском и торможением электродвигателей в функции времени, тока, пути и др. Типовые схемы автоматического управления машинами постоянного тока, асинхронными и синхронными двигателями.

Логические и вычислительные элементы дискретного действия. Типовые цифровые узлы. Унифицированные блоки систем регулирования. Задающие устройства. Регуляторы. Согласующие элементы. Датчики угла и согласования. Датчики электрических величин.

Задачи синтеза. Электроприводы с программным управлением и последовательной коррекцией. Показатели свойств и качества переходных процессов электропривода с последовательной коррекцией. Многоконтурная структура и типовые регуляторы тиристорных электроприводов с последовательной коррекцией. Технический оптимум для настроек контуров регулирования электроприводов.

Показатели свойств и качества переходных процессов электропривода с параллельной коррекцией. Синтез нелинейных систем электроприводов с параллельной коррекцией. Обеспечение качества динамических процессов электроприводов с обратными связями. Электроприводы с линейной параллельной коррекцией.

Общие вопросы проектирования электроприводов. Объем проекта и последовательность проектирования электропривода. Этапы проектирования: обоснование выбора типа привода, определение мощности выбранного типа электродвигателя, разработка схемы управления и комплектование необходимой аппаратурой.

## **Раздел 5. Электроснабжение горных и промышленных предприятий**

Краткий исторический обзор развития электрификации промышленных и горных предприятий. Преимущества объединения электростанций в системы. Типовая электрическая система и ее составные части. Номинальные напряжения и токи потребителей электрической энергии. Требования, предъявляемые к системе электроснабжения.

Потребители электрической энергии общепромышленных предприятий, угольных шахт и разрезов, обогатительных фабрик, рудников черной и цветной металлургии, горно-обогатительных комбинатов; приемники электроэнергии россыпных месторождений и карьеров строительных материалов. Категории электроприемников и обеспечение бесперебойности электроснабжения. Принципы построения схем электроснабжения. Схемы питания и распределения электроэнергии. Влияние схем электроснабжения на экономичность, бесперебойность и безопасность систем электроснабжения.

Расчетные нагрузки. Графики нагрузки, основные величины, их характеризующие. Показатели графиков нагрузки. Методы определения расчетных электрических нагрузок. Влияние точности определения нагрузок на экономичность электроснабжения.

Определение расхода электроэнергии. Потери мощности и энергии в отдельных частях системы электроснабжения. Вероятностно-статистические модели оценки потерь энергии.

Виды переходных процессов. Короткие замыкания как наиболее опасный вид переходных процессов. Причины возникновения и классификация коротких замыканий. Процесс протекания короткого замыкания. Основные соотношения величин токов при коротких замыканиях. Ударный ток и факторы, его определяющие. Зависимость тока короткого замыкания от параметров короткозамкнутой цепи.

Понятие о базисных величинах, о базисных относительных единицах. Определение сопротивления КЗ цепи в относительных единицах для электроустановок напряжением выше 1 кВ. Определение токов короткого замыкания по типовым и расчетным кривым. Ограничение токов КЗ. Особенности определения сопротивления КЗ цепи в установках напряжением до 1 кВ. Влияние мощности и параметров электродвигателей на ток КЗ.

Понятие о продольной и поперечной несимметрии. Несимметричные короткие замыкания, обрывы фаз и несимметрия нагрузки. Расчет токов КЗ в установках постоянного тока. Электромеханические переходные процессы.

Основные методические положения технико-экономических расчетов в энергетике. Инвестиции на сооружение подстанций, распределительных устройств и сетей и способы их определения. Срок

окупаемости инвестиций и внутренняя норма доходности проекта электроснабжения. Эксплуатационные расходы в системах электроснабжения: амортизация, ремонт и обслуживание элементов СЭС. Определение стоимости потерь электроэнергии.

Напряжения электрических сетей. Основные показатели качества напряжения. Отклонения и колебания напряжения. Допустимые потери напряжения в сети. Несимметрия напряжений.

Технико-экономические обоснования выбора рационального напряжения. Способы изменения и регулирования напряжения. Технические средства регулирования напряжения и область их применения.

Ограничение колебаний напряжения, уровня высших гармонических токов и напряжений и несимметричных режимов.

Классификация электрических сетей. Требования, предъявляемые к электрическим сетям.

Режим нейтрали. Система с заземленной нейтралью. Система с изолированной нейтралью. Выбор режима нейтрали.

Воздушные линии, конструктивное исполнение и область их применения. Выбор проводов по механической прочности.

Кабельные линии. Область их применения, выбор типа кабеля. Способы прокладки кабельных линий.

Электропроводки, назначение, выбор типа проводов. Способы выполнения электропроводок внутри зданий и на территории промплощадки.

Токопроводы, конструктивное выполнение. Способы прокладки токопроводов внутри зданий и на промплощадке.

Выбор сечений проводов и жил кабеля по нормированной экономической плотности тока и экономическим интервалам.

Выбор сечения проводников по допустимому нагреву.

Нагревание токоведущих частей при нормальном режиме. Нормы максимальных температур нагрева. Определение допустимой длительной токовой нагрузки. Выбор сечения проводников при повторно-кратковременном режиме работы. Связь допустимой нагрузки проводов с параметрами аппаратов защиты.

Нагревание токоведущих частей при коротких замыканиях. Допустимые температуры нагрева при коротких замыканиях. Определение сечения проводников по условиям допустимого нагрева при коротких замыканиях. Фиктивное время продолжительности короткого замыкания и его определение.

Выбор проводников по потере напряжения.

Схемы замещения и расчетные параметры элементов электрических сетей. Активное и индуктивное сопротивление. Потеря и падение напряжения. Определение потери напряжения в разомкнутых сетях. Потери напряжения, обусловленные активными и реактивными мощностями и сопротивлениями. Выбор сечений проводников по потере напряжения из условия постоянства сечения для всех участков сети. Расчет разветвленных разомкнутых сетей. Расчет простых замкнутых сетей.

Алгоритм расчета электрических сетей с использованием ЭВМ.

Способы компенсации реактивной мощности. Выбор и размещение компенсирующих устройств; автоматическое регулирование мощности КУ. Расчетные затраты на компенсацию реактивной мощности. Компенсация реактивной мощности при наличии вентильных преобразователей.

Назначение электрических аппаратов в подстанциях и РУ. Параметры, по которым выбираются и проверяются аппараты, изоляторы и токоведущие устройства.

Выбор и проверка выключателей напряжением выше 1 кВ. Выбор и проверка разъединителей, отделителей, короткозамыкателей и выключателей нагрузки. Выбор и проверка реакторов. Выбор и проверка трансформаторов тока и трансформаторов напряжения. Расчет шин и выбор изоляторов. Выбор и проверка предохранителей, автоматических выключателей.

Определение места положения ГПП (БПП). Технико-экономическое обоснование выбора схемы электроснабжения. Выбор числа и мощности трансформаторов. Система сборных шин. Схемы расщепления и подстанций напряжением выше 1 кВ. Открытые распределительные устройства

напряжением 35 – 220 кВ. Закрытые распреустройства напряжением 6 – 10 кВ. Комплектные распреустройства.

Схемы и конструкция распреустройства напряжением до 1 кВ.

Конструкции РУ напряжением выше 1 кВ. Мачтовые и комплектные подстанции. Вспомогательные источники тока.

Требования, предъявляемые к релейной защите. Элементы защиты. Источники оперативного тока ТТ в цепях релейной защиты. Требования ПУЭ к элементам релейной защиты. Защита от многофазных замыканий в электроустановках напряжением выше 1 кВ, токовая отсечка, дифференциальная защита, дистанционная и высокочастотная защита. Защита от внешних КЗ в электроустановках напряжением выше 1 кВ: максимальная токовая защита токовая направленная защита. Защита от однофазных замыканий. Защита от витковых замыканий и понижения уровня масла в кожухе трансформаторов в электроустановках напряжением выше 1 кВ.

Защита от перегрузок в электроустановках напряжением выше 1 кВ. Защита от понижения напряжения. Защита электроустановок напряжением до 1 кВ.

Экономический ущерб при отказе или ложном срабатывании защитных устройств. Способы обеспечения селективности.

Классификация перенапряжений. Защита от прямых ударов молнии стержневыми и тросовыми молниеотводами. Размещение молниеотводов. Соединение молниеотводов с землей.

Защита распределительных устройств и подстанций от набегающих волн перенапряжений. Области применения и размещения трубчатых и вентильных разрядников. Защита от грозовых перенапряжений воздушных линий, подстанций и вращающихся машин. Защита от внутренних перенапряжений.

Понятие о рабочем и защитном заземлении. Защитное заземление и защитное зануление. Устройство и расчет заземлений. Контроль изоляции и защитное отключение. Напряжение прикосновения и шаговое напряжение. Выравнивание потенциалов. Измерение сопротивления изоляции. Измерение сопротивления заземляющих устройств.

Уровни и этапы проектирования. Проектирование как информационный процесс. Состав технического проекта СЭС. Структурные элементы процесса проектирования. Система электроснабжения горных предприятий как объект проектирования; содержание и порядок оформления проектов электроснабжения горных предприятий. Разновидность схем. Принципы, цели и задачи автоматизации проектирования систем электроснабжения. Структура и состав САПР-электроснабжения.

Оценка сравнительной экономической эффективности различных вариантов инвестиционных решений. Выбор экономически предпочтительного варианта проектного решения и выявление ожидаемой величины экономического эффекта: определение показателей чисто дисконтированного дохода и внутренней нормы доходности, а также срока окупаемости инвестиций.

Автоматическое повторное включение. Автоматическое включение резервного питания. Область их применения. Характерные схемы. Автоматическая разгрузка по частоте и делительная защита. Автоматизация учета расхода электроэнергии на основе информационно-измерительных систем. Телемеханизация в системах электроснабжения.

Измерение и учет электроэнергии. Тарификация электрической энергии. Основные положения по составлению электробаланса горных предприятий. Удельные нормы потребления электроэнергии. Экономия электроэнергии в системах электроснабжения горных предприятий. Противоаварийная автоматика.

Испытания заземляющих устройств. Определение места повреждения кабельных линий.

Особенности электроснабжения горных работ и объектов городского подземного строительства; особенности исполнения электрооборудования для горного производства.

Электрическое освещение; виды защит электрического оборудования и сетей на горных предприятиях; электрооборудование подземных горных работ и карьеров; подстанции в подземных выработках, на карьерах и на объектах ГПС; рудничная аппаратура управления и защиты.

Канализация электрической энергии в подземных выработках и на карьерах; электроснабжение и электрооборудование очистных, проходческих и вскрышных работ; электроснабжение транспортных, транспортно-отвальных и погрузочных устройств; электроснабжение вспомогательных механизмов; электрооборудование и электроснабжение электровозного транспорта; энергетические показатели процессов горного производства.

## **Раздел 6. Энергетический аудит и энергосбережение**

Общие сведения об энергоёмкости и энергетической оценке производственных процессов, методы определения энергоёмкости и оценки энергозатрат.

Энергетические характеристики установок и технологических комплексов горного производства; методы математического анализа режимов энергопотребления; энергоёмкость технологических процессов подземных горных работ, энергоёмкость технологических процессов производства на открытых горных работах, энергоёмкость технологических процессов производства на обогатительных фабриках.

Энергетические балансы технологических процессов горного производства; нормирование технологического расхода электроэнергии; способы и средства учета энергопотребления в условиях современного производства; оптимизация и управление энергоресурсами предприятия. Нормативно-правовая база и документы по энергосберегающей политике; общая методика энергоаудита; расчет энергопотребления и затрат; расчет энергопотоков, их анализ и критическая оценка; разработка и экспертиза энергосберегающих проектов.

Представление результатов энергоаудита; энергоаудит электромеханических и электротехнических систем; энергоаудит теплотехнических и технологических систем; энергосбережение в электромеханических и электротехнических системах; энергосбережение в теплотехнических и технологических системах, энергосбережение и окружающая среда.

## **Раздел 7. Управление энергоресурсами**

Классификация методов и технических средств контроля энергетических ресурсов; технические средства контроля электрической энергии, технические средства контроля температуры, технические средства контроля скорости потока и расхода энергетических ресурсов, технические средства контроля давления, технические средства контроля световых величин; основы обработки измерительной информации, современные информационно-измерительные технологии, метрологическое обеспечение контроля энергетических ресурсов, методика выбора технических средств контроля энергетических ресурсов.

Основные понятия и определения управления энергетическими ресурсами - энергетического менеджмента, основные функции и элементы деятельности энергоменеджера; управление своим временем и нагрузкой; принятие решений и его оценка, планирование; мотивация персонала, проектирование эффективной работы и хороших условий труда, анализ внешнего окружения; управление энергетическими ресурсами горных предприятий; основные составляющие, задачи и стадии энергоменеджмента; энергетическая политика предприятия, оценка текущего состояния энергетического менеджмента, организация энергетического менеджмента на предприятии, мотивация энергетического менеджмента, информационные системы энергетического менеджмента, инвестиционное обеспечение энергетического менеджмента.

Основы организации и управления энергосбережением, программно-целевое планирование энергосбережения, целевые показатели энергосбережения и повышения энергетической эффективности, анализ и оценка резервов энергосбережения; оценка энергоэффективности предприятий организаций и учреждений, мероприятия по экономии и повышению эффективности использования энергоресурсов, разработка программ по энергосбережению в муниципальных образованиях и бюджетных учреждениях; техникоэкономический и финансовый анализ энергосберегающих проектов; энергосервисные договоры.

### 3. Рекомендуемая литература

#### Основная

1. Беспалов В.Я., Котеленец Н.Ф. Электрические машины. – М.: Академия, 2008.
2. Кацман М.М. Электрические машины. – М.: Академия, 2008.
3. Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов / Под ред. Ю.К. Розанова. – М.: Энергоатомиздат, 1998.
4. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. – М.: Альянс, 2008.
5. Розанов Ю.К. Силовая электроника. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
6. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода: Учебник для вузов. – СПб.: Энергоатомиздат, 2000.
7. Малиновский А.К. Теория электропривода: Учебное пособие. – М.: МГГУ, 2010.
8. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для вузов. – М.: Интернет Инжиниринг, 2005.
9. Плащанский Л.А. Основы электроснабжения горных предприятий: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГГУ, 2006.
10. Электрификация горного производства. Том 1. / Ляхомский А.В., Плащанский Л.А., Чеботаев Н.И., Щуцкий В.И. и др. / Под ред. Л.А.Пучкова и Г.Г.Пивняка. – М.: Изд-во МГГУ, 2007.
11. Ляхомский А.В., Бабокин Г.И. Управление энергетическими ресурсами горных предприятий: Учебное пособие. – М.: Горная книга, 2011.

#### Дополнительная

1. Гольдберг О.Д., Свириденко И.С. Инженерное проектирование и САПР электрических машин. – М.: Академия, 2008.
2. Пичуев А.В., Решетняк С.Н. Методические указания для выполнения практических работ по дисциплине «Электрические и электронные аппараты». – М.: МГГУ, 2005.
3. Малиновский А.К. Теория электропривода: Учебное пособие для самостоятельной работы по дисциплине. – М.: МГГУ, 2010.
4. Плащанский Л.А. Электроснабжение горного производства. Раздел «Релейная защита электроустановок»: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГГУ, 2013.
5. Федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», N 261-ФЗ от 23.11.09.
6. Арутюнян А.А. Основы энергосбережения. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2007.