Департамент образования Ивановской области
областное государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
«Шуйский технологический колледж»
155901 г. Шуя, Ивановская обл., Учебный городок, 1
☎ (49351) 4-70-81 www.prof4.ru ✉ liceyshuya@mail.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

для обучаюшихся

по выполнению практических и лабораторных работ

по учебной дисциплине

ОП.04 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

Пояснительная записка

Методические рекомендации по выполнению практических и лабораторных работ составлены в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ОП.04 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА предназначены для обучающихся и являются частью основной образовательной программы по специальности 35.02.16 Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования.

Лабораторных работ – 14 часов;

Практических работ – 6 часов.

Лабораторная работа № 1. Исследование неразветвленной цепи постоянного тока и разветвленной цепи постоянного тока (2часа).

Цель работы: Проверка влияния нагрузки линии электропередач и сопротивления ее проводов на величину потери напряжения.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомится со схемой электрической цепи, записать технические данные приборов.
2. Изменяя сопротивление реостата получить значения тока для каждой ЛЭП. Для этих значений измерить напряжение в начале и конце линии. Данные замеров записать в таблицу.
3. Определить потерю напряжения, по расчетным формулам.
4. Вычислить для каждой нагрузки сопротивление линии, мощность потерь, удельную проводимость и кпд линии.
5. Результаты измерений и расчетов записать в таблицу.
6. По средне-арифметическим значениям определить материал проводов ЛЭП.
   Отчет по работе должен содержать:
   а) наименование работы и цель работы;
   б) схемы экспериментов;
   в) таблицы полученных экспериментальных данных;
   г) результаты расчетов;
   д) выводы по работе.

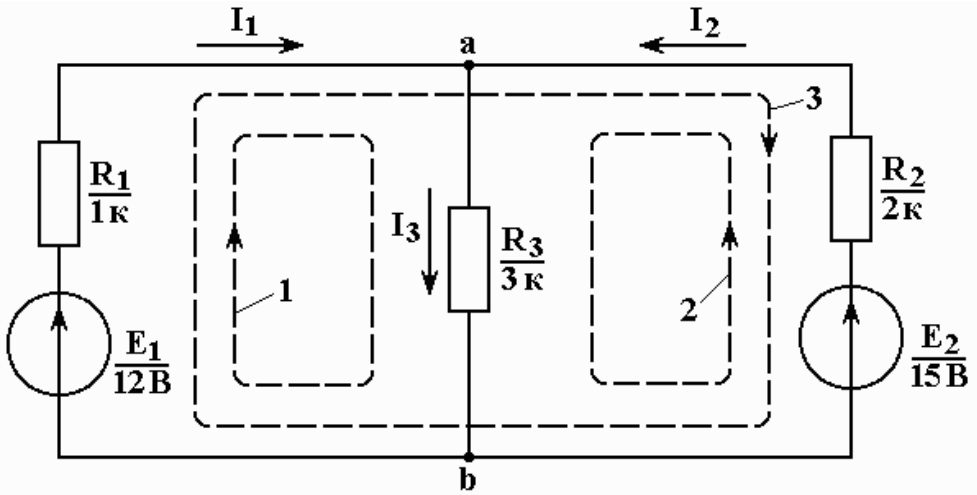
Контрольные вопросы:

1. Что называют потерей напряжения? От чего она зависит?
2. Напишите формулу для определения необходимого сечения провода сети при заданной потере напряжения.
3. От чего зависит мощность потерь в проводах?
4. От чего зависит кпд электрической сети?

Практическое занятие № 1. Расчет и анализ режимов электрических цепей постоянного тока (2 часа)

Цель работы: Проанализировать схему замещения цепи постоянного тока и закрепить навык применения законов Кирхгофа.

Произвести расчет цепи, содержащей P = 2 узла и Q = 3 ветви, то есть N = Q –(P–1) = 3–2+1 = 2 независимых контура



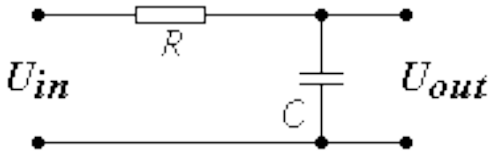
Отчет по работе должен содержать:
а) наименование работы и цель работы;
б) схему
в) результаты расчетов;
г) выводы по работе.

Практическое занятие № 2. Расчет и анализ цепей несинусоидального тока. (2 часа)

Цель: рассмотреть и проанализировать на основании расчета цепь несинусоидального тока.

Теоретическая часть.

Интегрирующая RC-цепь. Рассмотрим электрическую цепь из резистора сопротивлением R и конденсатора ёмкостью C, представленную на рисунке.



Элементы R и C соединены последовательно, значит, ток в их цепи можно выразить, исходя из производной напряжения заряда конденсатора dQ/dt = C(dU/dt) и закона Ома U/R. Напряжение на выводах резистора обозначим UR.

Тогда будет иметь место равенство: $I = C\dfrac{d(U_{out})}{dt} = \dfrac{U_R}{R}$ или $d(U_{out}) = \dfrac{U_R\,dt}{RC}$

Проинтегрируем последнее выражение $\int d(U_{out}) = \int \dfrac{U_R\,dt}{RC}$. Интеграл левой части уравнения будет равен U_{out} + *Const* . Перенесём постоянную составляющую *Const* в правую часть с тем же знаком.

В правой части постоянную времени *RC* вынесем за знак интеграла:

$$U_{out} = \frac{1}{RC}\int U_R\,dt + Const.$$

В итоге получилось, что выходное напряжение U_{out} прямо-пропорционально интегралу напряжения на выводах резистора, следовательно, и входному току I_{in}. Постоянная составляющая *Const* не зависит от номиналов элементов цепи. Чтобы обеспечить прямую пропорциональную зависимость выходного напряжения U_{out} от интеграла входного U_{in}, необходима пропорциональность входного напряжения от входного тока. Нелинейное соотношение U_{in}/I_{in} во входной цепи вызвано тем, что заряд и разряд конденсатора происходит по экспоненте $e^{-t/\tau}$, которая наиболее нелинейна при $t/\tau \geq 1$, то есть, когда значение *t* соизмеримо или больше τ. Здесь *t* - время заряда или разряда конденсатора в пределах периода. τ = RC - постоянная времени - произведение величин R и C.

Если взять номиналы *RC* цепи, когда τ будет значительно больше *t*, тогда начальный участок экспоненты для короткого периода (относительно τ) может быть достаточно линейным, что обеспечит необходимую пропорциональность между входным напряжением и током.

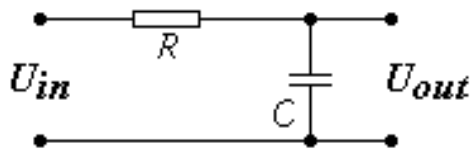
Для простой цепи *RC* постоянную времени обычно берут на 1-2 порядка больше периода переменного входного сигнала, тогда основная и значительная часть входного напряжения будет падать на выводах резистора, обеспечивая в достаточной степени линейную зависимость $U_{in}/I_{in} \approx R$.

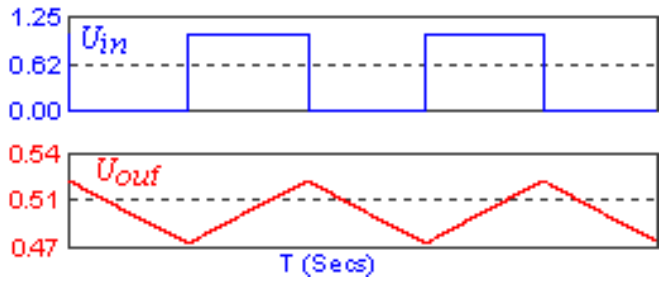
В таком случае выходное напряжение U_{out} будет с допустимой погрешностью пропорционально интегралу входного U_{in}.

Чем больше величины номиналов *RC*, тем меньше переменная составляющая на выходе, тем более точной будет кривая функции.

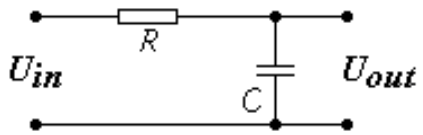
В большинстве случаев, переменная составляющая интеграла не требуется при использовании таких цепей, нужна только постоянная *Const*, тогда номиналы *RC* можно выбирать по возможности большими, но с учётом входного сопротивления следующего каскада.

В качестве примера, сигнал с генератора - положительный меандр 1V периодом 2 mS подадим на вход простой интегрирующей цепи *RC* с номиналами: *R* = 10 kOhm, *C* = 1 uF. Тогда $\tau = RC$ = 10 mS.

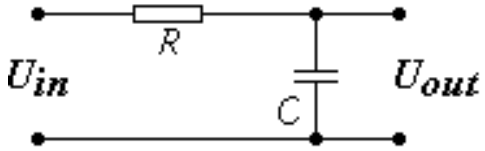


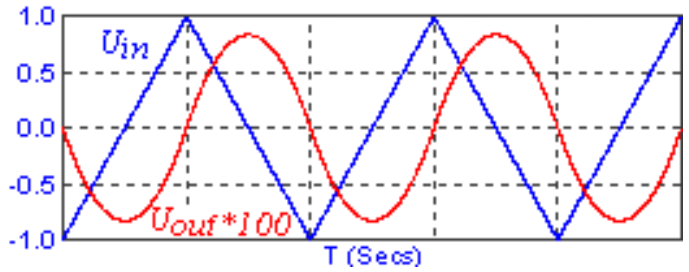


В данном случае постоянная времени лишь в пять раз больше времени периода, но визуально интегрирование прослеживается в достаточной степени точно.
График показывает, что выходное напряжение на уровне постоянной составляющей 0.5в будет треугольной формы, потому как участки, не меняющиеся во времени, для интеграла будут константой (обозначим её *a*), а интеграл константы будет линейной функцией. $\int adx = ax + Const$. Величина константы *a* определит тангенса угла наклона линейной функции.
Проинтегрируем синусоиду, получим косинус с обратным знаком $\int sinxdx = -cosx + Const$. В данном случае постоянная составляющая *Const* = 0.



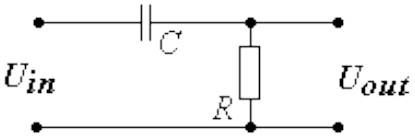
Если подать на вход сигнал треугольной формы, на выходе будет синусоидальное напряжение.



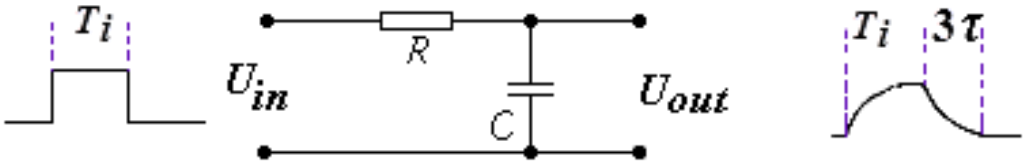


Интеграл линейного участка функции - парабола. В простейшем варианте $\int xdx = x^2/2 + Const$. Знак множителя определит направление параболы.
Недостаток простейшей цепочки в том, что переменная составляющая на выходе получается очень маленькой относительно входного напряжения. интегрирование выполняется тем лучше, чем больше постоянная времени цепи.

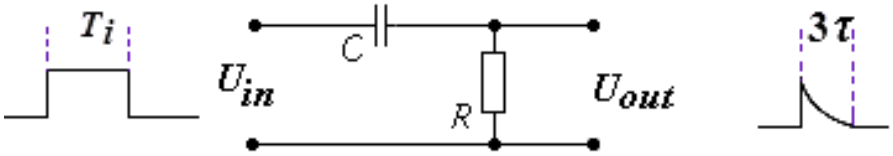
Дифференцирующая RC-цепь. Для простейшей дифференцирующей цепочки RC из двух элементов используем пропорциональную зависимость выходного напряжения от производной напряжения на выводах конденсатора. Uout = RC(dUC /dt). Если взять номиналы элементов RC, чтобы постоянная времени была на 1-2 порядка меньше длины периода, тогда отношение приращения входного напряжения к приращению времени в пределах периода может определять скорость изменения входного напряжения в определённой степени точно. В идеале это приращение должно стремиться к нулю. В таком случае основная часть входного напряжения будет падать на выводах конденсатора, а выходное будет составлять незначительную часть от входного, поэтому для вычислений производной такие схемы практически не используются. Наиболее часто дифференцирующие и интегрирующие цепи RC применяют для изменения длины импульса в



логических и цифровых устройствах. В таких случаях номиналы RC рассчитывают по экспоненте e-t/RC исходя из длины импульса в периоде и требуемых изменений. Например, ниже на рисунке показано, что длина импульса Ti на выходе интегрирующей цепочки увеличится на время 3τ. Это время разряда конденсатора до 5% амплитудного значения.



На выходе дифференцирующей цепи амплитудное напряжение после подачи импульса появляется мгновенно, так как на выводах разряженного конденсатора оно равно нулю. Далее следует процесс заряда и напряжение на выводах резистора убывает. За время 3τ оно уменьшится до 5% амплитудного значения.



Здесь 5% - величина показательная. В практических расчётах этот порог определится входными параметрами применяемых логических элементов. При условии $\frac{du_{вых}}{dt} << \frac{1}{CR}u_{вых}$, (1) имеем приближенное равенство $u_{вых} \approx CR\frac{du_{вх}}{dt}$, т.е. схема в этом случае приближенно выполняет операцию дифференцирования. Если же имеет место противоположное неравенство, т.е. $\frac{du_{вых}}{dt} >> \frac{1}{CR}u_{вых}$, (2) получаем приближенное равенство вида $u_{вых} \approx u_{вх}$, т.е. цепочка в этом случае приближенно повторяет сигнал.

Условие (1) характеризует медленное изменение напряжения, а условие (2) – быстрое, т.е схема хорошо дифференцирует медленные функции, плохо быстрые. Из выражения (1) видно, что условие лучше выполняется при малой величине произведения CR, называемой постоянной времени.

Порядок выполнения работы

1 Вычислить постоянную времени по расчетным данным, выданным преподавателем.

2 По результатам расчета проанализировать характер несинусоидальности цепи.

Лабораторная работа № 2. Исследование трехфазной цепи, соединенной звездой, и трехфазной цепи, соединенной треугольником (2 часа)

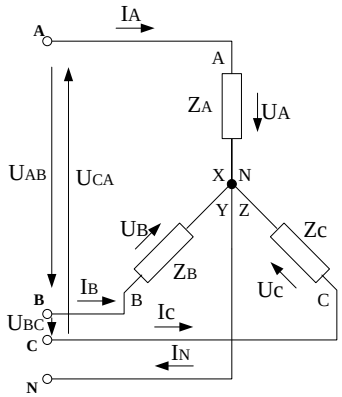


Рис. 2. 1 Схема соединения приемников фаз звездой

Цель работы. Изучить особенности трехфазных систем при соединении потребителей энергии звездой и треугольником.

Теоретическая часть

При соединении приемников звездой (рис. 2. 1) фазные напряжения приемника U_A, U_B, U_C не равны линейным напряжениям U_{AB}, U_{BC} и U_{CA}. Эти напряжения связаны между собой векторными соотношениями: $U_{AB}= U_A – U_B$, $U_{BC}= U_B – U_C$, $U_{CA}= U_C – U_A$.

При симметрии соответственно линейных и фазных напряжений существует зависимость $U_Л = \sqrt{3}U_Ф$. Из схемы видно, что линейные токи равны соответствующим фазным токам: $I_Л = I_Ф$. Фазный ток $I_Ф$ не зависит от фазного напряжения $U_Ф$ на зажимах приемника и его полного сопротивления $Z_Ф$, что следует из формулы

$I_Ф = U_Ф/Z_Ф$. Ток в нейтральном проводе $I_N = I_A+I_B+I_C$.

Нагрузку называют *симметричной*, если полные сопротивления Z_A, Z_B, Z_C приемников одинаковые, т. е. $Z_A=Z_B=Z_C=Z_Ф$, и сдвиги фаз равны между собой $\varphi_A= \varphi_B= \varphi_C= \varphi$. При симметричной нагрузке (рис.2. 2) фазные напряжения U_A, U_B, U_C одинаковы, фазные токи равны между собой : $I_Ф=U_Ф/ Z_Ф$, сдвиги фаз между напряжениями и токами U_A и I_A, U_B и I_B, U_C и I_C одинаковы и находятся по формуле: $\varphi=arctg\ (x_ф / R_Ф)$, где $x_ф$ - реактивные сопротивления фазы нагрузки; $R_Ф$ – ее активное сопротивление. Ток в нейтральном проводе при симметричной нагрузке равен: $I_N=I_A+I_B+I_C=0$. Отсюда следует, что при симметричной нагрузке нейтральный провод не нужен.

Активная мощность трехфазного приемника может быть выражена так: $P=3P_Ф=3U_ФI_Ф \cos \varphi_ф$ или $P = \sqrt{3}U_Л I_Л \cos\varphi_Ф$

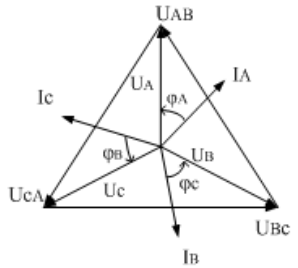


Рис. 2. 2 Векторная диаграмма при соединении приемника звездой в случае симметричной нагрузки

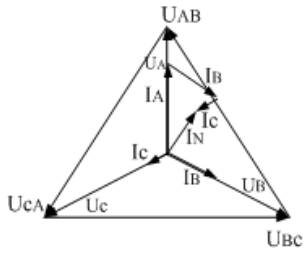


Рис. 2. 3 Векторная диаграмма при соединении приемника звездой в случае несимметричной нагрузки и при наличии нейтрального провода

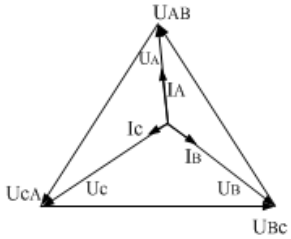


Рис. 2. 4 Векторная диаграмма при соединении приемника звездой в случае несимметричной нагрузки и обрыве нейтрального провода

Если $Z_A \neq Z_B \neq Z_C$ или $\varphi_A\neq\varphi_B\neq\varphi_C$, либо два этих условия выполняются вместе, то нагрузка будет *несимметричной*. При несимметричной нагрузке и наличии нейтрального провода (рис. 2. 3) фазные напряжения приемников практически одинаковы $U_A \approx U_B \approx U_C \approx U_Ф$, а в нейтральном проводе возникает ток $I_N \neq 0$, который можно определить графически исходя из векторного уравнения $I_N = I_A+I_B+I_C$.

Особенностью электрической цепи при несимметричной нагрузке является то, что она должна обязательно иметь нейтральный провод. При обрыве нейтрального провода (рис. 2. 4) ток $I_N = 0$. В этом случае токи I_A, I_B, I_C должны измениться так, чтобы их векторная сумма оказалась равной нулю: $I_A+I_B+I_C = 0$. При заданных сопротивления нагрузки токи могут измениться только за счет изменения фазных напряжений. Следовательно, обрыв нейтрального провода в общем случае приводит к изменению фазных напряжений. В результате приемники оказываются под напряжениями, отличающимися от номинального значения фазного напряжения, что недопустимо.

Для несимметричной нагрузки активная мощность всех фаз определяется по формуле:

$P = P_A+P_B+P_C$.

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую схему, под руководством преподавателя
2. После проверки преподавателем собранной схемы, установить симметричную нагрузку

(добиться, чтобы показания амперметров в фазах А, В, С были одинаковы). Измерить вольтметром фазные U_A, U_B, U_C и линейные U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} напряжения на зажимах потребителя. Записать показания приборов в таблицу.
3. По представленным формулам произвести расчеты.

Рисунок. Схема электрическая принципиальная

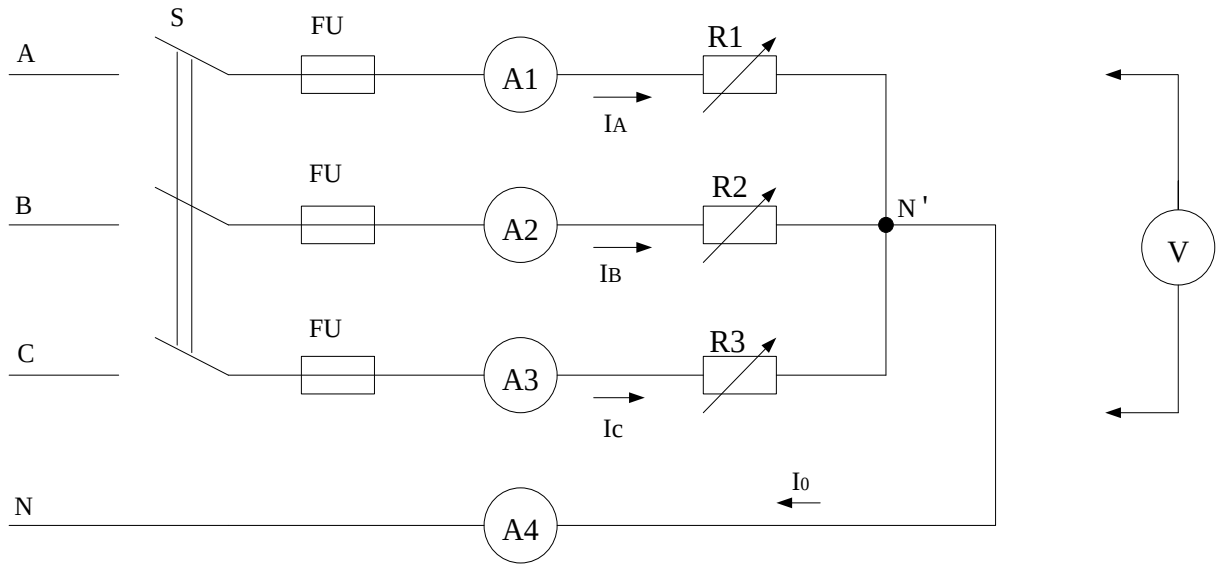


Таблица. Результаты измерений и вычислений

№	Вид нагрузки	ИЗМЕРЕНО											ВЫЧИСЛЕНО				
		I_A	I_B	I_C	I_0	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_A	U_B	U_C	U_0	P_A	P_B	P_C	P	$3P_Ф$
		А	А	А	А	В	В	В	В	В	В	В	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт
1	Симметричная																

Вычисления

1. Мощность фазы $P_ф=I_ф \cdot U_ф \cdot \cos\varphi$; $\cos\varphi=1$

2. Полная мощность, потребляемая нагрузкой, $P=P_A+P_B+P_C$.

3. Убедиться, что при симметричной нагрузке $P = 3P_Ф = \sqrt{3}I_Л \cdot U_Л \cdot \cos\varphi$

Выводы

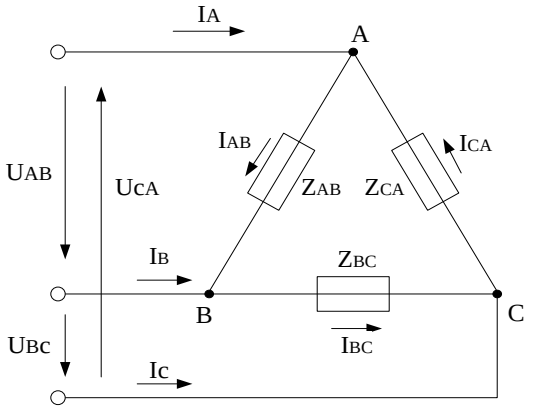


Рис. 2. 1

Теоретическая часть

Каждая фаза приемника при соединении треугольником (рис. 2. 1) подключена к двум линейным проводам. Поэтому независимо от значения и характера сопротивлений приемника каждое фазное напряжение равно соответствующему линейному напряжению $U_Ф=U_Л$

Ток каждого приемника, входящего в соединение, является фазным: $I_Ф=U_Ф/Z_Ф$, где $U_Ф$ – фазное напряжение данного приемника; $Z_Ф$ – его полное

сопротивление.

Фазные токи I_{AB}, I_{BC} и I_{CA} в общем случае не равны линейным токам I_A, I_B, I_C. Между линейными и фазными токами существует соотношение:

$$I_A = I_{AB} - I_{CA},\ I_B = I_{BC} - I_{AB},\ I_C = I_{CA} - I_{BC}$$

Нагрузку называют *с и м м е т р и ч н о й* , если сопротивления Z_{AB}, Z_{BC}, Z_{CA} приемников одинаковые, т. е. $Z_A=Z_B=Z_C=Z_Ф$, и сдвиги фаз равны между собой $\varphi_{AB}=\varphi_{BC}=\varphi_{CA}=\varphi$. При симметричной нагрузке (рис.2. 2) фазные напряжения U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} одинаковы, фазные токи равны между собой , сдвиги фаз между напряжениями и токами U_{AB} и I_{AB}, U_{BC} и I_{BC}, U_{CA} и I_{CA} одинаковы и находятся по формуле: $\varphi = arctg\ (x_ф / R_Ф)$, где $x_ф$ - реактивное сопротивление фазных нагрузок; $R_Ф$ – ее активное сопротивление. При симметричной нагрузке равные линейные токи отстают от соответствующих фазных токов на $\pi/6$ и превышают их в $\sqrt{3}$ раз, т. е. $I_Л = \sqrt{3} I_Ф$.

Если $Z_{AB} \neq Z_{BC} \neq Z_{CA}$ или $\varphi_{AB} \neq \varphi_{BC} \neq \varphi_{CA}$, либо два этих условия выполняются вместе, то нагрузка будет *н е с и м м е т р и ч н о й* (рис. 2. 3) .Всякое изменение нагрузки одной из фаз при соединении приемников треугольником вызывает одновременное изменение соответствующих фазного и двух линейных токов, однако не влияет на фазные напряжения и токи других фаз, а

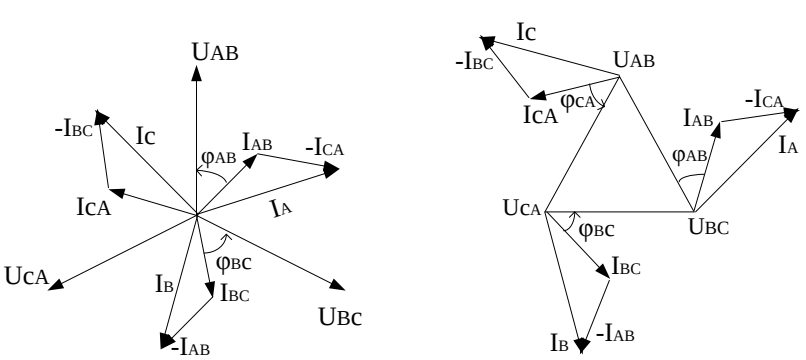


Рис. 2. 2 Векторные диаграммы при соединении приемника треугольником в случае симметричной (равномерной) нагрузки

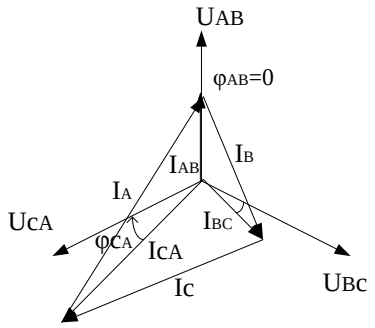


Рис. 2. 3. Векторная диаграмма фазных и линейных напряжений и токов при соединении приемника треугольником в случае неравномерной нагрузки

также на третий линейный ток.

1. Определить для всех случаев фазные мощности и мощность всей трехфазной цепи. При равномерной нагрузке убедиться, что:

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{AC} = \sqrt{3} U_Л I_Л \cos\varphi$$

(В данном случае при активной нагрузке фаз cos φ=1). Записать данные расчетов в таблицу.

Рисунок. Схема электрическая принципиальная

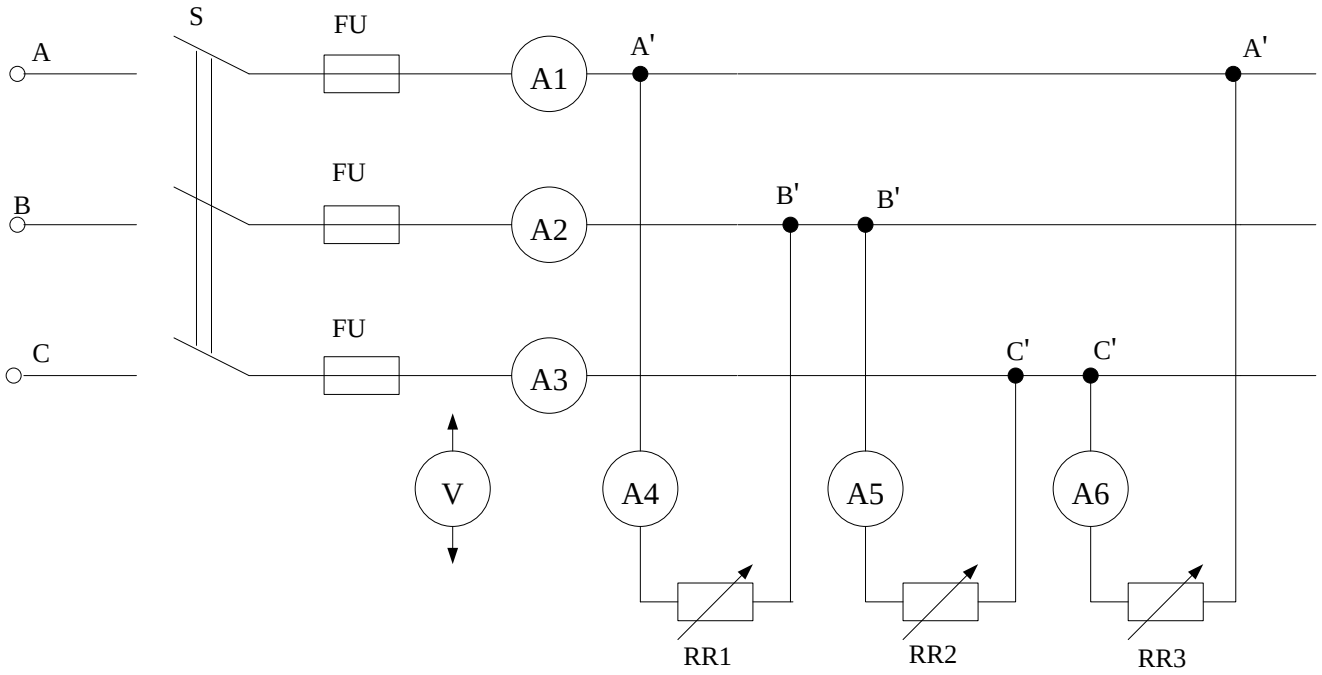


Таблица . Результаты измерений и вычислений

№	Вид нагрузки	ИЗМЕРЕНО									ВЫЧИСЛЕНО			
		I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}	I_A	I_B	I_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	P_{AB}	P_{BC}	P_{CA}	P
		А	А	А	А	А	А	В	В	В	Вт	Вт	Вт	Вт
1	Равномерная													

Вычисления

1. $P_{AB}=I_{AB}U_{AB}$ $P_{BC}=I_{BC}U_{BC}$ $P_{CA}=I_{CA}U_{CA}$

2. $P=P_{AB}+P_{BC}+P_{CA}$.

Выводы

Практическое занятие № 3. Расчет трехфазных цепей

Цель работы: Закрепить навык расчета трехфазной цепи.

Теоретическая часть.

Многофазный приемник и вообще многофазная цепь называются **симметричными,** если в них комплексные сопротивления соответствующих фаз одинаковы, т.е. если $\underline{Z}_A = \underline{Z}_B = \underline{Z}_C$. В противном случае они являются **несимметричными.** Равенство модулей указанных сопротивлений не является достаточным условием симметрии цепи. Так, например трехфазный приемник на рис. 1,а является симметричным, а на рис. 1,б – нет даже при условии: $R = X_L = X_C$.

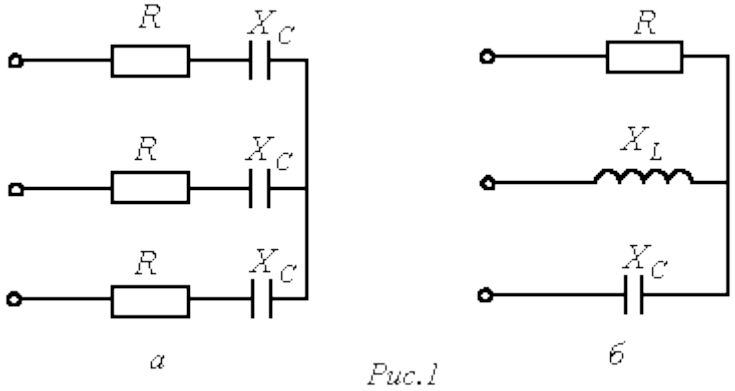


Рис.1

Если к симметричной трехфазной цепи приложена симметричная трехфазная система напряжений генератора, то в ней будет иметь место симметричная система токов. Такой режим работы трехфазной цепи называется **симметричным.** В этом режиме токи и напряжения соответствующих фаз равны по модулю и сдвинуты по фазе друг по отношению к другу на угол $\pm 2\pi/3$. Вследствие указанного расчет таких цепей проводится для одной – **базовой** – фазы, в качестве которой обычно принимают фазу А. При этом соответствующие величины в других фазах получают формальным добавлением к аргументу переменной фазы А фазового сдвига $\pm 2\pi/3$ при сохранении неизменным ее модуля.

Так для симметричного режима работы цепи на рис. 2,а при известных линейном напряжении и сопротивлениях фаз $\underline{Z}_{AB} = \underline{Z}_{BC} = \underline{Z}_{CA} = \underline{Z}$ можно записать

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{\underline{Z}} = Ie^{j\varphi},$$

где φ определяется характером нагрузки $\underline{Z}$.

Тогда на основании вышесказанного

$$\dot{I}_{BC} = \dot{I}_{AB}e^{-j120^0} = Ie^{j(\varphi-120^0)};$$

$$\dot{I}_{CA} = \dot{I}_{AB}e^{j120^0} = Ie^{j(\varphi+120^0)}.$$

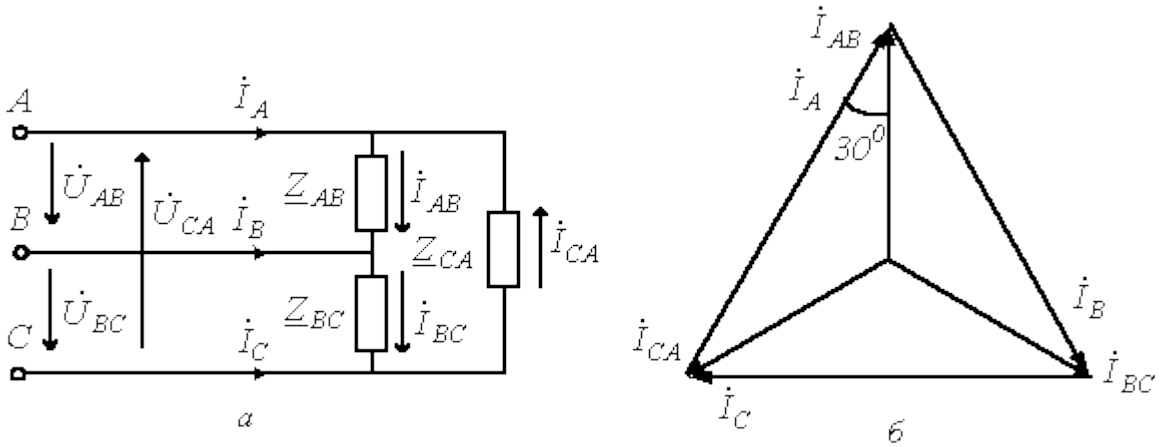


Рис.2

Комплексы линейных токов можно найти с использованием векторной диаграммы на рис. 2,б, из которой вытекает:

$$\dot{I}_A = \sqrt{3}\dot{I}_{AB}e^{-j30^0} = \sqrt{3}Ie^{j(\varphi-30^0)};$$
$$\dot{I}_B = \dot{I}_A e^{-j120^0} = \sqrt{3}Ie^{j(\varphi-150^0)};$$
$$\dot{I}_C = \dot{I}_A e^{j120^0} = \sqrt{3}Ie^{j(\varphi+90^0)}.$$

При анализе сложных схем, работающих в симметричном режиме, расчет осуществляется с помощью двух основных приемов:

Все треугольники заменяются эквивалентными звездами. Поскольку треугольники симметричны, то в соответствии с формулами преобразования «треугольник-звезда» $\underline{Z}_{\perp} = Z_{\Delta}/3$.

Так как все исходные и вновь полученные звезды нагрузки симметричны, то потенциалы их нейтральных точек одинаковы. Следовательно, без изменения режима работы цепи их можно (мысленно) соединить нейтральным проводом. После этого из схемы выделяется базовая фаза (обычно фаза А), для которой и осуществляется расчет, по результатам которого определяются соответствующие величины в других фазах.

Пусть, например, при заданном фазном напряжении U_{Φ} необходимо определить линейные токи $\dot{I}_A, \dot{I}_B$ и $\dot{I}_C$ в схеме на рис. 3, все сопротивления в которой известны.

В соответствии с указанной методикой выделим расчетную фазу А, которая представлена на рис. 4. Здесь $\dot{E}_A = U_{\Phi}$, $\underline{Z}_4' = \underline{Z}_4/3;\ \underline{Z}_6' = \underline{Z}_6/3$.

Тогда для тока $\dot{I}_A$ можно записать

$$\dot{I}_A = \frac{U_{\Phi}}{\underline{Z}_1 + \dfrac{\underline{Z}_2\underline{Z}_3(\underline{Z}_4/3 + \underline{Z}_5 + \underline{Z}_6/3) + \underline{Z}_2\underline{Z}_4(\underline{Z}_5 + \underline{Z}_6/3)/3}{(\underline{Z}_2 + \underline{Z}_3)(\underline{Z}_4/3 + \underline{Z}_5 + \underline{Z}_6/3) + \underline{Z}_4(\underline{Z}_5 + \underline{Z}_6/3)/3}},$$

и соответственно $\dot{I}_B = \dot{I}_A e^{-j120^0};\ \dot{I}_C = \dot{I}_A e^{j120^0}$.

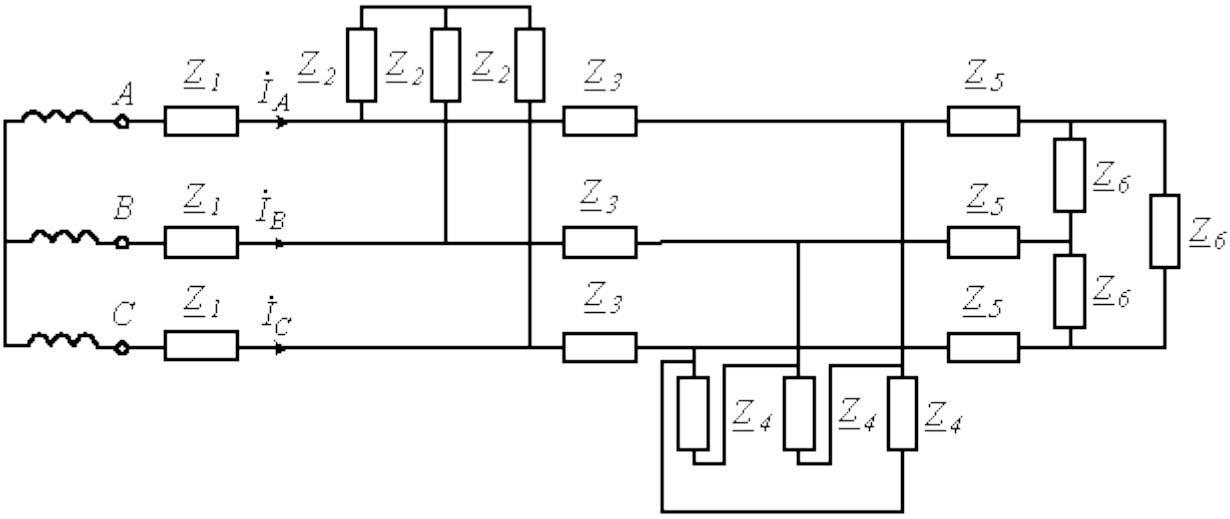


Рис. 3

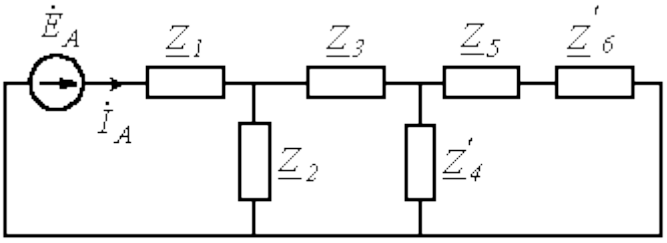


Рис. 4

Порядок выполнения работы:

1. Зафиксировать исходную для расчета схему в отчет.
2. Произвести расчет на основании данных, выданных преподавателем.
3. Построить векторную диаграмму на основании полученных данных.

Лабораторная работа № 3. Исследование однофазного трансформатора

Цель работы: ознакомиться с устройством, принципом действия, характеристиками и методами исследования трансформатора. Освоить практический расчет однофазного трансформатора.

Порядок расчета:
1. По заданной мощности определяем сечение сердечника трансформатора.
2. Определяем число витков на один вольт рабочего напряжения.
3. Определяем число витков первичной обмотки.
4. Определяем число витков вторичной обмотки.
5. Определить токи в обмотках трансформатора.
6. Определить сечение провода первичной и вторичной обмотки. Для сухих трансформаторов плотность тока принимают в пределах 2-3 А/мм2.
7. Определить диаметр обмоточного провода и выбрать по таблице стандартных сечений проводов необходимые значения для первичной обмотки и вторичной обмотки.

Отчет по работе должен содержать:
а) наименование работы и цель работы;
б) результаты расчетов;
в) выводы по работе.

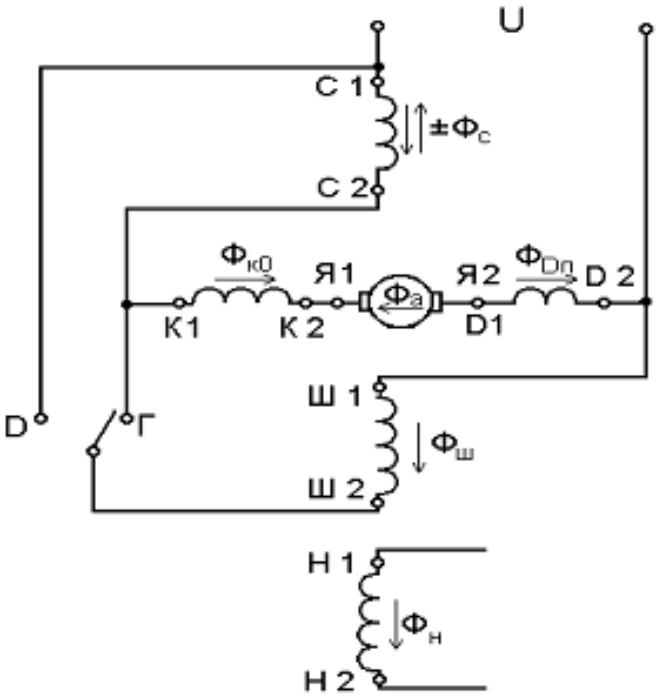
Лабораторная работа № 4. Исследование машины постоянного тока в режиме двигателя и в режиме генератора.(2 часа)

Цель работы: Провести анализ работы машины постоянного тока в режиме двигателя и в режиме генератора.

Любая электрическая машина обладает свойством обратимости, т.е. может работать в режиме генератора или двигателя. Машиной постоянного тока называется машина с механическим коллектором, предназначенная для преобразования механической энергии в электрическую энергию постоянного тока или электрической энергии постоянного тока в механическую энергию.

В первом случае машина работает в режиме генератора, во втором случае – в режиме двигателя. Машины постоянного тока нашли широкое применение, несмотря на то, что стоимость их выше, чем машин переменного тока. Это объясняется тем, что они обладают лучшими эксплуатационными характеристиками в отношении регулирования частоты вращения, пуска, реверса и допускают более высокие перегрузки по сравнению с машинами переменного тока в режиме двигателя, а также благодаря возможности экономично, плавно и в широких пределах регулировать напряжение, разнообразию рабочих характеристик – в режиме генератора.

Схема машины постоянного тока «общего вида», т. е. оснащенная всеми возможными обмотками, приведена на рисунке.



Машина постоянного тока, оснащенная всеми обмотками:

Н1Н2 – обмотка независимого возбуждения; Ш1Ш2 – обмотка параллельного возбуждения; С1С2 – обмотка последовательного возбуждения; К1К2 – компенсационная обмотка; D1D2 – обмотка добавочных полюсов; Я1Я2 – обмотка якоря; Г – режим генератора; D – режим двигателя

Порядок выполнения работы:

1 Произвести анализ работы машины постоянного тока в режиме двигателя и в режиме генератора.

2 Записать выводы в отчет.

3 Ответить на вопросы:

а) Что такое принцип обратимости?

б) В чем недостатки машин постоянного тока?

в) Применение машин постоянного тока?

Лабораторная работа № 5. Исследование трехфазного асинхронного двигателя (2 часа)

Цель работы: Освоить практический расчет асинхронного двигателя.

Задание для расчета: Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, работая в номинальном режиме потребляет из сети мощность P1 при номинальном напряжении U и номинальном токе I. полезная мощность на валу P2. Суммарные потери в двигателе равны ∑P; кпд. Коэффициент мощности двигателя равен cosF. Двигатель развивает на валу вращающий момент Мном при частоте вращения ротора nном. Максимальный и пусковой моменты двигателя соответственно равны Ммах и Мп; способность двигателя к перегрузке Ммах/Мном, кратность пускового момента Мп/Мном.

Синхронная частота вращения магнитного поля статора равна n1; скольжение ротора при номинальной нагрузке Sном; частота тока в сети f=50 Гц. Используя данные, приведенные в таблице 1, определить все величины, отмеченные прочерками в таблице вариантов.

Порядок расчета:

1. Используем приложение к инструкционной карте с расчетными формулами.
2. Определяем неизвестную величину из таблицы, для вычисления которой имеются все данные. Некоторые варианты заданий предлагают извлечь из формулы неизвестную величину.
3. Постепенно определяем все неизвестные величины.
4. Результат вычислений записываем в специальный бланк ответов для проверки преподавателем.

   Отчет по работе должен содержать:
   а) наименование работы и цель работы;
   б) результаты расчетов;
   в) выводы по работе.

Лабораторная работа № 6. Исследование выпрямителей. (2 часа)

Цель работы: изучение устройства и принципа действия полупроводниковых выпрямительного диода, стабилитрона и диодного тиристора.

Теоретическая часть.

Полупроводниковым диодом называют двухэлектродный полупроводниковый прибор, содержащий один электронно-дырочный *p-n* переход.

Вольт-амперная характеристика выпрямительного диода подобна характеристике, показанной на рис.2. Основным свойством такого диода является большое различие сопротивлений в прямом и обратном направлениях, что обуславливает его вентильные свойства, т.е. способность пропускать ток преимущественно в одном (прямом) направлении. Электрические параметры выпрямительного диода: максимально допустимый прямой ток, максимально допустимое обратное напряжение, межэлектродная емкость, сопротивление постоянному и переменному току.

Полупроводниковый стабилитрон – полупроводниковый диод, напряжение на котором в области электрического пробоя слабо зависит от тока, служит для стабилизации напряжения.

Вольт-амперная характеристика стабилитрона приведена на рис.3. Как видно, в области пробоя напряжение на стабилитроне $U_{ст}$ лишь незначительно изменяется при больших изменениях тока стабилизации $I_{ст}$.

Основные параметры стабилитрона: напряжение на участке стабилизации $U_{ст}$ (от 1 до 1000 В); динамическое сопротивление на участке стабилизации $R_д = dU_{ст} / dI_{ст}$ (от 0,5 до 200 Ом); минимальный ток стабилизации $I_{ст_{min}}$ (от 1 до 10 мА); максимальный ток стабилизации $I_{ст_{max}}$ (от 50 до 2000 мА); температурный коэффициент напряжения на участке стабилизации (от –0,05 до +0,2 % / °С).

К полупроводниковым диодам относятся: фотодиод, в котором в результате освещения *p-n*-перехода повышается обратный ток; светодиод, в котором в режиме прямого тока в зоне *p-n*-перехода возникает видимое или инфракрасное излучение; варикап, в котором используется зависимость емкости *p-n*-перехода от обратного напряжения, предназначен для применения с электрически управляемой емкостью.

Светодиоды находят применение для цифровой индикации в измерительных приборах, в наручных часах, микрокалькуляторах и других приборах. фотодиоды используются в солнечных батареях, применяемых на космических кораблях и в южных районах земного шара.

Условные графические обозначения полупроводниковых диодов представлены на рис.1

Рис.58. Условные графические обозначения полупроводниковых диодов: *а* – вентильного диода; *б* – стабилитрона; *в* – варикапа; *г* – фотодиода; *д* – светодиода

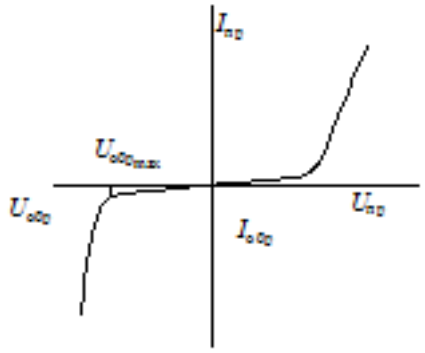


Рис 2. Вольт-амперная характеристика *p-n*-перехода

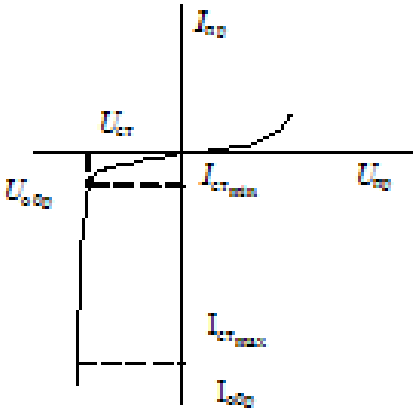


Рис.3. Вольт-амперная характеристика стабилитрона

Порядок выполнения работы:

1 Проанализировать работу и ВАХ диода, стабилитрона и диодного тиристора.

2 Записать выводы в отчет

Ответить на вопросы:

1 Что называют полупроводниковым диодом и стабилитроном.

2 Основное свойство диода.

3 Где используются диоды, стабилитроны, фотодиоды, светодиоды и варикапы.

Лабораторная работа № 7. Исследование усилителя напряжений на транзисторе

(2 часа)

Цель работы: Исследование коэффициента усиления по напряжению усилителя в схеме с общим эмиттером.

Теоретическая часть.

Наиболее распространенная схема предварительного каскада усиления на транзисторе представлена на рисунке 1. Входной сигнал поступает от источника напряжения, имеющего внутреннее сопротивление Rb.

Разделительные конденсаторы C1 и C2 служат для независимого создания режимов по постоянному току в последовательно включенных каскадах усилителя и связи их между собой по переменному току усиливаемого сигнала. Резисторы R1 и R2 являются базовым делителем, обеспечивающим постоянное напряжение на эмиттерном переходе рабочей точке. Резистор Rc предназначен для обеспечения режима по постоянному току в коллекторной цепи транзистора, а резистор Re – для эмиттерной стабилизации рабочей точки в диапазоне температур.

Сопротивление конденсатора Ce, служащего для шунтирования резистора в цепи эмиттера Re по переменному току на нижней частоте усиливаемого диапазона, должно быть значительно меньше сопротивления резистора Re. Так как с повышением частоты сопротивление конденсатора Ce уменьшается, можно считать, что напряжение эмиттера постоянно.

Переменные составляющие напряжений на входе и выходе противофазные, т.к. каскад усиления на транзисторе с ОЭ изменяет (инвертирует) фазу входного сигнала на противоположную.

Коэффициент усиления по напряжению определяется отношением амплитуд выходного синусоидального напряжения ко входному: $\mathbf{K_У = U_{ВЫХ} / U_{ВХ}}$

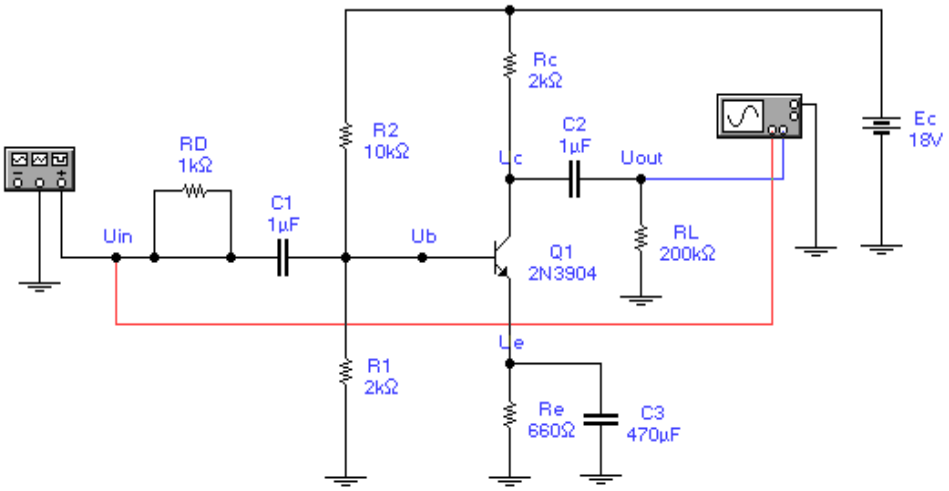


Рис 1. Схема усилительного каскада с ОЭ.

Порядок выполнения работы:

а. Зафиксировать в отчет схему.

б. Краткие выводы о работе схемы

в. Ответить на вопросы:

1. Как влияет значение сопротивления R1 рис.1 на режим работы транзистора?
2. Какую роль играет сопротивление Rэ в цепи эмиттера для стабильности работы схемы?
3. Как зависит коэффициент усиления каскада от величины сопротивления Rк?
4. Почему с уменьшением величины емкости Сэ усиление каскада уменьшается?