

Министерство образования Иркутской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Иркутской области
«Иркутский техникум транспорта и строительства»

Методические указания
к практическим занятиям по курсу
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
ОП. 02 Электротехника
по профессии среднего профессионального образования

23.01.09 Помощник машиниста (по видам подвижного состава железнодорожного транспорта)

Квалификация: слесарь по ремонту подвижного состава и помощник машиниста

Форма обучения: очная

Нормативный срок обучения: 2 года 10 месяцев
на базе основного общего образования

Иркутск, 2026 г.

Настоящие методические указания составлены для практических работ, выполнение которых предусмотрено программой для обучающихся по профессии среднего профессионального образования 23.01.09 Помощник машиниста

Разработчик:

Новиков В. В., преподаватель электротехники

Рассмотрена и одобрена на заседании ДЦК

Протокол № 9

от «18» мая 2026 г.

Председатель ДЦК _____ Иринчеева Е.В..

Инструкция по правилам безопасности труда для учащихся

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания преподавателя.
2. Не приступайте к выполнению работы без разрешения преподавателя.
3. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.
4. Перед выполнением работы внимательно изучите ее содержание и ход выполнения.
5. При проведении опытов не допускайте предельных нагрузок измерительных приборов. При работе с приборами из стекла соблюдайте особую осторожность.
6. Следите за исправностью всех креплений в приборах и приспособлениях. Не прикасайтесь и не наклоняйтесь (особенно с неубранными волосами) к вращающимся частям машин.
7. При сборке экспериментальных установок используйте провода (с наконечниками и предохранительными чехлами) с прочной изоляцией без видимых повреждений.
8. При сборке электрической цепи избегайте пересечения проводов. Запрещается пользоваться проводником с изношенной изоляцией и выключателем открытого типа (при напряжении выше 42 В).
9. Источник тока к электрической цепи подключайте в последнюю очередь. Собранную цепь включайте только после проверки и с разрешения учителя. Наличие напряжения в цепи можно проверять только с помощью приборов или указателей напряжения.
10. Не прикасайтесь к находящимся под напряжением элементам цепей, лишенным изоляции. Не производите переключения в цепях и смену предохранителей до отключения источника электропитания.
11. Следите за тем, чтобы во время работы случайно не коснуться вращающихся частей электрических машин. Не производите переключения в электрических цепях машин до полной остановки якоря или ротора машины.

Оценка практических работ

Оценка «5» ставится в том случае, если учащийся:

- а) выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- б) самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью;
- в) в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы;
- г) правильно выполнил анализ погрешностей;
- д) соблюдал требования безопасности труда.

Оценка «4» ставится в том случае, если выполнены требования к оценке «5», но:

- а) опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений,
- б) или было допущено два-три недочета, или не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы, или если в ходе проведения опыта и измерений были допущены следующие ошибки:

- а) опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью,
- б), или в отчете были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализе погрешностей и т. д.), не принципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения,
- в) или не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей (VIII—X класс);
- г) или работа выполнена не полностью, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы.

Оценка «2» ставится в том случае, если:

- а) работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов,
- б) или опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно,
- в) или в ходе работы и в отчете обнаружилось в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке «3».

Перечень практических занятий

Практическое занятие № 1. Сборка электрической цепи. Соединение проводников: последовательное, параллельное, смешанное.

Практическое занятие № 2 Расчет электрических цепей различными методами.

Лабораторная работа № 1 Исследование времени зарядки конденсатора.

Практическое занятие № 3 Катушка индуктивности. Вычисление постоянной времени t_{RL} -цепи.

Практическое занятие №4. Измерение тока и напряжения. Измерение мощности в цепи постоянного и переменного тока.

Практическое занятие №5. Измерение средних электрических сопротивлений.

Практическое занятие № 6 Испытание трансформатора.

Практическое занятие № 7 Включение полупроводникового диода в цепь.

Практическое занятие № 8 Работа биполярного транзистора в режиме ключа.

Практическое занятие № 9 Сборка электронных генераторов на операционном усилителе

Практическое занятие № 10 Сборка электронных реле

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Есть два основных способа соединения проводников друг с другом — это последовательное и параллельное соединения.

Различные комбинации последовательного и параллельного соединений называют смешанным соединением проводников.

Проводник, обладающий сопротивлением R , называется резистором, графически изображается следующим образом

Последовательное соединение проводников

Возьмем три постоянных сопротивления R_1 , R_2 и R_3 и включим их в цепь так, чтобы конец первого сопротивления R_1 был соединен с началом второго сопротивления R_2 , конец второго — с началом третьего R_3 , а к началу первого сопротивления и к концу третьего подведем проводники от источника тока:

Такое соединение сопротивлений называется последовательным. Очевидно, что ток в такой цепи будет во всех ее точках один и тот же. $I_1=I_2=I_3=...=I_n$

Основные свойства последовательного соединения :

1. При последовательном соединении проводников сила тока в них одинакова.
2. Напряжение на участке, состоящем из последовательно соединённых проводников, равно сумме напряжений на каждом проводнике: $U=U_1+U_2+...+U_n$.
3. Сопротивление участка, состоящего из последовательно соединённых проводников, равно сумме сопротивлений каждого проводника. $R=R_1+R_2+...+R_n$

Параллельное соединение проводников

Возьмем два постоянных сопротивления R_1 и R_2 и соединим их так, чтобы начала этих сопротивлений были включены в одну общую точку А, а концы — в другую общую точку В. Соединив затем точки А и В с источником тока, получим замкнутую электрическую цепь. Такое соединение сопротивлений называется параллельным соединением.

Основные свойства параллельного соединения:

1. Напряжение на каждой ветви одинаково и равно напряжению на неразветвлённой части цепи. Неразветвленная электрическая цепь — это участок электрической цепи (ветвь), в котором ток имеет одинаковое значение по всей длине: $U_1=U_2=U_3=...=U_n$
2. Сила тока в неразветвлённой части цепи равна сумме сил токов в каждой ветви: $I=I_1+I_2+...+I_n$
3. Величина, обратная сопротивлению участка параллельного соединения, равна сумме величин, обратных сопротивлениям ветвей.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Соберите проводники параллельно, как показано на схеме:

2.2. Соберите проводники последовательно, как показано на схеме:

2.3. Визуально оцените яркость горения ламп в случае параллельного и в случае последовательного включения.

2.4. Подтвердите свои наблюдения расчетами по формулам, указанным ниже:

2.5. Расчеты и выводы запишите в рабочей тетради.

Практическое занятие № 2 Расчет электрических цепей различными методами.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Универсального метода преобразования электрических цепей нет.

Метод простейших эквивалентных преобразований. Простейшие примеры преобразования цепи — это 1) замена двух последовательно соединённых сопротивлений r_1 и r_2 одним сопротивлением $r_1 + r_2$; 2) замена двух параллельно соединённых сопротивлений r_1 и r_2 одним сопротивлением $r_1 \cdot r_2 / (r_1 + r_2)$. Эти две замены лежат в основе данного метода. При решении задач в первую очередь необходимо установить, какие проводники соединены между собой последовательно, какие параллельно. Отдельные участки схемы с параллельно или последовательно соединёнными резисторами заменяются одним эквивалентным резистором. Постепенным преобразованием участков схему упрощают и приводят к простейшей схеме, состоящей из одного резистора. При этом используются свойства последовательно и параллельно соединённых проводников.

Задача 1. Найти общее сопротивление цепи. $R_1 = R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 8 \text{ Ом}$.

Решение: В этой задаче часто неправильно определяют, какие сопротивления включены последовательно, а какие параллельно. Эквивалентная схема представлена на рисунке. Расчет по формулам дает ответ 4 Ом.

Метод замены «треугольника» на «звезду». Данный метод позволяет быстро рассчитать сопротивления участков цепи в том случае, когда не удастся установить симметричного распределения токов.

Если в схеме к некоторым узлам подключены сопротивления R_1 , R_2 , R_3 в виде «треугольника», то его можно заменить на элемент «звезда» с сопротивлениями r_1 , r_2 , r_3 , которые рассчитываются по формулам

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

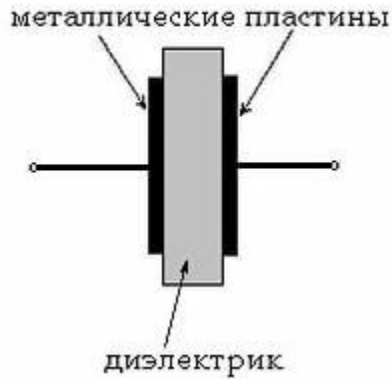
Задача 1. Найти общее сопротивление цепи. $R_1 = R_2 = 10 \text{ Ом}$, $R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 20 \text{ Ом}$.

Задача 2. В схеме, изображенной на рисунке, определить сопротивление между точками А и В.

Лабораторная работа № 1 Исследование времени зарядки конденсатора

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Конденсатор представляет собой устройство, способное накапливать электрические заряды. Простейшим конденсатором являются две металлические пластины (электроды), разделенные каким-либо диэлектриком.

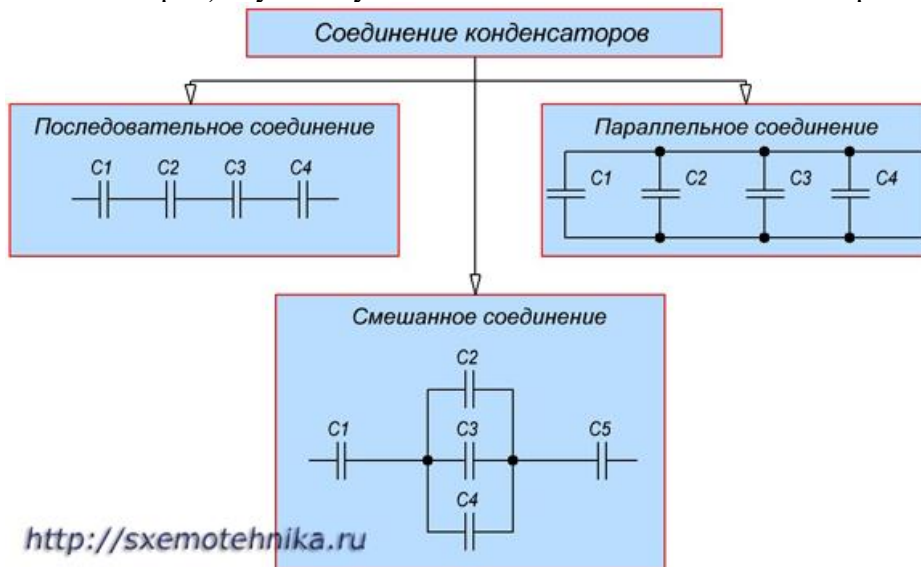


Емкость C конденсатора определяется как отношение заряда q , накопленного в конденсаторе, к разности потенциалов между его электродами (приложенному напряжению) U :

$$C = q / U$$

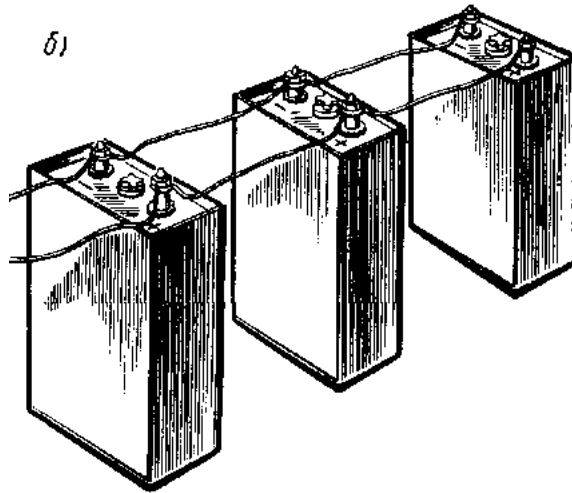
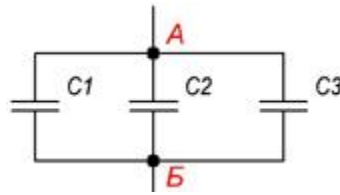
Иногда для получения необходимой величины электроемкости приходится соединять конденсаторы в группу, которая называется **батареей**.

Соединение конденсаторов может производиться: **последовательно, параллельно** и **последовательно-параллельно** (последнее иногда называют смешанное соединение конденсаторов). Существующие виды соединения конденсаторов показаны на рисунке



Параллельное соединение конденсаторов.

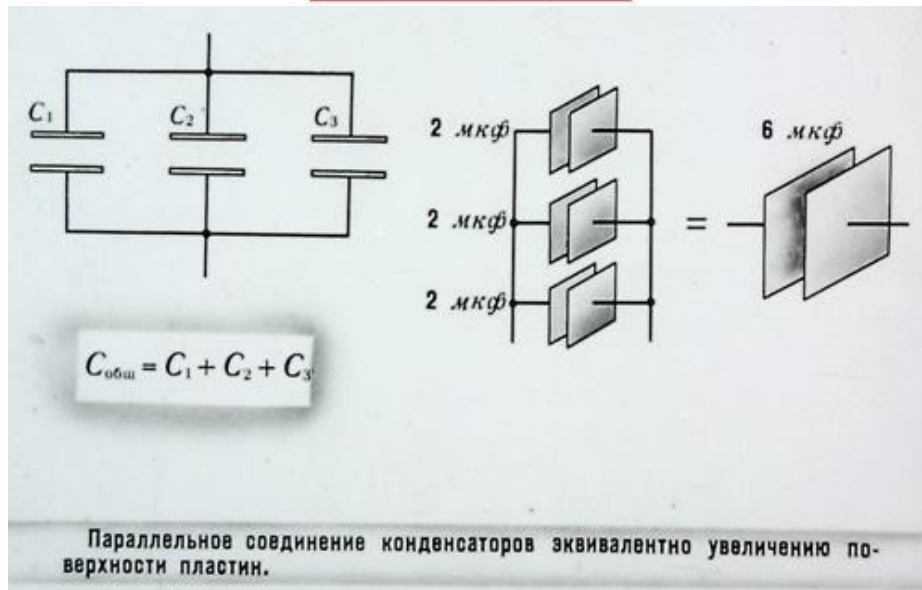
Если группа конденсаторов включена в цепь таким образом, что к точкам включения непосредственно присоединены пластины всех конденсаторов, то такое соединение называется **параллельным соединением конденсаторов**



При заряде группы конденсаторов, соединенных параллельно, между пластинами всех конденсаторов будет одна и та же разность потенциалов, так как все они заряжаются от одного и того же источника тока.

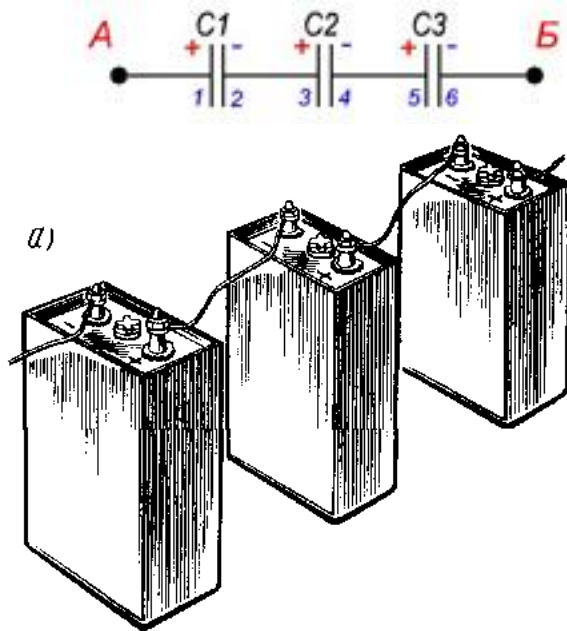
Общая емкость конденсаторов при параллельном соединении равна сумме емкостей всех соединенных конденсаторов.

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$



Последовательное соединение конденсаторов.

Если же соединение конденсаторов в батарею производится в виде цепочки и к точкам включения в цепь непосредственно присоединены пластины только первого и последнего конденсаторов, то такое **соединение конденсаторов** называется **последовательным**



При заряде группы конденсаторов, соединенных последовательно, на конденсаторах малой емкости напряжения будут больше, а на конденсаторах большой емкости — меньше. Для вычисления общей емкости при последовательном соединении конденсаторов удобнее всего пользоваться следующей формулой:

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

Последовательное соединение конденсаторов

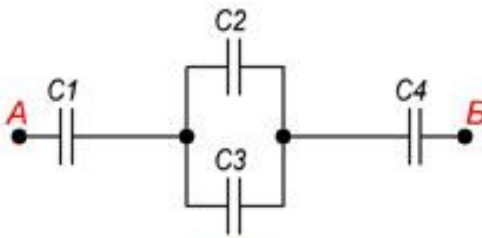
$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Последовательное соединение конденсаторов эквивалентно увеличению расстояния между пластинами. Емкость уменьшается.

У последовательно соединенных конденсаторов рабочее напряжение равно сумме рабочих напряжений конденсаторов.

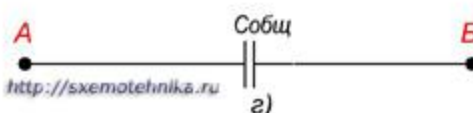
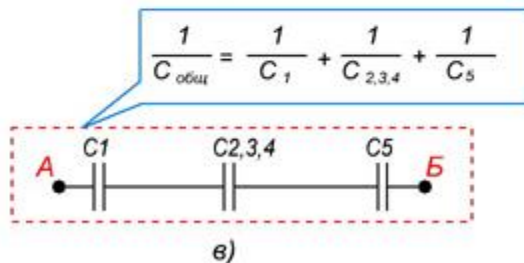
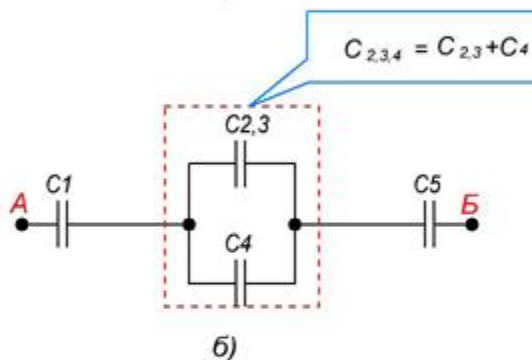
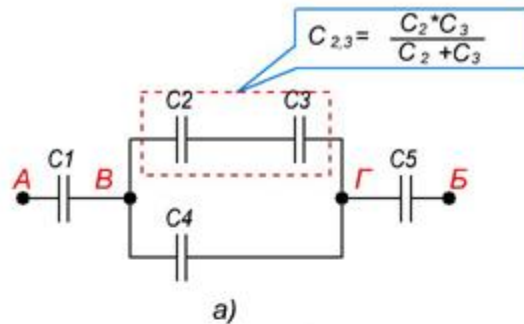
20

Последовательно-параллельное (смешанное) соединение конденсаторов
Последовательно-параллельным соединением конденсаторов называется цепь имеющая в своем составе участки, как с параллельным, так и с последовательным соединением конденсаторов.



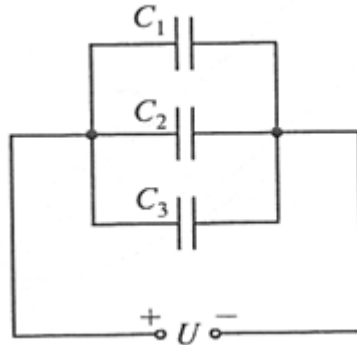
При расчете общей емкости такого участка цепи с последовательно-параллельным соединением конденсаторов этот участок разбивают на простейшие участки, состоящие только из групп с последовательным или параллельным соединением конденсаторов. Далее алгоритм расчета имеет вид:

1. Определяют эквивалентную емкость участков с последовательным соединением конденсаторов.
2. Если эти участки содержат последовательно соединенные конденсаторы, то сначала вычисляют их емкость.
3. После расчета эквивалентных емкостей конденсаторов перерисовывают схему. Обычно получается цепь из последовательно соединенных эквивалентных конденсаторов.
4. Рассчитывают емкость полученной схемы.

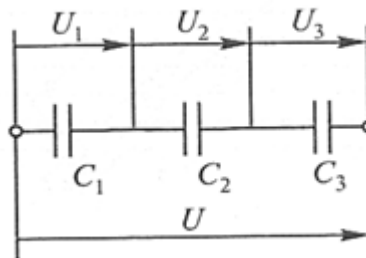


2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- a. Соберите конденсаторы параллельно, как показано на схеме:



- b. Запишите в рабочей тетради значения C_1 ; C_2 ; C_3 и рассчитайте ёмкость батареи
- c. Соберите конденсаторы последовательно, как показано на схеме:



- d. Запишите в рабочей тетради значения C_1 ; C_2 ; C_3 и рассчитайте ёмкость батареи.
- e. Сделайте выводы, в каком случае ёмкость батареи выше
- f. Проверить правильность расчетов и сделанных выводов можно при помощи **мультиметра**



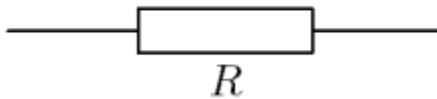
Практическое занятие № 3 Катушка индуктивности. Вычисление постоянной времени t_{RL} -цепи.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Есть два основных способа соединения проводников друг с другом — это последовательное и параллельное соединения.

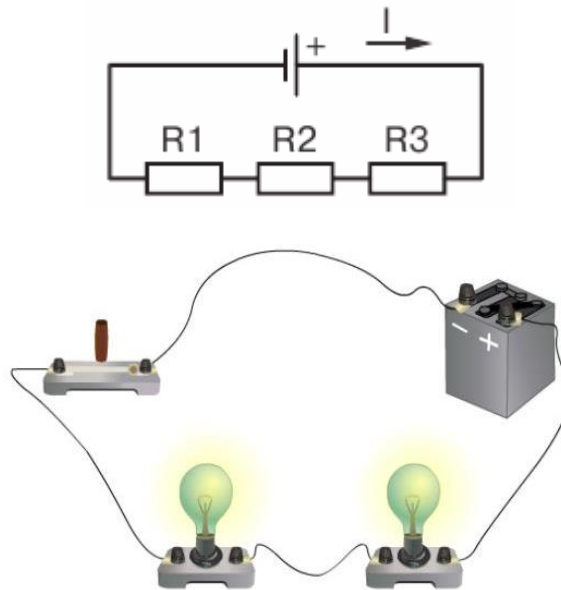
Различные комбинации последовательного и параллельного соединений называют смешанным соединением проводников.

Проводник, обладающий сопротивлением R , называется резистором, графически изображается следующим образом



Последовательное соединение проводников

Возьмем три постоянных сопротивления R_1 , R_2 и R_3 и включим их в цепь так, чтобы конец первого сопротивления R_1 был соединен с началом второго сопротивления R_2 , конец второго — с началом третьего R_3 , а к началу первого сопротивления и к концу третьего подведем проводники от источника тока:



Такое соединение сопротивлений называется последовательным. Очевидно, что ток в такой цепи будет во всех ее точках один и тот же. $I_1=I_2=I_3=...=I_n$

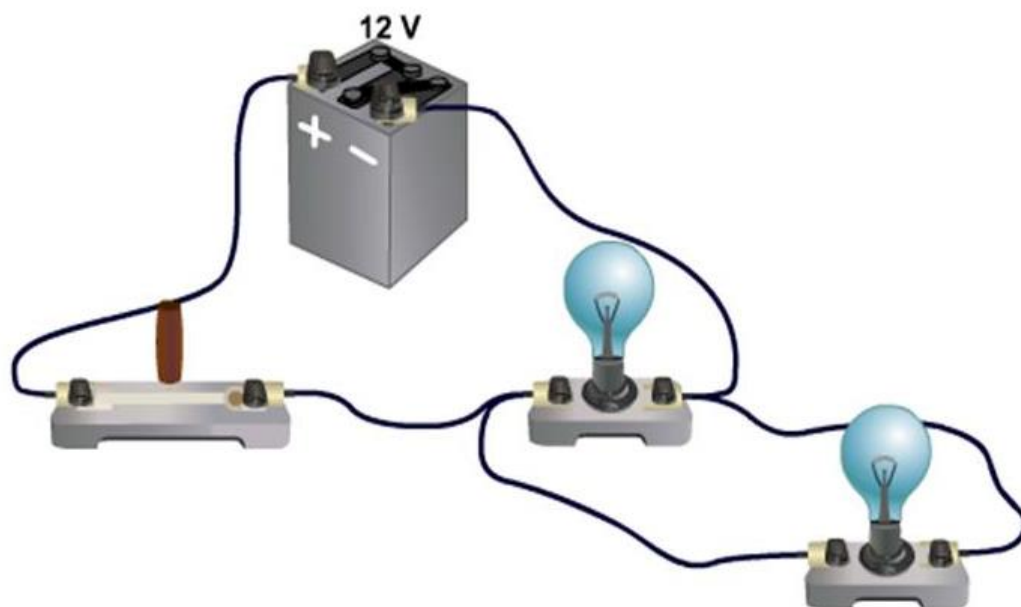
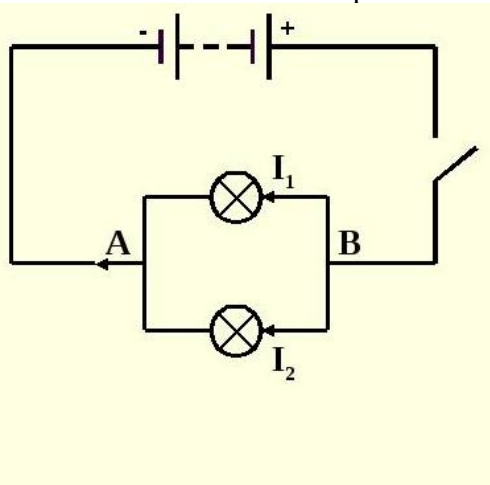
Основные свойства последовательного соединения :

1. При последовательном соединении проводников сила тока в них одинакова.
2. Напряжение на участке, состоящем из последовательно соединённых проводников, равно сумме напряжений на каждом проводнике: $U=U_1+U_2+...+U_n$.

3. Сопротивление участка, состоящего из последовательно соединённых проводников, равно сумме сопротивлений каждого проводника. $R=R_1+R_2+\dots+R_n$

Параллельное соединение проводников

Возьмем два постоянных сопротивления R_1 и R_2 и соединим их так, чтобы начала этих сопротивлений были включены в одну общую точку А, а концы — в другую общую точку В. Соединив затем точки А и В с источником тока, получим замкнутую электрическую цепь. Такое соединение сопротивлений называется параллельным соединением.



Основные свойства параллельного соединения:

1. Напряжение на каждой ветви одинаково и равно напряжению на неразветвлённой части цепи. Неразветвленная электрическая цепь — это участок электрической цепи (ветвь), в котором ток имеет одинаковое значение по всей длине: $U_1=U_2=U_3=\dots=U_n$

2. Сила тока в неразветвлённой части цепи равна сумме сил токов в каждой ветви:

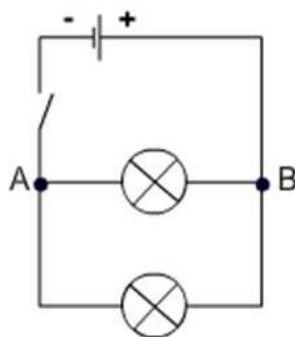
$$I=I_1+I_2+\dots+I_n$$

3. Величина, обратная сопротивлению участка параллельного соединения, равна сумме величин, обратных сопротивлениям ветвей.

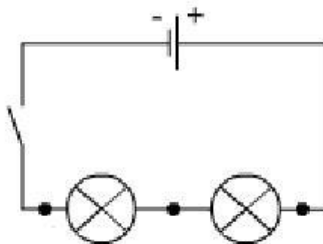
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

1. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Соберите проводники параллельно, как показано на схеме:



1.2. Соберите проводники последовательно, как показано на схеме:



1.3. Визуально оцените яркость горения ламп в случае параллельного и в случае последовательного включения.

1.4. Подтвердите свои наблюдения расчетами по формулам, указанным ниже:

$U = U_1 + U_2 + \dots + U_i$	$U = U_1 = U_2 = \dots = U_i$
$I = I_1 = I_2 = \dots = I_i$	$I = I_1 + I_2 + \dots + I_i$
$R = R_1 + R_2 + \dots + R_i$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_i}$

1.5. Расчеты и выводы запишите в рабочей тетради.

Практическое занятие № 3

Расчёт сложных электрических цепей с помощью законов Кирхгофа

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЭДС источника питания равна $E_1=5$ В, а сопротивления $R_1=100$ Ом, $R_2=510$ Ом, $R_3=10$ кОм. Рассчитать напряжения на резисторах и ток через каждый резистор.

Рассмотрим алгоритм расчета сложных электрических цепей методами законов Кирхгофа.

1. Выполните схему по условию задачи
2. Обозначьте направление ЭДС источников
3. Укажите предполагаемое направление токов
4. Выберите направление обхода для всех независимых контуров
5. Запишите 1 и 2 законы Кирхгофа
6. Решите полученную систему уравнений

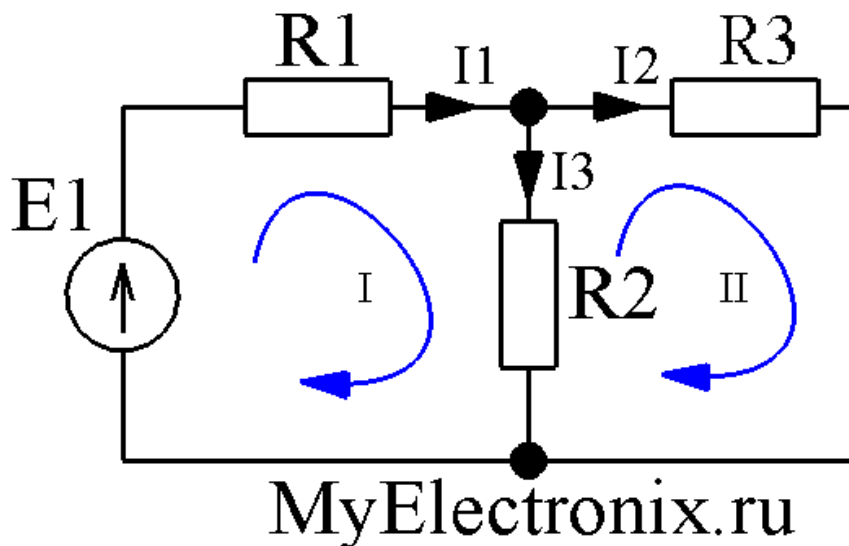


Рисунок 1 – Простая схема

В этой схеме мы можем видеть три контура.

Контур три, независимых из них только два. Третий контур включает в себя все остальные и не может считаться независимым. При всех расчетах используются только *независимые* контуры.

Определим в каждом контуре *направление обхода* контура. Направление обхода каждого контура выполнено синей стрелкой.

Определим направлением токов в ветвях: просто проставим его наугад. Не важно, угадаем мы сейчас направление или нет. Если угадали, то в конце расчета мы получим ток со знаком плюс, а если ошиблись – со знаком минус. Итак, обозначим токи в ветвях черными стрелочками с подписями I_1, I_2, I_3 .

Мы видим, что в контуре №1 направление токов I_1 и I_3 , а также направление источника питания совпадают с направлением обхода, поэтому будем считать их со знаком плюс. В контуре №2 ток I_2 совпадает с направлением обхода, поэтому будет со знаком плюс, а ток I_3 направлен в другую сторону, поэтому будет со знаком минус. Запишем второй закон Кирхгофа для контура №1:

$$E_1 = I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_2$$

А теперь запишем этот же закон для контура №2:

$$0 = I_2 \cdot R_3 - I_3 \cdot R_2$$

Видим, что в контуре №2 нет источников питания, поэтому в левой части (где у нас согласно второму закону Кирхгофа стоит сумма ЭДС) у нас нолик. Итак, у нас есть два уравнения, а неизвестных-то у нас три (I_1, I_2, I_3). А нам известно, что для нахождения *трех* неизвестных нужна система с *тремя* независимыми уравнениями. Где же взять третье недостающее уравнение? А, например, из первого закона Кирхгофа! Согласно этому закону мы можем записать:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

У нас есть три уравнения и три неизвестных и нам остается только решить вот такую вот систему уравнений

$$I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_2 = E_1$$

$$I_2 \cdot R_3 - I_3 \cdot R_2 = 0$$

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Подставим конкретные числа.

$$I_1 \cdot 100 + I_3 \cdot 510 = 5$$

$$I_2 \cdot 10 \cdot 10^3 - I_3 \cdot 510 = 0$$

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Опустим процесс решения, а сразу приведем результат

$$I_1 \approx 8,54 \text{ мА}$$

$$I_2 \approx 0,415 \text{ мА}$$

$$I_3 \approx 8,13 \text{ мА}$$

Все токи получились у нас со знаком плюс. Значит, что мы верно угадали их направление.

Из условия задачи необходимо найти не только токи через резисторы, но и падение напряжения на них. Как это сделать? Например, с помощью закона Ома

$$U=I \cdot R$$

находим напряжение на каждом резисторе

$$U_{R1} = I_1 \cdot R_1 \approx 8,54 \cdot 10^{-3} \cdot 100 = 0,85 \text{ В}$$

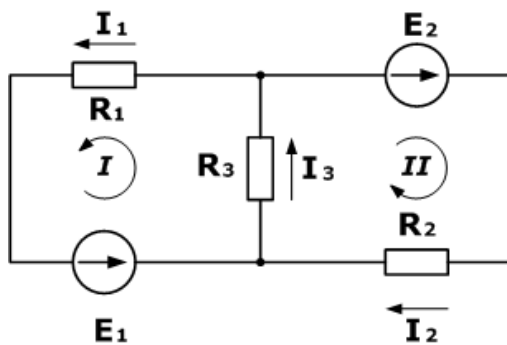
$$U_{R2} = I_3 \cdot R_2 \approx 8,13 \cdot 10^{-3} \cdot 510 = 4,15 \text{ В}$$

$$U_{R3} = I_2 \cdot R_3 \approx 0,415 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^3 = 4,15 \text{ В}$$

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Решите задачу:

1. Дана схема, и известны сопротивления резисторов и ЭДС источников. Требуется найти токи в ветвях, используя законы Кирхгофа.



Дано

$$R_1 = 100 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 150 \text{ Ом}$$

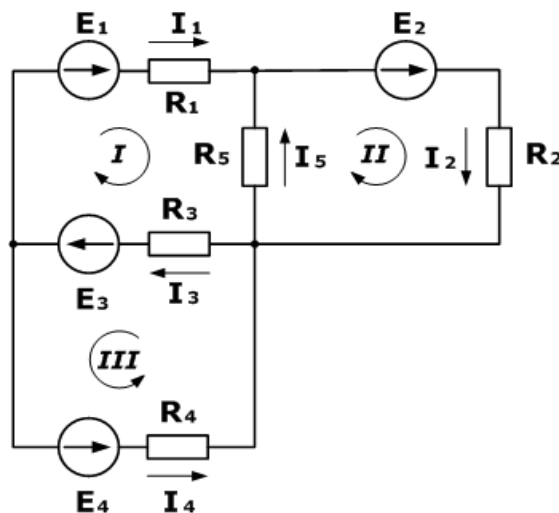
$$R_3 = 150 \text{ Ом}$$

$$E_1 = 75 \text{ В}$$

$$E_2 = 100 \text{ В}$$

$$I_1, I_2, I_3 - ?$$

2. Зная сопротивления резисторов и ЭДС трех источников найти ЭДС четвертого и токи в ветвях.



Дано

$$R_1 = 130 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 100 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 150 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 200 \text{ Ом}$$

$$R_5 = 80 \text{ Ом}$$

$$E_1 = 30 \text{ В}$$

$$E_2 = 60 \text{ В}$$

$$E_3 = 80 \text{ В}$$

$$I_5 = 0,206 \text{ А}$$

$$I_1, I_2, I_3, I_4 - ?$$

$$E_4 - ?$$

Практическое занятие №4. Измерение тока и напряжения. Измерение мощности в цепи постоянного и переменного тока.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Из выражения для мощности на постоянном токе $P = IU$ видно, что ее можно измерить с помощью амперметра и вольтметра косвенным методом.

Однако в этом случае необходимо производить одновременный отсчет по двум приборам и вычисления, усложняющие измерения и снижающие его точность.

Для измерения мощности в цепях постоянного и однофазного переменного тока применяют приборы, называемые ваттметрами, для которых используют электродинамические и ферродинамические измерительные механизмы.

Электродинамические ваттметры выпускают в виде переносных приборов высоких классов точности (0,1 - 0,5) и используют для точных измерений мощности постоянного и переменного тока на промышленной и повышенной частоте (до 5000 Гц).

Ферродинамические ваттметры чаще всего встречаются в виде щитовых приборов относительно низкого класса точности (1,5 - 2,5).

Применяют такие ваттметры главным образом на переменном токе промышленной частоты. На постоянном токе они имеют значительную погрешность, обусловленную гистерезисом сердечников.

Для измерения мощности на высоких частотах применяют термоэлектрические и электронные ваттметры, представляющие собой магнитоэлектрический измерительный механизм, снабженный преобразователем активной мощности в постоянный ток. В преобразователе мощности осуществляется операция умножения $u_i = p$ и получение сигнала на выходе, зависящего от произведения u_i , т. е. от мощности.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Соберите электрическую цепь
2. Измерьте мощность электрической лампы косвенным методом
3. Оцените мощность лампы по паспортным данным.
4. Сравните результаты. Рассчитайте погрешность
5. Результаты запишите в рабочую тетрадь

Практическое занятие №5. Измерение средних электрических сопротивлений.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В зависимости от величины электрические сопротивления делятся на три группы:

- 1 ом и меньше — малые сопротивления,
- от 1 ом до 0,1 Мом — средние сопротивления,
- от 0,1 Мом и выше — большие сопротивления.

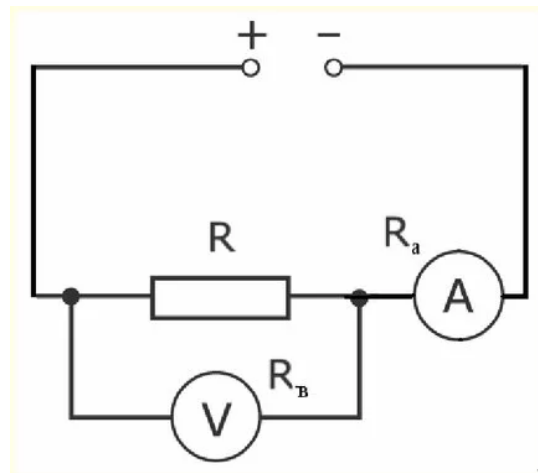
При измерении **малых сопротивлений** необходимо принимать меры для устранения влияния на результат измерения сопротивления соединительных проводов, контактов и термо-ЭДС.

При измерении **средних сопротивлений** можно не считаться с сопротивлениями соединительных проводов и контактов, можно не учитывать влияния сопротивления изоляции.

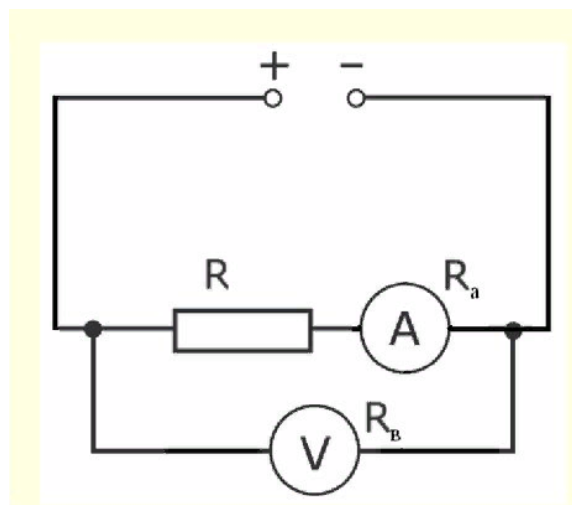
При измерении **больших сопротивлений** необходимо учитывать наличие объемного и поверхностного сопротивлений, влияние температуры, влажности и других факторов.

Измерение средних сопротивлений косвенным методом выполняется при помощи амперметра-вольтметра)

Пожалуй, он самый простой для измерения средних и малых сопротивлений R .
При измерении малых R рекомендуют применять такую схему:

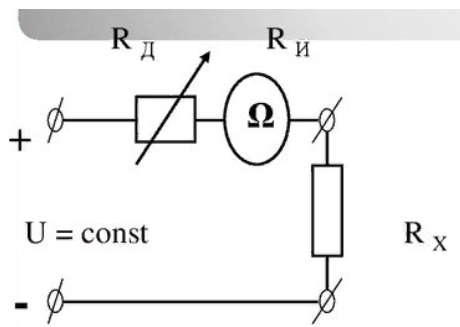


Потому что в данном случае $I_A \approx I_R$ из-за большого внутреннего сопротивления вольтметра относительно R и будет выполнено равенство $I_V \ll I_R$. При среднем значении R рекомендована такая схема:



Так как в этом случае $U_V \approx U_R$ из-за очень малого внутреннего сопротивления амперметра. Измерение средних сопротивлений мостом и омметром.

Чтоб реализовать такой метод необходимо применить омметр, схема которого ниже:

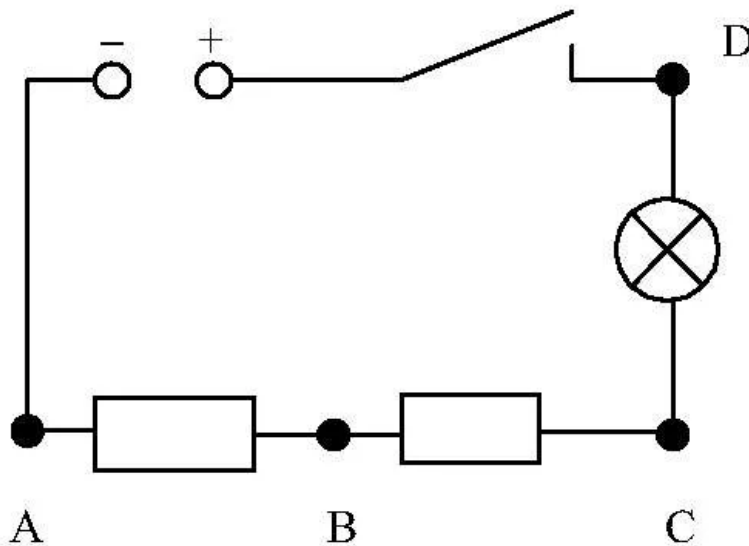


Омметры довольно таки удобны в практическом применении, но они имеют довольно высокую погрешность (класс точности 2,5). Это связано с нестабильностью источника питания и неравномерностью шкалы. Дабы устранить причину неравномерности шкалы в омметрах стали использовать логометрические измерительные механизмы.

Такие приборы получили название мегомметров. Для получения источника питания в мегомметрах используют небольшие генераторы напряжением до 2500 Вольт и приводящиеся в движение вручную. В электронных же мегомметрах в качестве источника могут быть использованы батарейки или же внешний источник питания, подключаемый через специальный блок питания устройства. Мегомметры применяют для измерений больших сопротивлений, таких как сопротивление изоляции проводников. Для измерений свыше 10^9 Ома применяют специальные электронные устройства, которые носят название тераомметров.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Соберите электрическую цепь



2. Измерьте сопротивление резисторов АВ и ВС косвенным методом
3. Разберите электрическую цепь.

4. Измерьте сопротивление резисторов АВ и ВС при помощи омметра
5. Сравните результаты. Рассчитайте погрешность
6. Результаты запишите в рабочую тетрадь

Закрепите полученные навыки при помощи автомобильного аккумулятора и мультиметра

Практическое занятие № 6 Испытание трансформатора. Проведение опытов холостого хода и короткого замыкания.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В электроустановках необходимо измерять напряжения между фазами (линейные) и напряжения фаз по отношению к земле (фазные). В зависимости от этого применяют однофазные, трехфазные или группы однофазных трансформаторов, включаемых по соответствующим схемам, которые обеспечивают выполнение нужных измерений и работу защит.

На рис. 1 приведены наиболее употребительные схемы включения трансформаторов напряжения.

В схеме на рис. 1, а использован один однофазный трансформатор. Схема позволяет измерять только одно из линейных напряжений.

На рис. 1, б показаны два однофазных трансформатора, включенных по схеме неполного треугольника. Схема дает возможность измерять все три линейных напряжения.

В схеме на рис. 1, в показано включение трех однофазных трансформаторов по схеме звезды с выведенной нулевой точкой и заземлением нейтрали первичных обмоток. Схема позволяет измерять все линейные и фазные напряжения и контролировать изоляцию в системах с изолированной нейтралью.

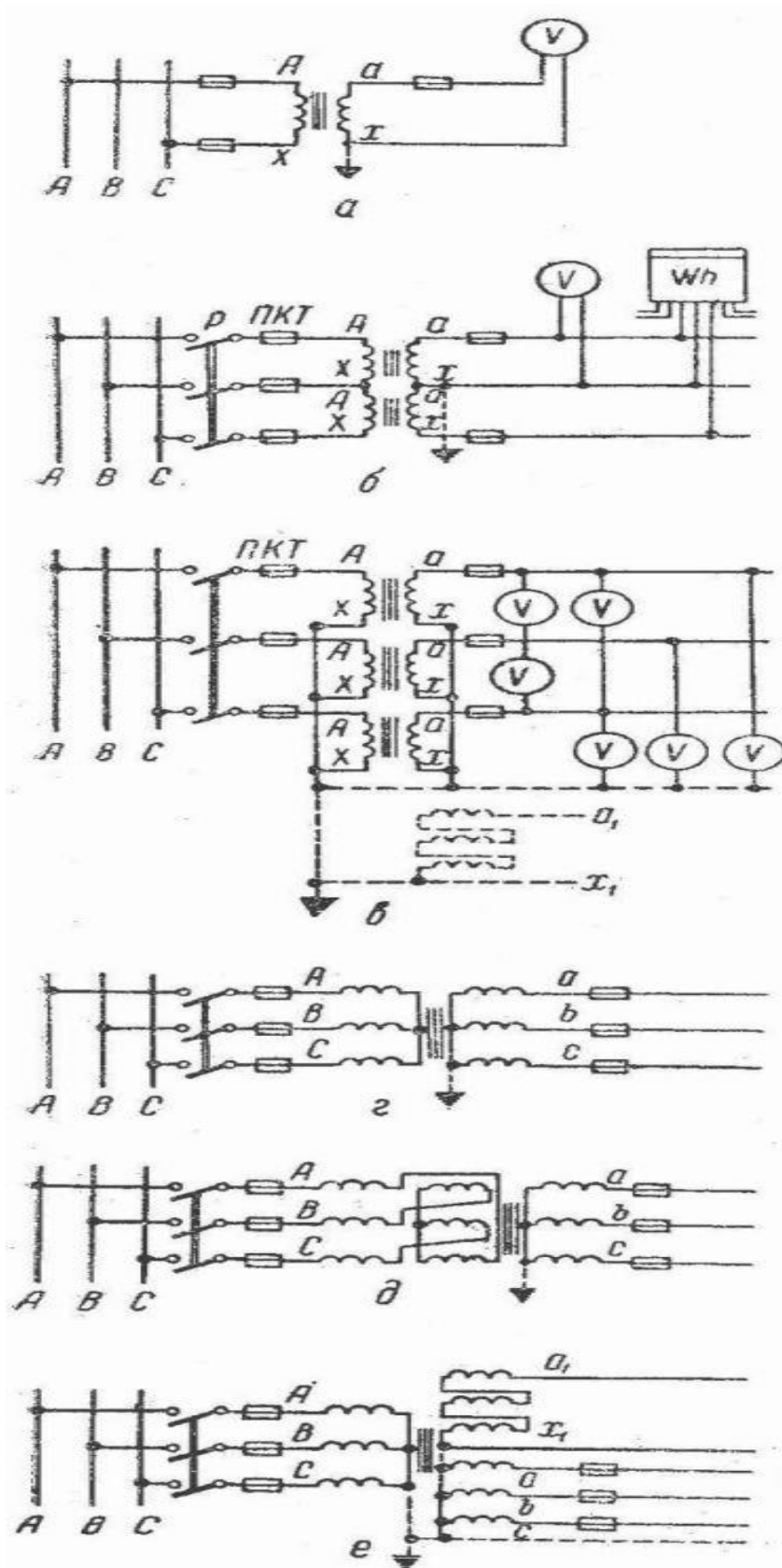


Рис. 1. Схемы включения трансформаторов напряжения

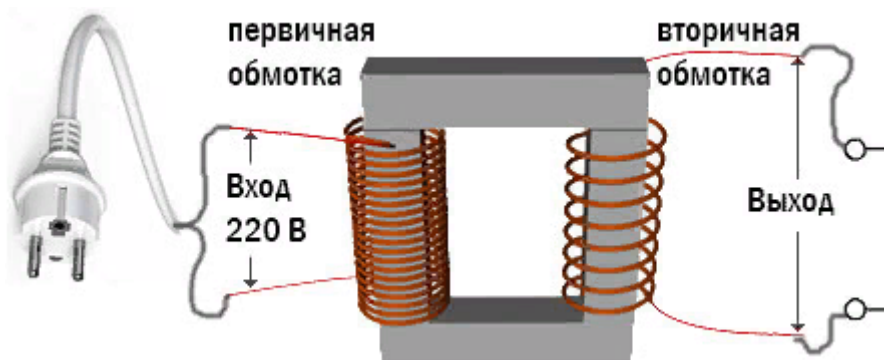
На схеме рис. 1, г показано включение трехфазного трехстержневого трансформатора, который позволяет изменять только линейные напряжения. Этот трансформатор непригоден для контроля изоляции, заземление его первичной обмотки не допускается. Дело в том, что при заземлении первичной обмотки, в случае возникновения замыкания на землю (в системе с изолированной нейтралью), в трехстержневом трансформаторе возникнут большие токи нулевой последовательности, а их магнитные потоки, замыкаясь по путям рассеяния (бак, конструкции и др.), могут нагреть трансформатор до недопустимых температур.

На схеме (рис. 1, д) показано включение трехфазного компенсированного трансформатора, предназначенного для измерения только линейных напряжений.

В схеме на рис. 1, е показано включение трехфазного пятистержневого трансформатора НТМИ с двумя вторичными обмотками. Одна из них соединена в звезду с выведенной нулевой точкой и служит для измерения всех фазных и линейных напряжений, а также для контроля изоляции (в системе с изолированной нейтралью) при помощи трех вольтметров. В этом случае магнитные потоки нулевой последовательности не перегреют трансформатор, так как они будут свободно замыкаться через два боковых стержня магнитопровода.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Подключите понижающий трансформатор как показано на схеме.



2. Измерьте напряжение на вторичной обмотке трансформатора, работающего в режиме холостого хода
3. Сравните измеренное напряжение с напряжением указанным на информационной табличке

Практическое занятие № 7 Включение полупроводникового диода в цепь. Прямая и обратная проводимость диода

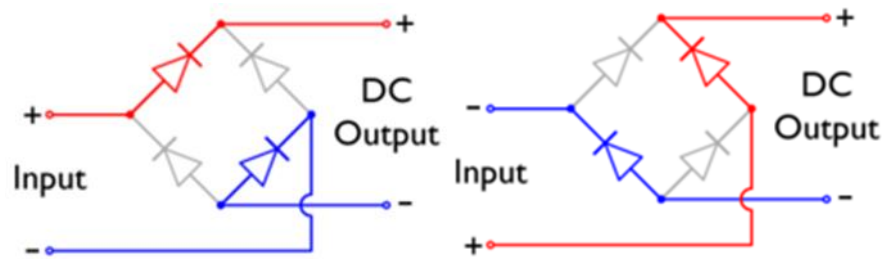
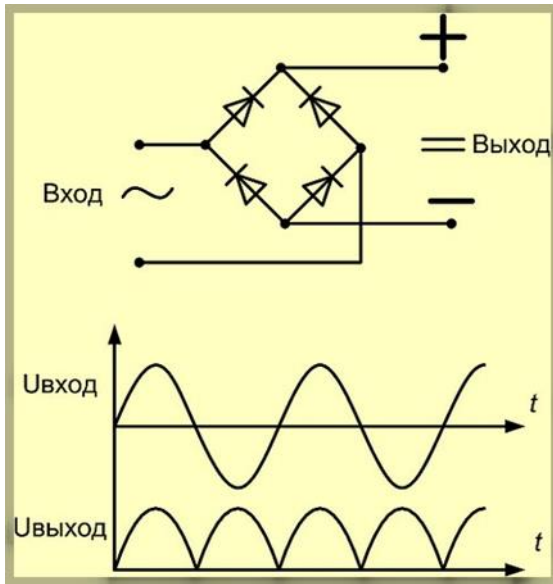
Выпрямительные диоды – это полупроводниковые диоды, предназначенные для выпрямления переменного тока низкой частоты (т.е. для преобразования переменного тока в постоянный). Они являются одним из наиболее распространенных типов полупроводниковых диодов.

Простейшая схема выпрямителя на полупроводниковом диоде показана на рис. 1.

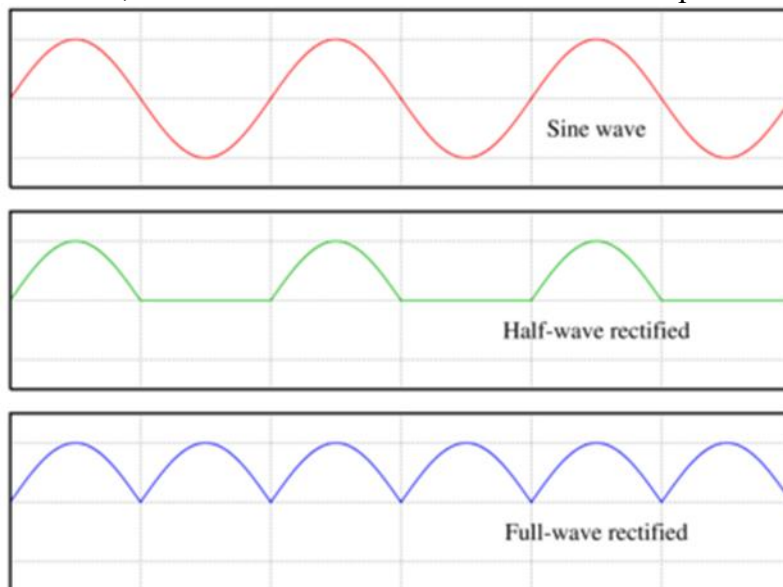
Переменное напряжение сети, подается через диод на конденсатор большой емкости, выполняющий функции фильтра – накопителя заряда. Периодически напряжение трансформатора становится прямым, тогда через диод проходят импульсы тока, подзаряжающие конденсатор. Остальную часть периода конденсатор разряжается через нагрузку, включенную параллельно ему.

Так как емкость конденсатора выбирают достаточно большой, то напряжение на нем изменяется мало, напряжение нагрузки оказывается практически постоянным и через нее проходит почти постоянный ток. Напряжение на диоде представляет собой алгебраическую сумму постоянного напряжения нагрузки и переменного напряжения вторичной обмотки трансформатора.

Диодный мост – электронная схема, предназначенная для выпрямления переменного тока в пульсирующий постоянный. В результате преобразования, на выходе диодного моста получается пульсирующее напряжение вдвое большей частоты, чем на входе, но стабильной полярности.

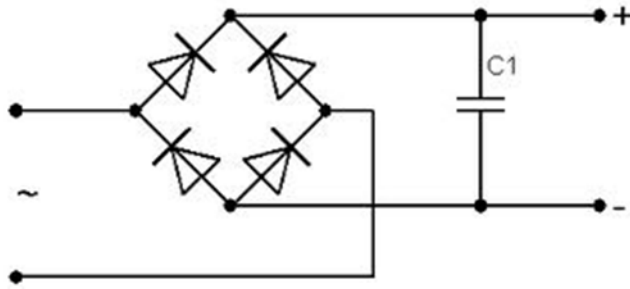


В результате, на выходе (DC Output) получается напряжение, пульсирующее с частотой, вдвое большей частоты питающего напряжения:

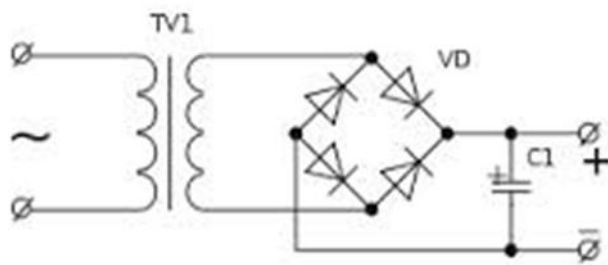


Красным — исходное синусоидальное напряжение, зелёным — однополупериодное выпрямление (для сравнения), синим — рассматриваемое двухполупериодное

Практически, для получения постоянного (а не пульсирующего) напряжения, схему надо дополнить фильтром на конденсаторе, а также, возможно, дросселем и стабилизатором напряжения.



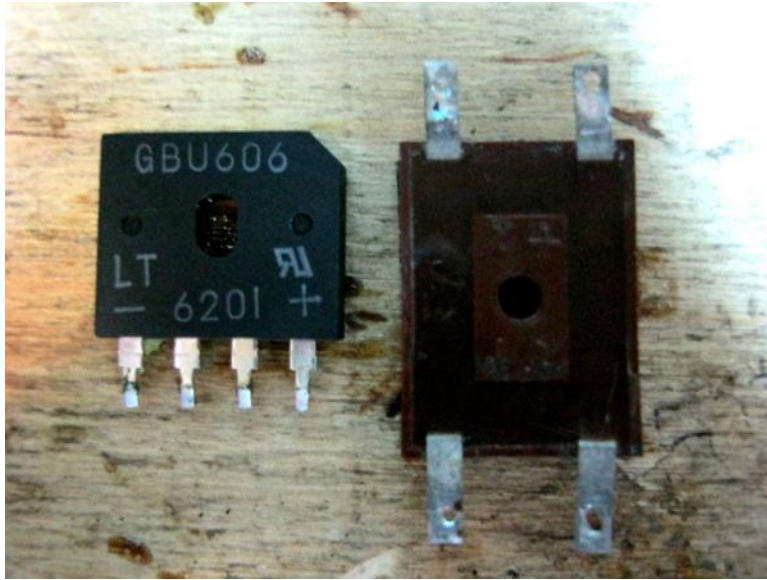
Или



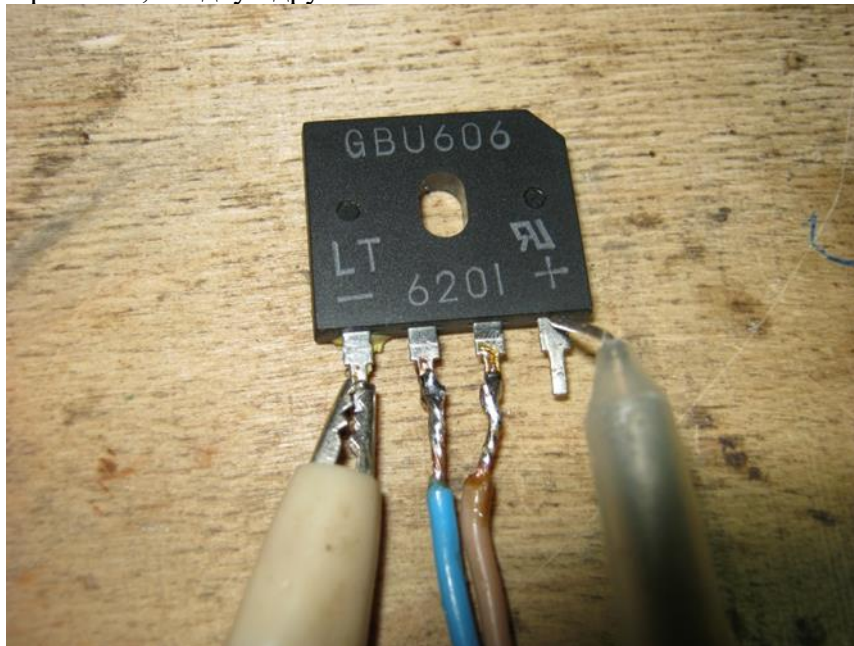
Внешний вид диодного моста



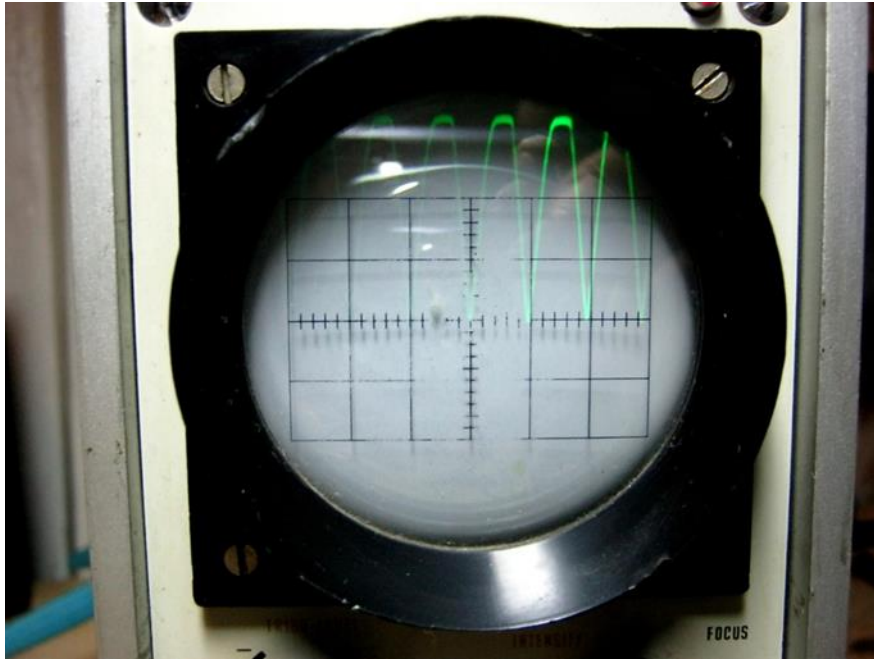
Чтобы не замарачиваться с диодами, конструктора все четыре диода вместили в один корпус. Получилось очень компактно и удобно.



Давайте проверим импортный диодный мост. Для этого цепляем два его контакта к переменке, а с двух других контактов снимаем показания на осциллограф.



А вот и картинка с осцилла, значит импортный диодный мостик работает нормально



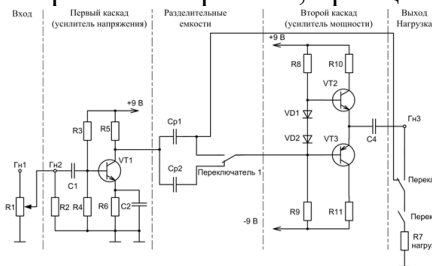
Основными параметрами выпрямительных диодов являются:

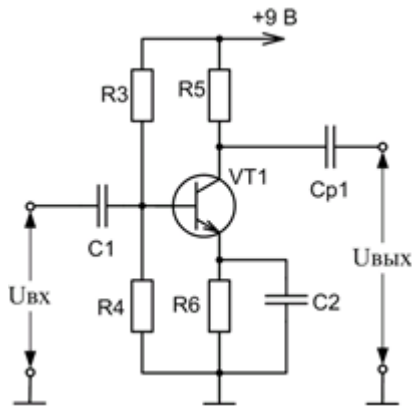
- максимально допустимый прямой ток – $I_{пр макс}$;
- максимальное значение выпрямленного постоянного тока
- максимально допустимое обратное напряжение – $U_{обр макс}$ –
- значение напряжения, приложенного в обратном направлении, которое диод может выдержать в течении длительного времени без нарушения его работоспособности
- максимальная рассеиваемая мощность – $P_{макс}$.
- средняя за период мощность, рассеиваемая диодом при протекании тока

Практическое занятие № 8 Работа биполярного транзистора в режиме ключа.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

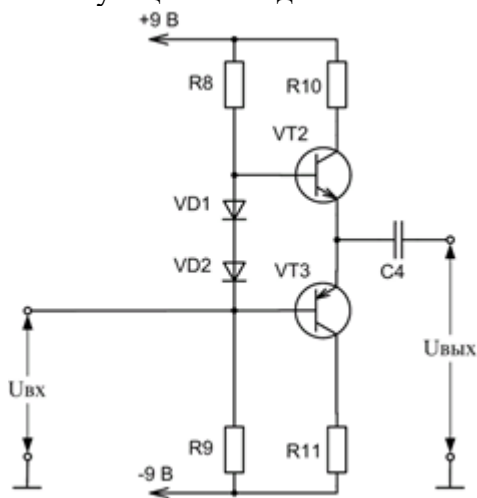
На рис. 1 изображена, принципиальная схема исследуемого двухкаскадного усилителя.





Первый каскад усилителя (рис. 2) собран на транзисторе n-p-n типа VT1, включённом по схеме с общим эмиттером (ОЭ). Делитель напряжения R3-R4 задает величину постоянного напряжения на базе транзистора (режим работы по постоянному току), резистор R5 является нагрузочным резистором в цепи коллектора, обеспечивающим динамический режим работы транзистора. Элементы R6 и C2 обеспечивают температурную стабилизацию усиления. На входе и выходе каскада имеются разделительные конденсаторы C1 и Cp1 (или Cp2), необходимые для обеспечения независимости режима работы каскада по постоянному току (режима покоя, характеризующегося I_{B0} , I_{K0} , $U_{BЭ0}$, $U_{КБ0}$) от входной и выходной цепей.

Входное сопротивление каскада на транзисторе с ОЭ обычно составляет порядка несколько сотен Ом. Выходное сопротивление велико и может составлять несколько десятков кОм. Поэтому при работе усилителя на низкоомную нагрузку необходимо использовать согласующий каскад.



Второй (выходной) каскад усилителя, являющийся бестрансформаторным двухтактным усилителем мощности. Он собран на комплементарных транзисторах VT2 и VT3 (транзисторах разной структуры [n-p-n и p-n-p], но имеющих близкие характеристики), работающих в режимах эмиттерных повторителей напряжения (схема с общим коллектором). Режим работы по постоянному току задают делитель R8-R9 и коллекторные резисторы R10 и R11. Диоды VD1 и VD2 создают небольшое смещение напряжения для увеличения начальных токов и обеспечивают работу усилителя в режиме АВ. Начальные токи, протекающие через транзисторы VT2 и VT3, в силу разнополярности транзисторов

взаимно компенсируются. Это приводит к уменьшению искажений сигнала, а также обеспечивает параметрическую температурную стабилизацию работы транзисторов. Выходное сопротивление каскада мало (порядка десятков килоОм), что обеспечивает хорошее согласование с низкоомной нагрузкой.

Второй каскад является усилителем тока, а его коэффициент передачи по напряжению близок к 1 (что характерно для эмиттерного повторителя), $K_p \gg 1$.

Ход работы

Собрать схему исследования усилителя на транзисторах (рис. 1):

2.1. Входные гнезда усилителя (Гн1,) соединить с выходом генератора синусоидальных колебаний.

2.2. Выход первого каскада соединить со входом второго каскада через разделительную емкость $C_p1=3,3$ мкФ (переключатель 1 установить в верхнее положение).

2.3. Выходные гнезда усилителя (Гн3,) присоединить к осциллографу.

Включить питание (тумблер «сеть») стенда, генератора и осциллографа.

Опыт 1. Определить коэффициент усиления по напряжению транзисторного усилителя в режиме холостого хода. Для этого необходимо:

4.1. Установить переключатель 2 в левое положение, переключатель 3 в правое положение.

Установить с помощью генератора частоту входного сигнала $f = 5$ кГц.

4.2. На вход усилителя подать с генератора входной сигнал $U_{вх} = 20$ мВ (регулируется с помощью потенциометра $R1$). Для измерения входного сигнала используется осциллограф, подключенный к Гн2, (см. Приложение, стр. 6).

4.3. Измерить с помощью осциллографа выходное напряжение усилителя (Гн3,).

Коэффициент усиления двухкаскадного усилителя по напряжению будет равен $K = U_{вых} / U_{вх}$.

Результаты записать в таблицу 1 бланка лабораторных работ.

Исследовать влияние согласующего каскада на коэффициент усиления двухкаскадного усилителя. Для этого:

4.4. Подключить низкоомную нагрузку (резистор $R7=130$ Ом) к выходу первого каскада (переключатель 2 установить в правое положение, переключатель 3 - в левое положение), при этом вход второго каскада шунтируется и соответственно снижается нагрузка первого каскада.

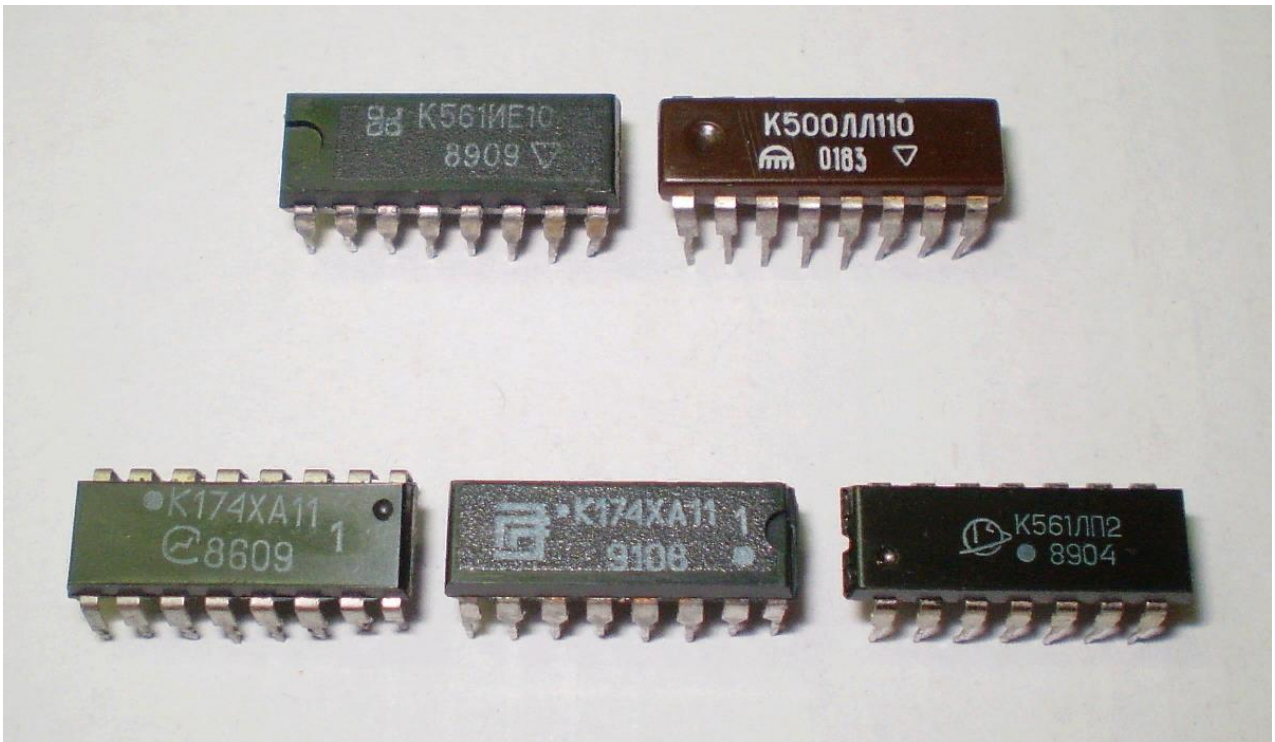
4.5. Измерить величину напряжения ($U'_{вых}$) на выходе усилителя (Гн3,);

4.6. Подключить нагрузку (резистор $R7=130$ Ом) к выходу второго каскада (переключатель 3 - в правое положение)

4.7. Измерить величину напряжения ($U''_{вых}$) на выходе усилителя (Гн3,).

4.8. Рассчитать коэффициент уменьшения выходного напряжения усилителя при включении несогласованной нагрузки к усилителю с ОЭ ($U'_{вых} / U''_{вых}$). 100%.

Результаты записать в таблицу 1 бланка лабораторных работ.



Определите микросхему по маркировке

Практическое занятие № 10 Сборка электронных реле

Реле – это коммутационное устройство (КУ), выполняющее соединение или разъединение цепи в электронных и электрических схемах при смене входных значений тока или другого параметра. Использование таких устройств позволяет защитить оборудование от поломки при перегреве или перегрузке. Также реле применяются для выполнения других функций, например, для включения или отключения света, для подачи звукового сигнала и т. д.

Электронные реле

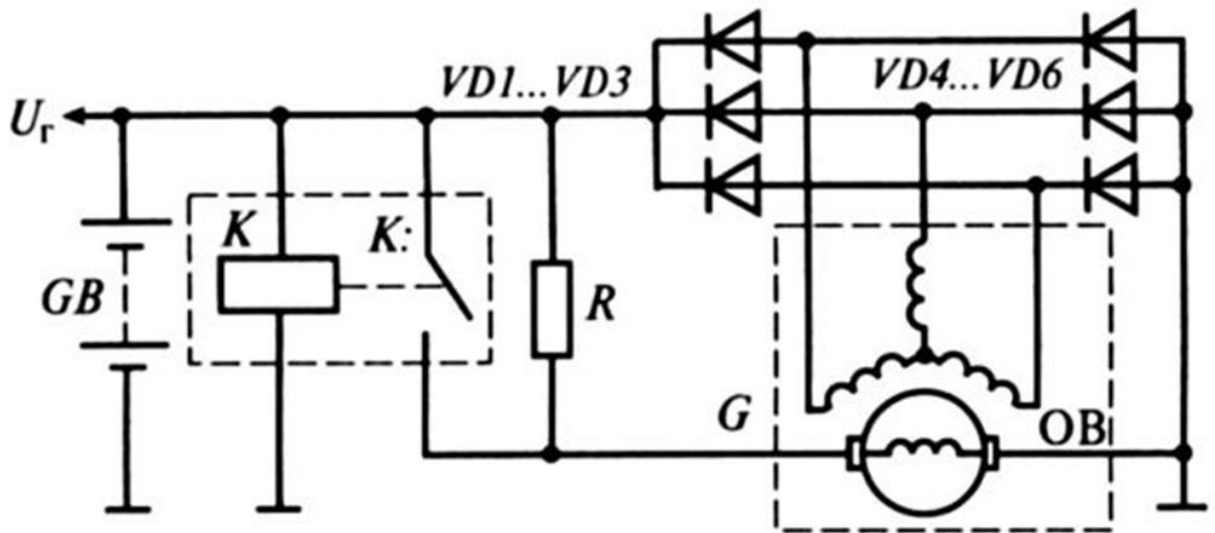
Твердый элемент, или активатор, применяется в таком устройстве для соединения и разъединения коммутируемых контактов. В качестве активатора в системах с постоянным током применяется транзистор, в системах с переменным током – симистор или тиристор.

Выделите в схеме триггер.

2. Выполните для каждой схемы следующие задания:

- а) запишите название триггера,
- б) составьте таблицу изменений состояний в зависимости от входных сигналов, активные сигналы обозначайте стрелкой (\uparrow - высокий уровень – логическая единица, \downarrow - низкий уровень – логический ноль),
- в) определите тип входа (R или S), укажите эти обозначения в таблице и обозначьте на схеме (для карт П-1 и П-2),
- г) обозначьте режимы работы триггера,
- д) составьте временную диаграмму состояний триггера.

П-1



Принципиальная схема САР напряжения генератора

Вибрационные и контактно-транзисторные регуляторы представляют лишь исторический интерес.

Принцип работы электронного транзисторного регулятора напряжения рассмотрим на примере простейшей схемы, близкой к отечественному регулятору напряжения Я112А1 и регулятору EE14V3 фирмы BOSCH.

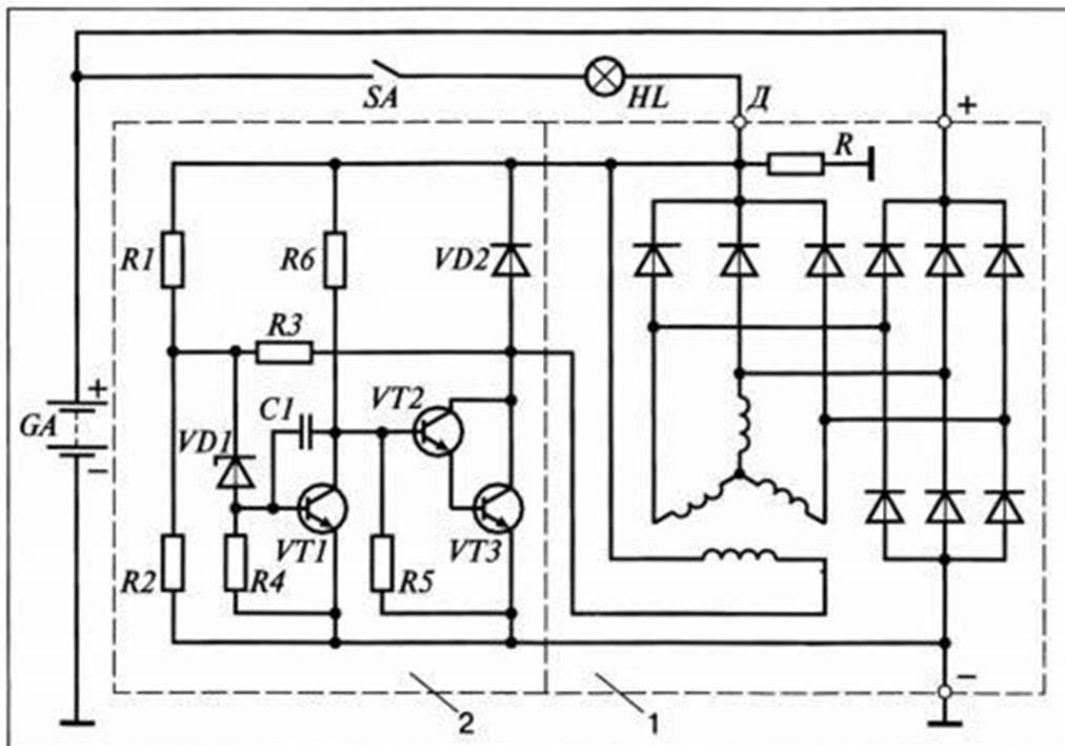


Рис. 2. Схema электронного транзисторного регулятора напряжения:

1 – генератор; 2 – регулятор

Напряжение к стабилитрону VD1 подводится от выхода генератора Д через делитель напряжения на резисторах R1, R2. Пока напряжение генератора невелико, и на стабилитроне оно ниже напряжения стабилизации, стабилитрон закрыт, ток через него, а, следовательно, и в базовой цепи транзистора VT1 не протекает, транзистор VT1 закрыт. В этом случае ток через резистор R6 от вывода Д поступает в базовую цепь транзистора VT2, он открывается, через его переход эмиттер-коллектор начинает протекать ток в базе транзистора VT3, который открывается тоже. При этом обмотка возбуждения генератора оказывается через переход эмиттер-коллектор VT3 подключена к цепи питания.

Соединение транзисторов VT2, VT3, при котором их коллекторные выводы объединены, а питание базовой цепи одного транзистора производится от эмиттера другого, называется схемой Дарлингтона. При таком соединении оба транзистора могут рассматриваться как один составной транзистор с большим коэффициентом усиления. Обычно такой транзистор и выполняется на одном кристалле кремния.

Если напряжение генератора возросло, например, из-за увеличения частоты вращения его ротора, то возрастает и напряжение на стабилитроне VD1. При достижении этим напряжением величины напряжения стабилизации стабилитрон VD1 пробивается, ток через него начинает поступать в базовую цепь транзистора VT1, который открывается и своим переходом эмиттер-коллектор закорачивает вывод базы составного транзистора VT2, VT3 на «массу». Составной транзистор закрывается, разрывая цепь питания обмотки возбуждения. Ток возбуждения спадает, уменьшается напряжение генератора, закрываются стабилитрон VD2, транзистор VT1, открывается составной транзистор VT2, VT3, обмотка возбуждения вновь включается в цепь питания, напряжение генератора возрастает и т.д., процесс повторяется.