

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Согласовано

Директор института магистратуры

 И.В. Ярмоленко



Утверждено

Проректор  
деятельности

по

образовательной

В.М. Поляков



**ПРОГРАММА**

вступительного испытания для поступающих в магистратуру  
по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

образовательная программа «Электропривод и автоматика механизмов и  
технологических комплексов»

Институт: Энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Выпускающая кафедра: «Электроэнергетика и автоматика»

Белгород – 2019

Программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень магистратуры), утвержденного приказом Минобрнауки от 21.11.2014 г. № 1500 и содержит перечень вопросов по дисциплинам базовой части профессионального цикла подготовки бакалавров, содержащихся в задании вступительного испытания в магистратуру по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» магистерской программы «Электропривод и автоматика механизмов и технологических комплексов».

Составитель: канд. техн. наук, доцент



Ю.В. Скурятин

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию на заседании выпускающей кафедры протокол № 1 от «03» сентября 2019 г.

Руководитель ООП магистратуры

канд. техн. наук, доцент



Ю.В. Скурятин

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент



А.В. Белоусов

# **1. СОСТАВ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН, ВКЛЮЧЕННЫХ В ПРОГРАММУ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ**

- 1.1. Теоретические основы электротехники - Б1.Б.Д20;
- 1.2. Электрические машины - Б1.Б.Д23;
- 1.3. Электрический привод - Б1.В.Н1.Д08.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН**

### **2.1. Теоретические основы электротехники**

**Линейные электрические цепи постоянного тока.** Основные понятия и определения теории электрических цепей. Электрическая цепь. Топологические понятия электрических цепей. Идеальные элементы электрических цепей. Схема замещения электрической цепи. Расчетные схемы источников электрической энергии. Законы Ома, Кирхгофа, Джоуля-Ленца, Баланс мощностей. Потенциальная диаграмма. Применение законов Ома, Кирхгофа, Джоуля-Ленца при расчете электрических цепей. Метод эквивалентных преобразований. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов. Метод двух узлов. Преобразование пассивных трехполюсников. Принцип и метод наложения. Входные и взаимные проводимости. Входное сопротивление. Теорема взаимности. Теорема компенсации. Свойство линейности соотношений. Метод эквивалентного генератора. Линия электропередачи постоянного тока. Передача энергии от активного двухполюсника к пассивному. Режимы работы линии электропередачи постоянного тока. Условие передачи максимальной мощности. Экономичная работа линии электропередачи постоянного тока.

**Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока.** Величины характеризующие, синусоидальный ток. Действующие и средние значения синусоидальных величин. Коэффициент амплитуды, коэффициент формы. Представление синусоидальных функций в виде временных диаграмм, тригонометрических функций, вращающихся векторов на комплексной плоскости, комплексных чисел. Векторные диаграммы. Активное сопротивление в цепи переменного синусоидального тока. Индуктивность в цепи переменного синусоидального тока. Емкость в цепи переменного синусоидального тока. Закон Ома для действующих, амплитудных значений напряжений и токов. Мощность цепи синусоидального тока. Последовательное соединение R, L, C элементов в цепях синусоидального тока. Треугольник напряжений. Треугольник сопротивлений. Параллельное соединение R, L, C элементов в цепях

синусоидального тока. Треугольник токов. Треугольник проводимостей. Активная реактивная и полная мощности. Треугольник мощностей. Расчет цепей синусоидального тока с применением векторных диаграмм. Применение комплексных чисел к расчету цепей синусоидального тока (символический метод). Законы Кирхгофа и Ома в комплексной форме. Выражение мощности в комплексной форме записи. Измерение мощности ваттметром. Коэффициент мощности и способы его повышения. Двухполюсник в цепях синусоидального тока. Резонанс напряжений и токов в простейших цепях. Резонансные явления в сложных цепях. Практическое значение резонанса. Частотные характеристики двухполюсников. Основные понятия и определения индуктивно-связанных цепей. Расчет Индуктивно-связанных цепей. Замена индуктивно-связанных цепей эквивалентными (развязывание магнитосвязанных цепей). Экспериментальное определение взаимной индуктивности. Трансформатор без ферромагнитного сердечника.

**Трехфазные цепи.** Понятие о трехфазных источниках питания и о многофазных цепях. Получение трехфазной системы ЭДС. Временная и векторная диаграммы трехфазной системы ЭДС. Преимущества трехфазных систем. Трехфазная цепь. Основные схемы соединения трехфазных цепей. Определения линейных и фазных величин. Понятие нейтрали. Нейтральный провод. Линейные провода. Соотношения между линейными и фазными напряжениями и токами. Расчет симметричных и несимметричных трехфазных цепей, включенных по схеме соединения звезда-звезда с нейтральным проводом, звезда-звезда без нейтрального провода. Соединение нагрузки треугольником. Аварийные режимы: обрыв фаз и проводов, короткое замыкание фаз. Назначение нейтрального провода. Мгновенная, активная, реактивная и полная Мощности трехфазной системы. Измерение активной мощности в трехфазной системе. Оператор  $a$  трехфазной системы. Разложение трехфазной несимметричной системы на системы прямой, обратной и нулевой последовательностей фаз. Сопротивление фазы различных приемников токам прямой, обратной и нулевой последовательности. Расчет трехфазных цепей методом симметричных составляющих. Фильтры симметричных составляющих.

**Четырехполюсники.** Уравнения пассивного четырехполюсника. Холостой ход и короткое замыкание четырехполюсника. Определение коэффициентов четырехполюсника. Постоянная передачи и характеристическое сопротивление четырехполюсника. Эквивалентные схемы четырехполюсников. Управляемые (зависимые) источники напряжения и тока. Конвертор сопротивления. Цепные схемы. Активные автономные четырехполюсники.

**Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях.** Разложение несинусоидальных функций в ряд Фурье. Максимальные, действующие и средние значения несинусоидальных ЭДС, напряжений и

токов. Коэффициенты, характеризующие форму несинусоидальных периодических кривых. Мощность цепи несинусоидального тока. Расчет цепей несинусоидального тока. Резонансные явления в электрических цепях несинусоидального тока. Особенности работы 3-х фазных цепей на гармониках, кратных трем.

**Переходные процессы в линейных электрических цепях.** Основные понятия и определения. Законы коммутации. Начальные условия. Методика определения начальных условий. Принужденные и свободные составляющие. Характеристическое уравнение. Свойства корней характеристического уравнения. Характер свободного процесса. Расчет переходных процессов классическим методом. Анализ переходных процессов в RLC цепях. Операторный метод расчета переходных процессов. Расчет переходных процессов методом наложения по формулам Дюамеля.

**Нелинейные цепи постоянного тока.** Общая характеристика нелинейных цепей и нелинейных элементов. Вольт-амперные характеристики некоторых нелинейных элементов. Статическое и дифференциальное сопротивление нелинейного элемента. Графический метод расчета нелинейных цепей при параллельном, последовательном и смешанном соединении элементов. Метод двух узлов. Замена нескольких параллельных ветвей, содержащих нелинейные сопротивления и ЭДС, одной эквивалентной. Метод эквивалентного генератора. Замена нелинейных элементов активными линейными двухполюсниками.

**Магнитные цепи с постоянными во времени магнитными потоками.** Основные величины и соотношения характеризующие магнитное поле. Диамагнитные парамагнитные и ферромагнитные материалы. Основные характеристики ферромагнитных материалов. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Магнитодвижущая сила. Определение и разновидности магнитных цепей. Падение магнитного напряжения. Вебер-амперные характеристики. Построение вебер-амперных характеристик. Закон полного тока. Законы Кирхгофа для магнитных цепей. Закон Ома для магнитных цепей. Расчет неразветвленных магнитных цепей. Прямая и обратная задачи. Расчет разветвленных магнитных цепей.

**Нелинейные цепи переменного тока.** Нелинейные элементы и их характеристики в цепи переменного тока. Типы вольтамперных характеристик: по мгновенным значениям, по первым гармоникам, для действующих значений. Общая характеристика методов анализа и расчета нелинейных цепей переменного тока. Расчет цепей, содержащих индуктивные катушки, сердечники которых имеют почти прямоугольную кривую намагничивания. Расчет цепей, содержащих нелинейные конденсаторы с прямоугольной кулон-вольтной характеристикой. Расчет цепей с вентилями. Катушка со стальным сердечником, ее схема замещения

и векторная диаграмма. Определение тока потерь, намагничивающего тока. Трансформатор со стальным сердечником. Основные соотношения, векторная диаграмма. Последовательная феррорезонансная цепь. Феррорезонанс напряжений. Параллельная феррорезонансная цепь. Феррорезонанс токов.

**Электрические цепи, содержащие линии с распределенными параметрами.** Основные понятия. Однородная линия. Схема замещения и дифференциальные уравнения однородной линии. Решение дифференциальных уравнений однородной линии с распределенными параметрами для установившегося синусоидального процесса. Постоянная распространения и волновое сопротивление. Определение комплексов напряжения и тока в любой точке однородной линии через токи и напряжения в начале линии (в конце линии). Падающие и отраженные волны в однородной линии. Фазовая скорость. Коэффициент отражения. Согласованная нагрузка. Определение напряжения и тока при согласованной нагрузке. КПД линии при согласованной нагрузке. Входное сопротивление согласованной линии. Линия без искажения. Линия без потерь. Определение напряжения и тока в линии без потерь. Входное сопротивление линии без потерь в режиме холостого хода, в режиме короткого замыкания на конце линии, при реактивной нагрузке. Стоячие волны в линии без потерь. Четвертьволновый трансформатор. Бегущие, стоячие и смешанные волны в линиях без потерь. Коэффициенты бегущей и стоячей волн. Переходные процессы в цепях, содержащих линии с распределенными параметрами. Решение дифференциальных уравнений однородной линии без потерь в общем случае. Падающие и отраженные волны напряжения и тока. Электромагнитные процессы в линии при движении прямоугольной волны. Схема замещения однородной линии для исследования переходных процессов. Подключение однородной линии в режиме холостого хода к источнику постоянного напряжения. Переходный процесс при подключении источника постоянного напряжения к двум последовательно соединенным линиям при наличии реактивного элемента в месте стыка.

## 2.2. Электрические машины

**Машины постоянного тока.** Принцип действия и устройство генераторов и двигателей постоянного тока. Обратимость электрических машин. Магнитное поле машины постоянного тока при холостом ходе и при нагрузке. Основные электромагнитные соотношения. Потери и коэффициент полезного действия электрических машин. Основные характеристики двигательного, генераторного и тормозных режимов работы электрических машин. Механические характеристики двигателя постоянного тока.

**Трансформаторы.** Намагничивание сердечников трансформаторов. Схема замещения, основные уравнения и характеристики трансформаторов.

Параллельная работа трехфазных трансформаторов. Работа трансформатора под нагрузкой. Несимметричная нагрузка трансформаторов при соединении обмоток по схеме  $y/y-0$  и  $y/y0-0$ . Влияние несинусоидальных токов нагрузки на потери в магнитопроводе однофазных и трехфазных силовых трансформаторов. Режимы работы силовых трансформаторов в электрических сетях. Расчет потерь в силовых трансформаторах. Пути повышения эксплуатационной надежности и энергетической эффективности работы силовых трансформаторов. Переходные процессы в трансформаторах. Использование современных программных средств для исследования силовых трансформаторов

**Общие вопросы теории машин переменного тока.** Основные виды машин переменного тока и их устройство. Фундаментальные физические законы и принципы преобразования энергии в электрических машинах. Электродвижущие силы обмоток переменного тока. Намагничивающие силы обмоток переменного тока. Магнитные поля и индуктивные сопротивления обмоток переменного тока.

**Асинхронные машины.** Основы теории асинхронных машин. Вращающие моменты и механические характеристики асинхронной машины. Круговая диаграмма асинхронной машины. Потери в электрических машинах. Асинхронные двигатели с вытеснением тока в обмотке ротора. Пуск трехфазных асинхронных двигателей и регулирование их скорости вращения. Особые виды и режимы работы многофазных асинхронных машин. Однофазные асинхронные машины.

**Синхронные машины.** Принцип действия и основные характеристики синхронной машины. Магнитные поля и основные параметры синхронных машин. Работа многофазных синхронных генераторов при симметричной нагрузке. Элементы теории переходных процессов синхронных машин. Параллельная работа синхронных машин. Асинхронные режимы и самовозбуждение синхронных машин. Синхронные двигатели и компенсаторы Несимметричные режимы работы синхронных генераторов. Колебания и динамическая устойчивость синхронных машин.

### 2.3. Электрический привод

**Основные понятия и определения.** Структурная схема автоматизированного электропривода. Элементы электропривода: силовая, управляющая и электромеханическая части. Классификация электроприводов. Регулирование координат и принципы управления электроприводами.

**Механика электропривода.** Величины, характеризующие движение

рабочей машины при поступательном и вращательном движениях. Моменты инерции вращающихся тел. КПД механических передач. Приведение моментов и сил сопротивления, инерционных масс и моментов инерции. Уравнение движения электропривода и режимы работы. Приводные характеристики машин и механизмов. Механические характеристики электродвигателей. Совместная работа двигателя и производственного механизма. Условия выполнимости установившегося режима работы электропривода.

**Электроприводы с двигателями постоянного тока.** Схемы включения двигателя постоянного тока. Уравнения, описывающие работу двигателя постоянного тока параллельного и независимого возбуждения. Механические и электромеханические характеристики двигателя постоянного тока параллельного и независимого возбуждения. Энергетические режимы работы двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Регулирование скорости, тока и момента двигателя постоянного тока с независимым возбуждением с помощью резисторов в цепи якоря, изменением магнитного потока, изменением напряжения, подводимого к якорю. Уравнения, описывающие работу двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Механические и электромеханические характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Регулирование скорости двигателя постоянного тока последовательного возбуждения с помощью резисторов в цепи обмотки якоря. Регулирование скорости двигателя постоянного тока последовательного возбуждения изменением напряжения. Изменение направления вращения двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Переходные процессы в электроприводах с двигателем постоянного тока. Допущения, применяемые при исследовании процессов пуска двигателя. Понятие электромеханической постоянной времени электропривода. Дифференциальное уравнение, описывающее переходный процесс пуска двигателя. Построение графиков переходного процесса  $\omega=f(t)$  и  $I=f(t)$  при пуске двигателя постоянного тока. Виды торможения двигателя постоянного тока. Генераторное торможение: переход в рекуперативный режим торможения за счет ускорения исполнительного механизма; с отдачей энергии в сеть в результате снижения напряжения. Динамическое торможение: при замыкании обмотки якоря на тормозные сопротивления; при спуске груза. Торможение противовключением. Построение графиков переходного процесса  $\omega=f(t)$  и  $I=f(t)$  при динамическом торможении двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Методика построения статических электромеханических характеристик и графиков переходного процесса при пуске и торможении двигателя постоянного тока с независимым возбуждением с помощью реостатов в цепи обмотки якоря. Системы преобразователь – двигатель постоянного тока. Работа электропривода по системе “генератор-двигатель”. Электроприводы с полупроводниковыми преобразователями: система тиристорный преобразователь – двигатель; система транзисторный преобразователь –

двигатель.

**Электроприводы с двигателями переменного тока.** Схема включения, электромеханические и механические характеристики асинхронных двигателей. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по справочным данным, по каталожным данным. Построение естественных механической и электромеханической характеристик асинхронного двигателя. Переходный процесс при пуске асинхронного двигателя прямым включением в сеть. Динамическая механическая характеристика асинхронного двигателя. Регулирование координат асинхронного двигателя с помощью резисторов. Включение добавочных резисторов в цепь статора АД. Включение добавочных резисторов в цепь ротора асинхронного двигателя. Искусственные механические и электромеханические характеристики АД при реостатном способе регулирования координат. Расчет регулировочных резисторов. Влияние напряжения питающей сети на изменение оборотов вращения асинхронного двигателя. Схема силовых цепей нереверсивного и реверсивного тиристорного регулятора напряжения. Искусственные механические и электромеханические характеристики асинхронного двигателя при регулировании напряжения на обмотке статора. Регулирование оборотов вращения асинхронного двигателя изменением числа пар полюсов. Переключение статорных обмоток асинхронного двигателя с “треугольника на двойную звезду” и со “звезды на двойную звезду”. Механические характеристики асинхронного двигателя при разных схемах соединения обмоток. Выбор схемы соединения обмоток от характера нагрузки. Регулирование скорости асинхронного двигателя изменением частоты напряжения статора двигателя. Законы частотного управления. Механические и электромеханические характеристики производственных механизмов и электроприводов преобразователь частоты – асинхронного двигателя. Преобразователи частоты с непосредственной связью. Автономный инвертор тока. Асинхронный электропривод с автономным инвертором напряжения, выполненным на IGBT – транзисторах. Функциональная схема скалярного частотного управления скоростью асинхронного двигателя. Тормозные режимы работы электропривода с асинхронным двигателем. Генераторное торможение с отдачей электрической энергии в сеть. Режим противовключения. Динамическое торможение с независимым возбуждением и самовозбуждением.

**Синхронный двигатель.** Схема включения, особенности конструкции синхронного двигателя. Пусковая и статическая механические характеристики синхронного двигателя. Электромеханические свойства явнополюсных и неявнополюсных синхронных двигателей. Пуск и синхронизация синхронных двигателей. Регулирование скорости синхронного двигателя. Динамическое торможение синхронного двигателя.

**Выбор электродвигателя по мощности.** Общие положения по выбору электродвигателя, порядок выбора электродвигателя. Нагрузочная диаграмма и тахограмма рабочей машины, график динамического момента и момента двигателя. Нагрев и охлаждение двигателей. Классификация режимов работы. Проверка двигателя по условиям нагрева и перегрузки.

**Энергетика электропривода.** Потери мощности и энергии в установившемся режиме работы электропривода. Потери энергии в переходных процессах работы электропривода. Способы уменьшения потерь энергии в электроприводе. Расчет КПД электрического привода, способы повышения КПД. Коэффициент мощности электрического привода, Изменение  $\cos\varphi$  в функции мощности и от величины загрузки электродвигателя. Основные способы энергосбережения в электроприводах.

### 3. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### 3.1. Теоретические основы электротехники

1. Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2009. — 592 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/90> — Загл. с экрана.

2. Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле. [Электронный ресурс] / Г.И. Атабеков, С.Д. Купальян, А.Б. Тимофеев, С.С. Хухриков. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2010. — 432 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/644> — Загл. с экрана.

3. Теоретические основы электротехники: учебник: в 3 т. / К. С. Демирчян [и др.]. - 4-е изд., доп. для самостоятельного изуч. курса. - Санкт-Петербург: ПИТЕР, 2006. - (Учебник для вузов). Т. 1. - 462 с.

4. Теоретические основы электротехники: учебник: в 3 т. / К. С. Демирчян [и др.]. - 4-е изд., доп., для самостоятельного изуч. курса. - Санкт-Петербург: ПИТЕР, 2006. - (Учебник для вузов). Т. 2. - 575 с.

5. Теоретические основы электротехники: учебник: в 3 т. / К. С. Демирчян [и др.]. - 4-е изд., доп. для самостоятельного изуч. курса. - Санкт-Петербург: ПИТЕР, 2006. - (Учебник для вузов). Т. 3. - 376 с.

6. Нейман В.Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 1. Линейные электрические цепи постоянного тока [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Нейман В.Ю.— Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 116 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45172>. — ЭБС «IPRbooks»

7. Нейман В.Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 2. Линейные электрические цепи однофазного синусоидального тока [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Нейман В.Ю.— Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский

государственный технический университет, 2009. — 150 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45173>. — ЭБС «IPRbooks»

8. Нейман В.Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 3. Четырехполюсники и трехфазные цепи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Нейман В.Ю.— Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 144 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45174>. — ЭБС «IPRbooks»

9. Нейман В.Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Часть 4. Линейные электрические цепи несинусоидального тока [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Нейман В.Ю.— Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 182 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45175>. — ЭБС «IPRbooks»

### **3.2. Электрические машины**

1. Вольдек А. И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы [Текст]: учебник для вузов/— СПб.: Питер, 2008. -320с.: ил. – (Учебник для вузов)

2. Копылов И. П. Электрические машины. Учебник для вузов/ И. П. Копылов. – 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2002. – 607 с.

3. Вольдек А. И., Попов. В. В. Электрические машины. Машины переменного тока: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2008

### **3.3. Электрический привод**

1. Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов [Электронный ресурс]: Учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 224 с. –Режим доступа– ЭБС издательство “Лань” [https://e.lanbook.com/book/5845?category\\_pk=937#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/5845?category_pk=937#book_name).

2. Епифанов А. П., Малайчук Л. М., Гуцинский А. Г. Электропривод [Электронный ресурс]: Учебник / Под ред. А. П. Епифанова. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 400 с. –Режим доступа– ЭБС издательство “Лань” [https://e.lanbook.com/book/3812?category\\_pk=931#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/3812?category_pk=931#book_name).

3. Москаленко В.В. Электрический привод: Учебник. – М.: Издательский центр “Академия”, 2007. – 368с.

4. Фролов Ю. М., Шелякин В. П. Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу [Электронный ресурс]: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 368с. –Режим доступа– ЭБС издательство “Лань” [https://e.lanbook.com/book/3185?category\\_pk=931#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/3185?category_pk=931#book_name).

5. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: Учебник / Г. Г. Соколовский. - 2-е изд., испр. – М.: Академия, 2007. – 272с.