

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ**

по учебной дисциплине ОП.07 Электротехника и электроника

программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО

**15.02.06 Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт холодильно -
компрессорных и теплонасосных машин и установок (по отраслям)**
направленность – Техник по холодильно-вентиляционной технике и системам кондиционирования
воздуха

Бийск 2026

Оглавление

Аннотация	3стр
Практическая работа № 1 «Решение задач с применение закона Кулона»	4стр
Практическая работа № 2 «Расчет электрических цепей методом упрощения схем	7стр
Практическая работа № 3 «Решение задач с применением законов Кирхгофа»	11стр
Практическая работа № 4 «Расчет основных параметров магнитных цепей »	13стр
Практическая работа № 5 «Определение основных характеристик переменного тока»	17стр
Практическая работа № 6 «Устройство генератора постоянного тока»	21стр
Практическая работа № 7 «Устройство двигателя постоянного тока»	23стр
Лабораторная работа № 1 «Соединение транзисторов»	25стр
Лабораторная работа № 2 «Измерение силы тока, напряжения, сопротивления с помощью электроизмерительных приборов»	28стр
Список литературы	31стр

Работы носят практическую направленность. Они состоят из целей, порядка выполнения работ, методических указаний, контрольных вопросов. Исходя из целей практической работы, она может быть выполнена с условными обозначениями, схемами, рисунками. По окончании проделанной работы обязательно должен быть сделан вывод.

Практическая работа №1
Решение задач с применением закона Кулона

1. Цель работы

Освоить методику расчета с применением закона Кулона.

2. Порядок выполнения работы

2.1 Ответьте на вопросы

2.2 Начертите поле электрических зарядов, указав полюса зарядов (задание 6,9)

2.3 Определите силу взаимодействия между зарядами (задание 2-5)

3. Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) схемы ;
- г) результаты расчетов;
- д) выводы по работе.

1 вариант

Запишите формулу закона Кулона:

$F =$

1. Что можно определить с помощью закона Кулона?

Ответ: _____

2. Что произойдет с силой взаимодействия между двумя зарядами, если их из воздуха перенести в воду?

Ответ: _____ ; _____

3. Что произойдет с силой взаимодействия между двумя зарядами, если расстояние между ними увеличить в пять раз?

Ответ: _____

4. Величина одного заряда $2 \cdot 10^{-5}$ Кл, другого — $4 \cdot 10^{-4}$ Кл. Определите силу взаимодействия между ними, если они помещены в керосин ($\epsilon = 2$) на расстоянии 10 см.

Дано: _____

Решение: _____

Ответ: _____

5. Определите силу взаимодействия между двумя электрическими зарядами в

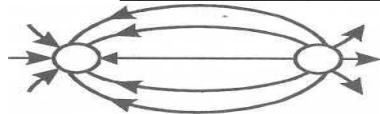
6. $5 \cdot 10^{-4}$ Кл и $12 \cdot 10^{-5}$ Кл, находящимися в дистиллированной воде ($\epsilon = 81$) на расстоянии 5 см друг от друга.

Дано: _____ — _____

Найти: _____

Решение: _____

Ответ: _____



7. Электрическое поле каких зарядов изображено на *рис. 1*?

Ответ: _____

Выберите правильный ответ:

8. Два заряда на расстоянии 10 см друг от друга помещены в керосин ($\epsilon = 2$). Как изменится сила взаимодействия этих зарядов в вакууме? (Взаимное расположение зарядов сохраняется).

а) увеличится в 2 раза;

б) не изменится;

г) уменьшится в 2 раза.

9. Расстояние между электрическими зарядами возросло в три раза. Как должны измениться величины зарядов q_1 и q_2 , чтобы сила взаимодействия между

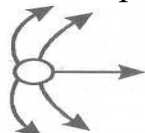
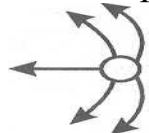
10. ними возросла в девять раз?

а) увеличится в три раза;

б) уменьшится в три раза;

в) увеличится в девять раз.

11. Электрическое поле каких зарядов изображено на *рис. 2*?



2 вариант

Запишите формулу закона Кулона:

$F =$

1. Что можно определить с помощью закона Кулона?

Ответ: _____

2. Что произойдет с силой взаимодействия между двумя зарядами, если их из воздуха перенести в керосин?

Ответ: _____ ; _____

3. Что произойдет с силой взаимодействия между двумя зарядами, если расстояние между ними уменьшить в три раза?

Ответ: _____

4. Величина одного заряда $2 \cdot 10^{-5}$ Кл, другого — $14 \cdot 10^{-4}$ Кл. Определите силу взаимодействия между ними, если они помещены в керосин ($\epsilon = 2$) на расстоянии 10 см.

Дано:

Решение: _____

Ответ: _____

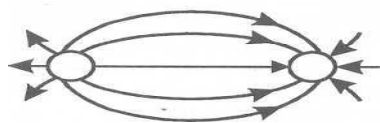
5. Определите силу взаимодействия между двумя электрическими зарядами в $5 \cdot 10^{-4}$ Кл и $12 \cdot 10^{-5}$ Кл, находящимися в дистиллированной воде ($\epsilon = 81$) на расстоянии 5 см друг от друга.

Дано: _____ —

Найти: _____

Решение: _____

Ответ: _____



Электрическое поле каких зарядов изображено на рис. 1?

Ответ: _____

Выберите правильный ответ:

Два заряда на расстоянии 20 см друг от друга помещены в керосин ($\epsilon = 2$). Как изменится сила взаимодействия этих зарядов в вакууме? (Взаимное расположение зарядов сохраняется).

а) увеличится в 2 раза;

б) не изменится;

г) уменьшится в 2 раза.

Расстояние между электрическими зарядами возросло в три раза. Как должны измениться величины зарядов q_1 и q_2 , чтобы сила взаимодействия между ними уменьшилась в девять раз?

а) увеличится в три раза;

б) уменьшится в три раза;

в) увеличится в девять раз.

Электрическое поле каких зарядов изображено на рис. 2?



Практическая работа №2

Расчет электрических цепей методом упрощения схем

1. Цель работы

Освоить методику расчета цепей постоянного тока методом упрощения схем.

2. Порядок выполнения работы

2.1 Начертить данные принципиальные схемы смешанных соединений.

2.2 Определить токи, сопротивления

2.3 Указать количество узлов, ветвей, контуров электрической схемы

3. Методические указания

В соответствии с методом упрощения (свертывания), отдельные участки схемы упростить постепенным преобразованием привести схему к одному общему сопротивлению, включенного к зажимам источника.

Схему упростить с помощью замены группы последовательного или параллельно соединенных сопротивлений одним, эквивалентным по сопротивлению.

Соединение в электрической цепи, при котором через все элементы протекает один и тот же ток, называется последовательным соединением. Эквивалентное сопротивление R_{Σ} последовательной цепи постоянного тока равно сумме сопротивлений отдельных участков: $R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$.

Напряжение на отдельном участке в соответствии с законом Ома пропорционально сопротивлению этого участка: $U_1 = I R_1$; $U_2 = I R_2$.

При параллельном соединении двух или нескольких элементов напряжение на них одно и то же, так как выводы этих элементов подключены к одним и тем же узлам. Токи в отдельных элементах определяются по закону Ома:

$$I_1 = U / R_1;$$

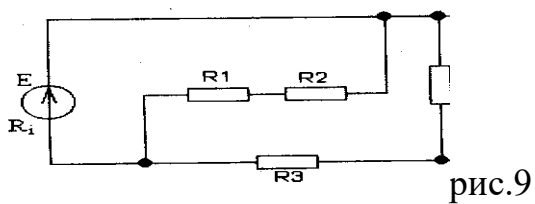
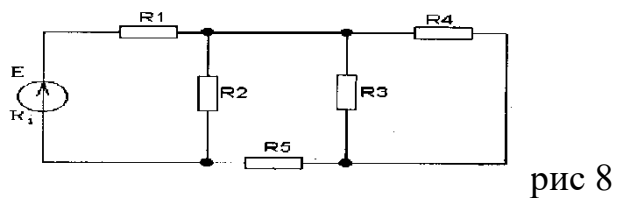
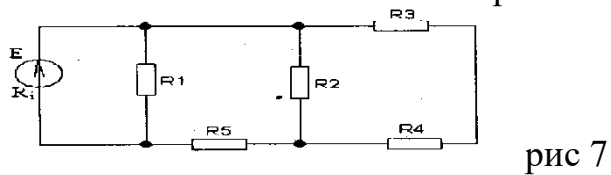
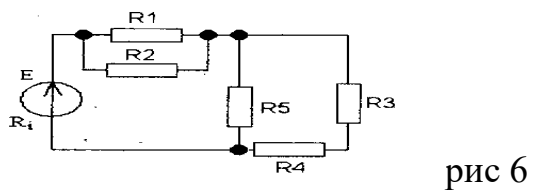
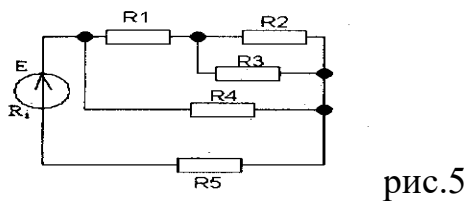
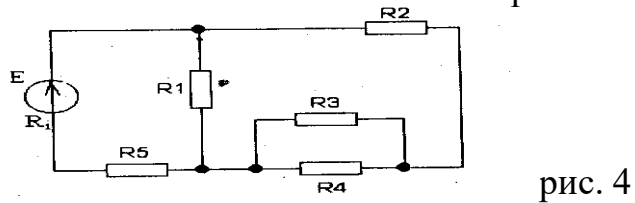
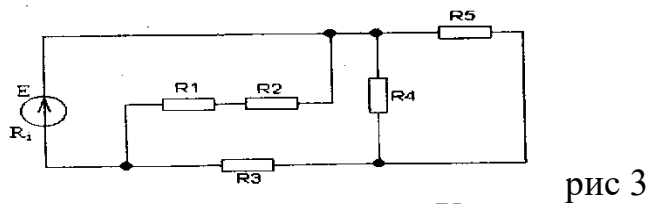
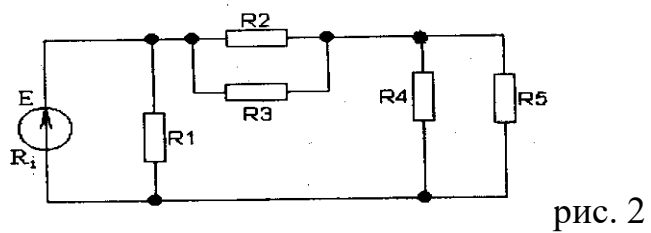
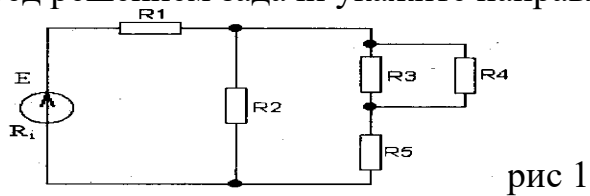
$$I_2 = U / R_2.$$

Проводимость параллельного соединения равна сумме проводимостей отдельных участков:

$$1/R_{\Sigma} = g_{\Sigma} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots = g_1 + g_2 + \dots$$

Схема упрощается с помощью замены группы последовательно или параллельно соединенных сопротивлений одним, эквивалентным по сопротивлению. Определяют ток в упрощенной схеме, затем возвращаются к исходной и определяют в ней токи

Перед решением задачи укажите направления токов на схеме и обозначьте их.



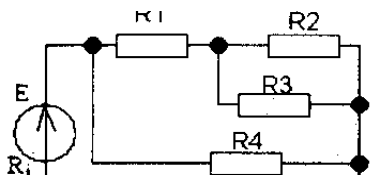


рис.10

Цепь постоянного тока состоит из смешанного соединения пяти(четырех) резисторов. В таблице 1 в строке, соответствующей номеру Вашего варианта, задан **номер** рисунка и исходные данные

Таблица 1

Вариант	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	$E(B)$
1	9	10	100	30	60	140
2	8	4	2	10	12	164
3	8	150	60	30	50	36
4	48	16	24	8	4	24
5	10	10	20	20	30	151
6	48	16	8	24	32	164
7	40	35	5	12	36	190
8	25	50	75	10	25	5
9	28	32	21	7		10
10	9	18	27	54		24

4.Указания к выполнению работы

Выполнения задания требует знания основных законов постоянного тока, производных формул этих законов и умение применить их для расчёта электрических цепей со смешанным соединением резисторов.

Методику и последовательность действий рассмотрим на конкретном примере. Задана схема цепи и значения сопротивлений резисторов:

$$R_1=30\text{Ом}$$

$$R_2=20\text{ Ом}$$

$$R_3=30\text{ Ом}$$

$$R_4=50\text{ Ом}$$

$$\text{И мощностью цепи } P=320\text{Вт}$$

Определить:

1. Эквивалентное сопротивление цепи . $R_{\text{экв}}$;
2. Токи, проходящие через каждый резистор решение проверить применяя первый закон Кирхгофа.

Порядок выполнения:

Дано:

$$R_1=30\text{Ом}$$

$$R_2=20\text{ Ом}$$

$$R_3=30\text{ Ом}$$

$$R_4=50\text{ Ом}$$

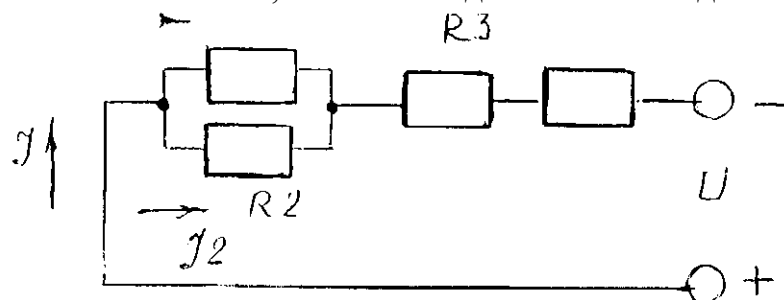
$$P=320\text{ Вт}$$

Найти: $R_{\text{экв}}$? I_1 ? I_2 ? I ?

3. Находим эквивалентное сопротивление для резисторов R_1 и R_2 , используем формулу для параллельного соединения резисторов.

4. Находим эквивалентное сопротивление всей цепи

$R_{\text{экв}} = R_{1-2} + R_3 + R_4$, т.к. они соединяемы последовательно.



5. Выпишем формулу мощности: $P =$, $I =$

6. Определим значения напряжения на параллельном соединении резисторов R_1, R_2 ; $U_{1,2} = I R_{1-2}$

7. Следовательно, зная напряжение на параллельном участке (R_1 и R_2) цепи можно найти токи ветвей по закону Ома:

$I_1 =$

$I_2 =$

Используя порядок выполнения, подставляя числовые значения, определяем все неизвестные к своему варианту.

5. Контрольные вопросы

1. Что такое «линейный элемент» в электрической цепи?
2. Привести примеры линейных элементов электрических цепей.
3. Как по показаниям амперметра и вольтметра можно определить величину сопротивления участка электрической цепи постоянного тока?
4. В каких единицах измеряются сила тока, напряжение и сопротивление?
5. Как определить величину эквивалентного сопротивления при параллельном соединении двух, трех сопротивлений?

6. Выводы к работе

Практическая работа №3

Решение задач с применением законов Кирхгофа

1. Цель работы

Освоить методику расчета цепей с применением законов Кирхгофа.

2. Порядок выполнения работы

2.1 Начертить данные принципиальные схемы смешанных соединений.

2.2 Определить токи и сопротивления используя законы Кирхгофа

2.3 Указать количество узлов, ветвей, контуров электрической схемы

3. Методические указания

Напряжение U на входе последовательной цепи постоянного тока в соответствии со вторым законом Кирхгофа равно сумме напряжений на отдельных участках:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n.$$

В соответствии с первым законом Кирхгофа (закон узлов) ток I в неразветвленной части цепи постоянного тока равен сумме токов всех параллельных ветвей:

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

Определите общее напряжение и все токи, протекающие в цепи. Перед решением задачи укажите направления токов на схеме и обозначьте их.

4. Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

а) наименование работы и цель работы;

б) схемы;

г) результаты расчетов;

д) выводы по работе.

Задание

1. Сформулируйте правила Кирхгофа:

В любом узле электрической цепи _____

В любом замкнутом электрическом контуре _____

2. Сколько узлов, ветвей и контуров имеет электрическая цепь, изображенная на рис. 1

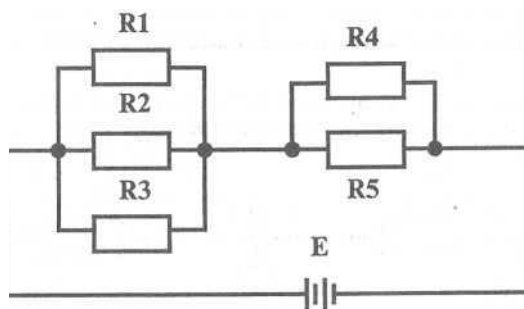


Рис.1

узлов —

ветвей —

контуров —

3. Напишите уравнение по 1-му правилу Кирхгофа для узла, изображенного на рис. 2.

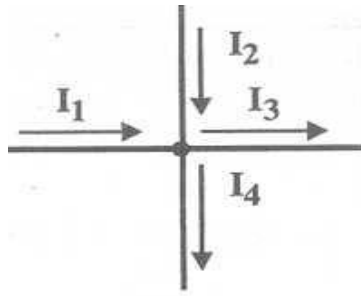


Рис.2

4.Нарисуйте электрический узел, для которого составлено уравнение по первому правилу Кирхгофа:

$$I_1 + I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

5.Напишите уравнения по 2-му правилу Кирхгофа для контуров “а—б—д—г” и “б—в—ж—д”, изображенных на рис.3.

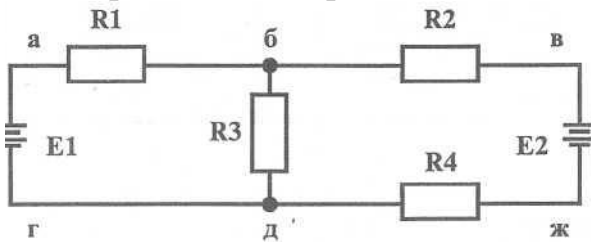


Рис.3

63.Определите ток в цепи, изображенной на рис. 13 по следующим данным: эдс генератора 36 В, внутреннее сопротивление его 0,5 Ом, эдс батареи 30 В, внутреннее сопротивление ее 0,2 Ом; сопротивление потребителя $R_1 = 1,5$ Ом.

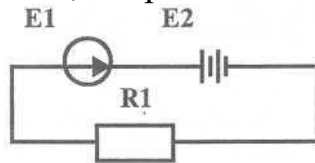


Рис. 13

Практическая работа №4

Расчет основных параметров магнитных цепей

1.Цель работы:

Определение основных параметров магнитных цепей

2. Порядок выполнения работы

2.1.Начертить электромагнит (рисунок 2)

2.2.Произвести расчеты и убедиться в соблюдении законов используя таблицу 1.1и таблицу 1.2

3. Указания к выполнению работы

Основанием к расчету магнитных цепей служат: первый закон Кирхгофа для магнитных цепей и закон полного тока – второй закон Кирхгофа для магнитных цепей.

Первый закон Кирхгофа для магнитных цепей гласит: алгебраическая сумма магнитных потоков в узле магнитной цепи равна нулю.

Задачи на расчет магнитной цепи могут быть двух видов: прямая задача на расчет магнитной цепи – когда задан поток и требуется рассчитать магнитодвижущую силу (м. д. с.) и обратная задача на расчет магнитной цепи – когда по заданной м. д. с. требуется рассчитать магнитный поток.

В обоих случаях должны быть известны геометрические размеры магнитной цепи и заданы кривые намагничивания ее материалов.

Единицы измерения магнитных величин

B – индукция магнитного поля, Тл (Тесла);

H – напряженность магнитного поля, А/м (Ампер/метр);

Φ – поток индукции магнитного поля, Вб (Вебер);

$F = I \cdot w$ – магнитодвижущая сила (м. д. с.), А (Ампер);

$U_M = H \cdot l$ – магнитное напряжение, А (Ампер!).

Константы

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнитная постоянная.

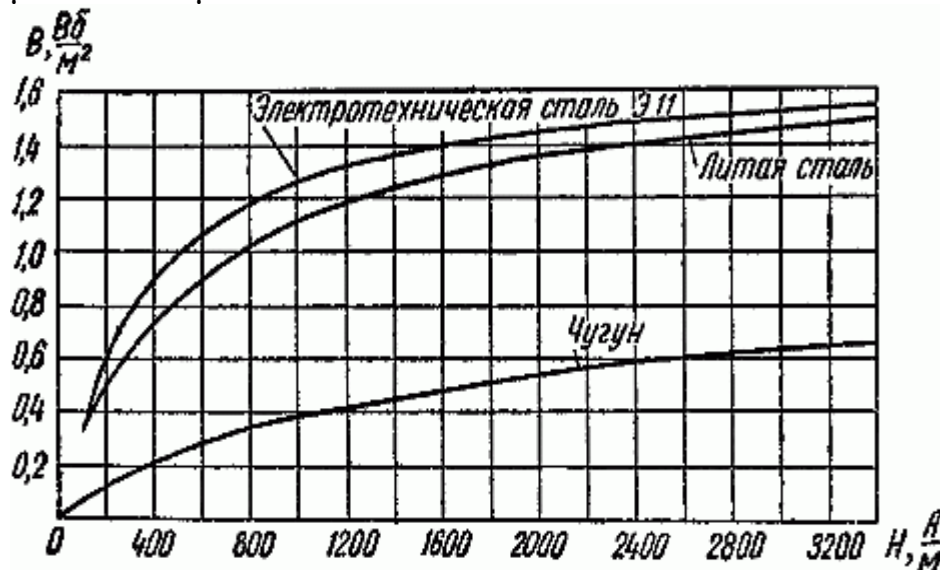


Рис. 1 Кривые намагничивания стали и чугуна

Таблица 1.1 Данные вариантов

№ варианта	$U_{2н}, В$	k	$Q_{ст}, м^2$	$B_l, Тл$
1	230	15	0,049	1,3
2	400	10	0,08	1,6
3	680	12	0,12	1,8
4	230	8	0,18	1,3

5	230	10	0,065	1,4
6	400	6	0,08	1,5
7	400	8	0,12	1,2
8	680	12	0,076	1,3
9	230	14	0,06	1,5
10	230	8	0,085	1,2

Таблица 1.2 Данные основной кривой намагничивания листовой электротехнической стали Э11

В, Вб/м ²	Н, А/м									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,4	140	143	146	149	152	155	158	161	164	167
0,5	171	175	179	183	187	191	195	199	203	207
0,6	211	216	221	226	231	236	241	246	251	256
0,7	261	266	271	276	281	287	293	299	306	312
0,8	318	324	330	337	344	352	360	369	378	387
0,9	397	407	417	427	437	447	458	469	480	491
1,0	502	514	527	541	555	570	585	600	615	631
1,1	647	664	682	701	720	739	759	779	800	821
1,2	843	866	891	918	946	976	1010	1040	1070	1100
1,3	1140	1180	1220	1260	1300	1340	1380	1430	1480	1530
1,4	1580	1640	1710	1780	1860	1950	2050	2150	2260	2380
1,5	2500	2640	2790	2950	3110	3280	3460	3660	3880	4120
1,6	4370	4630	4910	5220	5530	5880	6230	6600	6980	7370
1,7	7780	8200	8630	9070	9630	10100	10600	11100	11600	12200
1,8	12800	13400	14000	14600	15200	15900	16600	17300	18000	18800
1,9	19700	20600	21600	22 600	23600	24600	25600	26800	28200	29600
2,0	31000	32500	34300	36500	39000	42000	45500	49500	54500	59500

Примеры пользования таблицей:

- 1) При $B = 0,80 \text{ Вб/м}^2$: $H = 318 \text{ А/м}$; при $B = 0,85 \text{ Вб/м}^2$: $H = 352 \text{ А/м}$.
- 2) При $B = 1,13 \text{ Вб/м}^2$: $H = 701 \text{ А/м}$.

Задача. На рис. 2 изображен электромагнит, сердечник которого изготовлен из слаболегированной листовой электротехнической стали Э11, а якорь – из литой стали.

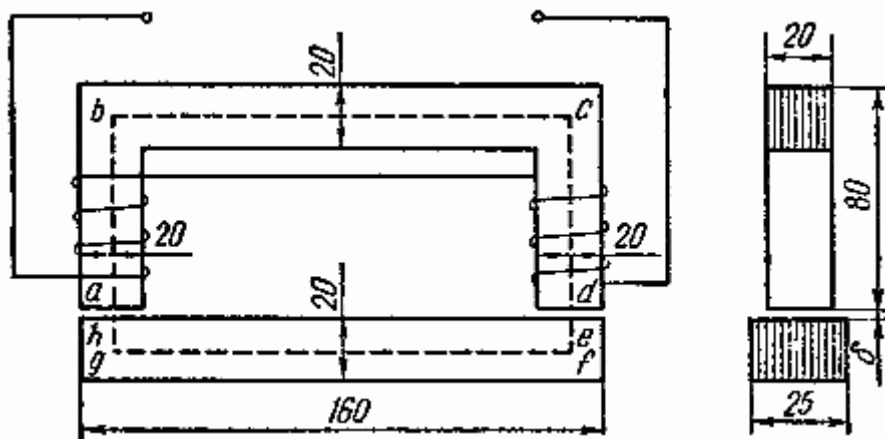


Рис. 2 Электромагнит

Какой ток должен быть пропущен через обмотку электромагнита (прямая задача расчета одноконтурной магнитной цепи), состоящую из $w = 500$ витков, для того, чтобы в якоре была создана магнитная индукция в $0,84 \text{ Вб/м}^2$. Размеры на рис. 2.3 даны в миллиметрах. Длина воздушного зазора $\delta\delta = 1 \text{ мм}$. Площадь сечения воздушного зазора считать равной площади сечения сердечника (пренебрегаем потоком рассеяния). Чему равна статическая индуктивность электромагнита?

Решение

Это пример прямой задачи на расчет магнитной цепи. На рис. 2 пунктиром проведена средняя линия магнитной индукции (приближенно). Длина проходящей вдоль сердечника части средней линии магнитной индукции $abcd = l_1 = 0,28 \text{ м}$. Сечение сердечника $S_1 = 2 \cdot 2 = 4 \text{ см}^2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

Сечение якоря $S_2 = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ см}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, длина проходящей через него части средней линии магнитной индукции $efgh = l_2 = 0,16 \text{ м}$. Магнитная индукция в якоре $B_2 = 0,84 \text{ Вб/м}^2$ (по условию задачи).

Из условия равенства магнитных потоков в якоре и в сердечнике (одноконтурная магнитная цепь, потоком рассеяния пренебрегаем)

$$\Phi_1 = B_1 \cdot S_1 = B_2 \cdot S_2$$

найдем магнитную индукцию в сердечнике:

$$B_1 = B_2 \cdot S_2 / S_1 = 0,84 \cdot 5 \cdot 10^{-4} / 4 \cdot 10^{-4} = 1,05 \text{ Вб/м}^2$$

$$B_1 = B_2 \cdot S_2 / S_1 = 0,84 \cdot 5 \cdot 10^{-4} / 4 \cdot 10^{-4} = 1,05 \text{ Вб/м}^2$$

Сечение воздушного зазора, длина проходящей в нем части линии магнитной индукции и магнитная индукция равны:

$$S_3 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$B_3 = 1,05 \text{ Вб/м}^2,$$

напряженность магнитного поля в воздухе:

$$H_3 = B_3 / \mu_0 = 1,054 \pi \cdot 10^{-7} = 84 \cdot 10^4 \text{ А/м. } H_3 = B_3 / \mu_0 = 1,054 \pi \cdot 10^{-7} = 84 \cdot 10^4 \text{ А/м.}$$

Общая магнитодвижущая сила по второму закону Кирхгофа для магнитной цепи (закону полного тока)

$$F = H_1 \cdot l_1 + H_2 \cdot l_2 + H_3 \cdot l_3.$$

В целях большей наглядности расчеты удобно свести в таблицу, в которой данные для напряженности магнитного поля в отдельных элементах магнитопровода взяты по соответствующим кривым намагничивания. Так, для сердечника, изготовленного из стали Э11, находим, что индукции $B_1 = 1,05 \text{ Вб/м}^2$ соответствует значение

напряженности магнитного поля $H_1 = 570 \text{ А/м}$, а для якоря, изготовленного из литой стали, имеем, что величине $B_2 = 0,84 \text{ Вб/м}^2$ соответствует значение $H_2 = 540 \text{ А/м}$.

Таблица 2.

Название участка	Материал	$S, \text{ м}^2$	$l, \text{ м}$	$B, \text{ Вб/м}^2$	$H, \text{ А/м}$	$H \cdot l, \text{ А}$
Сердечник	Сталь Э11	$4 \cdot 10^{-4}$	0,28	1,05	570	160
Якорь	Литая сталь	$5 \cdot 10^{-4}$	0,16	0,84	540	85
Воздушный зазор	Воздух	$4 \cdot 10^{-4}$	0,002	1,05	$84 \cdot 10^4$	1680

$$F = \sum H_k \cdot l_k = 160 + 85 + 1680 = 1925 \text{ А.}$$

Искомый ток найдем, пользуясь формулой $F = I \cdot w$:

$$I = Fw = 1925500 = 3,85 \text{ А}$$

Статическая индуктивность электромагнита равна отношению потокосцепления (полного магнитного потока) к току:

$$L_{ст} = \Psi I = w \cdot \Phi I = 500 \cdot 4,2 \cdot 10^{-4} \cdot 3,85 = 0,053 \text{ Гн} = 53 \text{ мГн.}$$

4. Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- наименование работы и цель работы;
- схемы ;
- результаты расчетов(таблица 2);
- выводы по работе.

Практическая работа №5

Определение основных характеристик переменного тока

1.Цель работы:

Определение параметров переменного тока

2. Порядок выполнения работы

2.1 Начертить данные схемы максимального значения напряжения и тока

2.2.Произвести расчеты и убедиться в соблюдении законов используя таблицу 1.

3. Указания к выполнению работы

Решение этой задачи требует умения определять основные параметры переменного тока.

К основным параметрам относятся:

- максимальное значение U_m, I_m ;
- мгновенное значение $i = I_m \sin \omega t$ и $u = U_m \sin \omega t$
- действующие значения $U = U_m / \sqrt{2}$; $I = I_m / \sqrt{2}$

- период T - время одного полного колебания;
- циклическая частота $f=1/T$;
- угловая частота $\omega=2\pi f$;
- начальная фаза ψ - угол между началом координат на временной диаграмме и началом колебания.

Угол ψ положителен, когда синусоидальная функция смещена влево относительно начала координат.

Если график функции смещен вправо от начала координат, то угол ψ , имеет отрицательный знак.

- сдвиг фаз $\varphi=\psi_u-\psi_i$
- разность начальных фаз двух синусоидальных величин

Пример решения задачи: Даны временные диаграммы тока и напряжения. Определить по ним: мгновенные значения тока и напряжения в момент времени $t=50$ мкс, максимальные значения, начальные фазы, действующие значения, сдвиг фаз, период. Вычислите угловую и циклическую частоты. Запишите уравнения мгновенных значений тока и напряжения

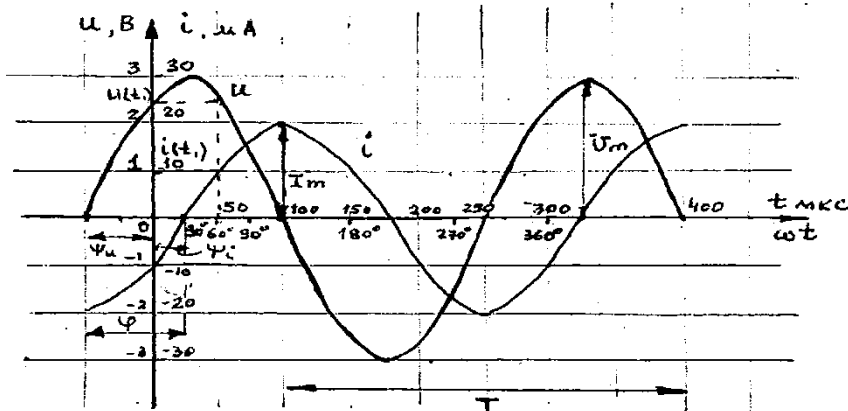


Рис.1. Максимальные значения напряжения и тока:

$U_m = 3\text{В}$; $I_m = 20\text{мА}$.

2. Мгновенные значения напряжения и тока в момент $t= 50$ мкс:

$u(t) = 2,5\text{В}$; $i(t) = 10\text{мА}$.

3. Начальные фазы напряжения и тока: $\psi_u = 60^\circ$ $\psi_i = -30^\circ$.

4. Для определения характера цепи вычисляют сдвиг фаз между напряжением и током (а не наоборот): $\varphi = \psi_u - \psi_i = 60 - (-30) = 90^\circ$
напряжение опережает, ток на угол $= 90^\circ$.

5. Период $T = 400 - 100 = 300$ мкс .

6. Циклическая частота $f = 1/T = 3333,3\text{Гц} = 3,3\text{кГц}$.

$t = 300 \cdot 10^{-6} = 300$

7. Угловая частота $\omega = 2\pi f = 209331,24\text{рад/с}$. Величины f , ω T у тока и напряжения одинаковы.

8. Уравнения $i = f(t)$, $u = f(t)$

$u = 3\sin(209331t + 60^\circ)$, В , $i = 20\sin(209331t - 30^\circ)$, мА.

9. Действующие значения напряжения и тока: $U = U_m/\sqrt{2} = 2,13\text{В}$, $I = I_m/\sqrt{2} = 14,2\text{мА}$

Дана временная диаграмма тока и напряжения одной частоты. Определите по ней: мгновенные значения u , i в момент , максимальные значения U_m , I_m , начальные

фазы ψ_u, ψ_i , сдвиг фаз ϕ , период T . Вычислите угловую ω и циклическую f частоты. Запишите уравнения для мгновенных значение тока и напряжения

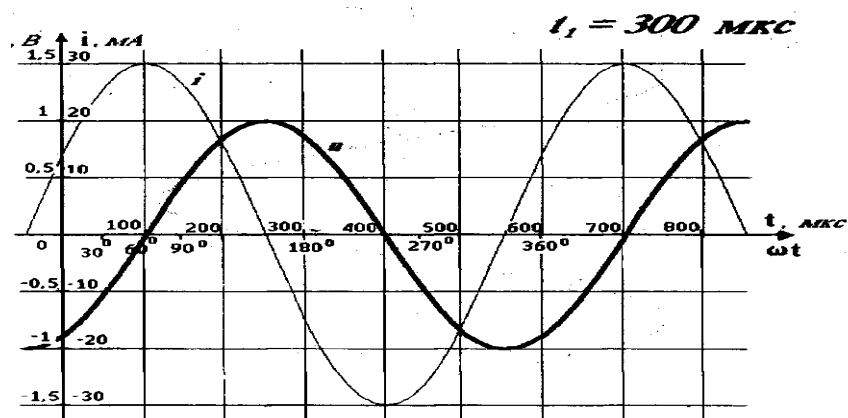


рисунок 1

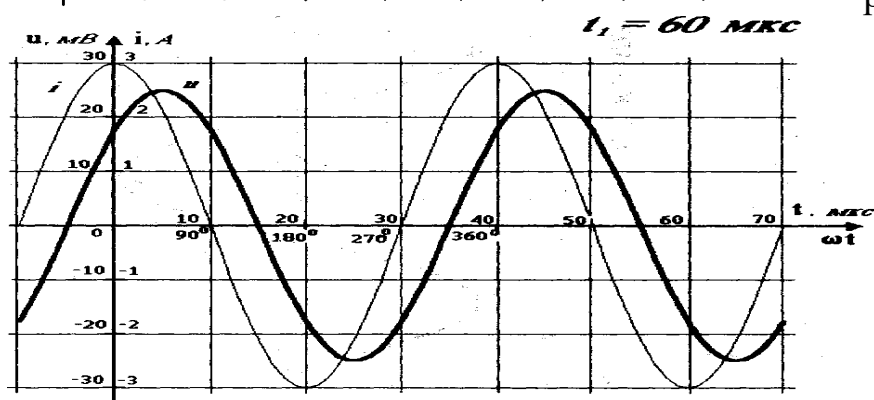


рисунок 2

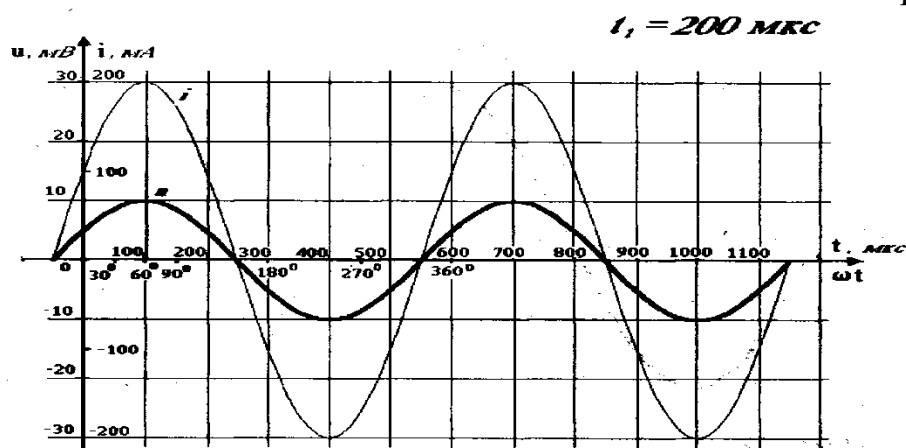


рисунок 3

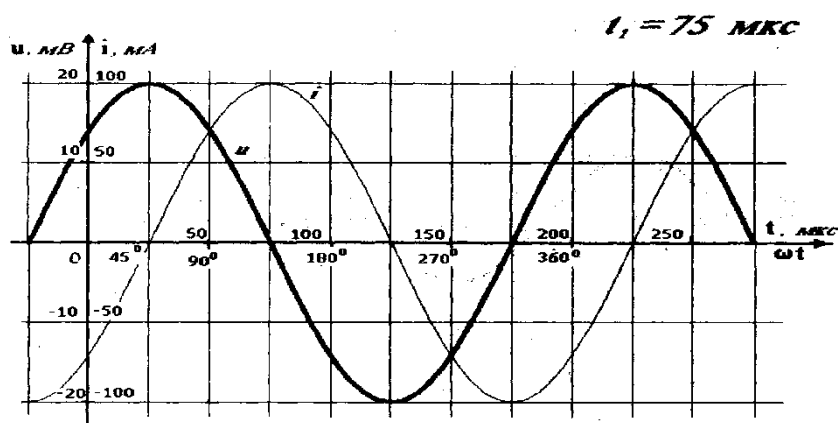


рисунок 4

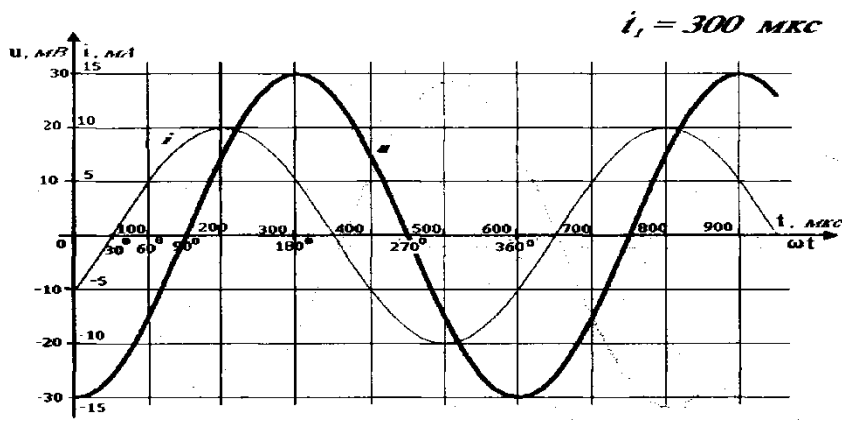


рисунок 5

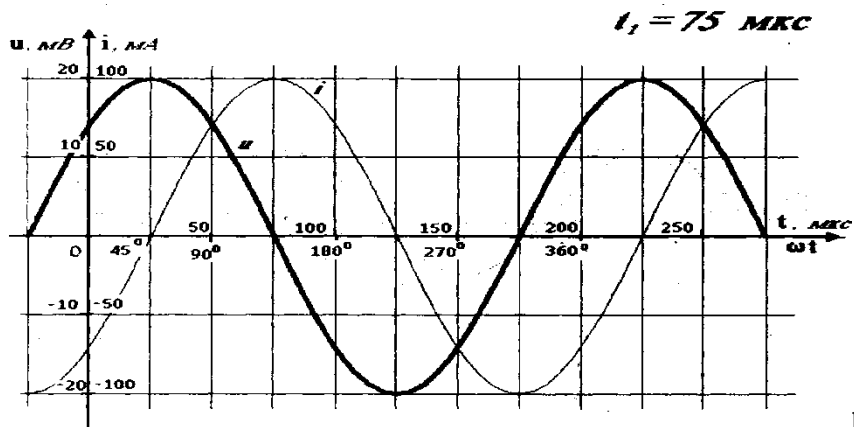


рисунок 6

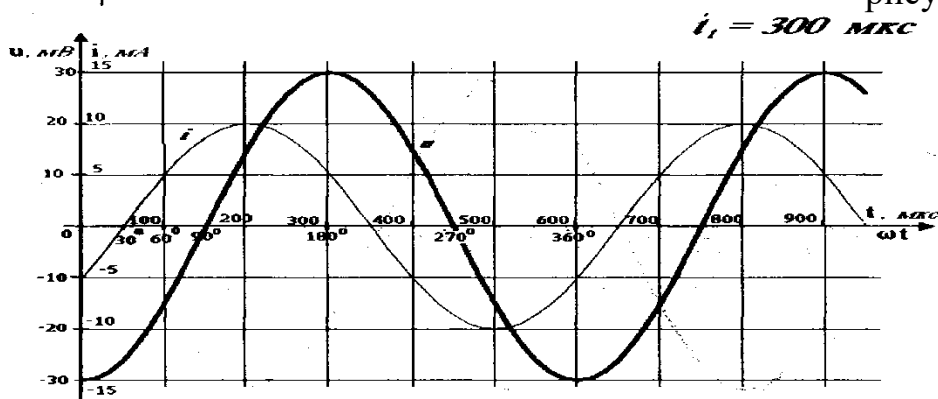


рисунок 7

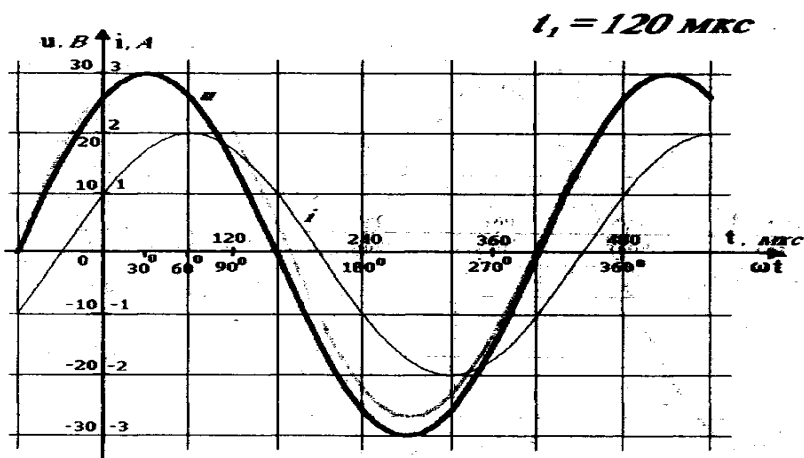


рисунок 8

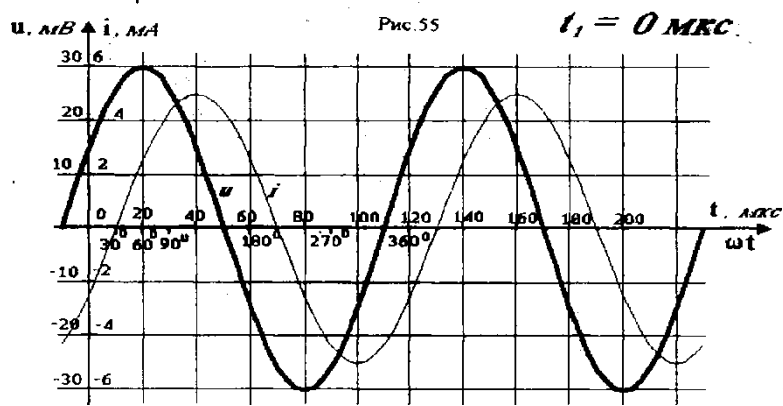


рисунок 9

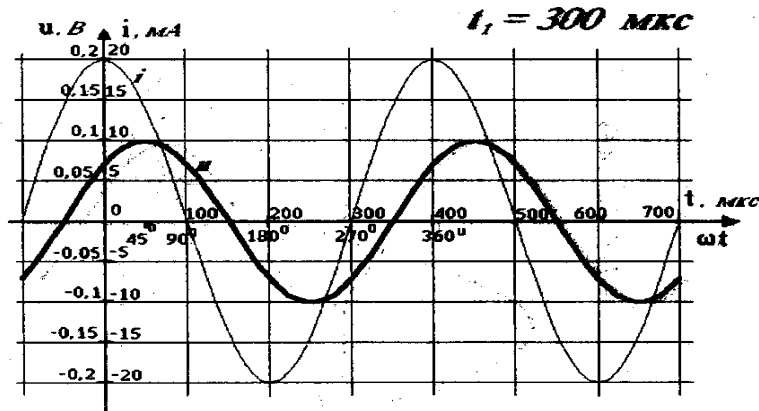


рисунок 10

Выводы по работе

Практическая работа №6

Устройство генератора постоянного тока

1. Цель работы

Изучить принцип действия, устройство генератора переменного тока и его область применения.

2. Оснащение: учебник Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники, тетрадь, ручка.

3. Порядок выполнения работы

2.1 Прочитать параграф 9.1 учебник Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники

2.2 Начертить принципиальную схему синхронного генератора

2.3 Произвести расчеты и убедиться в соблюдении законов (используя таблицу 1)

4. Указания к выполнению работы

Параметры трехфазного синхронного генератора приведены в таблице: номинальное (линейное) напряжение на выходе $U_{\text{ном}}$ при частоте тока 50 Гц, обмотка статора соединена «звездой», номинальный ток статора $I_{\text{ном}}$, КПД генератора при номинальной нагрузке $\eta_{\text{ном}}$, число полюсов $2p$, мощность на входе генератора $P_{\text{ном}}$, полезная мощность на выходе генератора $P_{\text{ном}}$, суммарные потери в режиме номинальной нагрузки $\Sigma P_{\text{ном}}$, полная номинальная мощность на выходе $S_{\text{ном}}$, коэффициент мощности нагрузки, подключенной к генератору, $\cos \phi_{\text{ном}}$, вращающий момент первичного двигателя при номинальной загрузке генератора $M_{\text{ном}}$. Требуется определить параметры, значения которых в таблице не указаны.

Таблица 1

Вар	$S_{\text{ном}},$ кВА	$U_{1\text{ном}},$ кВ	$\eta_{\text{ном}}$ %	$2p$	$P_{\text{ном}},$ кВт	$\Sigma P_{\text{ном}}$ кВт	$\cos\varphi_{1\text{ном}}$	$I_{1\text{ном}}$ А	$P_{1\text{ном}}$ кВт	$M_{1\text{н}}$ М
1	330	6,3	92	6			0,9			
2		3,2		8		27		72,2	340	
3	270	0,4			206	18	0,85			
4	470	0,7	91	6			0,9-	43,1	190	
5		3,2	90	10				190		
5	600	6,3	93	12	667,4		0,92		717,6	773
7	780	0,4		6	369,5					
8	450						0,9			
9	700	3,2	93	6			0,92	64,2		
10	500		92	10			0,85			

Указания к выполнению работы

Для выполнения задания используем материал учебника

Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники и М.В. Немцов Электротехника и электроника

Для решения задачи воспользуемся формулами:

- коэффициент мощности $\cos\varphi_{1\text{ном}} = P_{\text{ном}} / S_{\text{ном}},$;
- КПД генератора $\eta_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} / P_{1\text{ном}};$
- уравнение баланса мощностей $P_{1\text{ном}} = P_{\text{ном}} + \Sigma P_{\text{ном}}$
- ток статора в номинальном режиме $I_{1\text{ном}} = S_{\text{ном}} / (U_{1\text{ном}})$
- синхронная частота вращения $n_1 = f_1 60 / p$
- момент приводного двигателя $M_{1\text{ном}} = 9,55 \cdot 10^3 P_{1\text{ном}} / n_1$

4. Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) схемы;
- г) результаты расчетов;
- д) выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

1. Как устроен трехфазный синхронный генератор?
2. Каков принцип работы трехфазного синхронного генератора?
3. Какие конструкции роторов используются в трехфазных синхронных генераторах?
4. Как осуществляется самовозбуждение трехфазного синхронного генератора?
5. Какое явление называют реакцией якоря?
6. Что такое характеристика холостого хода синхронного генератора, её вид.
7. Что такое внешняя характеристика синхронного генератора, её вид.
8. Что такое регулировочная характеристика синхронного генератора, её вид.
9. Опишите работу синхронной машины в режиме двигателя.
10. Как осуществляются асинхронный пуск и остановка синхронного двигателя?

6. Выводы по работе.

Практическая работа №7

Устройство двигателя постоянного тока

1. Цель работы

Изучить принцип действия, устройство двигателя его область применения.

Определить основные характеристики асинхронного двигателя

2. Порядок выполнения работы

2.1 Начертить данные принципиальные схемы

2.2. Произвести расчеты и убедиться в соблюдении законов используя таблицу 1.

3. Указания к выполнению работы

Асинхронный электродвигатель, работая в номинальном режиме, имеет следующие технические данные:

n_1 - частота вращения магнитного поля статора (об/мин)

n_2 -частота вращения ротора (об/мин)

p - число пар полюсов;

S - скольжение

f - частота тока питающей сети, Гц

Номер варианта	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
n_1 об/мин	1	3000	1440	1000	1500	750	500	1500	2800	3000
n_2 об/мин	0.6	2	2	4	2	4	4	6	500	1
P S	50	0.5	50	0,2	0,4	50	50	0,4	50	50
F Гц										

Используя числовые данные таблицы по номеру своего варианта , вычислите неизвестные.

Указания к выполнению работы

Для выполнения задания используем материал учебника

М.В.Немцов Электротехника и электроника М.; Издательский дом «Академия», 2009, Ст. 179-184.

Для решения задачи воспользуемся формулой: $S =$

где S – скольжение (изменяется от 0,01 до 0,6 или 1 до 6% и возрастает при увеличении нагрузки электродвигателя)

Поэтому частота вращения ротора всегда меньше частоты вращения магнитного поля статора.

Причем: $n_1 =$, $n_2 = n_1(1-S)$

Если в задаче число полюсов равно 6, то число пар $p=3$

4. Содержание отчета

Отчет по работе должен содержать:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) схемы;
- г) результаты расчетов;
- д) выводы по работе.

5. Выводы по работе

Лабораторная работа №1

Соединение транзисторов

1.Цель работы: Проанализировать работу электрической цепи при последовательном и параллельном соединении проводников. Проверить справедливость законов электрического тока для последовательного и параллельного соединения проводников.

Оборудование: компьютер с интерактивной схемой

2.Порядок выполнения работы

1.Для изучения распределения сил токов и напряжений при последовательном соединении проводников необходимо собрать электрическую цепь, показанную на рисунке 1 или на рисунке 2

2.Пользуясь законами электрического тока для последовательного соединения проводников, определите общее сопротивление и напряжение цепи, а также силу электрического тока в цепи.

3. Полученные результаты занести в протокол измерений.

3. Методические указания

Последовательное соединение

Параллельным соединением сопротивлений называется такое соединение, при котором к одному зажиму источника подключаются начала сопротивлений, а к другому – концы.

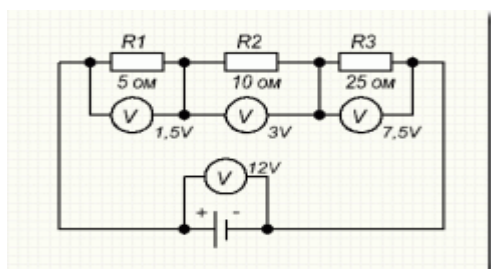
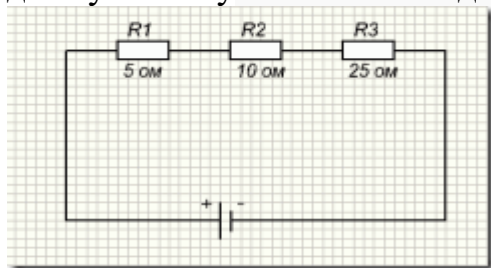


Рисунок1. Последовательное соединение транзисторов

Общее сопротивление параллельно включенных сопротивлений определяется по формуле:

$$U = I \cdot R$$

Так как ток в последовательной цепи везде одинаков, значит, действительно напряжение на ее участках зависит от сопротивления чем больше сопротивление тем большее напряжение приложено к данному участку. Сумма напряжений на участках последовательной цепи равна напряжению источника тока

$$U = U_1 + U_2 + U_3; \quad 12 = 1,5 + 3 + 7,5$$

Параллельное соединение

Параллельным соединением сопротивлений называется такое соединение, при котором к одному зажиму источника подключаются начала сопротивлений, а к другому – концы

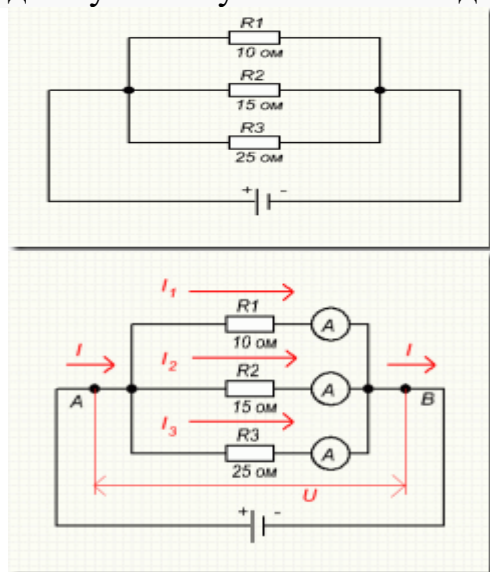


Рисунок 2. Параллельное соединение транзисторов

Общее сопротивление параллельно включенных сопротивлений определяется по формуле:

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_n}$$

Общее сопротивление параллельно включенных сопротивлений всегда меньше наименьшего сопротивления, входящего в данное соединение. На вышеуказанном рисунке мы можем сразу сказать, что общее сопротивление будет меньше 10 Ом. 1. Если параллельно включено только два резистора то их общее сопротивление можно определить по формуле:

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

2. Если параллельно включено любое количество резисторов с одинаковым сопротивлением, то их общее сопротивление можно определить, если сопротивление одного резистора разделить на количество резисторов.

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_1}{n}$$

Так как начала всех соединений сведены в одну общую точку, а концы – в другую, то очевидно, что разность потенциалов на концах любого из параллельно включенных сопротивлений равна разности потенциалов между общими точками.

Итак, при параллельном соединении сопротивлений напряжения на них равны между собой.

$$U_1 = U_2 = U_3$$

Если разветвления подключены непосредственно к зажимам источника тока, то напряжение на каждом из сопротивлений равно напряжению на зажимах источника.

$$U_1 = U_2 = U_3 = U$$

Второе свойство цепи с параллельным соединением заключается в том, что электрический ток распределяется по параллельным ветвям обратно пропорционально их сопротивлениям.

Это значит что, чем больше сопротивление, тем меньше по нему пойдет ток.

$$I = \frac{U}{R}$$

Рассматривая точку разветвления А, замечаем что к ней притекают ток I, а токи I₁, I₂, I₃ утекают из нее. Так как движущиеся электрические заряды не скапливаются в точке, то очевидно, что суммарный заряд, притекающий к точке разветвления, равен суммарному заряду, утекающему от нее:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Отчет по работе должен содержать: тему работы, цель работы, перечень используемого оборудования, описание хода работы, схемы соединения проводников, таблицы с результатами измерений и вычислений, выводы

5. Контрольные вопросы

1. Что называется электрическим током?
2. Как читается и записывается закон Ома для участка цепи и для полной цепи?
3. Какое соединение резисторов называется последовательным и какое параллельным?
4. Как определить общее сопротивление резисторов при последовательном и при параллельном соединении?
5. Что называется проводимостью и в каких единицах она измеряется?
6. Чему равен общий ток цепи и напряжение на участках цепи при последовательном и параллельном соединении?
7. Как определяется мощность на участках цепи и всей цепи при последовательном и параллельном соединении?

Лабораторная работа №2 **Электроизмерительные приборы**

1. Цель работы

Изучение электроизмерительных приборов. Получение представлений о пределе измерения и цене деления, абсолютной и относительной погрешности, условиях эксплуатации и других характеристиках стрелочных электроизмерительных приборов, получение навыков работы с цифровыми измерительными приборами.

1. Порядок выполнения работы

- 2.1. Прочитать параграф 6.1 учебника Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники, выписать условное обозначение измерительных механизмов измерительных приборов по физическому принципу действия
- 2.2 Изучить паспортные характеристики стрелочных электроизмерительных приборов.

Для этого внимательно рассмотреть лицевые панели стрелочных амперметров, обратить внимание на построение измерительной шкалы, условные знаки и заполнить табл. 1.

Таблица 1.

№		
1	Характеристика стрелочного электроизмерительного прибора	
2	Наименование прибора (Амперметр ,Вольтметр)	
3	Тип прибора	
4	Система измерительного механизма	
5	Предел измерения (номинальное значение)	
6	Цена деления	
7	Класс точности	
8	Допустимая максимальная абсолютная погрешность	
9	Род тока	
10	Нормальное положение шкалы	

3. Методические указания

Контроль работы электрооборудования осуществляется с помощью разнообразных электроизмерительных приборов. Наиболее распространенными электроизмерительными приборами являются приборы непосредственного отсчета. По виду отсчетного устройства различают аналоговые (стрелочные) и цифровые измерительные приборы.

На лицевой стороне стрелочных приборов изображены условные обозначения, определяющие классификационную группу прибора. Они позволяют правильно выбрать приборы и дают некоторые указания по их эксплуатации .

В цепях постоянного тока для измерений токов и напряжений применяются в основном приборы магнитоэлектрической системы. Принцип действия таких приборов основан на взаимодействии магнитного поля постоянного магнита и измеряемого тока, протекающего по катушке. Угол поворота стрелки α прямо пропорционален измеряемому току I : $\alpha = KI$. Шкалы магнитоэлектрических приборов равномерные.

В измерительных механизмах электромагнитной системы, применяемых для измерений в цепях переменного и постоянного тока, вращающий момент обусловлен действием магнитного поля измеряемого тока в неподвижной катушке прибора на подвижный ферромагнитный якорь. Угол поворота стрелки α здесь пропорционален квадрату тока: $\alpha = KI^2$. Поэтому шкала электромагнитных приборов обычно неравномерная, что является недостатком этих приборов. Начальная часть шкалы не используется для измерений.

Для практического использования измерительного прибора необходимо знать его предел измерений (номинальное значение) и цену деления (постоянную) прибора. Предел измерений – это наибольшее значение электрической величины, которое может быть измерено данным прибором. Это значение обычно указано на лицевой стороне прибора в конце шкалы. Приборы с одним пределом измерения имеют на лицевой панели знак, обозначающий назначение прибора (A, V, mA, μ A, mV, μ V). Один и тот же прибор может иметь несколько пределов измерений.

Ценой деления прибора называется значение измеряемой

величины, соответствующее одному делению шкалы прибора. Цена деления прибора легко определяется как отношение предела измерений к числу делений шкалы N:

Наименование измеряемой величины (ампер, вольт, ватт, ом, герц, коэффициент мощности, фарада, генри)

Магнитоэлектрический измерительный механизм

Электромагнитный измерительный механизм

Магнитоэлектрический измерительный механизм с выпрямителем

0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,5; 2,5; 4,0

Класс точности прибора 60

Рабочее положение шкалы прибора:

горизонтальное; вертикальное; под углом, например 60°

Прибор предназначен для работы в цепи постоянного тока; переменного тока; постоянного и переменного; в трехфазной цепи переменного тока

А (или отсутствие буквы) – прибор для сухих отапливаемых помещений с температурой от +10 °С до +35 °С и влажности до 80 % при 30 °С;

Б – прибор для закрытых не отапливаемых помещений с температурой от –30 °С до +40 °С и влажности до 90 % при 30 °С;

В – приборы для полевых и морских условий:

В1 – при температуре от –40 °С до +50 °С и В2 – при температуре от –50 °С до +60 °С и влажности до 95 % при 35 °С;

В3 – при температуре от –40 °С до +50 °С и влажности до 98 % при 40 °С.

нием, например, 2 кВ

30–200 Hz Рабочий частотный диапазон прибора

На лицевой стороне стрелочных прибора указывается класс точности, который определяет приведенную относительную погрешность прибора $\gamma_{\text{ПР}}$. Приведенная относительная погрешность прибора – это выраженное в процентах отношение максимальной для данного прибора абсолютной погрешности ΔA к номинальному значению прибора (пределу измерений) АНОМ:

$\gamma_{\text{ПР}} = 100 \Delta A / \text{АНОМ} \%$.

Промышленность в соответствии с ГОСТ выпускает приборы с различными 12 классами точности (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,5; 2,5; 4,0).

4. Контрольные вопросы

1. Какова конструкция и принцип действия приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем?
2. Каковы основные достоинства и недостатки приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем?
3. Что такое предел измерения?
4. Как определяется цена деления прибора?
5. Что такое абсолютная и относительная погрешности измерения стрелочного прибора?
6. Как рассчитать относительную погрешность измерения стрелочного прибора в любой точке шкалы прибора?
7. В какой части шкалы прибора измерения точнее и почему?
8. Что характеризует класс точности прибора?

9. Каковы основные достоинства цифровых измерительных приборов?
10. Как определяется погрешность измерений цифрового прибора?

5. Выводы по работе.

Список литературы

1. М.В.Немцов Электротехника и электроника, М.: Издательский дом «Академия», 2009
2. Б. И. Петленко, Ю. М. Иньков Электротехника и электроника, М.: Издательский дом «Академия», 2009
3. В. И. Полещук Задачник по электротехнике и электронике, М.: Издательский дом «Академия», 2009
4. **Интернет-Ресурсы:** <http://kursak.net/laboratornye-raboty-disciplina-elektrotexnika-i-elektronika/>