

Федеральное агентство по образованию  
Томский государственный  
архитектурно-строительный университет

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**

Программа и задания  
к контрольным и курсовой работам

Составители: Э.С. Астапенко, Т.С. Шелехова

Томск 2010

Электротехника и электроника: программа и задания /  
Сост. Э.С. Астапенко, Т.С. Шелехова. – Томск : Изд-во Том.  
гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – 33 с.

Рецензент доцент Ю.А. Орлов  
Редактор Е.Ю. Глотова

Программа, контрольные вопросы, задания к контрольным работам и курсовой работе «Электрооборудование и электропривод машин в строительстве» по дисциплине ОПД.Ф.11 «Электротехника и электроника» для студентов специальности 190205 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины» заочной формы обучения.

Печатаются по решению методического семинара кафедры электротехники и автоматики №1 от 01.09.09 г.

Утверждены и введены в действие проректором по учебной работе В.В.Дзюбо

с 01.09.10  
до 01.09.15

Технический редактор Н.В. Удлер

Подписано в печать  
Формат 60×90/16. Бумага офсет. Гарнитура Таймс.  
Уч.-изд. л. 1,68. Тираж экз. Заказ №

Изд-во ТГАСУ, 644003, г. Томск, пл. Соляная, 2.  
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.  
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.

# 1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ И КУРСОВОЙ РАБОТАМ

Целью выполнения контрольных и курсовой работ является закрепление теоретических знаний студентами соответствующих разделов курса. При выполнении целесообразно использовать методические указания, разработанные кафедрой, которые приведены в списке рекомендуемой литературы. Все рисунки, схемы и графики должны выполняться строго в соответствии с системой ЕСКД (прил. 2). На осях координат графиков должны быть указаны откладываемые величины и единицы их измерения. Решение задач не следует перегружать приведением всех алгебраических преобразований и выводом формул и уравнений, имеющих в литературе. Каждый этап решения должен иметь пояснения. Расчеты желательно выполнять с помощью вычислительной техники с приложением распечатки результатов вычислений, которые записываются с точностью до третьей значащей цифры. На титульном листе работы должно быть указано наименование вуза и факультета, фамилия, инициалы и шифр студента (прил. 1). В конце работы необходимо привести список использованной литературы, затем поставить дату окончания работы и свою подпись.

Контрольная и курсовая работы содержат 50 вариантов. Вариант определяется двумя последними цифрами шифра дела студента. Если две последние цифры шифра больше 50, то для определения номера варианта необходимо вычесть 50. Если предпоследняя цифра шифра нуль, то студент должен выполнять вариант, определяемый последней цифрой шифра.

## Распределение часов самостоятельной работы студентов

1. Изучение теоретического материала	80
2. Подготовка к лабораторным занятиям	4
3. Выполнение контрольных работ	18
4. Выполнение курсового проекта	34

## Распределение учебной нагрузки

Курс	Семестр	Объем часов по ГОС	Объем работы студента с преподавателем				Самостоятельная работа студентов (СРС)	Контрольные работы	КР	Отчетность
			Всего	Из них						
				лекций	лабораторных работ	практических занятий				
2	4	82	22	10	12	0	60	2	–	Зачет
3	5	98	22	10	12	0	76	1	КР	Экзамен

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Электрические и магнитные цепи

Основные определения, топологические параметры и методы расчета электрических цепей. Основные понятия и обозначения электрических величин и элементов электрических цепей.

Источники и приемники электрической энергии. Пассивные и активные элементы, их свойства и характеристики. Топологические характеристики электрических цепей.

Законы электрических цепей: закон Ома, законы Кирхгофа. Методы анализа электрических цепей постоянного тока. Расчет разветвленных электрических цепей с несколькими источниками энергии путем применения законов Кирхгофа.

### 2.2. Анализ и расчет линейных цепей переменного тока

Параметры синусоидального тока: период, частота, фазовый угол, начальная фаза, угловая частота, мгновенное, амплитудное и действующее значение синусоидального тока (напря-

жения). Представление синусоидального тока проекциями вращающегося вектора, комплексными величинами. Пассивные элементы в цепях синусоидального тока: резистор, катушка индуктивности и конденсатор.

Цепь переменного тока с последовательным соединением  $R$ ,  $L$  и  $C$  элементов. Активное, реактивное и полное сопротивление ветви. Векторная диаграмма напряжений и треугольник сопротивлений. Резонанс напряжений.

Цепь переменного тока с параллельным соединением  $R$ ,  $L$  и  $C$  элементов. Активная, реактивная и полная проводимость ветвей. Векторная диаграмма токов и треугольник проводимостей. Резонанс токов.

Мощность в цепи синусоидального тока: активная, реактивная и полная. Коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ) и его технико-экономическое значение.

Анализ и расчет трехфазных электрических цепей. Способы соединения фаз трехфазных источников питания и приемников энергии. Определение и соотношения между линейными и фазными напряжениями и токами. Назначение нейтрального провода. Мощность трехфазной цепи.

### **2.3. Анализ и расчет электрических цепей с нелинейными элементами**

Особенности нелинейных электрических цепей. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов. Классификация нелинейных элементов. Понятие дифференциального сопротивления. Графический метод расчета нелинейных электрических цепей.

### **2.4. Анализ и расчет магнитных цепей**

Основные понятия о магнитных величинах и электромагнитных устройствах. Катушка индуктивности с магнитопрово-

дом. Влияние воздушного зазора постоянного подмагничивания на свойства катушки с магнитопроводом.

## **2.5. Электромагнитные устройства**

Назначение и классификация электрических аппаратов.

Электромагниты постоянного и переменного тока. Электрические реле, контакторы, магнитные пускатели, автоматические выключатели.

## **2.6. Трансформаторы**

Назначение и области применения трансформаторов. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора. Уравнения, схема замещения и векторная диаграмма идеализированного трансформатора. Режим холостого хода и короткого замыкания трансформатора. Внешние характеристики трансформатора. Мощность потерь в трансформаторе. Особенности трехфазных трансформаторов. Паспортные данные трансформаторов. Специальные трансформаторы: сварочные и измерительные трансформаторы.

## **2.7. Общие вопросы электроприводов**

Электроприводы в строительстве, их назначение, область применения и классификация. Тенденции развития современного электропривода. Механические характеристики производственных механизмов, электроприводов и их согласование. Показатели регулирования скорости электроприводов.

## **2.8. Машины постоянного тока (МПТ)**

Устройство машин постоянного тока. Способы возбуждения МПТ. Устройство и принцип действия коллекторно-щеточного узла.

Принцип действия генераторов постоянного тока и их характеристики. Принцип действия двигателя постоянного тока (ДПТ).

Уравнение механической характеристики ДПТ. Механические характеристики ДПТ с независимым, последовательным и смешанным возбуждением. Методы регулирования скорости ДПТ: изменением напряжения питания сети, изменением магнитного потока, реостатное регулирование. Изменение направления вращения двигателя. Электрическое торможение двигателя.

## **2.9. Асинхронные машины**

Единые серии асинхронных двигателей (АД). Конструкция АД. Возникновение вращающегося магнитного поля в неподвижном статоре. Принцип действия трехфазного АД. Паспортные данные трехфазных АД.

Скольжение, электромагнитный момент. Реверсирование АД.

Механические характеристики АД с короткозамкнутым и фазным ротором.

Запуск АД с короткозамкнутым и фазным ротором. Расчет пускового реостата.

Регулирование частоты вращения АД (с помощью реостата, переключением числа пар полюсов, изменением частоты питающей сети).

Тормозные режимы АД (противовключением, динамическое, рекуперативное).

Трехфазный АД в однофазном включении.

## **2.10. Синхронные машины**

Устройство и режимы работы синхронных машин (СМ). Получение синусоидальной ЭДС в синхронном генераторе,

принцип действия синхронного генератора. Работа СМ в режиме синхронного компенсатора. Принцип действия синхронного двигателя, частота вращения ротора. Пуск двигателя. Вращающий момент и характеристики двигателя. Регулирование активной и реактивной мощности синхронного двигателя. Пуск синхронного двигателя. Синхронные двигатели малой мощности.

### **2.11. Элементная база современных электронных устройств**

Электроника, ее роль в развитии науки, техники, в производстве и управлении. Классификация основных устройств, перспективы развития.

Условные обозначения, принцип действия, характеристики и назначение полупроводниковых диодов, тиристоров, транзисторов.

Фотоэлектрические полупроводниковые приборы. Понятие об оптоэлектронных приборах.

### **2.12. Источники вторичного электропитания**

Полупроводниковые выпрямители: классификация, основные параметры. Электрические схемы и принцип работы выпрямителя. Электрические фильтры.

Тиристорные преобразователи как источники регулируемого напряжения. Принципы управления тиристорными преобразователями.

### **2.13. Усилители электрических сигналов**

Классификация и основные характеристики усилителей. Анализ работы однокаскадных усилителей: коэффициент усиления, амплитудно-частотные характеристики. Понятие о многокаскадных усилителях.



Усилители мощности. Усилители постоянного тока. Обратные связи в усилителях, их влияние на параметры и характеристики усилителя. Свойства и применение операционных усилителей (ОУ).

## **2.14. Импульсные и автогенераторные устройства**

Импульсные устройства: принципы работы. Электронные ключи и простейшие формирователи импульсных сигналов.

Триггеры: классификация, принцип работы. Автогенераторы синусоидальных сигналов ( $LC$ - и  $RC$ -типа). Генераторы линейно изменяющихся напряжений (ГЛИН). Мультивибраторы.

## **2.15. Основы цифровой электроники**

Общие сведения о цифровых электронных устройствах. Логические операции и способы их аппаратной реализации. Сведения об интегральных логических схемах.

## **2.16. Микропроцессорные средства**

Микропроцессор (МП), назначение, классификация, структура МП (регистры общего назначения, аккумуляторы, счетчик команд, регистр состояния, стек, арифметико-логическое устройство, схемы тактирования и управления). Принцип работы МП. Понятие о программном обеспечении МП-системы.

## **2.17. Электрические измерения и приборы**

Методы измерений. Погрешности измерений. Классификация электроизмерительных приборов. Основные системы электроизмерительных приборов.

Методы измерения электрических величин: токов, напряжений, сопротивлений, мощности и энергии. Электрические измерения неэлектрических величин.

### **3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

#### **1. Электрические цепи постоянного тока**

1.1. Элементы электрической цепи: пассивные и активные элементы, их свойства и характеристики. Топологические характеристики электрических цепей: ветвь, узел, контур.

1.2. Законы Ома и законы Кирхгофа.

1.3. Способы соединения приемников электрической энергии. Расчет цепи со смешанным соединением приемников методом эквивалентных преобразований.

1.4. Расчет сложных электрических цепей методом уравнений Кирхгофа.

#### **2. Линейные электрические цепи однофазного переменного тока**

2.1. Параметры синусоидального тока.

2.2. Различные формы представления синусоидального тока.

2.3. Активные сопротивления в цепях переменного тока.

2.4. Катушка индуктивности в цепях переменного тока.

2.5. Конденсатор в цепях переменного тока.

2.6. Цепь переменного тока с последовательным соединением  $R$ ,  $L$  и  $C$ . Резонанс напряжений.

2.7. Цепь переменного тока с параллельным соединением  $R$ ,  $L$  и  $C$ . Резонанс токов.

2.8. Мощности в цепях переменного тока. Формулы активной, реактивной и полной мощностей и связь между ними. Единицы измерения активной, реактивной и полной мощностей.

#### **3. Трехфазные цепи**

3.1. Преимущество трехфазных установок переменного тока перед однофазными. Соединение элементов трехфазных цепей звездой и треугольником.

- 3.2. Режимы работы трехфазной цепи.
- 3.3. Симметричный режим работы. Какая нагрузка считается симметричной.
- 3.4. Несимметричный режим работы. Назначение нейтрального провода в трехфазной четырехпроводной цепи.

#### **4. Трансформаторы**

- 4.1. Назначение, устройство и типы трансформаторов. Паспортные данные трансформаторов.
- 4.2. Принцип действия трансформатора.
- 4.3. Опыт холостого хода и короткого замыкания.
- 4.4. Потери в трансформаторе.
- 4.5. Рабочие характеристики трансформатора.
- 4.6. Особенности трехфазных трансформаторов.

#### **5. Общие вопросы электроприводов**

- 5.1. Назначение, состав и типы электроприводов (ЭП).
- 5.2. Механические характеристики электродвигателей.
- 5.3. Механические характеристики производственных механизмов.
- 5.4. Согласование механических характеристик электродвигателей и производственных механизмов.
- 5.5. Показатели регулирования частоты вращения ЭП.

#### **6. Машины постоянного тока (МПТ)**

- 6.1. Конструкция МПТ. Назначение и устройство коллекторно-щеточного узла.
- 6.2. Классификация МПТ по способу возбуждения.
- 6.3. Конструкция и принцип действия МПТ в режиме «генератор».
- 6.4. Конструкция и принцип действия МПТ в режиме «двигатель».

6.5. Механические характеристики ДПТ независимого возбуждения.

6.6. Механические характеристики ДПТ последовательного возбуждения.

6.7. Механические характеристики ДПТ смешанного возбуждения.

6.8. Методы регулирования частоты вращения (ЧВ) ДПТ.

6.9. Реостатное регулирование ЧВ ДПТ независимого возбуждения.

6.10. Регулирование ЧВ ДПТ изменением напряжения питающей сети.

6.11. Регулирование ЧВ ДПТ изменением магнитного потока.

6.12. Тормозные режимы ДПТ.

## **7. Асинхронные двигатели (АД)**

7.1. Устройство, принцип действия и типы АД.

7.2. Механические характеристики АД.

7.3. Построение механической характеристики по паспортным данным.

7.4. Пуск АД. Расчет пускового реостата.

7.5. Методы регулирования частоты вращения АД.

7.6. Регулирование частоты вращения АД с помощью реостата.

7.7. Регулирование частоты вращения АД переключением числа пар полюсов.

7.8. Частотное регулирование АД.

7.9. Тормозные режимы АД.

## **8. Выбор двигателя**

8.1. Классификация режимов работы, нагрузочные диаграммы.

8.2. Выбор двигателя для длительного режима работы.

8.3. Выбор двигателя для работы в повторно-кратковременном режиме работы методом эквивалентной мощности.

## **9. Аппаратура управления и защиты**

9.1. Предохранители: назначение, устройство, принцип действия, выбор.

9.2. Автоматические выключатели: назначение, устройство, принцип действия, выбор.

9.3. Тепловое реле: назначение, устройство, принцип действия, выбор.

9.4. Контакторы, магнитные пускатели: назначение, устройство, принцип действия, выбор.

9.5. Контроллеры: назначение, устройство, принцип действия, выбор.

9.6. Командоконтроллеры: назначение, устройство, принцип действия, выбор.

9.7. Реле тока, напряжения, времени, назначение и условные графические обозначения.

## **10. Применение полупроводниковых выпрямителей**

10.1. Неуправляемые однофазные выпрямители на базе диодов. Величина среднего выпрямленного напряжения.

10.2. Неуправляемые трёхфазные выпрямители на базе диодов. Величина среднего выпрямленного напряжения.

10.3. Управляемые однофазные выпрямители на базе тиристоров. Величины среднего выпрямленного напряжения.

## **4. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ 1**

По данным табл. 1 и 2 рассчитать электрическую цепь (рис. 1) при постоянном токе для своего варианта. При решении задачи необходимо выполнить следующие пункты:

- 1) привести схему электрической цепи вашего варианта с указанием условно положительных направлений токов в ветвях и их буквенных обозначений;
- 2) записать данные к расчету электрической цепи;
- 3) составить необходимое количество уравнений по первому и второму законам Кирхгофа;
- 4) подставить в систему уравнений известные значения ЭДС и сопротивлений резисторов, решить систему относительно искомых токов, все операции, выполняемые в ходе расчета, должны быть пояснены. При реализации расчетов на ЭВМ желательно приложить «распечатку» результатов;
- 5) определить погрешность расчетов по балансу мощностей, а также по балансу ЭДС и напряжений по внешнему контуру, используя второй закон Кирхгофа.

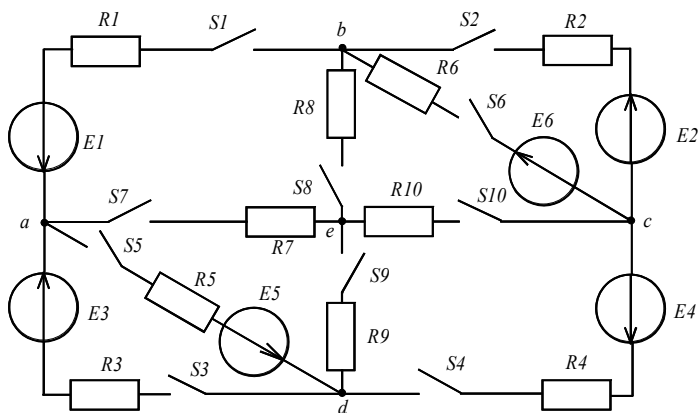


Рис. 1. Электрическая цепь к задаче 1

Ветви с разомкнутыми ключами исключаются из электрической цепи (рис. 1). Полученная электрическая цепь считается исходной для её расчета, которая оформляется в контрольной работе уже без обозначения ключей (рубильников  $S$ ) в ветвях, т. е. ключи (рубильники) замыкаются.

Таблица 1

№ варианта	Разомкнутые ключи (рис. 1)	№ строки данных
1	S1 S2 S3 S5	1
2	S2 S7 S8 S9	2
3	S1 S2 S5 S8	3
4	S1 S2 S6 S6	4
5	S5 S7 S8 S10	5
6	S1 S2 S3 S8	6
7	S1 S2 S3 S9	7
8	S1 S2 S9 S10	8
9	S2 S3 S4 S6	9
10	S1 S3 S5 S10	10
11	S1 S3 S6 S7	1
12	S1 S3 S4 S7	2
13	S1 S2 S3 S8	3
14	S1 S2 S3 S9	4
15	S1 S3 S9 S10	5
16	S2 S4 S5 S6	6
17	S2 S4 S6 S7	7
18	S2 S3 S4 S7	8
19	S1 S2 S4 S8	9
20	S1 S2 S6 S10	10
21	S2 S4 S10 S7	1
22	S1 S5 S6 S9	2
23	S1 S5 S7 S10	3
24	S2 S5 S8 S9	4
25	S1 S5 S9 S7	5
26	S1 S5 S10 S3	6
27	S9 S6 S7 S5	7
28	S1 S6 S8 S9	8
29	S1 S3 S6 S9	9

Окончание табл. 1

№ варианта	Разомкнутые ключи (рис. 1)	№ строки данных
30	S1 S3 S6 S10	10
31	S1 S2 S7 S8	1
32	S2 S6 S7 S9	2
33	S2 S6 S7 S10	3
34	S2 S6 S8 S9	4
35	S6 S8 S7 S9	5
36	S2 S9 S8 S10	6
37	S3 S4 S5 S9	7
38	S3 S4 S6 S10	8
39	S3 S4 S7 S5	9
40	S3 S4 S8 S3	10
41	S3 S4 S9 S8	1
42	S2 S6 S7 S10	2
43	S4 S5 S6 S10	3
44	S4 S5 S7 S10	4
45	S1 S4 S5 S8	5
46	S2 S4 S5 S9	6
47	S6 S5 S10 S7	7
48	S5 S6 S7 S9	8
49	S5 S6 S8 S10	9
50	S5 S6 S9 S7	10

Таблица 2

№ строки	E1, В	E2, В	E3, В	E4, В	E5, В	E6, В	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	R4, Ом	R5, Ом	R6, Ом	R7, Ом	R8, Ом	R9, Ом	R10, Ом
1	12	20	8	15	10	6	10	5	8	7	12	5	10	9	6	4
2	25	10	12	10	15	10	5	4	7	7	10	1	5	6	8	10



№ строки	$E1, В$	$E2, В$	$E3, В$	$E4, В$	$E5, В$	$E6, В$	$R1, Ом$	$R2, Ом$	$R3, Ом$	$R4, Ом$	$R5, Ом$	$R6, Ом$	$R7, Ом$	$R8, Ом$	$R9, Ом$	$R10, Ом$
3	7	12	20	20	10	8	4	10	3	10	5	8	6	4	2	1
4	16	10	8	20	8	17	5	7	2	3	4	5	2	9	1	6
5	18	20	10	15	6	15	9	6	2	4	4	5	8	7	2	6
6	11	12	20	15	10	12	9	7	1	3	4	2	1	9	7	5
7	8	20	20	10	7	8	8	7	1	4	6	10	7	4	3	8
8	10	12	30	8	10	18	6	1	5	7	3	6	9	9	10	5
9	20	8	10	17	7	5	3	8	4	5	7	9	9	5	9	3
10	10	15	20	6	13	12	10	7	4	4	8	3	3	6	5	7

## 5. ЗАДАНИЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ 2

### Задача 1

В однофазной электрической цепи синусоидального тока при действующем значении напряжения  $U = 220 В$  и частоте напряжения  $f = 50 Гц$  включены последовательно  $R1, L1, C1, R2, L2, C2$  (рис. 2, табл. 3).

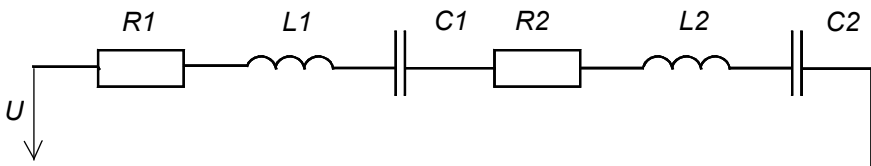


Рис. 2. Электрическая цепь к задаче 2

Таблица 3

№ вар.	R1, Ом	L1, Гн	C1, мкФ	R2, Ом	L2, Гн	C2, мкФ
1	8	0,02	600	20		200
2	16	0,03	300	10		100
3	10	0,05	500	15		60
4	12	0,1	200	25		80
5	25	0,2	100	30	0,05	
6	32	0,15		50	0,04	50
7	17	0,04		15	0,1	100
8	20	0,03	200	20	0,2	
9	10	0,07		10	0,08	120
10	5	0,08		14	0,03	100
11	4		100	8	0,02	90
12	2		80	2	0,05	80
13	12		160		0,12	300
14	24		180		0,14	400
15	29		200		0,04	500
16		0,14	250		0,08	450
17		0,06	150	30		550
18		0,16	120	18		600
19		0,18	130	25		400
20		0,1	60	20	0,15	300
21	8			20		200
22	6	0,2		10		100
23	10			15	0,03	60
24	12	0,1		25		80
25	25	0,2		30		150
26	32	0,15		50		200
27	17	0,04		15		250
28	20	0,03		20		140

Окончание табл. 3

№ вар.	$R1$ , Ом	$L1$ , Гн	$C1$ , мкФ	$R2$ , Ом	$L2$ , Гн	$C2$ , мкФ
29	10	0,07		10	0,08	
30	5		120	14	0,03	
31	4		100	8	0,02	
32	2		80	20	0,04	
33	12		160	25	0,12	300
34	24		180	35	0,14	400
35		0,2	200	40	0,04	500
36		0,14	250	20	0,08	450
37		0,06	150		0,06	550
38		0,16	120		0,1	600
39		0,18	130		0,14	400
40	20				0,07	300
41	8	0,1		20		200
42	6			10	0,02	100
43	10	0,18		15		60
44	12			25	0,2	80
45	25	0,2	100	30	0,05	
46	32	0,15	150	50	0,04	
47	17	0,04	250	15	0,1	
48	20	0,03	160	20	0,2	140
49	8	0,1		20		200
50	6	0,0,15		10	0,1	100

Пользуясь данными табл. 3, определить действующие значения тока и напряжений на отдельных элементах до резонанса и при резонансе напряжений, который получают изменением частоты напряжения сети.

Построить векторные диаграммы напряжений до резонанса и при резонансе.

Определить активную, реактивную и полную мощности источника и потребителей, а также коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ).

### Задача 2

В однофазной электрической цепи синусоидального тока при действующем значении напряжения  $U = 220$  В и частоте напряжения  $f = 50$  Гц включены параллельно потребители  $R1$ ,  $L1$ ,  $C1$ ,  $R2$ ,  $L2$ ,  $C2$  (рис. 3, табл. 4).

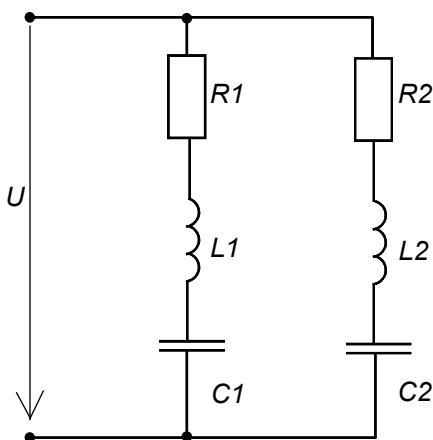


Рис. 3. Электрическая цепь к задаче 3

Определить действующие значения токов в ветвях электрической цепи графоаналитическим и символическим методами. Возможен ли резонанс токов в данной схеме заданного варианта, который получают изменением частоты напряжения сети?

Построить векторные диаграммы токов до резонанса и при резонансе.

Определить активную, реактивную и полную мощности источника и потребителей, а также коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ) до резонанса и при резонансе.

Таблица 4

№ вар.	$R1$ , Ом	$L1$ , Гн	$C1$ , мкФ	$R2$ , Ом	$L2$ , Гн	$C2$ , мкФ
1	20		200	30	0,1	
2	10		100	25	0,05	
3	15	0,2	60			200
4	25		80		0,15	
5	30	0,05		15	0,09	150
6	50	0,04		20		100
7	15	0,1				160
8	20	0,2			0,16	100
9	10	0,08	120	40	0,2	
10	14	0,03	100	60	0,1	
11	8	0,02	90			500
12	2	0,05	80		0,05	
13		0,12	300	35	0,06	
14		0,14	400	40		200
15		0,04	500			100
16		0,08	450		0,06	
17	30		550	14	0,12	
18	18		600	10	0,16	
19	25		400			400
20	20		300	20	0,03	
21	20		200	30	0,04	
22	10		100	25		200
23	15		60	10	0,1	200
24	25		80		0,15	
25	30		150	15		
26	50		200	20	0,04	
27	15		250		0,1	160
28	20		140		0,16	

Окончание табл. 4

№ вар.	$R1$ , Ом	$L1$ , Гн	$C1$ , мкФ	$R2$ , Ом	$L2$ , Гн	$C2$ , мкФ
29	10	0,08		40	0,2	150
30	14	0,03		60		200
31	8	0,02				500
32	20	0,04			0,05	
33	25	0,12	300	35	0,06	
34	35	0,14	400	40		
35	40	0,04	500			100
36	20	0,08	450		0,06	
37		0,06	550	14	0,12	
38		0,1	600	10		
39		0,14	400			400
40		0,07	300		0,03	
41	20		200	30	0,04	
42	10		100	25		
43	15		60			200
44	25		80		0,15	
45	30	0,05		15		
46	50	0,04				100
47	15	0,1			0,08	
48	20	0,2	140	35	0,16	
49	20		200	30	0,04	
50	10		100	25		150

## 6. ЗАДАНИЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ 3

Для электрической схемы, изображённой на рис. 4, по данным табл. 5 определить графоаналитическим и символическим методами:

- 1) токи в линейных проводах и нейтральном проводе ( $Nn$ );
- 2) мощности  $P$ ,  $Q$ ,  $S$ , потребляемые трёхфазной нагрузкой;
- 3) не меняя величин сопротивлений фаз, переключить схему со «звезды» на «треугольник». Определить значения фазных и линейных токов и мощностей  $P$ ,  $Q$ ,  $S$ .

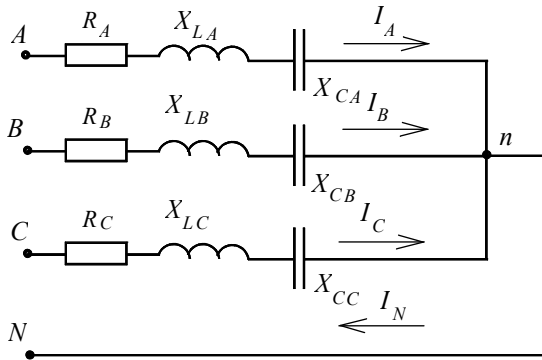


Рис. 4. Трёхфазная электрическая цепь при включении фаз потребителя «звездой»

Таблица 5

№ вар.	$U_{\text{л}},$ В	$R_A,$ Ом	$X_{LA},$ Ом	$X_{CA},$ Ом	$R_B,$ Ом	$X_{LB},$ Ом	$X_{CB},$ Ом	$R_C,$ Ом	$X_{LC},$ Ом	$X_{CC},$ Ом
1	220	5	8	6	10	0	0	10	10	8
2	220	10	7	10	0	8	0	5	6	12
3	220	8	10	12	0	0	10	15	20	10
4	220	7	10	10	15	0	0	0	8	12
5	220	15	16	0	0	12	0	15	0	17
6	220	20	0	12	10	5	0	20	30	0
7	220	15	10	5	20	10	10	0	14	20
8	220	0	20	10	0	0	20	10	20	30
9	220	20	12	10	5	8	0	0	15	12
10	220	25	15	0	10	20	10	10	0	5

Продолжение табл. 5

№ вар.	$U_{\text{л}},$ В	$R_A,$ Ом	$X_{LA},$ Ом	$X_{CA},$ Ом	$R_B,$ Ом	$X_{LB},$ Ом	$X_{CB},$ Ом	$R_C,$ Ом	$X_{LC},$ Ом	$X_{CC},$ Ом
11	220	35	20	12	5	10	0	0	0	10
12	220	5	20	0	10	5	20	13	0	10
13	220	18	6	5	0	10	18	8	0	0
14	220	0	8	18	5	12	0	25	12	0
15	220	12	0	10	6	5	0	20	10	0
16	220	14	12	0	6	12	0	0	20	0
17	220	30	0	10	20	0	10	20	12	0
18	220	7	11	0	15	20	0	5	6	0
19	220	15	10	0	14	0	10	12	8	5
20	220	17	8	9	10	5	0	0	10	0
21	220	12	0	10	5	8	10	0	0	12
22	220	0	0	15	0	10	0	14	16	0
23	220	6	10	8	4	20	0	20	8	0
24	220	0	0	20	10	20	0	12	0	20
25	127	8	10	20	10	0	0	12	20	0
26	127	10	18	22	14	0	20	0	20	10
27	127	0	14	20	12	10	0	8	10	10
28	127	20	0	12	6	10	0	10	7	20
29	127	15	12	0	10	8	20	12	16	0
30	127	5	0	14	20	0	8	10	0	9
31	127	12	14	6	0	4	10	12	16	8
32	127	8	23	10	11	6	0	4	10	0
33	127	0	20	0	5	10	0	0	12	0
34	127	24	0	10	12	20	0	12	6	8
35	127	15	8	0	12	7	10	4	0	6
36	127	14	12	0	14	10	5	13	6	8
37	127	30	12	8	25	10	14	0	10	0
38	127	32	0	10	17	5	12	10	0	4



№ вар.	$U_{\Delta}$ , В	$R_A$ , Ом	$X_{LA}$ , Ом	$X_{CA}$ , Ом	$R_B$ , Ом	$X_{LB}$ , Ом	$X_{CB}$ , Ом	$R_C$ , Ом	$X_{LC}$ , Ом	$X_{CC}$ , Ом
39	127	27	8	15	0	10	14	0	12	7
40	127	10	6	4	8	0	4	6	0	15
41	127	8	0	12	4	10	15	0	10	0
42	127	5	12	0	0	12	3	16	4	0
43	127	0	0	10	12	4	0	14	3	0
44	127	8	5	7	4	8	0	15	0	0
45	127	10	5	0	3	10	7	0	0	5
46	127	12	8	0	4	15	0	0	18	4
47	127	16	5	4	12	7	0	12	6	0
48	127	7	0	2	18	6	0	10	10	5
49	127	10	8	20	0	10	0	0	20	12
50	220	18	10	22	0	14	20	10	20	0

## 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа выполняется в виде расчетно-пояснительной записки на формате А4 (210×297) с титульным листом по ГОСТ 2.105–95 и графической части на листе ватмана формата А2, где должны быть представлены в масштабе механические характеристики, графоаналитический расчет пускового реостата и электрическая схема управления электроприводом.

## 8. ЗАДАНИЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа должна содержать следующие разделы:

8.1. Расчет и выбор по каталогу двигателя для заданной повторно-кратковременной нагрузки по данным табл. 6.

Таблица 6

№ вар.	$P_1$ , кВт	$P_2$ , кВт	$P_3$ , кВт	$P_4$ , кВт	$t_{p1}$ , с	$t_{p2}$ , с	$t_{p3}$ , с	$t_{p4}$ , с	$t_{n1}$ , с	$t_{n2}$ , с	$t_{n3}$ , с	$t_{n4}$ , с	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Число ступеней, Z
1	6	3	4	7	23	35	30	20	53	63	79	45	1000	4
2	10	6	12	10	53	68	73	44	34	24	19	23	1000	5
3	8	9	7,5	10	120	75	25	40	0	35	20	35	1000	4
4	72	88	95	75	36	100	60	60	40	40	15	15	1000	5
5	3	1	2	2	40	50	90	45	110	70	60	40	1000	4
6	11	14	18	24	20	45	90	55	15	0	20	25	1000	5
7	40	50	45	55	30	60	80	40	12	20	0	28	1500	4
8	35	40	24	20	45	20	75	40	0	25	15	30	1500	5
9	62	45	65	48	60	40	60	40	0	30	25	35	1500	4
10	25	30	35	15	120	30	40	80	20	15	10	40	1500	5
11	12	15	10	11	100	45	35	80	30	25	25	20	1500	4
12	40	37	45	40	60	120	30	40	0	50	0	50	1500	5
13	66	43	34	45	18	80	38	74	36	21	45	16	750	4
14	30	37	25	33	20	14	16	30	46	68	76	50	750	5
15	46	36	30	42	15	34	25	46	52	48	64	46	750	4
16	120	87	92	70	35	60	75	12	0	12	18	20	750	5
17	130	100	110	140	56	39	52	34	17	19	37	25	750	4
18	135	145	110	150	56	39	65	78	45	45	0	0	750	5

Продолжение табл. 6

№ вар.	$P_1$ , кВт	$P_2$ , кВт	$P_3$ , кВт	$P_4$ , кВт	$t_{p1}$ , с	$t_{p2}$ , с	$t_{p3}$ , с	$t_{p4}$ , с	$t_{n1}$ , с	$t_{n2}$ , с	$t_{n3}$ , с	$t_{n4}$ , с	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Число ступеней, Z
19	190	200	74	196	16	89	65	28	10	12	0	40	1500	4
20	220	235	180	200	20	80	65	40	30	12	18	0	1500	5
21	180	240	270	270	16	45	65	35	0	0	12	12	1500	4
22	150	165	140	130	45	45	55	25	30	0	15	15	1500	5
23	130	140	75	90	65	45	20	40	0	12	0	18	1500	4
24	85	110	90	100	25	35	75	65	12	10	30	5	1500	5
25	5,5	7	6	5	80	50	45	35	10	15	10	15	750	4
26	10	6	8	7	55	70	75	60	0	20	20	0	750	5
27	15	9	10	11	55	70	85	55	15	20	30	25	750	4
28	16	11	18	10	40	60	70	50	0	15	0	15	750	5
29	25	18	15	13	15	20	30	25	40	70	65	40	750	4
30	24	19	14	12	40	65	70	65	30	20	15	20	750	5
31	4	6	3	1	20	15	30	20	50	60	80	45	1000	4
32	6	2	5	7	15	30	20	10	30	50	70	60	1000	5
33	4	5	6	6	40	30	10	10	40	60	30	20	1000	4
34	8	9	6	7	30	25	25	20	50	50	65	45	1000	5
35	10	13	15	8	23	25	17	25	65	35	40	70	1000	4
36	15	12	18	11	15	30	14	36	40	55	45	50	1000	5

Окончание табл. 6

№ вар.	$P_1$ , кВт	$P_2$ , кВт	$P_3$ , кВт	$P_4$ , кВт	$t_{p1}$ , с	$t_{p2}$ , с	$t_{p3}$ , с	$t_{p4}$ , с	$t_{n1}$ , с	$t_{n2}$ , с	$t_{n3}$ , с	$t_{n4}$ , с	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Число ступеней, Z
37	40	50	55	43	20	60	35	40	0	25	15	20	600	4
38	50	60	66	52	30	35	25	60	14	26	0	20	600	5
39	75	80	85	80	55	45	25	45	0	16	34	10	600	4
40	120	95	130	87	50	60	30	40	40	15	25	15	600	5
41	130	100	110	120	30	50	65	35	0	20	15	20	600	4
42	150	130	160	120	40	60	25	35	0	05	0	15	600	5
43	67	55	62	50	25	60	35	30	25	0	15	20	500	4
44	85	75	80	80	25	55	45	45	15	0	35	10	500	5
45	92	120	87	70	75	35	60	12	12	18	0	20	500	4
46	140	110	130	100	34	52	56	39	37	19	17	25	500	5
47	37	25	33	30	14	16	30	20	76	50	46	68	1000	4
48	18	25	20	22	35	23	30	20	79	63	53	45	1000	5
49	24	14	18	11	55	45	90	20	20	0	25	15	750	4
50	30	25	35	15	30	120	40	80	40	15	10	20	750	5
51	40	35	20	24	20	45	40	75	30	0	15	25	750	4
52	45	50	55	40	80	60	40	30	30	0	15	15	750	5
53	66	52	60	50	25	60	35	30	0	30	40	20	750	4
54	22	25	18	20	20	23	35	30	50	80	47	63	750	5
55	50	55	45	40	60	40	80	30	28	0	12	20	1000	4

При переменном токе выбираются асинхронные двигатели с фазным ротором. Степень защищенности двигателя принимается студентом самостоятельно.

8.2. Расчет и построение в масштабе естественной механической характеристики выбранного двигателя.

8.3. Расчет и построение в масштабе двух реостатных характеристик выбранного двигателя. Для асинхронного двигателя рассчитываются механические характеристики при включении добавочных сопротивлений в цепь ротора величиной  $R_{д1} = 1,5 R_2$  и  $R_{д2} = 2 R_2$ . Здесь  $R_{д1}$  и  $R_{д2}$  – величины добавочных сопротивлений;  $R_2$  – сопротивления фазы ротора.

8.4. Расчет и выбор по каталогу пускового реостата при заданном числе ступеней  $Z$ .

8.5. Разработка и описание работы электрической схемы управления электроприводом для своего варианта (табл. 7). Условные обозначения элементов и устройств на электрической схеме должны соответствовать требованиям ГОСТа.

8.6. Выбор аппаратуры управления и защиты для разработанной электрической схемы управления электроприводом. Для выбранной аппаратуры составляется спецификация.

Таблица 7

Варианты	Схемы управления
1, 11, 21, 31, 41,	Контакторная схема пуска асинхронного двигателя с фазным ротором посредством командоконтроллера с торможением противовключением до полной остановки
2, 12, 22, 32, 42,	Схема управления пуском асинхронного двигателя с фазным ротором в функции тока. При отключении предусмотреть режим динамического торможения
3, 13, 23, 33, 43,	Контакторная схема пуска асинхронного двигателя с фазным ротором посредством командоконтроллера с защитой от стопорения
4, 14, 24, 34, 44,	Контакторная схема управления асинхронным двигателем с фазным ротором посредством командоконтроллера с использованием динамического торможения

Варианты	Схемы управления
5, 15, 25, 35, 45,	Схема управления пуском асинхронного двигателя с фазным ротором в функции времени с защитой от стопорения
6, 16, 26, 36, 46,	Схема управления пуском асинхронного двигателя с фазным ротором в функции времени с торможением противовключением
7, 17, 27, 37, 47,	Схема управления пуском асинхронного двигателя с фазным ротором в функции времени. При отключении предусмотреть режим динамического торможения
8, 18, 28, 38, 48	Схема управления пуском асинхронного двигателя с фазным ротором в функции времени. Остановка должна сопровождаться торможением противовключением
9, 19, 29, 39, 49	Схема управления пуском асинхронного двигателя с фазным ротором в функции тока. Остановка должна сопровождаться торможением противовключением
10, 20, 30, 40, 50	Схема управления пуском асинхронного двигателя в функции скорости. Остановка должна сопровождаться торможением противовключением

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

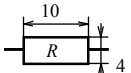
1. Касаткин, А.С. Электротехника : учебник для вузов / А.С. Касаткин. – М. : Высшая школа, 2002. – 540 с.
2. Жаворонков, М.А. Электротехника и электроника : учебное пособие для вузов / М.А. Жаворонков, А.В. Кузин. – М. : Академия, 2005. – 393 с.
3. Иванов, И.И. Электротехника : учебное пособие для вузов по специальности «Техника и технология» / И.И. Иванов, Г.И. Соловьев. – СПб. : Лань, 2008. – 496 с.

### Дополнительная литература

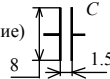
1. Собко, Э.И. Электропривод машин : методические указания / Э.И. Собко, П.Р. Баранов. – Томск : Изд-во ТГАСУ, 1999 – 29 с.
2. Механические характеристики асинхронных электродвигателей с фазным ротором : методические указания / Э.И. Собко, П.Р. Баранов [и др.]. – Томск : ТИСИ, 1992. – 22 с.
3. Дьяков, В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию / В.И. Дьяков. – М. : Высшая школа, 1991.
4. Электротехнический справочник: в 3-х т. Т. 2 / Гл. ред. И.Н. Орлов. – М. : Энергоатомиздат, 1986.
5. ГОСТ 2.702–75. Правила выполнения электрических схем (с изменениями и дополнениями).
6. Электротехника и электроника : учебное пособие для вузов / В.В. Кононенко, В.И. Миликович, В.В. Муханов [и др.] ; под. ред. В.В. Кононенко. – Ростов-н/Д. :Феникс, 2007. – 778 с.
7. Мурзин, Ю.М. Электротехника: учебное пособие для вузов / Ю.М. Мурзин, Ю.И. Волков. – СПб. : Питер, 2007. – 560 с.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

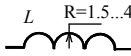
## Условные графические обозначения в электрических схемах по требованиям ЕСКД



Резистор (омическое сопротивление)



Конденсатор



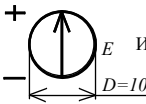
Индуктивность, обмотка трансформатора или электродвигателя



Лампа накаливания



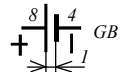
Ротор электрической машины  $D=6...8$



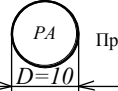
Источник электродвижущей силы



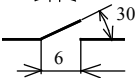
Статор электрической машины



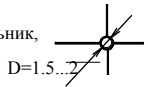
Гальванический элемент, аккумуляторная батарея



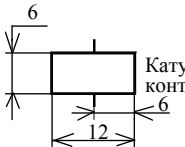
Прибор измерительный, амперметр



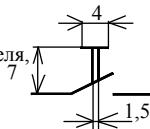
Однополюсный рубильник, контакт замыкающий



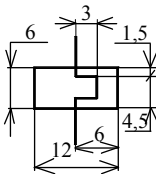
Узел электрической цепи, контакт разборного соединения



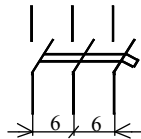
Катушка магнитного пускателя, контактора, реле



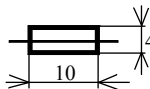
Выключатель ручной



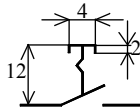
Воспринимающая часть теплового реле



Выключатель трёхполюсной с автоматическим возвратом



Предохранитель



Выключатель кнопочный с возвратом посредством вторичного нажатия кнопки (тепловое реле)

Примечание: Размеры в миллиметрах



## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие методические указания.....	3
2. Содержание дисциплины .....	4
3. Контрольные вопросы по курсу .....	10
4. Задание к контрольной работе 1.....	13
5. Задание к контрольной работе 2.....	17
6. Задание к контрольной работе 3.....	22
7. Методические указания к выполнению курсовой работы.....	25
8. Задание к выполнению курсовой работы .....	25
Список рекомендуемой литературы .....	31
Приложение. Условные графические обозначения в электрических схемах по требованиям ЕСКД .....	32