

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет _____ Энергетический _____

Кафедра _____ Технических систем и робототехники _____

УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
для студентов заочной формы обучения
по дисциплине «Электротехника, электроника и электропривод»
наименование дисциплины (модуля)

для направления подготовки (специальности) 23.05.01 Наземные
транспортно-технологические средства

код и наименование направления подготовки (специальности)

() – 4 .

– .

() (,) – .

– экзамен (5)

Краткое содержание курса

Содержание

1. Электрические цепи постоянного тока.
2. Источник ЭДС и источник тока.
3. Линейные и нелинейные электрические цепи.
4. Напряжение на участке цепи.
5. Закон Ома для участка цепи.
6. Законы Кирхгофа.
7. Уравнения по законам Кирхгофа.
8. Потенциальная диаграмма.
9. Баланс мощностей в электрических цепях.
10. Метод контурных токов.
11. Метод наложения.
12. Метод двух узлов.
13. Метод эквивалентного генератора.
14. Преобразования электрических схем
15. Электрические цепи однофазного синусоидального тока.
16. Среднее и действующее значения синусоидально изменяющейся величины.
17. Изображение синусоидально изменяющихся величин векторами на комплексной плоскости.
18. Резистивный элемент в цепи синусоидального тока.
19. Индуктивный элемент в цепи синусоидального тока.
20. Емкостной элемент в цепи синусоидального тока.
21. Комплексное сопротивление.
22. Мощности в цепях синусоидального тока.
23. Резонанс напряжений.
24. Резонанс токов.
25. Трехфазные цепи. Трехфазная система ЭДС.
26. Схемы соединения трехфазных цепей.
27. Транзисторы.
28. Диоды.
29. Тиристоры.
30. Оптоэлектроника.
31. Микросхемы стандартной логики.

Форма текущего контроля

Контрольная работа

Рекомендации по определению варианта, задание для выполнения контрольной работы, методические рекомендации по выполнению контрольной работы приведены ниже (стр.6-24).

Другие формы текущего контроля

Проверка конспектов лекций, практических заданий (задач).

Форма промежуточного контроля

Экзамен

Перечень примерных вопросов для подготовки к экзамену:

1. Электрические цепи постоянного тока.
2. Источник ЭДС и источник тока.
3. Линейные и нелинейные электрические цепи.
4. Напряжение на участке цепи.
5. Закон Ома для участка цепи.
6. Законы Кирхгофа.
7. Уравнения по законам Кирхгофа.
8. Потенциальная диаграмма.
9. Баланс мощностей в электрических цепях.
10. Метод контурных токов.
11. Метод наложения.
12. Метод двух узлов.
13. Метод эквивалентного генератора.
14. Преобразования электрических схем
15. Электрические цепи однофазного синусоидального тока.
16. Среднее и действующее значения синусоидально изменяющейся величины.
17. Изображение синусоидально изменяющихся величин векторами на комплексной плоскости.
18. Резистивный элемент в цепи синусоидального тока.
19. Индуктивный элемент в цепи синусоидального тока.
20. Емкостной элемент в цепи синусоидального тока.
21. Комплексное сопротивление.
22. Мощности в цепях синусоидального тока.
23. Резонанс напряжений.
24. Резонанс токов.
25. Трехфазные цепи. Трехфазная система ЭДС.
26. Схемы соединения трехфазных цепей.
27. Оператор a трехфазной системы.
28. Разложение несимметричной системы на системы прямой, обратной и нулевой последовательности фаз.
29. Переходные процессы в линейных электрических цепях.
30. Методы расчета переходных процессов в линейных электрических цепях.
31. Магнитные цепи.
32. Ряды Фурье.
33. Транзисторы.

34. Диоды.
35. Тиристоры.
36. Оптоэлектроника.
37. Микросхемы стандартной логики.

Оформление письменной работы согласно МИ 4.2-5/47-01-2013

Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации

Основная литература

1. Бычков, Ю.А. Основы теоретической электротехники : учеб. пособие / Ю.А. Бычков, В.М. Золотницкий, Э.П. Чернышев. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2004. - 592 с.
2. Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи [Электронный ресурс] : учеб. пособие - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2009. - 592 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90>. - Загл. с экрана.
3. Бессонов, Лев Алексеевич. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник / Бессонов Лев Алексеевич. - 11-е изд., испр. и доп. - Москва : Гардарики, 2006. - 701 с.
4. Иванов, Иван Иванович. Электротехника : учеб. пособие / Иванов Иван Иванович, Соловьев Герман Иванович. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2008. - 496 с.
5. Теоретические основы электротехники : учебник : В 3 т. Т.3 / Демирчян Камо Серопович [и др.]. - 4-е изд., доп. - Санкт-Петербург : Питер, 2006. - 377с.

Дополнительная литература

1. Прянишников, Виктор Алексеевич. Электротехника и ТОЭ в примерах и задачах : практ. пособие / Прянишников Виктор Алексеевич, Е. А. Петров, Ю. М. Осипов; под ред. В.А. Прянишникова. - Санкт-Петербург : КОРОНА - Век, 2008. - 336с.
2. Касаткин, Александр Сергеевич. Курс электротехники : учебник / Касаткин Александр Сергеевич, Немцов Михаил Васильевич. - 9-е изд., стер. - Москва : Высш. шк., 2007. - 542с.
3. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле : учеб. пособие / Г.И. Атабеков [и др.]. - Санкт-Петербург : Лань, 2009. - 432 с.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

1. ЭБС «Лань».
2. ЭБС «Консультант студента».
3. ЭБС «БиблиоРоссика».

*Указываются базы данных, информационно-справочные и поисковые системы необходимые для проведения конкретных видов занятий по дисциплине.

Ведущий преподаватель

Дейс Д.А.

Заведующий кафедрой

Лапшакова Л.А.

Контрольная работа

**по дисциплине «Электротехника, электроника
и электропривод»**

Содержание контрольной работы

Задача №1. Провести анализ линейной цепи постоянного тока.

Задача №2. Анализ линейной цепи переменного синусоидального тока.

Задача №3. Анализ трёхфазной электрической цепи при схеме соединения приёмников “звездой”.

Задача №4. Расчет двухполупериодного выпрямителя, питаемого от однофазного трансформатора.

Требования к контрольной работе.

1. Контрольная работа выполняется в тетради в клетку аккуратным разборчивым почерком или в электронном виде на формате А4, с указанием соответствующих данных на титульном листе (ФИО, группа, семестр, дисциплина, шифр зачетной книжки, номер выбранного варианта).
2. Все схемы расчётные, таблицы и векторные диаграммы выполнять карандашом, или в специальных программах для ЭВМ (Компас, AutoCad и др.).
3. Задачи должны содержать исходные данные по вашему варианту, сведённые в таблицу, электрическую схему и необходимые пояснения к ходу решения. Все вычисления приводить в решении задач.
4. Контрольная работа загружается в личный кабинет студента на сайте университета. Предоставляется в распечатанном виде преподавателю.

Задача №1 Анализ линейной цепи постоянного тока.

Схемы электрических цепей приведены после таблицы №1. Параметры элементов схемы помещены в таблице №1. Вариант определяется как сумма последних трех цифр шифра зачетки.

Требуется:

1. Составить уравнения по законам Кирхгофа (не решая их).
2. Определить токи ветвей методом контурных токов.

3. Составить баланс мощностей.
4. Определить показания вольтметра.

I. Краткие теоретические положения.

1. Законы Кирхгофа

Первый закон Кирхгофа. Алгебраическая сумма токов ветвей, сходящихся в узле, равна нулю. $\sum \pm I = 0$.

Второй закон Кирхгофа. В замкнутом электрическом контуре алгебраическая сумма всех источников э.д.с. равна алгебраической сумме падений напряжений на сопротивлениях контура $\sum \pm E = \sum \pm I \cdot R$.

При этом в левой части с плюсом берутся те эдс, направление которых совпадает с направлением обхода контура, а в правой части уравнения с плюсом берутся те падения напряжения, направление токов которых совпадает с направлением обхода контура.

Уравнения по законам Кирхгофа записывают для $n-1$ узла электрической цепи, где n – число узлов эл.цепи.

Независимый контур - это контур, включающий по крайней мере одну новую ветвь и ветви выбранных ранее контуров.

2. Баланс мощностей.

Сумма мгновенных значений мощностей источников в электрической цепи равна сумме мгновенных значений мощностей, потребляемых этой цепью $\sum P_{генер} = \sum P_{потр.}; \sum \pm E_j I_j = \sum I^2 R$.

При этом в левой части произведение с плюсом, если направление э.д.с. и тока совпадает.

3. Метод контурных токов.

Метод контурных токов позволяет уменьшить количество уравнений, составляемых по законам Кирхгофа. Контурными называются условные (расчётные) токи, замыкающиеся только по

своим контурам. Направлениями контурных токов задают произвольно.

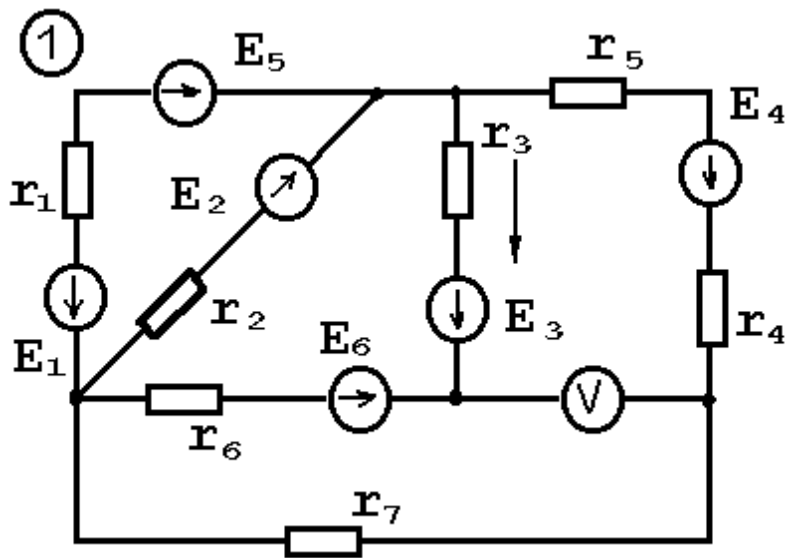
Ток любой ветви находят как алгебраическую сумму контурных токов, замыкающихся по этой ветви.

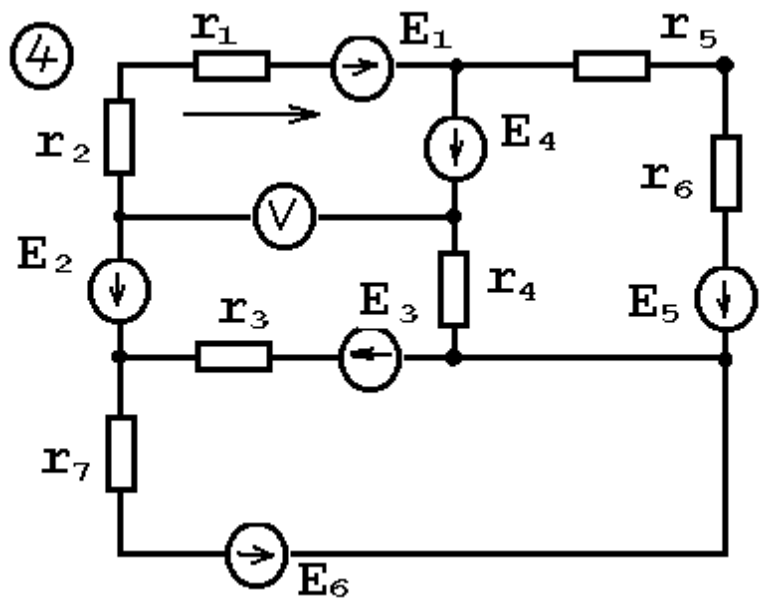
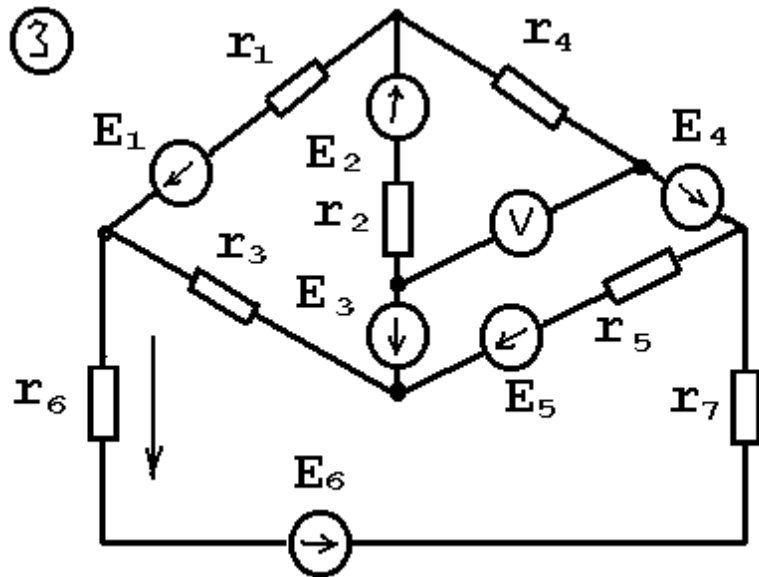
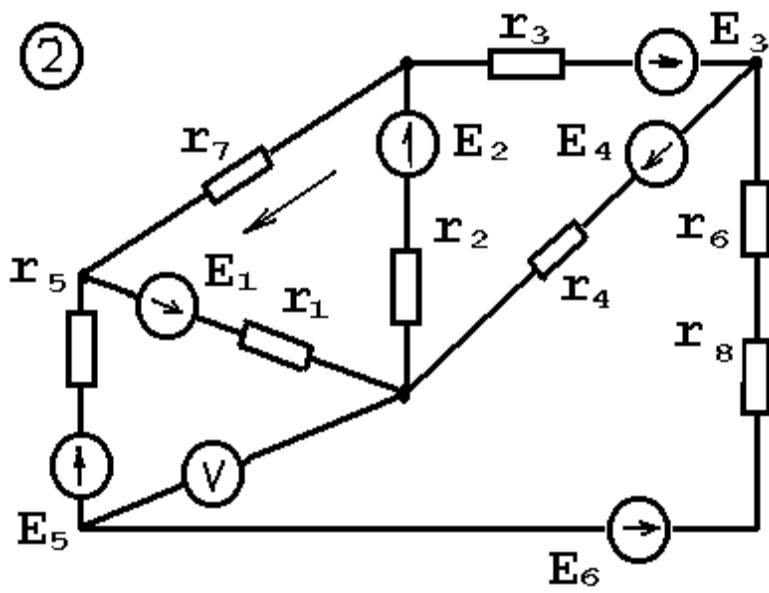
Таблица 1

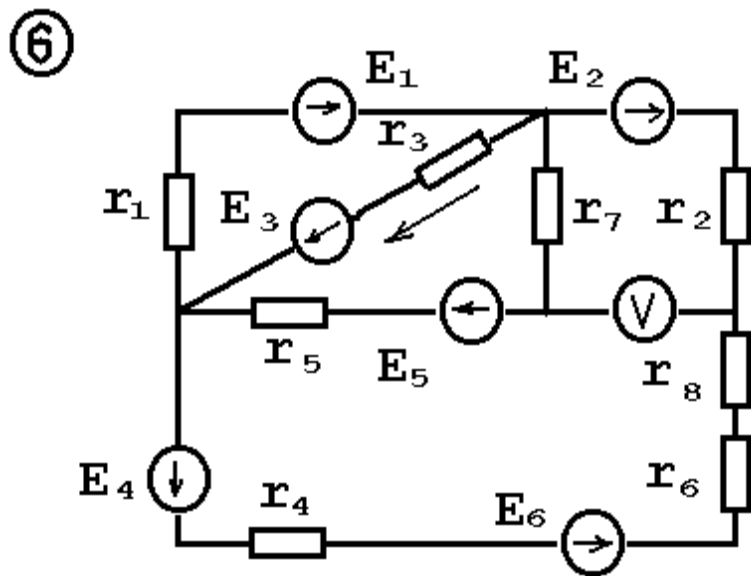
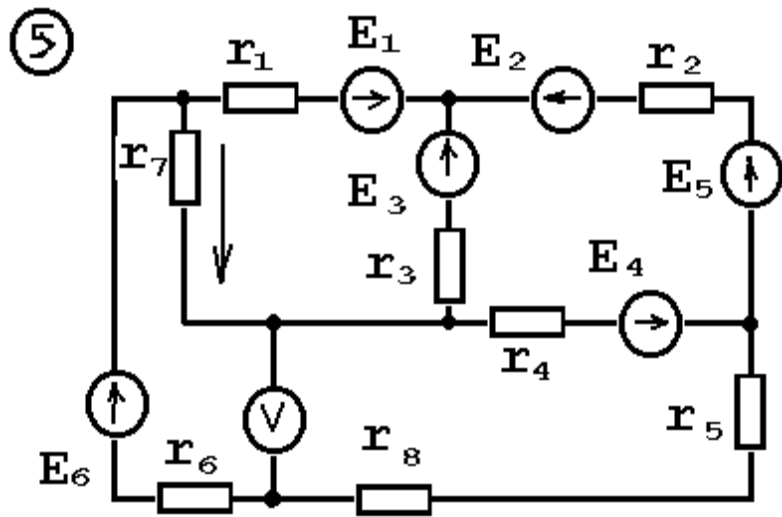
№ вар	№ рис	E1	E2	E3	E4	E5	E6	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
		B							Om								
1	1	10	5	12	10	10	18	1	2	4	2	4	10	2	-	-	-
2	2	10	8	5	12	8	12	2	4	6	4	4	4	3	8	-	-
3	3	15	6	8	5	15	15	4	8	10	6	8	8	5	-	-	-
4	4	18	8	6	8	8	10	6	10	8	2	8	6	6	-	-	-
5	5	12	10	10	6	12	8	2	8	2	4	10	8	5	2	-	-
6	6	10	5	12	10	10	15	1	2	4	2	4	10	2	5	-	-
7	7	10	8	5	12	8	12	2	8	2	4	10	8	5	2	-	-
8	8	15	6	8	5	8	10	6	10	8	2	8	6	6	-	-	-
9	9	18	8	-	8	8	10	6	10	8	2	8	6	6	-	-	-
10	10	12	10	10	-	12	8	2	8	2	4	10	-	5	2	2	-
11	11	10	-	20	-	30	40	10	5	2	4	10	8	2	-	-	-
12	12	10	8	15	20	-	5	2	4	3	1	2	5	4	-	-	-
13	13	20	10	15	30	-	-	2	8	10	12	10	1	-	-	-	-
14	14	5	8	10	40	-	-	3	5	8	10	2	12	10	-	-	-
15	15	15	20	40	10	-	-	10	5	2	8	15	2	10	-	-	-
16	1	20	5	12	10	10	18	6	2	4	2	4	10	2	-	-	-
17	2	15	8	5	12	8	12	4	4	6	4	4	4	3	8	-	-
18	3	20	6	8	5	15	15	8	8	10	6	8	8	5	-	-	-
19	4	15	8	6	8	8	10	3	10	8	2	8	6	6	-	-	-
20	5	18	10	10	6	12	8	5	8	2	4	10	8	5	2	-	-
21	6	16	5	12	10	10	15	2	2	4	2	4	10	2	5	-	-
22	7	22	8	5	12	8	12	4	8	2	4	10	8	5	2	-	-
23	8	25	6	8	5	8	10	5	10	8	2	8	6	6	-	-	-

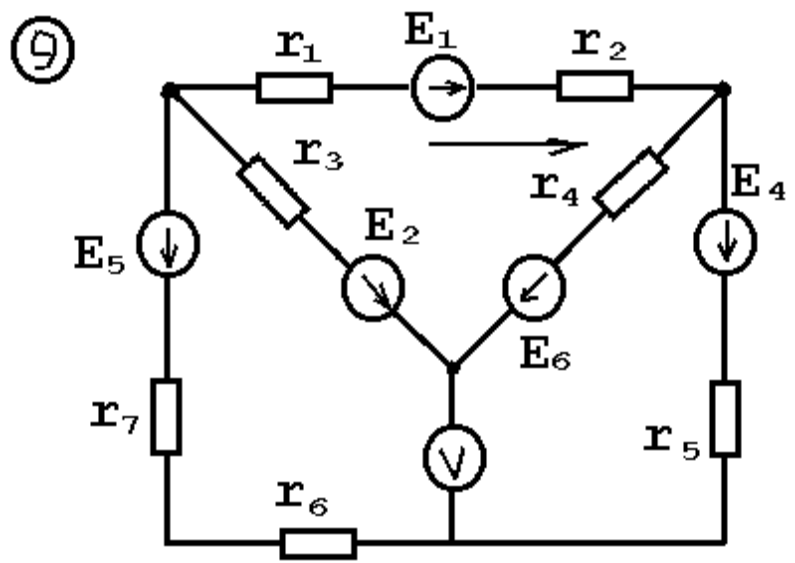
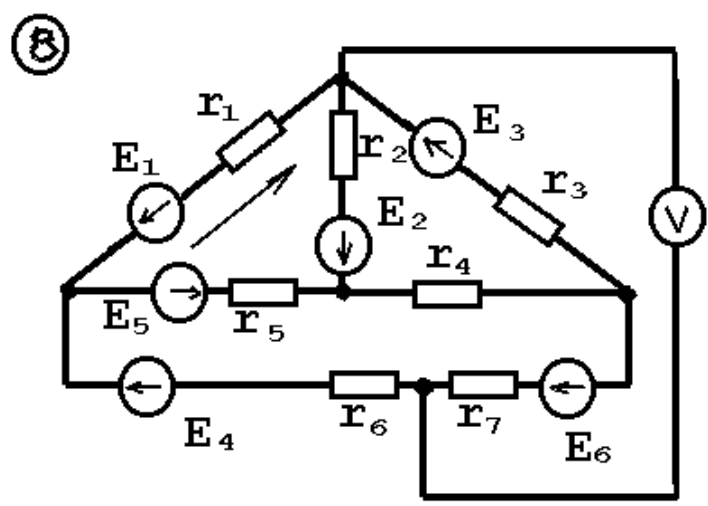
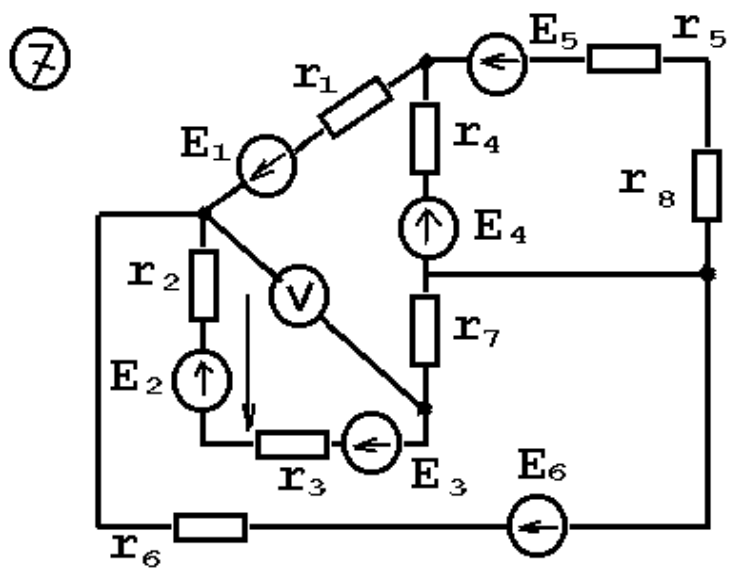
24	9	15	8	-	8	8	10	3	10	8	2	8	6	6	-	-	-
25	10	18	10	10	-	12	8	4	8	2	4	10	-	5	2	2	-
26	11	13	-	20	-	30	40	8	5	2	4	10	8	2	-	-	-
27	12	16	8	15	20	-	5	4	4	3	1	2	5	4	-	-	-
28	13	25	10	15	30	-	-	4	8	10	12	10	1	-	-	-	-
29	14	10	8	10	40	-	-	5	5	8	10	2	12	10	-	-	-
30	15	22	20	40	10	-	-	6	5	2	8	15	2	10	-	-	-

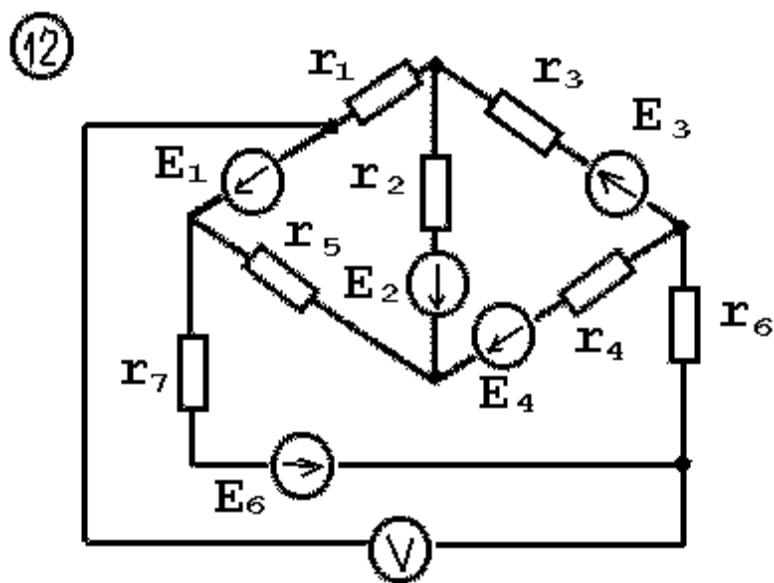
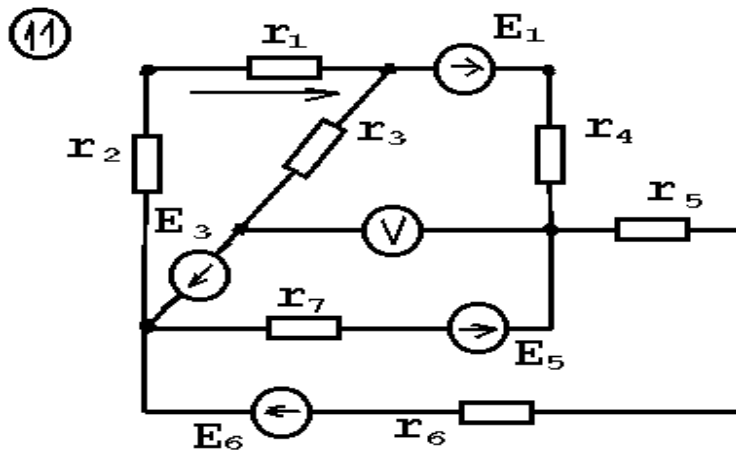
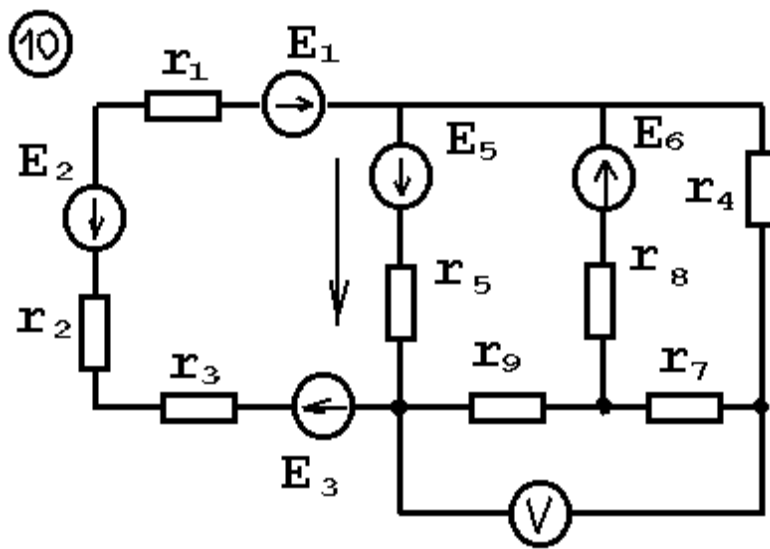
Схемы электрических цепей:



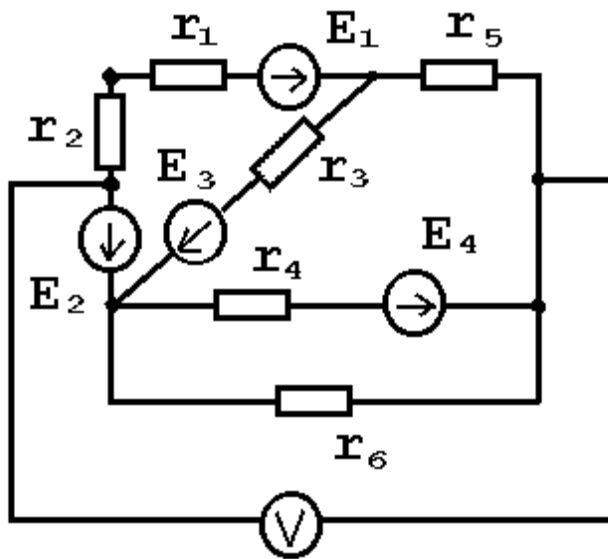




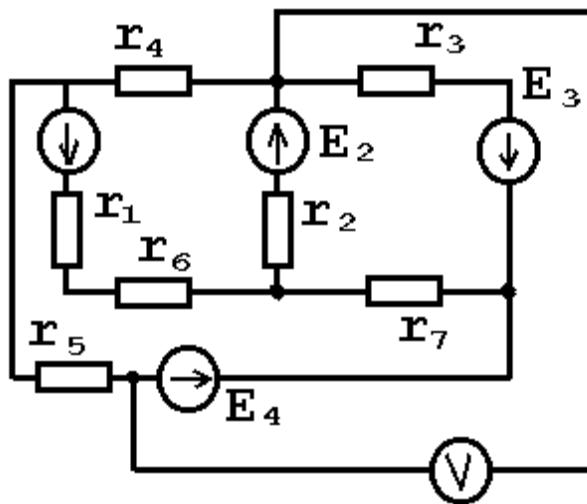


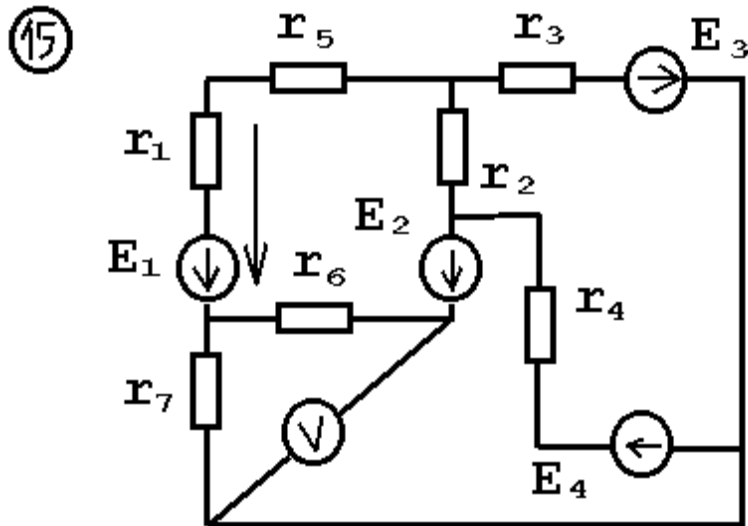


13



14





Задача №2. Анализ линейной цепи переменного синусоидального тока.

Схема электрической цепи показана на рис.3. Параметры элементов схемы помещены в таблице 2. Вариант определяется как сумма последних трех цифр шифра зачетки.

Электрическая цепь переменного синусоидального тока с частотой $f=50$ Гц. Находится под действием источника напряжения $e = E_m \sin(\omega t + \varphi_e)$. С учётом положения выключателей В1- В7 определить для своего варианта:

1. полные и комплексные сопротивления участков цепи;
2. все токи ветвей;
3. полные, реактивные и активные мощности отдельных участков цепи и всей электрической цепи;
4. построить векторные диаграммы токов и напряжений;

II. Краткие теоретические положения

1. Формы представления синусоидальных величин.

а) тригонометрическая форма записи мгновенных величин

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i);$$

б) форма записи комплексных чисел показательная:

$$I = Ie^{j\psi} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} e^{j\psi} = Ae^{j\psi}$$

в) алгебраическая:

$$\bar{I} = I \cos \psi + jI \sin \psi = a + jb, \text{ где } A = \sqrt{a^2 + b^2}$$

где а и в- проекции на ось действительных и мнимых чисел соответственно.

Таблица 2

№	Em, В	φе, С	UL3, В	I3, А	R1, Ом	R2, Ом	R3, м	R4, Ом	R5, Ом	XL1, Ом	XL3, Ом	XL6, Ом	Xc1, Ом	Xc4, Ом	Xc7, Ом	Выключатели замкнуты
1	100	30	-	-	2	-	-	6	10	-	-	-	5	8	25	B1,B4,B5,B7
2	-	-	32	-	-	4	12	-	20	4	16	5	-	-	-	B2,B3,B5,B6
3	150	40	-	-	4	-	8	3	14	-	6	-	4	4	-	B1,B3,B4,B5
4	100	60	-	-	2	-	-	6	10	-	-	-	5	8	25	B1,B4,B5,B7
5	-	-	40	-	-	4	12	-	20	10	16	50	-	-	-	B2,B3,B5,B6
6	-	-	-	5	-	3	7	15	44	4	24	-	-	20	-	B2,B3,B4,B5
7	200	0	-	-	-	2	10	-	20	16	10	-	-	-	20	B2,B3,B5,B7
8	-	-	64	-	-	4	12	-	20	4	32	5	-	-	-	B2,B3,B5,B6
9	-	-	-	10	-	3	7	15	44	4	24	-	-	20	-	B2,B3,B4,B5
10	141	20	-	-	10	-	12	-	40	-	16	50	10	-	-	B1,B3,B5,B6
11	200	0	-	-	4	-	24	3	20	-	7	-	4	4	-	B1,B3,B4,B5
12	-	-	-	20	-	3	7	15	22	4	24	-	-	20	-	B2,B3,B4,B5
13	300	45	-	-	10	-	6	-	40	-	8	50	10	-	-	B1,B3,B5,B6
14	-	-	64	-	4	-	24	3	20	-	7	-	4	4	-	B1,B3,B4,B5
15	282	30	-	-	10	-	12	-	50	-	16	100	10	-	-	B1,B3,B5,B6
16	150	30	-	-	2	-	-	6	20	-	-	-	5	8	25	B1,B4,B5,B7
17	-	-	32	-	-	4	12	-	40	4	16	5	-	-	-	B2,B3,B5,B6
18	300	40	-	-	4	-	8	3	28	-	6	-	4	4	-	B1,B3,B4,B5

19	200	60	-	-	2	-	-	6	20	-	-	-	5	8	25	B1,B4,B5,B7
20	-	-	40	-	-	4	12	-	40	10	16	50	-	-	-	B2,B3,B5,B6
21	-	-	-	5	-	3	7	15	22	4	24	-	-	20	-	B2,B3,B4,B5
22	150	0	-	-	-	2	10	-	40	16	10	-	-	-	20	B2,B3,B5,B7
23	-	-	64	-	-	4	12	-	40	4	32	5	-	-	-	B2,B3,B5,B6
24	-	-	-	10	-	3	7	15	22	4	24	-	-	20	-	B2,B3,B4,B5
25	200	20	-	-	10	-	12	-	20	-	16	50	10	-	-	B1,B3,B5,B6
26	150	0	-	-	4	-	24	3	40	-	7	-	4	4	-	B1,B3,B4,B5
27	-	-	-	20	-	3	7	15	44	4	24	-	-	20	-	B2,B3,B4,B5
28	200	45	-	-	10	-	6	-	20	-	8	50	10	-	-	B1,B3,B5,B6
29	-	-	64	-	4	-	24	3	40	-	7	-	4	4	-	B1,B3,B4,B5
30	300	30	-	-	10	-	12	-	25	-	16	100	10	-	-	B1,B3,B5,B6

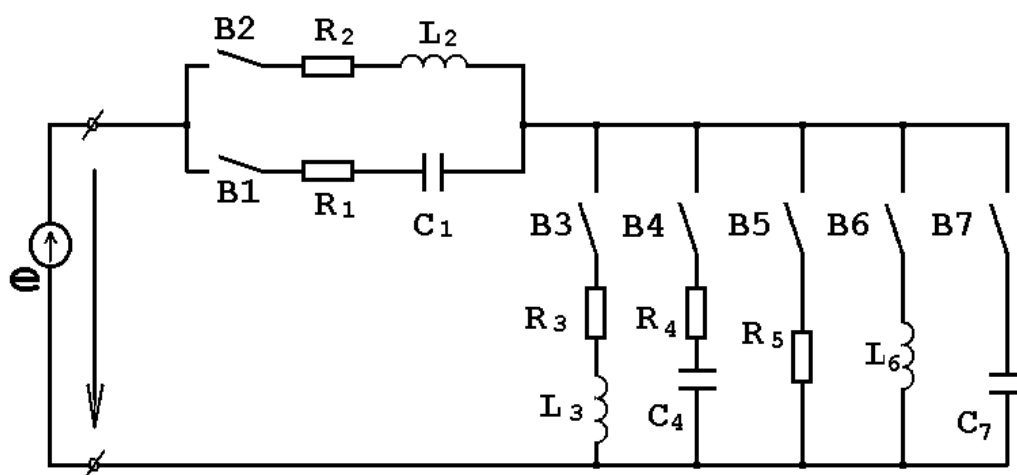


Рис. 3

Задача №3. Анализ трёхфазной электрической цепи при схеме соединения приёмников “звездой”

В трёхфазную сеть с симметричной системой линейных напряжений $U_{л}$ включён трёхфазный потребитель электроэнергии, фазы которого имеют комплексные сопротивления Z_a , Z_b , Z_c и соединены “звездой” (рис.5). В таблице №3 даны варианты задания. Вариант определяется как сумма последних трех цифр шифра зачетки.

Определить:

1. Линейные и фазные токи;
2. Активную P , реактивную Q и полную S мощности потребителя;
3. Показания приборов: амперметра и вольтметра;
4. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

II. Краткие теоретические положения.

1. Трёхфазная система питания потребителей электроэнергии.

Трёхфазная система питания электрических цепей представляет собой совокупность трёх синусоидальных ЭДС или напряжений, одинаковых по частоте и амплитудному значению, сдвинутых по фазе относительно друг друга на угол 120° .

$$E_A = E_{Am} \sin \omega t;$$

$$E_B = E_{Bm} \sin (\omega t - 2\pi/3);$$

$$E_C = E_{Cm} \sin (\omega t + 2\pi/3).$$

В симметричных источниках питания максимальные значения ЭДС равны, соответственно равны и действующие значения ЭДС

$E_A = E_B = E_C = E_\phi$. Пренебрегая внутренним сопротивлением источника, можно принять соответствующие ЭДС источника равными напряжениям, действующим на его зажимах:

$$E_A = U_A, E_B = U_B, E_C = U_C.$$

Комплексные напряжения симметричного источника питания могут быть представлены системой уравнений:

$$U_a = U_\phi e^{j0};$$

$$U_b = U_\phi e^{-j120};$$

$$U_c = U_\phi e^{+j120}.$$

Фазным называется напряжение между началом и концом фазы. Линейным назовём напряжение между двумя линиями или

между началами двух фаз. Соотношение между линейным и фазным напряжениями симметричного источника питания:
 $U_{л} = \sqrt{3} U_{ф}$.

2. Трёхфазные электрические цепи при соединении фаз приёмников “звездой”.

При соединении фаз трёхфазного источника питания “звездой” концы фаз источника X, Y, Z объединены в общую нейтральную точку N , а начала фаз A, B, C подключаются к соответствующим линейным проводам Aa, Bb, Cc . Аналогичным образом при соединении трёхфазных потребителей объединяются в нейтральную точку n концы его фаз x, y, z , при начала фаз a, b, c подключаются к линейным проводам.

Линейные токи $I_{л}$ в питающих линиях имеют условно-положительное направление от источника энергии к приёмнику. При соединении приёмника энергии по схеме “звезда” линейные токи I_A, I_B, I_C одновременно являются и фазными токами приёмника I_a, I_b, I_c , т.е.

$$I_A = I_a; I_B = I_b; I_C = I_c.$$

Трёхфазные источники питания практически всегда выполняются симметричными. Трёхфазные потребители электроэнергии могут быть симметричными и несимметричными. Для симметричных приёмников электроэнергии справедливы соотношения, полученные для трёхфазных симметричных источников питания.

При этом:

$$U_a = U_b = U_c = U_{ф};$$

$$U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_{л};$$

$$Z_a = Z_b = Z_c = Z_{ф};$$

$$\cos\psi_a = \cos\psi_b = \cos\psi_c = \cos\psi_{ф}; U_{л} = \sqrt{3} U_{ф}.$$

Для несимметричных приёмников не все эти соотношения соблюдаются.

При анализе трёхфазных электрических цепей широко используется метод комплексных чисел.

При несимметричной нагрузке комплексные сопротивления фаз приёмника не одинаковы ($Z_a \neq Z_b \neq Z_c$), при этом комплексное напряжение

U_{nN} , напряжение между нейтральными точками N и n системы, определяют по методу двух узлов:

$$U_{nN} = \frac{E_a * Y_a + E_b * Y_b + E_c * Y_c}{Y_a + Y_b + Y_c}, \quad (B)$$

где E_a, E_b, E_c – комплексные напряжения источника питания.

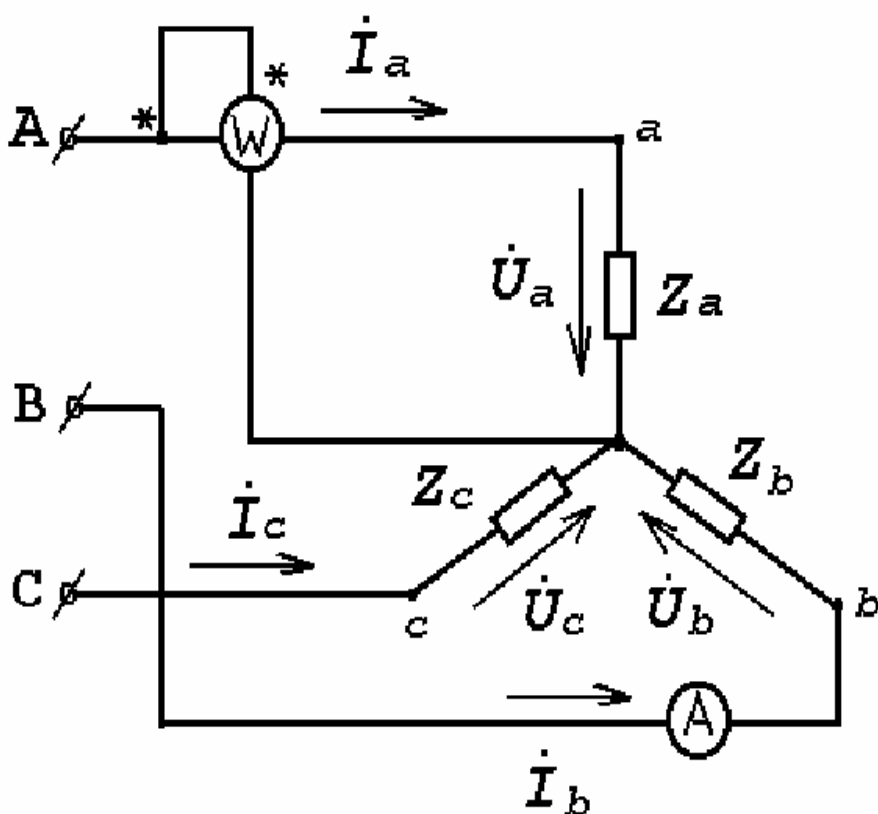


Рис. 5

Таблица 3.

№ вар.	Za, Ом	Zb, Ом	Zc, Ом	Ул, В
1	15+j10	10-j20	J40	380
2	10-j10	20+j20	10e ^{j30}	220
3	15-j20	15	20e ^{j45}	660
4	20+j10	J30	10	660
5	30	10e ^{j45}	10-j20	220
6	10e ^{j40}	-j20	15+j10	380
7	20e ^{-j30}	j15	10+j10	380
8	10e ^{j90}	10+j15	20	220
9	J40	15e ^{-j45}	40-j10	660
10	-j20	10e ^{j30}	15	380
11	10-j10	10+j10	15e ^{j45}	660
12	20+j20	30	20e ^{j30}	220
13	10e ^{-j90}	10+j20	15	220
14	15e ^{j60}	25	-j30	660
15	25e ^{j45}	10+j30	10e ^{j90}	380
16	10+j10	10-j10	10	220
17	20-j20	10+j10	20-j10	380
18	5-j10	10+j5	10e ^{j45}	220

19	$25+j25$	$10-j20$	$30e^{j30}$	660
20	$20e^{j30}$	$10+j20$	$30e^{-j30}$	380
21	50	$40-j20$	$20+j40$	660
22	$10+j30$	$20e^{-j90}$	10	220
23	40	$10-j20$	$30+j10$	380
24	$30-j10$	50	$20+j20$	380
25	$40-j20$	$30e^{j45}$	50	660
26	10	$20e^{j30}$	$30e^{-j60}$	220
27	40	$20+j10$	$30-j30$	220
28	50	$10+j30$	$30e^{-j90}$	380
29	$20-j20$	60	$50e^{j90}$	660
30	$50e^{j90}$	50	$40-j10$	660

Задача №4. Расчет двухполупериодного выпрямителя, питаемого от однофазного трансформатора.

Амплитуда напряжения вторичной обмотки трансформатора двухполупериодной схемы выпрямителя U_{2m} . Определить выпрямленный ток, проходящий через каждый диод I_0 , если сопротивление нагрузки R_n . В таблице №4 даны варианты задания. Вариант определяется как сумма последних двух цифр шифра зачетки.

Определить:

1. Определить выпрямленный ток, проходящий через каждый диод.

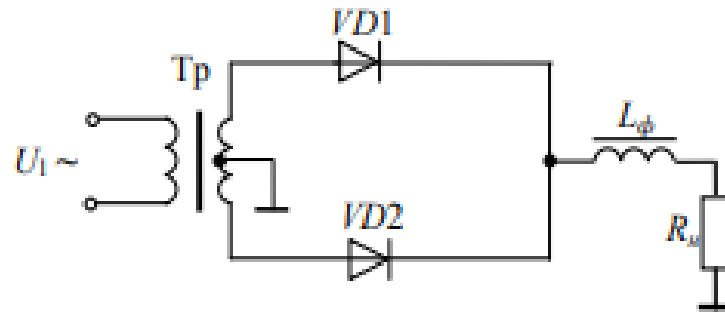


Рис.6. Двухполупериодный выпрямитель.

Таблица 4.

№ варианта	U2m, В	Rн, Ом
1	300	150
2	418	296
3	261	188
4	269	152
5	212	220
6	260	277
7	214	280
8	275	185
9	257	237
10	228	238
11	249	162
12	211	270
13	330	202
14	199	213
15	179	170
16	155	168
17	227	209
18	425	217