

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Амурский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной и научной работе
А.В. Лейфа
2022 г.

ПРОГРАММА
вступительного испытания в аспирантуру
по научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика

Программа вступительных испытаний по научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика разработана на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета, магистратуры.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры энергетики «25» 03 2022 г., протокол № 9

Зав. кафедрой  Савина Н.В.

СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Программа вступительного испытания для поступающих в аспирантуру по научной специальности 2.4.3. Электроэнергетика структурирована по разделам: электроэнергетические системы и электрические сети, переходные процессы в электроэнергетических системах, электрооборудование электрических станций и подстанций.

Р а з д е л 1. Электроэнергетические систем и электрические сети

- 1.1. Современное состояние электроэнергетической системы России и основные направления ее развития. Организационная и технологическая структура современной электроэнергетики. Структурный анализ объектов электроэнергетики.
- 1.2. Инновационные технологии в электроэнергетике.
- 1.3. Основные требования к проектированию развития электроэнергетических систем. Определение потребности в электрической энергии и мощности. Балансы мощности и энергии. Методические рекомендации к проектированию генерирующих мощностей. Методические рекомендации к проектированию развития электрических сетей.
- 1.4. Классификация электрических сетей. Конструктивное исполнение линий электропередачи.
- 1.5. Основные уравнения линии электропередачи, определяющие взаимосвязь ее режимных параметров. Математические модели линии. Погонные и волновые параметры воздушных и кабельных линий электропередач.
- 1.6. Векторные диаграммы токов и напряжений линии. Определение параметров установившегося режима линии по заданным параметрам в ее начале и конце.
- 1.7. Схемы замещения линий различных классов номинальных напряжений. Схемы замещения двух и трехобмоточных трансформаторов, и автотрансформаторов, устанавливаемых на понижающих подстанциях.
- 1.8. Состав и основные характеристики комплексной нагрузки электроэнергетической системы. Графики электрических нагрузок, их вероятностные характеристики и показатели графиков электрических нагрузок. Характерные графики нагрузки электроэнергетической системы.
- 1.9. Классификация режимов. Цели и особенности расчетов установившихся режимов ЭЭС различной структуры и степени сложности. Расчетные схемы и понятие расчетной нагрузки подстанции.
- 1.10. Способы расчета режимов в разомкнутых сетях и простых замкнутых сетях. Уравнения угловых характеристик мощности при представлении единичной линии четырехполюсником, П-образной схемой замещения и собственными и взаимными проводимостями.
- 1.11. Построение круговых диаграмм мощности электропередачи, представленной эквивалентным четырехполюсником.
- 1.12. Предельная передаваемая мощность и ее изменение ростом протяженности линии. Распределение напряжения вдоль линии с фиксированными напряжениями по концам при изменении нагрузки.

- 1.13. Капитальные вложения в сооружение электрических сетей. Влияние различных факторов на стоимость сооружения 1 км линии. Эксплуатационные издержки и их составляющие. Экономические критерии, принятые в электроэнергетике для сопоставления вариантов развития электроэнергетической системы. Учет факторов надежности при сравнении вариантов сооружения электрической сети.
- 1.14. Общая характеристика потерь электроэнергии и их структурный анализ. Методы определения потерь электроэнергии. Выявление очагов повышенных потерь. Нормативные и сверхнормативные потери электроэнергии. Мероприятия направленные на снижение потерь электроэнергии.
- 1.15. Классификация потребителей по требуемой степени обеспечения надежности электроснабжения.
- 1.16. Исходные данные и критерии выбора номинального напряжения. Определение областей экономически целесообразного применения линий различных номинальных напряжений.
- 1.17. Состав технических ограничений, учитываемых при выборе сечений проводников в электрических сетях. Методы выбора сечений проводников.
- 1.18. Причины и последствия ухудшения качества электроэнергии. Влияние искажения качества электроэнергии на работу электроприемников и ЭЭС. Нормирование качества электроэнергии. Контроль и мониторинг качества электроэнергии.
- 1.19. Уравнения, определяющие связь изменений мощности генерации и нагрузки с отклонениями частоты и напряжения.
- 1.20. Ограничения выдачи и потребления реактивной мощности синхронными генераторами в нормальных установившихся режимах. Определение области допустимых режимов.
- 1.21. Мероприятия и технические средства обеспечения качества электроэнергии в части отклонений напряжения, несинусоидальности, колебаний и несимметрии напряжения.
- 1.22. Постановка задачи оптимизации режима по напряжению, реактивной мощности и коэффициентам трансформации как подзадачи комплексной оптимизации режима.
- 1.23. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях. Характерные особенности работы сети и синхронных машин, выбор и размещение компенсирующих устройств.
- 1.24. Роль и назначение электропередач сверхвысокого напряжения переменного и постоянного тока в решении транспортно-энергетической проблемы России. Параметры и схемы действующих электропередач СВН; области применения переменного и постоянного тока.
- 1.25. Особенности конструктивного исполнения воздушных линий СВН. Уравнения длинных линий. Основные соотношения между режимными параметрами при передаче электроэнергии.
- 1.26. Классификация установившихся режимов линий электропередачи. Задачи и общие методические особенности выполнения расчетов режимов, способы задания исходной информации.
- 1.27. Методика проведения расчетов режима наибольшей передаваемой мощности, наименьшей передаваемой мощности, одностороннего включения линии под напряжение.
- 1.28. Несимметричные и неполнофазные режимы работы линий, методика их расчетов.

- 1.29. Ограничения, накладываемые на величину наибольшей передаваемой мощности по длинным линиям СВН. Современные и перспективные пути и способы увеличения пропускной способности.
- 1.30. Экологическое воздействие линий СВН на окружающую среду, выбор мероприятий, применяемых для снижения этого воздействия.
- 1.31. Воздушные и кабельные линии постоянного тока. Униполярные и биполярные линии электропередачи, области их применения. Вставки постоянного тока.

Р а з д е л 2. Переходные процессы в ЭЭС

- 2.1. Назначение расчетов электромагнитных переходных процессов и предъявляемые к ним требования. Основные допущения, принимаемые при исследованиях и расчетах переходных процессов.
- 2.2. Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения. Изменение во времени тока и его составляющих. Ударный ток короткого замыкания и условия его возникновения.
- 2.3. Системы координат, используемые при анализе переходных процессов. Уравнения Парка-Горева.
- 2.4. Переходная ЭДС и переходное сопротивление синхронной машины. Сверхпереходная ЭДС и сверхпереходное сопротивление.
- 2.5. Переходной процесс в синхронном генераторе без демпферных обмоток при трехфазном КЗ. Постоянные времени затухания свободных составляющих токов.
- 2.6. Параметры прямой, обратной и нулевой последовательностей различных элементов электрической системы: синхронных генераторов, трансформаторов, автотрансформаторов, обобщенной нагрузки, воздушных и кабельных линий. Составление схем замещения различных последовательностей.
- 2.7. Граничные условия и соотношения между составляющими токов и напряжений при несимметричных коротких замыканиях разных видов. Расчетные выражения для составляющих токов и напряжений в месте КЗ. Векторные диаграммы токов и напряжений.
- 2.8. Правило эквивалентности прямой последовательности. Сравнение токов при КЗ различных видов.
- 2.9. Граничные условия и соотношения между составляющими токов и напряжений в месте продольной несимметрии. Векторные диаграммы токов и напряжений.
- 2.10. Классификация переходных процессов. Простейшая электрическая система и ее схема замещения. Векторные диаграммы простейшей электрической системы.
- 2.11. Требования, предъявляемые к режимам. Условия осуществимости режима системы. Устойчивость электрической системы. Виды устойчивости.
- 2.12. Причины и характер больших возмущений и электрической системе. Задачи исследования динамической устойчивости.
- 2.13. Энергетические соотношения, характеризующие движение ротора генератора. Уравнение движения ротора генератора.
- 2.14. Способ площадей. Допущения и область применения. Определение предельного угла отключения короткого замыкания.

- 2.15. Численное решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов.
- 2.16. Математическое описание переходных процессов при анализе статической устойчивости. Метод малых колебаний. Расположение корней характеристического уравнения на комплексной плоскости и вид переходного процесса.
- 2.17. Анализ статической устойчивости простейшей электрической системы с учетом электромагнитных переходных процессов и регуляторов возбуждения пропорционального действия.
- 2.18. Статическая устойчивость системы с автоматическим регулятором возбуждения сильного действия. Построение областей устойчивости методом Д-разбиения.
- 2.19. Причины и характер изменения частоты. Требования к частоте как к общесистемному показателю качества электроэнергии. «Лавина» частоты и способы ее предотвращения.
- 2.20. Статические и динамические характеристики нагрузки. Представление нагрузки эквивалентным асинхронным двигателем.
- 2.21. Практические критерии устойчивости нагрузки. Включение в нагрузку компенсирующих устройств и их влияние на устойчивость.
- 2.22. Общая характеристика асинхронных режимов и основные задачи их исследования. Причины возникновения асинхронного режима. Понятие результирующей устойчивости.
- 2.23. Процесс выпадения из синхронизма и возникновение асинхронного хода. Последовательность операций при ресинхронизации. Практический критерий ресинхронизации.
- 2.24. Задача управления переходными режимами (основные требования к ней и подзадачи).
- 2.25. Алгоритмы расчета установившегося режима для целей управления ЭЭС.
- 2.26. Связь определителя матрицы Якоби со свободным членом характеристического уравнения.
- 2.27. Импульсная разгрузка: назначение, использование для управления переходным режимом.
- 2.28. АПВ, АРВ как меры для повышения динамической устойчивости.
- 2.29. Понятие о частотных характеристиках. Оценка характера движения машин электроэнергетических системы.
- 2.30. Понятие об устойчивости. Анализ корней характеристического уравнения для оценки статической устойчивости.
- 2.31. Меры по повышению статической устойчивости.

Р а з д е л 3. Электрооборудование электрических станций и подстанций

- 4.1. Виды принципиальных схем главных соединений подстанций, выбор числа, мощности и типа силовых трансформаторов.
- 4.2. Обоснование и выбор основного оборудования электрической станции, подстанции по роду установки и режимам работы.
- 4.3. Выбор измерительных трансформаторов тока и напряжения, их характеристики и конструктивное исполнение.

- 4.4. Расчет контуров заземления станций и подстанций.
- 4.5. Защита электроустановок от прямых ударов молнии.
- 4.6. Организация собственных нужд на станциях, на подстанциях. Выбор силовых трансформаторов собственных нужд.
- 4.7. Назначение и методика выбора токоограничивающих реакторов на электростанциях и подстанциях.
- 4.9. Режимы нейтрали силовых трансформаторов и обоснование их выбора на подстанции.
- 4.10. Устройство, принцип действия, назначение коммутационного оборудования, защитных аппаратов.
- 4.11. Выбор и проверка основного электрооборудования станции, подстанции.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Армеев Д.В., Переходные процессы в электрических системах / Армеев Д.В., Гусев Е.П. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. - 332 с. - ISBN 978-5-7782-2498-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778224988.html>
2. Афонин В.В. Электрические станции и подстанции. Часть 1. Электрические станции и подстанции [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Афонин, К.А. Набатов. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 90 с. — 978-5-8265-1387-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64621.html>
3. Бурман, А. П. Основы современной энергетики : в 2 т. Том 2. Современная электроэнергетика : учебник для вузов : в 2 т. / - Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01338-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013380.html>
4. Бурман, А.П. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем : учебное пособие / Бурман А. П. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01189-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011898.html>
5. Ветров В.И. Режимы электрооборудования электрических станций [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Ветров, Л.Б. Быкова, В.И. Ключенович. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 243 с. — 978-5-7782-1456-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45158.html>
6. Воропай, Н.И. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] : учеб.пособие / Н. И. Воропай. - Благовещенск : Изд-во Амурского гос. ун-та, 2013. - 151 с. Режим доступа : http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7102.pdf
7. Герасименко, Алексей Алексеевич. Передача и распределение электрической энергии [Текст] : учеб.пособие : рек. Мин. обр. РФ / А. А. Герасименко , В. Т. Федин. - Ростов н/Д : Феникс ; Красноярск : Издат. проекты, 2006. - 719 с.
8. Герасимова В.Г., Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Герасимова В.Г. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01175-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011751.html>
9. Жежеленко, И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий [Текст] / И.В. Жежеленко – М. : Энергоатомиздат, 2010. - 375 с.
10. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети [Текст] : учеб. / В. И. Идельчик. - М. : Энергоатомиздат, 1989. - 588 с.
11. Карапетян И.Г., Файбисович Д.Л., Шапиро И.М. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. М. : НЦ ЭНАС, 2012. – 376 с.
12. Коломиец Н.В. Режимы работы и эксплуатация электрооборудования электрических станций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Н.В. Коломиец, Н.Р. Пономарчук, Г.А. Елгина— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2015.— 72 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55206.html>.
13. Кобелев А.В. Режимы работы электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика» / А.В. Кобелев, С.В. Кочергин, Е.А. Печагин. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 80 с. — 978-5-8265-1411-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64564.html>

14. Короткие замыкания и несимметричные режимы электроустановок [Текст] : учеб. пособие : рек. УМО / И. П. Крючков [и др.] ; под ред. И. П. Крючкова. - 2-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2011. - 472 с.
15. Кудряков А.Г. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] : учебник / А.Г. Кудряков, В.Г. Сазыкин. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 263 с. — 978-5-4486-0027-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70289.html>
16. Куликов, Юрий Алексеевич. Переходные процессы в электрических системах [Текст]: Учеб. пособие: Рек. Мин. обр. РФ / Ю.А. Куликов. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-та; М.: Мир: АСТ, 2003. – 284 с.
17. Лизалек Н.Н. Динамические свойства энергосистем при электромеханических колебаниях. Структурная организация движений и устойчивость [Электронный ресурс]: учебное пособие / Лизалек Н.Н., Тонышев В.Ф. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 212 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45086>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.
18. Лыкин, А. В. Электроэнергетические системы и сети : учебник для вузов / А. В. Лыкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 360 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04321-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489940> (дата обращения: 16.03.2022).
19. Мясоедов, Юрий Викторович. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] : учеб. пособие. . Ч. 1 / Ю. В. Мясоедов, Л. А. Мясоедова, И. Г. Подгурская ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. - 104 с. http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7128.pdf
20. Немировский А.Е., Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций : учебное пособие / Немировский А.Е. - М. : Инфра-Инженерия, 2018. - 148 с. - ISBN 978-5-9729-0207-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972902071.html>
21. Правила устройства электроустановок [Текст] : - 7-е изд. - М. : Омега-Л, 2006. - 269 с.
22. Проектирование электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Н. Антонов, Е. В. Коноплев, П. В. Коноплев, А. В. Ивашина. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2014. — 104 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47343.html>
23. Рогалёв Н.Д., Экономика энергетики : учебник для вузов / Н.Д. Рогалёв, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова и др.; под ред. Н.Д. Рогалёва. - М. : Издательский дом МЭИ, 2011. - 320 с. - ISBN 978-5-383-00324-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383003244.html>
24. Русина, А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04370-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492047>.
25. Рыжов Ю.П., Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения : учебник для вузов / Рыжов Ю.П. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01101-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011010.html>.
26. Савина Н.В. Инновационное развитие электроэнергетики на основе технологий SmartGrid [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. В. Савина. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. - 136 с. - Режим доступа

[:http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7030.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7030.pdf)

27. Савина Н.В. Методы расчета и анализа потерь электроэнергии в электрических сетях [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. В. Савина ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. - 150 с. – Режим доступа

[:http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7122.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7122.pdf)

28. Савина Н.В. Современные электроэнергетические системы. Информационные потоки в распределительных электрических сетях [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. В. Савина ; АмГУ, Эн. ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2015. - 164 с. –

Режим доступа : http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7365.pdf

29. Савина, Н.В. Управление уровнем потерь электроэнергии в активно-адаптивных электрических сетях [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. В. Савина ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. - 114 с. – Режим доступа

[:https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7118.pdf](https://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7118.pdf)

30. Савина Н.В. Управление потоками реактивной мощности в активно-адаптивных электрических сетях [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. В. Савина. - Благовещенск : Изд-во Амур.гос. ун-та, 2013. - 61 с. – Режим доступа

[:http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7107.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7107.pdf)

31. Савина, Н. В. Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Ч. 1 / Н. В. Савина ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. - 177 с. http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7062.pdf

32. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ-ИСЭМ [Электронный ресурс]. / отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск : Наука, 2010. - 686 с. – Режим доступа :

http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/3112.pdf

33. Старшинов В.А., Электрическая часть электростанций и подстанций : учебное пособие / Старшинов В.А. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01261-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL

[:http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012611.html](http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012611.html)

34. Ушаков, В. Я. Электроэнергетические системы и сети : учебное пособие для вузов / В. Я. Ушаков. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 446 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00649-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490265>.

35. Филиппова, Т. А. Энергетические режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебник / Т. А. Филиппова. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — 294 с. — ISBN 978-5-7782-3589-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91282.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

36. Хрущев, Ю. В. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы : учебное пособие для вузов / Ю. В. Хрущев, К. И. Заповодников, А. Ю. Юшков. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 153 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02713-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490250>.

37. Фортов, Владимир Евгеньевич. Энергетика в современном мире [Текст] / В. Е. Фортов, О. С. Попель. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 168 с.