РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)
Техникум
(Техникум ФГБУ ВО РГУПС)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ

ОП.02 Электроника и электроника

для специальности
270835 – Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство.

Базовая подготовка
среднего профессионального образования

Ростов-на-Дону
2016 г.

Рассмотрены
Предметной (цикловой)
комиссией специальности
«Общепрофессиональных
дисциплин»

Протокол № 1
от «30» 08 2016г.

Председатель:
_____(Родионов С. А.)

Методические указания к выполнению лабораторных и практических работ разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее — ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее — СПО) Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство.

Заместитель директора по УМР
_____

Разработчик: Рубцова Г. Б., преподаватель техникума ФГБОУ ВО РГУПС.

Рекомендована объединенной методической комиссией техникума ФГБУ ВО РГУПС

Протокол № 1 от «28» 09 2016 г.

Содержание

№	*Наименование*	*Стр.*
1	Пояснительная записка	4
2	Требования, предъявляемые к технике безопасности	5
3	Указания по выполнению лабораторных работ	7
4	Практическая работа № 1. Расчёт электростатической цепи	
5	Лабораторная работа № 1. Исследование соединений резисторов	
6	Практическая работа № 2. Расчёт магнитной цепи	
7	Практическая работа № 3. Расчёт неразветвлённой цепи	
8	Практическая работа № 4. Расчёт разветвлённой цепи	
9	Лабораторная работа № 2. Исследование цепи трёхфазного тока	
10	Лабораторная работа № 3. Измерение электрических сопротивлений	
11	Практическая работа № 5. Расчёт генератора постоянного тока	
12	Практическая работа № 6. Расчёт асинхронного электродвигателя	
13	Практическая работа № 7. Расчёт трансформатора	
14	Лабораторная работа № 4.Исследование работы полупроводникового диода	
15	Лабораторная работа № 5.Исследование работы биполярного транзистора	
16	Лабораторная работа № 6.Исследование работы однофазного выпрямителя	
17	Лабораторная работа № 7.Исследование работы полупроводникового усилителя	
18	Лабораторная работа № 8.Исследование работы импульсного генератора	
19	Перечень рекомендуемой литературы	

1. Пояснительная записка

Лабораторные и практические работы по дисциплине «Электротехника и электроника» позволяют экспериментально проверить основные положения теории, приобрести навыки по сборке электронных схем, научиться снимать характеристики электронных полупроводниковых приборов, определять основные параметры электронных усилителей и генераторов, изучить работу неуправляемых и управляемых выпрямителей, приобрести навыки работы с осциллографом. Участие в экспериментах вырабатывает у студентов практические навыки по методике проведения опытов и обработке их результатов. По полученным результатам лабораторного исследования, студенты, должны научиться оценивать достоинства и недостатки исследуемых электронных схем и приборов, а так же возможность их использования для нужд железнодорожного транспорта.

При изучении курса студенты приобретают необходимые знания об основных методах расчета и физических процессах, с которыми приходится встречаться в теории электростатических, электрических и магнитных цепей.

Целью практических работ является окончательная проверка усвоения студентами соответствующих разделов курса. Приступать к выполнению очередной практической работы следует после изучения необходимого теоретического материала из рекомендуемой литературы. При оформлении каждой работы следует приводить исходную схему с принятыми буквенными обозначениями. Все рисунки, схемы и графики должны быть выполнены аккуратно в масштабе. Графики необходимо чертить с помощью чертежных инструментов. На осях координат должны быть указаны откладываемые величины и единицы их измерений. При оформлении работы нужно указать все необходимые расчетные формулы. Выполнение расчета не следует перегружать приведением всех алгебраических преобразований. Каждый этап расчета должен иметь пояснения. Результаты вычислений рекомендуется записывать с точностью до сотых долей.

Вариант практической работы определяется номером по списку в классном журнале. Проверенная преподавателем практическая работа подлежит защите в установленные преподавателем сроки.

Лабораторные и практические работы выполняются на втором курсе в 3 и 4 семестрах в объеме 30 часов.

Предусмотрено выполнение следующих лабораторных и практических работ:

Практическая работа № 1. Расчёт электростатической цепи

Лабораторная работа № 1. Исследование соединений резисторов

Практическая работа № 2. Расчёт магнитной цепи

Практическая работа № 3. Расчёт неразветвлённой цепи

Практическая работа № 4. Расчёт разветвлённой цепи

Лабораторная работа № 2. Исследование цепи трёхфазного тока

Лабораторная работа № 3. Измерение электрических сопротивлений

Практическая работа № 5. Расчёт генератора постоянного тока

Практическая работа № 6. Расчёт асинхронного электродвигателя

Практическая работа № 7. Расчёт трансформатора

Лабораторная работа № 4.Исследование работы полупроводникового диода

Лабораторная работа № 5.Исследование работы биполярного транзистора

Лабораторная работа № 6.Исследование работы однофазного выпрямителя

Лабораторная работа № 7.Исследование работы полупроводникового усилителя

Лабораторная работа № 8.Исследование работы импульсного генератора

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, студент должен тщательно изучить содержание работы; повторить теоретический

материал, связанный с выполнением данной работы; подготовить таблицы для занесения результатов наблюдений и вычислений. Лабораторные работы выполняются группами по 3—4 человека.

2. Требования, предъявляемые к технике безопасности

Лабораторные стенды в лаборатории являются действующими устройствами, отдельные элементы которых находятся под напряжением. Поэтому при определенных условиях, возникающих из-за нарушения установленных правил, лабораторные стенды могут стать источником поражения человека электрическим током и других видов травматизма.

Политика лаборатории заключается в том, чтобы студенты максимально самостоятельно работали с оборудованием лаборатории, что создаёт дополнительную опасность при выполнении лабораторных работ.

Тело человека обладает электропроводностью, и поэтому при соприкосновении с двумя неизолированными элементами установки, находящимися под напряжением, через тело человека проходит электрический ток. Достигнув опасных значений, этот ток приводит либо к сильным ожогам (электрическая травма), либо к тяжелым поражениям нервной, сердечной и дыхательной систем организма человека (электрический удар). Последствия поражения электрическим током бывают тяжелыми и могут привести к смертельному исходу.

При несоблюдении правил техники безопасности учащийся подвергается не только опасности поражения электрическим током. Необходимо помнить, что многие элементы схемы лабораторной установки, находящиеся под напряжением, доступны для прикосновения, поэтому учащиеся в лаборатории должны соблюдать исключительную осторожность.

Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ.

1. Приступая к работе, следует ознакомиться с приборами, способами их включения, используя краткое описание лабораторного стенда, приведённое в инструкционной карте.

2. Сборка электрических схем должна производиться проводами с исправной изоляции.

3. Запрещается, касается руками клемм (гнёзд), находящихся под напряжением. Наличие напряжения на клеммах приборов и элементах схемы следует проверять только измерительными приборами.

4. Подача питающих напряжений на собранный блок должна производиться только после проверки схемы преподавателем.

5. Все переключения в электрической схеме блока необходимо производить при отключённом источнике питания и выключенном сетевом тумблере.

6. Схеме можно разобрать только при выключенном стенде.

7. Запрещается оставлять схему, находящуюся под напряжением, без надзора.

8. Необходимо отключить схему от питающих напряжений в случае перерыва в работе.

9. Во время выполнения лабораторной работы категорически запрещается хождение по лаборатории.

10. О любой неисправности необходимо немедленно сообщить преподавателю.

11. После окончания работы, полученные результаты следует показать преподавателю, после чего разобрать схему, аккуратно сложить соединительные провода, однолучевые и двухлучевые раздельно.

12. Инструктаж по технике безопасности должен быть зафиксирован в специальном журнале, где каждый учащийся должен расписаться.

3. Указания по выполнению лабораторных работ

1. Каждый студент обязан выполнять правила внутреннего распорядка лаборатории и строго соблюдать требования техники безопасности.

2. К выполнению каждой лабораторной работы студент должен заблаговременно подготовиться по соответствующей инструкционной карте и указанной в ней литературе.

3. Каждая лабораторная работа проводится на определенном рабочем месте. Смена рабочего места, перестановка приборов, аппаратов с одного рабочего места на другое может быть допущена только с разрешения преподавателя.

4. Перед началом выполнения лабораторной работы нужно ознакомиться с оборудованием стенда.

5. Включать источник питания к собранной цепи можно только с разрешения преподавателя. Перед любым переключением в цепи или на время отыскания повреждений в монтаже питание следует отключать.

6. Результаты лабораторной работы необходимо показывать преподавателю до разборки цепи.

7. Разборка цепи производится с разрешения преподавателя.

Практическая работа № 1.

РАСЧЁТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ.

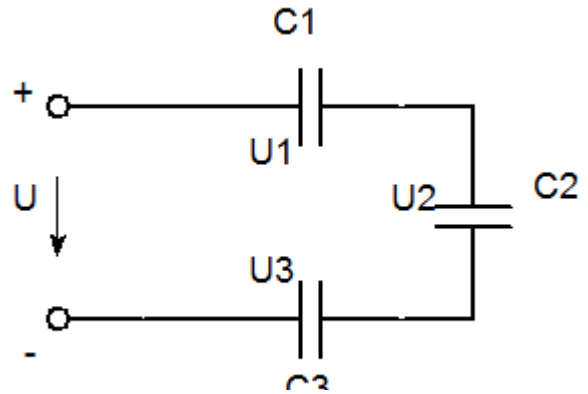
Цель работы: определить эквивалентную ёмкость батареи конденсаторов, напряжение и заряд каждого конденсатора.

Теоретические положения

Основные соотношения параметров электростатической цепи:
- при последовательном соединении конденсаторов

$$Q=CU;$$
$$Q=Q_1=Q_2=Q_3;$$
$$U=U_1+U_2+U_3;$$

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$

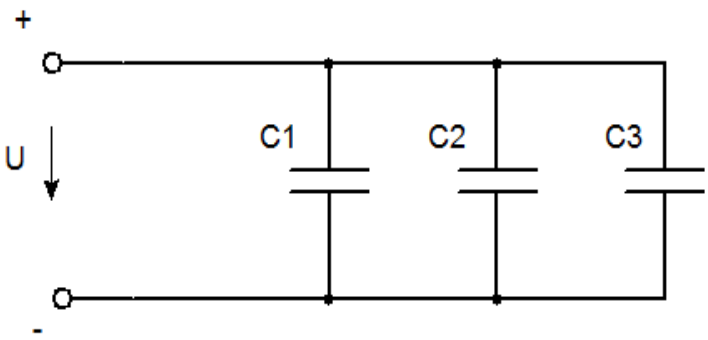


для трёх конденсаторов:

$$C=\frac{C_1C_2C_3}{C_1C_2+C_2C_3+C_1C_3}$$

для двух конденсаторов:

$$C=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$$



- при параллельном соединении конденсаторов

$$Q=CU;$$

$U=U_1=U_2=U_3;$

$Q=Q_1+Q_2+Q_3;$

$C=C_1+C_2+C_3$

Содержание работы.

Вычертить схему и выписать из таблицы исходные данные согласно варианту. Определить напряжение и заряд каждого конденсатора.

Таблица

Вариант	Схема	Ёмкость конденсаторов, мкФ					
		U, В	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
1	1	30	4	1	5	8	4
2		140	4	5	1	4	8
3	2	50	5	6	2	4	4
4		160	6	5	4	4	4

Продолжение таблицы

Вариант	Схема	Ёмкость конденсаторов, мкФ					
		U, В	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
5	3	70	6	4	5	5	3
6		180	6	2	6	3	3
7	4	80	8	6	3	6	16
8		130	16	3	6	2	8
9	5	90	4	8	3	6	8
10		120	8	5	6	3	4
11	6	100	5	3	6	4	8
12		60	4	4	4	8	4
13	7	110	4	6	3	6	8
14		50	6	4	10	10	1
15	8	120	6	2	3	5	12
16		90	12	5	2	3	6
17	9	130	10	15	9	10	10
18		80	15	10	4	12	12
19	10	140	8	6	3	2	4
20		70	4	3	6	2	8
21	11	150	4	5	5	7,5	4
22		60	8	4	4	2	4
23	12	160	5	6	2	1	2
24		50	3	6	4	2	4
25	13	170	6	4	5	10	5
26		40	3	5	8	16	8
27	14	180	8	6	3	4	4
28		30	16	6	10	8	8

29	15	200	4	6	3	6	2
30		20	10	15	6	3	7

Схема 1

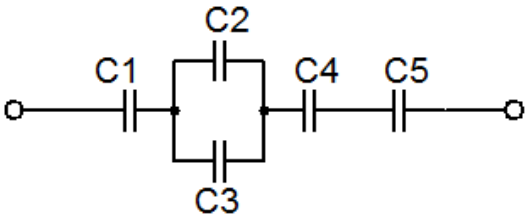


Схема 2

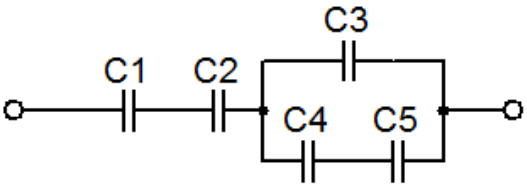


Схема 3

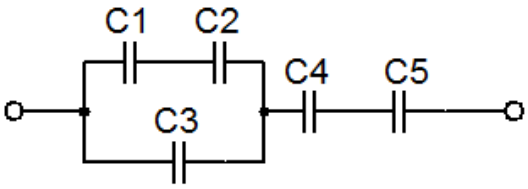


Схема 4

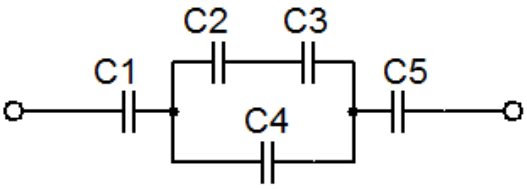


Схема 5

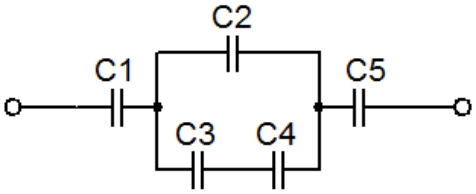


Схема 6

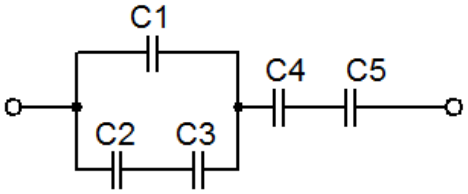


Схема 7

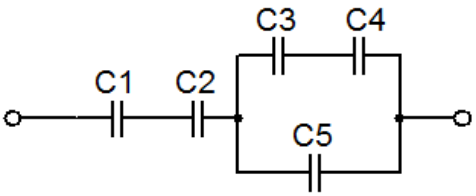


Схема 8

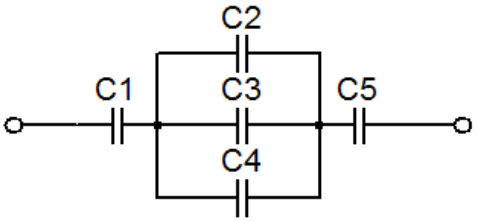


Схема 9

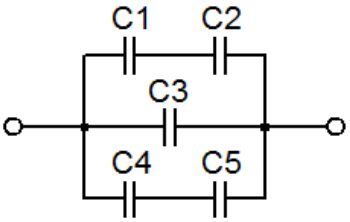


Схема 10

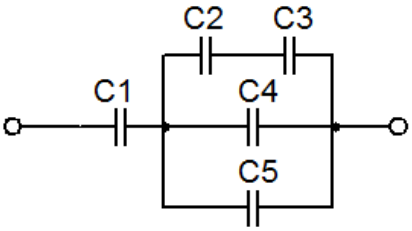


Схема 11

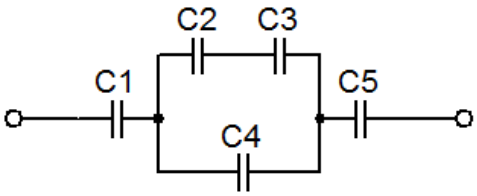


Схема 12

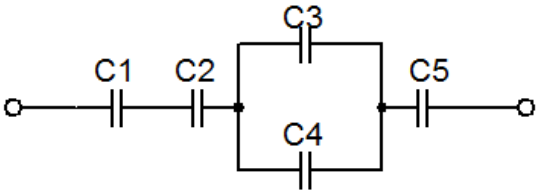


Схема 13

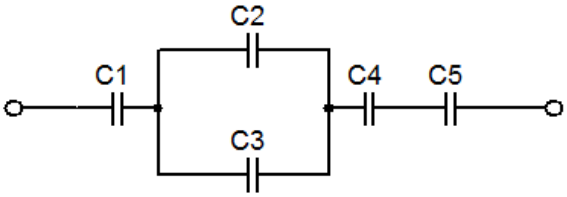


Схема 14

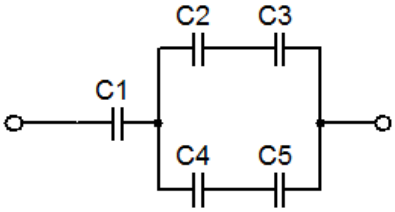
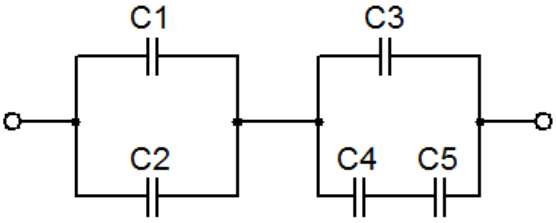
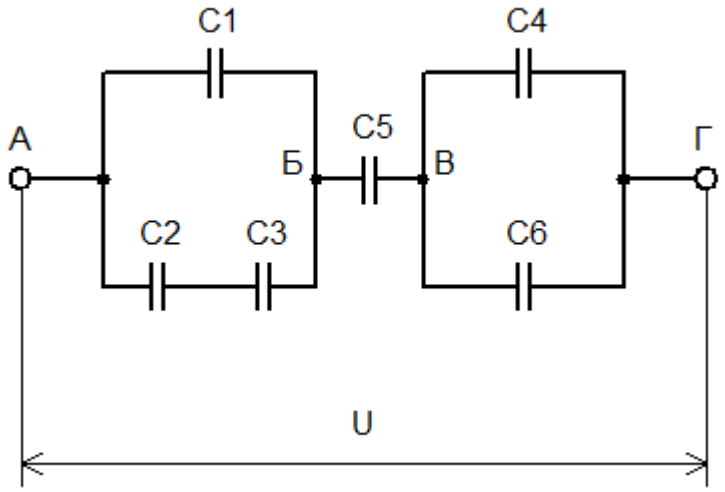


Схема 15



Порядок расчёта.

Дано:
U=100В;
C_1=4мкФ;
C_2=10мкФ;
C_3=15мкФ;
C_4=6мкФ;
C_5=7мкФ;
C_6=8мкФ.
Найти: ***$C_{экв}$; Q_1; Q_2; Q_3; Q_4; Q_5; Q_6.***



Решение.

1. Методом «свёртывания» определить эквивалентную ёмкость батареи конденсаторов:

_____ _____

_____ _____

2. Заряд батареи конденсаторов

При последовательном соединении

3. Напряжение на участках цепи и на обкладках конденсаторов:

____ _____

___ _____

___

___ _____

___ _____

4. Заряд каждого конденсатора:

Проверка:

$$100\ В = 18 + 12 + 50 + 20\ В;$$
$$100\ В = 100\ В;$$

.

Проверка подтверждает, что расчёты сделаны верно.

Содержание отчёта.

1. Наименование практической работы.
2. Цель работы.
3. Начертить рассчитываемую схему.
4. Выписать исходные данные.
5. Выполнить необходимые расчёты.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какова цель практического занятия?
2. Что такое конденсатор?
3. Что называется электрической ёмкостью?
4. Какие способы соединения конденсаторов вы знаете.

Лабораторная работа № 1.

ИЗУЧЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ РЕЗИСТОРОВ

Цель работы: опытным путём проверить основные соотношения между электрическими величинами в цепи постоянного тока последовательно соединённых сопротивлений.

Оборудование: лабораторный стенд, соединительные провода.

Теоретические положения

Последовательным называется такое соединение, когда резисторы соединяются вслед один за другим, без ответвлений. При этом образуется неразветвлённая цепь или участок цепи, где во всех резисторах протекает одинаковый ток, а падения напряжений пропорциональны сопротивлениям этих резисторов.

Величину каждого сопротивления можно найти из формулы закона Ома для участка цепи:

—

Эквивалентное сопротивление означает равнозначное сопротивление, которым можно заменить все резисторы, и ток при этом не изменится.
Для трёх последовательно соединённых резисторов

Напряжение на зажимах цепи равно сумме падений напряжений на последовательных резисторах:

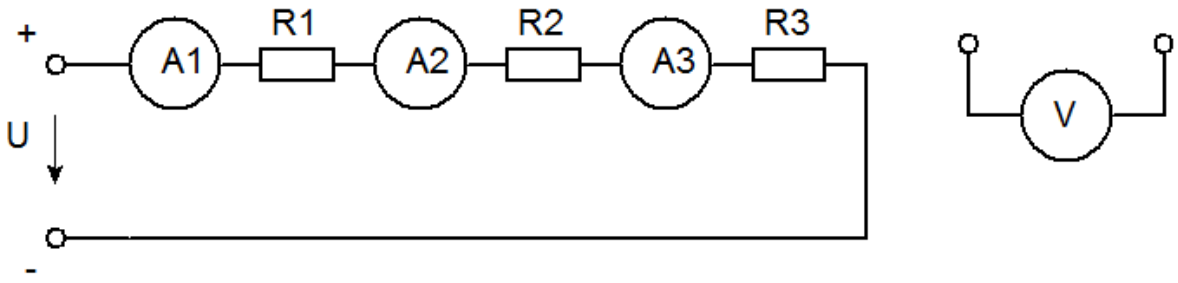
Мощность, потребляемая резистором, определяется по одной из формул:

—

Мощность всей цепи будет равна сумме мощностей отдельных резисторов:

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме:



2. Включить цепь и с помощью переносного вольтметра измерить падение напряжения на каждом резисторе и во всей цепи. Показания вольтметра и амперметров записать в таблицу (опыт №1).
3. Замкнуть накоротко резистор $\boldsymbol{R_2}$, для чего соединить его зажимы проводником малого сопротивления.
4. Повторить предыдущие измерения и записать их в таблицу (опыт №2).

Таблица

№ опыта	Участок цепи	Показания приборов		Результаты расчётов		Примечание
		U, В	***I***, А	***P***, Вт	***R***, Ом	
1	Резистор $\boldsymbol{R_1}$ Резистор $\boldsymbol{R_2}$ Резистор $\boldsymbol{R_3}$ Вся цепь					
2	Резистор $\boldsymbol{R_1}$ Резистор $\boldsymbol{R_2}$ Резистор $\boldsymbol{R_3}$ Вся цепь					Резистор $\mathbf{R_2}$ замкнут накоротко

5. Отключить резистор $\boldsymbol{R_3}$, и убедиться, что ток в цепи прекращается.

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Необходимые расчёты.
7. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какова цель лабораторного занятия?
2. Какое соединение резисторов называется последовательным?
3. Какая цепь называется неразветвлённой?
4. Как можно определить сопротивление резистора?
5. Какое сопротивление называется эквивалентным и чему равно?
6. Как можно определить мощность резистора и всей цепи?

Практическая работа № 2.

РАСЧЁТ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ.

Цель работы: получить навыки расчёта неразветвлённой магнитной цепи; установить зависимость силы тока в катушке, необходимого для создания заданной подъёмной силы электромагнита, от величины магнитного зазора.

Теоретические положения

Магнитной цепью называется путь, по которому замыкается магнитный поток.

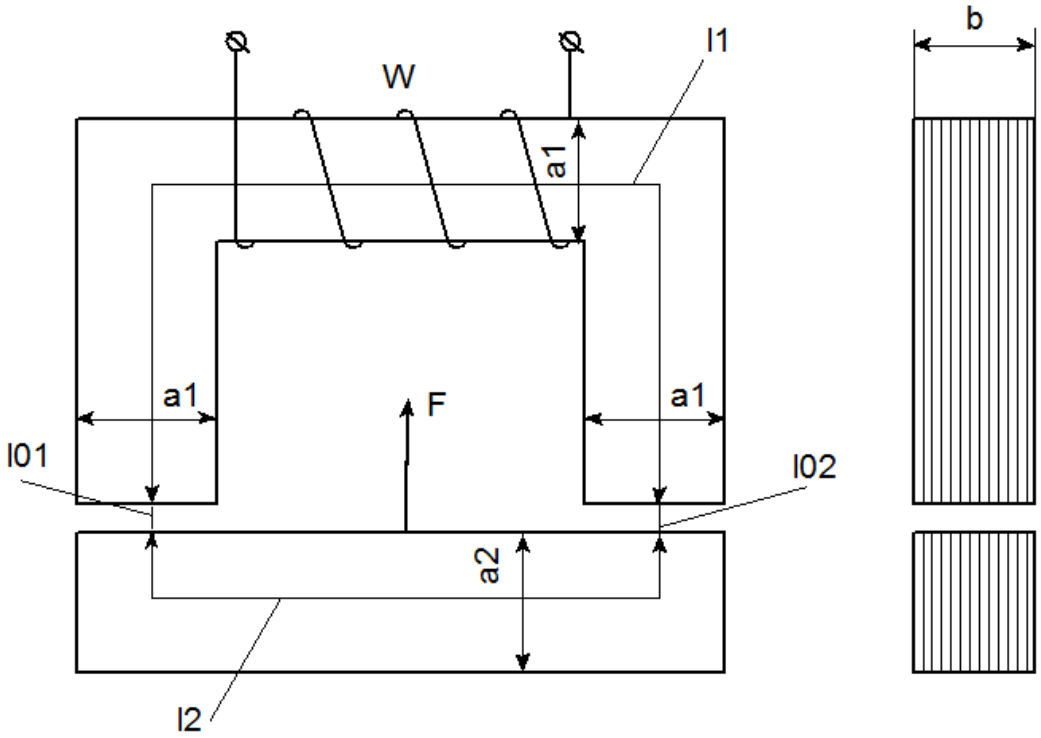
Расчёт неразветвлённой магнитной цепи сводится к определению намагничивающей силы $F_{нс}=I\omega$, которая требуется для получения заданного магнитного потока Φ или магнитной индукции B. При этом указываются размеры и материал всех участков магнитной цепи.

1. Проводим среднюю линию по всей цепи и разбиваем её на однородные участки (т.е. одинакового поперечного сечения и магнитной проницаемости μ_a). Длинны участков l_1, l_2, l_3 обычно выражают в сантиметрах, а их поперечное сечение S_1, S_2, S_3 в квадратных сантиметрах.
2. По формуле $B = \Phi/S$ находим магнитные индукции участков.
3. Определяем необходимую напряжённость поля H, а затем магнитной напряжение Hl каждого участка. Для участков, выполненных из ферромагнитного материала, определяют по кривым намагничивания, а для воздушных зазоров - по формуле $H = B/\mu_0$, где $\mu_0 = 4\pi\cdot10^{-7}$ Гн/м. Если индукцию выразить в гауссах, а напряжённость в амперах на сантиметр, то $H = 0{,}8B$
4. Складывая магнитные напряжения Hl всех участков, по закону полного тока определяем намагничивающую силу необходимую для создания в данной магнитной цепи потока Φ:

$$I\omega = H_1l_1 + H_2l_2 + H_3l_3 + \cdots + H_nl_n$$

Содержание работы

Магнитопровод электромагнита выполнен электротехнической стали, состоит из сердечника длиной l_1, якоря длиной l_2 и двух воздушных зазоров l_{01} и l_{02}. Длинны участков магнитопровода даны по средней магнитной линии. Ширина участков магнитопровода a_1 и a_2, толщина b. Число витков обмотки w, ток в обмотке I. Магнитный поток в магнитной цепи Φ. Сила притяжения якоря (подъёмная сила электромагнита) F.



Таблица

Варианты	l_1, см	l_2, см	a_1, см	a_2, см	b, см	$l_{01}=l_{02}$, мм	w	F, Н
1, 11, 21	180	60	4	6,3	4	1	200	3500
2, 12, 22	200	70	3	4	4	1.5	210	2800
3, 13, 23	220	70	5	5,5	4	2	220	3000
4, 14, 24	240	80	5	4	5	1	230	3200
5, 15, 25	260	80	6	5	5	1.5	240	3500
6, 16, 26	280	80	5	6	5	2	250	3400
7, 17, 27	200	60	4	5	6	1	260	3800
8, 18, 28	160	50	5	4	6	1.5	270	3500
9, 19, 29	140	50	4	5	6	2	250	4000
10, 20, 30	150	50	6	5	7	1	240	3600
0	250	80	4	3	5	1	240	3000

На основе исходных данных из таблицы определить ток I в катушке, необходимый для создания заданной силы электромагнита.

Порядок выполнения работы.

1. Разбить магнитную цепь на участки, каждый из которых должен иметь по всей длине одинаковое сечение и одинаковый материал.
   В данной цепи таких участка четыре: два участка из электротехнической стали и два воздушных зазора.
   Длина и сечение участков магнитной цепи:

   $l_1=250см=2,5м;$ $S_1=a_1 \cdot b=4 \cdot 5=20см^2=20 \cdot 10^{-4}м^2;$
   $l_2=80см=0,8м;$ $S_2=a_2 \cdot b=3 \cdot 5=15см^2=15 \cdot 10^{-4}м^2;$
   $l_{01}=l_{02}=1мм=0,001м;$ $S_{01}=S_{02}=S_1=20 \cdot 10^{-4}м^2.$
2. Пользуясь формулой подъёмной силы электромагнита, определить необходимую магнитную индукцию в сердечнике:

   _____ _____

   _____ _____

3. Магнитный поток в заданной магнитной цепи

4. Поскольку в неразветвлённой магнитной цепи Φ на всех участках одинаков, то магнитная индукция в якоре

   _____

   В воздушном зазоре $B_0=B_1=1,37$ *Тл*
5. Напряжённость магнитного поля для всех участков

5.1. В воздушном зазоре определить по формуле:

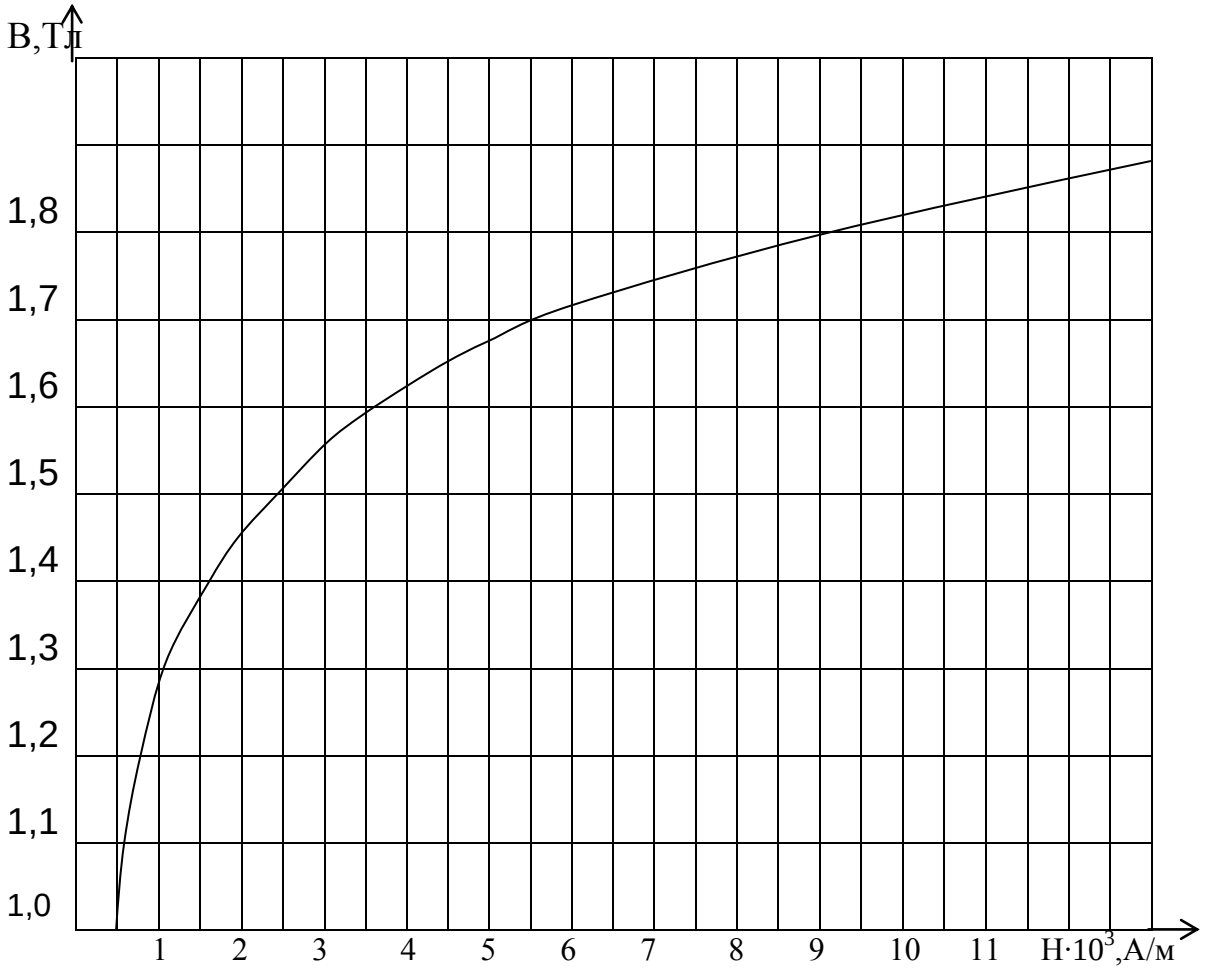
   _____ _____ _

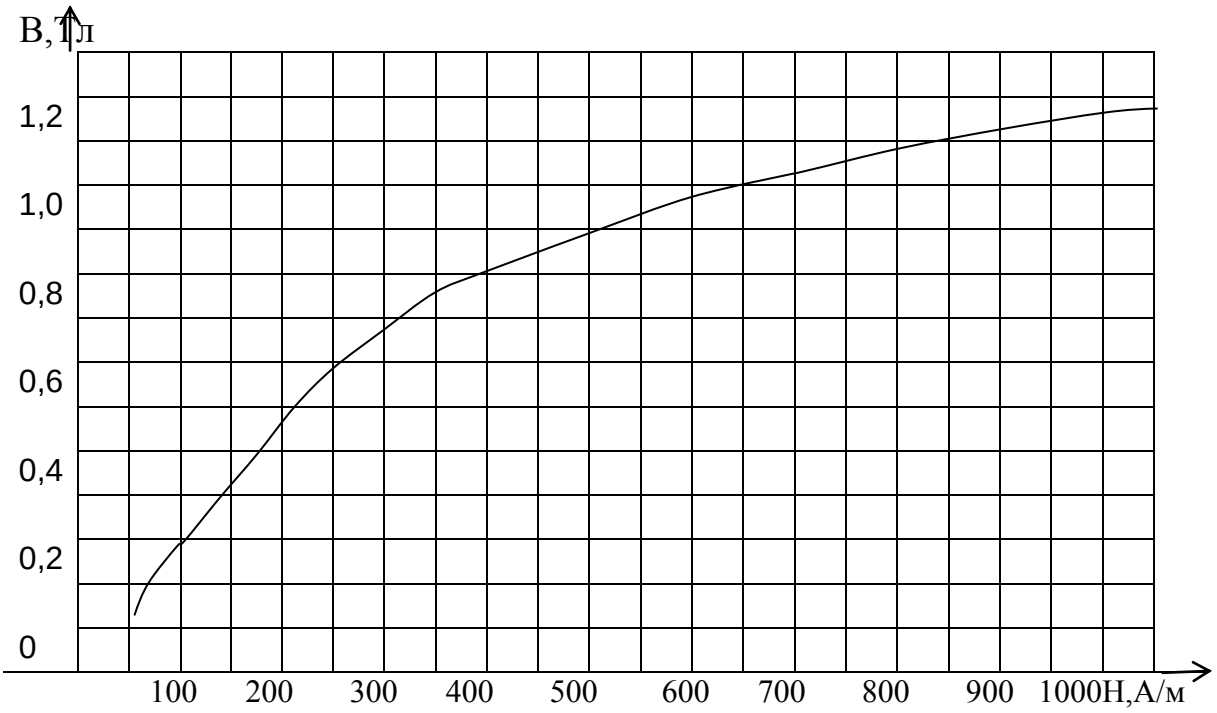
5.2. Для якоря и сердечника напряжённость найти по кривой намагничивания электротехнической стали

   - при $B_1=1,37$ *Тл* $\longrightarrow$ $H_1=1500$ *А/м;*
   - при $B_2=1,83$ *Тл* $\longrightarrow$ $H_2=10000$ *А/м*.

6. По второму закону Кирхгофа магнитодвижущая (намагничивающая) сила катушки равна сумме магнитных напряжений вдоль контура магнитной цепи:

   Намагничивающая сила катушки электромагнита, необходимая для создания требуемой интенсивности магнитного поля и, соответственно, заданной подъёмной силы электромагнита:


B,Тл
1,8
1,7
1,6
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1,0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
H·10³,A/м


B,Тл
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000H,A/м

7. При заданном числе витков катушки определить силу тока в катушке, необходимую для создания заданной подъёмной силы электромагнита:

— ———

8. Определить ток в катушке, необходимый для удержания якоря в притянутом состоянии с силой ***F***, т.е. при $l_{01}=l_{02}=0$:

— ———

9. Задавшись значениями , определить необходимую силу тока в катушке для создания заданной ***F*** при разных воздушных зазорах. Построить график $I(l_0)$ и пояснить его.

Выводы: пояснить, что такое магнитодвижущая сила катушки, от чего она зависит; характер графика $I(l_0)$.

Содержание отчёта.

1. Наименование практической работы.
2. Цель работы.
3. Начертить рассчитываемую схему.
4. Выписать исходные данные.
5. Выполнить необходимые расчёты.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Основные характеристики магнитного поля.
2. Закон полного тока.
3. Намагничивающая сила.
4. Кривые намагничивания.
5. влияние воздушного зазора на величину подъёмной силы электромагнита.

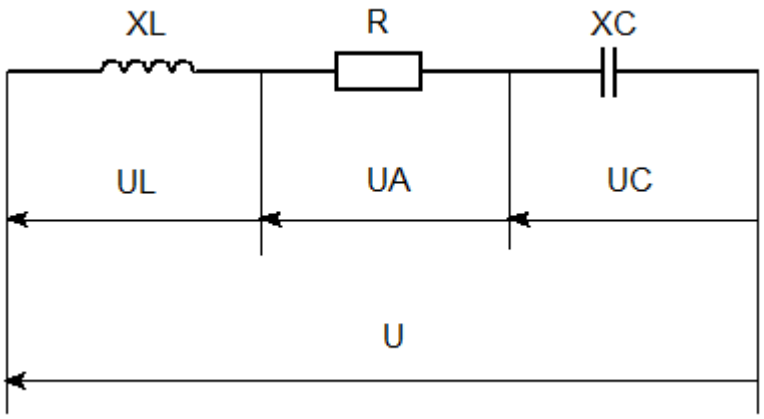
Практическая работа № 3.

РАСЧЁТ НЕРАЗВЕТВЛЁННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Цель работы: рассчитать электрическую цепь переменного тока с последовательным соединением активных и реактивных сопротивлений, построить векторную диаграмму.

Теоретические положения

Последовательное соединение активного сопротивления, индуктивности и ёмкости (***R,L,C***).



Напряжение на зажимах цепи с последовательным соединением активного сопротивления, индуктивности и ёмкости равно геометрической сумме падений напряжения на отдельных участках цепи: активного падения напряжения и падений напряжений на индуктивном и ёмкостном сопротивлениях.

Напряжения $\boldsymbol{U_L}$ и $\boldsymbol{U_C}$ сдвинуты между собой по фазе на 180^0. Поэтому при геометрическом сложении векторов они взаимно вычитаются .

Из векторной диаграммы находим _____ _____

Закон Ома для данной цепи будет

_____ _

где полное сопротивление цепи _____

Расчётная величина $\boldsymbol{X=X_L-X_C}$ называется ***реактивным сопротивлением цепи.*** Для данной цепи

Если X_L больше X_C, то цепь в целом носит индуктивный характер, т.е. вектор тока ***I*** отстаёт по фазе от вектора напряжения цепи ***U***.

Если же X_C больше X_L, то цепь в целом носит ёмкостной характер, т.е. вектор тока ***I*** опережает по фазе вектор общего напряжения ***U.***

Содержание работы

Вычертить схему, выписать данные из таблицы согласно варианту, рассчитать электрическую цепь, построить векторную диаграмму.

Таблица

Вариант-схема	1-А 11-Б 21-В	2-А 12-Б 22-В	3-А 13-Б 23-В	4-А 14-Б 24-В	5-А 15-Б 25-В	6-А 16-Б 26-В	7-А 17-Б 27-В	8-А 18-Б 28-В	9-А 19-Б 29-В	10-А 20-Б 30-В
U, В	50	80	120	60	40	30	20	70	90	100
Ψ_U	40	-40	30	-30	20	-20	10	-40	45	0
R_1, Ом	4	3	40	4	2	4	2	4	5	4
R_2, Ом	3	4	20	6	3	3	2	5	4	2
R_3, Ом	3	6	30	10	2	3	3	3	2	3
L_1, мГн	16	38	127	9,6	12,7	31,8	25,4	12,7	25,4	12,7
L_2, мГн	38	16	159	15,9	12,7	19	6,4	9,5	25,4	15,9
L_3, мГн	19,1	9,6	160	12,7	15,9	19,1	12,7	6,4	96	15,9
C_1, мкФ	796	531	106	796	637	796	531	796	1061	531
C_2, мкФ	531	319	53	319	1061	796	796	796	796	398
C_3, мкФ	531	796	133	531	1061	319	266	266	1592	319
Участок цепи	АГ	БД	ВЖ	ГК	ДЛ	ЖМ	КН	ДК	АГ	БД

Схема А

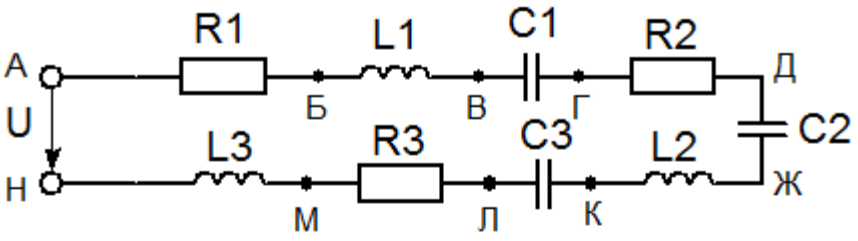


Схема Б

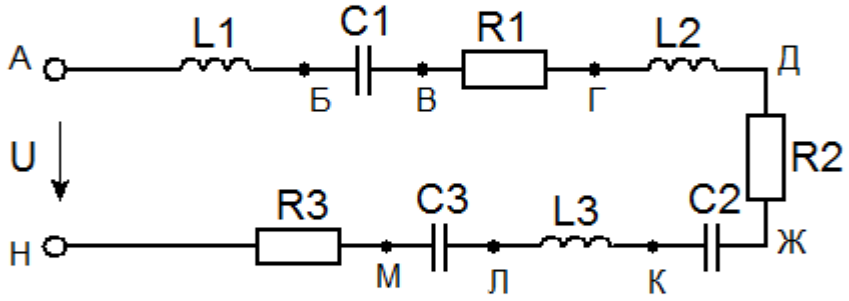
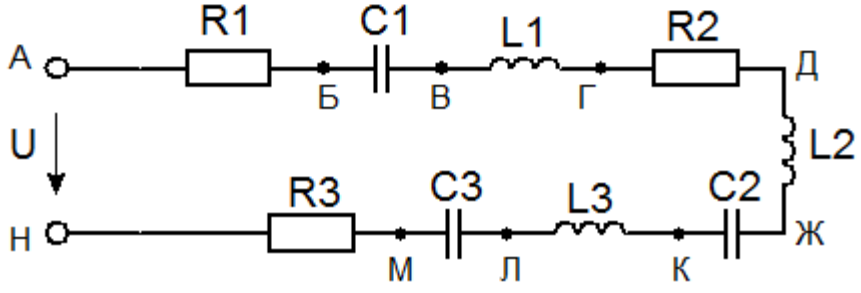


Схема В



Содержание отчёта.

1. Наименование практической работы.
2. Цель работы.
3. Начертить рассчитываемую схему.
4. Выписать исходные данные.
5. Выполнить необходимые расчёты.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какова цель занятия?
2. Что такое конденсатор?
3. Что такое катушка индуктивности?
4. Изобразить треугольники напряжений, сопротивлений, мощностей и дать пояснения.
5. Виды мощностей и единицы их измерений.
6. Формула расчёта cosφ.

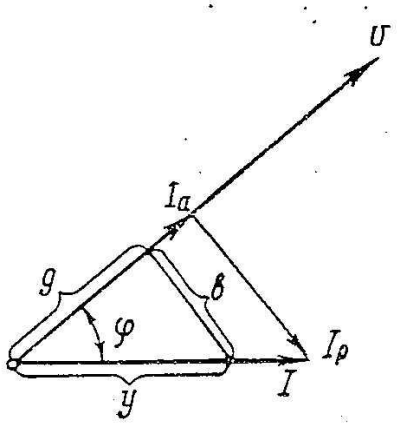
Практическая работа № 4.

РАСЧЁТ РАЗВЕТВЛЁННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Цель работы: рассчитать электрическую цепь переменного тока (***f=50 Гц***) с параллельным соединением активных и реактивных сопротивлений.

Теоретические положения

В разветвлённой цепи переменного тока, проектируя вектор тока на направление вектора напряжения, вектор тока раскладывается на две составляющие.



Одна из составляющих совпадает по направлению с вектором напряжений и называется активной составляющей тока:

$$I_a = I\cos\varphi.$$

Другая составляющая, перпендикулярная вектору напряжения,

называется реактивной составляющей тока:

$$I_p = I\sin\varphi.$$

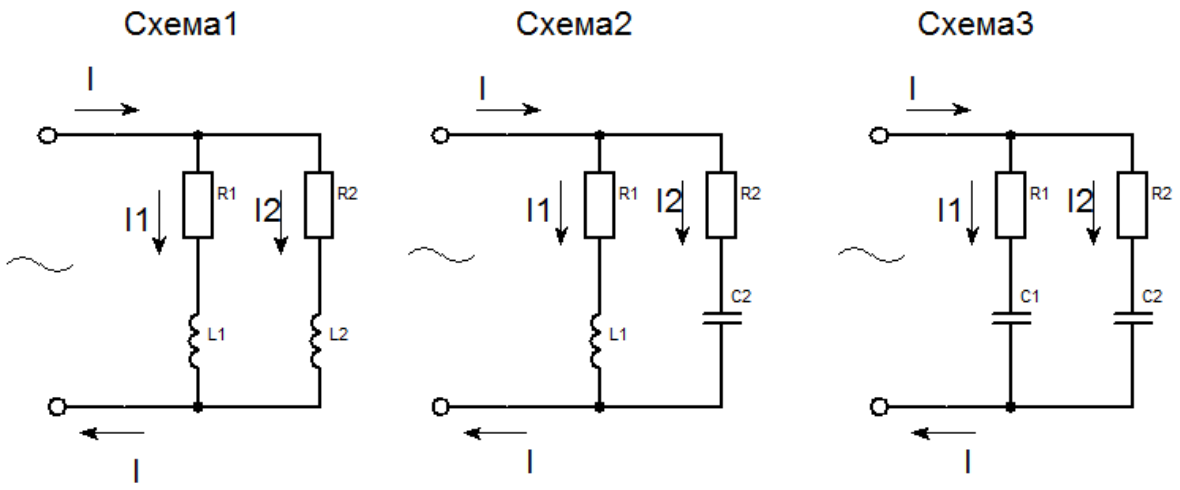
Таким образом, переменный ток ***I*** можно рассматривать как геометрическую сумму двух составляющих: активной I_a и реактивной I_p.

Содержание работы

Вычертить схему и выписать из таблицы параметры цепи согласно варианту.

Таблица

Вариант-схема	1-А 11-Б 21-В	2-А 12-Б 22-В	3-А 13-Б 23-В	4-А 14-Б 24-В	5-А 15-Б 25-В	6-А 16-Б 26-В	7-А 17-Б 27-В	8-А 18-Б 28-В	9-А 19-Б 29-В	10-А 20-Б 30-В	0-Б
U, В	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	70
Ψ_u^0	30	45	60	90	0	-90	-60	-45	-30	0	30
R_1, Ом	3	4	8	6	6	8	12	16	12	6	3
X_1, Ом	4	3	6	8	8	6	16	12	16	8	4
R_2, Ом	8	6	3	8	16	12	10	6	8	-	8
X_2, Ом	6	8	4	6	12	16	-	8	6	20	6



Содержание отчёта.

1. Наименование практической работы.
2. Цель работы.
3. Начертить рассчитываемую схему.
4. Выписать исходные данные.
5. Выполнить необходимые расчёты.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какая цепь называется разветвлённой?
2. Дать пояснения по построению векторной диаграммы.
3. Виды мощностей, единицы их измерений.

Лабораторная работа № 2.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПИ ТРЁХФАЗНОГО ТОКА ПРИ СОЕДИНЕНИИ ПРИЁМНИКОВ ЗВЕЗДОЙ.

Цель работы: опытным путём проверить соотношения между электрическими величинами трёхфазной цепи и выявить роль нулевого провода при соотношении звездой.
Оборудование: лабораторных стенд, соединительные провода.

Теоретические положения

В трёхфазной цепи при соединении обмоток источника или приёмника энергии звездой концы обмоток ***x, y, z*** соединяются в общую точку ***N*** (нулевую или нейтраль), а начала ***A, B, C*** присоединяются к линейным проводам. Такая цепь характеризуется двумя видами напряжений – фазными и линейными.

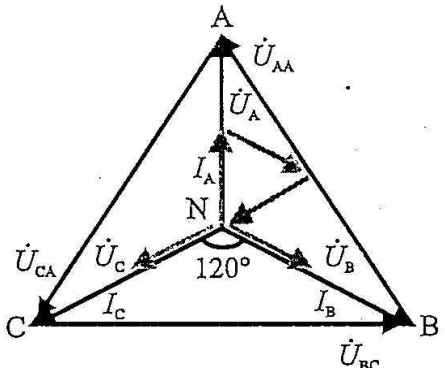
Фазное напряжение – это напряжение между началом (***A,B,C***) и концом обмотки (***x,y,z***), т.е. между линейными проводом и нейтралью: U_A, U_B, U_C.

Линейное напряжение – это напряжение между началами обмоток, т.е. между линейными проводами U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}.

Присоединении звездой и симетричной системе ЭДС, вырабатываемой источником, существует соотношение Это соотношение справедливо как для трёхпроводной цепи, так и четырёхпроводной, когда к нулевой точке (нейтрали) присоединён нулевой (нейтральный) провод.

Так как в точке перехода из источника в линию и из линии в приёмник нет ответвлений, то в каждой фазе линейные и фазные токи одинаковы между собой: $I_Л = I_Ф$.

При симметричной нагрузке, когда комплексы сопротивлений всех фаз одинаковы $Z_A = Z_B = Z_C = Z_Ф$, применяется трёхпроводная система (нулевой провод не нужен). Это следует из векторной диаграммы (нагрузки фаз – активные) .



Векторы линейных напряжением (см.рисунок) образуют равносторонний треугольник ($U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U$); векторы фазных напряжений $U_A = U_B = U_C = U_Ф$ расходятся к вершинам ***A,B,C*** из нулевой точке ***N***.

Векторы фазных токов $I_A = I_B = I_C = I_Ф$ образуют симметричную систему, при которой геометрическая сумма векторов равна нулю.

Следовательно, в нулевом проводе тока нет и нулевой провод не нужен.

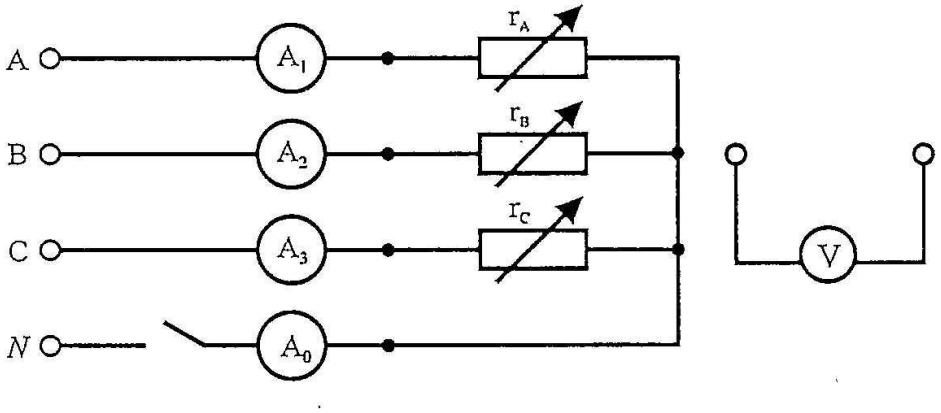
В осветительной сети, а также при наличии бытовой нагрузки применяется четырёхпроводная система, в которой нулевой провод необходим для выравнивания напряжений на фазах потребителя. Ток в нулевом проводе при несимметричной нагрузке определяется по первому закону Кирхгафа:

$\boldsymbol{I_0 = I_A + I_B + I_C}$.

Величину тока в нулевом проводе можно найти графически, из векторной диаграммы, путём геометрического сложения векторов фазных токов $\boldsymbol{I_A, I_B, I_C}$.

Порядок выполнения работы

1.Собрать электрическую цепь по схеме.



2. Включить цепь и установить симметричную нагрузгу фаз при отключённом выключателе.
3. Снять показания приборов и занести их в таблицу (опыт №1).
4. Замкнуть выключатель и убедится, что никаких изменений в показаниях приборов не происходит. Записать показания в таблицу (опыт №2).
5. Создать произвольно несимметричную нагрузку фаз и повторить действия, указанные в п.2,3,4. Показания приборов записать в таблицу (опыты №3,4).
6. Для 4-го опыта построить векторную диаграмму напряжений и токов, приняв определённый масштаб.

Графически определить величину тока $\boldsymbol{I_0}$ в нулевом проводе и сравнить с показанием амперметра в нулевом проводе.

Таблица.

№ опыта	I_A А	I_B А	I_C А	I_0 А	U_A В	U_B В	U_C В	U_{AB} В	U_{BC} В	U_{CA} В	Примечание
1											Симметричная нагрузка без нулевого провода
2											Симметричная нагрузка с нулевым проводом
3											Несимметричная нагрузка без нулевого провода
4											Несимметричная нагрузка с нулевым проводом

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Необходимые расчёты.
7. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какова цель занятия?
2. Какое соединение обмоток называется звездой?
3. Какое напряжение называется фазным, линейным и их соотношение?
4. Соотношение между линейными и фазными токами.
5. Какая нагрузка называется симметричной?
6. Роль нулевого провода и его применение.

Лабораторная работа № 3.

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Цель работы: получить навыки измерения электрических сопротивлений мультиметром серии М 92.

Оборудование: мультиметр М 92, магазин сопротивлений, соединительные провода.

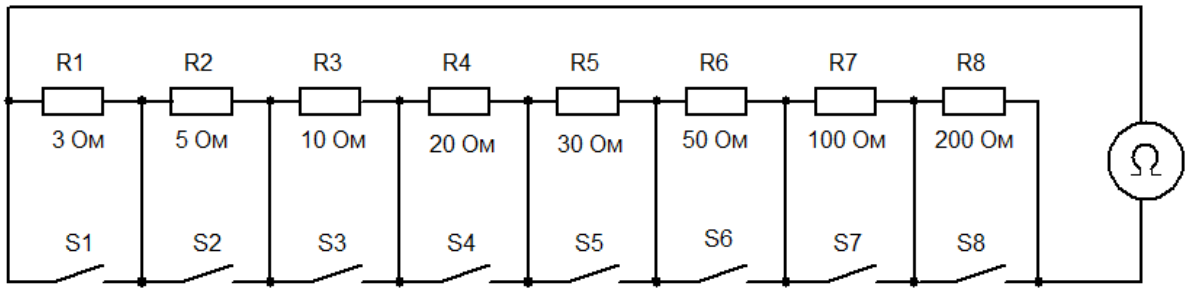
Теоретические положения

В зависимости от значения электрические сопротивления подразделяют на три группы: малые 1 Ом и меньше; средние от 1 до 100000Ом; большие от 100000Ом и больше.

Применительно к значению измеряемого сопротивления и необходимой точности результата выбирают соответствующие методы измерения. Наибольшее распространение получили: косвенный метод – амперметра и вольтметра; нулевой метод с использованием измерительных мостов и методов непосредственной оценки с помощью показывающих приборов.

Порядок выполнения работы

1. Подключить мультиметр в режим работы омметра, соединив чёрный щуп с гнездом COM, а красный с гнездом V/Ω. Полярность красного щупа – «+». Установить предел измерения 2000Ом.
2. Измерить все сопротивления в магазине сопротивлений и сравнить маркировкой данных сопротивлений. По результатам измерений посчитать абсолютную и относительную погрешность измерений.
3. Выполнить измерения по схеме:



4. Расчёт абсолютной и относительной погрешности измерений:

$$\Delta R_1 = R_{1изм.} - R_{1дей.} \qquad \gamma_1 = (\Delta R_1 / R_{1изм.}) \cdot 100\%$$
$$\Delta R_2 = R_{2изм.} - R_{2дей.} \qquad \gamma_2 = (\Delta R_2 / R_{2изм.}) \cdot 100\%$$
$$\Delta R_3 = R_{3изм.} - R_{3дей.} \qquad \gamma_3 = (\Delta R_3 / R_{3изм.}) \cdot 100\%$$
$$\Delta R_4 = R_{4изм.} - R_{4дей.} \qquad \gamma_4 = (\Delta R_4 / R_{4изм.}) \cdot 100\%$$
$$\Delta R_5 = R_{5изм.} - R_{5дей.} \qquad \gamma_5 = (\Delta R_5 / R_{5изм.}) \cdot 100\%$$
$$\Delta R_6 = R_{6изм.} - R_{6дей.} \qquad \gamma_6 = (\Delta R_6 / R_{6изм.}) \cdot 100\%$$
$$\Delta R_7 = R_{7изм.} - R_{7дей.} \qquad \gamma_7 = (\Delta R_7 / R_{7изм.}) \cdot 100\%$$
$$\Delta R_8 = R_{8изм.} - R_{8дей.} \qquad \gamma_8 = (\Delta R_8 / R_{8изм.}) \cdot 100\%$$

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Необходимые расчёты.
7. Ответить на контрольные вопросы.

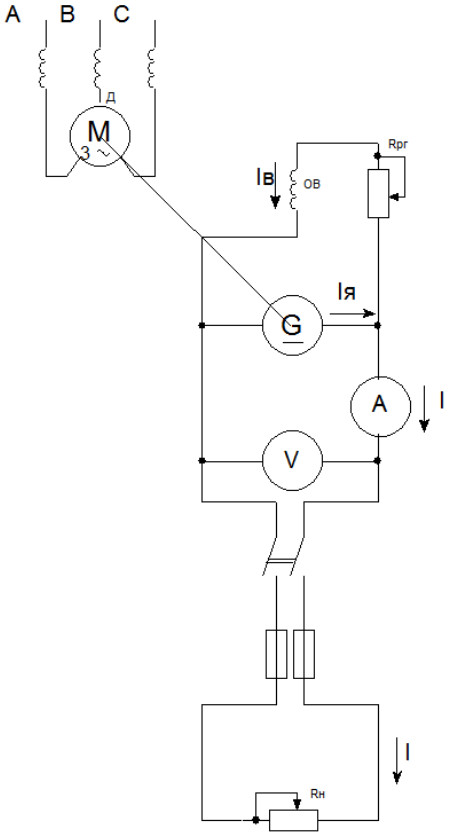
Контрольные вопросы

1. Какова цель занятия?
2. Классификация сопротивлений.
3. Какие ещё есть способы измерения сопротивления?

Практическая работа № 5.

РАСЧЁТ ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА.

Цель работы: ознакомиться с основными параметрами генератора параллельного возбуждения и получить навыки их расчёта.



Теоретические положения

1. Сопротивление обмотки якоря генератора – $\mathbf{R_Я}$, Ом.
2. Сопротивление обмотки возбуждения – $\mathbf{R_В}$, Ом.
3. Напряжение на зажимах генератора (напряжение, подаваемое на нагрузку) – **U**, В.
4. Сопротивление нагрузки – $\mathbf{R_Н}$, Ом.
5. Ток в обмотке возбуждения – $I_B = U/R_B$, *А*.
6. Ток, отдаваемый во внешнюю цепь (ток нагрузки), – $I = U/R_H$, *А*.
7. Ток в обмотке якоря генератора – $\mathbf{I_Я = I_В + I}$, А.
8. Электродвижущая сила генератора (ЭДС) – $E = U + I_Я R_Я$, *В*.
9. Мощность, затрачиваемая двигателем на работу генератора (мощность, потребляемая генератором) – $P_1 = P_2 + \Delta P$, *Вт*.
10. Электромагнитная мощность генератора – $P_Э = EI_Я$; $P_Э = P_1 - \Delta P_M$, *Вт*.

11. Полезная мощность, отдаваемая генератором (мощность нагрузки), –
$P_2 = U\,I = I^2R_H$; $P_2 = P_Э - \Delta P_{ЭЛ} = P_1 - \Delta P_M - \Delta P_{ЭЛ} = P_1 - \Delta P$, *Вт.*
12. Мощность потерь в генераторе – $\Delta P = \Delta P_{ЭЛ} + \Delta P_M$,
где ΔP_M – механические и другие потери, в данной работе можно условно принять $\Delta P_M = \Delta P_{ЭЛ}$, $\Delta P = 2\Delta P_{ЭЛ}$;
$\Delta P_{ЭЛ}$ – мощность потерь на нагрев обмоток генератора
$\Delta P_{ЭЛ} = I_Я^2R_Я + I_В^2R_В$, *Вт*.
13. Коэффициент полезного действия генератора –
$\eta = P_2/P_1 = (P_1 - \Delta P)/P_1 = 1 - (\Delta P/P_1)$.

Содержание работы.

Вычертить схему генератора, выписать исходные данные и рассчитать параметра, отмеченные в таблице прочерками.

Вари-ант	0	1,11 21	2,12 22	3,13 23	4,14 24	5,15 25	6,16 26	7,17 27	8,18 28	9,19 29	10,20 30
$R_Я$, Ом	0,2	-	0,1	-	0,1	-	-	0,15	-	0,3	-
$R_В$, Ом	50	-	55	-	-	300	-	-	-	150	-
$R_Н$, Ом	3	-	-	5	-	10	-	-	-	4	-
U, В	120	-	220	-	-	-	200	-	-	100	-
E, В	-	165	-	214	-	-	-	-	210	-	-
I, А	-	39	-	-	50	-	-	-	41	-	-
$I_В$, А	-	-	-	-	2	-	0,8	-	-	-	1
$I_Я$, А	-	-	50	-	-	-	-	25	-	-	40
P_1, Вт	-	-	-	9500	-	-	7000	-	-	-	-
P_2, Вт	-	-	-	-	8500	9000	-	-	8200	-	-
η	-	-	-	-	-	0,9	-	-	0,85	-	-
$P_Э$, Вт	-	6600	-	-	-	-	-	5000	-	-	9600
ΔP, Вт	-	600	-	-	-	-	560	-	-	-	-
$\Delta P_{ЭЛ} = \Delta P_M$, Вт	-	-	-	590	-	-	-	250	-	-	400

Порядок расчёта.

1. Ток нагрузки

— —

2. Ток в обмотке возбуждения

3. Ток в обмотке якоря

4. ЭДС генератора

5. Мощность, отдаваемая генератором (мощность нагрузки)

6. Электромагнитная мощность генератора

7. Мощность потерь на нагрев обмоток генератора (мощность электрических потерь)

Проверка:
8. Мощность, затрачиваемая двигателем на работу генератора

Учитывая, что по условию

9. Общая мощность потерь в генераторе

10.Коэффициент полезного действия генератора

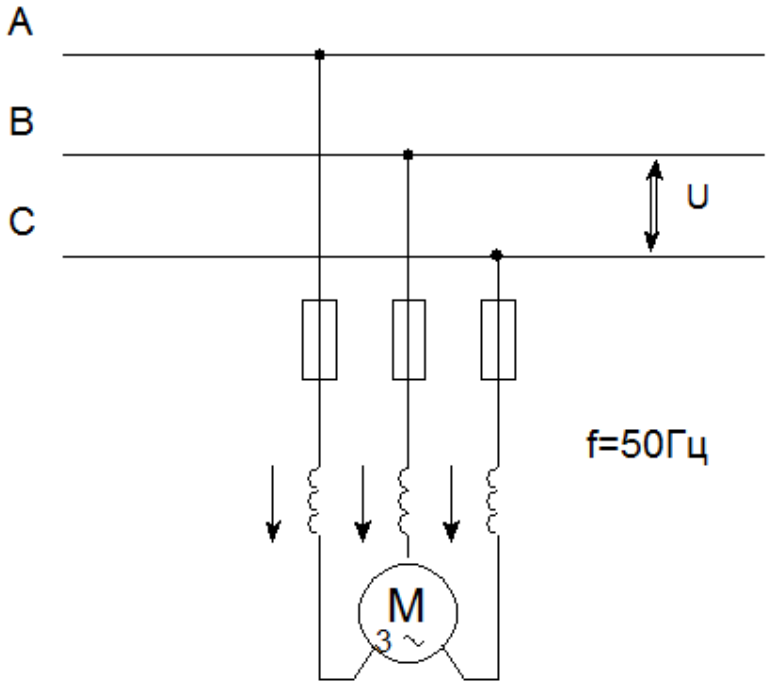
Содержание отчёта.
1. Наименование практической работы.
2. Цель работы.
3. Начертить рассчитываемую схему.
4. Выписать исходные данные.
5. Выполнить необходимые расчёты.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы
1. Какова цель занятия?
2. Устройство генератора постоянного токак.
3. Принцип работы генератора постоянного тока.
4. Типы генераторов.

Практическая работа № 6.

РАСЧЁТ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ.

Цель работы: ознакомиться с основными параметрами трёхфазного асинхронного двигателя, получить навыки их расчёта и пояснить принцип действия двигателя, возможность его реверсирования.



Теоретические положения

1. Номинальное линейное напряжение сети – ***U***, В.
2. Номинальный ток двигателя (ток в каждой из трёх обмоток статора) – $\boldsymbol{I_Н}$, А.
3. Частота тока в сети – ***f***, Гц.
4. Число полюсов двигателя – ***2p***, число пар полюсов – ***p***.
5. Частота вращения магнитного поля статора – **об/мин**.
6. Частота вращения магнитного поля статора относительно ротора $\boldsymbol{(n_1 - n_2)}$, выраженная в процентах от частоты вращения магнитного поля, называется скольжением – $\boldsymbol{s = (n_1 - n_2)100\%}$. В номинальном режиме $\boldsymbol{s_H}$ составляет около 5% у машин небольшой мощности и около 2% у мощных машин.

7. Частота вращения ротора асинхронного двигателя в номинальном режиме

– или .

8. Номинальная активная мощность, развиваемая двигателем (т.е. величина, характеризующая скорость необратимого преобразования электрической энергии в механическую и тепловую) – $\boldsymbol{P_{2H}}$, **Вт**.

9. Мощность, потребляемая двигателем из сети в номинальном режиме:

- активная – или Вт;

- полная – ВА

10.Потери энергии в двигателе складываются из потерь в обмотках статора и ротора, потерь в магнитопроводе, механических и добавочных потерь – $\Delta \boldsymbol{P} = \boldsymbol{P_1} - \boldsymbol{P_2}$.

11.Коэффициент полезного действия двигателя –

КПД асинхронного двигателя зависит от нагрузки. При номинальном режиме работы двигателя КПД $\eta = 0,9 \div 0,95$ (чем больше расчётная мощность двигателя, тем выше его КПД).

12.Коэффициент мощности асинхронного двигателя показывает, какая часть полной мощности, поступающей из сети, расходуется на покрытие потерь и преобразуется в механическую работу – .

В номинальном режиме обычно составляет $\cos\varphi_H = 0,7 \div 0,9$, при холостом ходе снижается до $0,2 \div 0,3$.

13.Вращающий момент асинхронного двигателя в номинальном режиме – Н·м.

Содержание работы.

Вычертить схему трёхфазного двигателя, выписать из таблицы исходные данные, пояснить их. Рассчитать параметры двигателя, отмеченные в таблице прочерками.

Вариант	0	1, 11, 21	2, 12, 22	3, 13, 23	4, 14, 24	5, 15, 25	6, 16, 26	7, 17, 27	8, 18, 28	9, 19, 29	10, 20, 30
U, В	380	220	-	380	-	220	-	380	-	1000	380
I_H, А	-	-	24	-	20	-	50	75	20	-	-
2p	4	6	-	8	-	10	4	6	-	4	8
n_1,об/мин	-	-	1500	-	1000	-	-	-	1000	-	-
n_{2H},об/мин	1460	-	-	-	970	-	1460	960	-	-	-
s_H, %	-	2	3	2,5	-	3	-	-	2,5	4	2
P_{2H}, кВт	12	21	-	30	-	34	-	40	-	30	45
P_{1H}, кВт	-	-	-	-	24	38	-	-	30	-	-

ΔP, кВт	-	-	1,5	2	-	-	-	-	3	-	-
S, кВА	-	-	-	-	32	43,2	10,96	-	40	-	-
η_H	0,9	0,9	-	-	0,91	-	0,93	0,95	-	0,92	0,91
$\cos\varphi_H$	0,85	0,8	0,75	0,92	-	-	-	-	-	0,82	0,84
M_H, Н·м	-	-	80	-	-	-	60	-	-	-	-

Порядок расчёта.

1. Мощность, потребляемая двигателем из сети:

- активная: кВт;

- полная:

2. Номинальный ток двигателя:

3. Мощность потерь в двигателе:

4. Частота вращения магнитного поля статора:

5. Номинальное скольжение:

6. Вращающий момент двигателя:

Выводы: пояснить принцип действия асинхронного двигателя, возможность его реверсирования.

Содержание отчёта.

1. Наименование практической работы.
2. Цель работы.
3. Начертить рассчитываемую схему.
4. Выписать исходные данные.
5. Выполнить необходимые расчёты.
6. Ответить на контрольные вопросы.

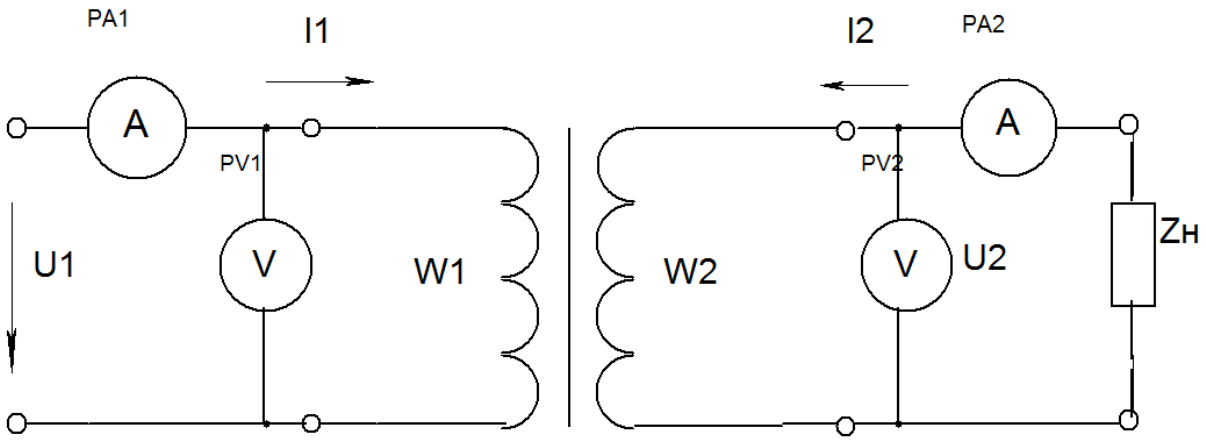
Контрольные вопросы

1. Какова цель занятия?
2. Устройство асинхронного электродвигателя.
3. Принцип работы асинхронного электродвигателя.
4. Вращающееся магнитное поле.

Практическая работа № 7.

РАСЧЁТ ТРАНСФОРМАТОРА.

Цель работы: уяснить сущность основных параметров однофазного трансформатора и получить навыки их расчёта.
Схема и основные параметры трансформатора.



Теоретические положения

1. Номинальная мощность S_H – это полная мощность, которую трансформатор может отдавать в течение своего срока службы (20-25лет) при номинальном напряжении и номинальных температурных условиях:
2. Номинальное первичное напряжение U_{1H} – напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка.
3. Номинальное вторичное напряжение U_{2H} – напряжение на зажимах вторичной обмотки в режиме холостого хода трансформатора при номинальном первичном напряжении.
4. Коэффициент трансформации

   где W - число витков первичной и вторичной обмоток;
   E – действующее значение ЭДС электромагнитной индукции в обмотках трансформатора.
5. Номинальный первичный I_{1H} и вторичный I_{2H} токи в обмотках трансформатора при номинальной мощности и номинальных напряжениях обмоток:

6. Коэффициент нагрузки трансформатора. Трансформатор чаще всего работает с нагрузкой, меньше номинальной, поэтому:

где $\boldsymbol{S_2}$ – фактическая полная мощность нагрузки,

7. Токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке $\boldsymbol{S_2}$:

8. Общая мощность потерь энергии в трансформаторе:
   - при номинальной нагрузке
   - при фактической нагрузке
   где $\boldsymbol{P_{СТ}}$ – мощность потерь в стали сердечника;
   $\boldsymbol{P_М}$ – мощность потерь в обмотках трансформатора при фактической нагрузке;
   $\boldsymbol{P_{МН}}$ – мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке.
   Если известно сопротивление меди первичной (R_1) и вторичной (R_2) обмоток трансформатора, то при любой нагрузке можно определить мощность потерь в обмотках:

9. Коэффициент мощности нагрузки

   где $\boldsymbol{P_2}$, $\boldsymbol{Q_2}$, $\boldsymbol{S_2}$ – активная, реактивная и полная мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора.
10. Коэффициент полезного действия трансформатора:
   - при номинальной нагрузке

   - при фактической нагрузке

Содержание работы

Вычертить схему трансформатора, выписать из таблицы исходные данные, пояснив их. Рассчитать параметры трансформатора, отмеченные в таблице прочерками.

Вариант	0	1,11, 21	2,12, 22	3,13, 23	4,14, 24	5,15, 25	6,16, 26	7,17, 27	8,18, 28	9,19, 29	10,20, 30
$S_Н$, ВА	100	-	1250	-	500	1500	3000	400	-	-	600
$U_{1Н}$, В	220	200	-	-	-	6000	-	-	200	180	-
$U_{2Н}$, В	22	20	100	220	127	120	127	-	-	36	150
K	-	-	2,5	8,18	-	-	-	0,4	0,4	-	-
P_2, Вт	48	375	700	-	260	840	2100	-	-	72	432
Q_2, ВАР	36	225	-	240	-	630	-	-	120	-	-
S_2, ВА	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\cos \varphi_2$	-	-	0,8	0,6	0,87	-	1	-	0,707	1	0,8
$K_{НГ}$	-	-	-	-	-	-	-	0,83	0,68	-	-
$I_{1Н}$, А	-	-	-	-	1,32	-	-	2,2	-	-	12,5
$I_{2Н}$, А	-	25	-	3,5	-	-	-	-	-	2,5	-
I_1, А	-	-	-	-	-	-	9,6	-	-	-	-
I_2, А	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\eta_Н$	-	-	0,96	0,94	-	-	-	0,92	-	-	0,96
η	-	-	-	-	-	-	0,97	-	-	-	-
$P_{СТ}$, Вт	7,3	2,32	9,8	-	18,2	42,15	-	21,2	14	4,1	17
$P_{МН}$, Вт	5,66	4,8	-	2,4	17	27,9	80	10,4	7,3	1,69	-

Порядок расчёта

1. Коэффициент трансформации трансформатора:

   ___ ___

2. Полная мощность нагрузки, питающейся энергией от вторичной обмотки трансформатора:

   _____ _____

   =

3. Коэффициент мощности нагрузки:

   ___ ___

4. Коэффициент нагрузки трансформатора:

   ___ ___

5. КПД трансформатора при номинальной нагрузке:

   _____ _____

6. Номинальные токи в обмотках трансформатора:

_____ _____

___ ___

7. Токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке:

8. КПД трансформатора при фактической нагрузке:

где $\Delta \boldsymbol{P}$ – потери мощности в трансформаторе при фактической нагрузке

_____ _____

Выводы: описать принцип действия и виды трансформаторов.

Содержание отчёта.

1. Наименование практической работы.
2. Цель работы.
3. Начертить рассчитываемую схему.
4. Выписать исходные данные.
5. Выполнить необходимые расчёты.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какова цель занятия?
2. Устройство однофыхного трансформатора.
3. Принцип работы однофазного трансформатора.
4. Коэффициент трансформации.

Лабораторная работа № 4.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА.

Цель работы: ознакомление с основными свойствами полупроводникового диода, снятие прямой и обратной ветви его вольтамперной характеристики.

Оборудование: лабораторный стенд, блок №1, соединительные провода.

Теоретический положения

Полупроводниковый диод состоит из двух полупроводников с разными типами проводимости. Работа полупроводникового диода основана на использовании свойства электронно-дырочного перехода. Если полупроводниковый диод включить в сеть так, чтобы плюс источника был подключён к полупроводнику с ***p***-проводимостью, а минус к полупроводнику с ***n***-проводимостью, то внешнее электрическое поле будет направлено против внутреннего электрического поля запирающего слоя.

В результате этого потенциальный барьер уменьшается, запирающий слой становиться меньше и основные носители электрических зарядов электроны начинают перемещаться, т.е. в цепи начинает протекать электрический ток.

С увеличением внешнего напряжения уменьшается запирающий слой, и ток во внешней цепи увеличивается.

Подключение внешнего источника напряжения плюсом к p-полупроводнику, а минусом к n-полупроводнику называется прямым включением, а возникающий при этом ток – прямым током $I_{пр}$.

При смене полярности подключения источника напряжения к полупроводниковому диоду внешнее и внутреннее электрические поля будут направлены одинаково. Это приведёт к увеличению напряжённости электрического поля в запирающем слое, в результате чего потенциальный барьер увеличивается, запирающий слой становиться больше и основные носители тока будут как бы «оттягиваться» от пограничного слоя. Таким образом, сопротивление электронно-дырочного перехода для основных носителей тока резко возрастает и $I_{пер}$ практически становиться равным нулю. Однако в цепи будет протекать очень маленький ток, обусловленный наличием свободных электронов, имеющих большую энергию и свободных прорваться через запирающий слой.

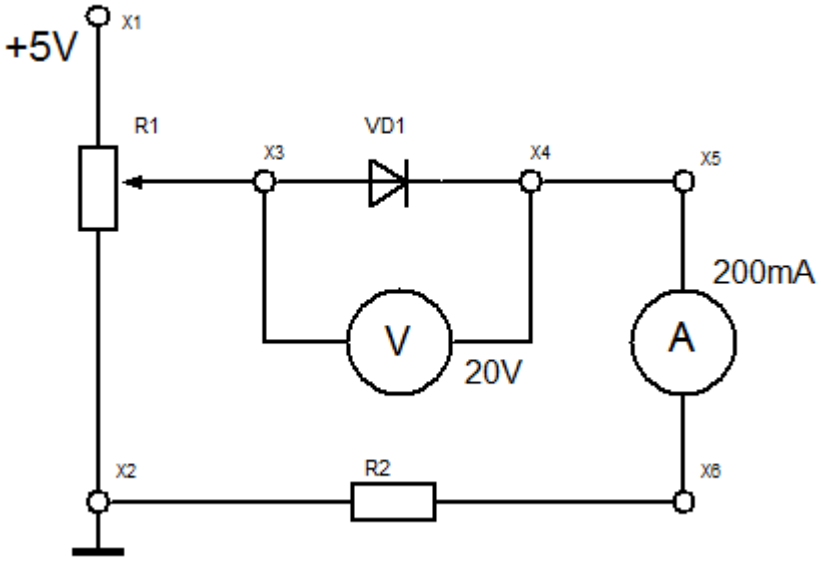
Подключение внешнего источника напряжения плюсом к n-полупроводнику, а минусом к p-полупроводнику называется обратным включением, а возникающий при этом ток $I_{обр}$ ***– обратным током.***

Для сравнения свойств различных типов полупроводниковых диодов пользуются их *вольтамперными характеристиками.*

Вольтамперная характеристика показывает зависимость токов $I_{пр}$ ***и*** $I_{обр}$***, протекающих через диод, от приложенного к ним напряжения.***

Порядок выполнения работы

Задание № 1. Снятие прямой ветви ***ВАХ*** полупроводникового диода.



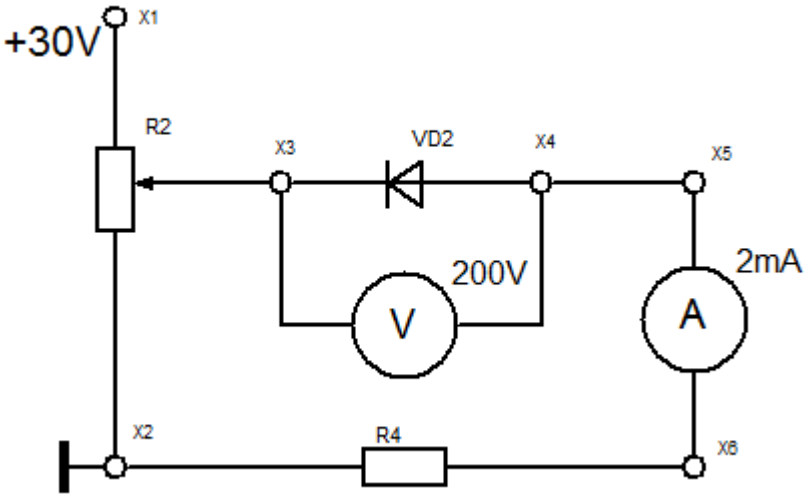
1. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ***ВКЛ*** и нажав кнопку ***СЕТЬ*** на блоке питания.
2. На одном из источников питания с помощью ручек ***ГРУБО*** и ***ПЛАВНО*** выставить напряжение ***5В***, измерив его мультиметром на пределе измерения ***20В***.
3. Выключить сетевой тумблер.
4. Ручку потенциометра ***R1*** повернуть против часовой стрелки до упора.
5. Подать питание на исследуемую схему: ***«+» - X1, «-» - X2.***
6. Подключить измерительные приборы: амперметр с пределом измерения ***200mA***, вольтметр с пределом измерения ***20В***, соблюдая полярность.
7. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ***ВКЛ***.
8. Поворачивая ручку потенциометра ***R1*** по часовой стрелке, изменять прямое напряжение на диоде в пределах, указанных в таблице №1.

Таблица № 1

$U_{ПР.}$, В	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
$I_{ПР.}$,mA							

9. Выключить сетевой тумблер.

Задание № 2. Снятие обратной ветви ***ВАХ*** диода.



1. Выставить на одном из источников питания напряжение ***30В***, повернув ручки ***ГРУБО*** и ***ПЛАВНО*** по часовой стрелке.
2. Подать питание на исследуемую схему: ***«-» - X1, «+» - X2*** предварительно повернув ручку потенциометра ***R2*** против часовой стрелки до упора.
3. Подключить измерительные приборы: амперметр с пределом измерения ***2mA***, вольтметр с пределом измерения ***200В***, соблюдая полярность.
4. После проверки схемы преподавателем, выключить сетевой тумблер.
5. Поворачивая ручку потенциометра ***R2*** по часовой стрелке, изменять обратное напряжение на диоде в пределах, указанных в таблице № 2.

Таблица №2

$U_{ОБР.}$,В	0	5	10	15	20	25	30
$I_{ОБР.}$,mA							

6. После окончания измерений отключить стенд, нажав кнопку ***СЕТЬ*** и выключив сетевой тумблер.
7. По данным таблице № 1 и 2 построить ***ВАХ*** диода.

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Необходимые расчёты.
7. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. В чём заключается основное свойство выпрямительного диода?
2. Работа диода в режиме прямого подключения.
3. Работа диода в режиме обратного подключения.
4. Что такое ВАХ? Для чего нужно пользоваться ВАХ?

Лабораторная работа № 5.

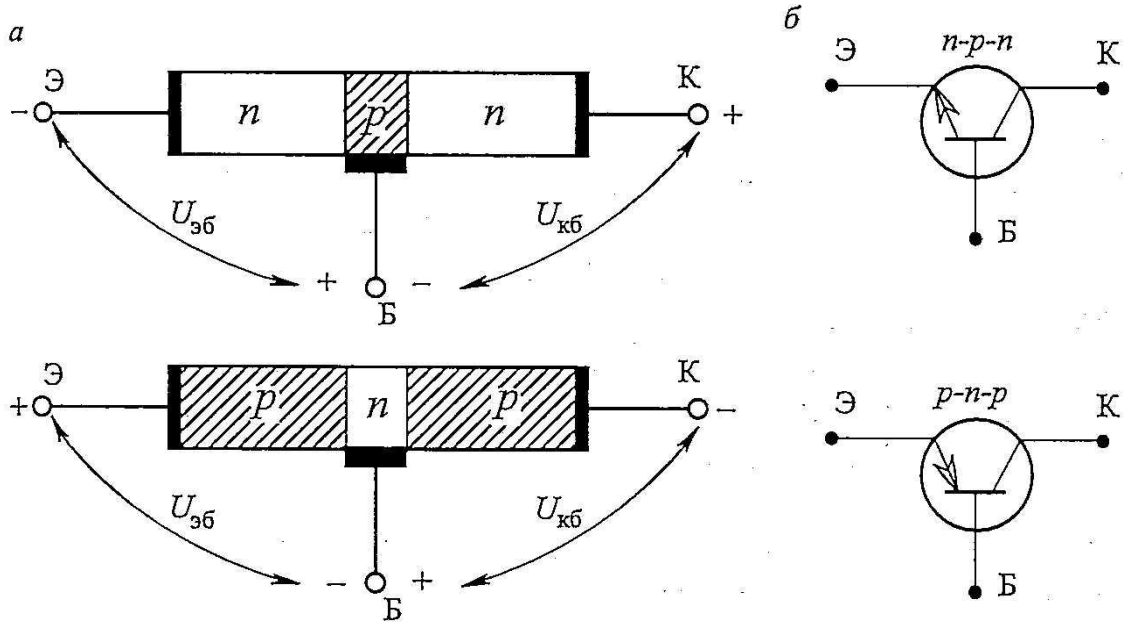
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ БИПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА.

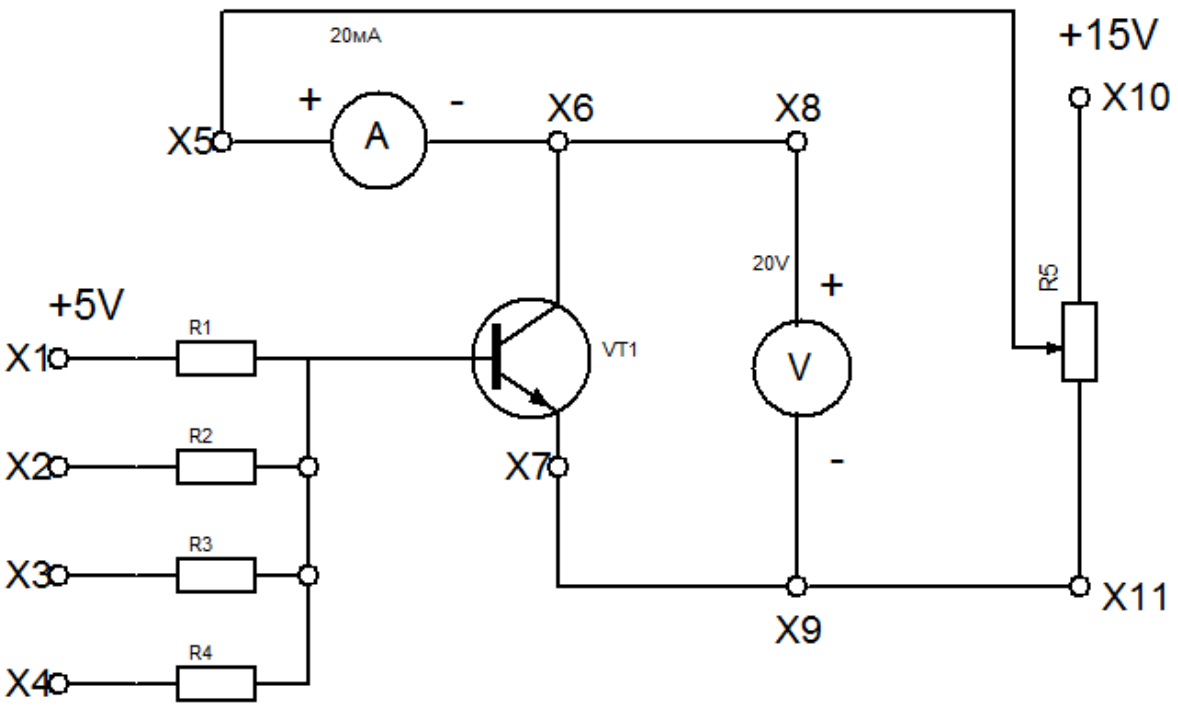
Цель работы: практическое ознакомление с основными свойствами биполярного транзистора, включённого по схеме с общим эмиттером (ОЭ), научиться снимать его выходные характеристики.

Оборудование: лабораторный стенд, блок № 2, соединительные провода.
Порядок выполнения работы.

Теоретические положения

Транзистор представляет собой полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, позволяющий усиливать и генерировать электрические сигналы, а также коммутировать электрические цепи.
Основным элементом биполярного транзистора является монокристалл германия или кремния, в котором созданы три области с различной проводимостью. Две крайние области всегда имеют проводимость одинакового типа, противоположную проводимости средней области. У транзистора типа ***P-N-P*** крайние области обладают дырочной проводимостью, а средняя электронной; у транзистора типа ***N-P-N*** крайние области имеют электронную проводимость, а средняя – дырочную. Физические процессы, протекающие в транзисторах обоих типов, аналогичны. Средняя область транзистора называется базой ***Б***, одна из крайних областей – эмиттером ***Э***, другая – коллектором ***К***.





Порядок выполнения работы

Снятие выходной характеристики биполярного транзистора.

1. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ***ВКЛ*** и нажав кнопку ***СЕТЬ*** на блоке питания.
2. На источнике питания ***V1*** с помощью ручек ***ГРУБО*** и ***ПЛАВНО*** выставить напряжение ***5В***, измерив его мультиметром.
3. На источнике питания ***V2*** выставить напряжение ***15В***, повернув ручки ***ГРУБО*** и ***ПЛАВНО*** по часовой стрелке до упора.
4. Выключить сетевой тумблер.
5. Соединить источник питания ***V1*** со входом транзистора согласно схеме («-» – источника подать на общую точку).
6. Соединить источник питания ***V2*** с выходными клеммами транзистора согласно схеме.
7. Ручку потенциометра ***R5*** повернуть против часовой стрелки до упора.
8. Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерения согласно схеме, соблюдая указанную полярность. Предварительно вставить токовый шунт в мультиметр, работающий в режиме измерения тока, на указанном пределе измерения.
9. После проверки схемы включить сетевой тумблер.
10. Поворачивая ручку потенциометра ***R5*** по часовой стрелке, изменять напряжение коллектора $U_{КЭ}$ в пределах, указанных в таблице.
11. Для каждого фиксированного значения $U_{КЭ}$ измерить ток коллектора $I_К$.Результаты измерений занести в таблицу.

12. Аналогичные измерения произвести при подключении входного напряжения – ***5В*** к клеммам ***X2, X3, X4***. Результаты измерений занести в таблицу. Ручку потенциометра ***R5*** поворачивать в исходное положение при каждом измерении уровня входного сигнала ***Iб.***
13. Сетевой тумблер выключить.

Таблица

$U_{КЭ}$, В	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	4	6	8
$I_К$, mA при R_1 ($I_{Б1}$)											
$I_К$, mA при R_2 ($I_{Б2}$)											
$I_К$, mA при R_3 ($I_{Б3}$)											
$I_К$, mA при R_4 ($I_{Б4}$)											

14. По данным таблицы построить выходные характеристики $\boldsymbol{I_К = f(U_{КЭ})}$ при разных уровнях входного сигнала $\boldsymbol{I_Б}$. На характеристике указать соотношения тока базы.

Содержание отчёта.

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемая схема.
5. Результаты исследований.
6. Таблица.
7. Выходная характеристика биполярного транзистора $I_К = f(U_{КЭ})$ при $I_Б$ = const.
8. Выводы по характеристикам.
9. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Почему схема ОЭ нашла наибольшее применение?
2. Какие характеристики являются входными для схемы ОЭ?
3. Какое соотношение существует между токами в биполярном транзисторе?
4. Чем отличаются транзисторы p-n-p от n-p-n?

Лабораторная работа № 6.

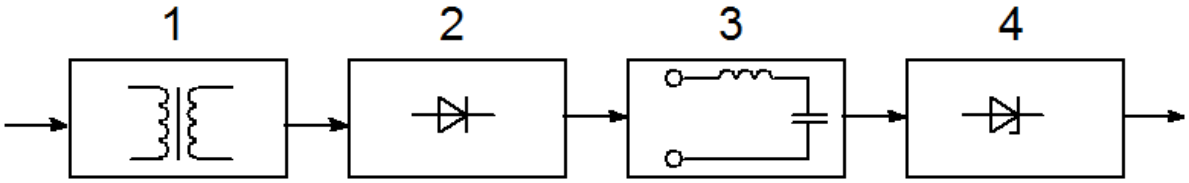
ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ.

Цель работы: практическое ознакомление со схемами выпрямителей и сглаживающих фильтров, сравнительная оценка исследуемых схем.

Теоретические положения

Для большинства современных электронных устройств необходима энергия постоянного тока. Для преобразования переменного тока в постоянный применяют выпрямители, в которых используются полупроводниковые приборы, обладающие вентильными свойствами, т.е. односторонней проводимостью.

Выпрямителями называются устройства, в которых происходит преобразование переменного тока в постоянный, или пульсирующий одного направления.



1. Трансформатор предназначен для повышения или понижения напряжения сети до нужной величины.
2. Вентили – устройства обладающие односторонней проводимостью и преобразующие переменный ток в пульсирующий. В качестве вентилей могут использоваться диоды и тиристоры.
3. Сглаживающие фильтры – уменьшают пульсации выпрямленного тока и напряжения.
4. Стабилизатор – предназначен для поддержания неизменного напряжения на нагрузке при изменении напряжения в сети или сопротивления нагрузки. Простейшим стабилизатором является стабилитрон.

Если напряжение требуемой величины, то трансформатор можно не использовать. В трёхфазном выпрямителе может отсутствовать фильтр, так как пульсации в нём незначительные.

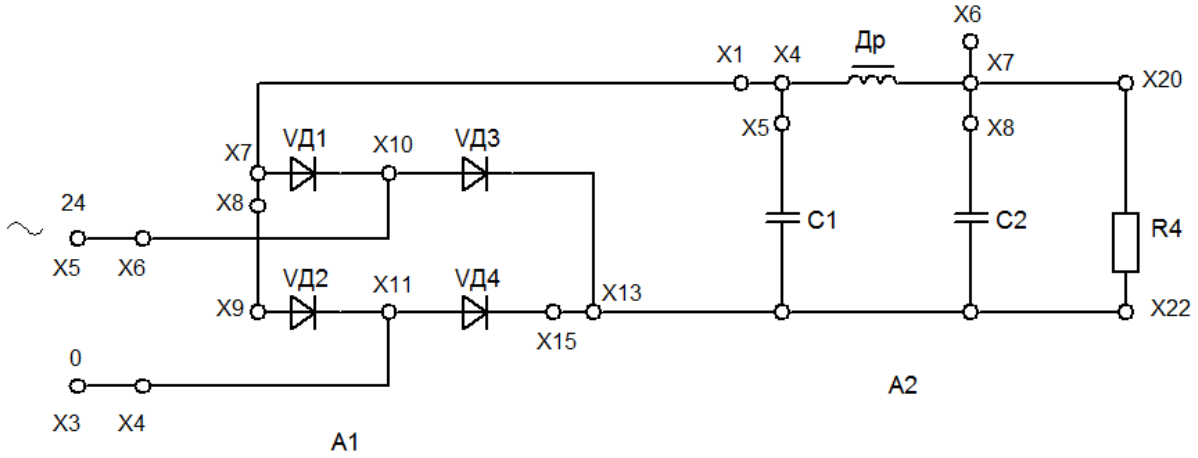
Порядок выполнения работы

1. Исследование однополупериодного выпрямителя.

1.1. Собрать схему однополупериодного выпрямителя.

1.2. После проверки схемы преподавателем, соединить её с клеммами вторичной обмотки трансформатора. Сетевой тумблер поставить в

положение ВКЛ, подав на схему переменное напряжение 24 В. Нажать кнопки сеть, осциллограф.



1.3. Измерить постоянную составляющую выпрямленного тока с помощью мультиметра, выставленного на измерение постоянного тока (подключить к нему шунт с пределом измерения тока, указанным на фальшпанели).
1.4. Измерить сначала постоянною составляющую выпрямленного напряжения U_0, а затем – действующее значение переменной составляющей с помощью второго мультиметра, выставленного на измерение, соответственно, сначала – постоянного, затем – переменного напряжений.
1.5. Подключить осциллограф к выходу выпрямителя. Зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения, добившись устойчивого изображения на экране осциллографа.

2. Исследование различных схем сглаживающих фильтров.
2.1. Выход собранной схемы подключить к Г – образному и П – образному фильтрам.
2.2. Подключить осциллограф к выходу выпрямителя с Г – образным и П – образным фильтрами. Зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения, добившись устойчивого изображения на экране осциллографа. Полученные осциллограммы зарисовать.

Содержание отчёта.
1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Структурная схема однофазного выпрямителя.
2. Схема однополупериодного выпрямителя.
3. Схема двухполупериодного выпрямителя.
4. Схемы сглаживающих фильтров.

Лабораторная работа № 7.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО УСИЛИТЕЛЯ.

Цель работы: практическое ознакомление с особенностью усилительных каскадов с общим эмиттером (ОЭ).

Оборудование: лабораторный стенд, блок № 3 (схемы А1, А2), соединительные провода.

Теоретические положения

Усилитель – это устройство, преобразующее электрические колебания небольшой мощности, поступающие на вход, в электрические колебания большой мощности на выходе.

Усилители являются основными узлами радиотехнической аппаратуры, так же они используются в устройствах автоматики и телемеханики.

Классификация электронных усилителей.

Усилители подразделяют по нескольким признакам, основные из которых:

1. по диапазону электрических частот – это усилители низкой частоты (УНЧ), усилители высокой частоты (УВЧ), широкополосные, постоянного тока;

2. по роду усилительных элементов – на ламповые, полупроводниковые, магнитные;

3. по назначению усилители делят в зависимости от выходной мощности по отношению к входной – на усилители напряжения, тока и мощности.

Межкаскадные связи усилителей делят на резисторно-ёмкостные, трансформаторные, резисторно-трансформаторные и резонансные.

Основные характеристики усилителей.

Коэффициент усиления – это отношение амплитуды выходного параметра к амплитуде входного параметра.

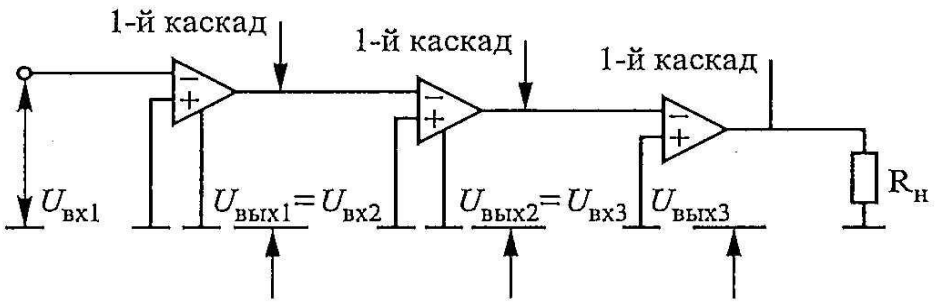
Коэффициент усиления по напряжению –

Коэффициент усиления по току –

Коэффициент усиления по мощности –

В случае когда недостаточно одного усилительного каскада для получения необходимого значения усиливаемого параметра применяют многокаскадные усилители, состоящие из последовательно соединённых отдельных каскадов

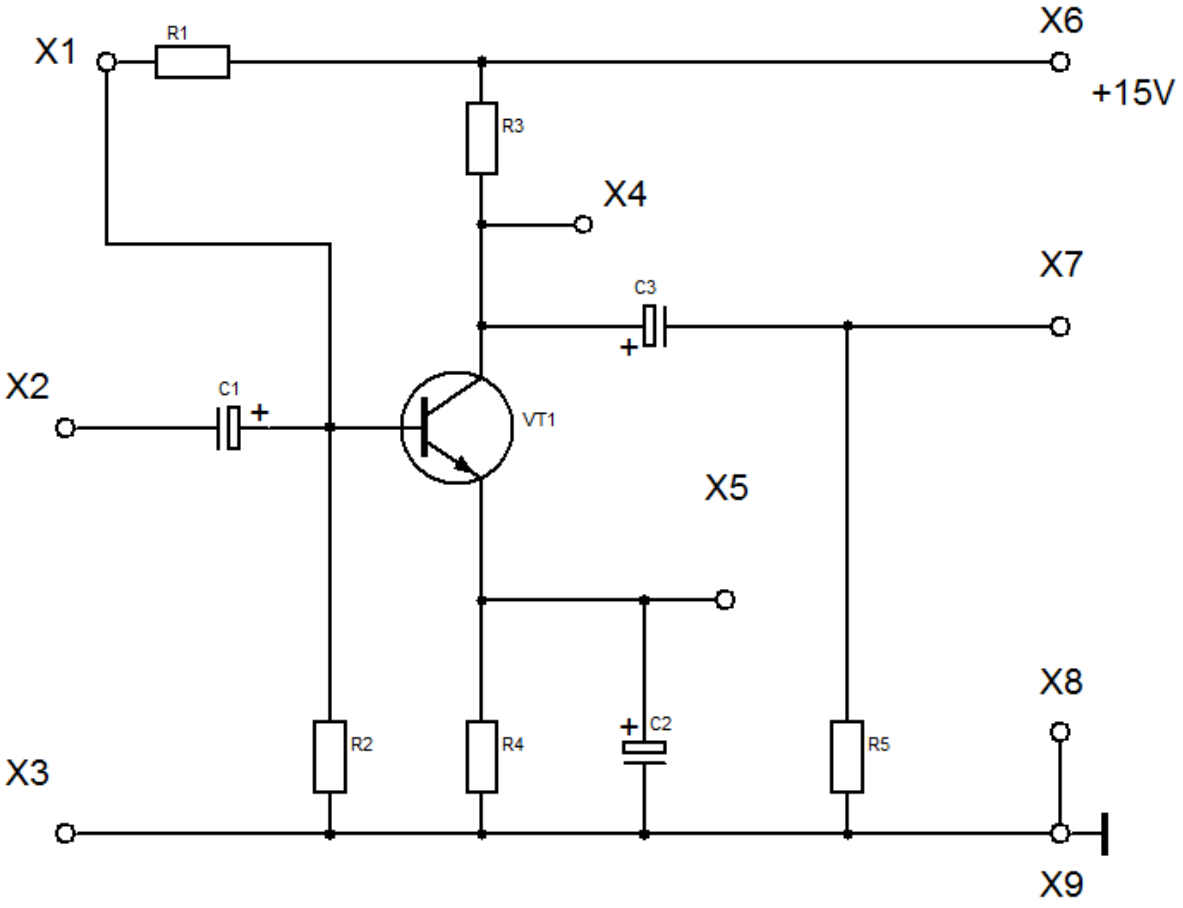
обычно не более трёх. Коэффициент усиления многокаскадного усилителя равен произведению коэффициентов усиления отдельных каскадов



Коэффициент усиления выражается в децибелах

Порядок выполнения работы

1. Снятие амплитудной характеристики каскада ОЭ.



1.1. Включить стенд, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.
1.2. На одном из источников питания V1 или V2 выставить напряжение 15В, повернув ручки ГРУБО и ПЛАВНО по часовой стрелке до упора.
1.3. Подать питание на исследуемую схему: «+» - X6, « – » - X9.
1.4. Выключить сетевой тумблер.
1.5. Напряжение, предназначенное для усиления, подать с выхода звукового генератора на вход каскада, одновременно измеряя его с помощью мультиметра. Для этого выход генератора двухлучевыми проводами соединить с входными клеммами каскада: «~» - X2, « » - X3 и с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 20В.
1.6. Ручку АМПЛИТУДА звукового генератора повернуть против часовой стрелки до упора (фиксации). Переключать ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 3 или 4.
1.7. Выход каскада соединить двухлучевыми проводами с мультиметром, выставленным на измерение переменного напряжения на пределе измерения 20В и входом осциллографа: X7 - «У», X8 - « ».
1.8. Переключатель осциллографа ВОЛЬТ/ДЕЛ. поставить в положение 5, а переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛ. в положение 1.
1.9. После проверки схемы преподавателем, сетевой тумблер поставить в положение ВКЛ. нажать кнопки СЕТЬ и ОСЦИЛЛОГРАФ на блоке питания.
1.10.Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, изменять входное напряжение каскада в пределах, указанных в таблице 1. Для каждого фиксированного значения входного напряжения измерить мультиметром соответствующее выходное напряжение каскада. Результаты измерения занести в таблицу 1.

Таблица 1.

Uвх,В	0	0,02	0,04	0,06	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6
Uвых,В									
K_U									

1.11.Одновременно ручками осциллографа РАЗВЁРТКА и СТАБ. добиться устойчивого изображения выходного напряжения на экране. Проследить по ходу измерений за изменением выходного напряжения. Зарисовать осциллограммы при двух значениях входного сигнала (при среднем и максимальном).

1.12.По данным, полученным в результате измерений, рассчитать коэффициент усиления по напряжению $K_U = U_{ВЫХ} / U_{ВХ}$, занести его значения в таблицу и построить амплитудную характеристику.

1.13.Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до упора, переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1.

2. Снятие частотной характеристики.

2.1. Поворачивая ручку АМПЛИТУДА по часовой стрелке, установить входное напряжение средней величины (задаётся преподавателем). Не изменять его во время снятия характеристики.
2.2. Следить за изменением синусоиды на осциллографе и измеряя период рассчитать частоту
2.3. Переключателем ЧАСТОТА ГРУБО ступенчато изменять частоту входного напряжения, устанавливая его последовательно в положение 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.
2.4. Измерить частоту входного сигнала и величину выходного напряжения для каждого положения переключателя. Одновременно наблюдать изменение частоты выходного сигнала на экране осциллографа, после чего отключить его нажатием кнопки ОСЦИЛЛОГРАФ. Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2.

Uвх = const

Положение переключателя	1	2	3	4	5	6	7
f, кГц							
Uвых, В							
K_U							

2.5. По полученным данным рассчитать коэффициент усиления по напряжению K_U, занести его значения в таблицу и построить частотную характеристику каскада ОЭ.
2.6. Ручку АМПЛИТУДА повернуть против часовой стрелки до фиксации, переключатель ЧАСТОТА ГРУБО поставить в положение 1.

3. Измерение параметров режима покоя.

3.1. Мультиметр, подключённый к входным клеммам каскада X1 и X3, перевести в режим измерения постоянного напряжения на пределе 2В. Мультиметр, подключённый к выходным клеммам каскада, переключить на клемму X4 и X5 и перевести его в режим измерения постоянного напряжения на пределе измерения 20В. Измерить параметры режима покоя: Uбэо, Uкэо.
3.2. Нажать кнопку СЕТЬ и выключить сетевой тумблер.

Содержание отчёта.
1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.
1. Какова цель работы?
2. Что называется выпрямителем?
3. Основные характеристики усилителей.
4. Обратная связь в усилителях.

Лабораторная работа № 8.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА.

Цель работы: практическое ознакомление со схемами мультивибраторов.

Оборудование: лабораторный стенд, блок № 6, соединительные провода.

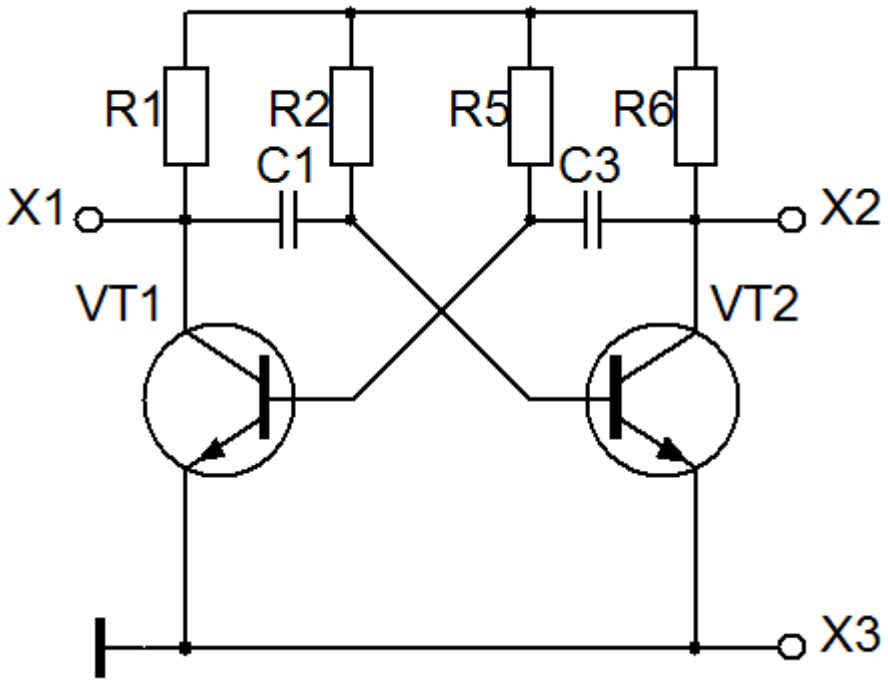
Теоретические положения

Мультивибраторы – генераторы, вырабатывающие электрические колебания, по форме близкие к прямоугольным. Различают самовозбуждающиеся и ждущие мультивибраторы.

Самовозбуждающиеся мультивибраторы имеют два неустойчивых состояния, когда один из транзисторов открыт, а другой закрыт. Переход из одного состояния равновесия в другое происходит скачком, почти мгновенно.

Ждущие мультивибраторы имеют одно устойчивого состояние. После подключения источника питания схема может находится сколь угодно долго в таком состоянии, не формируя выходное переменное напряжение. При подаче управляющего сигнала на вход схемы, на её выходе формируется выходной сигнал, параметры которого полностью определяются собственными характеристиками устройства. Такой режим называется ждущий.

Порядок выполнения работы

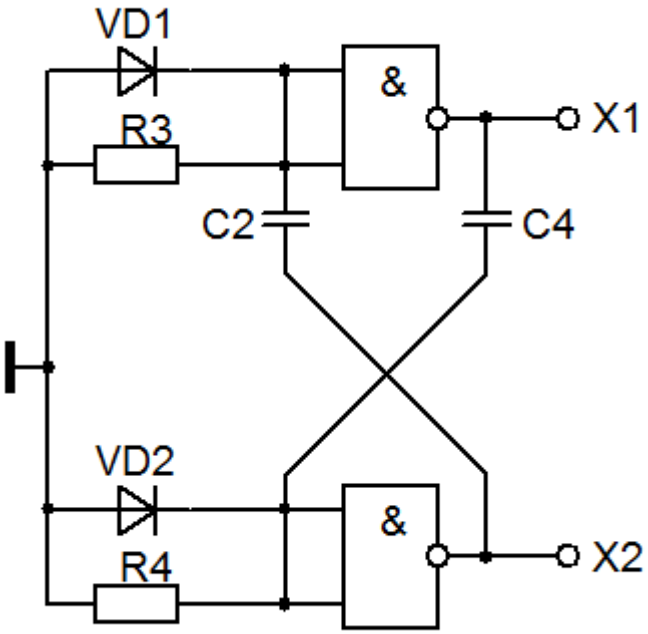


Исследование мультивибратора на транзисторах.

1. Включить стенд в сеть, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и подключить ОСЦИЛЛОГРАФ.
2. На одном из источников питания с помощью ручек ГРУБО и ПЛАВНО выставить напряжение 5В, измерив его мультиметром, выставленным на измерение постоянного напряжения на пределе измерения 20В.
3. Подать напряжение 5В с источника питания на клеммы X1 и X2, расположенные в нижней правой части схемы, согласно указанной полярности. Таким образом обеспечивается питание всех схем блока.
4. Поставить переключатели осциллографа: ВОЛЬТ/ДЕЛ – в положение 1В, ВРЕМЯ/ДЕЛ – в положение 1мс.
5. Вход осциллографа подключить к одному из выходов мультивибратора: «Y» – X1, « » - X3.
6. По осциллографу определить амплитуду и скважность импульсов. Зафиксировать осциллограмму.
7. Подключить осциллограф ко второму выходу мультивибратора переключив вход «Y» осциллографа к клемме X2.

8. Убедится, что амплитуда и скважность импульсов на обоих выходах одинаковы, а импульсы взаимно инверсны.

Исследование мультивибратора на микросхеме.



1. Вход «Y» осциллографа подключить к клемме X1, а вход « » оставить в прежнем положении, т.е. на клемме X3 на схеме мультивибратора на транзисторах.
2. Поставить переключатели на осциллографе: ВОЛЬТ/ДЕЛ – в положение 0,5В, ВРЕМЯ/ДЕЛ – в положение 50мкс.
3. По осциллографу определить амплитуду и скважность импульсов.
Зафиксировать осциллограмму.
4. Подключить осциллограф ко второму выходу мультивибратора, переключив вход «Y» к клемме X2.
5. Убедится, что амплитуда и скважность импульсов на обоих выходах одинаковы, а импульсы взаимно инверсны.
Скважность импульсов:

$$\frac{\quad}{\quad}$$

$\boldsymbol{T_И}$ – период следования;
$\boldsymbol{t_И}$ – длительность импульса.

Содержание отчёта.
1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Исследуемые схемы.
5. Результаты исследования.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.
1. Какова цель работы?
2. Что называется мультивибратором?
3. Какие существуют виды мультивибраторов?
4. Какой формы импульсы вырабатывает мультивибратор?

Основная литература.

1. Славинский А.К., Туревский И.С. Электротехника с основами электроники ИД «ФОРУМ», 2009.

2. Частоедов Л. А. Электротехника.-М.: Издательство «Маршрут», 2006.
3. Гальперин М. В. Электротехника и электроника М: Издательство Форум – Инфра – М, 2006.

Дополнительная литература.

1. Лотерейчук Е. А. ТОЭ, методическое пособие М. Высшая школа – 2000 г.
2. Электротехника и электроника – методическое пособие по проведению лабораторных работ. М: ГОУ «УМЦ ЖДТ» 2007.
3. Бондарь И.М. Электротехника и электроника: учеб. пособие для СПО. - Ростов н/Д: МарТ, 2005
4. Бутырин П.А. Электротехника: учебник. - М.: Академия, 2007
7. Кислицын Н.А. Электротехника и электроника: метод. пособие по проведению лабораторных работ для СПО. - М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2007