ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Филиал в г. Сызрани

ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

(КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ)

учебно-методическое пособие

Самара 2006

Составители:
Ю.А. Мелешкин, А.А. Мартынов, В.И. Куликов

УДК 621.375
ББК 32.85

Электротехника и электроника. Контрольные работы:

Учебно–методическое пособие для самостоятельной работы./СамГТУ, сост. *Ю.А. Мелешкин, А.А. Мартынов, В.И. Куликов*. Самара, 2006 . 62 с.

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для студентов вузов инженерно-технических специальностей, изучающих дисциплину "Общая электротехника и электроника". Оно включает методические указания по изучению курса, решению задач, а также контрольные задания по отдельным темам курса, рекомендуемую литературу и примерные экзаменационные вопросы. Приведены примеры контрольных работ с решениями.

Пособие предназначено для студентов заочной формы обучения специальности 220301. Оно может быть также использовано для студентов других технических специальностей при изучении следующих дисциплин: "Теоретические основы электротехники" – специальность 140211. "Электротехника и электроника" – специальность 151001, "Общая электротехника и электроника" – специальность 190603

Ил.: 19. Табл.: 8. Библиогр.: 8 назв

Печатается по решению редакционно-издательского совета СамГТУ

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие включает контрольные работы с примерами решения по основным разделам курса электротехники, общие методические рекомендации по самостоятельному изучению теоретической части курса, методические указания по решению задач, а также примерные экзаменационные вопросы и рекомендуемые учебно-методические материалы дисциплины.

Представленный в пособии материал дает возможность выполнять контрольные работы без использования дополнительного справочного материала, что особенно важно при самостоятельной работе студентов.

Комплексность заданий, большое количество вариантов в сочетании с подробным рассмотрением примеров решения задач позволяют использовать данное методическое пособие для самостоятельной работы студентов различных специальностей преимущественно заочной формы обучения.

Изучение дисциплины «Общая электротехника и электроника» для инженеров специальности 220301 имеет цель:

иметь целостное представление об общей электротехнике и об основополагающем значении её в изучении последующих электротехнических дисциплин;

- изучение и усвоение студентами электромагнитных процессов, происходящих в электрических и магнитных цепях;
- иметь навыки расчета электрических и магнитных цепей на постоянном и переменном токе;
- иметь представление о современных пакетах прикладных программ расчета электрических цепей и электромагнитных полей на ЭВМ.

Иметь целостное представление об электронике и об основополагающем значении ее в изучении последующих дисциплин имеющим своим предметом связь с электроникой;

- изучение и усвоение принципов работы полупроводниковых приборов и микросхем;

- изучение усилительных устройств, операционных и решающих усилителей, компараторов;
- изучение вторичных и эталонных источников питания;
- изучение методов и средств автоматизации схемотехнического проектирования электронных схем;
- знакомство с алгеброй логики и базовыми элементами.

После изучения программы «Общая электротехника и электроника» студент должен знать:

- основные законы и уравнения электротехники;
- методы расчета электрических цепей;
- принципы работы полупроводниковых приборов и микросхем;
- принципы работы усилителей, операционных и решающих усилителей, компараторов;
- принципы работы вторичных и эталонных источников питания;
- алгебру логики и базовые элементы.

Студент должен уметь:

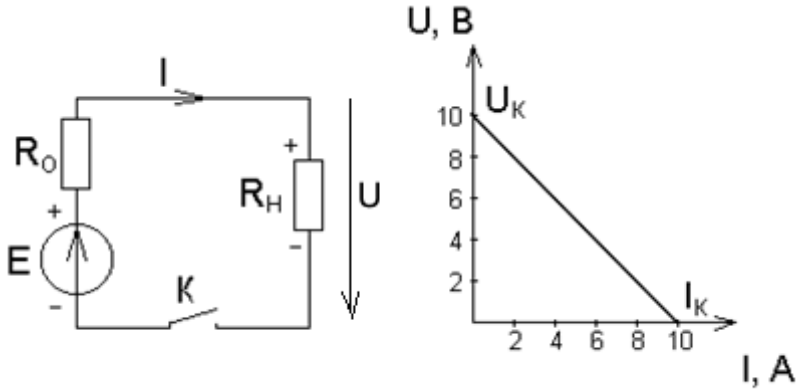
- рассчитать линейную и нелинейную электрическую цепь:
- производить экспериментальный анализ электрических и магнитных цепей;
- иметь навыки безопасной работы в электрических цепях;
- пользоваться современной вычислительной техникой применительно к задачам электротехники и электроники, использовать современные пакеты прикладных программ расчета электрических цепей и электромагнитных полей, использовать средства автоматизации схемотехнического проектирования электронных схем; пользоваться электроизмерительными приборами.

1. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

1.1. Источники и потребители электрической энергии постоянного тока

Пример выполнения контрольной работы №1.1

Для электрической цепи (рис. 1.1,а) определить ток I, напряжение на зажимах потребителя U, мощность источника питания P_1, мощность P_2 внешней цепи, КПД η установки, если ЭДС источника питания E =10В, его внутреннее сопротивление R_0 =1 Ом, сопротивление нагрузки R_H = 4 Ом. Сопротивлением питающих проводов пренебречь. Построить внешнюю характеристику $U(I)$ источника питания.



а) б)

Рис.1.1

Решение:

Ток в электрической цепи по закону Ома для всей цепи:

$$I = \frac{E}{R_O + R_H} = \frac{10}{1+4} = 2A$$

Напряжение на зажимах источниках питания:

$$U = R_H I = 4 \cdot 2 = 8B.$$

Мощность источника питания:

$$P_1 = E\,I = 10 \cdot 2 = 20Вт.$$

Мощность внешней цепи (мощность потребителя):

$$P_2 = U\,I = 8 \cdot 2 = 16Вт.$$

Потери мощности внутри источника:

$P_0 = I^2 R_0 = 2^2 \cdot 1 = 4Вт$, КПД равен

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_{21} + P_0} = \frac{16}{20} = 0{,}8 \quad \text{, т.е. } \eta = 80\%$$

Внешняя характеристика источника питания $U(I)$ при постоянных значениях E и P_0:

а) при холостом ходе (выключатель K разомкнут):

$I = I_X = 0,\ U = U_X = E = 10В;$

б) при коротком замыкании (выключатель K замкнут):

$R_H = 0$: $I = I_K = E/R_0 = 10/1 = 10A;\ U_K = R_H I_K = 0.$

Зависимость $U(I)$ является линейной, поэтому данные режимов холостого хода и короткого замыкания определяют внешнюю характеристику источника питания (рис. 1.1,б). По ней и значению тока I нагрузки можно определить соответствующее напряжение U источника. Например, для тока I при $I = 6A$ напряжение

$U = 10 - 6 = 4В$, т.к. по второму закону Кирхгофа $U = E - R_0 I$.

Уравнение баланса мощности (мощность источника питания равна мощности, выделяемой в виде теплоты в сопротивлениях R_0 и R_H):

$EI = I^2 R_0 + I^2 R_H;\ 10 \cdot 2 = 2^2 \cdot 1 + 2^2 \cdot 4;\ 20 = 20Вт.$

Контрольная работа № 1.1

Для электрической цепи постоянного тока (рис.1.2) определить ток *I,* напряжение на зажимах потребителя *U,* мощность потребителя электроэнергии P_2 и источника питания P_1, КПД η установки, составить баланс мощностей. ЭДС источника *E,* внутреннее сопротивление источника R_0, сопротивления резисторов R_1, R_2, R_3, а также положение выключателей K_1 и K_2 для соответствующих вариантов задания приведены в табл. 1.1

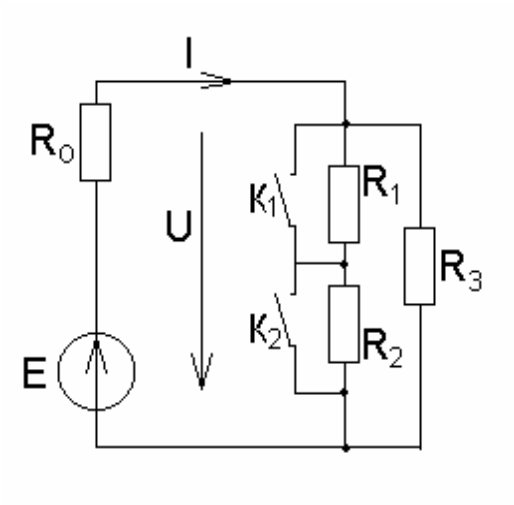


Рис.1.2

Таблица 1.1

Величины	Варианты контрольного задания														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
E, В	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	12	12	12	12	12
R_0, Ом	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	120,6	0,4
R_1, Ом	-	-	1	-	-	-	3	-	2	-	2	2	3	-	-
R_2, Ом	3	-	1	1	-	5	-	2	-	2	-	2	-	3	4
R_3, Ом	1	1	2	3	4	5	6	6	8	2,6	8	1	2	3	4
Замкнутые Выключатели	$К_1$	$К_2$	-	$К_1$	$К_2$	$К_1$	$К_2$	$К_1$	$К_2$	$К_1$	$К_2$	-	$К_2$	$К_1$	$К_1$

Окончание табл. 1.1

Величины	Варианты контрольного задания														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
E, В R_0, Ом R_1, Ом R_2, Ом R_3, Ом	12 0,5 5 - 5	12 0,6 - 4 6	12 0,3 3 - 7	12 0,4 - 2 8	12 0,3 1 - 9	24 0,8 1 1 8	24 0,8 - 3 1	24 0,6 - 2 2	24 0,8 2 - 3	24 0,2 2 2 4	24 0,2 - 2 2,2	24 0,4 3 - 6	24 0,4 1 1 6	24 0,8 - 2 8	24 0,8 1 1 8
Замкнутые выключатели	K_2	K_1	K_2	K_1	K_2	-	K_1	K_1	K_2	-	K_1	K_2	-	K_1	-

1.2. Метод эквивалентных преобразований

Пример выполнения контрольной работы №1.2

Определить общее сопротивление R_0 и распределение токов в электрической цепи постоянного тока (рис.1.3). Сопротивления резисторов:

$R_1 = R_2 = 1$ *Ом*; $R_3 = 6$ *Ом*; $R_5 = R_6 = 1$*Ом*; $R_4 = R_7 = 6$ *Ом*

$R_8 = 10$*Ом*; $R_9 = 5$*Ом*; $R_{10} = 10$ *Ом*.

Напряжение питающей сети $U = 120$ *В*.

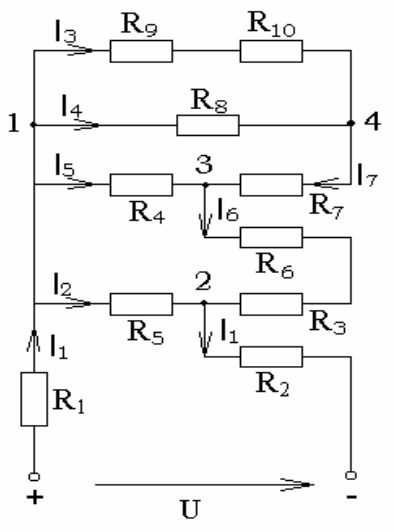


рис.1.3

Решение:

Сопротивление участка цепи между узлами *1* и *4*:

$$R_{14} = \frac{(R_9 + R_{10})R_8}{R_9 + R_{10} + R_8} = \frac{(5+10)10}{5+10+10} = 6 \ \ Ом$$

Сопротивление участка между узлами *1* и *3* цепи:

$$R_{13} = \frac{(R_{14} + R_7)R_4}{R_{14} + R_7 + R_4} = \frac{(6+6)6}{6+6+6} = 4 \ Ом$$

Сопротивление участка между узлами *1* и *2* цепи:

$$R_{12} = \frac{(R_{13} + R_6 + R_5)R_3}{R_{13} + R_6 + R_5 + R_3} = \frac{(4+1+1)6}{4+1+1+6} = 3\ Ом$$

Общее сопротивление всей электрической цепи:

$R_0 = R_1 + R_{12} + R_2 = 1 + 3 + 1 = 5$ *Ом.*

Ток в неразветвленной электрической части цепи:

$I_1 = U / R_0 = 120 / 5 = 24$ *А.*

Напряжение между узлами *1* и *2* цепи в соответствии со вторым законом Кирхгофа:

$U_{12} = U - R_1I_1 - R_2I_1 = 120 - 1\cdot 24 - 1\cdot 24 = 72$ *В.*

Напряжение между узлами *1* и *3* цепи:

$U_{13} = U_{12} - U_{32} = U_{12} - I_6 (R_5 + R_6) = 72 - 12 (1+1) = 72 - 24 = 48$ *В.*

По первому закону Кирхгофа ток в ветви резистора

$R_3 : I_2 = U_{12} / R_3 = 72 / 6 = 12$*А.*

Токи в ветвях резисторов R_5, R_6 :

$I_6 = I_1 - I_2 = 24 - 12 = 12$ *А;*

R_4 :

$I_3 = U_{13} / R_4 = 48 / 6 = 8$ *А;*

R_7:

$I_7 = I_6 - I_3 = 12 - 8 = 4$ *А.*

Напряжение между узлами *1* и *4* цепи: $U_{14} = R_8I_7 = 10\cdot 4 = 40$ *В.*

Токи в ветвях резисторов R_8:

$I_4 = U_{14} / R_8 = 40 / 10 = 4$ *А;* R_9 *и* R_{10} : $I_5 = U_{14} / R_9+R_{10} =$
$= 40 / 5+10 = 2{,}66$*А.*

Контрольная работа №.1.2

Определить эквивалентное сопротивление $R_{эк}$ электрической цепи постоянного тока (рис.1.4,а) и распределение токов по ветвям. Вариант электрической цепи (включая ее участок *1-2*, рис.1.4, рис.1.5, , ограниченный на схеме рис. 1.4, а пунктиром), положение выключателей K_1 и K_2 в схемах, величины сопротивлений резисторов $R_1 - R_{12}$ и питающего напряжения U для каждого из вариантов задания представлены в табл. 1.2

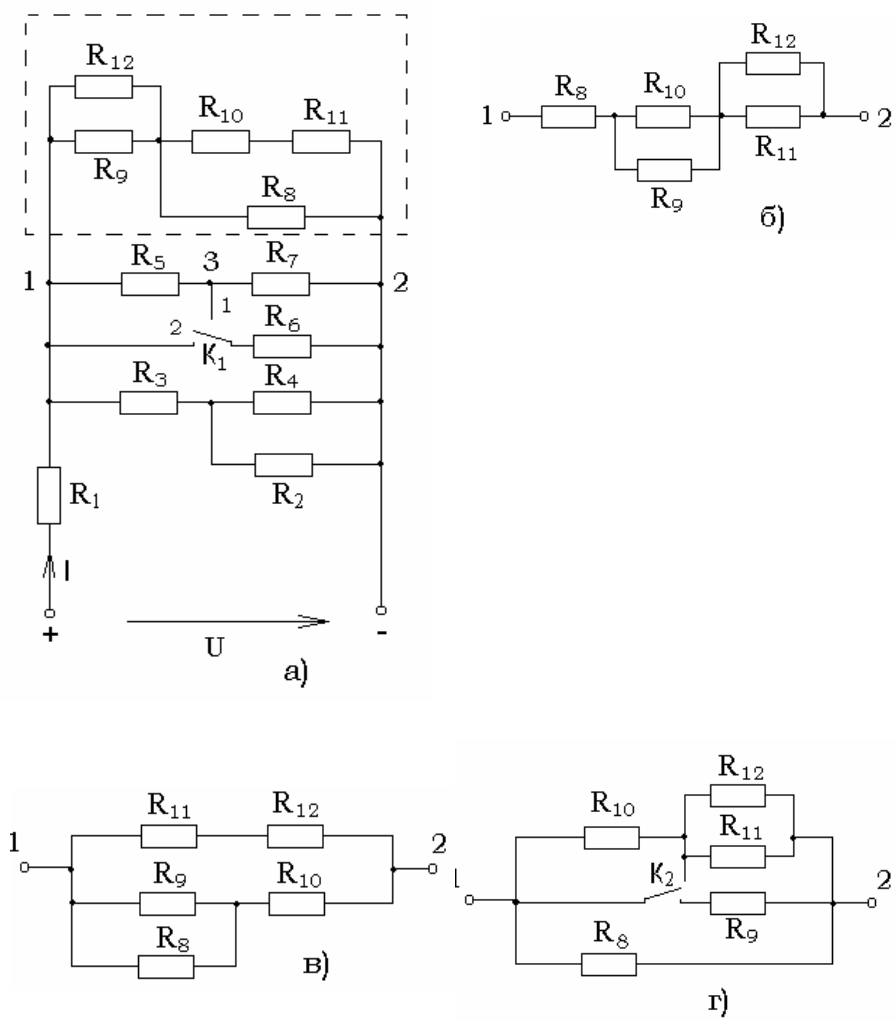
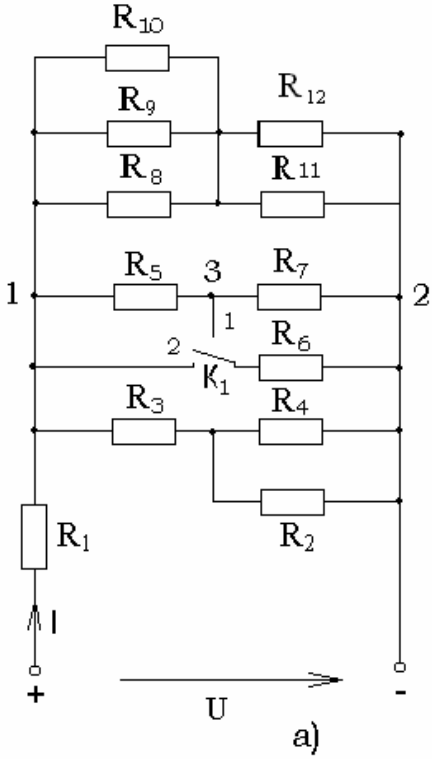
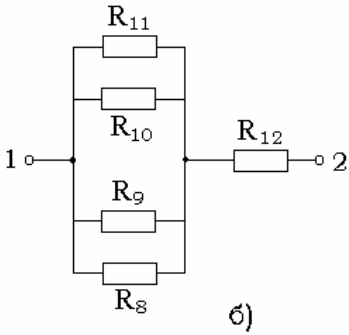

R12
R10
R11
R9
R8
R5
3
R7
1
2
1
2
R6
K1
R3
R4
R1
R2
I
+
U
-
а)
R12
R8
R10
1
2
R11
R9
б)
R11
R12
1
2
R9
R10
R8
в)
R12
R10
R11
K2
1
2
R8
R9
г)

Рис.1.4


R10
R9
R12
R8
R11
R5
3
R7
1
2
1
2
R6
K1
R3
R4
R1
R2
I
+
U
-
а)


R11
R10
R12
1
2
R9
R8
б)

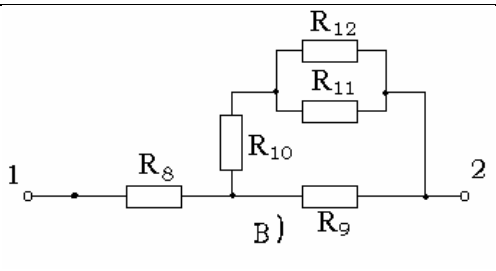

R12
R11
R10
1
R8
2
R9
в)

Рис.1.5 (а, б, в)

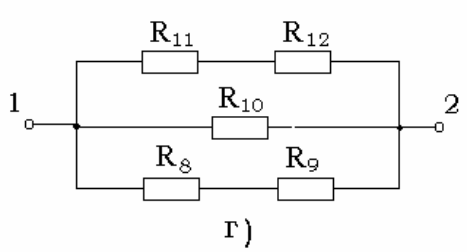


Рис.1.5 (г)

Таблица 1.2

Величины	Варианты контрольного задания													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R_1, Ом	2	2	1	1	2	1	3	3	2	1	2	2	4	2
R_2, Ом	4	1	1	1	2	1	3	2	1	2	1	2	3	2
R_3, Ом	6	6	8	6	3	6	2	8	2	1	4	1	2	4
R_4, Ом	6	7	7	6	3	6	4	12	3	1	4	1	1	2
R_5, Ом	1	1	3	1	2	2	4	1	2	2	2	3	2	1
R_6, Ом	2	2	6	1	2	2	1	1	4	2	1	1	2	2
R_7, Ом	5	3	3	6	3	3	4	2	3	4	5	4	3	3
R_8, Ом	10	5	5	10	10	10	5	15	5	5	5	5	5	10
R_9, Ом	5	15	15	5	10	5	10	10	10	10	6	8	10	8
R_{10}, Ом	5	10	10	10	5	10	5	20	5	10	45	20	10	5
R_{11}, Ом	5	2	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2
R_{12}, Ом	8	8	7	2	4	6	8	10	1	2	3	4	5	6
U, В	110			110			110			220				
Положение K_1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2
Положение K_2	-	-	-	-	-	-	-	-		-	4	4	5	5
Схема участка, ограниченного пунктиром	См. рис. 1.4, а			См. рис.1.4, б			См. рис. 1.4, в			См. рис. 1.4, г				

Окончание табл. 1.2

Величины	Варианты контрольного задания															
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
R_1, Ом	3	2	6	2	1	2	1	3	2	3	4	4	3	1	2	2
R_2, Ом	2	4	6	4	6	4	2	3	2	2	3	3	4	2	2	1
R_3, Ом	2	1	4	3	1	2	1	4	5	5	4	2	2	8	1	2
R_4, Ом	6	1	2	1	2	2	2	2	3	4	2	1	5	6	6	4
R_5, Ом	2	2	1	2	1	2	3	3	2	4	4	2	1	2	2	3
R_6, Ом	1	3	3	6	3	3	2	2	1	2	1	2	4	2	6	4
R_7, Ом	2	4	4	6	4	3	2	2	2	4	6	1	3	4	4	2
R_8, Ом	10	10	5	10	4	2	3	1	5	10	15	5	10	5	5	5
R_9, Ом	15	5	15	10	6	8	10	10	10	5	5	5	5	15	15	15
R_{10}, Ом	10	5	10	5	5	10	15	5	10	10	10	10	5	10	10	10
R_{11}, Ом	4	6	1	5	4	2	3	4	6	7	8	8	10	6	8	10
R_{12}, Ом	7	8	2	4	3	5	8	10	1	2	3	4	6	6	2	4
U, В	110			220					110				220			
Положение K_1	2	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	2	1
Положение K_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Схема участка, ограниченного пунктиром	См. рис. 1.5, а			См. рис. 1.5, б					См. рис. 1.5, в				См. рис. 1.5, г			

1.3. Метод применения законов Кирхгофа

Пример выполнения контрольной работы №1.3

В электрической цепи постоянного тока (рис. 1.6) показание амперметра А: $I_5 = 5\ A$. Определить токи $I_1 - I_4$ во всех ветвях цепи, пользуясь законами Кирхгофа. Сопротивления резисторов:

$R_1 = 1$ *Ом*; $R_2 = 10$ *Ом*; $R_3 = 10$ *Ом*; $R_4 = 4$ *Ом*; $R_5 = 5$ *Ом*;

$R_6 = 1$ *Ом*; $R_7 = 1$ *Ом*; $R_8 = 6$ *Ом*; $R_9 = 7$ *Ом*;

ЭДС $E_1 = 162$ *В*; $E_2 = 50$ *В*; $E_3 = 30$ *В*.

Внутренним сопротивлением источников питания пренебречь. Решить задачу также для случая, когда показание амперметра неизвестно.

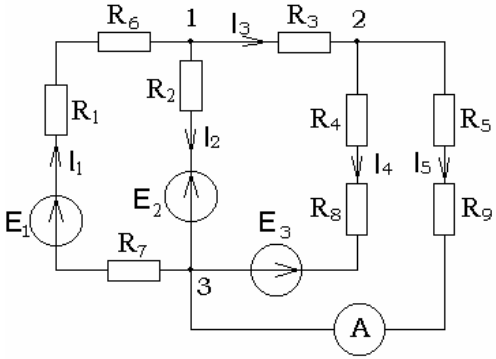


Рис.1.6

Решение:

При заданном включении источников питания за положительные направления токов принимаем направления, указанные на схеме (рис. 1.6). Схема содержит три узла и пять ветвей. Следовательно, необходимо определить пять неизвестных токов.

В соответствии с этим составляют два уравнения по первому закону Кирхгофа и три – по второму закону Кирхгофа. Для узлов *1* и *2* цепи составляют уравнения для токов по первому закону Кирхгофа:

$I_1 = I_2 + I_3$; $I_3 = I_4 + I_5$,

а по второму закону Кирхгофа уравнение для левого замкнутого контура с ЭДС E_1 и E_2:

$E_1 - E_2 = (R_1 + R_6 + R_7)\, I_1 + R_2 I_2$.

Для среднего замкнутого контура с ЭДС E_2 и E_3 имеем:

$E_2 – E_3 = - R_2 I_2 + R_3 I_3 + (R_4 + R_8) I_4$, а для правого замкнутого контура с амперметром А в ветви

$E_3 = - (R_4 + R_8) I_4 + (R_5 + R_9) I_5$.

Ток в цепи резистора R_4 определяют из последнего уравнения: $30 = - (4 +6) I_4 + (3 + 7) \quad 5 = - 10I_4 + 50$, откуда $I_4 =20 / 10 = 2A$, а ток I_3 в ветви резистора R_3 – из уравнения, составленного для узла 2 цепи: $I_3 = I_4 + I_5 = 2 + 5 = 7\ A$, а ток в ветви резистора R_2 – из уравнения, записанного для среднего замкнутого контура:

$E_2 – E_3 = \quad - 10 / 2 + 10 \cdot 7 + (4 + 6) \cdot 2;\ 50 – 30 = - 10 / 2 + 70 + 20$, откуда $I_2 = \quad 70 / 10 = 7\ A$. Токи в ветви резисторов R_1, R_6 , R_7 находятся из уравнения для токов:

$I_1 = I_2 + I_3 = 7 + 7 = 14\ A$.

Ток I_1 можно определить из уравнения:

$E_2 – E_3 = 162 – 50 = (1 + 1 + 1) I_1 + 7 \cdot 10$, откуда

$I_1 = (112 – 70) / 3 = 42 / 3 = 14\ A$.

Если ток в ветви резисторов R_5 и R_9 не задан, искомые токи и их направления в других ветвях определяют в результате решения системы пяти составляемых по законам Кирхгофа уравнениям.

Положительные значения токов свидетельствуют о том, что действительные направления токов в соответствующих ветвях совпадают с условными направлениями.

Контрольная работа № 1.3

Для электрической цепи постоянного тока (рис. 1.7) , используя данные, приведенные для данного варианта задания в табл. 1.3, определить токи $I_1 – I_9$ в ветвях резисторов $R_1 – R_9$, составить баланс мощностей.

ЭДС и напряжения источников, сопротивления резисторов и положение выключателей для соответствующих вариантов задания приведены в табл.1.3. Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

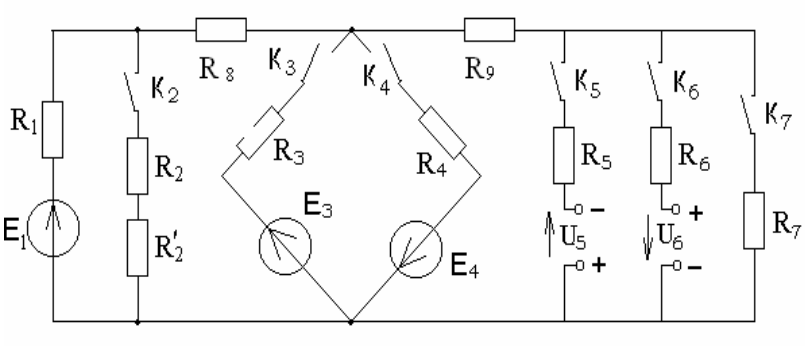


Рис.1.7

Таблица 1.3

Величины	Варианты контрольного задания														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
E_1, В	110													220	
E_3, В	90	-	-	-	-	220	60	40	50	-	-	-	-	-	-
E_4, В	-	80	-	-	-	150	-	-	-	40	40	80	-	-	-
U_5, В	-	-	80	-	-	-	50	-	-	40	-	-	60	60	-
U_6, В	-	-	-	80	-	-	-	20	-	-	40	-	50	-	40
R_1, Ом	0,2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2
R_2, Ом	2	2	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R'_2, Ом	2	2	3	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R_3, Ом	0,2	-	-	-	-	2	2	2	4	-	-	-	-	-	-
R_4, Ом	-	0,2	-	-	-	2	-	-	-	2	2	4	-	-	-
R_5, Ом	-	-	0.4	-	-	-	1	-	-	0,4	-	-	1	0,5	-
R_6, Ом	-	-	-	0.4	-	-	-	1	-	-	0,5	-	1	-	1
R_7, Ом	-	-	-	-	0.2	-	-	-	1	-	-	1	-	1	5
R_8, Ом	0,8	0,8	0.4	0.4	0.4	1	1,8	1,9	0,8	1,6	0,8	0,6	0,4	0,2	0,4
R_9, Ом	-	-	0.2	0.2	0.4	-	1	1	1	1,6	0,5	1	0,4	0,6	0,4
Замкнутые выключатели	K_2,K_3	K_2,K_4	K_2,K_5	K_2,K_6	K_2,K_7	K_3,K_4	K_3,K_5	K_3,K_6	K_3,K_7	K_4,K_5	K_4,K_6	K_4,K_7	K_5,K_6	K_5,K_7	K_6,K_7

Окончание табл. 1.3

Величины	Варианты контрольного задания														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
E_1, В	220														
E_3, В	10	-	-	-	-	-	20	10	40	-	-	-	-	-	-
E_4, В	-	160	160	-	-	220	-	-	-	10	20	100	-	-	-
U_5, В	-	-	-	-	-	-	20	-	-	10	-	-	120	250	-
U_6, В	-	-	0,2	80	-	-	-	10	-	-	40	-	10	-	40
R_1, Ом	0,4	0,2	1	0,2	0,4	1	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,4	0,5	0,2	1
R_2, Ом	2	2	3	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R'_2,Ом	2	2	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R_3, Ом	0,2	-	-	-	-	2	2	2	4	-	-	-	-	-	-
R_4, Ом	-	0,2	0,4	-	-	1	-	-	-	2	1	1	-	-	-
R_5, Ом	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	0,4	-	-	1	0,5	-
R_6, Ом	-	-	-	0,4	-	-	-	1	-	-	0,5	-	1	-	1
R_7, Ом	-	-	0,4	-	0,4	-	-	-	1	-	-	1	-	1	2
R_8, Ом	0,8	0,8	-	0,2	0,8	1	1,8	1,8	0,4	1,6	0,8	0,6	0,2	0,2	0,5
R_9, Ом	-	-	-	0,1	0,8	-	1	1	1	1,6	0,5	1	0,3	0,6	0,5
Замкнутые выключатели	K_2,K_3	K_2,K_4	K_2,K_5	K_2,K_6	K_2,K_7	K_3,K_4	K_3,K_5	K_3,K_6	K_3,K_7	K_4,K_5	K_4,K_6	K_4,K_7	K_5,K_6	K_5,K_7	K_6,K_7

1.4. Метод контурных токов

Пример выполнения контрольной работы №1.4

Электрическая цепь постоянного тока (рис. 1.8) содержит источник питания: $E_1 = 50$ *В*; $E_2 = 20$ *В*; $E_3 = 45$ *В* и резисторы с сопротивлениями:

$R_1 = 10$ *Ом*; $R_2 = 20$ *Ом*; $R_3 = 50$ *Ом*; $R_4 = 20$ *Ом*; $R_5 = 1.0$ *Ом*;

$R_6 = 20$*Ом*; $R_7 = 10$ *Ом*. Напряжение, приложенное к цепи, $U = 80$ *В*. Внутренние сопротивления источников $R_0 = 0$. Определить токи $I_1 - I_6$ в ветвях электрической цепи и напряжение U_{14}, действующее между точками *1* и *4* цепи.

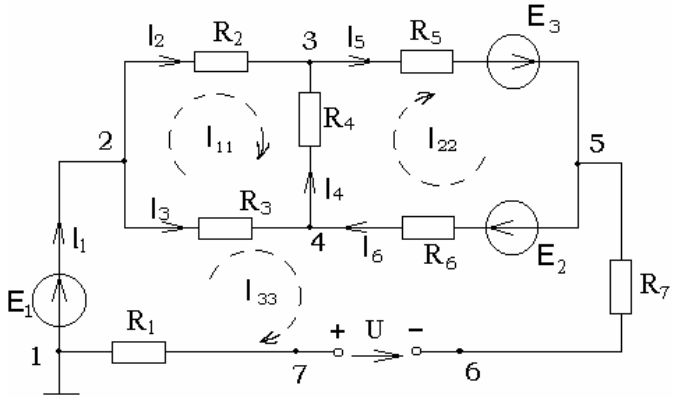


Рис. 1.8

Решение:

По второму закону Кирхгофа составляем уравнения электрического равновесия соответственно для левого верхнего, правого верхнего и нижнего замкнутых контуров:

$(R_2 + R_3 + R_4)\, I_{11} - R_4 I_{22} - R_3 I_{33} = 0;$

$(R_4 + R_5 + R_6)\, I_{22} - R_4 I_{11} - R_6 I_{33} = E_2 + E_3;$

$(R_7 + R_1 + R_6 + R_3)\, I_{33} - R_3 I_{11} - R_6 I_{22} - U = E_1 - E_2.$

Подставляя в полученные уравнения известные величины, имеем:

$(30 + 50 + 20)\, I_{11} - 20 I_{22} - 50 I_{33} = 0;$

$(20 + 1 + 20)\, I_{22} - 50 I_{11} - 20 I_{33} = 20 + 45;$

$(10 + 50 + 20 + 10)\, I_{33} - 50 I_{11} - 20 I_{33} - 80 = 50 - 20$

откуда получаем три уравнения:

$$100I_{11} - 20I_{22} - 50I_{33} = 0;$$
$$-20I_{11} + 41I_{22} - 20I_{33} = 65;$$
$$-50I_{11} - 20I_{22} + 90I_{33} = 110.$$

Решая совместно первое и третье уравнения, получаем:
$-60I_{22} + 13I_{33} = 220$, отсюда определяем значение тока:

$$I_{33} = \frac{220 + 60I_{22}}{130} = \frac{22 + 6I_{22}}{13}.$$

Решая совместно второе и третье уравнения, имеем:

$$-122{,}5I_{22} + 140I_{33} = -52.5.$$

Контурный ток I_{22} получаем, решая совместно последние два уравнения:

$$-122.5I_{22} + 140\frac{22 + 6I_{22}}{13} = -52.5,$$

откуда $I_{22} = 5\ A$.

С учетом значения тока I_{22} определяем контурный ток:

$$I_3 = \frac{22 + 6 \cdot 5}{13} = \frac{22 + 30}{13} = \frac{52}{13} = 4A$$

Контурный ток I_{11} определяем из первичного уравнения:

$100I_{11} - 20 \cdot 5 - 50 \cdot 4 = 0$, откуда $I_{11} = 3\ A$.

Токи в ветвях электрической цепи определяем с учетом первого закона Кирхгофа для соответствующих узловых точек:

$I_2 = I_{11} = 3\ A$; $I_3 = I_{33} - I_{11} = 4 - 3 = 1\ A$; $I_1 = I_2 + I_3 = 3 + 1 = 4A$;
$I_4 = I_{22} - I_{11} = 5 - 3 = 2\ A$; $I_5 = I_{22} = 5A$; $I_6 = I_{22} - I_{33} = 5 - 4 = 1\ A$.

Напряжение между точками *1* и *4* цепи находятся из соответствующего уравнения, составленного по второму закону Кирхгофа:

$E_1 = R_2I_2 + R_5I_5 - U_{14}$, откуда $U_{14} = -50 + 30 \cdot 3 + 1 \cdot 55 = 45B$.

Контрольная работа № 1.4

Решить задание для контрольной работы №1.3 методом контурных токов.

1.5. Метод узлового напряжения

Пример выполнения контрольной работы №1.5

Два источника постоянного тока с ЭДС $E_1 = E_2 = 115\ В$ и внутренними сопротивлениями $R_{01} = 02\ Ом$ и $R_{02} = 0.4\ Ом$ включены параллельно на нагрузку $R_н = 5\ Ом$ (рис. 1.9). Определить токи I, I_1, I_2 в ветвях электрической цепи и составить баланс мощностей.

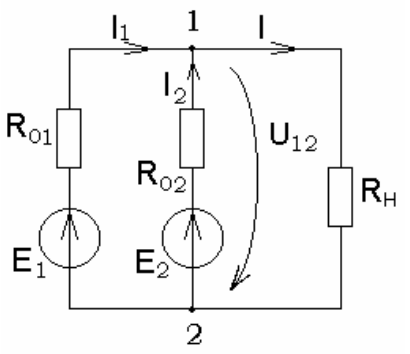


Рис. 1.9

Решение:

Проводимости ветвей электрической цепи:

$G_1 = 1 / R_{01} = 1 / 0.2 = 5\ См;\ G_н = 1 / R_н = 1 / 5 = 0,2\ См;$

$G_2 = 1 / R_{02} = 1 / 4 = =2.5См.$

Узловое напряжение, действующее между узлами *1* и *2* цепи:

$$U_{12} = \frac{E_1G_1 + E_2G_2}{G_H + G_1 + G_2} = \frac{115 \cdot 5 + 11525}{0,2 + 5 + 25} = 120B$$

Принимаем положительные направления токов в ветвях в соответствии с (рис. 1.8). По второму закону Кирхгофа для ветви генератора с ЭДС E_1 можно записать следующее уравнение электрического равновесия: $U_{12} + R_{01}I_1 = E_1$, откуда

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{12}}{R_{01}} = (E_1 - U_{12}) \cdot G_1 = (115 - 112) \cdot 5 = 15\,A.$$

Аналогично записывают уравнение для ветви с ЭДС E_2 для определения тока:

$I_2 = (E_2 – U_{12}) / R_{01} = (E_2 – U_{12})\, G_2 = (115 – 112) \cdot 2.5 = 7.5\ A.$

Ток в цепи резистора $R_н$ в соответствии с законом Ома:

$I_3 = U_{12} / R_н = 112 / 5 = 22{,}4\ A.$

Сумма мощностей P_1 и P_2, развиваемых источниками питания, принята равной сумме мощностей нагрузки $R_н$ и потерь мощностей P_{01} и P_{02} в источниках:

$P_{01} + P_{02} + P_н = P_1 + P_2$, т.е.

$I_1^2 R_{01} + I_2^2 R_{02} + I_3^2 R_н = E_1 I_1 + E_2 I_2,$

$15^2 \cdot 0.2 + 7.5^2 \cdot 0.4 + 22.4^2 \cdot 5 = 115 \cdot 15 + 115 \cdot 7.5,$

откуда $2587{,}5\ Вт = 2587{,}5\ Вт$ (баланс мощностей соблюдается).

Контрольная работа № 1.5

Решить задание для контрольной работы № 1.3 методом узлового напряжения.

1.6. Метод наложения

Пример выполнения контрольной работы №1.6

Определить ток I в электрической цепи постоянного тока (рис. 1.10, а), а диапазон изменения сопротивления резистора R для зарядки аккумуляторной батареи до ЭДС $E_2 = 16\ В$ в конце зарядки при неизменном токе нагрузки цепей.

Сопротивление резистора $R = 4\ Ом$, ЭДС генератора $E_1 = 36\ В$, внутреннее сопротивление резистора $R_{01} = 0.3\ Ом$, ЭДС аккумуляторной батареи в начале зарядки $E_2 = 12\ В$, внутреннее ее сопротивление $R_{02} = 0.01\ Ом$. Задачу решить методом наложения.

Решение:

Ток в цепи при ЭДС $E_2 = 0$ (рис. 1.10, б) по закону Ома для всей цепи:

$$I' = \frac{E_1}{R_{01} + R + R_{02}} = \frac{36}{0.3 + 4 + 0.01} = \frac{36}{4.31} = 8.35A$$

Ток в ветви резистора R при ЭДС $E_1 = 0$ (рис.1.10, в):

$$I'' = \frac{E_2}{R_{01} + R + R_{02}} = \frac{12}{0.3 + 4 + 0.01} = \frac{12}{4.31} = 2.09A$$

Сопротивление нагрузочного резистора в начале зарядки батареи:

$R' = R'_ц - (R_{01} + R_{02}) = 3.85 – (0.3 + 0.01) = 3.85 – 0.31 = 3.75$ *Ом.*

Сопротивление электрической цепи в конце зарядки аккумуляторной батареи при токе $I = 6.26$ *А:*

$$R''_ц = \frac{E_1 - E_2}{I} = \frac{36 - 16}{6.26} = \frac{20}{6.26} = 3.20Ом$$

Сопротивление нагрузочного резистора в конце зарядки аккумуляторной батареи при токе $I = 6.26$ *А:*

$R'' = R''_ц – (R_{01} + R_{02}) = 3.2 – (0.3 + 0.01) = 2.89$ *Ом.*

Диапазон изменения сопротивления нагрузочного резистора при заданных условиях: $K_R = R' / R'' = 3.75 / 2.89 = 1.3$.

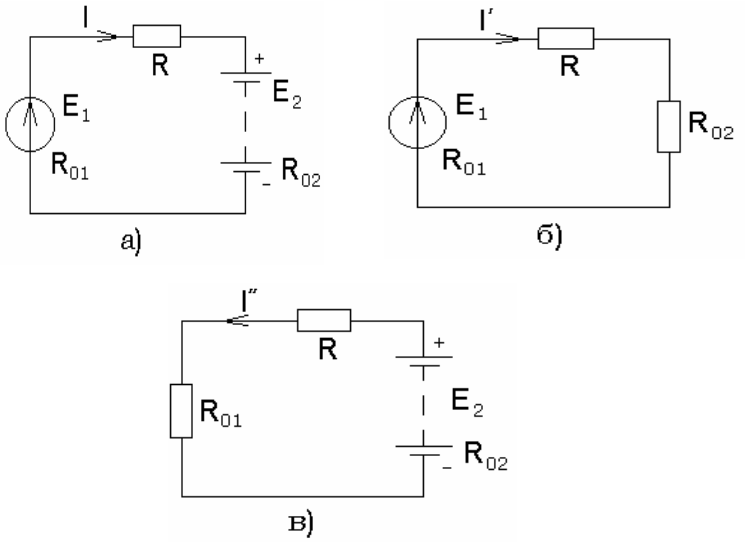


Рис.1.10

Контрольная работа №1.6

Определить токи в ветвях, проверить соблюдение баланса мощностей в электрической цепи постоянного тока (рис. 1.11, а).

ЭДС источников питания E_1 и E_2, их внутреннее сопротивление R_{01} и R_{02}, сопротивления резисторов $R_1 – R_7$, а также схема включения резисторов на участке *2 – 3* цепи (ограниченная пунктиром) (рис. 1.11, б - е) для ее соответствующих вариантов задания приведены в табл. 1.4. Задачу решить методом наложения. В вариантах 31 – 60 сопротивление резистора $R_5 = \infty$, в вариантах 61-90 - $R_6 = \infty$.

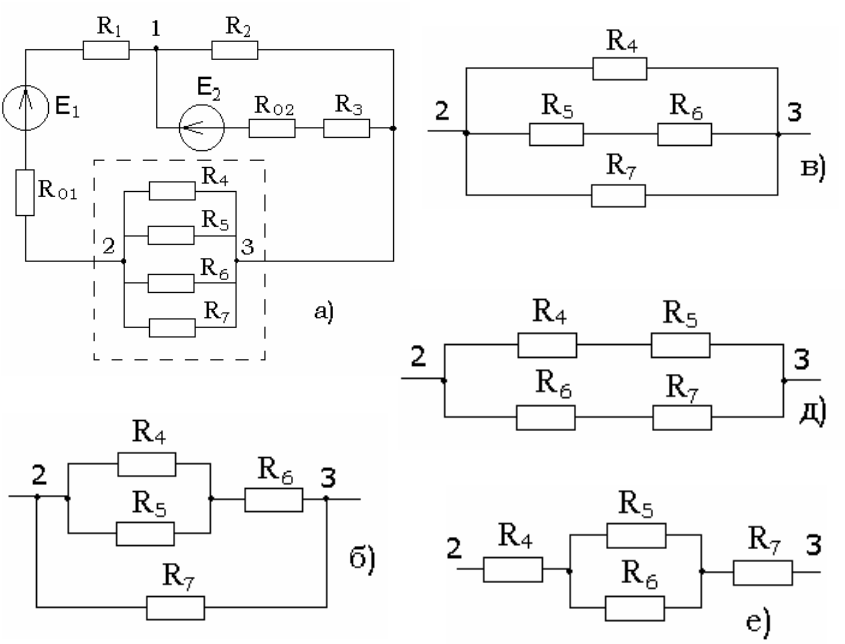


Рис. 1.11

Таблица 1.4

Величины	Варианты контрольного задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E_1, В	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
E_2, В	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135
R_{01}, Ом	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
R_{02}, Ом	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
R_1, Ом	4	1	2	2	2	2	2	2	2	1
R_2, Ом	6	2	2	4	4	3	3	3	4	2
R_3, Ом	3	2	2	3	3	4	3	3	3	1
R_4, Ом	10	12	16	20	24	2	4	5	8	10
R_5, Ом	10	12	16	20	24	2	4	5	8	10
R_6, Ом	10	12	16	20	24	1	2	2,5	4	5
R_7, Ом	10	12	16	20	24	2	4	5	8	10
Схема	См. рис. 1.11, а					См. рис. 1.11, б				

Продолжение табл. 1.4

Величины	Варианты контрольного задания									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E_1, В	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175
E_2, В	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185
R_{01}, Ом	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
R_{02}, Ом	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
R_1, Ом	4	3	2	1	1	2	1	1	1	1
R_2, Ом	6	5	4	2	2	3	2	2	2	1
R_3, Ом	6	5	3	3	2	4	1	1	1	1
R_4, Ом	3	6	9	15	18	2	3	4	5	6
R_5, Ом	2	5	5	10	10	3	3	4	5	6
R_6, Ом	1	1	2	5	8	2	3	4	5	6
R_7, Ом	3	6	9	15	18	2	3	4	5	6
Схема	См. рис. 1.11, в					См. рис. 1.11, г				

Окончание табл. 1.4

Величины	Варианты контрольного задания									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
E_1, В	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
E_2, В	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
R_{01}, Ом	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
R_{02}, Ом	0,05	0,05		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
R_1, Ом	1	2	2	0,5	1	1	2	2	2	1
R_2, Ом	2	2	2	0,5	1	2	1	2	4	2
R_3, Ом	1	3	4	0,5	2	2	1	2	3	3
R_4, Ом	2	1	1	2	1	1	1	0,5	1	0,5
R_5, Ом	3	3	6	9	12	2	3	4	5	6
R_6, Ом	3	3	6	9	12	2	3	4	5	6
R_7, Ом	3	3	6	9	12	1	1	0,5	0,5	0,5
Схема	См. рис. 1.11, д					См. рис. 1.11, е				

1.7. Метод эквивалентного генератора

Пример выполнения контрольной работы №1.7

Методом эквивалентного генератора определить ток I_5 в диагонали моста (рис. 1.12, а). Сопротивление резисторов: $R_1 = 20$ *Ом;* $R_2 = 40$ *Ом;* $R_3 = 30$ *Ом;* $R_4 = 10$ *Ом;* $R_5 = 50$ *Ом,* ЭДС источника питания $E = 120$ *В.*

Решение:

Токи в плечах моста (рис.1.12, б) при разомкнутой ветви *1 – 2* цепи по закону Ома для всей цепи:

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{120}{20+40} = \frac{120}{60} = 2A$$

$$I_2 = \frac{E}{R_3 + R_4} = \frac{120}{30+10} = \frac{120}{40} = 3A$$

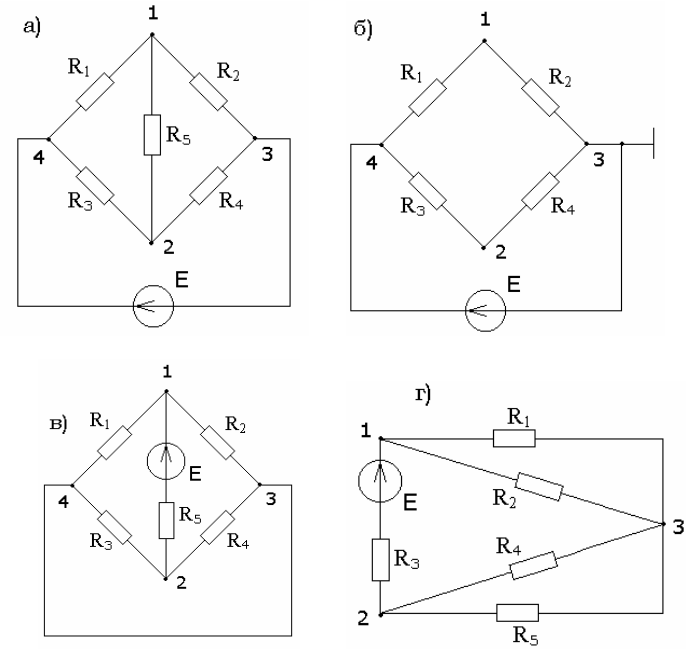


Рис.1.12

Напряжение холостого хода при разомкнутой ветви *1 – 2* цепи (принимаем потенциал точки *3* цепи равным нулю ($\varphi_3 = 0$)):

$U_X = U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = 80 - 30 = = 50B$, где φ_1 и φ_2 – потенциалы точек *1 – 2* цепи: $\varphi_1 = R_2 I_1 = 40 \bullet 2 = 80B$; $\varphi_2 == R_4 I_2 = 10x3 = 30B$.

Для определения сопротивления $R_{ЭК}$ эквивалентного генератора вводим в схему источника питания ЭДС E_0, равную по величине и противоположную по знаку напряжению холостого хода $U_X = E_0$ (рис.1.12, в), и приводим ее к виду (рис.1.12, г). При этом:

$$R_{эк} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{20 \cdot 40}{20 + 40} + \frac{30 \cdot 10}{30 + 10} = 13.3 + 7.5 = 20.8 \text{ Ом}$$

Ток в диагонали моста:

$$I_5 = \frac{-E_0}{R_{ЭК} + R_5} = -\frac{50}{20.8 + 50} = -0.71 \text{ A}.$$

Этот ток направлен от точки *1* к точке *2* цепи, так как $\varphi_1 > \varphi_2$.

Контрольная работа № 1.7

В электрической цепи постоянного тока (рис. 1.13) методом эквивалентного генератора определить ток I_3 в диагонали моста с резистором R_3. ЭДС источника питания E, сопротивления резисторов R_1-R_8 цепи для соответствующего варианта задания приведены в табл/ 1.5.

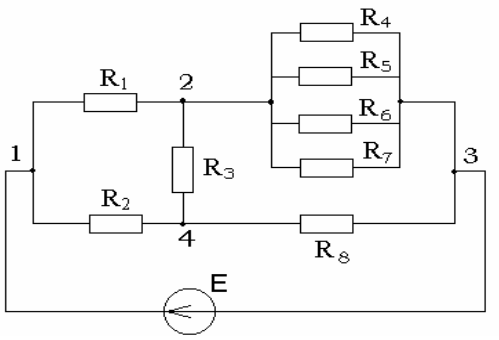


Рис. 1.13

Таблица 1.5

Величины	Варианты контрольного задания														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
E, В	60	80	100	120	140	60	80	100	120	140	60	80	100	120	140
R_1, Ом	12,5	11	30	25	50	20	5	5	5	5	10	5	5	5	5
R_2, Ом	15	10	20	15	15	10	10	10	10	10	10	20	10	20	20
R_3, Ом	20	20	30	30	50	20	20	30	40	50	20	20	30	40	50
R_4, Ом	10	12	40	60	80	30	45	60	75	90	20	30	40	50	60
R_5, Ом	10	12	40	60	80	15	30	40	40	60	20	30	40	50	60
R_6, Ом	10	12	40	60	80	15	15	20	35	30	10	15	20	25	30
R_7, Ом	10	12	40	60	80	30	45	60	75	90	20	30	40	50	60
R_8, Ом	5	10	30	15	20	10	30	10	35	60	20	20	10	20	15
Схема узла 2-3 цепи	Рис. 1.13.					Рис. 1.11, б					Рис. 1.11, в				

Окончание табл. 1.5

Величины	Варианты контрольного задания														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
E, В	60	80	100	120	140	60	80	100	120	140	60	80	100	120	140
R_1, Ом	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	15	10	5
R_2, Ом	10	20	10	20	30	10	10	10	20	30	10	10	10	10	30
R_3, Ом	20	20	30	40	50	20	20	30	40	50	20	20	30	40	50
R_4, Ом	10	15	20	25	30	5	5	5	5	5	2,5	5	10	10	10
R_5, Ом	10	15	20	25	30	15	30	45	60	75	10	10	10	20	20
R_6, Ом	10	15	20	25	30	15	30	45	60	75	10	10	10	20	20
R_7, Ом	10	15	20	25	30	15	30	45	60	75	25	5	10	10	10
R_8, Ом	10	20	10	20	40	10	30	10	20	40	20	30	20	20	40
Схема узла 2-3 цепи	Рис. 1.11, г					Рис. 1.11, д					Рис. 1.11, е				

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Пример выполнения контрольной работы №2.1

Для электрической цепи переменного тока со смешанным соединением сопротивления (рис.2.1) определить токи I, $I_1 - I_4$, напряжения U_1, U_2 на участках цепи, активную P, реактивную Q и полную S мощности, если питающее напряжение $U = 300$ *В*, сопротивления резисторов и реактивные сопротивления конденсаторов:

$R_1 = X_1 = R_2 = X_{C2} = X_{C3} = R_4 = X_{C5} = 10$ *Ом*. Задачу решить методом применения комплексных чисел.щ

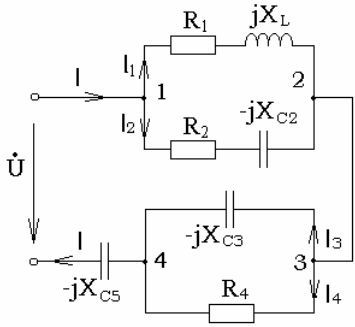


Рис. 2.1

Решение:

Комплексные сопротивления отдельных ветвей:

$\underline{Z}_1 = R_1 + jX_1 = (10 + j10)$ *Ом*; $\underline{Z}_2 = R_2 - jX_{C2} = (10 - j10)$ *Ом*;

$\underline{Z}_3 = -jX_{C3} = -j10$ *Ом*; $\underline{Z}_4 = R_4 = 10$ *Ом*; $\underline{Z}_5 = -jX_{C5} = -j10$ *Ом*.

Комплексное сопротивление всей цепи:

$$\underline{Z} = \frac{\underline{Z}_1\underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2} + \frac{\underline{Z}_3\underline{Z}_4}{\underline{Z}_3 + \underline{Z}_4} + \underline{Z}_5 = \frac{(R_1 + jX_1)(R_2 - jX_{C2})}{(R_1 + jX_1 + R_2 - jX_{C2})} + \frac{-jX_{C3}R_4}{R_4 - jX_{C4}} -$$

$$- jX_{C5} = \frac{(10 + j10)(10 - j10)}{10 + j10 + 10 - j10} + \frac{-j10 \times 10}{10 - j10} - j10 = (15 - j15) Ом,$$

отсюда $\quad Z = \sqrt{15^2 + 15^2} = \sqrt{2} \cdot 15 = 21.2$ *Ом*.

Общий ток цепи: $\dot{I} = \mathring{U} / \underline{Z} = 300 / (15 - j15) = (10 + j10)$ *А*, отсюда

$$I = \sqrt{10^2 + 10^2} = \sqrt{2} \cdot 10 = 14.1 \ \ A.$$

Напряжение на участке *1 - 2* цепи:

$$\dot{U}_{12} = Z_{12}\dot{I} = \frac{(10 + j10)(10 - j10)}{10 + j10 + 10 - j10} \cdot (110 + j10) = (100 + j100)B$$

$$U_{12} = \sqrt{100^2 + 100^2} = 100\sqrt{2} = 141B$$

Токи в параллельных ветвях *1 - 2* цепи:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_{12}}{\underline{Z_1}} = \frac{141}{(10 + j10)} = (7.05 - j7.05)A,$$

$$I_1 = \sqrt{7.05^2 + 7.05^2} = \sqrt{2} \cdot 7.05 = 10A;$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{12}}{\underline{Z_2}} = \frac{141}{(10 - j10)} = (7.05 - j7.05)A,$$

$$I_2 = \sqrt{7.05^2 + 7.05^2} = \sqrt{2} \cdot 7.05 = 10A;$$

Напряжение на участке *3 – 4* цепи:

$$\dot{U}_{34} = \underline{Z_{34}}I = \frac{-j10 \cdot 10}{10 - j10} \cdot (10 + j10) =$$

$=(5 - j5)\ (10 - j10) = 100\ B$, откуда $U_{34} = 100\ B$.

Токи в параллельных ветвях на участке *3 – 4* цепи:

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_{34}}{\underline{Z_3}} = \frac{100}{(-j10)} = \frac{(100 \cdot j10)}{(-j10 \cdot j10)} = j10A, I_3 = 10\ A;$$

$$\dot{I}_4 = \frac{\dot{U}_{34}}{\underline{Z_4}} = \frac{100}{10} 10A,\ I_4 = 10\ A.$$

Полная активная и реактивная мощности всей цепи:

$$\widetilde{S} = \dot{U} \cdot \overset{*}{I} = 300 \cdot (10 - j10) = (3000 - j3000)BA,$$

$P = 3000\ Вт = 3\ кВт;\ Q = -j3000\ ВАр = 3\ кВАр,$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3^2 + 3^2} = 3\sqrt{2} = 4.23 \ \ кВА.$$

Коэффициент мощности всей цепи:

$$\cos\varphi = P / S = 3000 / 4230 = 0.71.$$

Баланс мощностей:

$P = I_1^2R_1 + I_2^2R_2 + I_4^2R_4 =$

$=10^2 \cdot 10 + 10^2 \cdot 10 + 10^2 \cdot 10 = 3000\ Вт = 3\ кВт;$

$Q = I_1^2X_1 - I_2^2X_{C2} - I_3^2X_{C3} - I^2X_{C5} =$

$=10^2 \cdot 10 - 10^2 \cdot 10 - 10^2 \cdot 10 - 14.1^2 \cdot 10 = -3000\ ВАр = -3\ кВАр.$

Пример выполнения контрольной работы №2.2

Вычислить токи в ветвях электрической цепи переменного тока (рис. 2.2). Напряжение питающей сети $U = 25$ *В,* сопротивления резисторов: $R_1 = R_2 = = 1$ *Ом*, индуктивное и емкостное сопротивления: $X_{L2} = X_{L3} = X_C = 1$ *Ом*. Решить задачу методом Кирхгофа.

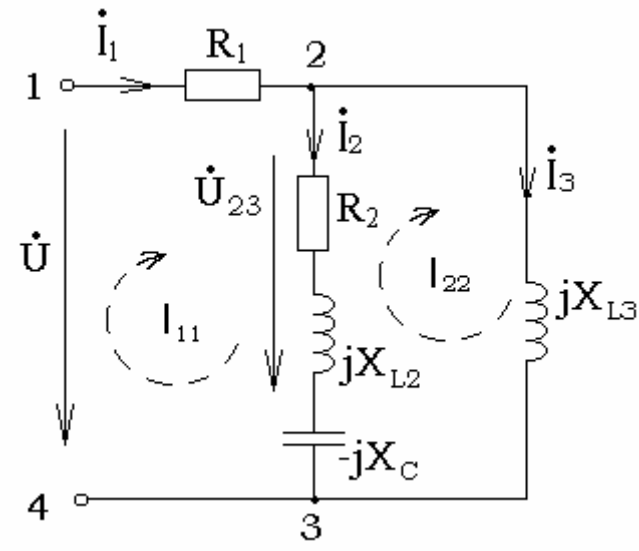


Рис. 2.2.

Решение:

Составляем уравнение по второму закону Кирхгофа для левого замкнутого контура цепи:

$$0 = -\dot{U} + R_1\dot{I}_1 + (R_2 + jX_{L2} - jX_C)\cdot\dot{I}_2$$

$$0 = -25 + 1\dot{I}_1 + (1 + j1 - j1)\cdot\ \dot{I}_2 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - 25.$$

Аналогично для правого замкнутого контура:

$$0 = -U + R_1\dot{I}_1 + jX_{L3}\dot{I}_3;$$

$$0 = -25 + 1\dot{I}_1 + j1\dot{I}_3 = \dot{I}_1 + j\dot{I}_3 - 25.$$

В результате совместного решения полученных уравнений с учетом уравнения для токов, составленного по первому закону Кирхгофа для узла *2* цепи: $\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3$, находим:

$$\dot{I}_2 = \frac{25}{(1+j2)} = \frac{25(1-j2)}{(1+j2)(1-j2)} = (5-j10)\,A \text{ или}$$

$$\dot{I}_1 = \sqrt{5^2 + 10^2} = 11.15\,A$$

Ток в неразветвленной части цепи находим из уравнения, записанного для правого контура цепи с учетом выражения для комплексного тока $\dot{I}_3$:

$$\dot{U} = R_1\dot{I}_1 + jX_{L3}\dot{I}_3;$$

$$25 = 1\dot{I}_1 + j1(5 - j10), \text{ откуда}$$

$$\dot{I}_1 = (15 - j5)\,A$$

Ток во второй (параллельной) ветви согласно уравнению для узла *2* цепи, составленному по первому закону Кирхгофа:

$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3$; $15 - j15 = \dot{I}_2 + 5 - \ - j10$; $\dot{I}_2 = (10 + j5)\,A$

или $I_2 = \sqrt{10^2 + 5^2} = 11.15\,A$.

Решим задачу методом контурных токов.

Составляем уравнение электрического равновесия напряжений для левого замкнутого контура цепи в соответствии со вторым законом Кирхгофа:

$0 = -U + [R_1 + R_2 + j(X_{L2} - X_{C2})]\dot{I}_{11} - [R_2 + j(X_{L2} - X_C)]\dot{I}_{22}$;

$25 = [1 + 1 + j(1 - 1)]\dot{I}_{11} - [1 + j(1 - 1)]\dot{I}_{22}$ или $25 = 2\dot{I}_{11} - \dot{I}_{22}$.

То же, для правого замкнутого контура цепи:

$0 = [R_2 + j(X_{L2} + X_{L3} - X_C)]\,\dot{I}_{22} - [R_2 + j(X_{L2} - X_C)]\dot{I}_{11}$; $0 =$

$=[1 + j(1 + \ 1 - 1)]\dot{I}_{22} - [1 + j(1 - 1)]\dot{I}_{11}$,или

$0 = 1 + j\dot{I}_{22} - \dot{I}_{11}$.

В результате совместного решения полученных уравнений имеем:

$25 = 2\dot{I}_{22} + j2\dot{I}_{22} - \dot{I}_{22}$, откуда

$\dot{I}_{22} = \dfrac{25}{(1+j2)} = \dfrac{25(1-j2)}{(1+j2)(1-j2)} = (5 - j10)\,A$ или $I_{22} = I_3$ $= \sqrt{5^2 + 10^2} = 11.15A$.

Ток в неразветвленной части цепи определяется из уравнения:

$25 = 2\dot{I}_{11} - \dot{I}_{22}$, подставляя в него значение $\dot{I}_{22}$:

$25 = 2\dot{I}_{11} - (5 - j10)$, получим

$\dot{I}_1 = \dot{I}_{11} = (15 - j5)\ A,\ I_1 = I_{11} = \sqrt{15^2 + 5^2} = 15{,}8\ A.$

Ток в первой параллельной ветви:

$I_2 = \dot{I}_{11} - \dot{I}_{22} = 15 - j5 - (5 - j10) = (10 + j5)\ A$

или $I_2 = \sqrt{10^2 + 5^2} = 11.15\ A.$

Решим задачу методом узлового напряжения.

Комплексные сопротивления участков электрической цепи:

$\underline{Z}_1 = R_1 = 1 Ом;\ \underline{Z}_2 = R_2 + j(X_{L2} - X_C) = 1 + j(1 - 1) = 1\ Ом;$

$\underline{Z}_3 = jX_{L3} = j1 = j\ Ом.$

Комплексные проводимости участков цепи:

$\underline{Y}_1 = 1 / \underline{Z}_1 = 1 / R_1 = 1 / 1 = 1\ См;\ \underline{Y}_2 = 1\ См;\ \underline{Y}_3 = -j\ См.$

Комплексное напряжение, действующее между узлами 2 – 3 цепи:

$$\dot{U}_{23} = \frac{\dot{U}_1 \underline{Y}_1}{\underline{Y}_1 + \underline{Y}_2 + \underline{Y}_3} = \frac{25 \cdot 1}{1 + 1 - j} = \frac{25}{2 - j} = \frac{25(2 + j)}{(2 - j)(2 + j)} = (10 + j5)B$$

Ток в неразветвленной части цепи определяется из уравнения, составленного по второму закону Кирхгофа для левого замкнутого контура цепи:

$0 = -\dot{U} + R_1\dot{I}_1 + \dot{U}_{23};\ \ 25 = 1 \cdot \dot{I}_1 + 10 + j5;\ \dot{I}_1 = (15 - j5)A$

$I_1 = \sqrt{15^2 + 5^2} = 15.8A$

Ток в первой параллельной ветви в соответствии со вторым законом Кирхгофа:

$0 = [R_2 + j(X_{L2} - X_C)]\dot{I}_2 - \dot{U}_{23};$

$10 + j5 = [1 + j(1 - 1)]\dot{I}_2$, откуда

$\dot{I}_2 = (10 + j5)\ A$ или $I_2 = \sqrt{10^2 + 5^2} = 11.5A$

Ток во второй параллельной ветви в соответствии с уравнением, составленным для узла *2* по первому закону Кирхгофа:

$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3;\ 15 - j5 = 10 + j5 + \dot{I}_3$, откуда $\dot{I}_3 = (5 - j10)\ A$ или $I_3 = \sqrt{5^2 + 10^2} = 11.5A$

Контрольная работа № 2.1

Для электрической цепи переменного тока с частотой $f = 50$ *Гц* (рис.2.3) определить полные сопротивления Z ветвей, токи I в ветвях и напряжения U на элементах электрической цепи, составить баланс активных мощностей. Комплексные $\dot{E}$ или мгновенные e значения ЭДС источников питания, сопротивления R резисторов и реактивные сопротивления X элементов электрической цепи, а также предлагаемый метод решения задачи для соответствующего варианта задания приведены в табл. 2.1

Для соответствующего варианта задания определить напряжение U_{13} между точками *1 – 3* и напряжение U_{34} между точками *3 – 4* цепи. Построить для ветви *2 – 3* цепи в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений.

В контрольных заданиях для реактивных сопротивлений в вариантах 31 – 60 задания принята частота тока $f = 75$ *Гц* , а в вариантах 60 – 90 частота $f = 25$ *Гц*.

Контрольная работа № 2.2

Для электрической цепи синусоидального тока (рис.2.4) определить действующие значения ЭДС и E_2, полное сопротивление Z электрической цепи, ток I, его амплитудное I_m и мгновенное i значения, напряжение U между заданными точками цепи, падение напряжения U_R на резисторе и на индуктивном сопротивлении U_L, активную P, реактивную Q, полную S, комплексную $\widetilde{S}$ мощности цепи, начальные фазы ψ_i тока и ψ_e ЭДС. Известны мгновенные е или комплексные $\dot{E}$ значения ЭДС источников питания, сопротивления R резисторов, индуктивные X_L и емкостные X_C сопротивления и положения выключателей K цепи для заданного варианта задания, приведенные в табл. 2.2

В контрольных заданиях для реактивных сопротивлений в вариантах 31 – 60 задания принята частота тока $f = 75$ *Гц* , а в вариантах 60 – 90 частота $f = 25$ *Гц*.

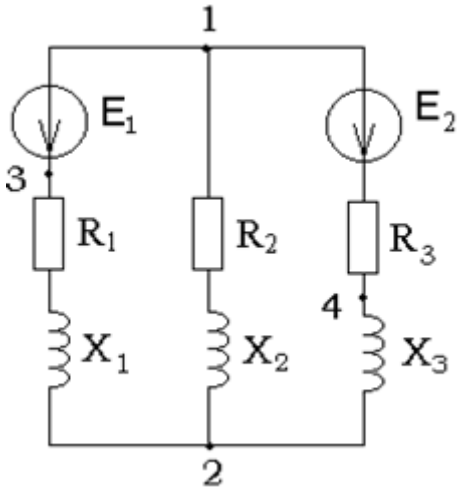

1
E1
E2
3
R1
R2
R3
4
X1
X2
X3
2

Рис.2.3

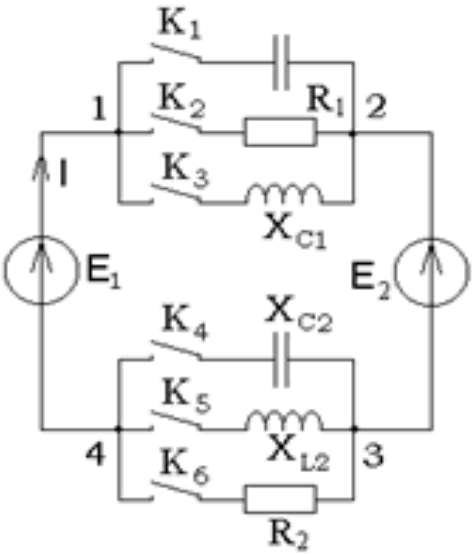

K1
1
K2
R1
2
I
K3
XC1
E1
E2
K4
XC2
K5
4
XL2
3
K6
R2

Рис. 2.4

Таблица 2.1

Величины	Варианты контрольного задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\dot{E}_1$ или e_1, В	$\dot{E}_1 = 200e^{-j90^\circ}$	$\dot{E}_1 = 150e^{-j90^\circ}$	$\dot{E}_1 = 80$	$e_2 = 80\sqrt{2}\cos\omega t$	$\dot{E}_1 = 60 + j80$	$\dot{E} = 90 + j120$	$e_1 = 200\sqrt{2}\sin(\omega t - \pi/2)$	$\dot{E}_1 = 200e^{-j90^\circ}$	$\dot{E}_1 = 150e^{-j90^\circ}$	$E_1 = 80$
$\dot{E}_2$ или e_2, В	$\dot{E}_2 = -100e^{j90^\circ}$	$\dot{E}_1 = -50e^{j90^\circ}$	$\dot{E}_2 = 60e^{j90^\circ}$	$e_2 = 60\sqrt{2}\sin\omega t$	$\dot{E}_2 = 30$	$\dot{E}_2 = 30$	$e_2 = 100\sqrt{2}\sin(\omega t + \pi/2)$	$\dot{E}_2 = 100e^{j90^\circ}$	$\dot{E}_2 = 50e^{j90^\circ}$	$\dot{E}_2 = 60e^{j90^\circ}$
R_1, Ом	3	6	9	18	3	4	8	3	6	9
R_2, Ом	6	3	16	6	9	12	4	6	3	16
R_3, Ом	4	12	3	4	3	8	12	4	12	3
X_1, Ом	4	8	12	24	4	3	6	4	8	12
X_2, Ом	8	4	12	8	12	16	3	8	4	12
X_3, Ом	3	16	4	3	4	6	9	3	16	4
Метод решения задачи	Метод законов Кирхгофа							Метод контурных токов		

Величины	Варианты контрольного задания																				
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20											
$\dot{E}_1$ или e_1, В	$e_1 = 80\sqrt{2}\cos\omega t$	$\dot{E}_1 = 60 + j80$	$\dot{E}_1 = 90 + j120$	$e_1 = 200\sqrt{2}\sin(\omega t - \pi/2)$	$\dot{E}_1 = 200e^{-j90^\circ}$	$\dot{E}_1 = 150e^{j90^\circ}$	$\dot{E}_1 = 80$	$e_1 = 80\sqrt{2}\cos\omega t$	$\dot{E}_1 = 60 + j80$	$\dot{E}_1 = 90 + j120$											
$\dot{E}_2$ или e_2, В	$e_2 = 60\sqrt{2}\sin\omega t$	$\dot{E}_2 = 30$	$\dot{E}_2 = 30$	$e_2 = 100\sqrt{2}\sin(\omega t + \pi/2)$	$\dot{E}_2 = -100e^{j90^\circ}$	$\dot{E}_2 = 50e^{j90^\circ}$	$\dot{E}_2 = 60e^{j90^\circ}$	$e_2 = 60\sqrt{2}\sin\omega t$	$\dot{E}_2 = 30$	$\dot{E}_2 = 30$											
R_1, Ом	18	3	4	8	3	6	9	18	3	4											
R_2, Ом	6	9	12	4	6	3	16	6	9	12											
R_3, Ом	4	3	8	12	4	128	3	4	3	8											
X_1, Ом	24	4	3	6	4	4	12	24	4	3											
X_2, Ом	8	12	16	3	8	16	12	8	12	16											
X_3, Ом	3	4	6	9	3		4	3	4	6											
Метод решения задачи	Метод контурных токов				Метод узлового напряжения																

Окончание табл. 2.1

Величины	Варианты контрольного задания									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$\dot{E}_1$ или e_1, В	$e_1 = 200\sqrt{2}\sin(\omega t - \pi/2)$	$\dot{E}_1 = 200e^{-j90^\circ}$	$\dot{E}_1 = 200e^{-j90^\circ}$	$\dot{E}_1 = 150e^{j90^\circ}$	$\dot{E}_1 = 80$	$e_1 = 80\sqrt{2}\cos\omega t$	$\dot{E}_1 = 60 + j80$	$\dot{E}_1 = 90 + j120$	$e_1 = 200\sqrt{2}\sin(\omega t - \pi/2)$	$\dot{E}_1 = 200e^{-j90^\circ}$
$\dot{E}_2$ или e_2, В	$e_2 = 100\sqrt{2}\sin(\omega t + \pi/2)$	$\dot{E}_2 = -100e^{j90^\circ}$	$\dot{E}_2 = -100e^{j90^\circ}$	$\dot{E}_2 = 50e^{j90^\circ}$	$\dot{E}_2 = 60e^{j90^\circ}$	$e_2 = 60\sqrt{2}\sin\omega t$	$\dot{E}_2 = 30$	$\dot{E}_2 = 30$	$e_2 = 100\sqrt{2}\sin(\omega t + \pi/2)$	$\dot{E}_2 = -100e^{j90^\circ}$
R_1, Ом	8	3	3	6	9	18	3	4	8	3
R_2, Ом	4	6	6	3	16	6	9	12	4	6
R_3, Ом	12	4	4	12	3	4	3	8	12	4
X_1, Ом	6	4	4	8	12	24	4	3	6	4
X_2, Ом	3	8	8	4	12	8	12	16	3	8
X_3, Ом	9	3	3	16	4	3	4	6	9	3
Метод решения задачи	Метод узлового напряжения		Метод наложения							

Таблица 2.2

Величины	Варианты контрольного задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
e_1 или $\dot{E}_1$, В	$70.5\sin(\omega t-\pi/2)$	$60\sqrt{2}\sin\omega t$	$60\sqrt{2}\sin\omega t$	$-50\sqrt{2}\sin(\omega t-\pi/2)$	$60\sqrt{2}\sin\omega t$	$60\sqrt{2}\sin\omega t$	$200\sqrt{2}\sin(\omega t-\pi/2)$	$60\sqrt{2}\sin\omega t$	$6+j8$	$60\sqrt{2}\sin\omega t$
e_2 или $\dot{E}_2$, В	$70.5\sin(\omega t+\pi/2)$	$80\sqrt{2}\sin(\omega t+\pi/2)$	$-80\sqrt{2}\cos\omega t$	$-50\sqrt{2}\sin(\omega t+\pi/2)$	$-80\sqrt{2}\cos\omega t$	$-80\sqrt{2}\cos\omega t$	$100\sqrt{2}\cos(\omega t+\pi/2)$	$80\sqrt{2}\sin(\omega t+\pi/2)$	$3+j4$	$80\sqrt{2}\cos\omega t$
R_1, Ом	5	5	-	-	-	5	3	-	1	6
R_2, Ом	-	-	-	4	-	-	-	-	1	-
X_{L1}, Ом	-	-	-	3	-	-	-	5	-	-
X_{L2}, Ом	-	5	-	-	-	-	4	5	-	8
X_{C1}, Ом	-	-	10	-	5	-	-	-	-	-
X_{C2}, Ом	3	-	10	-	5	10	-	-	-	-
Замкнутые выключатели	K_2 K_4	K_2 K_5	K_1 K_4	K_3 K_6	K_1 K_4	K_2 K_4	K_2 K_5	K_3 K_5	K_2 K_6	K_2 K_5
Необходимо определить	E_1, i, P, Q, S	Z, I_m, ψ, P, Q	E_1, Z, i, U_{13}, Q	E_1, E_2, I_m, U_i, $\mathfrak{E}$	E_1, Z, ψ_i, ψ_{e2}, Q	E_1, Z, i, U_{12}, $\mathfrak{E}$	Z, I, ψ_i, Q, S	E_1, Z, i, U_{13}, P	e_2, I, Z, U_{13}, P	Z, i, ψ_i, U_R, P

Продолжение табл. 2.2

Величины	Варианты контрольного задания									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
e_1 или $\dot{E}_1$, В	$50\sqrt{2}\sin\omega t$	12+j16	$25\sqrt{2}\sin(\omega t-\pi/2)$	15+j12	30	$282\sin(\omega t-\pi/2)$	$60\sqrt{2}\sin\omega t$	18+j24	$100\sqrt{2}\sin(\omega t-\pi/2)$	24+j32
e_2 или $\dot{E}_2$, В	$-60\sqrt{2}\cos\omega t$	6+j8	$25\sqrt{2}\sin(\omega t+\pi/2)$	j4	-j40	$-141\sin(\omega t+\pi/2)$	$-80\sqrt{2}\sin(\omega t+\pi/2)$	12+j16	$-50\sqrt{2}\sin(\omega t+\pi/2)$	9+j12
R_1, Ом	3	1	3	-	-	4	8	5	4	1
R_2, Ом	-	1	-	-	5	-	-	5	-	1
X_{L1}, Ом	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-
X_{L2}, Ом	-	-	4	0.5	-	3	-	-	3	-
X_{C1}, Ом	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X_{C2}, Ом	4	-	-	-	10	-	6	-	-	-
Замкнутые выключатели	K_1 K_4	K_2 K_6	K_2 K_5	K_3 K_5	K_2 K_4	K_2 K_5	K_2 K_4	K_2 K_6	K_2 K_5	K_2 K_6
Необходимо определить	E_2, Z, I, U_{12}, Q	e_2, Z, I_m, U_{13}, P	E_2, Z, i, U_L, $\underline{Z}$	e_1, E_2, I, U_{12}, Q	E_2, Z, ψ_i, U_{13}, Q	Z, L_L, ψ_i, P, $\underline{Z}$	E_1, i, ψ_{e2}, P	e_2, Z, I, U_{12}, P	E_1, Z, I, U_{12}, $\underline{Z}$	i, Z, ψ_{e2}, U_{13},Q

Окончание табл. 2.2

Величины	Варианты контрольного задания									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
e_1 или $\dot{E}_1$, В	$70\sqrt{2}\sin\omega t$	$75\sqrt{2}\sin(\omega t-\pi/2)$	32+j14	60+j15	$282\sin\omega t$	$50e^{j\frac{\pi}{3}}$	12-j16	$282\sin\omega t$	$60\sqrt{2}\sin\omega t$	24+j15
e_2 или $\dot{E}_2$, В	$-100\sqrt{2}\cos\omega t$	$75\sqrt{2}\sin(\omega t+\pi/2)$	-j2	j4	$35.25\sin\omega t$	$100e^{j\frac{\pi}{6}}$	6+j8	$42.3\sin\omega t$	$80\sqrt{2}\sin(\omega t+\pi/2)$	j5
R_1, Ом	-	4	-	-	6	5	1	7	6	-
R_2, Ом	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
X_{L1}, Ом	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-	1
X_{L2}, Ом	-	3	0.5	-	7	5	-	6	8	1
X_{C1}, Ом	10	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-
X_{C2}, Ом	10	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-
Замкнутые выкл.	K_1 K_4	K_2 K_5	K_3 K_5	K_1 K_4	K_2 K_5	K_2 K_5	K_2 K_6	K_2 K_5	K_2 K_5	K_1 K_5
Необходимо определить	E_2, Z, i, U_{13}, P	E_1, E_2, Z, I, U_{13}	e_1, Z, I, i, τ_2	e_1, Z, I, U_{13}, Q	Z, i, ψ, U_L, Q	Z, I_m, U_R, P, Q	E_2, Z, U_{13}, P, τ_2	E_1, I, ψ_i, Q, S	Z, I, ψ_i, P, S	e_2, i, Z, U_{13}, Q

3. ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ТРАНЗИСТОРОВ

Пример выполнения контрольной работы №3.1

Определить коэффициенты усиления усилителя по току K_i, напряжению K_u и мощности K_p, а также сопротивление усилителя, выполненного по схеме с общим эмиттером. В рабочей точке транзистор имеет входное сопротивление h_{11} = 1.1 кОм, коэффициент усиления по току h_{21} = 32, выходную проводимость h_{22} = 18,5 х 10^{-6} См, коэффициент обратной связи по напряжению h_{12} = 2.8 х 10^{-4}, нагрузочное сопротивление R_H = 2 кОм.

Решение:

В малосигнальных усилителях низкой частоты при известных значениях сопротивления нагрузки R_H и генератора сигнала $R_Г$ и известных значениях h – параметров транзистора в избранной схеме включения в соответствующей рабочей точке основные параметры одиночного каскада могут быть рассчитаны по следующим формулам.

Коэффициенты усиления:

по току

$$K_I = \frac{\Delta I_{ВЫХ}}{\Delta I_{ВХ}} = \frac{h_{21}}{1 + h_{22} R_H};$$

по напряжению

$$K_U = \frac{\Delta U_{ВЫХ}}{\Delta U_{ВХ}} = \frac{h_{21} R_H}{h_{11}(1 + h_{22} R_H) - h_{12} h_{21} R_H};$$

по мощности

$$K_P = K_I K_U$$

Сопротивления:

входное

$$R_{ВХ} = \frac{h_{11}\left(h_{22} + 1/R_H\right) - h_{12} h_{21}}{h_{22} + 1/R_H};$$

выходное

$$R_{вых} = \frac{h_{11} + R_Г}{h_{22}(h_{11} + R_Г)h_{12}h_{21}}$$

В данной задаче коэффициенты усиления усилителя по току, напряжению, мощности и значения входного сопротивления усилителя, рассчитанные по точным формулам:

$$K_i = \frac{h_{21}}{(1+h_{11}R_H)} = \frac{32}{(1+18.5\cdot 10^{-6}\cdot 2000)} = 31$$

$$K_U = \frac{h_{21}R_H}{h_{11}(1+h_{22}R_H) - h_{12}h_{21}R_H} =$$

$$= \frac{32\cdot 2000}{1100(1+18.5\cdot 10^{-6}\cdot 2000) - 2.8\cdot 10^{-4}\cdot 32\cdot 2000} = 57$$

$$K_p = K_i K_u = 31\cdot 57 = 1770$$

$$R_{вх} \frac{h_{11}(h_{22} + \frac{1}{R_H}) - h_{12}h_{21}}{h_{22} + \frac{1}{R_H}} =$$

$$= \frac{11000(18.5\times 10^{-6} + \frac{1}{2000}) - 2.8\times 10^{-4}\times 32}{18.5\times 10^{-6} + \frac{1}{2000}} = 1080Ом$$

Контрольная работа № 3.1

Рассчитать схему однокаскадного низкочастотного усилителя: определить коэффициенты усиления по току K_i, напряжению K_u и мощности K_p, а также входное R_{BX} и выходное $R_{ВЫХ}$ сопротивления для заданного варианта схемы включения транзистора по его h-параметрам для рабочей точки. Величины сопротивления R_H нагрузки и внутреннего сопротивления генератора сигналов $R_Г$ приведены для соответствующего варианта контрольного задания в табл. 3.1.

Схемы включения транзисторов показаны на рис. 3.1 -3.3.

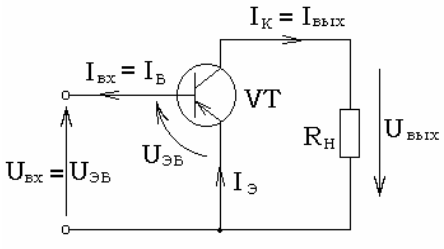


Рис. 3.1 Схема с общим эмиттером (ОЭ)

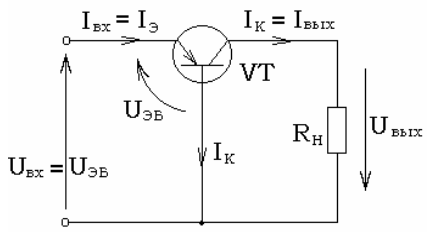


Рис. 3.2 Схема с общей базой (ОБ)

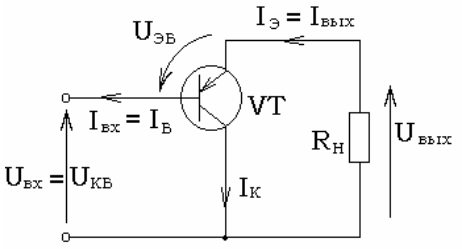


Рис. 3.3 Схема с общим коллектором (ОК)

Таблица 3.1

Варианты контрольного задания									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p-n-p	n-p-n	p-n-p	n-p-n	p-n-p	n-p-n	p-n-p	n-p-n	p-n-p	n-p-n
ОБ	ОЭ	ОК	ОБ	ОЭ	ОК	ОБ	ОЭ	ОК	ОБ
15,8	650	632	31	775	775	5,79	330	331	15,8
$30,62*10^{-3}$	$32*10^{-3}$	1	$3,2*10^{-4}$	$3*10^{-4}$	1	$0,202*10^{-3}$	$1,6*10^{-4}$	1	$-30,62*10^{-3}$
-0,975	40	-40	-0,96	24	-25	-0,9825	56	-57	-0,975
$3,76*10^{-6}$	$1,5*10^{-4}$	$2,44*10^{-3}$	$0,8*10^{-6}$	$20*10^{-6}$	$20*10^{-6}$	$1,1*10^{-6}$	$6,25*10^{-6}$	$101*10^{-6}$	$3,76*10^{-6}$
8	3,5	1,5	10	2,5	1,25	10,5	5,5	2	12
10	15	25	15	20	30	10	15	25	5

Продолжение табл. 3.1

Схема включения и параметры транзисторов	Варианты контрольного задания									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Тип транзистора	p-n-p	n-p-n	p-n-p	n-p-n	p-n-p	n-p-n	p-n-p	n-p-n	p-n-p	n-p-n
Схема включения	ОЭ	ОК	ОБ	ОЭ	ОК	ОБ	ОЭ	ОК	ОБ	ОЭ
h_{11}, Ом	650	632	31	775	775	5,79	330	331	15,8	650
h_{12}, Ом	$32*10^{-3}$	1	$3,2*10^{-4}$	$3*10^{-4}$	1	$0,202*10^{-3}$	$1,6*10^{-4}$	1	$-30,62*10^{-3}$	$32*10^{-3}$
h_{21}, Ом	40	-40	-0,96	24	25	-0,9825	56	-57	-0,975	40
h_{22}, Ом	$1,5*10^{-4}$	$2,44*10^{-3}$	$0,8*10^{-6}$	$20*10^{-6}$	$20*10^{-6}$	$1,1*10^{-6}$	$62,5*10^{-6}$	$1,1*10^{-6}$	$3,67*10^{-6}$	$1,5*10^{-4}$
$R_Н$, кОм	5	2	12,5	3,5	1,5	15	10	1	15	10
$R_Г$, кОм	7,5	35	5,5	4	20	8	9	30	6	8

Окончание табл. 3.1

Схема включения и параметры транзисторов	Варианты контрольного задания									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Тип транзистора	p-n-p	n-p-n	p-n-p	n-p-n	p-n-p	n-p-n	p-n-p	n-p-n	p-n-p	n-p-n
Схема включения	ОК	ОБ	ОЭ	ОК	ОБ	ОЭ	ОК	ОБ	ОЭ	ОК
h_{11}, Ом	632	31	775	775	5,79	330	331	15,8	650	632
h_{12}, Ом	1	$3{,}2*10^{-4}$	$3*10^{-4}$	1	$0{,}202*10^{-3}$	$1{,}6*10^{-4}$	1	$30{,}62*10^{-3}$	$32*10^{-3}$	1
h_{21}, Ом	-40	-0,96	24	-25	-0,9825	56	-57	-0,975	40	-40
h_{22}, Ом	$2{,}44*10^{-3}$	$0{,}8*10^{-6}$	$20*10^{-6}$	$20*10^{-6}$	$1{,}1*10^{-6}$	$62{,}5*10^{-6}$	$1{,}1*10^{-6}$	$3{,}67*10^{-6}$	$1{,}5*10^{-4}$	$2{,}44*10^{-4}$
$R_Н$, кОм	2,5	15	4,5	1,75	20	15	1,25	20	15	3
$R_Г$, кОм	20	4	5	30	7,5	5	20	10	15	30

Схема включения и параметры транзисторов	Тип транзистора	Схема включения	h_{11}, Ом	h_{12}, Ом	h_{21}, Ом	h_{22}, Ом	$R_н$, кОм	$R_г$, кОм

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Студенты должны систематически и последовательно изучать материал по темам, приведённым в данном разделе.

В разделе 6 «УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ» приведён список основной и дополнительной литературы. После каждой темы указана литература и страницы для изучаемого материала. Для изучения материала можно пользоваться только одним из приведённых учебников в списке «Основная литература».

Для более глубокого изучения материала или необеспеченностью осноной литературой можно пользоваться литературой приведенной в списке «Дополнительная литература».

После изучения определённых тем можно приступать к решению соответствующих задач приведённых в настоящем пособии. Вариант контрольного задания соответствует порядковому номеру в списке студентов в деканате.

5. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ОБЩАЯ ЭЛЕКРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»

Часть 1. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

1. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Тема 1.1. Цепи постоянного тока

1.1.1. Введение. Линейные и нелинейные электрические цепи. Источники ЭДС и источники тока. Закон Ома. Закон Ома для активного участка цепи [Л.1, стр. 4 – стр. 15] [Л.2, стр. 4 – стр. 19].

1.1.2. Законы Кирхгофа. Расчет цепи по законам Кирхгофа.

Энергетический баланс. Метод контурных токов. Метод узлового напряжения. [Л.1, стр. 15– стр. 35] [Л.2, стр. 19 – стр. 45].

1.1.3. Принцип наложения и метод наложения. Метод эквивалентного генератора. [Л.1, стр. 28– стр. 35] [Л.2, стр. 45 – стр. 48].

Тема 1.2. Электромагнитная индукция. Механические силы в магнитном поле

1.2.1. Явление электромагнитной индукции. Явление самоиндукции, индуктивность. Индуктивно связанные цепи. Явление взаимной индукции, взаимная индуктивность. Энергия магнитного поля, катушки. Механические силы в магнитном поле. [Л.1, стр. 37– стр. 42], [Л.2, стр. 60 – стр.61], [Л.2, стр. 72 – стр.75], [Л.2, стр. 120– стр.123].

Тема 1.3 Переменный электрический ток

1.3.1. Синусоидальный ток и основные характеризующие его величины. Среднее и действующее значение тока. Изображение синусоидальной функции на комплексной плоскости. [Л.1, стр. 45– стр. 53] [Л.2, стр. 60 – стр.69]

1.3.2. Активное сопротивление, индуктивность и емкость в цепи синусоидального тока [Л.1, стр. 53– стр. 57] [Л.2, стр. 70 – стр.84].

1.3.3. Основы символического метода расчета цепей синусоидального тока. Комплексное сопротивление и проводимость. Законы Кирхгофа в символической форме. Топографическая диаграмма. [Л.1, стр. 57– стр. 70] [Л.2, стр. 106 – стр.113]

1.3.4. Двухполюсник в цепи синусоидального тока. Активная, реактивная и полная мощности. [Л.1, стр. 70– стр. 77] [Л.2, стр. 86 – стр.89]. Баланс мощности в цепи синусоидального тока [Л.1, стр. 85– стр. 88] [Л.2, стр. 112 – стр. 113].

1.3.5. Резонанс напряжений. Резонанс токов [Л.1, стр. 88– стр. 94], [Л.2, стр. 90 – стр.95], [Л.2, стр. 100 – стр.105].

Тема 1.4. Трехфазные цепи

1.4.1.Трехфазная система ЭДС. Синхронный генератор. Схемы соединения трехфазных цепей. Линейные и фазные токи и напряжения. Расчет трехфазных цепей. [Л.1, стр. 104– стр. 114] [Л.2, стр. 123– стр.148].

1.4.2. Круговое вращающееся магнитное поле [Л.2, стр. 406 – стр.413].

2. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Тема 2.1. Переходные процессы в линейных электрических цепях

2.1.1. Общие сведения. Определение переходных процессов. Расчет переходных процессов классическим методом. Принужденные (установившиеся) и свободные токи и напряжения. Первый и второй законы коммутации. Начальные условия. Нахождение постоянных интегрирования [Л.1, стр. 132– стр. 135], [Л.2, стр. 149– стр. 159].

2.1.2. Переходные процессы в цепи постоянного тока с одним индуктивным элементом [Л.1, стр. 135– стр. 140], [Л.2, стр. 152– стр. 156].

2.1.3. Переходные процессы в цепи постоянного тока с одним ёмкостным элементом [Л.1, стр. 140– стр. 143], [Л.2, стр. 166– стр. 169].

2. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Тема 3.1. Нелинейные электрические цепи постоянного тока

3.1.1. Основные определения нелинейных электрических цепей постоянного тока. Вольтамперные характеристики нелинейных резисторов. Последовательное, параллельное соединение нелинейных сопротивлений. Методы расчета нелинейных цепей [Л.1, стр. 159– стр. 60], [Л.2, стр. 50– стр. 54].

Тема 3.2. Магнитные цепи

3.2.1. Основные величины характеризующие магнитное поле. Основные характеристики ферромагнитных материалов. Закон полного тока. Магнитодвижущая (намагничивающая) сила [Л.1, стр.168 – стр175], [Л.2, стр.193 – стр. 202].

3.2.2. Катушка с магнитопроводом в цепи переменного тока.

Потери в сердечниках нелинейных индуктивных катушек, обусловленные вихревыми токами. Потери в ферромагнитном сердечнике, обусловленные гистерезисом [Л.1, стр. 182– стр. 192], [Л.2, стр. 203 – стр. 206], [Л.2, стр. 223 – стр. 226].

3.2.3. Основные соотношения для трансформатора со стальным сердечником. [Л.1, стр.196 – стр. 200], [Л.2, стр.203 – стр. 206], [Л.2, стр.301 – стр.321].

4. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Тема 4.1. Электростатическое поле

4.1.1. Напряженность и потенциал. Вектор электрической индукции. Теорема Гаусса. Емкость. [Л.5, стр. 531 – стр. 547].

Тема 4.2. Магнитное поле постоянного тока

4.2.1. Основные величины, характеризующие магнитное поле. [Л.5, стр. 617 – стр. 619].

Часть 2. ЭЛЕКТРОНИКА

5. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Тема 5.1.Полупроводниковый диод

5.1.1. Электропроводность полупроводников. Электронно- дырочный (p-n) переход. Прямое и обратное включение p-n перехода. Вольт-амперные характеристики p-n перехода. [Л.1, стр. 237– стр. 243], [Л.3, стр.3 – стр. 28].

5.1.2.Полупроводниковый диод и его устройство. Назначение,

области использования и классификация диодов. Параметры и характеристики полупроводниковых диодов. Схема замещения полупроводникового диода. [Л.1, стр. 237– стр. 243], [Л.3, стр.28 – стр.53].

Тема 5.2.Биполярные транзисторы

5.2.1. Биполярный транзистор его устройство и принцип работы. Условное обозначение биполярного транзистора. Типы биполярных транзисторов. Схемы включения биполярных транзисторов. Режимы работы биполярных транзисторов. Схемы замещения би-

полярных транзисторов. [Л.1, стр. 245– стр. 248], [Л.3, стр.53 – стр. 89].

Тема 5.3. Полевые транзисторы

5.3.1.Устройство полевого транзистора и принцип его работы. Полевые транзисторы с p-n переходом и их устройство. Полевые транзисторы МОП структуры и их устройство. Условные обозначения полевых транзисторов. Назначение и область использования полевых транзисторов. Классификация полевых транзисторов. Параметры и характеристики полевых транзисторов. Схемы включения полевых транзисторов. Режимы работы полевых транзисторов. Схемы замещения полевых транзисторов. [Л.1, стр. 248– стр. 254], [Л.3, стр.89 – стр. 111].

Тема 5.4.Тиристоры

5.4.1.Понятие тиристора его устройство и принцип работы. Классификация тиристоров. Вольт-амперные характеристики тиристоров. Область использования тиристоров. [Л.1, стр. 254– стр. 256], [Л.3, стр.112 – стр.123].

Тема 5.5. Элементы оптоэлектроники

5.5.1.Устройство и принцип работы полупроводниковых оптоэлектронных устройств. Вольт-амперные характеристики полупроводниковых оптоэлектронных устройств. Параметры и область использования полупроводниковых оптоэлектронных устройств. [Л.3, стр.124 – стр.137].

6. ЭЛЕКТРОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

Тема.6.1. Усилители на биполярных транзисторах

6.1.1.Усилительный каскад на биполярном транзисторе. Принцип работы усилителя. Нагрузочная прямая усилителя. Классы усиления усилительного каскада. Задание режима покоя и его стабилизация. Назначение, область использования и классификация усилителей. Основные параметры и характеристики усилителей. Каскады усиления на полевых транзисторах. [Л.1, стр. 279 – стр. 288], [Л.3, стр.157 – стр. 165, стр. 178– стр.194].

Тема 6.2.Операционные и решающие усилители

6.2.1. Дифференциальный усилительный каскад. Его назначение, принципы построения и режим работы. Понятие операционного усилителя и области его применения. Операционные схемы на

операционных усилителях (решающие усилители). Масштабирующие операционные усилители, преобразователь тока в напряжение, повторитель напряжения, сумматор, интегратор, дифференциатор. [Л.1, стр. 288– стр.300], [Л.3, стр.194 – стр.215].

7. ВТОРИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Тема 7.1. Выпрямительные устройства.

7.1.1. Понятие и классификация выпрямителей. Структурная схема выпрямителя. Сущность процесса выпрямления на примере однофазной однополупериодной схемы. Виды нагрузок выпрямителей. Принцип работы однофазной схемы выпрямления (со средней точкой) и активной нагрузке. Диаграммы токов и напряжений. Принцип работы однофазной мостовой схемы. [Л.1, стр. 258– стр.269], [Л.3, стр. 256 – стр. 283].

Тема 7.2. Сглаживающие фильтры и стабилизаторы.

7.2.1. Назначение, классификация и принципы построения сглаживающих фильтров и стабилизаторов. [Л.1, стр. 258– стр.269], [Л.3, стр. 256 – стр. 283].

8. УСТРОЙСТВА ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ.

Тема 8.1. Логические микросхемы.

8.1.1.Основные сведения об алгебре логики, логических операциях. Типы логических элементов. Базовые элементы. Свойства и сравнительные характеристики современных интегральных систем элементов. [Л.3, стр. 289 – стр.412].

8.1.2. Методы и средства автоматизации схемотехнического проектирования электронных схем [Л.3, стр. 424– стр.440]. Понятие об интерфейсах [Л.10, стр.670].

9. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Тема 9.1. Машины постоянного тока [Л.1, стр.377– стр.413], [Л.2, стр. 342 – стр.401].

Тема 9.2.Машины переменного тока [Л.1, стр.377– стр.413], [Л.2, стр. 401– стр.463].

Тема 9.3.Общие сведения об автоматизированном электроприводе [Л.1, стр.511– стр.527], [Л.2, стр.499 – стр.524].

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основная литература

2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. Учеб. для вузов 7-е изд.,стер. – М.: Высш. шк., 2002. – 542 с.: ил.

3. Борисов Ю.М., Липатов Д.Н. Зорин Ю.Н. Электротехника / Учебник для вузов.− 2-е изд., перераб. и доп. − М.: Энергоатомиздат, 1985. 552 с., ил.

4. Лачин В.И., Савёлов Н.С. Электроника: Учеб. пособие. ─ Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2000.− 448 с.

2. Дополнительная литература

3. Бессонов Л.А., Теоретические основы электротехники. 9 изд. – М.: Высш. шк. 1996. – 638 с.

4. Бессонов Л.А., Теоретические основы электротехники. 4 изд. – М.: Высш. шк. 1964.– 750 с.: ил.

5. Зевеке Г.В. и др. Основы теории цепей. 5 изд. – М.: Энергоатомиздат. 1989.-528 с.: ил.

6. Ушаков В.Н. Электротехника и электроника. М.: Радио и связь 1997.-328 с.: ил.

7. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. М.: Высш. шк. 1982.-496 с.: ил.

3. Методические указания и пособия

8. Мартынов А.А. Электротехника и электроника (контрольные работы). Методические указания для самостоятельной работы./ СамГТУ, филиал в г. Сызрань 2003 г.

7. ПРИМЕРНЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ « ОБЩАЯ ЭЛЕКРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ

Часть 1

1. Основные понятия электрических цепей.
2. Пассивные элементы электрических цепей.
3. Активные элементы электрических цепей.
4. Реальные источники энергии. Условие эквивалентности источников.
5. Обобщенный закон Ома. Законы Кирхгофа.
6. Метод эквивалентного генератора.
7. Метод наложения.
8. Баланс мощности в электрической цепи.
9. Эквивалентные преобразования в резистивных цепях.
10. Анализ электрических цепей методом узловых потенциалов.
11. Анализ электрических цепей методом контурных токов.
12. Потенциальная диаграмма цепи постоянного тока.
13. Синусоидальный ток и его основные характеристики.
14. Изображение синусоидальных величин векторами на комплексной плоскости. Обратный переход.
15. Резистор в цепи переменного тока.
16. Индуктивность в цепи переменного тока.
17. Емкостный элемент в цепи переменного тока.
18. Полное сопротивление и проводимость двухполюсника в цепи синусоидального тока. Треугольник сопротивлений.
19. Закон Ома и законы Кирхгофа для цепей синусоидального тока.
20. Алгоритм расчета цепей синусоидального тока символическим комплексным методом. Векторно-топографические диаграммы.
21. Мощность в цепях синусоидального тока. Измерение мощности.
22. Баланс мощности в цепях синусоидального тока.

23. Частотные характеристики электрической цепи. ЛЧХ. ФЧХ. ЛАЧХ.

24. Последовательный колебательный контур. Резонанс напряжений.

25. Параллельный колебательный контур. Резонанс напряжений.

26. Трехфазная система ЭДС. Способы соединения обмоток трехфазного генератора.

27. Симметричный режим работы трехфазной цепи при соединении нагрузки в звезду. Основные соотношения. Векторная диаграмма.

28. Симметричный режим работы трехфазной цепи при соединении нагрузки в треугольнике. Основные соотношения. Векторная диаграмма.

29. Несимметричные режимы в трехфазных цепях. Анализ трехфазных цепей со смешанной нагрузкой.

30. Мощность в трехфазной цепи. Измерение мощности в трехфазных цепях.

31. Преимущества трехфазных систем.

32. Магнитные цепи. Основные законы магнитной цепи.

33. Расчет разветвленных магнитных цепей. Вебер-амперные характеристики.

34. Нелинейные электрические цепи.

35. Переходные процессы в электрических цепях. Принужденные и свободные составляющие токов и напряжений.

36. Законы коммутации. Зависимые и независимые начальные условия.

37. Характеристическое уравнение. Характер свободного процесса в зависимости от вида корней характеристического уравнения.

38. Порядок расчета переходных процессов классическим методом.

39. Операторный метод расчета переходных процессов.

40. Электромагнитные устройства. Дроссели. Магнитные усилители.

41. Трансформаторы. Режимы работы и схемы замещения.

42. Физические основы работы электрических машин.

43. Двигатель постоянного тока. Конструкция, принцип работы.

44. Генератор постоянного тока. Конструкция, принцип работы.

45. Механические характеристики двигателей постоянного тока.

46. Конструкция и принцип действия синхронного генератора.

47. Конструкция и принцип действия синхронного двигателя.

48. Асинхронные машины. Конструкция, принцип работы.

49. Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей.

50. Механические характеристики асинхронных двигателей.

Часть 2.

1. Электроника в машиностроительном производстве. Элементная база электроники.

2. Полупроводниковые диоды. Назначение, области использования и классификация.

3. Биполярные, транзисторы. Схемы включения и характеристики.

4. Полевые транзисторы. Классификация, характеристики и области применения.

5. Тиристоры. Классификация, характеристики и области применения.

6. Электровакуумные и газоразрядные приборы. Области применения.

7. Оптоэлектронные приборы. Области применения.

8. Интегральные микросхемы. Система обозначений интегральных схем.

9. Усилители электрических сигналов. Основные характеристики.

10. Схемотехника усилительных устройств на транзисторах.

11. Операционный усилитель. Основные параметры,

12. Преобразователи аналоговых сигналов на операционных усилителях.

13. Однофазные выпрямители, фильтры и стабилизаторы напряжения.

14. Трехфазные выпрямители тиристорные преобразователи.

15. Генераторы синусоидальных колебаний.

16. Понятие дискретных электронных устройств, Описание импульсных сигналов.

17. Математические основы цифровых устройств, Логические элементы

18. Комбинационные логические устройства.

19. Последовательностные логические устройства

20. Полупроводниковые запоминающие устройства.

21. Программируемые логические интегральные схемы.

22. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП).

23. Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП).

24. Общие сведения и области использования микропроцессорных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бессонов Л.А*. ТОЭ. М.: Высш. шк., 1996.
2. *Кузовкин В.А*. Теоретическая электротехника: Учебник. М.: Логос, 2002.
3. *Касаткин А.С., Немцов М.В*. Электротехника. М.: Высш. шк., 2000.
4. *Лачин В.И., Савелов Н.С*. Электроника. Ростов н/Д.: Феникс, 2000.
5. *Опадчий Ю. Ф. и др*. Аналоговая и цифровая электроника. М.: Горячая линия – Телеком, 2002.
6. *Ушаков В. Н*. Электротехника и электроника. М.: Радио и связь, 1997.
7. *Бессонов Л.А*. Сборник задач по ТОЭ. М.: Высш. шк., 2001.
8. *Берёзкина Т.Ф. и др*. Задачник по общей электротехнике с основами электроники. М.: Высш. шк., 2001.

Оглавление

Введение ……1
1. Основные законы и методы анализа линейных электрических цепей……..3
1.1. Источники и потребители электрической энергии постоянного тока…..……..3
1.2. Метод эквивалентных преобразований……8
1.3. Метод применения закона Кирхгофа……15
1.4. Метод контурных токов……20
1.5. Метод узлового напряжения……..21
1.6. Метод наложения……23
1.7. Метод эквивалентного генератора……29
2. Электрические цепи переменного тока……...33
3. Основные схемы включения транзисторов……46
4. Методические рекомендации по изучению теоретической части курса…….……...52
5. Рабочая программа дисциплины «Общая электротехника и электроника»……52
6. Учебно - методические материалы дисциплины ..……..…...58
7. Примерные экзаменационные вопросы ……..58
Библиографический список……...62

Электротехника и электроника.
Контрольные работы

Составители: *МЕЛЕШКИН Юрий Александрович*
МАРТЫНОВ Анатолий Анатольевич
КУЛИКОВ Вячеслав Иванович

Редактор В. Ф. Елисеева
Технический редактор В. Ф. Елисеева

Подписано в печать
Формат 60 × 84 1 / 16
Печать офсетная. Усл. п. л.
Усл. кр. – отт. Уч.- изд. л.
Заказ Тираж 100 экз. С. – 209

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарский государственный технический университет».
443100 г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус.