

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроэнергетические системы, сети,
электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность»
Методическое обеспечение РПД Б1.В.04 «Электропередачи и вставки постоянного
тока»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Направление подготовки (специальность): 13.03.02 «Электроэнергетика и
электротехника»

Магистерская программа «Электроэнергетические системы, сети, электропередачи,
их режимы, устойчивость и надежность»

Уровень высшего образования: магистратура

Нормативный срок обучения: 2 года

Форма обучения: очная


Год набора: 2022

Смоленск

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроэнергетические системы, сети,
электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность»
Методическое обеспечение РПД Б1.В.04 «Электропередачи и вставки постоянного
тока»




Методические материалы составил:


_____ к.т.н., доц. Ковженкин В.С.
подпись ФИО

« 27 » _____ сентября _____ 2021 г.

Заведующий кафедрой «Электроэнергетические системы»:


_____ к.т.н., доцент Р.В. Солопов
подпись ФИО

« 08 » _____ октября _____ 2021 г.

*Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроэнергетические системы, сети,
электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность»
Методическое обеспечение РПД Б1.В.04 «Электропередачи и вставки постоянного
тока»*



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

**Методическое обеспечение лекций и самостоятельного изучения
дополнительных разделов по дисциплине**

ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ВСТАВКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Смоленск

Тема 1. Принцип действия передач постоянного тока. Принципиальные отличия в передачи электроэнергии переменным и постоянным током

Здесь необходимо рассмотреть следующие вопросы:

Возможные области применения электропередач и вставок постоянного тока:

- дальние электропередачи для удаленных ГЭС или АЭС;
- передача электроэнергии через водные пространства;
- глубокие вводы большой мощности в центре крупных городов;
- связь систем переменного тока с различными номинальными частотами.

Использование объектов постоянного тока в мировой электроэнергетике.

Необходимо рассмотреть основные отличия в передачи электроэнергии переменным и постоянным током.

Тема 2. Схема передач и вставок постоянного тока. Способы увеличения передаваемой мощности и отбора мощности от линии постоянного тока

Рассматривается принципиальная схема электропередачи постоянного тока. Возможные схемы выполнения передачи постоянного тока, униполярные передачи, биполярные передачи, области их применения. Вставки постоянного тока, особенности схемных решений. Назначение выпрямителей. Классификация схем выпрямителей, их эксплуатационные характеристики. Неуправляемые выпрямители трехфазного тока. Управляемые выпрямители. Способы регулирования напряжения выпрямителей. Назначение инвертора. Инверторы тока, инверторы напряжения. Автономные инверторы. Инверторы, ведомые сетью. Резонансные инверторы. Способы отбора.

Тема 3. Вентильный мост – основной агрегат преобразовательной подстанции

Работа однофазного преобразователя в выпрямительном режиме. Эквивалентная схема преобразователя. Режимы работы выпрямителя. Процесс коммутации тока. Выпрямленное напряжение моста при различных значениях угла управления α .

Инверторный режим работы однофазного преобразователя.

Работа двухмостового преобразователя в выпрямительном и инверторном режимах.

Токи и напряжения главных трансформаторов.

Тема 4. Режимы работы преобразовательного моста

Рассматривается передача постоянного тока в целом и ее работа в установившемся режиме.

Ток, протекающий по линии передачи постоянного тока:

$$I_d = \frac{U_{dII} - U_{dB}}{R_{Л}}$$

1) Включена одна полупечь с одним мостом на каждой подстанции, регуляторы отключены, вентили выпрямителя открываются с углами α , а инверторы с углами управления β .

2) Включена одна полупечь с одним мостом, на инверторе действует регулятор угла выключения, выпрямитель работает без регулятора тока.

3) Включена одна полупечь с одним мостом, на выпрямителе РТ, на инверторе РУП и РМТ.

4) Включены обе полупечи с полным числом мостов, на выпрямителе РТ, на инверторе РУП и РМТ.

Тема 5. Внешняя характеристика выпрямительного моста

Рассматриваются методы исследования электромагнитных процессов в мостовой схеме. Основные допущения при анализе. Процесс коммутации тока. Внешняя характеристика выпрямителя для всех режимов моста.

Тема 6. Внешняя характеристика инвертора

Условия перехода моста в инверторный режим. Уравнение внешней характеристики инвертора для различных режимов работы. Совместная работа выпрямителя и инвертора при различных способах регулирования.

Тема 7. Энергетические характеристики передачи и вставок постоянного тока

Полная мощность и её составляющие. Реактивная мощность, потребляемая преобразователем из сети, и методы её компенсации. Высшие гармоники в сетевом токе, влияние этих токов на прилегающую систему, методы их компенсации. Потери мощности и энергии в электропередачах и вставках постоянного тока. КПД передачи. Энергетические процессы в преобразователе. Колебательные процессы.

Тема 8. Основное оборудование электропередачи и вставок

Воздушные и кабельные линии постоянного тока, особенности работы их изоляции. Преобразовательные трансформаторы, линейные реакторы, их конструкция. Схемы управления, защита и автоматика преобразовательных мостов.

Элементная база ключей преобразовательных мостов. Полностью управляемые полупроводниковые элементы.

Фильтры высших гармоник, устройства компенсации реактивной мощности. Выключатели.

Защита изоляции оборудования установок постоянного тока от перенапряжений.

Связь и каналы телемеханики.

Измерительный трансформатор постоянного тока.

Тема 9. Особенности ВИП как объекта автоматического управления

Основные отличия ВИП (ВПТ) от ППТ. Как отсутствие протяженной линии постоянного тока влияет на режимы совместной работы выпрямителя и инвертора. Оценка взаимного влияния близко расположенных преобразователей.

Применение звена постоянного тока для изменения характеристик передач переменного тока.

Устройство динамической поддержки напряжения.

Управляемые гибкие линии переменного тока.

*Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроэнергетические системы, сети,
электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность»
Методическое обеспечение РПД Б1.В.04 «Электропередачи и вставки постоянного
тока»*



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

Методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине

ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ВСТАВКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Смоленск

Занятие 1. Построение структурных схем линий и вставок постоянного тока.

На первом занятии строится схема передачи постоянного тока с обозначением всех крупных элементов ППТ. Указываем направления потоков мощности на стороне переменного тока связываемых посредством ППТ частей системы. Указываем полярность напряжений на стороне выпрямителя и стороне инвертора. Определяем направления постоянного тока.

Производим расчет, каким образом нужно изменить напряжение на одном из преобразователей, чтобы величина тока и мощности изменилась в широких пределах.

Строим структурную схему униполярной линии. На структурной схеме отмечаем потоки мощности на стороне переменного тока, в выпрямителе и инверторе. Задаемся направлением тока в полюсе и земле.

Строим структурную схему биполярной линии и производим те же операции, что и в случае с униполярной линией. Рассматриваем три режима работы биполярной линии: двумя полюсами с равными токами в полюсах, двумя полюсами с различными токами в полюсах. Работа с одним полюсом.

Занятие 2. Элементная база выпрямителя и инвертора.

Строим вольтамперную характеристику полупроводникового диода. Оцениваем влияние температуры окружающей среды на вольтамперную характеристику диода.

Определяем по вольтамперной характеристике следующие статические параметры:

1. Номинальный (прямой) ток $I_{a.n}$ – среднее значение тока, проходящего через обратный диод и обеспечивающего допустимый нагрев при номинальных условиях охлаждения.

2. Номинальное (прямое) падение напряжения $\Delta U_{a.n}$ – среднее значение падения напряжения при номинальном токе $I_{a.n}$.

3. Номинальное (обратное) напряжение $U_{обр.н}$ – допустимое рабочее напряжение диода.

4. Напряжение загиба обратной ветви ВАХ U_n , которое соответствует пробивному напряжению.

5. Пороговое напряжение (напряжение отсечки) U_0 , определяемое точкой пересечения линейной части прямой ВАХ с осью напряжений.

6. Дифференциальное сопротивление R_d , выражает наклон прямой ветви к её линейной части ($R_d \equiv \text{ctg } \gamma$).

7. Обратный ток утечки $I_{ут.о.}$, он определяет потери в диоде в обратном напряжении.

Принцип действия транзистора. Режим работы транзистора в режиме переключений. Принцип действия тиристора. Характеристики цепи

управления тиристоров. Нагрузочная способность тиристоров. Двухоперационный тиристор. Лавинные приборы, симметричные тиристоры. Высокочастотные тиристоры.

Занятие 3,4. Анализ характеристик выпрямителя. Работа моста Ларионова.

Изучаются характеристики следующих схем выпрямителей: однофазного однополупериодного, однофазного с нулевым выводом, однофазного мостового, трехфазного с нулевым выводом, трехфазного мостового (схема Ларионова). Определяем основные эксплуатационные характеристики выпрямителей:

1. Средние значения выпрямленного напряжения и тока U_d, I_d .
2. Коэффициент полезного действия.
3. Коэффициент мощности.
4. Внешняя характеристика.
5. Регулировочная характеристика $U_d=f(\alpha)$.

6. Коэффициент пульсаций

$$k_{\Pi} = \frac{U_{(g)m}}{U_d}$$

7. Коэффициент искажения

$$\nu = \frac{I_{1(1)}}{\sqrt{I_{1(1)}^2 + I_{2(1)}^2 + \dots}}$$

Основные параметры схем выпрямителей при активной нагрузке, трансформатора вентилей $k_{\Pi(1)}$ на нагрузке.

Занятие 5, 6, 7, 8, 9. Анализ процесса коммутации в выпрямителе при различных режимах работы.

Для мостового преобразователя, состоящего из трансформатора и вентильного моста, присоединенного на стороне переменного тока к шинам, а на стороне постоянного тока к линии ППТ через линейный реактор, составляем эквивалентную (расчётную) схему. $x_C = U_L^2 / S_K$. у трансформатора учитываем только индуктивность его обмоток.

Анализ работы преобразователя по эквивалентной схеме проводится в предположении, что выпрямленный ток абсолютно сглажен из-за большой величины x_d . В функции от I_d будем находить другие токи $i_{a1} \dots i_{a6}$, фазные токи i_A, i_B, i_C , анодные напряжения $U_{a1} \dots U_{a6}$, выпрямленное напряжение U_d . Рассматриваем работу преобразователя в режиме попеременного открытия по 2 и 3 вентиля. Рассматриваем процесс коммутации тока, предварительно выделив контур коммутации. Рассматриваем перегрузочные режимы 3 и 3-4. Считаем выпрямленное напряжение для всех этих режимов.

Результаты расчетов сравниваем с измеренными величинами, снятыми на модели ППТ.

Занятие 10,11. Построение внешних характеристик при изменении угла управления α .

По результатам расчётов занятий 5÷9 строим внешние характеристики выпрямителя для режима 2-3, 3 и 3-4.

$$U_d = f(I_d)$$

Уравнение внешней характеристики в режиме 2-3:

$$U_d = E_d \cos \alpha - \frac{3}{\pi} x_{\gamma} I_d$$

Или в относительных единицах

$$U_{d^*} = \cos \alpha - \frac{1}{\sqrt{3}} I_{d^*}$$

Строим семейство внешних характеристик выпрямителя для разных углов управления α и угла коммутации γ .

Занятие 12, 13. Построение схем управления инвертором.

Рассматриваем эквивалентную схему однофазного инвертора. Рассматриваем процессы коммутации, строим характеристики однофазного инвертора для режима 2-3, 3 и 3-4. Рассчитываем выпрямленное напряжение инвертора, строим семейство внешних характеристик инвертора.

Делаем измерения интересующих нас параметров на модели ППТ. Сравниваем результаты расчетов и измерений.

Занятие 14. Методы компенсации реактивной мощности. 15. Токи высших гармоник 12-ти фазного режима. 16. Основные характеристики 12-ти фазного режима. 17, 18. Определение потерь мощности и энергии в элементах ППТ и ВПТ.

Осуществляем расчёт нормального режима электропередачи с заданными параметрами передаваемой мощности в МВт, длиной линии, напряжением передачи, схемой передачи, количеством мостов в полюсе, количеством параллельных ветвей, напряжением приемной и передающей систем.

Рассчитываем ток передачи, выбираем сечение проводов линии.

Определяем полное сопротивление полюса линии. Рассчитываем установленную мощность трансформатора выпрямительного моста. Определяем напряжение вентильной обмотки трансформатора. Находим угол коммутации.

То же проделываем с инвертором.

Рассматриваем энергетические характеристики передачи. Рассчитываем активную и реактивную составляющие основной гармоники тока, потребляемого выпрямителем из сети. Определяем амплитуду полного тока первой гармоники выпрямителя. Определяем активную мощность, потребляемую выпрямителем из сети. Полную мощность по первой

гармонике. Коэффициент мощности по первой гармонике. Определяем потери мощности в полюсе линии. Потери в трансформаторе. То же для инвертора. Потери мощности в преобразовательном мосту, потери в демпфирующих цепях. Общий КПД передачи. Определяем токи 11-й и 13-й гармоник в выпрямительной и инверторной подстанциях.

Занятие 19, 20, 21, 22. Выбор оборудования ВПТ и ППТ.

По результатам расчетов, выполненных на предыдущих занятиях, выбираем основное оборудование ППТ, трансформатора выпрямительной и инверторной подстанции, реакторы линейные, анодные, элементы мостов, провода линий, опоры и арматуру и т.д.

Занятие 23, 24, 25, 26, 27. Схемы управления ВПТ. Автономные инверторы напряжения, автономные инверторы тока, резонансные автономные инверторы.

На модели ППТ производим экспериментальные исследования автономных инверторов тока и напряжения. Исследуем схему управления. Рассматриваем режимы совместной работы ВИП.

*Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроэнергетические системы, сети,
электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность»
Методическое обеспечение РПД Б1.В.04 «Электропередачи и вставки постоянного
тока»*



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

**Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов по
дисциплине**

ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ВСТАВКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Смоленск

1. Общие сведения о самостоятельной работе студентов по дисциплине

Цель самостоятельной работы – осмысленно и самостоятельно работать с учебным материалом, полученным при контактной работе с преподавателем, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Электропередачи и вставки постоянного тока» выполняется в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Трудоемкость и виды занятий, по которым предусматривается самостоятельная работа, представлены в таблице..

Вид работ	Трудоемкость, час.
Изучение материалов лекций	8
Подготовка к практическим занятиям	18
Подготовка к зачёту	10
Подготовка к экзамену	36
Всего	72

2. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине

Процесс освоения студентами дисциплины включает изучение 9 тем (см. рабочую программу дисциплины).

В самостоятельную работу по всем темам входит подготовка к лекциям, практическим занятиям, зачету и экзамену.

2.1. Изучение материалов лекций.

Тема 1. Принцип действия передач постоянного тока. Принципиальные отличия в передачи электроэнергии переменным и постоянным током.

При изучении материалов лекций следует обратить внимание на следующие моменты:

Процесс передачи ЭЭ по линии постоянного тока не связан с волновыми электромагнитными процессами, поэтому передачи постоянного тока имеют характеристики, отличные от передач переменного тока. Передачи постоянного тока не имеют предела по передаваемой мощности.

Следует рассмотреть структурную схему передач постоянного тока с указанием направлений постоянного напряжения и тока у выпрямителя.

Тема 2. Схема передач и вставок постоянного тока. Способы увеличения передаваемой мощности и отбора мощности от линии постоянного тока.

При изучении материалов лекции обратить внимание, как на схемах униполярной и биполярной передачи постоянного тока изображаются вентили мостов.

Для чего осуществляется каскадное включение мостов. За счет чего можно увеличить передаваемую по передачи постоянного тока мощность.

Нужно рассмотреть работу передачи постоянного тока с промежуточными подстанциями, которые могут подключаться последовательно или параллельно ППТ.

Тема 3. Вентильный мост – основной агрегат преобразовательной подстанции.

При изучении материалов лекции 3 необходимо изучить принцип действия трехфазной мостовой схемы. Эквивалентную схему замещения. Представить контур коммутации.

Тема 4. Режимы работы преобразовательного моста.

При изучении материалов лекции 4 рассмотреть режимы: малых токов, холостого хода, основного рабочего режима, перегрузочные режимы, когда работают 3 или 3-4 вентиля.

Тема 5. Внешняя характеристика выпрямительного моста.

При изучении материалов лекции необходимо построить зависимость

$$U_d = f(I_d)$$

для разных углов управления α и для всего диапазона нагрузок выпрямителя от холостого хода до короткого замыкания.

Семейство внешних характеристик строится для всех режимов с разными углами управления.

Тема 6. Внешняя характеристика инвертора.

При изучении материалов лекции по теме 6 обратить внимание, каким образом осуществляется коммутация тока в инверторном режиме. Осмыслить кривые напряжения инвертора при холостом ходе и при нагрузке. Внешние характеристики инвертора в различных режимах.

Тема 7. Энергетические характеристики передачи и вставок постоянного тока.

При изучении материалов лекции 7 следует обратить внимание на следующие моменты:

Каковы потоки мощности в линии и электропередачи в целом.

Какие потери мощности и энергии в элементах передачи.

Какой КПД передачи. Влияние высших гармоник на примыкающую систему. Реактивная мощность преобразователей. Компенсация реактивной мощности преобразователей. Компенсация высших гармоник.

Тема 8. Основное оборудование электропередачи и вставок.

При изучении материалов лекции 8 нужно рассмотреть основное оборудование, входящее в состав передачи постоянного тока. Конструкции

ВТВ, преобразовательные трансформаторы, линейные реакторы. Система управления и автоматики преобразовательных мостов. Конструкции опор. Элементы защит изоляции элементов передач постоянного тока.

Тема 9. Особенности ВИП как объекта автоматического управления.

При изучении материалов лекции 9 обратить внимание на отсутствие во вставке постоянного тока воздушной или кабельной линии, на взаимное влияние преобразователей выпрямительной и инверторной подстанций. Каким образом можно увеличивать мощность ВПТ. Для каких целей можно использовать ВПТ.

2.2. Подготовка к практическим занятиям.

Занятие 1. Построение структурных схем линий и вставок постоянного тока.

При подготовке к занятию 1 нужно обратить внимание, за счет чего производится регулирование мощности, передаваемой по линии передачи постоянного тока.

$$I_d = \frac{U_{dII} - U_{dV}}{R_{Л}}$$

То есть для регулирования в широких пределах величины тока и мощности достаточно изменять напряжение на одной из подстанции на несколько процентов.

Кроме того, схема ППТ позволяет при необходимости изменять направление потока энергии по линии.

Что такое вентильный мост. Каскадное включение мостов.

Занятие 2. Элементная база выпрямителя и инвертора.

Необходимо обратиться к предшествующему курсу промышленная электроника, где рассматриваются элементы силовой электроники, к которым относятся диоды, транзисторы, тиристоры, семисторы.

Также нужно вспомнить, что такое полностью управляемые полупроводниковые приборы. Каковы характеристики этих приборов. Способы управления этими приборами. Принцип действия: диоды, транзистора, тиристора.

Занятие 3, 4. Анализ характеристик выпрямителя. Работа моста Ларионова.

Нужно вспомнить, что такое выпрямитель и его основные элементы: трансформатор, вентили и фильтр.

Неуправляемые выпрямители однофазного тока.

Неуправляемые выпрямители трехфазного тока.

Мост Ларионова.

Занятие 5, 6, 7, 8, 9. Анализ процесса коммутации в выпрямителе при различных режимах работы.

При подготовке к занятиям следует рассмотреть эквивалентную схему однофазового преобразователя, работающего в режиме выпрямителя. Что такое процесс коммутации? Холостой ход. Режим прерывистого тока. Работа выпрямителя в режиме включения по 2 и 3 вентилю (режим 2-3). Работа преобразователя в режимах перегрузки (режим 3, режим 3-4). Выпрямленное напряжение.

Занятие 10, 11. Построение внешних характеристик при изменении угла управления α .

При подготовке к занятиям следует разобраться с понятием естественная коммутация. Со способами регулирования напряжения выпрямителя. Регулирование на стороне переменного тока. Регулирование на стороне постоянного тока. Управляемые выпрямители. Фазовое регулирование выпрямленного напряжения. Временная диаграмма работы мостового выпрямителя.

Занятие 12, 13. Построение схем управления инвертором.

При подготовке к занятиям 12, 13 следует разобраться, что такое инверторный режим работы однофазового преобразователя. Рассмотреть эквивалентную схему однофазового инвертора, процесс коммутации тока. Выпрямленное напряжение инвертора. Семейство внешних характеристик. Углы включения и коммутации.

Работа двухфазового преобразователя в инверторном режиме.

Занятие 14. Методы компенсации реактивной мощности. 15. Токи высших гармоник 12-ти фазного режима. 16. Основные характеристики 12-ти фазного режима. 17, 18. Определение потерь мощности и энергии в элементах ППТ и ВПТ.

При подготовке к занятиям 14, 15, 16, 17, 18 обратить внимание на следующие вопросы:

Токи и напряжения главных трансформаторов.

Мощность на входе преобразователя и её составляющие. Коэффициент мощности. Постоянное напряжение на вторичных обмотках трансформаторов. Анодный ток и анодное напряжение вентилля. Колебательные процессы и их демпфирование. Гармоники напряжения и тока на вентиллях преобразовательных подстанций и в линии ППТ.

Занятие 19, 20, 21, 22. Выбор оборудования ВПТ и ППТ.

При подготовке к занятиям рассмотреть следующие моменты: оборудование преобразовательных подстанций, конструкции ВТВ, трансформаторы, реакторы, фильтры высших гармоник, выключатели, оборудование нейтрали подстанций. Системы защиты и автоматики ППТ. Оборудование кабельных или воздушных линий ППТ.

Эквивалентные схемы воздушных и кабельных линий ППТ, их электрические параметры. Распространение тока в земле.

Занятие 23, 24, 25, 26, 27. Схемы управления ВПТ. Автономные инверторы напряжения, автономные инверторы тока, резонансные автономные инверторы.

При подготовке к занятиям необходимо ознакомиться с материалом лекций по одноименной тематике и обратить внимание на следующие моменты: рассмотреть ВПТ на линии 330/400 кВ Россия-Финляндия. Электрическую схему ВИП. Конструкцию ВИП, основное оборудование. Система регулирования постоянного тока. Автономные инверторы и преобразователи. Инверторы на обычных тиристорах. Инверторы на полностью управляемых вентилях.

2.3. Подготовка к зачёту и сдаче экзамена.

Для подготовки к сдаче экзамена и зачёту в рабочей программе дисциплины дан перечень контрольных вопросов и список рекомендуемой литературы.

3. Методическое обеспечение самостоятельной работы.

По дисциплине разработаны методические рекомендации к лекционным и практическим занятиям, в которых представлена тематика и содержание лекций, методические указания к выполнению упражнений с указанием темы занятий, целей и задач, решаемых при его проведении.

Контрольные вопросы для самопроверки

По теме №1:

1. Возможные области применения электропередач и вставок постоянного тока.

2. Какие основные отличия в передачи электроэнергии постоянным током от переменного?

По теме №2:

1. Униполярная и биполярная схемы электропередач постоянного тока.

2. Биполярная передача с последовательным и параллельным отбором мощности.

3. Схемы вставок постоянного тока.

4. Какие существуют способы увеличения передаваемой мощности и отбора мощности от линии постоянного тока?

5. Каково назначение выпрямителя и инвертора?

По теме №3:

1. Вентильный мост Ларионова.

2. Каскадное включение мостов.

3. Работа вентильного моста.

По теме №4:

1. Какие есть нормальные режимы работы преобразовательного моста?
 2. Какие существуют методы исследования электромагнитных процессов в мостовой схеме?
 3. Анализ процесса коммутации в выпрямителе при нормальных режимах работы.
 4. Анализ процесса коммутации при перегрузочных режимах.
- По теме №5:
1. Внешняя характеристика преобразовательного моста.
 2. Семейство характеристик управляемого однофазного выпрямителя.
 3. Внешняя характеристика преобразовательного моста при управлении.
- По теме №6:
1. Внешняя характеристика инвертора.
 2. Инверторный режим работы преобразователя.
 3. Совместная работа преобразователя и инвертора.
- По теме №7:
1. Энергетические процессы, происходящие в преобразователе.
 2. Энергетические характеристики преобразователей.
 3. Полная мощность преобразователя. Её составляющие.
 4. Реактивная мощность и её составляющие.
- По теме №8:
1. Основное оборудование электропередач и вставок постоянного тока.
 2. Конструкция ВТВ.
 3. Система управления, защиты и автоматики преобразователя.
- По теме №9:
1. Требования, предъявляемые к системе управления.
 2. Регулирование токов и углов зазора вентилей.
 3. Алгоритм функционирования устройств управления.
 4. Автономные инверторы.
 5. Выходные фильтры автономного инвертора.