

ГБОУ ВО Альметьевский государственный нефтяной институт

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ
ИСПЫТАНИЙ
В МАГИСТРАТУРУ**

**по направлению подготовки
13.04.02 Электронергетика и электротехника**

**магистерская программа:
«Интеллектуальные средства и системы
управления, защиты и диагностики
электроэнергетических комплексов»**

Альметьевск 2022г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Целью вступительного экзамена (ВЭ) является выявление и объективная (экспертная) оценка уровня теоретической подготовки поступающих в магистратуру относительно общих требований к уровню его образования, определяемых государственным образовательным стандартом данного направления.

2. Уровень теоретической подготовки выпускника определяется составом усвоенных им теоретических знаний и методов, а также умением осознанно, эффективно применять их при решении задач анализа объектов и процессов в различных предметных областях жизнедеятельности общества и человека.

3. ВЭ носит комплексный характер и ориентирован на выявление у каждого их экзаменуемых целостной системы базовых знаний и умений, образующих основу для последующего профессионального самоопределения поступающего и повышения его квалификации.

4. ВЭ осуществляется группой экспертов – членов Экзаменационной комиссии (ЭК), наделенной в установленном порядке соответствующими полномочиями.

5. Средством ВЭ является экзаменационный билет.

6. Ответ должен быть точно на поставленный вопрос полно и глубоко раскрывающий суть вопроса. Вместе с тем нет прямой необходимости в чрезмерно подробном изложении мелких деталей и тонкостей, выводе формул и т.п. (если это не указано в вопросе), освещение смежных вопросов приветствуется, но не может заменить полный ответ на поставленный вопрос.

7. Оценка результатов сдачи ВЭ осуществляется каждым членом комиссии.

8. Решение о результирующей оценке принимает коллегиально и утверждает путем голосования ее членов, простым большинством голосов.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ И ТЕМ

Раздел 1. Теоретические основы электротехники

1. Законы Кирхгофа и их применение в расчетах электрических цепей.
2. Комплексный (символический) метод расчета установившихся режимов линейных электрических цепей с гармоническими (синусоидальными) напряжениями и токами.
3. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.
4. Активная, реактивная и полная мощности при гармонических (синусоидальных) напряжениях и токах. Коэффициент мощности.
5. Метод контурных токов.
6. Метод узловых потенциалов (напряжений).
7. Метод эквивалентного генератора (источника, активного двухполюсника).
8. Схема и уравнения трансформатора в линейном режиме.
9. Резонансные явления в линейных электрических цепях.
10. Симметричный режим линейных трехфазных цепей с гармоническими (синусоидальными) напряжениями и токами при соединении нагрузки звездой и треугольником.
11. Понятие о методе симметричных составляющих в трехфазных цепях. Составляющие напряжений и токов прямой, обратной и нулевой последовательности.
12. Представление периодических негармонических (несинусоидальных) напряжений и токов в виде тригонометрического ряда Фурье. Действующие значения периодических напряжений и токов.
13. Активная, реактивная и полная мощности при периодических негармонических
14. (несинусоидальных) напряжениях и токах. Коэффициент мощности.
15. Высшие гармоники в трехфазных цепях.
16. Четырехполюсники в линейном режиме и их уравнения.
17. Возникновение переходных процессов и законы коммутации. Начальные условия.
18. Сущность классического метода расчета переходных процессов в линейных электрических цепях. Принужденные и свободные составляющие.
19. Корни характеристического уравнения и их влияние на характер переходных процессов в линейных электрических цепях. Постоянная времени.
20. Основы операторного метода расчета переходных процессов в линейных цепях.
21. Характеристики нелинейных элементов. Инерционные и безынерционные нелинейные элементы.
22. Магнитные цепи – понятие и законы Кирхгофа.
23. Резонансные явления в нелинейных цепях (феррорезонанс).
24. Особенности расчета переходных процессов в нелинейных цепях.

25. Уравнения однородных линий без потерь при гармонических (синусоидальных) напряжениях и токах.

Раздел 2. Основы электроснабжения

1. Классификация потребителей электрической энергии по категориям надежности электроснабжения, требование к электроснабжению потребителей.
2. Классификация окружающей среды в производственных помещениях.
3. Классификация структуры электрических сетей по конструктивным признакам.
4. Выбор напряжения электрической сети по технико-экономическим критериям.
5. Режимы работы электроприемника.
6. Выбор воздушного автоматического выключателя.
7. Выбор плавкого предохранителя.
8. Выбор сечения жилы проводника по условию допустимого нагрева.
9. Назначение основного электротехнического оборудования цеха и подстанций.
10. Условно-графическое обозначение основного электротехнического оборудования цеха и подстанций на схемах.
11. Упрощенные методы определения эффективного числа электроприемников.
12. Определение расчетной электрической нагрузки.
13. Определение параметров графиков электрических нагрузок.
14. Определение номинального тока электроприемников по паспортным данным.
15. Определение тока группы электроприемников.

Раздел 3. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем

1. Назначение и требования, предъявляемые к устройствам релейной защиты и автоматики. Структурная схема устройств релейной защиты.
2. Особенности работы трансформаторов тока в схемах защиты. Погрешности, порядок выбора.
3. Схемы соединения трансформаторов тока и обмоток реле в максимальных токовых защитах.
4. Максимальная токовая защита. Принцип действия, обеспечение селективности, расчет параметров.
5. Токовые ступенчатые защиты. Принцип действия, обеспечение селективности, расчет параметров.
6. Максимальные токовые направленные защиты. Принцип действия, расчет параметров.
7. Принцип выполнения дистанционных защит. Характеристики измерительных органов дистанционных защит. Поведение защиты при качаниях в энергосистеме.

8. Принцип действия продольной и поперечной дифференциальной защиты линий. Расчет параметров, область применения.

9. Дифференциальная защита трансформаторов. Назначение, принцип работы, причины возникновения и способы устранения повышенных значений токов небаланса дифзащиты трансформаторов.

10. Типы защит и характеристика защит трансформаторов от внешних замыканий.

11. Принцип выполнения дифференциальной защиты шин.

12. Выполнение защит электродвигателей от внутренних повреждений

13 Назначение и классификация АПВ. Расчет параметров АПВ линий с односторонним питанием.

14. Особенности применения АПВ на линиях с двухсторонним питанием. Выполнение несинхронного АПВ, АПВ с ожиданием синхронизма.

15. Согласование действия защиты и АПВ. Ускорение защиты до и после АПВ.

16. Работа релейной защиты и АПВ на линиях с ответвлениями.

17. Назначение АВР, область применения, варианты выполнения пусковых органов.

18. Назначение и правила выполнения автоматической частотной разгрузки.

19. Способы и технические средства регулирования напряжения в электрических сетях.

20. Способы включения генераторов на параллельную работу, их достоинства и недостатки.

Раздел 4. Электрические машины

1. Конструкция и принцип действия трансформатора.

2. Холостой ход однофазного двухобмоточного трансформатора (уравнения равновесия напряжений и токов, схема замещения, векторная диаграмма напряжений и токов).

3. Опыт короткого замыкания трансформатора (номинальное напряжение короткого замыкания, уравнения равновесия напряжений и токов, схема замещения, векторная диаграмма напряжений и токов).

4. Работа силового трансформатора при симметричной нагрузке (Т-образная схема замещения, уравнения равновесия напряжений и токов, векторная диаграмма напряжений и токов при различных характерах нагрузки, внешние характеристики при различных характерах нагрузки, зависимости КПД от величины нагрузки при различных характерах нагрузки).

5. Работа силового трансформатора при симметричной нагрузке (упрощенная схема замещения, векторная диаграмма при активно-индуктивном характере нагрузки).

6. Параллельная работа силовых трансформаторов (условия включения на параллельную работу, последствия включения без абсолютного соблюдения каждого в отдельности из условий).

7. Конструкция, принцип действия и режимы работы асинхронных машин. Скольжение.

8. Двигательный режим работы асинхронной машины (уравнения равновесия напряжений и токов, T-образная схема замещения, векторная диаграмма напряжений и токов, рабочие характеристики).

9. Способы пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (прямой реакторный автотрансформаторный, переключением Y/Δ).

10. Реостатный способ пуска асинхронных двигателей с фазным ротором.

11. Способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей с коротко замкнутым ротором (критерии оценки способов регулирования, регулирование амплитудой напряжения питания, регулирование изменением числа полюсов, частотное регулирование при неизменной перегрузочной способности, частотное регулирование при неизменной механической мощности на валу).

12. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей с фазным ротором изменением добавочного активного сопротивления обмотки ротора.

13. Конструкция и принцип действия синхронных машин.

14. Реакция якоря в явнополюсном синхронном генераторе при различных характерах нагрузки (уравнение равновесия напряжений; векторная диаграмма токов, потоков и напряжений; характер действия реакции якоря).

15. Реакция якоря в неявнополюсном синхронном генераторе при различных характерах нагрузки (уравнение равновесия напряжений; векторная диаграмма потоков и напряжений; характер действия реакции якоря).

16. Характеристики трехфазного синхронного генератора (холостого хода, нагрузочная, внешняя и регулировочная при различных характерах нагрузки, короткого замыкания).

17. Параллельная работа трехфазного синхронного генератора с сетью (условия включения; контроль и обеспечение условий; синхронизация; U-образные характеристики).

18. Угловая характеристика активной мощности синхронных машин (неявнополюсной, невозбужденной явнополюсной, возбужденной явнополюсной для генераторного или двигательного режима работы).

19. Конструкция и принцип действия машин постоянного тока.

20. Характеристики генераторов постоянного тока независимого возбуждения (холостого хода, нагрузочная, внешняя, регулировочная, короткого замыкания).

21. Условия самовозбуждения и характеристики генераторов постоянного тока параллельного возбуждения (холостого хода, нагрузочная, внешняя, регулировочная).

22. Способы пуска двигателей постоянного тока параллельного и последовательного возбуждения.

23. Способы регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока параллельного и последовательного возбуждения.

24. Рабочие характеристики двигателей постоянного тока параллельного и последовательного возбуждения.

Раздел 5. Базы данных

1. Архитектура базы данных. Порядок обработки запроса пользователя.
2. Классификация моделей данных.
3. Инфологическая модель данных (диаграмма сущность – связь).
4. Иерархическая модель данных. Операции над данными в иерархической базе данных.
5. Сетевая модель данных. Операции над данными в сетевой базе данных.
6. Реляционная модель данных, ее свойства.
7. Реляционная алгебра (операции над данными в реляционной модели).
8. Ключи в отношениях. Зависимости между атрибутами в реляционной модели.
9. Нормализация отношений.
10. Языки баз данных.
11. Управление транзакциями.
12. Защита баз данных от сбоев.
13. Архитектура «клиент-сервер». Модели взаимодействия FS, RDA, DBS, AS, их анализ.
14. Эволюция серверов баз данных.
15. Технология OLAP. Хранилища данных. Основные элементы и операции OLAP.
16. Моделирование многомерных кубов на реляционной модели данных
17. Основные средства СУБД, функции СУБД, классификация современных СУБД.

Раздел 6. Электрические и электронные аппараты

1. Основы теории электрических аппаратов
 - 1.1. Электрические контакты. Определение и классификация электрических контактов. Переходное сопротивление контактов. Факторы, влияющие на переходное сопротивление. Способы уменьшения переходного сопротивления.
 - 1.2. Электрическая дуга и дугогашение. Процессы ионизации и деионизации дугового промежутка. Вольтамперные характеристики дуги постоянного и переменного тока. Условия гашения дуги постоянного тока. Способы гашения электрической дуги. Процесс восстановления напряжения на межконтактном промежутке при активной и активно-индуктивной нагрузке. Дугогасительные устройства.
 - 1.3. Нагрев и охлаждение электрических аппаратов. Источники тепла в электрических аппаратах. Процессы отдачи тепла нагретым телом. Уравнение теплового баланса.
 - 1.4. Электродинамические усилия (ЭДУ) в электрических аппаратах. Что такое ЭДУ? Правило определения направления действия ЭДУ на проводник с током. Методы расчета ЭДУ.
 - 1.5. Магнитные цепи электрических аппаратов. Определение и классификация магнитных цепей. Конструкции магнитных цепей электромагнитных механизмов.
2. Аппараты кинематической коммутации

2.1. Коммутационные устройства ручного управления. Перекидные переключатели (тумблеры) – особенности конструкции и области применения.

2.2. Коммутационные аппараты дистанционного действия. Контактторы – определение и общая характеристика. Контактторы постоянного тока. Элементы конструкции: привод, контактная система, дугогасительная система.

2.3. Электрические реле. Классификация реле. Конструкция и принцип действия реле максимального тока. Промежуточное электромагнитное реле с задержкой на срабатывание. Электромеханические реле времени. Поляризованные реле. Магнитоэлектрические и электродинамические реле. Тепловые и температурные реле.

3. Аппараты статической коммутации

3.1. Классификация силовых электронных аппаратов. Элементы силовой электроники. Диоды – конструкция, принцип действия, вольтамперная характеристика. Симисторы – структура и вольтамперная характеристика симистора. Управляемые вентили – тиристоры: конструкция, принцип действия, характеристики. Транзисторы – структура и классификация.

3.2. Силовые электронные аппараты низкого напряжения. Общие принципы создания силовых электронных аппаратов низкого напряжения. Принцип искусственной коммутации тиристоров. Быстродействующий тиристорный выключатель постоянного тока.

3.3. Силовые электронные аппараты высокого напряжения. Последовательное соединения полупроводниковых приборов в высоковольтных блоках. Комбинированные аппараты высокого напряжения. Комбинированные аппараты с токоограничением.

3.4. Системы управления силовыми электронными аппаратами. Основные требования к системам управления. Принципы импульсно-фазового управления. Горизонтальный и вертикальный методы управления силовыми блоками.

Раздел 7. Теория автоматического управления

1. Объект регулирования. Основные принципы регулирования. Преимущества замкнутой системы.

2. Уравнения звеньев. Линеаризация. Передаточные функции систем регулирования.

3. Частотные характеристики звеньев и систем регулирования. Типовые динамические звенья.

4. Основные элементы структурных схем. Правила преобразования структурных схем.

5. Структурные схемы и передаточные функции многозвенных систем регулирования. Относительные единицы.

6. Идея аппроксимации. Аппроксимированные логарифмические амплитудно-частотные характеристики последовательного соединения звеньев.

7. Аппроксимированные логарифмические амплитудно-частотные характеристики согласно-параллельного соединения звеньев.

8. Аппроксимированные логарифмические амплитудно-частотные характеристики замкнутой системы (встречно-параллельное соединение звеньев).

9. Понятие устойчивости. Алгебраические и частотные критерии устойчивости.

10. Оценка устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам. Приближенное определение логарифмической фазо-частотной характеристики по аппроксимированной логарифмической амплитудно-частотной характеристике.

11. Последовательная коррекция. Коррекция звеном с отставанием и опережением по фазе. Коррекция интегрально-дифференцирующим звеном. Типовые регуляторы. Стандартные настройки.

Раздел 8. Основы программирования

1. Понятие дескриптора структуры данных. Статические структуры данных. Методы размещения и доступ к отдельным элементам.

2. Линейные динамические структуры данных. Разновидности списков. Способы реализации и основные операции.

3. Нелинейные динамические структуры: деревья. Основные операции над бинарными деревьями. Идеально сбалансированное дерево. AVL дерево. Алгоритмы работы со сбалансированным деревом.

4. Преобразование ключа. Методы доступа к данным с использованием хеш-функций. Основные определения, операции и алгоритмы.

5. Виды записи выражений: префиксная, инфиксная, постфиксная, преимущества одной формы записи перед другой. Алгоритм преобразования инфиксного выражения в постфиксное.

6. Логическое программирование. Пролог - язык логического программирования, область применения, принципиальное отличие от процедурных языков. Понятие Пролог-машины. Алгоритм согласования цели. Описание знаний в Прологе. Динамические базы данных.

7. Функциональные языки программирования. Области применения. Принципиальные отличия функциональных языков от процедурных. Рекурсивные функции.

8. Понятия транслятора, компилятора, интерпретатора. Типовая схема компиляции. Основные модули компилятора.

9. Синтаксис и семантика языка программирования. Формальные способы описания синтаксиса. Понятие формальной грамматики, основные определения, классификация грамматик.

10. Классификация операционных систем.

11. Планирование процессов.

12. Методы решения задач синхронизации процессов.

13. Принципы построения файловых систем.

14. Построение резидентных программ.

15. Построение драйверов.

16. Классификация архитектур вычислительных систем.
17. Принцип модульного программирования.
18. Жизненный цикл программного обеспечения, модели жизненного цикла.
19. Объектно-ориентированный подход к проектированию программного обеспечения, методология RUP.
20. Структурный подход к проектированию программного обеспечения.
21. Надежность и тестирование программного проекта.
22. Понятие компонентного программирования, технологии COM, ActiveX.
23. Основные принципы объектно-ориентированного программирования: инкапсуляция, наследование, полиморфизм.
24. Объектно-ориентированное программирование: внутренняя организация объекта.
25. Объектно-ориентированное программирование: события и делегирование.
26. Обработка исключительных ситуаций; исключительные ситуации как объекты.
27. Данные в языках программирования: понятие типа данных, назначение типов, состав набора типов, способы реализации в языках программирования, принцип строгой типизации.
28. Процедуры (подпрограммы): назначение, организация процедур, передача информации с помощью параметров, реализация в языках программирования, приемы надежного использования.
29. Динамические объекты в программах: назначение, модели, типовые действия, реализация в языках программирования, приемы надежного использования, сферы применения.
30. Задача и алгоритмы сортировки. Оценка сложности.
31. Концептуальное проектирование баз данных в СУБД.
32. Основные средства языка SQL.
33. Структура и функции СУБД. Механизмы реализации.
34. Архитектура "клиент-сервер". Модели и механизмы взаимодействия.
35. Принципы построения видеоизображения. Видеосистемы.
36. Алгоритмы построения 2D изображений.
37. Алгоритмы построения 3D изображений. Перспективные изображения.
38. Хранение графических изображений.
39. Язык разметки гипертекста HTML.
40. Технология PHP.
41. Технологии Java и ActiveX.
42. Языки написания сценариев (VBScript, JavaScript).
43. Объектные модели браузеров Internet Explorer.
44. Internet Information Server как пример Web-сервера.
45. Стек протоколов TCP/IP.
46. Нейрокомпьютерные сети. Основные свойства и структуры.

47. Методы обучения нейросетей.
48. Задача математического программирования: постановка задачи и методы решения.
49. Задача линейного программирования.

Раздел 9. Электрический привод

1. Понятие «Электропривод», функциональная схема и назначение элементов электропривода.
2. Основное уравнение движения электропривода и его анализ.
4. Механические характеристики двигателей и механизмов, понятие жесткости механической характеристики.
5. Установившийся режим работы электропривода, устойчивость установившегося режима.
6. Расчетная и структурная схемы одномассовой системы электропривода.
7. Основные показатели регулирования скорости в электроприводе.
8. Схема включения и анализ процесса преобразования энергии в двигателе постоянного тока (ДПТ) независимого возбуждения в двигательном режиме работы электропривода.
9. Схема включения и анализ процессов преобразования энергии в ДПТ независимого возбуждения в режимах рекуперативного торможения и торможения противовключением.
10. Схема включения и анализ процесса преобразования энергии в ДПТ независимого возбуждения в режиме работы автономным генератором.
11. Схема и механические характеристики асинхронно-вентильного каскада.
12. Схема и механические характеристики системы «Тиристорный преобразователь – ДПТ независимого возбуждения».
13. Схема и механические характеристики системы генератор- ДПТ независимого возбуждения.
14. Схема и механические характеристики ДПТ независимого возбуждения при шунтировании обмотки якоря.
15. Схема и механические характеристики ДПТ последовательного возбуждения при шунтировании обмотки якоря.
16. Схема и механические характеристики системы тиристорный регулятор напряжения- асинхронный двигатель (АД).
17. Схема и механические характеристики системы преобразователь частоты- АД при постоянном статическом моменте.
18. Схема включения и анализ механических характеристик АД в режиме динамического торможения.
19. Последовательность выбора двигателя при продолжительном режиме работы.
20. Последовательность выбора двигателя при кратковременном режиме работы.
21. Последовательность выбора двигателя при повторно-кратковременном режиме работы.
22. Методы проверки двигателя на нагрев.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. – 43 изд. / К.С. Демирчан, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин. – СПб.: Питер, 2006.
2. Лачин, В.И. Электроника: учеб. пособие для вузов / В.И. Лачин, Н.С. Савелов. – 8-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 703 с.
3. Справочник по силовой электронике / Ю.К. Розанов, П.А. Воронин, С.Е. Рывкин, Е.Е. Чаплыгин; под ред. Ю.К. Розанова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2014. – 472 с.
4. Усынин Ю.С. Теория автоматического управления: учебное пособие для вузов / Ю.С. Усынин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 176 с.
5. Теория автоматического управления. Ч. 1. Теория линейных систем автоматического управления. Под редакцией А.А. Воронова. Учеб. Пособие для вузов. М., «Высш. школа», 1977. – 303 с.
6. Богородицкий, Н.П. Электротехнические материалы: учеб. для электротехн. и энерг. спец. вузов / Н.П. Богородицкий. – 7-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1985. – 304 с.
7. Плошкин, В.В. Материаловедение: Базовый курс. Учебное пособие для вузов; текст учеб. пособие для немашиностр. специальностей вузов / В.В. Плошкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2013. – 463 с.
8. Волков, Г.М. Материаловедение: текст учебник для высш. техн. учеб. заведений по немашиностроит. направлениям и специальностям / Г.М. Волков, В.М. Зуев. – М.: Академия, 2008. – 397 с.
9. Быстрицкий, Г. Ф. Основы энергетики: учебник / Г. Ф. Быстрицкий. – 4-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2017. – 350 с. – (Бакалавриат).
10. Вольдек А.И. Электрические машины, введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы – СПб Питер. 2008 г.
11. Вольдек А.И. Электрические машины, введение в электромеханику. Машины переменного тока – СПб Питер. 2008 г.
11. Электротехника: Учебное пособие для вузов. – В 3-х книгах. Книга III. Электроприводы. Электроснабжение. / Под редакцией П.А. Бутырина, Р.Х. Гафиятуллина, А.Л. Шестакова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005.
12. Электрический привод: учебник для вузов по направлению подготовки «Электроэнергетика, электротехника и электротехнологии» / В.В. Москаленко. М.– Академия, 2007 г.
13. Драчев, Г.И. Теория электропривода: учебное пособие в 2 ч. / Г.И. Драчев. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – Ч.1. – 207 с; Ч.2. – 203 с.
14. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий Текст Учеб. для вузов "Электроснабжение пром. предприятий" Б. И. Кудрин. - 2-е изд. - М.: Интернет Инжиниринг, 2006. - 670, [1] с. ил.
15. Конюхова, Е. А. Электроснабжение Текст учебник для вузов по направлению 140400 "Электроэнергетика и электротехника" Е. А. Конюхова. - М.: Издательский дом МЭИ, 2014. - 508.

16. Идельчик, В.И. Электрические системы и сети: учебник для вузов / В.И. Идельчик. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.

17. Электротехнический справочник. В 3 т. Т.3: В 2 кн. Кн.1: Производство и распределение электрической энергии / под ред. И.Н. Орлова и др. – М.: Энергоатомизда, 1988. – 880 с.

18. Комиссарова, Е. Д. Передача и распределение электрической энергии Ч.1: учеб. пособие для самостоят. Работы / Е.Д. Комиссарова, А.В. Коржов; под ред. Е.Д. Комиссаровой; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электр. станции, сети и системы; ЮУрГУ. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. – 139 с.

19. Карпов, Ф.Ф. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях / Ф.Ф. Карпов. – М.: Энергия, 1975. – 184 с.

20. Электроэнергетические системы и сети в примерах и иллюстрациях: учебное пособие для электроэнергетических специальностей / В.В. Ежков, Г.К. Зарудский, Е.Н. Зувев и др.; под ред. В.А. Строева. – М.: Высшая школа, 1999. – 352 с.