

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра электропривода и автоматизации

Составитель  
**В. А. Негадаев**

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ**

**Методические указания к самостоятельной работе  
для студентов очной формы обучения  
(ЭАб-141, Элб-141)**

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления  
13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника»  
в качестве электронного издания для самостоятельной работы

Кемерово 2015

## РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Григорьев А. В. – доцент кафедры ЭПА

Семыкина И. Ю. – председатель учебно-методической комиссии по направлению 13.03.02 (140400) «Электроэнергетика и электротехника»

**Негадаев Владислав Александрович. Электрические и электронные аппараты** [Электронный ресурс]: методические указания к самостоятельной работе для студентов направления подготовки 13.03.02 (140400.62) «Электроэнергетика и электротехника», образовательные программы «Электропривод и автоматика», «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений», очной формы обучения (ЭАб-141, Элб-141) / сост.: В.А. Негадаев. – Кемерово: КузГТУ, 2015. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 8 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

Приведены темы для самостоятельной работы, домашние задания и примерные оценочные средства для текущего контроля и промежуточной аттестации.

© КузГТУ, 2015  
© Негадаев, В.А.,  
составление, 2015

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ**

Важным компонентом обучения является самостоятельная работа студентов, направленная на формирование компетенций, необходимых не только в учебной, но и в будущей практической деятельности.

Самостоятельная работа заключается в подготовке к лабораторным занятиям, подготовке к лекционным занятиям по тематике курса. Для самостоятельной работы используются методические указания для лабораторных занятий и рекомендуемое учебно-методическое и информационное обеспечение. Вопросы для текущего контроля знаний и проведения экзамена по данной дисциплине приведены ниже. Контрольные вопросы к лабораторным занятиям даны в методических указаниях к лабораторным занятиям.

В результате освоения дисциплины студент овладевает компетенциями, которые обобщенно можно представить в следующем виде:

**ЗНАТЬ:** методы анализа цепей постоянного и переменного тока; физические явления в электрических и электронных аппаратах; основы теории электромеханического преобразования энергии; эксплуатационные требования для электроэнергетического оборудования;

**УМЕТЬ:** выявлять физическую сущность явлений и процессов, происходящих в электрических и электронных аппаратах; производить выбор электрических аппаратов; эксплуатировать электрические и электронные аппараты в электроэнергетическом и электротехническом оборудовании;

**ВЛАДЕТЬ:** инструментарием для решения математических и физических задач в области коммутационной техники; методами анализа физических явлений в электрических и электронных аппаратах; методами анализа и моделирования электрических цепей.

## 2. УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Содержание теоретического материала дисциплины для самостоятельного изучения представлено в табл. 2.1.

Таблица 2.1

### Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	Семестр/ Неделя семестра	Вид самостоятельной работы
1. Электрические аппараты	5/1-2	1. Домашнее задание – изучение теории: основные материалы, применяемые в электрических аппаратах [1, 3] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [1, 3, 5]
	5/3	1. Домашнее задание – изучение теории: конструкции электрических аппаратов [1, 3] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [1, 3, 5]
2. Физические явления в электрических аппаратах	5/4-5	1. Домашнее задание – изучение теории: искрогасительные цепи [1, 3] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [1, 3, 5]
	5/6	1. Домашнее задание – изучение теории: особенности работы контактов при активной и активно-индуктивной нагрузке [1, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [1, 3, 6]
	5/7-8	1. Домашнее задание – изучение теории: нагрев и охлаждение электрических аппаратов; электродинамические усилия в электрических аппаратах [1, 3, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [1, 3, 7]
	5/9	1. Домашнее задание – изучение теории: тяговые силы электромагнитов [1, 3, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [1, 3, 4, 6]

Продолжение табл. 2.1

3. Электрические аппараты управления, распределительных устройств и релейной защиты	5/10-11	1. Домашнее задание – изучение теории: микропереключатели [1, 3, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [1, 3, 4, 6]
	5/12	1. Домашнее задание – изучение теории: кнопки управления; реостаты [1, 3, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [1, 3, 4, 6]
	5/13-14	1. Домашнее задание – изучение теории: измерительные трансформаторы тока и напряжения [1, 3, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [1, 3, 4, 6]
	5/15	1. Домашнее задание – изучение теории: комплектные устройства аппаратов управления и распределительных устройств [1, 3, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [1, 3, 4, 6]
	5/16	1. Домашнее задание – изучение теории: индукционные и поляризованные реле [1, 3, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [1, 3, 4, 6].
1-3	5/1-16	Контрольная работа
1-3	5/17	Подготовка к экзамену
4. Электронные аппараты	6/1-4	1. Домашнее задание – изучение теории: бесконтактные магнитные реле [2, 3, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [2, 3, 4, 6]
	6/5-8	1. Домашнее задание – изучение теории: гибридные контакторы [2, 3, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [2, 3, 4, 6]
	6/9-12	1. Домашнее задание – изучение теории: оптоэлектронные приборы в электронных аппаратах [2, 3, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [2, 3, 4, 6]

Продолжение табл. 2.1

	6/12-14	1. Домашнее задание – изучение теории: реле контроля и защиты трехфазных электроустановок [2, 3, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [2, 3, 4, 6]
	6/14-16	1. Домашнее задание – изучение теории: тиристорное пусковое устройство [2, 3, 4] 2. Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета [2, 3, 4, 6]
4	6/1-16	Выполнение контрольной работы
4	6/17	Подготовка к экзамену

Самостоятельная работа заключается в подготовке по тематике курса, с изучением основной и дополнительной литературы, подготовке к лабораторным занятиям, выполнении контрольной работы.

Форма текущего контроля: собеседование, контрольная работа.

По каждому разделу самостоятельного изучения теоретического материала студент должен представить отчет в письменной форме в кратком изложении. Отчет должен содержать следующее:

- Название вопроса темы.
- Изложение основных вопросов с приведением необходимых формул, таблиц и графиков.
- Выводы.
- Список использованной литературы.

На титульном листе отчета по порядку сверху вниз необходимо расположить следующие данные:

- Кафедра.
- Название темы.
- Выполнил (ФИО студента, группа, дата, подпись).
- Проверил (ФИО преподавателя, оценка, подпись, дата).

Объем отчета должен составлять 2-4 страницы формата А4, шрифт Times New Roman, 16 пт, интервал – одинарный, абзацный отступ 1,25 см, выравнивание текста по ширине, расстановка переносов автоматическая.

Дополнительно к рекомендованному по дисциплине учебно-

методическому и информационному обеспечению, студент может использовать для самостоятельной подготовки и другие учебные и научные книги, технические и научные статьи, научные отчеты, Internet ресурсы и др.

### **3. УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ**

Перечень лабораторных занятий, к которым студент должен заранее подготовиться, оформить отчеты и защитить их, приведен в табл. 3.1.

Таблица 3.1

#### Лабораторные занятия

Семестр/ Неделя семестра	Наименование работы
5/1-8	1. Изучение схем управления и защиты электрических двигателей
5/9-16	2. Исследование тиристорных коммутационных аппаратов
6/1-4	3. Микропроцессорное управление электродвигателями
6/5-8	4. Магнитные пускатели
6/9-12	5. Автоматические выключатели
6/13-16	6. Электронные реле контроля и защиты трехфазного электрооборудования

Большая часть лабораторных занятий, в соответствии с методическими указаниями к лабораторным занятиям, проводятся в интерактивной форме с обсуждением рассматриваемых вопросов, анализом решений, принимаемых при выборе силового оборудования и при расчете характеристик.

Для подготовки к лабораторным занятиям используется рекомендуемая литература [1-3]. Форма контроля: собеседование, проверка отчетов по лабораторным занятиям. Контрольные вопросы приведены в методических указаниях к лабораторным

занятиям.

## 4. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Получить навыки решения основных вопросов расчета электрических и электронных аппаратов.

Контрольную работу необходимо выполнять параллельно с изучением соответствующего теоретического материала курса. В расчетно-пояснительной записке должны быть приведены полные условия задания, расчеты и графики, построенные по результатам расчетов.

При выполнении контрольной работы студент должен руководствоваться тем, что данный процесс является важным элементом в изучении теоретического материала. Вместе с тем выполнение контрольной работы даст возможность студенту получить объективную оценку степени усвоения изученного им материала. В случае затруднений, возникающих в процессе решения работы, рекомендуется обращаться к преподавателю за получением консультации. Правильно выполненная работа подлежит защите при собеседовании с преподавателем.

Контрольная работа заключается в решении пяти задач в пятом семестре и решении четырех задач в шестом семестре.

### 5 семестр

#### Задача 1

Определить износ медного контакта масляного выключателя (стержня) за время горения дуги, равное 0,02 с при токе короткого замыкания 12 кА.

#### Задача 2

Каково должно быть сопротивление контакта из серебра, чтобы при токе 1000 А его контактная площадка не расплавилась?

#### Задача 3



В какой из магнитных систем (рис. 1) наименьший магнитный поток рассеяния, если допустить, что он замыкается только между стержнями 1 и 2? МДС у всех систем одинакова.

#### Задача 4

Напишите уравнения, связывающие входной и выходной сигналы датчиков для схем на рис. 2:

А) при большом сопротивлении нагрузки  $R_H \rightarrow \infty$ ;

Б) при  $0 < R_H < \infty$ .

#### Задача 5

Определить статические потери в ключевом элементе, коммутирующем активную нагрузку  $R_H = 1 \text{ Ом}$  в цепи постоянного тока с напряжением  $U_0 = 12 \text{ В}$ . Частота коммутации (периодического изменения состояния ключа)  $f = 100 \text{ Гц}$ . Статическая вольт-амперная характеристика (рис. 3) ключа имеет параметры:  $\Delta U_s = 2 \text{ В}$ ;  $R_{пр} = 0,1 \text{ Ом}$ ;  $R_{обр} = 50 \text{ кОм}$ .

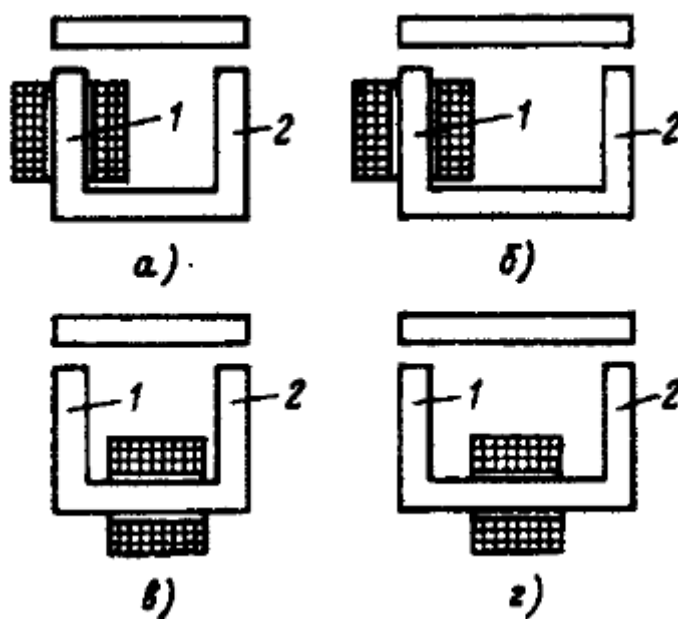


Рис. 1

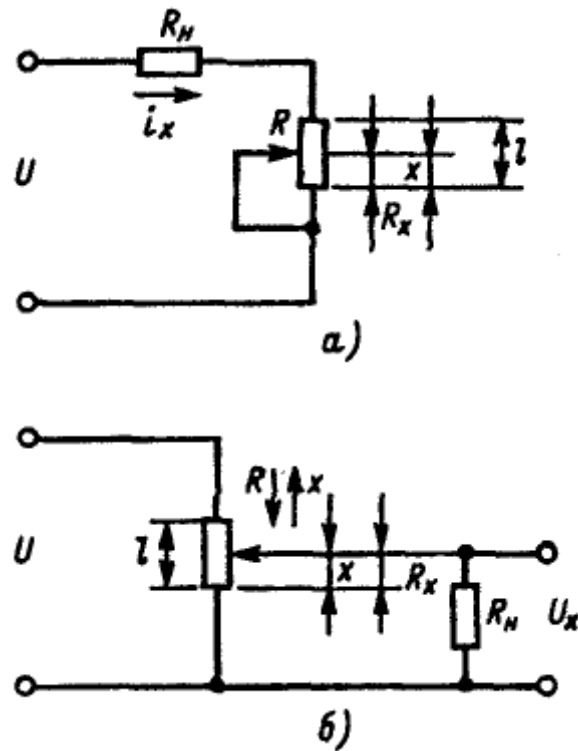


Рис. 2

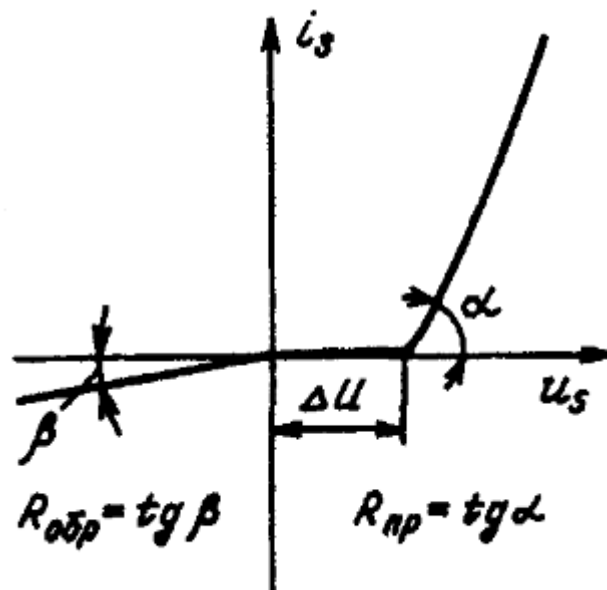


Рис. 3

6 семестр

Задача 1

Определите время выключения транзисторного реле при следующих условиях (рис. 4): напряжение источника питания  $E=24$  В; напряжение варистора  $U_{VAR}=50$  В; входная индуктив-

ность  $L_{\text{вх}}=100$  мкГн; активное сопротивление входной цепи равно нулю; по быстрдействию транзистор соответствует идеальному ключу; при выключении обратный диод со стороны нагрузки проводит ток нагрузки, обусловленный ее активно-индуктивным характером.

### Задача 2

Приведите аналитическое выражение для определения емкости коммутирующего конденсатора  $C_k$  в тиристорном контакторе с искусственной коммутацией (рис. 5) при следующих исходных данных: коммутируемый ток  $I_H=100$  А (считать ток в процессе коммутации неизменным); коммутирующая цепь, подключаемая параллельно к тиристорному контактору, состоит из последовательно включенных конденсатора  $C_k$  и реактора  $L_k$ ; время выключения тиристора  $t_{\text{выкл}}=200$  мкс; начальное напряжение на конденсаторе  $U_c(0)=500$  В.

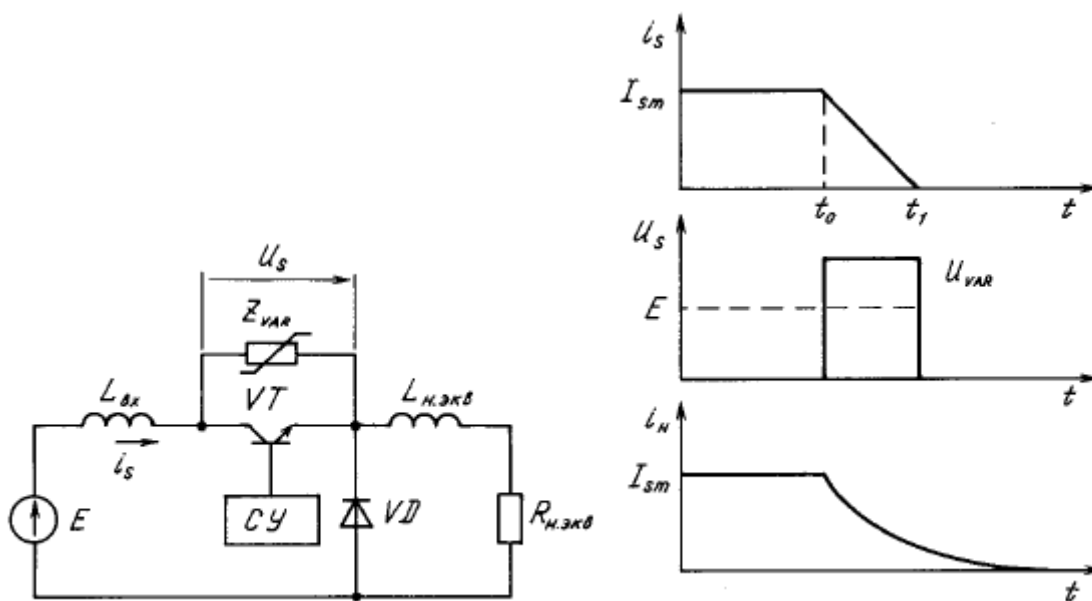


Рис. 4

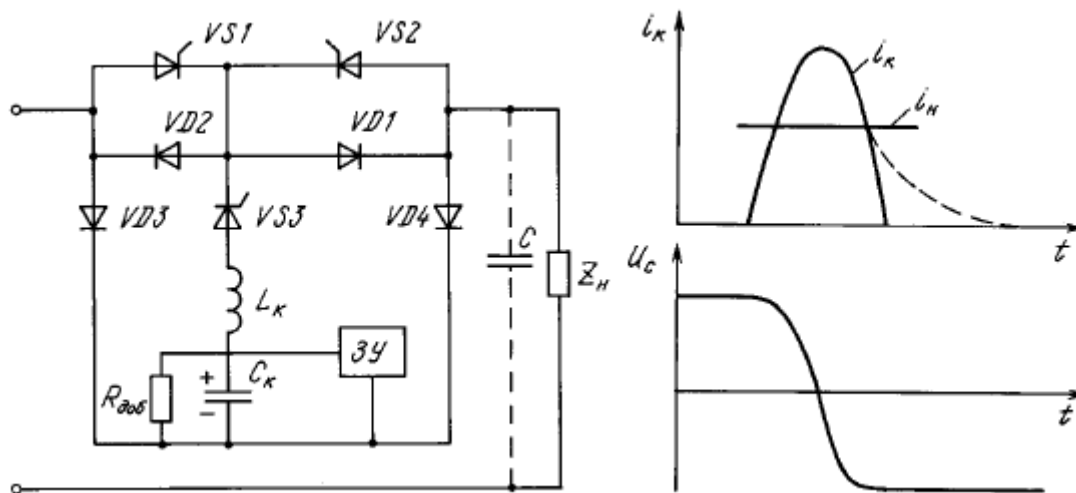


Рис. 5

### Задача 3

Рассчитайте энергию, поглощаемую варистором, подключенным параллельно транзисторным ключам (рис. 6), при следующих исходных данных:  $u_c(t) = 311 \sin(314t)$ ;  $U_{VAR} = 200$  В; выключаемый ток в процессе коммутации не изменяется и равен 100 А.

### Задача 4

На какую максимальную мгновенную мощность должен быть рассчитан однофазный активный фильтр и элементы его силовой схемы для фильтрации тока с формой меандра высотой  $I_d = 30$  А при действующем синусоидальном напряжении 220 В? Фильтр выполнен по схеме источника напряжения. При оценке мощности учитывайте только усредненное значение тока, пренебрегая пульсациями, возникающими при модуляции.

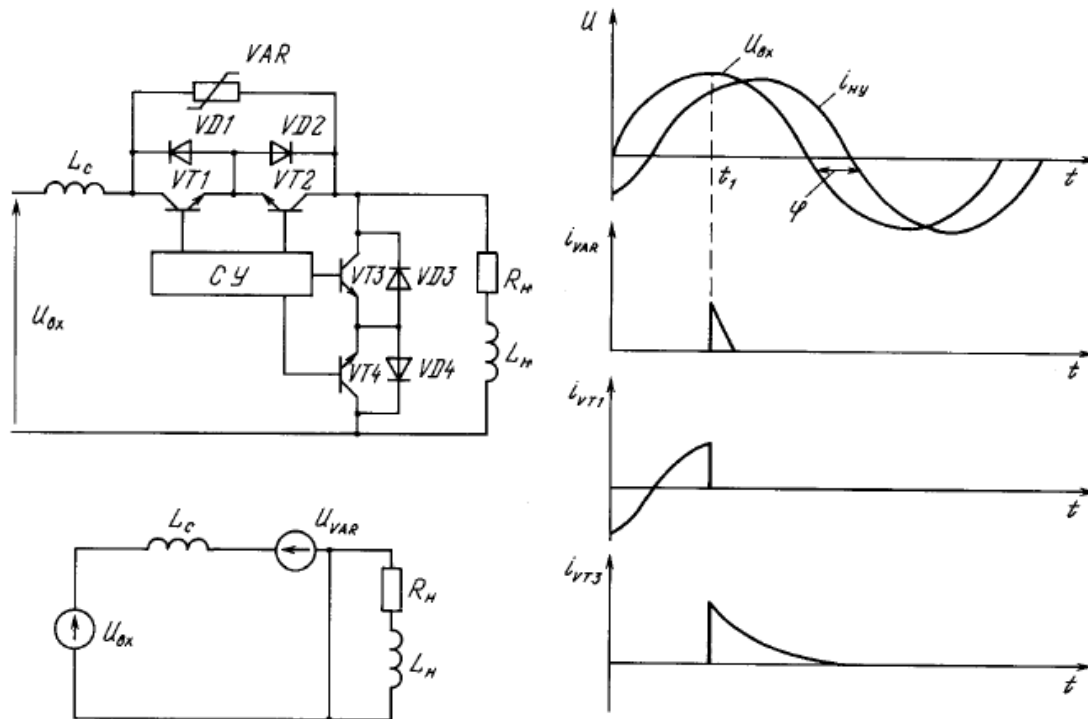


Рис. 6

## 5. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

### 5 семестр

- 1) Классификация электрических аппаратов
- 2) Электрические аппараты низкого напряжения
- 3) Электрические аппараты высокого напряжения
- 4) Материалы, применяемые в электрических аппаратах
- 5) Источники теплоты в электрических аппаратах
- 6) Способы распространения теплоты в электрических аппаратах
- 7) Контактная поверхность и контактное сопротивление
- 8) Идеальный коммутационный аппарат
- 9) Неидеальный коммутационный аппарат
- 10) Условия успешной коммутации цепи
- 11) Диаграммы тока и напряжения при включении вблизи максимума напряжения источника
- 12) Диаграммы тока и напряжения при включении вблизи нуля напряжения источника
- 13) Диаграммы тока и напряжения при отключении тока КЗ с паузой тока в КУ

- 14) Диаграммы тока и напряжения при отключении тока КЗ без паузы тока в КУ
- 15) Коммутация малых индуктивных токов. Включение цепи с ненагруженным трансформатором
- 16) Отключение малых индуктивных токов
- 17) Отключение емкостных токов
- 18) Вольт-амперная характеристика газового разряда
- 19) Статическая и динамическая характеристики дуги постоянного тока
- 20) Вольт-амперная характеристика дуги переменного тока
- 21) Дуга постоянного тока в цепи с индуктивной нагрузкой
- 22) Особенности дуги переменного тока
- 23) Способы и устройства гашения дуги постоянного и переменного тока
- 24) Нагрев и охлаждение электрических аппаратов. Допустимые температуры нагрева
- 25) Нагрев и охлаждение проводника в продолжительном режиме
- 26) Нагрев проводника при токе короткого замыкания
- 27) Статические характеристики релейных элементов
- 28) Электромагнитные реле
- 29) Полупроводниковые реле и реле времени
- 30) Поляризованные электромагнитные реле
- 31) Электродинамические усилия в электрических аппаратах
- 32) Электромагнитные системы электрических аппаратов
- 33) Основные принципы расчета электромагнитных систем
- 34) Тяговые силы электромагнитов постоянного и переменного тока
- 35) Контактторы и магнитные пускатели. Назначение, конструкция, работа. Выбор контакторов и пускателей
- 36) Автоматические выключатели. Назначение, принцип действия. Выбор автоматов
- 37) Диаграммы тока и напряжения на контактах в процессе отключения для небыстродействующего и быстродействующего автомата
- 38) Селективность и каскадное включение автоматов. Селективность по току, по времени, энергетическая селективность

- 39) Датчики тока и напряжения
- 40) Датчики тока прямого усиления, основанные на эффекте Холла, и датчики тока компенсационного типа
- 41) Рубильники и переключатели. Назначение, применение
- 42) Предохранители низкого и высокого напряжения. Конструкция. Время-токовые характеристики. Применение
- 43) Контроллеры, командоаппараты и реостаты. Назначение, конструкция, выбор
- 44) Электромагнитные муфты. Фрикционные, ферропорошковые, индукционные
- 45) Электромагнитные реле времени, тока, напряжения
- 46) Герконовые реле. Устройство, принцип действия, применение
- 47) Тепловые реле. Устройство, принцип действия, время-токовые характеристики. Выбор реле
- 48) Реле защиты
- 49) Разъединители, короткозамкватели, реакторы и разрядники

### **6 семестр**

- 50) Транзисторное реле с положительной обратной связью по напряжению
- 51) Влияние индуктивностей входных и выходных цепей на выключение электронного реле (схема с варисторным ограничителем напряжения)
- 52) Электронное реле времени
- 53) Тиристорный контактор с коммутацией напряжением заряженного конденсатора
- 54) Тиристорный контактор с коммутацией током колебательного контура
- 55) Гибридный контактор параллельного типа
- 56) Гибридный контактор последовательного типа
- 57) Гибридный контактор параллельно-последовательного типа
- 58) Компенсатор реактивной мощности и стабилизатор переменного напряжения
- 59) Тиристорный контактор с принудительной коммутацией. Силовая схема, диаграммы тока и напряжения

- 60) Транзисторный контактор. Силовая схема, схема замещения, диаграммы работы
- 61) Активный фильтр с индуктивным накопителем. Силовая схема, диаграммы токов и напряжений
- 62) Активный фильтр с емкостным накопителем. Силовая схема, диаграммы токов и напряжений
- 63) Параллельный активный фильтр с емкостным накопителем. Силовая схема, диаграммы токов
- 64) Последовательный активный фильтр с емкостным накопителем. Силовая схема, диаграммы напряжений
- 65) Схема совместного использования последовательного и параллельного активных фильтров
- 66) Настроенные и расстроенные пассивные фильтры. Добротность фильтра. Явление «антирезонанса»

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### *А. Основная литература*

1. Электрические и электронные аппараты: в 2 т. Т. 1. Электромеханические аппараты: учебник для студентов высших. учеб. заведений / Е. Г. Акимов [и др.]; под ред. А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 352 с.
2. Электрические и электронные аппараты: в 2 т. Т. 2. Силовые электронные аппараты: учебник для студентов высш. учеб. заведений / А. П. Бурман [и др.]; под ред. Ю. К. Розанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с.
3. Аполлонский, С. М. Надежность и эффективность электрических аппаратов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С. М. Аполлонский, Ю. В. Куклев. – СПб.: Лань, 2011. – 448 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2034](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2034).

### *Б. Дополнительная литература*

4. Белов, Н. В. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н. В. Белов, Ю. С. Волков. – СПб.: Лань, 2012. – 432 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=3553](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3553)



5. Таев, И. С. Электрические аппараты управления: учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 1984. – 247 с.

6. Чунихин, А. А. Электрические аппараты. Общий курс: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.

7. Александров, Г. Н. Электрические аппараты высокого напряжения: учеб. пособие для вузов / Г. Н. Александров, В. В. Борисов [и др.]; под ред. Г. Н. Александрова. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 344 с.

8. Казаков, В. И. Электрические аппараты: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: РадиоСофт, 2010. – 372 с.

9. Девочкин, О. В. Электрические аппараты: учеб. пособие / О. В. Девочкин, В. В. Лохнин [и др.]. – М.: Академия, 2010. – 240 с.

10. Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники [Электронный ресурс]: учебник для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям в области техники и технологии / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. – СПб.: Лань, 2012. – 736 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=3190](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3190)

КузГТУ обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения учебного процесса по дисциплине «Электрические и электронные аппараты» кафедра располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение лабораторных занятий и научно-исследовательской работы студентов, предусмотренных учебным планом. Материальная база соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.