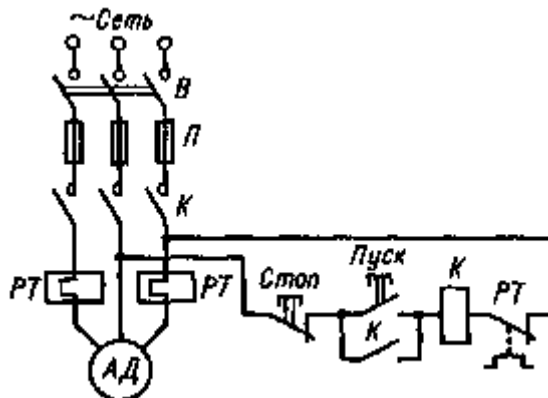


Министерство образования и науки РБ
ГБПОУ «Бурятский лесопромышленный колледж»



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Специальность

- 08.02.05 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов
- 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта
- 35.02.03 Технология деревообработки
- 27.02.02 Техническое регулирование и управление качеством
- 08.02.07 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции.
- 08.02.11. Управление, эксплуатация и содержание многоквартирного дома
- 25.04.07 Технология лесозаготовок

Дисциплина

Электротехника и электроника

2016г.

Методические указания по выполнению практических занятий Улан-Удэ: 2016 г. 43 стр.

Специальность

08.02.05 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов
23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта
35.02.03 Технология деревообработки
27.02.02 Техническое регулирование и управление качеством
08.02.07 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции.
08.02.11. Управление, эксплуатация и содержание многоквартирного дома
25.04.07 Технология лесозаготовок

«Электротехника и электроника»

(наименование дисциплины)

Научно-методический совет
БЛПК
«__» _____ 200__ г.

Автор: Громакина Е.М.
(Ф. И.О.)

преподаватель
(занимаемая должность и место работы)

Рецензент: Цырендылыкова Н.Б
(Ф. И. О.)

Преподаватель физики
(занимаемая должность и место работы)

Оглавление

Введение

Раздел I. Общие требования.....4

Раздел II. Указания к выполнению лабораторных работ.....4

Лабораторные работы

1. Расчет электрической цепи постоянного тока.5
2. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока законами Кирхгофа.7
3. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока методами контурных токов, наложения, узлового потенциала.....9
4. Определение потенциалов в замкнутой цепи постоянного тока.12
5. Расчет цепей переменного тока при последовательном соединении.....15
6. Расчет цепей переменного тока при параллельном соединении.17
7. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей звездой. 19
8. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником.....21
9. Расшифровка электроизмерительных приборов.....23
- 10.Расчёт параметров электрических двигателей.....26
- 11.Составление схемы управления электроприводом.....29
- 12.Изучение устройства асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.....31
- 13.Изучение устройства асинхронного двигателя с фазным ротором.....31
- 14.Расчет параметров полупроводниковых диодов.....33
- 15.Расчет и составление схем биполярного транзистора.....38

Библиографический список.....43

Введение

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам II курса при изучении дисциплины «Электротехника и электроника» - в организации эффективной работы по усвоению методики проведения практических работ

- в умении пользоваться измерительными приборами;
- в формировании практических навыков расчетов цепей постоянного и переменного тока, со справочным материалом, исследовательских умений (сравнивать, анализировать, делать выводы, оформлять результаты).

Проведение практических работ включает в себя освоение курса «Электротехника и электроника» по разделам: «Электрические цепи постоянного тока», «Электрические цепи переменного тока» и «Трёхфазные электрические цепи», «Трансформаторы», «Электрические двигатели», «Полупроводниковые приборы», «Электронные усилители», «Электронные генераторы».

Раздел I. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Требования к теоретической готовности студентов.

Для выполнения практических работ необходимы теоретические знания тем: «Электрические цепи постоянного тока», «Электрические цепи переменного тока» и «Трёхфазные электрические цепи», «Трансформаторы», «Электрические двигатели», «Полупроводниковые приборы», «Электронные усилители», «Электронные генераторы».

- Требования по технике безопасности и охране труда.

Общие указания

Цели:

1. Освоить методику расчета цепей и схем постоянного и переменного тока
2. Строить графики зависимостей электрических величин, вольт – амперные характеристики и другое.

Оснащение:. Методические рекомендации. Литература.

Ход работы

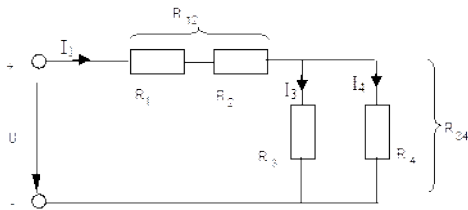
1. Изучить по учебнику (1) теоретический материал.
2. Начертить структурную электрическую схему.
3. Записать ход работы.
4. Заполнить таблицу исходных данных
3. Выполнить работу.
4. Оформить отчет на формате А₄ и защитить работу преподавателю.

Практическая работа №1

Расчет электрической цепи постоянного тока.

Цель работы: Научиться определять расчетным путём эквивалентное сопротивление, токи и напряжения на каждом резисторе, а так же общий ток, напряжение. Мощность, количество электроэнергии за бчасов

Общие сведения: Цепь состоит из последовательно (R_1 и R_2) и параллельно (R_3 и R_4) соединенных резисторов.



Чтобы вычислить полное сопротивление цепи сначала определяют эквивалентное сопротивление параллельного участка:

$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}.$$

Затем определяют эквивалентное сопротивление всей цепи, состоящей теперь из трёх последовательно соединённых сопротивлений:

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + R_{34}.$$

Для расчёта токов в этой цепи необходимо сначала определить по закону Ома ток в эквивалентном сопротивлении, он же в сопротивлениях R_1 и R_2 :

$$I_1 = \frac{U}{R_{\Sigma}}.$$

После этого опять же по закону Ома определяются напряжение на участке с параллельным соединением и токи в параллельных ветвях:

$$U_{34} = I_1 R_{34}; \quad I_3 = \frac{U_{34}}{R_3}; \quad I_4 = \frac{U_{34}}{R_4}.$$

Мощность цепи определяется : $P = I U$

Задания

Цепь постоянного тока содержит резистивные элементы, включенные смешанно. Определить эквивалентное сопротивление цепи, ток и напряжение в каждом сопротивлении и общее; мощность в цепи; составить баланс мощности.

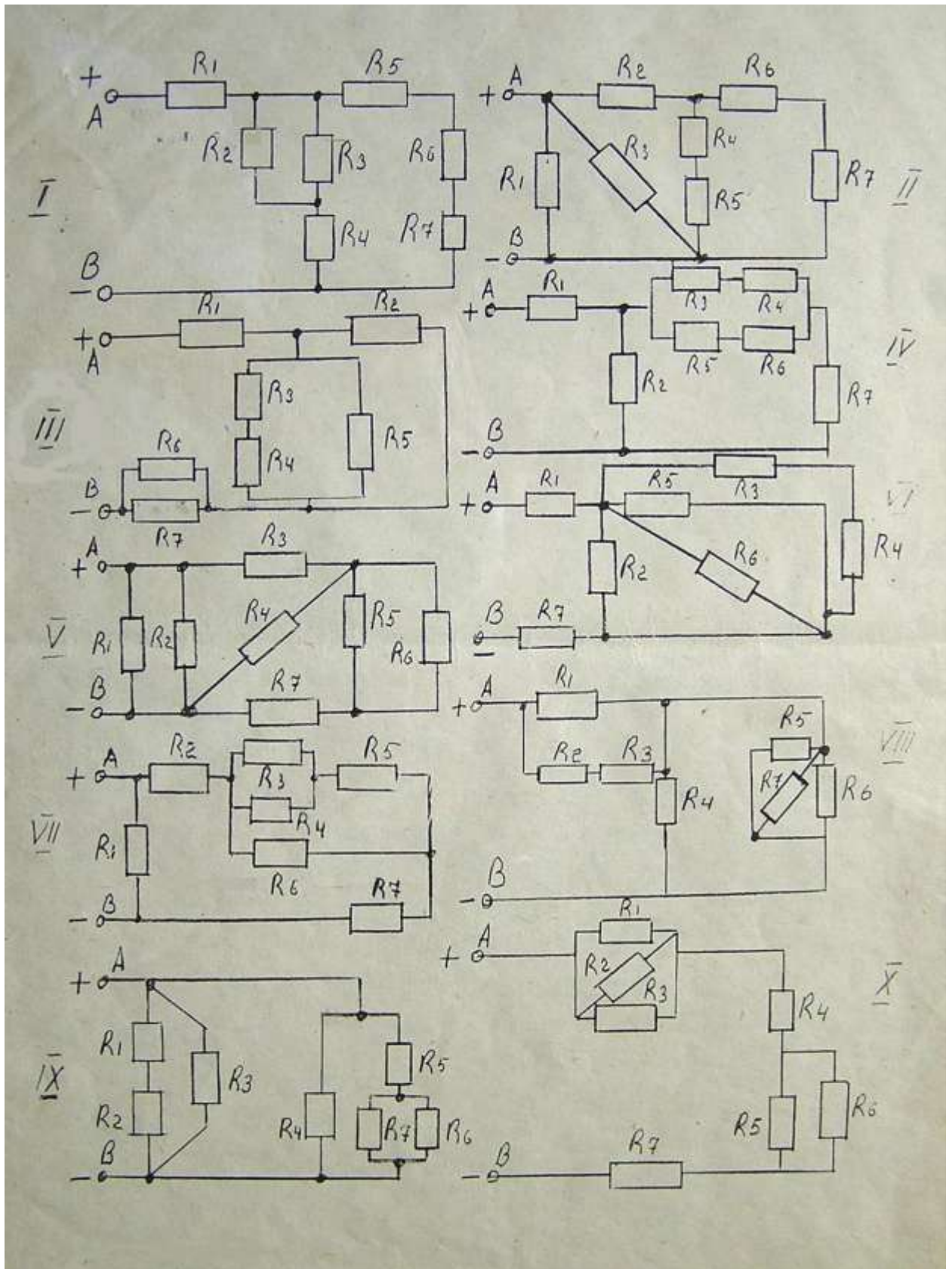


ТАБЛИЦА 1

Номер варианта	Номер схемы	Заданная величина	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	R ₄ , Ом	R ₅ , Ом	R ₆ , Ом	R ₇ , Ом
1	I	I ₃ =3 А	2	6	12	6	5	4	6
2	II	I ₇ =3 А	12	3	12	8	4	2	2
3	III	I ₄ =5 А	2	6	1	5	6	10	15
4	IV	I ₅ =3 А	4	10	12	18	12	8	3
5	V	U ₁ =240 В	12	6	6	18	24	12	1
6	VI	I ₅ =2 А	1	6	10	2	6	12	2
7	VII	I ₆ =2 А	4	2	10	15	4	15	4
8	VIII	I ₆ =4 А	6	4	2	12	12	9	18
9	IX	U _{AB} =360 В	10	20	20	9	12	10	15
10	X	I ₁ =2 А	6	4	12	2	8	8	1

Контрольные вопросы:

1. Формулировка закона Ома для участка цепи
2. Формулировка закона Ома для полной цепи
3. Какой электрический параметр не меняется по всей цепи при последовательном и параллельном соединении резисторов.
4. Формулировка законов Кирхгофа

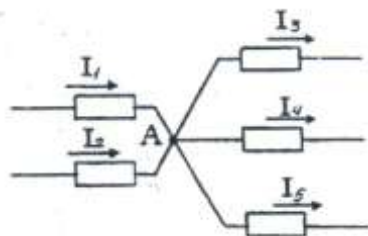
Практическая работа №2

Расчет сложной электрической цепи постоянного тока законами Кирхгофа.

Цель работы: Научиться определять токи, пользуясь законами Кирхгофа.

Общие сведения

Первый закон Кирхгофа



На рисунке 2 показана часть электрической схемы с электрическим узлом или точкой разветвления (см. точку А). Это такая точка электрической схемы, где соединены три или большее число проводов (на рисунке 2 таких проводов 5).

Рис.2 Первый закон Кирхгофа устанавливает соотношение между токами в узле. Он формулируется так: Сумма токов, направленных к узлу, равна сумме токов, направленных от него. Для узла А можно написать:

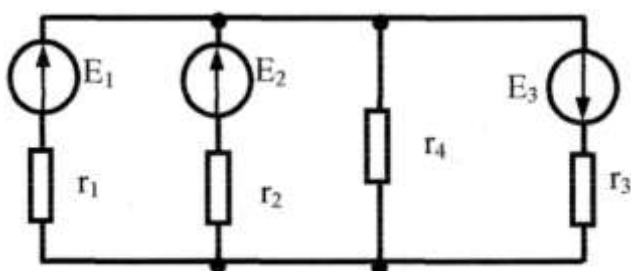
$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5 \text{ или так } I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0, \text{ а в общем виде } \sum I = 0 \text{ т. е.}$$

алгебраическая сумма токов в узле равна нулю. При этом токи, направленные от узла, считаются отрицательными.

На рисунке изображена схема сложной электрической цепи: E_1, E_2 – э.д.с. источников энергии; R_{01}, R_{02} – их внутренние сопротивления; R_1, R_2, R_3 – сопротивления резисторов.

Задание

В цепи э.д.с. источников питания равны E_1, E_2, E_3 , а сопротивления ветвей соответственно r_1, r_2, r_3, r_4 (включая внутреннее сопротивление источников питания). Определить силы токов во всех ветвях цепи и режим работы каждого из источников. Задачу решить методом узлового напряжения и контурных токов. Составить баланс мощности.



Вариант	Данные к задаче 1.3						
	$E_1, \text{В}$	$E_2, \text{В}$	$E_3, \text{В}$	$r_1, \text{Ом}$	$r_2, \text{Ом}$	$r_3, \text{Ом}$	$r_4, \text{Ом}$
1	120	220	100	1	2	4	5
2	220	120	120	5	4	2	1
3	120	220	150	4	2	1	5
4	120	220	100	5	1	2	4
5	220	150	120	2	4	5	1
6	120	220	150	1	2	4	5
7	300	200	120	5	4	2	1
8	400	200	150	4	2	1	5
9	200	300	150	5	1	2	4
10	200	400	120	2	4	5	1

Контрольные вопросы:

1. Дайте формулировку первого закона Кирхгофа.
2. Дайте формулировку второго закона Кирхгофа.
3. Что такое узел
4. Что такое контур

Практическая работа №3

Расчет сложной электрической цепи постоянного тока методами контурных токов, наложения, узлового потенциала.

Цель работы: Научиться определять токи, пользуясь методами контурных токов, наложения, узлового потенциала.

Теоретическое обоснование: Метод контурных токов

При расчете методом контурных токов в заданной цепи определяют независимые замкнутые контуры и задаются условным положительным направлением контурных токов в них. Под **контурными токами** понимают расчетные (условные) токи, замыкающиеся в соответствующих контурах.

Независимые контуры можно обозначить цифрами 1, 2, 3, ..., а замыкающиеся в них контурные токи — двойными индексами, соответствующими данному контуру, I_{11} , I_{22} , I_{33} , Для определения контурных токов составляют уравнения по второму закону Кирхгофа, число которых должно быть равно числу контурных токов.

При записи указанных уравнений положительные знаки должны быть взяты для тех слагаемых, в которых токи и ЭДС имеют направления, совпадающие с выбранным направлением обхода контура. В противном случае указанные слагаемые в уравнениях берут с отрицательным знаком.

Решая совместно уравнения, составленные по второму закону Кирхгофа, находят значения контурных токов, а по ним определяют истинные токи в ветвях электрической цепи по величине и направлению.

Задание: На рисунке изображена схема сложной электрической цепи: E_1 , E_2 — э.д.с. источников энергии; R_{01} , R_{02} — их внутренние сопротивления; R_1 , R_2 , R_3 — сопротивления резисторов.

Числовые значения этих параметров указаны в таблице 5

Начертить схему цепи; показать направление токов в ветвях. Определить токи ветвей I_1 , I_2 , I_3 . Метод расчета указан в таблице.

Проверить решение методом узлового напряжения.

Составить уравнение баланса мощностей.

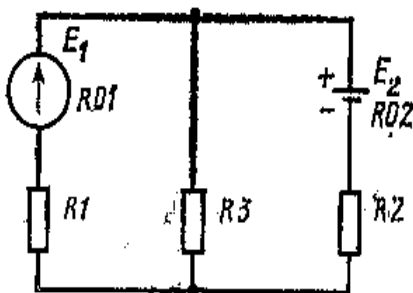


Таблица 5 - Исходные данные к задаче

№ вар	E₁, В	E₂, В	R₀₁, Ом	R₀₂, Ом	R₁, Ом	R₂, Ом	R₃, Ом	Метод расчета
1	100	90	2	1	18	9	14	Метод узловых и контурных уравнений
2	90	87	0,3	0,2	1,7	14	2,8	Метод контурных токов
3	120	56	0,2	0,1	4,8	2,8	6	Метод узловых и контурных уравнений
4	160	68	2	2	15	6	3,9	Метод контурных токов
5	210	80	0,5	0,5	4,5	3,9	4,5	Метод узловых и контурных уравнений
6	80	180	3	2	19	4,5	14	Метод контурных токов
7	85	135	1	1	17	14	13	Метод узловых и контурных уравнений
8	55	90	2	2	8	13	7	Метод контурных токов
9	105	120	2	3	18	7	13	Метод узловых и контурных уравнений
10	80	200	1	1	9	13	24	Метод контурных токов
11	110	120	0,4	1,7	14	24	6	Метод узловых и контурных уравнений
12	95	146	0,5	2,3	2,8	6	30	Метод контурных токов
13	76	34	1	1,5	6	30	17	Метод узловых и контурных уравнений
14	28	128	2	2	3,9	17	20	Метод контурных токов
15	120	60	0,5	0,3	4,5	20	30	Метод узловых и контурных уравнений
16	36	90	0,2	0,2	14	30	10	Метод контурных токов
17	40	46	0,3	2	13	10	12	Метод узловых и контурных уравнений
18	54	90	0,7	0,5	7	12	6	Метод контурных токов
19	45	87	0,9	3	13	6	50	Метод узловых и контурных уравнений
20	78	56	0,6	1	24	50	20	Метод контурных токов
21	100	68	2,5	2	6	20	13	Метод узловых и контурных уравнений

№ вар	$E_1,$ В	$E_2,$ В	$R_{01},$ Ом	$R_{02},$ Ом	$R_1,$ Ом	$R_2,$ Ом	$R_3,$ Ом	Метод расчета
22	90	80	2	2	30	13	4,5	Метод контурных токов
23	120	180	1,7	1	17	4,5	6	Метод узловых и контурных уравнений
24	160	135	2,3	0,4	20	6	14	Метод контурных токов
25	210	90	1,5	0,5	30	14	30	Метод узловых и контурных уравнений
26	80	120	2	1	10	2,8	10	Метод контурных токов
27	85	200	0,3	2	12	1,7	12	Метод узловых и контурных уравнений
28	55	120	0,2	0,5	6	15	6	Метод контурных токов
29	105	146	2	2	50	4,5	50	Метод узловых и контурных уравнений
30	80	34	0,5	0,3	20	19	20	Метод контурных токов

Задача В цепи (рис. 4) э.д.с. источников питания равны E_1 и E_2 , а их внутренние сопротивления r_{01} ; и r_{02} . Сопротивления в ветвях r_1, r_2, r_3, r_4 . Определить силы токов во всех ветвях цепи и режимы обоих источников питания. Составить баланс мощностей. Задачу решить методом контурных токов.

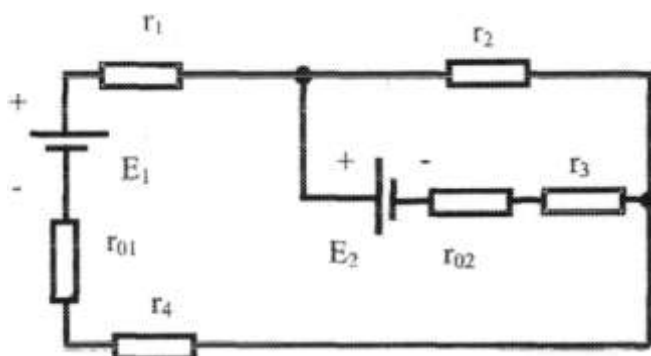


Рис. 4

Вариант	Данные к задаче 1.4							
	$E_1, В$	$E_2, В$	$r_{01}, Ом$	$r_{02}, Ом$	$r_1, Ом$	$r_2, Ом$	$r_3, Ом$	$r_4, Ом$
1	90	95	0,1	0,05	2	4	3	2
2	95	100	0,1	0,05	2	5	3	2

3	100	105	0,1	0,05	2,5	4	3	2,5
4	105	110	0,1	0,05	2,5	5	3	2,5
5	110	115	0,1	0,05	3	4	2,5	3
6	115	120	0,15	0,1	3	5	2,5	3
7	120	125	0,15	0,1	2,5	4	2	2,5
8	125	135	0,15	0,1	2,5	5	3	2,5
9	130	135	0,15	0,1	2	4	3	2
10	140	145	0,15	0,1	2	5	3	2

Контрольные вопросы:

1. Что такое узел
2. Что такое контур
3. В чем суть метода контурных токов.
4. В чем суть метода наложения.
5. В чем суть метода узлового потенциала.

Практическая работа №4

Определение потенциалов в замкнутой цепи постоянного тока

Цель работы: Научиться рассчитывать потенциалы точек электрической цепи с построением потенциальной диаграммы

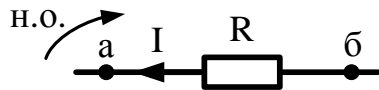
Теоретическое обоснование: *Потенциальной диаграммой* называют график изменения потенциала точек от величины сопротивления резисторов $\varphi = f(R)$ при перемещении вдоль участка или замкнутого контура электрической цепи.

Для расчета потенциалов точек цепи необходимо знать величину и положительное направление токов в ее ветвях. Потенциал одной из точек, выбираемой произвольно, принимают равным нулю, т.е. эта точка мысленно заземляется и, при построении графика, помещается в начало координат. Расчет потенциалов остальных точек ведут по выбранному направлению обхода.

При расчете потенциалов точек цепи необходимо учитывать следующее:

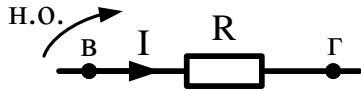
1. Потенциальная диаграмма при обходе замкнутого контура начинается и заканчивается одинаковым потенциалом.

2. При переходе через резистор потенциал изменяется на величину падения напряжения на этом резисторе, т.е. $\Delta\varphi_{R} = \pm I \cdot R$. При этом потенциал увеличивается, если обход участка осуществляется против направления тока, т.е.



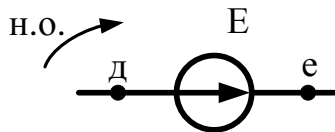
$$\varphi_a = \varphi_a + \Delta\varphi_R = \varphi_a + \mathcal{I} \cdot R$$

и понижается, если обход осуществляется по направлению тока, т.е.



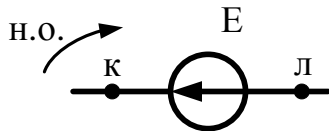
$$\varphi_a = \varphi_a - \Delta\varphi_R = \varphi_a - \mathcal{I} \cdot R$$

3. При переходе через идеальный источник ЭДС (внутреннее сопротивление источника равно нулю) потенциал изменяется скачком на величину ЭДС, т.е. $\Delta\varphi_{\mathcal{E}} = \pm \mathcal{E}$. Потенциал повышается, когда переход осуществляется в направлении действия ЭДС, т.е.



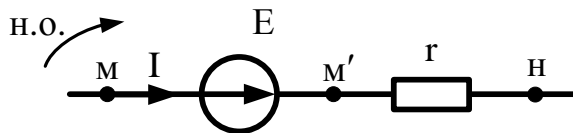
$$\varphi_a = \varphi_a + \mathcal{E}$$

и понижается при переходе против направления действия ЭДС, т.е.



$$\varphi_e = \varphi_e - \mathcal{E}$$

4. При переходе через реальный источник ЭДС, обладающий внутренним сопротивлением и обтекаемый ток, следует учесть изменение потенциала скачком на величину ЭДС и на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника, т.е.



$$\varphi_{i'} = \varphi_i + \mathcal{E}$$

$$\varphi_i = \varphi_{i'} - \mathcal{I} \cdot r$$

При построении потенциальной диаграммы по оси абсцисс в масштабе откладывают сопротивления участков контура в той последовательности, в которой они включены в цепь, начиная с точки, потенциал которой принят равным нулю. По оси ординат в масштабе откладывают потенциалы соответствующих точек контура. Ломаная линия, соединяющая концы ординат, равных потенциалам соответствующих точек, будет являться потенциальной диаграммой.

Задание: Построить потенциальную диаграмму для одноконтурной схемы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Рис
E_1	25	5	20	35	10	15	30	40	45	50	1

E_2	5	20	35	10	15	30	40	45	50	25	2
E_3	20	35	10	15	30	40	45	50	25	5	5
E_4	35	10	15	30	40	45	50	25	5	20	1
R_1	8	2	4	6	10	12	10	5	10	8	2
R_2	24	10	12	14	15	15	20	20	10	25	5
R_3	40	70	50	10	40	70	20	30	60	80	1
R_4	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
r_1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	5
r_2	6	5	4	3	1	2	6	5	3	2	1
r_3	2	3	1	2	3	4	5	2	1	4	2
r_4	4	2	3	4	5	5	1	4	5	5	5

Схема цепи:

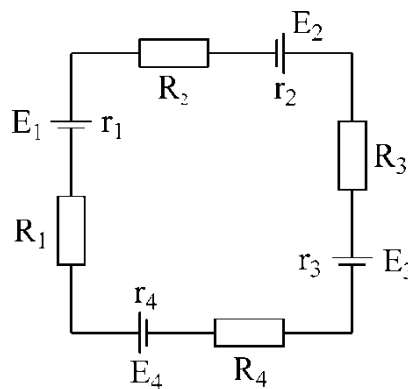


Рис.1

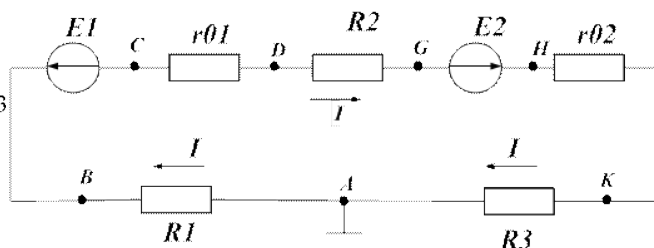


Рис.2

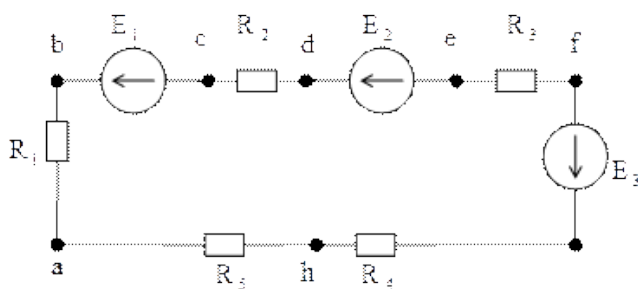


Рисунок 5

Контрольные вопросы:

1. Что такое потенциал точки электрической цепи.
2. Потенциальная диаграмма, ее назначение.
3. Изложить правило выбора знаков при нахождении потенциалов точек.
4. Сформулировать обобщенный закон Ома. Какова область его применения.

Практическая работа № 5

Расчет цепей переменного тока при последовательном соединении.

Цель работы: Научиться рассчитывать цепь переменного тока при последовательном соединении активных и реактивных элементов с построением векторной диаграммы.

Задание: Цепь переменного тока содержит различные элементы (резисторы, индуктивности, емкости), включенные последовательно. Схема цепи приведена на соответствующем рисунке. Номер рисунка и значения сопротивлений всех элементов, а также значения напряжения, приложенного к цепи заданы в табл. 2.

Определить:

- 1) Начертить схему цепи
- 2) полное сопротивление цепи Z :
- 3) ток в цепи - I :
- 4) коэффициент мощности – $\cos\varphi$
- 5) активную - P , реактивную - Q и полную - S мощности;
- 6) напряжение на каждом сопротивлении (U_R, U_L, U_C).
- 7) Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи.
- 8) Сделать вывод

Номер задачи	№ рисунка	R_1 , Ом	R_2 , Ом	X_{L1} , Ом	X_{L2} , Ом	X_{C1} , Ом	X_{C2} , Ом	Напряжение, приложенное к цепи
1	1	4	2	2		10		$U=40$ В
2	2	5	1	3		9	2	$U=40$ В
3	3	1	3	5		2		$U=40$ В
4	4	8		1	1	8		$U=40$ В
5	5	4	-	10		4	3	$U=40$ В
6	1	3	6	20		4		$U=80$ В
7	2	1	2	12		4	4	$U=80$ В
8	3	12	4	18		6		$U=80$ В
9	4	3		2	2	8		$U=50$ В
10	5	8		4		6	4	$U=80$ В

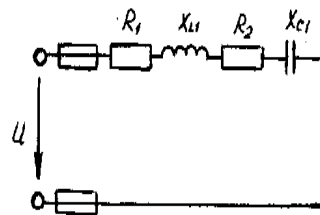


Рис.1

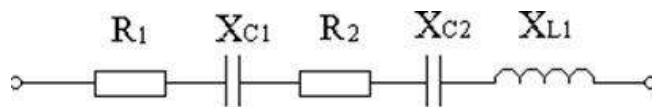


Рис.2

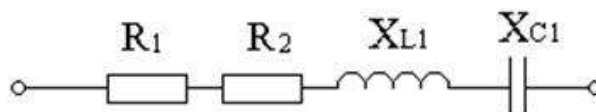


Рис.3

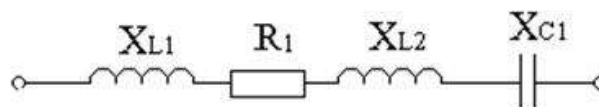


Рис.4

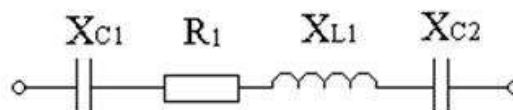


Рис.5

Практическая работа № 6

Расчет цепей переменного тока при параллельном соединении.

Задание

Цель работы: Научиться рассчитывать цепь переменного тока при параллельном соединении активных и реактивных элементов с построением векторной диаграммы.

Задание:

Цепь переменного тока содержит различные элементы (резисторы, индуктивности, емкости), образующие две параллельные ветви.

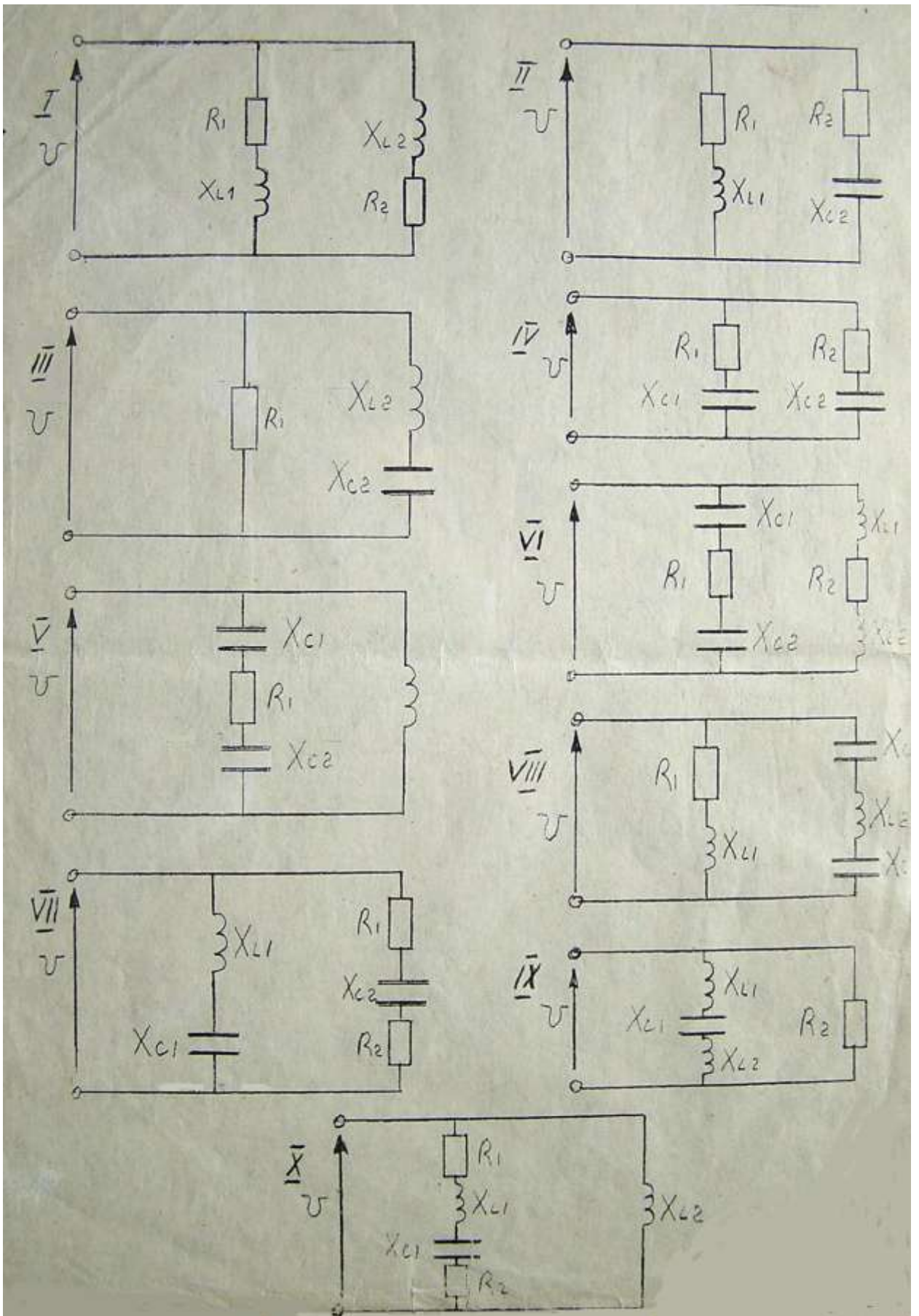
Начертить схему цепи и определить следующие величины, если они не заданы в таблице 2 :

1. Напряжение U , приложенное к цепи;
2. Токи I_1 и I_2 в обеих ветвях;
3. Ток I в неразветвленной части цепи;
4. Коэффициент мощности всей цепи;
5. Активную P , реактивную Q и полную мощность
6. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и пояснить ее построение.

Номер варианта и данные к задаче в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2

Номер варианта	Номер схемы	Дополнительный параметр	R_1 , Ом	R_2 , Ом	X_{L1} , Ом	X_{L2} , Ом	X_{C1} , Ом	X_{C2} , Ом
1	I	$P_2=200$ Вт	6	8	8	6	-	-
2	II	$Q_2=-96$ ВАр	12	8	16	-	-	6
3	III	$U=40$ В	2	-	-	2	-	10
4	IV	$S_1=80$ ВА	3	6	-	-	4	8
5	V	$I_1=2$ А	16	-	-	10	6	6
6	VI	$UR_2=24$ В	6	24	10	22	3	5
7	VII	$I_2=8$ А	1	3	10	-	7	3
8	VIII	$UR_1=24$ В	8	-	6	2	3	4
9	IX	$Q_1=250$ ВАр	-	3	10	4	6	-
10	X	$UR_1=24$ В	4	8	18	10	2	-



Практическая работа №7

Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей звездой.

Цель работы: Научиться рассчитывать трехфазную цепь переменного тока имеющую в фазах цепи активные и реактивные элементы с построением векторной диаграммы.

Задание:

В трехфазную четырехпроводную сеть с линейным напряжением включили «звездой» разные по характеру сопротивления. Определить линейные токи и начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. По векторной диаграмме определить величину тока в нулевом проводе. Данные для своего варианта взять из таблицы 3.3.

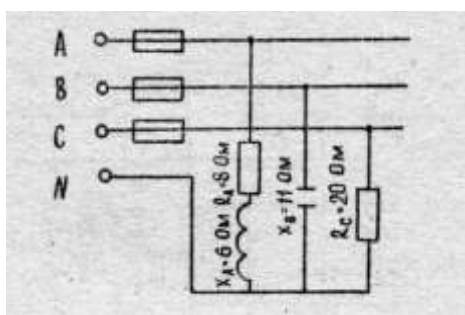


Рис. 1

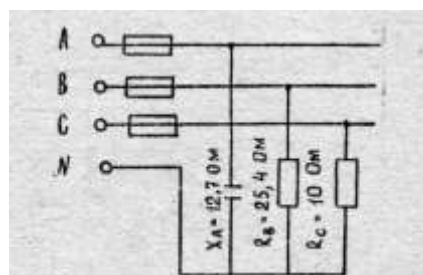


Рис.2.

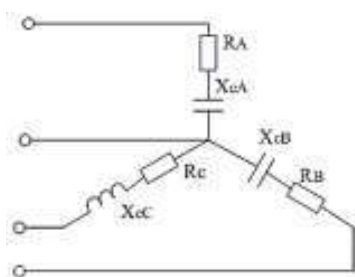


Рис3

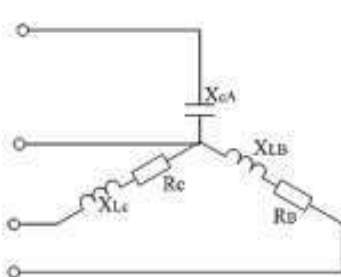


Рис 4

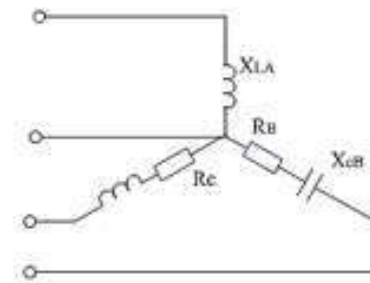


Рис 5

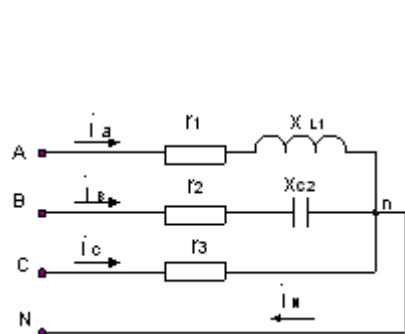


Рис 6

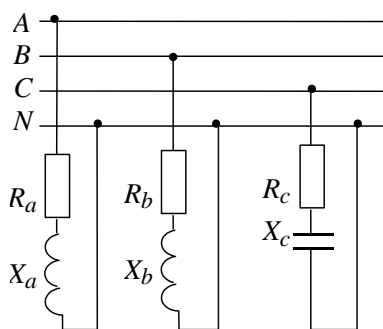


Рис 7

√

√

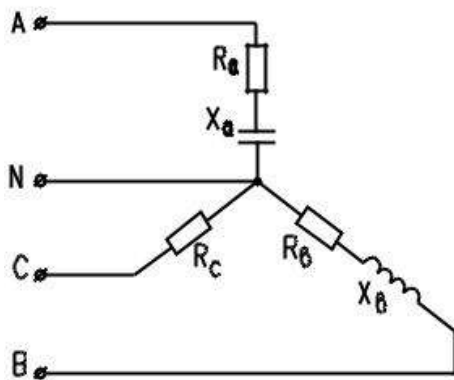


Рис 8

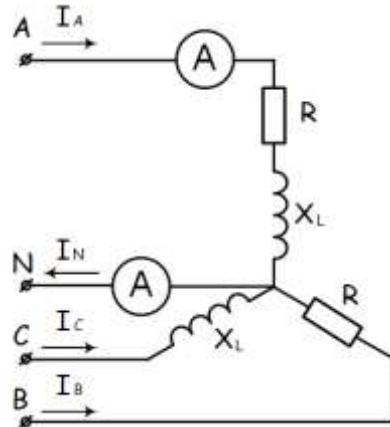


Рис 9

Ва риа нт	Ри с	Данные к задаче						
		Uл, В	r_A , Ом	x_A , Ом	r_B , Ом	x_B , Ом	r_C , Ом	x_C , Ом
1	3	220	6	8	3	4	9	12
2	4	380	-	10	4	3	12	9
3	5	220	-	11	6	8	18	24
4	6	380	12	16	8	6		10
5	7	220	8	6	12	16	18	24
6	9	380	3	4	16	-	-	9
7	3	380	24	18	1,5	2	9	12
8	4	220	-	38	2	1,5	6	8
9	1	220						
10	2	380						

Контрольные вопросы:

Какие сопротивления надо включить в фазы **В** и **С** приведенной схемы, чтобы ток в нулевом проводе стал равен нулю при неизменных значениях сопротивлений в фазе **А**?

Практическая работа №8

Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником.

Цель работы: Научиться рассчитывать трехфазную цепь переменного тока имеющую в фазах цепи активные и реактивные элементы с построением векторной диаграммы.

Задание:

В трехфазную трехпроводную сеть с линейным напряжением $U_{\text{ном}}$ включили «треугольником» разные по характеру сопротивления.

Требуется:

1. Определить фазные и линейные токи для заданной схемы соединения, а также ток в нейтральном проводе для схемы треугольник.
2. Определить активную, реактивную и полную мощности, потребляемые цепью.
3. Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

Ва риа нт	Ри с	Данные к задаче						
		Uл, В	r_A , Ом	x_A , Ом	r_B , Ом	x_B , Ом	r_C , Ом	x_C , Ом
1	3	220	6	8	3	4	9	12
2	4	380	12	16	4	3	12	-
3	5	220	11	-	6	8	18	24
4	6	380	12	16	8	6	10	-
5	3	220	8	6	12	16	3	4
6	4	220	3	4	16	12	12	-
7	5	380	19	-	1,5	2	9	12
8	6	220	-	38	2	1,5	6	-

9	1	220						
10	2	380						

Рис. 1. Рис.2.

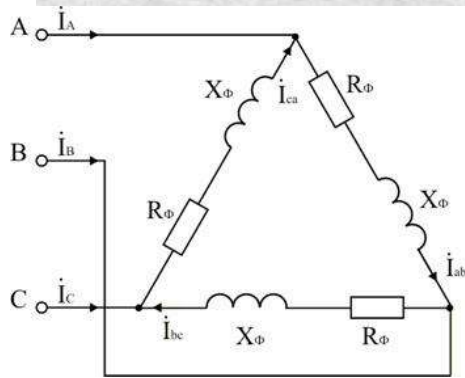
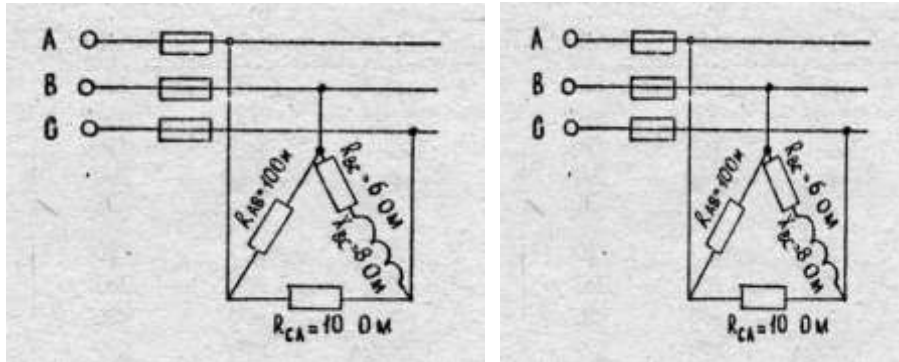


Рис.3

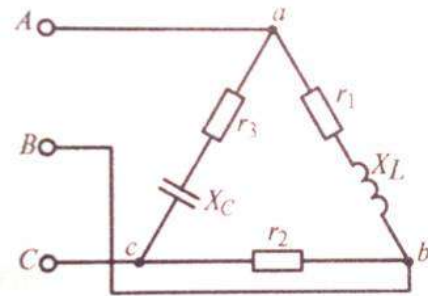


Рис.4

УЛ = 220 В, R1 = 25 Ом, X_C = 18 Ом, X_L = 28 Ом, R2 = 30 Ом, R3 = 30 Ом

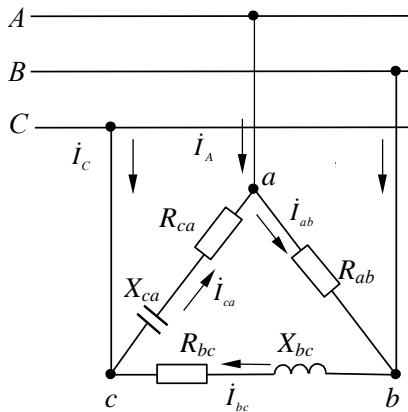


Рис.5

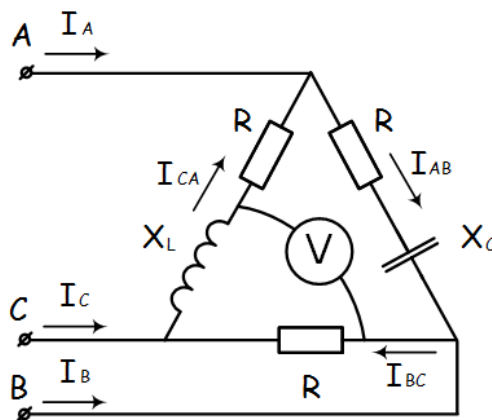


Рис 6

Контрольные вопросы:

- 1) Каково соотношение между линейными и фазными напряжениями при соединении фаз источника или приемника треугольником?
- 2) Как вычислить фазные и линейные токи приемника, соединенного треугольником, если известно линейное напряжение источника и сопротивление фаз приемника?
- 3) Каково соотношение между линейными и фазными токами симметричного приемника, соединенного треугольником?
- 4) Как вычислить активную, реактивную и полную мощности симметричной трехфазной нагрузки? Как вычисляются эти мощности при несимметричной нагрузке?

Практическая работа № 9

Расшифровка электроизмерительных приборов.

Цель работы: научиться читать маркировку электроизмерительных приборов, пользоваться ценой деления.

Теоретическое обоснование:

Каждый электроизмерительный прибор имеет установленные ГОСТом обозначения, которые наносят на корпус, шкалу и у клемм.

Обозначение измеряемой величины. Его указывают обычно на шкале в виде единиц измерения, в которых градуирован прибор. Например, mA (мА), mV (мкВ) и т.д. По наименованию единицы измеряемой величины дается наименование прибора. Высокочувствительные приборы, не имеющие стандартной градуировки, называются гальванометрами.

Класс точности. Класс точности указывают в виде числа, которое наносят на шкалу прибора (например, 0,5).

Род и частота тока. Приборы для измерения тока в цепях имеют на шкале следующие обозначения: при постоянном токе —, переменном \sim , постоянном и переменном \approx . Приборы переменного тока, работающие на частотах, отличающихся от 50 Гц, имеют обозначение, например 500 Hz; приборы, пригодные к работе в некотором диапазоне частот, имеют обозначение, например, 45- 550 Hz

Рабочее положение прибора и испытательное напряжение изоляции.

Если отклонение рабочего положения прибора достигает допустимого угла, то дополнительная погрешность не превышает величины класса точности данного прибора. Допустимый угол наклона составляет для приборов: обыкновенных и с повышенной механической прочностью - 10° ; для переносных класса точности 0,5-1,0 - 20° , а класса точности 1,5-4,0 - 30° . Рабочее положение прибора указывается на шкале: — горизонтальное положение; \perp - вертикальное; $\angle 40^\circ$ - наклонное положение (угол наклона 40° к горизонту).

Испытательное напряжение изоляции - это напряжение, которое может быть приложено между токоведущими частями и любой металлической деталью, касающейся корпуса прибора. На старых типах приборов испытательное напряжение изоляции обозначается $\sphericalangle 2$ кВ,

на НОВЫХ 

Температуро- и влагоустойчивость. Приборы градуируют при температуре 20° к относительной влажности до 80%, однако они могут эксплуатироваться и при других температурах. По диапазону рабочих температур электроизмерительные приборы делят на пять групп: 1) группа А (на шкале значок А не ставится) - +10...+35 °С, относительная влажность до 80%; 2) группа Б (значок Б указывается на шкале) - -30 ...+40 °С, относительная влажность до 90%; 3) группа В₁- -40. ..+50 °С, относительная влажность до 95 %; 4) группа В₂- -50...+60 °С, относительная влажность до 95%; 5) группа В₃- -50...+80 °С, относительная влажность до 98 %.

Отклонение температуры окружающего прибор воздуха от нормального (или от обозначенной на приборе) вызывает температурную погрешность, которая может достигать значительной величины.

Устойчивость к механическим воздействиям и степень герметичности корпуса: обыкновенный (без обозначения), обыкновенный с повышенной прочностью (обозначение - ОП), тряско прочный (ТП), вибропрочный (ВП), к тряске нечувствительный (ТН), к вибрация нечувствительный (ВН), ударно-прочный (УП), брызгозащищенный (Бз), водозащищенный (Вз), герметический (Гм), газозащищенный (Гэ), пылезащищенный (Пз), взрывобезопасный (Вб).

Перечень всех условных обозначений, наносимых на электроизмерительные приборы, приведен в ГОСТе 23217-78 "Приборы электроизмерительные аналоговые с непосредственным отсчетом. Наносимые условные обозначения".

Расшифровка условных обозначений (таблица 1.)

Таблица 1

Основная информация, которую можно получить о приборе по его шкале

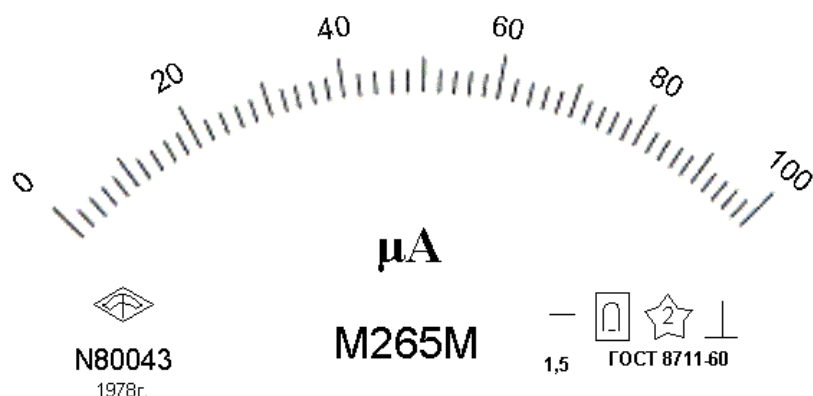




Рис. 7. Шкала измерительного прибора




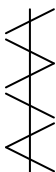
1. Знак μA означает, что данный прибор является микроамперметром

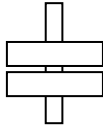

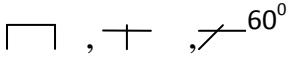

2. Максимальное значение шкалы равно 100. Это означает, что предел измерения данного прибора 100 мкА
3. Определить цену деления можно, разделив номинальное (максимальное) значение шкалы (100 мкА) на количество делений шкалы (50): $C = 100 \text{ мкА} / 50 = 2 \text{ мкА/дел}$.
4. Знак «—» означает, что прибор предназначен для работы на постоянном токе.
5. Знак  означает, что измерительный механизм прибора имеет магнитоэлектрическую систему.
6. Знак  означает, что изоляция прибора испытана напряжением 2000 В.
7. Число «1,5» определяет класс прибора. То есть относительная погрешность прибора составляет 1,5 %. Прибор относится к классу технических приборов.

На схемах и лицевой панели прибора род измеряемой величины указывается с помощью условных обозначений, некоторые из которых приведены в таблице 2.

Наименование прибора	Условное обозначение
Амперметр	A
Вольтметр	B
Ваттметр	W
Варметр	var
Омметр	Ω
Гальванометр	G
Счетчик ватт-часов	Wh

4. Расшифровка условных обозначений

Обозначение	Расшифровка
1,5	Класс точности 1,5
—	Постоянный ток
~	Переменный (однофазный) ток
	Постоянный и переменный токи
	Трехфазный ток
	Прибор магнитоэлектрической системы
	Прибор электромагнитной системы

	Прибор электродинамической системы
	Прибор индукционной системы
	Прибор устанавливается горизонтально, вертикально, под углом 60°
	Изоляция прибора испытана при напряжении 3 кВ

Задание:

1. Получить электрические приборы разного назначения, разных систем.
2. Дать расшифровку их маркировки, определить класс точности прибора, цену деления шкалы
3. Полученные данные занести в таблицу.

Наименование прибора	Предел измерения	Цена деления	Род тока	Система прибора, условное обознач.	Проверка изоляции	Класс прибора	Вид шкалы	Рабочее положение	Дополнит. Сведения
1.									
2.									
3.									

Контрольные вопросы:

1. Какие системы приборов вы знаете. Поясните их работу.
2. Что такое цена деления прибора.
3. Что означает класс прибора

Практическая работа №10

Расчёт параметров электрических двигателей

Цель работы:

Научиться, используя аналитические формулы рассчитывать электрические и механические параметры асинхронных двигателей и строить механические характеристики $M = f(S)$ и $n_2 = f(M)$.

Теоретическое обоснование:

По данным режима нагрузки производственного механизма построить

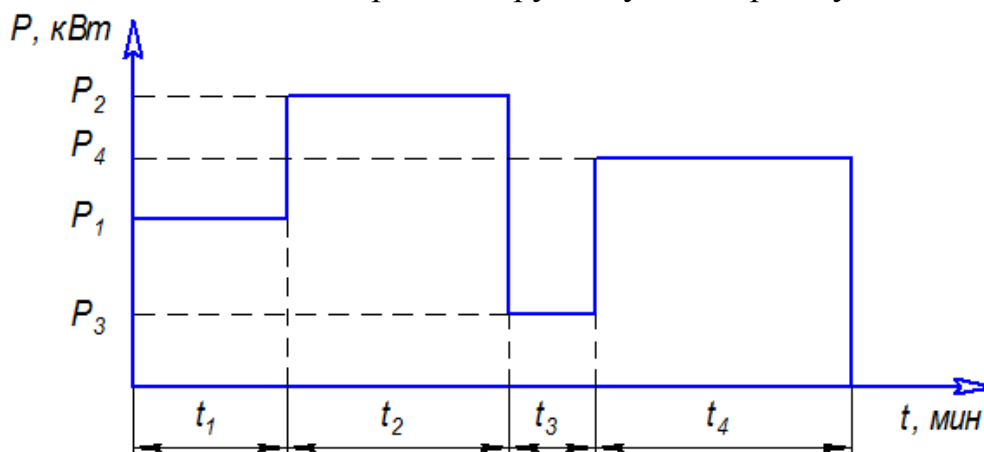
нагрузочную диаграмму $P = f(t)$ и выбрать мощность асинхронного двигателя любой серии. Выбранный двигатель проверить по максимальной мощности. Определить параметры T и Γ образной схемы замещения в абсолютных единицах и нанести их на схемы замещения. По паспортным данным построить механическую характеристику и определить перегрузочную способность».

Дано

Мощность, кВт			Время, мин			Частота вращения
P_1	P_2	P_3	t_1	t_2	t_3	п об/мин
6	10	20	30	7	30	3000

Решение

- По данным таблицы строим нагрузочную диаграмму



- Определяем продолжительность одного цикла работы двигателя:
 $t_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 = 30 + 7 + 30 = 67$ мин
- Для неравномерной нагрузки определяем эквивалентную мощность, развиваемую асинхронным двигателем:

$$P_3 = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i^2 t_i}{T_{ц}}}$$

$$P_3 = 10,7 \text{ кВт}$$

- Выбираем по каталогу (таблица 1) электродвигатель 4А112М2У3, мощность которого удовлетворяет условиям: $P_{ном} > P_{экр}$
Т.е. $P_{ном} = 11 \text{ кВт}$

5. Проверим двигатель на перегрузочную способность

$$\lambda = \frac{M_k}{M_n}$$

M_k – максимальный момент, который развивает двигатель при P_{\max} в промежуток времени t_3 т.е. n_0

$$M_k = 9.55 \frac{P_{\max}}{n_0} = 9.55 \frac{20 \cdot 1000}{2700} = 65.6 \text{ Нм}$$

n_0 – берем на 10% меньше от n т.к. из-за жесткости двигателя идёт незначительное уменьшение скорости.

M_n – номинальный момент выбранного двигателя

$$M_k = 9.55 \frac{P_n}{n_0} = 9.55 \frac{11 \cdot 1000}{2700} = 36 \text{ Нм}$$

$$\lambda = 65.6 / 36 = 1.8$$

для выбранного по каталогу двигателя $\lambda = 2.2$ т.о. условие

$$\lambda' < (0.8 - 0.85) \lambda - \text{выполняется}$$

Если это условие не выполняется, то выбирают двигатель на большую номинальную мощность.

Энергия, потребляемая двигателем, за 1 цикл работы

$$W_{\text{дц}} = P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_2 + P_4 t_4$$

После этого определяем число циклов за 7 часов работы двигателя, время одного цикла $t_u = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$.
Потребляемую энергию определить в кВт ч.

Задание:

Используя данные своего варианта необходимо:

- 1) начертить график нагрузочной диаграммы;
- 2) определить эквивалентный момент нагрузки;
- 3) определить необходимую мощность электродвигателя по условиям нагрева и выбрать двигатель (приложение);
- 4) проверить выбранный двигатель по перегрузочной способности;
- 5) определить энергию, потребляемую из сети за рабочую смену (7 часов).

Исходные данные для задачи

Таблица 1

Величина	В а р и а н т									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
n_0 , об/мин	3000	1500	1000	750	600	3000	1500	1000	750	600
P_1 , кВт	30	35	7	10	70	7	50	45	100	30
P_2 , кВт	40	50	10	17	100	10	100	73	150	54
P_3 , кВт	90	120	20	35	250	20	200	180	360	120
t_1 , с	10	10	30	5	20	30	20	20	20	15
t_2 , с	600	600	300	120	600	300	300	600	300	120
t_3 , с	5	20	5	10	5	20	20	16	5	20

Технические данные электродвигателей серии 4А

Тип двигателя	Мощность, кВт	λ	Тип двигателя	Мощность, кВт	λ
Синхронная чистота 3000 об/мин			Синхронная чистота 1000 об/мин		
4А 200 2	45	2.5	4А 280 М6	90	2.2
4А 132 М2	11	2.3	4А 160 6	11	2
4А 355 М2	315	1.9	4А 180 М6	18.5	2
4А 280 2	110	2.5	4А 280 6	75	2.2
Синхронная чистота 1500 об/мин			Синхронная чистота 750 об/мин		
4А 365 М6	200	2.2	4А 365 М2	160	2.2
4А 365 6	100	2.2	4А 200 6	22	2
4А 160 4	15	2.3	4А 225 М8	30	2.1
4А 180 4	22	2.3	4А 315 8	90	2.3
Синхронная чистота 600 об/мин					
4А 315 М10	75	1.8			
4А 365 М10	110	1.8			
4А 250 10	30	1.9			
4А 315 10	55	1.8			

Контрольные вопросы

1. Каковы основные показатели осевых способов регулирования частоты вращения электродвигателя.
2. Какой способ торможения асинхронных двигателей наиболее эффективен.

Практическая работа №11 Составление схемы управления электроприводом

Цель работы:

Научиться составлять схемы управления электроприводом, разбираться в условных обозначениях его составляющих компонентов и знать их назначение.

Задание:

Разработать и вычертить схему релейно – контакторного управления трехфазными асинхронными электродвигателями. Данные для своего варианта приведены в таблице.

Пояснить работу схемы

Исходные данные к задаче

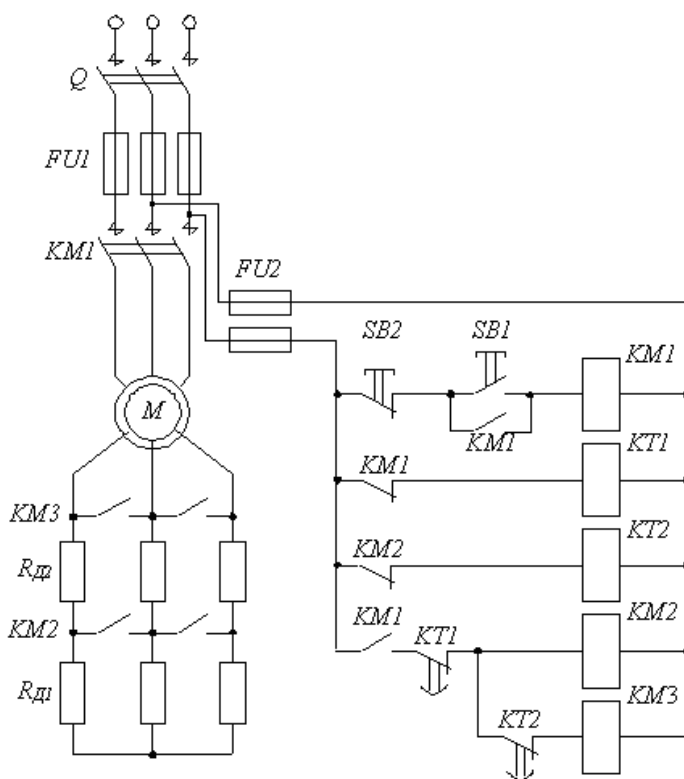
Таблица №

№	Число двигателей			Тип ротора		Реверс		Характер пуска		Число постов			Защита двигателя		Световая сигнализация срабатывает при
	1	2	3	КЗ	Ф	нет	есть	Прямой	Резистор в статоре	1	2	3	Тепловые реле	Токовые реле	
1		+		+		+		+		+			+		Пуске каждого двигателя
2	+				+	+			+		+		+		Остановке двигателя
3			+	+		+		+		+				+	Пуске каждого двигателя
4	+			+			+	+				+	+		Остановке двигателя
5	+				+		+		+	+			+		Пуске двигателя
6		+		+		+		+		+			+		Пуске последнего двигателя
7	+				+	+			+		+			+	Остановке двигателя
8	+			+			+	+		+			+		Пуске и остановке двигателя
9			+	+		+			+	+				+	Пуске каждого двигателя
10	+				+		+	+			+		+		Остановке двигателя
11	+			+		+			+		+			+	Пуске последнего двигателя
12		+		+		+		+				+		+	Остановке двигателя
13	+			+		+			+		+		+		Пуске каждого двигателя
14			+		+		+	+			+		+		Пуске и остановке двигателя
15	+		+			+			+	+				+	Остановке

6. Короткозамкнутый ротор, его конструкция, назначение
7. Как привести в движение АД
8. Как остановить АД
9. Назовите виды защит в АД
10. Как работает контактор
11. Что такое реверсирование. Управление реверсом АД с короткозамкнутым ротором .

Б) асинхронного двигателя с фазным ротором.

Цель работы: Изучить работу асинхронного двигателя, особенности пуска, остановки, реверсирования, срабатывания системы защиты



Ход работы:

- 1) Изучить теоретический материал по учебнику
- 2) Начертить в тетради схему асинхронного двигателя с фазным ротором.
- 3) Ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы:

1. Фазный ротор, его конструкция, назначение
2. Как привести в движение АД
3. Как остановить АД
4. Назовите виды защит в АД

5. Как работает контактор
6. Управление пуском АД с фазным ротором
7. Сколько ступеней в двигателе, их назначение
8. Как работает токовые реле

Практическая работа № 14

Расчет параметров полупроводниковых диодов.

Методические указания

При решении задач следует помнить, что основными параметрами полупроводниковых диодов являются допустимый ток $I_{доп}$, на который рассчитан данный диод, и обратное напряжение $U_{обр}$, выдерживаемое диодом без пробоя в непроводящий период. Обычно при составлении реальной схемы выпрямителя задаются значением мощности потребителя P_o , Вт, получающего питание от данного выпрямителя, и выпрямленным напряжением U_o , В, при котором работает потребитель постоянного тока. Отсюда нетрудно определить ток потребителя $I_o = P_o/U_o$. Сравнивая ток потребителя с допустимым током диода $I_{доп}$, выбирают диоды для схем выпрямителя.

Следует учесть, что для **однополупериодного выпрямителя** надо соблюдать условие $I_{доп} \geq I_o$. Напряжением, действующее на диод в непроводящий период U_b определяют $U_b = \pi U_o = 3.14 U_o$

Для **двухполупериодной схемы выпрямления** тока ледует соблюдать условие $I_{доп} \geq 0.5I_o$. $U_b = \pi U_o = 3.14 U_o$

Для **мостовой схемы выпрямления** тока следует соблюдать условие $I_{доп} \geq 0.5I_o$. $U_b = 2\pi U_o / 2 = 1.57 U_o$,

Для **трехфазного выпрямителя** необходимо, чтобы $I_{доп} \geq \frac{1}{3} I_o$,
 $U_b = 2.1 U_o$.

При выборе диода, следовательно, должно соблюдаться условие $U_{обр} \geq U_b$.

Задача 1

Составить *схему однополупериодного выпрямителя*, применив стандартные диоды, параметры которых приведены в таблице 4. Мощность потребителя P_o , Вт, с напряжением питания U_o , В. Пояснить порядок составления схемы для диодов с приведенными параметрами. Данные для своего варианта приведены ниже:

Тип диода P_o , Вт U_o , В

Д217

Решение:

1) Выписываем технические параметры диодов из таблицы №4:

Д217: $I_{\text{доп}} = 0,1 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 800 \text{ В}$

2) Определяем ток потребителя:

$I_o = P_o / U_o = 40 / 250 = 0,16 \text{ А}$

3) Определяем действительный прямой ток, протекающий через диод:

$I_{\text{пр. д.}} = I_o = 0,16 \text{ А}$

4) Определяем напряжение, действующее на диод в непроводящий период:

$U_{\text{обр. д.}} = 3,14 \cdot U_o = 3,14 \cdot 250 = 785 \text{ В}$

5) Проверяем диоды по параметрам : $I_{\text{доп}} = 0,1 \text{ А}$, $U_{\text{обр}} = 800 \text{ В}$

для данной схемы диод должен удовлетворять условиям:

$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{пр. д.}}$ и $U_{\text{обр}} \geq U_{\text{обр. д.}}$

Для диода Д217:

$0,1 \text{ А} \geq 0,16 \text{ А}$ - ложно

$800 \text{ В} \geq 785 \text{ В}$ - истинно

Диод Д217 не проходит по току (условие не выполняется) следовательно, для того, чтобы условие выполнялось необходимо в электрическую схему выпрямителя включить два диода, соединенных между собой параллельно. Проверка $0,1 \geq 0,16 / 2$; $0,1 \geq 0,08$ истинно.

Составляем однополупериодную схему выпрямителя (рисунок 2 или 3):

$V_{D1} - V_{D2}$

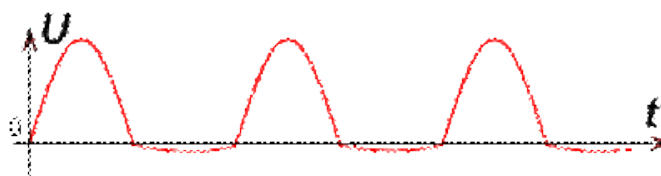
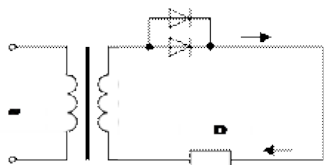


Рисунок 2

Среднее значение напряжения на выходе однополупериодного выпрямителя соответствует значению:

$$U_{\text{ср}} = U_{\text{max}} / \pi = 0,318 U_{\text{max}},$$

где: π - константа равная 3,14.

Задача 2

Составить *схему мостового выпрямителя*, используя один из четырех диодов: Д218, Д222, КД202Н, Д215Б. Мощность потребителя $P_o = 300 \text{ Вт}$, напряжение потребителя $U_o = 200 \text{ В}$.

Решение. 1. Выписываем из табл.4 параметры указанных диодов и записываем их в таблицу.

Типы диодов	$I_{доп}$, А	$U_{обр}$, В	Типы диодов	$I_{доп}$, А	$U_{обр}$, В
Д218	0.1		КД202Н		
Д222	0.4		Д215Б		

2. Определяем ток потребителя $I_o = P_o / U_o = 300 / 200 = 1.5$ А.
3. Находим напряжение, действующее на диод в непроводящий период для мостовой схемы выпрямителя, $U_b = 1.57 * U_o = 1.57 * 200 = 314$ В.
4. Выбираем диод из условий: а) $I_{доп} > 0.5 * I_o$

$$I_{доп} > 0.5 * 1.5 \text{ А}$$

$$I_{доп} > 0.75 \text{ А,}$$

$$\text{б) } U_{обр} \geq U_b$$

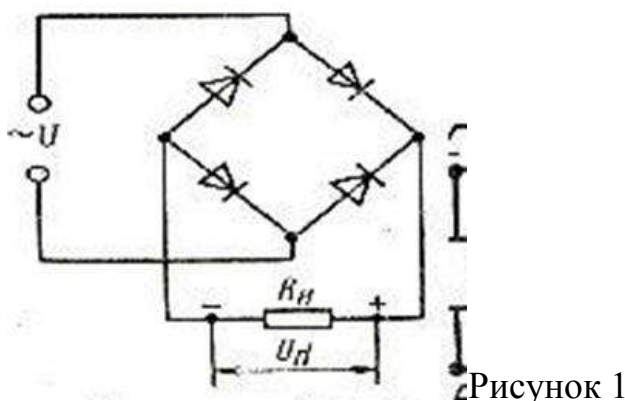
$$U_{обр} \geq 314 \text{ В.}$$

Эти условиям удовлетворяет диод КД202Н, так как у него $I_{доп} = 1.0 > 0.75 \text{ А}$; $U_{обр} = 500 > 314 \text{ В}$.

Диоды Д218 и Д222 удовлетворяют напряжению (1000В и 600В больше 314В), но не подходят по допустимому току (0.1А и 0.4А меньше 0.75А).

Диод 215Б, наоборот, подходит по допустимому току ($2 > 0.75 \text{ А}$), но не подходит по обратному напряжению ($200 < 314 \text{ В}$).

5. Составляем схему мостового выпрямителя (рис .1). В этой схеме каждый из диодов имеет параметры диода КД202Н; $I_{доп} = 1 \text{ А}$; $U_{обр} = 500 \text{ В}$.



Задача 1

Составить схему **однополупериодного выпрямителя**, используя стандартные диоды, параметры которых приведены в таблице 2. Мощность потребителя P_o , Вт, с напряжением питания U_o , В. Пояснить порядок составления схемы для диодов с приведенными параметрами. Данные своего варианта взять из таблицы 2.

Таблица 1

Номер	Типы	P_o , Вт	U_o , В	Номер	Типы диодов	P_o , Вт	U_o , В
-------	------	------------	-----------	-------	-------------	------------	-----------

варианта	диодов			варианта			
1	Д214 Б	70	100	8	Д217	20	250
2	КД209Б	20	250	9	Д303	30	20
3	Д303	100	40	10	Д243	150	50
4	Д242Б	50	10	11	Д302	40	60
5	МД226	50	10	12	КД217	20	250
6	Д302	20	80	13	Д21 4Б	30	120
7	Д211	30	20	14	Д302	40	60

Задача 2

Мостовой выпрямитель должен питать потребитель постоянным током. Мощность потребителя P_o , Вт, при напряжении питания U_o , В. Следует выбрать один из трех типов полупроводниковых диодов, параметры которых приведены в табл. 1., для схемы выпрямителя, и пояснить, на основании чего сделан выбор. Начертите схему выпрямителя

Таблица 2

Номера вариантов	Типы диодов	P_o , В	U_o , В	Номера вариантов	Типы диодов	P_o , Вт	U_o , В
1.	Д206	25	50	6.	2Д216А	300	20
2.	Д242Б	150	30	7.	2 Д217 А	600	80
3.	Д7Г	80	100	8.	Д207	30	100
4.	КД202А	200	50	9.	Д302	260	160
5.	МД217	150	500	10.	Д233Б	500	400

Задача 3

Составить схему **двухполупериодного выпрямителя**, используя стандартные диоды, параметры которых приведены в таблице 3. Мощность потребителя P_o , Вт, с напряжением питания U_o , В. Пояснить порядок составления схемы для диодов с приведенными параметрами

Таблица 3

Номера вариантов	Типы диодов	P_o , В	U_o , В	Номера вариантов	Типы диодов	P_o , Вт	U_o , В
1.	Д214А Д215	25	50	6.	Д217 Д221		200

	Д224				Д232Б	1000	
2.	Д207 Д217 Д302	100	20	7.	Д222 Д215 Д305	180	20
3.	Д243 Д211 Д226	120	100	8.	Д226А Д209 Д304	120	100
4.	Д214 Д243 КД202А	600	30	9.	Д242Б Д224 Д226	150	30
5.	Д303 Д243Б Д224	400	80	10.	Д215А Д242 Д209	30	100

Задача 4

Составить схему **трехфазного выпрямителя**, используя стандартные диоды, параметры которых приведены в таблице 4. Мощность потребителя P_o , Вт, с напряжением питания U_o , В. Пояснить порядок составления схемы для диодов с приведенными параметрами

Таблица 4

№	Типы диодов	P_o , Вт	U_o , В	№	Типы диодов	P_o , Вт	U_o , В
1	Д7Г Д205 Д207 Д209	90	30	6	Д231 Д231Б Д232 Д232Б	100	40
2	Д210 Д211 Д214 Д214А	60	80	7	Д233 Д233Б Д234Б Д242	600	200
3	Д214Б Д215 Д215А Д215	90	30	8	Д242А Д242Б Д243 Д243А	400	80
4	2 Д217А Д218 Д221 Д222	900	150	9	Д243Б Д244 Д244А Д244Б	500	20
5	Д224 Д224А Д224Б Д226	200	40	10	Д302 Д303 Д304 Д305	200	40

Таблица 5

Технические данные полупроводниковых приборов

Тип диода	$I_{доп}$, А	$U_{обр}$, В	Тип диода	$I_{доп}$, А	$U_{обр}$, В
Д7Г	0,3	200	Д226	0,3	400
Д205	0,4	400	Д226А	0,3	300
Д206	0.1	100	Д231	10	300

Д207	0,1	200	Д231Б	5	300
Д209	0,1	400	Д232	10	400
Д210	0,1	500	Д232Б	5	400
Д211	0,1	600	Д233	10	500
Д214	5	100	Д233Б	5	500
Д214А	10	100	Д234Б	5	600 \
Д214Б	2	100	Д242	5	100
Д215	5	200	Д242А	10	100
Д215А	10	200	Д242Б	2	100
Д215Б	2	200	Д243Б	5	200
Д217	0.1	800	Д243	10	200
Д218	0,1	1000	Д243А	10	200
Д221	0,4	400	Д243Б	2	200
Д222	0,4	600	Д244Б	2	50
Д224	5	50	Д244	5	50
Д224А	10	50	Д302	1	200
Д224Б	2	50	Д303	3	150
			Д304	3	100
			Д305	6	50
			КД202А	3	50
			КД202Н	1	500
			КД209 Б	0.5	600
			МД217	0.1	800
			МД226	0.3	400
			2Д216А	10	100
			2Д217А	3	100

Вопросы для самопроверки

1. Какие носители заряда, перемещаясь, образуют ток в полупроводниках с *n*-проводимостью, с *p* - проводимостью?
2. Как образуется *p-n* переход, каково его основное свойство?
3. Чем объяснить наличие тока в полупроводниковом диоде при подаче обратного напряжения?
4. Где применяются полупроводниковые диоды?

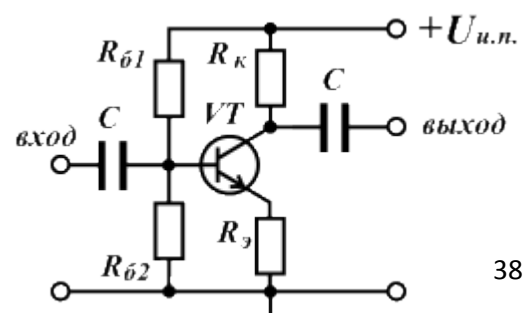
Практическая работа № 11

Расчет и составление схем биполярного транзистора.

Методические указания

Прежде чем перейти непосредственно к расчёту транзисторного каскада, обратим внимание на следующие требования и условия:

- Расчёт транзисторного каскада проводят,



как правило, с конца (т.е. с выхода);

- Для расчета транзисторного каскада нужно определить падение напряжения на переходе коллектор-эмиттер транзистора в режиме покоя (когда отсутствует входной сигнал). Оно выбирается таким, чтобы получить максимально неискаженный сигнал. В однотактной схеме транзисторного каскада работающего в режиме "А" это, как правило, половина значения напряжения источника питания;

- В эмиттерной цепи транзистора бежит два тока - ток коллектора (по пути коллектор-эмиттер) и ток базы (по пути база-эмиттер), но так как ток базы достаточно мал, им можно пренебречь и принять, что ток коллектора равен току эмиттера;

- Транзистор – усилительный элемент, поэтому справедливо будет заметить, что способность его усиливать сигналы должна выражаться какой-то величиной. Величина усиления выражается показателем, взятым из теории четырёхполюсников - коэффициент усиления тока базы в схеме включения с общим эмиттером (ОЭ) и обозначается он - h_{21} . Его значение приводится в справочниках для конкретных типов транзисторов, причём, обычно в справочниках приводится вилка (например: 50 – 200). Для расчётов обычно выбирают минимальное значение (из примера выбираем значение - 50);

- Коллекторное (R_k) и эмиттерное ($R_э$) сопротивления влияют на входное и выходное сопротивления транзисторного каскада. Можно считать, что входное сопротивление каскада $R_{вх} = R_э * h_{21}$, а выходное равно $R_{вых} = R_k$. Если Вам не важно входное сопротивление транзисторного каскада, то можно обойтись вовсе без резистора $R_э$;

- Номиналы резисторов R_k и $R_э$ ограничивают токи, протекающие через транзистор и рассеиваемую на транзисторе мощность.

Порядок и пример расчёта транзисторного каскада с ОЭ

Исходные данные:

Питающее напряжение $U_{н.п.} = 12$ В.

Выбираем транзистор, например: Транзистор КТ315Г, для него:

$P_{max} = 150$ мВт; $I_{max} = 150$ мА; $h_{21} > 50$.

Принимаем $R_k = 10 * R_э$

Напряжение б-э рабочей точки транзистора принимаем $U_{бэ} = 0,66$ В

Решение:

1. Определим максимальную статическую мощность, которая будет рассеиваться на транзисторе в моменты прохождения переменного сигнала, через рабочую точку В статического режима транзистора. Она должна составлять значение, на 20 процентов меньше (коэффициент 0,8) максимальной мощности транзистора, указанной в справочнике.

Принимаем $P_{\text{рас.мах}}=0,8*P_{\text{мах}}=0,8*150 \text{ мВт}=120 \text{ мВт}$

2. Определим ток коллектора в статическом режиме (без сигнала):

$$I_{\text{к0}}=P_{\text{рас.мах}}/U_{\text{кэ0}}=P_{\text{рас.мах}}/(U_{\text{и.п.}}/2) = 120\text{мВт}/(12\text{В}/2) = 20\text{мА}.$$

3. Учитывая, что на транзисторе в статическом режиме (без сигнала) падает половина напряжения питания, вторая половина напряжения питания будет падать на резисторах:

$$(R_{\text{к}}+R_{\text{э}})=(U_{\text{и.п.}}/2)/I_{\text{к0}} = (12\text{В}/2)/20\text{мА}=6\text{В}/20\text{мА} = 300 \text{ Ом}.$$

Учитывая существующий ряд номиналов резисторов, а также то, что нами выбрано соотношение $R_{\text{к}}=10*R_{\text{э}}$, находим значения резисторов :

$$R_{\text{к}} = 270 \text{ Ом}; R_{\text{э}} = 27 \text{ Ом}.$$

4. Найдем напряжение на коллекторе транзистора без сигнала.

$$U_{\text{к0}}=(U_{\text{кэ0}}+ I_{\text{к0}}*R_{\text{э}})=(U_{\text{и.п.}}- I_{\text{к0}}*R_{\text{к}}) = (12 \text{ В} - 0,02\text{А} * 270 \text{ Ом}) = 6,6 \text{ В}.$$

5. Определим ток базы управления транзистором:

$$I_{\text{б}}=I_{\text{к}}/h_{21}=[U_{\text{и.п.}}/(R_{\text{к}}+R_{\text{э}})]/h_{21} = [12 \text{ В} / (270 \text{ Ом} + 27 \text{ Ом})] / 50 = 0,8 \text{ мА}.$$

6. Полный базовый ток определяется напряжением смещения на базе, которое задается делителем напряжения $R_{\text{б1}}, R_{\text{б2}}$. Ток резистивного базового делителя должен быть на много больше (в 5-10 раз) тока управления базы $I_{\text{б}}$, чтобы последний не влиял на напряжение смещения. Выбираем ток делителя в 10 раз большим тока управления базы:

$$R_{\text{б1}}, R_{\text{б2}}: I_{\text{дел.}}=10*I_{\text{б}} = 10 * 0,8 \text{ мА} = 8,0 \text{ мА}.$$

Тогда полное сопротивление резисторов

$$R_{\text{б1}}+R_{\text{б2}}=U_{\text{и.п.}}/I_{\text{дел.}} = 12 \text{ В} / 0,008 \text{ А} = 1500 \text{ Ом}.$$

7. Найдём напряжение на эмиттере в режиме покоя (отсутствия сигнала). При расчете транзисторного каскада необходимо учитывать: напряжение база-эмиттер рабочего транзистора не может превысить 0,7 вольта! Напряжение на эмиттере в режиме без входного сигнала примерно равно:

$$U_{\text{э}}=I_{\text{к0}}*R_{\text{э}} = 0,02 \text{ А} * 27 \text{ Ом} = 0,54 \text{ В},$$

где $I_{\text{к0}}$ - ток покоя транзистора.

8. Определяем напряжение на базе

$$U_6 = U_3 + U_{63} = 0,54 \text{ В} + 0,66 \text{ В} = 1,2 \text{ В}$$

Отсюда, через формулу делителя напряжения находим:

$$\begin{aligned} R_{62} &= (R_{61} + R_{62}) * U_6 / U_{н.п.} = 1500 \text{ Ом} * 1,2 \text{ В} / 12 \text{ В} = 150 \text{ Ом} \\ R_{61} &= (R_{61} + R_{62}) - R_{62} = 1500 \text{ Ом} - 150 \text{ Ом} = 1350 \text{ Ом} = 1,35 \text{ кОм}. \end{aligned}$$

По резисторному ряду, в связи с тем, что через резистор R_{61} течёт ещё и ток базы, выбираем резистор в сторону уменьшения: $R_{61} = 1,3 \text{ кОм}$.

9. Разделительные конденсаторы выбирают исходя из требуемой амплитудно-частотной характеристики (полосы пропускания) каскада. Для нормальной работы транзисторных каскадов на частотах до 1000 Гц необходимо выбирать конденсаторы номиналом не менее 5 мкФ.

На нижних частотах амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) каскада зависит от времени перезаряда разделительных конденсаторов через другие элементы каскада, в том числе и элементы соседних каскадов. Ёмкость должна быть такой, чтобы конденсаторы не успевали перезаряжаться. Входное сопротивление транзисторного каскада много больше выходного сопротивления. АЧХ каскада в области нижних частот определяется постоянной времени $t_n = R_{вх} * C_{вх}$, где $R_{вх} = R_3 * h_{21}$, $C_{вх}$ - разделительная входная емкость каскада. $C_{вых}$ транзисторного каскада, это $C_{вх}$ следующего каскада и рассчитывается она так же. Нижняя частота среза каскада (граничная частота среза АЧХ) $f_n = 1/t_n$. Для качественного усиления, при конструировании транзисторного каскада необходимо выбирать, чтобы соотношение $1/t_n = 1/(R_{вх} * C_{вх}) \ll f_n$ в 30-100 раз для всех каскадов. При этом чем больше каскадов, тем больше должна быть разница. Каждый каскад со своим конденсатором добавляет свой спад АЧХ. Обычно, достаточно разделительной емкости 5,0 мкФ. Но последний каскад, через $C_{вых}$ обычно нагружен низкоомным сопротивлением динамических головок, поэтому емкость увеличивают до 500,0-2000,0 мкФ, бывает и больше.

Спад АЧХ в области верхних частот определяется постоянной времени перезаряда $t_b = R_{вых} * C_k = R_k C_k$, где C_k - паразитная емкость коллекторного перехода (указывается в справочниках). Для звуковых частот, емкость коллекторного перехода незначительна, поэтому паразитной ёмкостью можно пренебречь.

Расчёт ключевого режима транзисторного каскада

Расчёт ключевого режима транзисторного каскада производится абсолютно так же, как и ранее проведённый расчёт усилительного каскада. Отличие заключается только в том, что ключевой режим предполагает два

состояния транзистора в режиме покоя (без сигнала). Он, или закрыт (но не закорочен), или открыт (но не перенасыщен). При этом, рабочие точки "покоя", находятся за пределами точек А и С изображённых на ВАХ. Когда на схеме в состоянии без сигнала транзистор должен быть закрыт, необходимо из ранее изображённой схемы каскада удалить резистор R_{61} . Если же требуется, чтобы транзистор в состоянии покоя был открыт, необходимо в схеме каскада увеличить резистор R_{62} в 10 раз от расчётного значения, а в отдельных случаях, его можно удалить из схемы.

Расчёт транзисторного каскада окончен.

Используя справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам [7], рассчитать первичные и вторичные параметры транзистора согласно своему варианту (табл. 13.1). Для заданного типа транзистора графическим и аналитическим способами рассчитать первичные и вторичные параметры транзистора. Для этого на прямолинейных участках вольтамперной характеристики (ВАХ) либо при заданной точке покоя (I_{60} , $U_{к0}$) построить характеристические треугольники и определить параметры. Статические входные и выходные ВАХ выбрать по справочным данным [1, 4, 7, 8], а для схемы с общим эмиттером – по рис. 13.1, а, б.

Таблица 13.1

Вариант	Тип транзистора	Вариант	Тип транзистора
1	ГТ305А	14	ГТ310Б
2	ГТ308А	15	ГТ320Б
3	ГТ309А	16	ГТ321Б
4	ГТ310А	17	ГТ322Б
5	ГТ320А	18	ГТ301А
6	ГТ321А	19	КТ312Б
7	ГТ322А	20	КТ315Б
8	КТ301А	21	КТ305В
9	КТ312А	22	КТ308В
10	КТ315А	23	КТ309В
11	ГТ305Б	24	КТ310В
12	ГТ308Б	25	КТ320В
13	ГТ309Б	–	–

Вопросы для самопроверки

1. Как устроен транзистор?
2. Поясните принцип работы транзистора типа *p-n-p*.
3. Какие схемы включения транзисторов существуют?

4. Чем объяснить отсутствие усиления по току в схеме включения транзистора с общей базой?
5. Укажите область практического применения транзисторов.
6. Как устроен тиристор и для чего он применяется?
7. Объясните принципиальное различие между биполярными и полевыми транзисторами.

Литература

1. Горошков, Б. И. Электронная техника [текст]: учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования / Б. И. Горошков, А. Б. Горошков. - Москва : Academia, 2013. - 320 с.
2. Данилов, И. А. Общая электротехника с основами электроники [текст]: учеб. пособие для студентов неэлектротехн. спец. сред. спец. учеб. заведений/ И. А. Данилов, П. М. Иванов. - Москва: Высш. шк., 2011. - 752 с: ил.
3. Петленко Б. И. Электротехника и электроника[текст]: учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования/ Б. И. Петленко. - 4-е изд., стер. - Москва: Academia, 2011. - 320 с: ил.. - (Среднее профессиональное образование. Общепрофессиональные дисциплины)
4. Синдеев Ю.Г.Электротехника с основами электроник [текст]: :уч.пособие.-12-е изд.,Ростов н/Д:Феникс,2010.-407с.

Перечень практических работ

для специальности 08.02.05 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов (базовая подготовка)

1. Расчет электрической цепи постоянного тока.
2. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока законами Кирхгофа.
3. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока методами контурных токов, наложения, узлового потенциала.
4. Определение потенциалов в замкнутой цепи постоянного тока
5. Расчет цепей переменного тока при последовательном соединении.
6. Расчет цепей переменного тока при параллельном соединении.
7. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей звездой.
8. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником.
9. Расшифровка электроизмерительных приборов.
10. Расчёт параметров электрических двигателей
11. Изучение устройства асинхронного двигателя с короткозамкнутым и фазным ротором.
12. Расчет и составление схем биполярного транзистора.

Перечень практических работ

для специальности 08.02.07 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции.

1. Расчет электрической цепи постоянного тока.
2. Расчет цепей переменного тока при последовательном соединении.
3. Расчет цепей переменного тока при параллельном соединении.
4. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей звездой.
5. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником.
6. Расшифровка электроизмерительных приборов.
7. Изучение устройства асинхронного двигателя с короткозамкнутым и фазным ротором.

Перечень практических работ

для специальности 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта (повышенная подготовка)

1. Расчет электрической цепи постоянного тока.
2. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока законами Кирхгофа.
3. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока методами контурных токов, наложения, узлового потенциала.
4. Определение потенциалов в замкнутой цепи постоянного тока
5. Расчет цепей переменного тока при последовательном соединении.
6. Расчет цепей переменного тока при параллельном соединении.
7. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей звездой.
8. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником.
9. Расшифровка электроизмерительных приборов.
10. Изучение устройства асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором
11. Изучение устройства асинхронного двигателя с фазным ротором.
12. Расчет параметров электрических двигателей
13. Составление схемы управления электроприводом.
14. Расчет параметров полупроводниковых диодов.
15. Расчет и составление схем биполярного транзистора.

Перечень практических работ

для специальности 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта (базовая подготовка)

1. Расчет электрической цепи постоянного тока.
2. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока законами Кирхгофа.
3. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока методами контурных токов, наложения, узлового потенциала.
4. Определение потенциалов в замкнутой цепи постоянного тока
5. Расчет цепей переменного тока при последовательном соединении.
6. Расчет цепей переменного тока при параллельном соединении.
7. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей звездой.
8. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником.
9. Расшифровка электроизмерительных приборов.
10. Изучение устройства асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором
11. Изучение устройства асинхронного двигателя с фазным ротором.
12. Расчет параметров электрических двигателей
13. Составление схемы управления электроприводом.
14. Расчет и составление схем биполярного транзистора.

Перечень практических работ

для специальности 35.02.03 Технология деревообработки

1. Расчет электрической цепи постоянного тока.
2. Расчет цепей переменного тока при последовательном соединении.
3. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей звездой.
4. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником.
5. Расшифровка электроизмерительных приборов.
6. Изучение устройства асинхронного двигателя с короткозамкнутым и фазным ротором.

Перечень практических работ

для специальности 25.04.07 Технология лесозаготовок

1. Расчет электрической цепи постоянного тока.
2. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока законами Кирхгофа.
3. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока методами контурных токов, наложения, узлового потенциала.
4. Определение потенциалов в замкнутой цепи постоянного тока
5. Расчет цепей переменного тока при последовательном соединении
6. Расчет цепей переменного тока при параллельном соединении.
7. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей звездой.
8. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником.
9. Расшифровка электроизмерительных приборов.
10. Расчёт параметров электрических двигателей
11. Составление схем управления электроприводом
12. Расчет и составление схем биполярного транзистора.
13. Расчет параметров полупроводниковых диодов

Перечень практических работ

для специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий сооружений

1. Расчет электрической цепи постоянного тока.
2. Расчет цепей переменного тока соединенного последовательно.
3. Расшифровка электроизмерительных приборов.
4. Изучение устройства асинхронных двигателей с короткозамкнут фазным ротором.

Перечень практических работ

для специальности 27.02.02 Техническое регулирование и управление качеством

1. Расчет электрической цепи постоянного тока.
2. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока законами Кирхгофа.
3. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока методами контурных токов, наложения, узлового потенциала.
4. Определение потенциалов в замкнутой цепи постоянного тока
5. Расчет цепей переменного тока при последовательном соединении.
6. Расчет цепей переменного тока при параллельном соединении.
7. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей звездой.
8. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником.
9. Расшифровка электроизмерительных приборов.
10. Изучение асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором.
11. Составление схем управления электроприводом

Перечень практических работ

для специальности 08.02.11. Управление, эксплуатация и содержание многоквартирного дома

1. Расчет электрической цепи постоянного тока.
2. Расчет цепей переменного тока при последовательном соединении.
3. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей звездой.
4. Расчет трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником.
5. Расшифровка электроизмерительных приборов.
6. Изучение устройства асинхронного двигателя с короткозамкнутым и фазным ротором

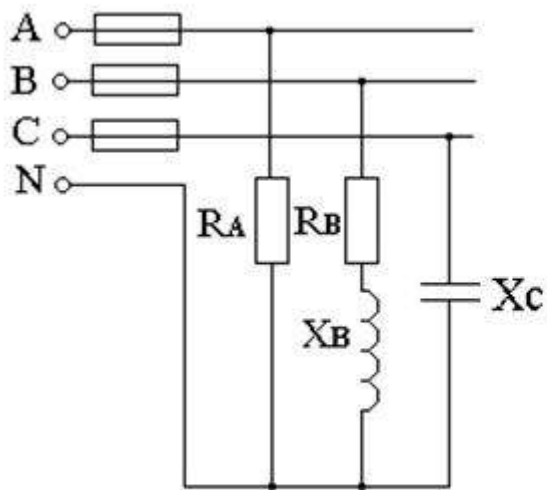


Рис.31

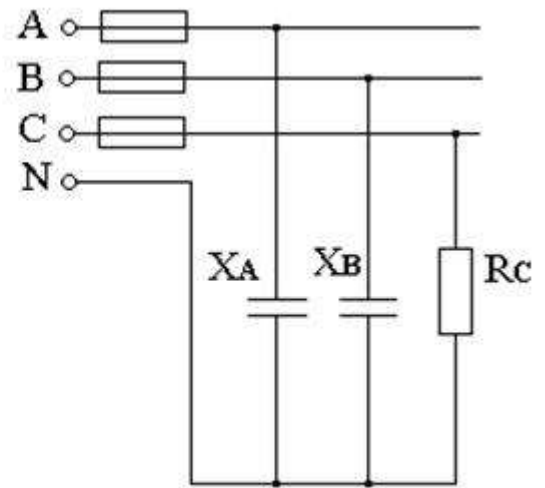


Рис.32

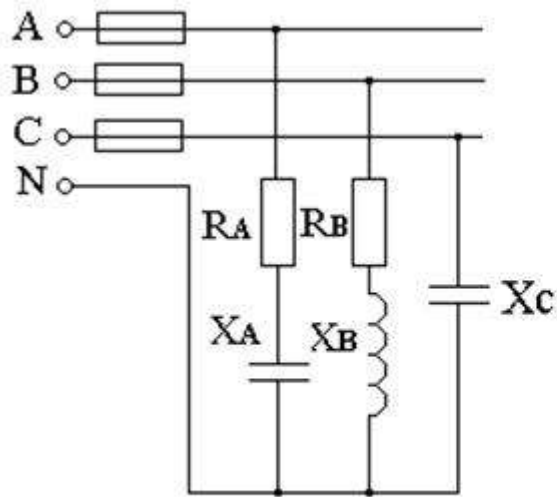


Рис.33

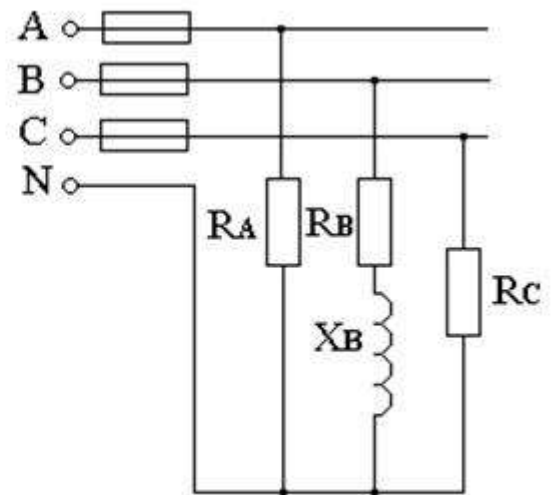


Рис.34

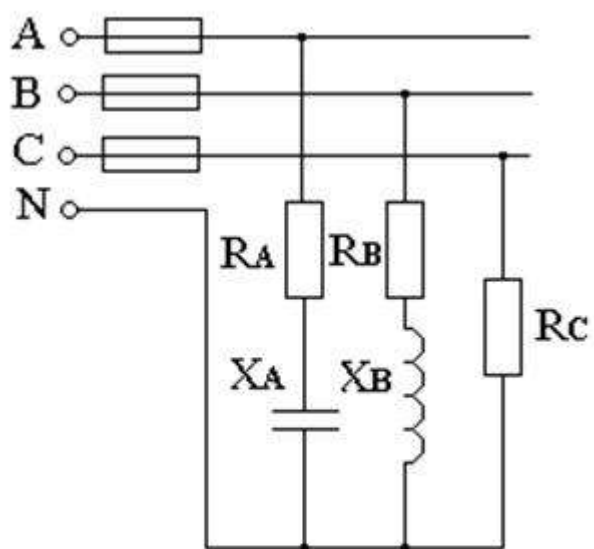


Рис.35

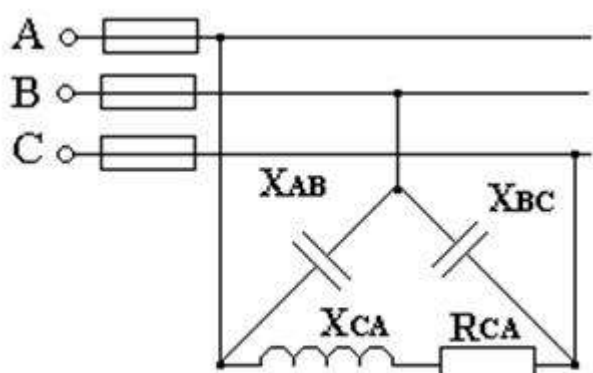


Рис.37

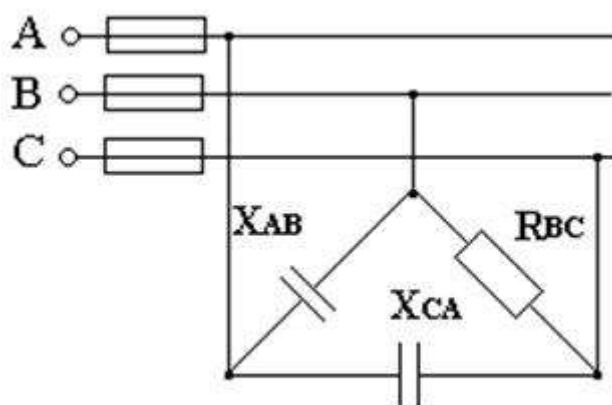


Рис.36

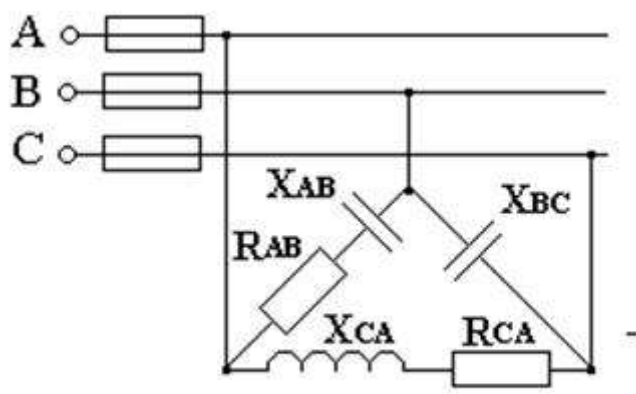


Рис.39

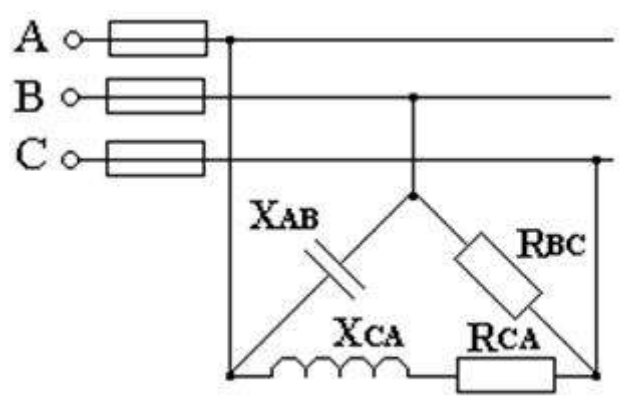


Рис.38

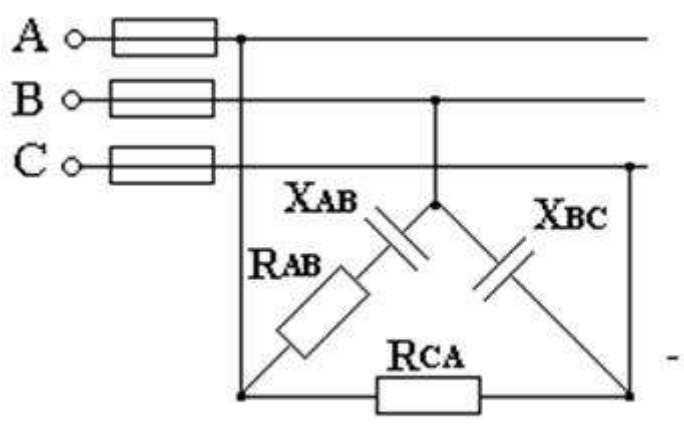


Рис.40