

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«АКБУЛАКСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ОП.02 «Основы электротехники» (51ч.)

по профессии 15.01.05 «Сварщик (ручной и частично механизированной
сварки (наплавки))»

Квалификация: Сварщик

Форма обучения: очная

Нормативный срок обучения: 2г.10 мес.

База обучения: основное общее
образование

Методические рекомендации учебной дисциплины «Основы электротехники» разработаны на основе ФЗ от 29 января 2016 г. № 50. «Об образовании в Российской Федерации» № 50, и Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее СПО)

15.01.05 «Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки))»

код, наименование специальности(ей)

Организация-разработчик: ГАПОУ «Акбулакский политехнический техникум»

Разработчик: Бабина Дарья Валерьевна, преподаватель специальных дисциплин

Рецензент: Вивтоненко Максим Александрович, заместитель директора по УПР

Рекомендованы Методическим советом ГАПОУ «Акбулакский политехнический техникум», протокол № 10 от 10.06 2021 г.

Рассмотрены методической комиссией преподавателей, протокол № 11 от 10.06 2021 г.

Утверждены заместителем директора по УР ГАПОУ «Акбулакский политехнический техникум»

21 06 2021 г.

Т.В. Полодецкая Т.В. Полодецкая

(подпись, Ф.И.О.)

Пояснительная записка

Учебная дисциплина «Основы электротехники» является частью программы подготовки специалистов среднего звена по профессии 15.01.05 «Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки))»

Дисциплина входит в общепрофессиональный цикл. В результате освоения дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- читать структурные, монтажные и простые принципиальные электрические схемы;
- рассчитывать и измерять основные параметры простых электрических, магнитных и электронных цепей;
- использовать в работе электроизмерительные приборы;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать**:

- единицы измерения силы тока, напряжения, мощности электрического тока, сопротивления проводников;
- методы расчета и измерения основных параметров простых электрических, магнитных и электронных цепей;
- свойства постоянного и переменного электрического тока;
- принципы последовательного и параллельного соединения проводников и источников тока;
- электроизмерительные приборы (амперметр, вольтметр), их устройство, принцип действия и правила включения в электрическую цепь;
- свойства магнитного поля;
- двигатели постоянного и переменного тока, их устройство и принцип действия;
- правила пуска, остановки электродвигателей, установленных на эксплуатируемом оборудовании;
- аппаратуру защиты электродвигателей;
- методы защиты от короткого замыкания;
- заземление, зануление;

Сварщик должен обладать компетенциями, включающими в себя способность:

- ОК 2. Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем
- ОК 3. Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.
- ОК 6. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством.

Сварщик должен обладать профессиональными компетенциями, соответствующими видам деятельности:

ПК 1.1. Читать чертежи средней сложности и сложных сварных металлоконструкций.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ

Прежде чем приступить к выполнению задания, прочтите предисловие, в котором даны рекомендации по работе с данным методическим пособием. Ознакомьтесь с данной в каждой самостоятельной работе рекомендованной литературой и пояснениями к заданию. Повторите материал по теме работы. По большинству работ предусмотрен отчет в письменной или электронной форме, в нем должны быть указаны:

- 1) наименование работы,
- 2) ФИО обучающегося, № группы,
- 3) основная часть (сообщение, доклад, глоссарий и пр.),
- 4) список использованной литературы или электронных источников.

Письменные и электронные отчеты необходимо сдать преподавателю. Если у вас возникнут затруднения в процессе работы, обратитесь к преподавателю.

2.1. Рекомендации по написанию докладов (сообщений)

Доклад - это сообщение по заданной теме, с целью внести знания из дополнительной литературы, систематизировать материал, проиллюстрировать примерами, развивать навыки самостоятельной работы с научной литературой.

Доклад отличается от сообщения объемом работы и структурой. Доклад должен содержать: титульный лист (сведения, выносимые на титульный лист см. выше); содержание; основную часть (введение, основная часть, заключение – вывод); список литературы или используемых источников. Сообщение должно содержать титульный лист и основную часть работы со списком литературы. Объем доклада составляет от 2 до 4 листов, а сообщения – 2-3 листа.

Тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме занятия.

В самом начале, после определения точной темы доклада нужно подобрать и изучить основные тематические источники. Это могут быть как книги, методические издания, так и статьи в интернете. Затем найденные материалы нужно обработать и систематизировать. Можно выписывать краткие тезисы, можно освещать проблему более подробно. Это зависит от планируемой величины доклада.

После подготовки полной информации нужно сделать выводы и обобщения.

После того, как объем и основная тематика разделов доклада ясны, нужно разработать план доклада. Общая структура научного доклада может быть такой: формулировка темы исследования, актуальность исследования, цель работы, задачи исследования, гипотеза, методика проведения исследования, результаты исследования и выводы исследования.

После этого материал формируется в доклад, исходя из составленного плана.

Перед сдачей нужно проверить доклад на соответствие требованиям к оформлению письменного доклада. В докладе должен быть верно оформлен 8 титульный лист, оглавление. Разделами доклада являются введение, основная часть, заключение и список литературы. Особенное внимание обратите на правила составления списка используемой литературы.

Если доклад зачитывается перед аудиторией, нужно быть готовым к ответам на вопросы из зала.

Критерии оценки:

- актуальность темы;
- соответствие содержания теме;
- глубина проработки материала;
- грамотность и полнота использования источников;
- соответствие оформления реферата требованиям.

Методические рекомендации по выполнению практического занятия по теме:

Определение закона электромагнитной индукции

Цель работы:

- 1) закрепить на практике знания студентов по теме «Явление электромагнитной индукции»;
- 2) формировать умения студентов решать задачи на закон электромагнитной индукции.

Справочный материал

Явление электромагнитной индукции – это возникновение тока в замкнутом контуре, который охвачен переменным магнитным потоком.

Индукционный ток – ток, возникающий при явлении электромагнитной индукции.

ЭДС индукции

$$E_{\text{инд}} = - \frac{\partial \Phi}{\partial t} \quad \text{или} \quad E_{\text{инд}} = -N \frac{\partial \Phi}{\partial t}$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} - \text{скорость изменения магнитного потока}$$

N – число витков

ЭДС индукции в движущихся проводниках

$$E = v B l \sin \alpha$$

Порядок выполнения работы:

- 1 Фронтальная работа по решению задач.
- 2 Студенты выполняют тестовое задание.

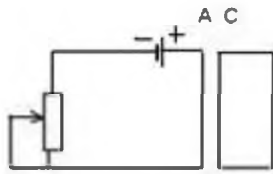
Задачи для фронтальной работы

- 1 С какой скоростью надо перемещать проводник, длина которого 1м, под углом 60° к вектору магнитной индукции, модуль которого равен 0,2Тл, чтобы в проводнике возбудилась ЭДС индукции 1В?
- 2 Какую длину активной части должен иметь проводник, чтобы при перемещении его со скоростью 15м/с перпендикулярно вектору магнитной индукции, равной 0,4Тл, в нем возбуждалась ЭДС индукции 3В?
- 3 Какова индукция магнитного поля, если в проводнике с длиной активной части 50см, перемещающемся со скоростью 10м/с перпендикулярно вектору индукции, возбуждалась ЭДС индукции 1,5В?
- 4 Найдите ЭДС индукции на концах крыльев самолета (размах крыльев 36,5м), летящего горизонтально со скоростью 900км/ч, если вертикальная составляющая вектора индукции магнитного поля Земли $5 \cdot 10^{-3}$ Тл.
- 5 Проводник с активной длиной 15см движется со скоростью 10м/с перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля с индукцией 2Тл. Какая сила тока возникает в проводнике, если его замкнуть накоротко? Сопротивление цепи 0,5Ом.
- 6 Прямолинейный проводник с активной частью 0,7м пересекает однородное магнитное поле под углом 30° со скоростью 10м/с. Определить индукцию магнитного поля, если ЭДС, индуцируемая в проводнике, равна 4,9Тл?

- 7 Определите угол между плоскостью витка и вектором магнитной индукции, если при радиусе окружности витка 20 см и модуле вектора магнитной индукции в 100 Тл магнитный поток составляет 12,56 Вб.
- 8 Сколько витков должен содержать соленоид, чтобы при изменении магнитного потока со скоростью 10 Вб/с, в соленоиде появился ток силой 5,5 А. Сопротивление всего соленоида 0,1 кОм.
- 9 Определить скорость изменения силы тока в соленоиде индуктивностью 5 Гн, если ЭДС самоиндукции составляет 6В.
- 10 Магнитный поток через замкнутый проводник с электрическим сопротивлением 4 Ом равномерно увеличился с 0,4 до 0,7 мВб. Какое количество заряда прошло через поперечное сечение проводника?
- 11 Квадратный виток со стороной 20 см расположен так, что вектор магнитной индукции составляет с его нормалью угол 60° . Определите, какой заряд пройдет через виток, при уменьшении стороны квадрата витка в два раза. Модуль вектора магнитной индукции 60 Тл.
- 12 Найти изменение магнитного потока в соленоиде индуктивностью 600 Гн возникающего в результате изменения силы тока в соленоиде от 5 до 30 мА.
- 13 В магнитное поле индукцией $B=0,1$ Тл помещен медный виток радиусом $R=3,4$ см. Площадь сечения проводника $S=1$ мм². Нормаль к площади витка совпадает с линиями магнитной индукции поля. Какой заряд пройдет через поперечное сечение витка при исчезновении поля.
- 14 В витке, выполненном из алюминиевого провода длиной 10 см и площадью поперечного сечения 1,4 мм², скорость изменения магнитного потока 10 м Вб/с. Найти силу индукционного тока.
- 15 Какой заряд пройдет через поперечное сечение проводника, сопротивление которого $R=0,03$ Ом, при уменьшении магнитного потока внутри витка на $\Delta\Phi=12$ м Вб?
- 16 Сколько витков должна содержать катушка с площадью поперечного сечения 50 см², чтобы при изменении магнитной индукции от 0,2 до 0,3 Тл в течение 4мс в ней возбуждалась ЭДС 10 В?
- 17 Определите время изменения магнитного потока от 3мВб до 5 мВб в проводнике сопротивлением 25 мОм, если сила индукционного тока в данном контуре равна 0,2 А.

Тест Электромагнитная индукция

1. Контур площадью 0,1м² находится в однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл. Чему равен магнитный поток через контур, если плоскость контура параллельна вектору магнитной индукции?
 А 0,2 Вб Б 0 В 20 Вб



2. В Д Сила тока в проводнике АВ нарастает прямо пропорционально времени.

Какова зависимость силы тока от времени в проводнике СД?

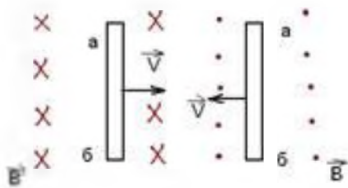
- А возрастает прямо пропорционально
- Б убывает прямо пропорционально
- В в проводнике СД установился постоянный ток

3. За 2с магнитный поток, пронизывающий контур, увеличился с 6 до 20Вб. Чему равна ЭДС в контуре?

- А - 7 В
- Б 7 В
- В 28 В
- Г - 28 В

4. В катушку первый раз быстро, второй раз медленно, вводят магнит. В каком случае работа, совершенная возникающей ЭДС, больше?

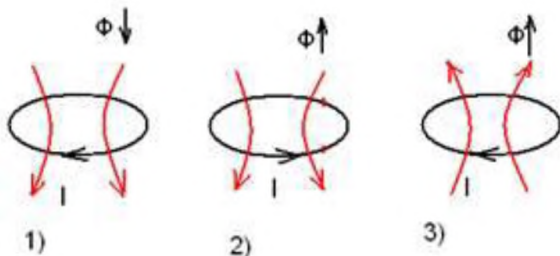
- А в первом
- Б во втором
- В одинаковы



5. Определить направление индукционного тока в проводниках, движущихся в однородном магнитном поле.

- А 1) от а к б; 2) от б к а
- Б 1) от а к б; 2) от а к б
- В 1) от б к а; 2) от б к а

6. На каком из рисунков указано правильное направление индукционного тока в контуре?



- А 1) Б 2) В 3) Г 1), 2), 3)

Методические рекомендации по выполнению практического занятия по теме: Определение основного закона магнитных цепей.

Цель: -сформулировать основные законы для магнитных цепей, повторить определения основных параметров магнитных цепей;
-произвести расчет магнитной цепи, размеры и материалы которой, а также расположение обмоток с токами известны.

Основные формулы:

Решение задачи требует знания основных законов теории магнитных цепей.

Прямая задача

По заданному магнитному потоку и габаритам магнитопровода определяем

магнитную индукцию на участке цепи $B = \frac{\Phi}{S}$, где Φ – магнитный поток, S – площадь поперечного сечения магнитопровода.

По кривой намагничивания $B = f(H)$ для данного материала по величине магнитной индукции B определяем соответствующую напряженность H (рис.1)

Тогда искомая сила по закону полного тока:

$$F = I \cdot W = H \cdot L, \quad (1.3)$$

где L – длина средней магнитно-силовой линии.

Обратная задача

По заданной МДС $F = I \cdot W$ и габаритам магнитопровода определяем напряженность магнитного поля по закону полного тока

$$H = \frac{I \cdot W}{L}, \quad (1.4)$$

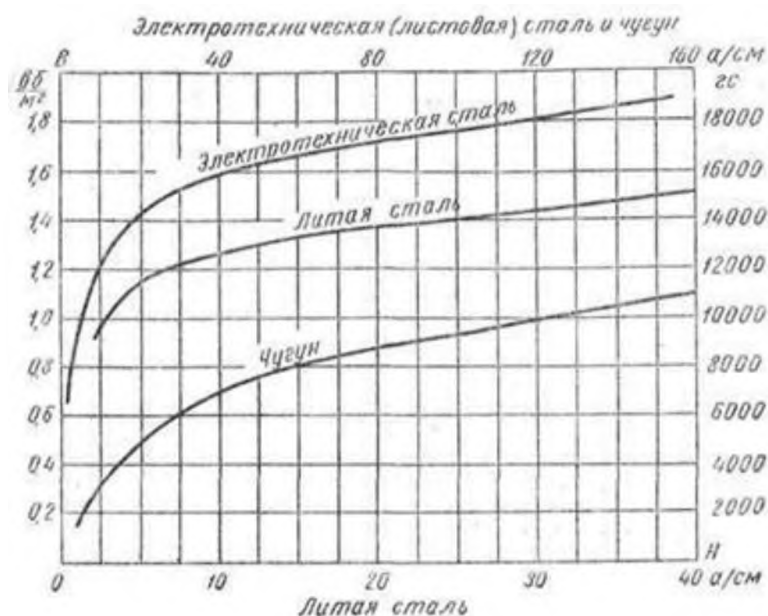
По вычисленной напряженности по кривой намагничивания для заданного материала определяем магнитную индукцию B .

Определяем искомый магнитный поток, зная сечение магнитопровода S , $\Phi = B \cdot S$ (1.5)

Определяем относительную магнитную проницаемость:

$$\mu = \frac{B}{H \cdot \mu_0} \quad (1.6)$$

где $\mu_0 = 125 \cdot 10^{-8}$ Гн/м – магнитная проницаемость воздуха.



НН

B, Тл	H, А/м									
	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,4	68	69	70	71	72	73	73	74	75	75
0,5	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
0,6	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
0,7	96	99	103	108	113	118	123	126	131	135
0,8	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185
0,9	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235
1,0	240	246	252	258	264	270	276	282	288	294
1,1	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390
1,2	400	410	420	430	440	450	460	470	500	520
1,3	550	580	610	650	690	730	780	830	880	940
1,4	1000	1060	1120	1180	1240	1300	1360	1420	1480	1540
1,5	1600	1750	1900	2050	2200	2350	2500	270	2900	3100
1,6	3400	3600	3800	4100	4400	4700	5300	5900	6500	7100
1,7	7700	8200	8900	9400	10000	10600	11100	11700	12200	12800
1,8	13400	14000	14600	15200	15800	16400	17000	17600	18200	18800
1,9	19400	20000	21800	23700	25700	27800	30000	32200	34400	36600
2,0	38800	41000	43200	45400	47600	49800	52000	54500	57500	60500
2,1	65500	72500	80000	88000	96000	104000	112000	120000	128000	136000
2,2	144000	152000	160000	168000	176000	184000	192000	200000	208000	216000
2,3	224000	232000	240000	248000	256000	264000	272000	280000	288000	296000
2,4	304000	312000	320000	328000	336000	344000	352000	360000	368000	376000

Рис 1. Кривая намагничивания и таблица зависимости индукции B от напряженности H

Вариант 1.

1. Сформулируйте и запишите математическое выражение закона Ампера. Для чего применяется правило левой руки? Сформулируйте это правило.

2. Что называют магнитной цепью? Какие цепи называют разветвленными? Неразветвленными?

3. Решите задачу:

Магнитопровод неразветвленной однородной магнитной цепи составлен из 100 листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Размеры магнитопровода указаны в мм. Определить намагничивающую силу $F = Hl$, при которой магнитный поток в магнитопроводе $\Phi = 3 \cdot 10^{-3}$ Вб.

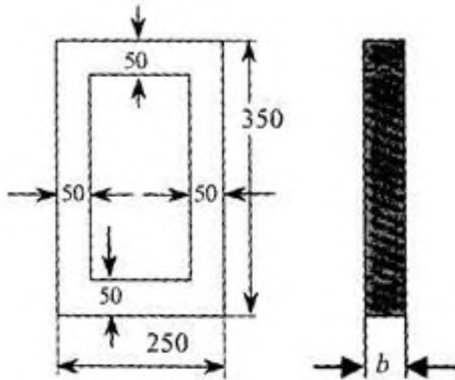


Рис. 2 – Эскиз магнитопровода к задаче 3 варианта 1.

Вариант 2.

1. Дайте понятие абсолютной магнитной проницаемости. Приведите её численное значение. Что понимают под относительной магнитной проницаемостью среды. На какие группы можно разделить все вещества, используя понятие относительной магнитной проницаемости.
2. Сформулируйте закон Ома для магнитной цепи. Для расчета, какого типа цепей он применяется.

3. Решите задачу:

Определить ток в катушке, имеющей 250 витков, и магнитную проницаемость сердечника, на котором расположена катушка, выполненном из литой стали, если магнитный поток, созданный током катушки в сердечнике, $\Phi = 8 \cdot 10^{-4}$ Вб. Размеры однородной магнитной цепи даны в мм.

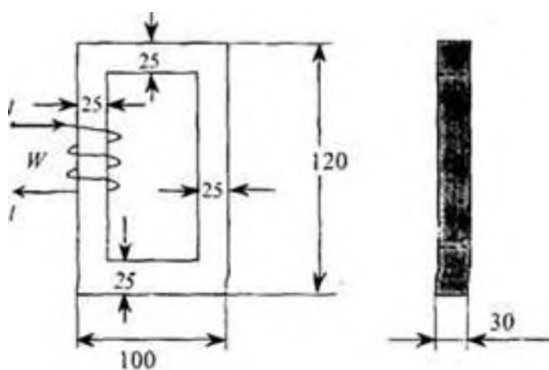


Рис. 3 – Эскиз магнитопровода к задаче 3 варианта 2.

Вариант 3.

1. Что называют магнитным потоком? Назовите основную единицу измерения магнитного потока Φ .

2. Что понимают под магнитным сопротивлением? В каких единицах измеряется магнитное сопротивление? Почему в магнитных цепях целесообразно сокращать воздушные зазоры?

3. Решите задачу:

По катушке с числом витков $W = 300$ проходит ток 2 А. Катушка расположена на сердечнике из электротехнической стали, размеры которого даны в мм. Определить магнитный поток Φ в магнитопроводе однородной магнитной цепи.

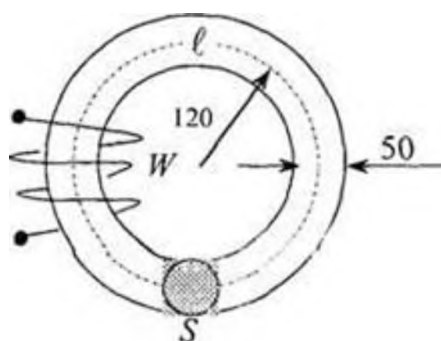


Рис. 4 – Эскиз магнитопровода к задаче 3 варианта 3.

Вариант 4.

1. Дайте определение вектора магнитной индукции B . Опишите способы определения направления вектора B . Назовите основную единицу измерения для вектора B .

2. Что называют магнитным напряжением? Намагничивающей силой? В каких единицах они измеряются. Сформулируйте закон полного тока.

3. Решить задачу:

Однородная магнитная цепь из листовой электротехнической стали имеет две обмотки $W_1 = 200$ и $W_2 = 150$, подключенных согласно к зажимам a и b . Сопротивление обмоток соответственно $R_1 = 0,52$ Ом и $R_2 = 0,38$ Ом. К зажимам a и b приложено напряжение $U = 6$ В. Определить магнитный поток в магнитной цепи, пренебрегая рассеянием. Размеры магнитопровода даны в мм. Расчет произвести по закону полного тока для магнитной цепи.

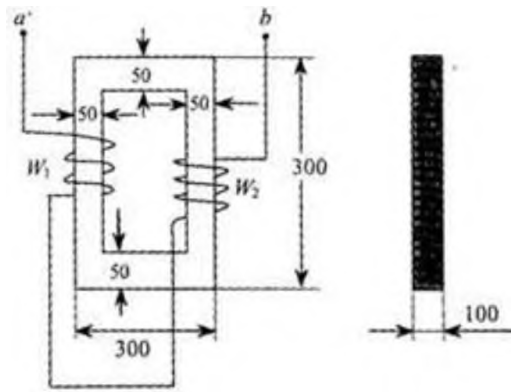


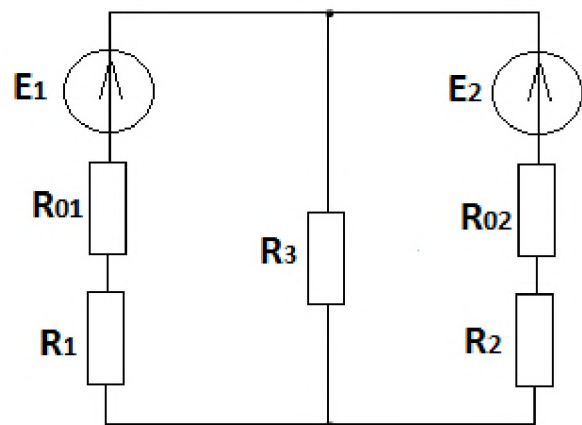
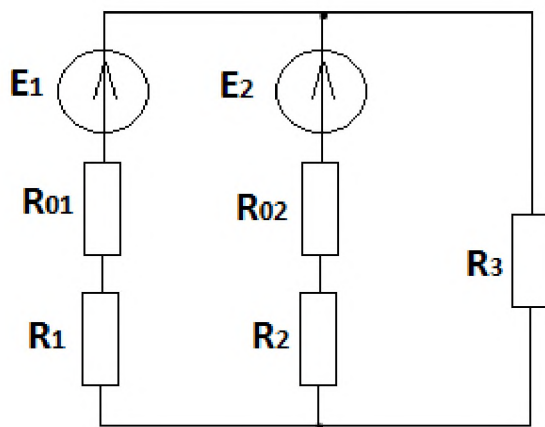
Рис. 5 – Эскиз магнитопровода к задаче 3 варианта 4.

Методические рекомендации по выполнению практического занятия по теме: Формирование навыков определения первого, второго закона Кирхгофа
Цель

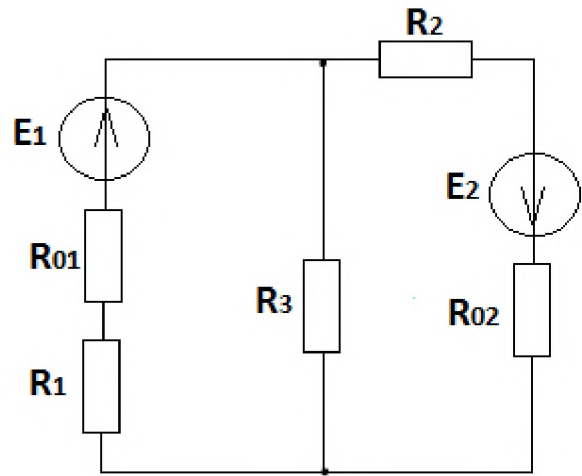
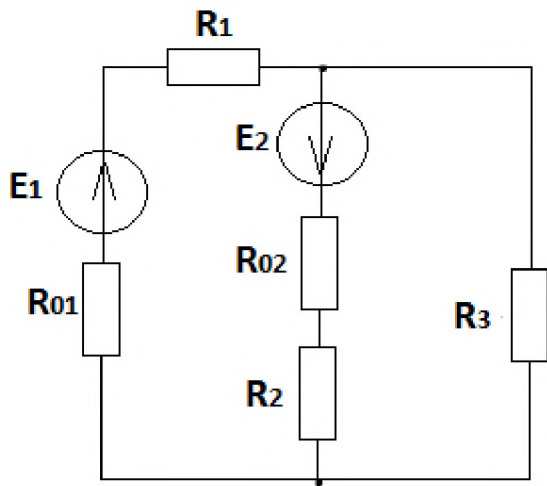
Ход работы: Определить токи во всех ветвях цепи, если даны ЭДС источников E_1 и E_2 , внутренние сопротивления R_{01} и R_{02} , сопротивление резистора R_3 . Задачу решить методом узловых и контурных уравнений, составленных по законам Кирхгофа. Составить уравнение баланса мощностей. Данные для задачи взять из таблицы.

№ вар.	рис.	Заданные величины						
		E_1 , В	E_2 , В	R_{01} , Ом	R_{02} , Ом	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом
1	<i>a</i>	180	220	0,1	0,1	3,9	1,9	40
2	<i>б</i>	110	84,5	0,2	0,1	7,8	9,9	12
3	<i>в</i>	104	220	0,01	0,1	1,99	3,9	36
4	<i>г</i>	140	100	0,01	0,02	1,99	7,98	16
5	<i>д</i>	123	120	0,1	1	19,9	9	13,5
6	<i>e</i>	200	160	2	0,1	35,6	17,9	4,4
7	<i>жс</i>	75	100	0,1	3	4,9	3,4	4,6
8	<i>з</i>	200	96	0,2	4	9,8	19,3	10,7
9	<i>и</i>	110	150	0,01	3	14,99	5,2	4,8
10	<i>к</i>	110	115	4	0,02	10,1	23,98	3,9
11	<i>a</i>	110	220	0,1	0,1	3,9	3,9	9
12	<i>б</i>	227	160	1	1	7	8	35

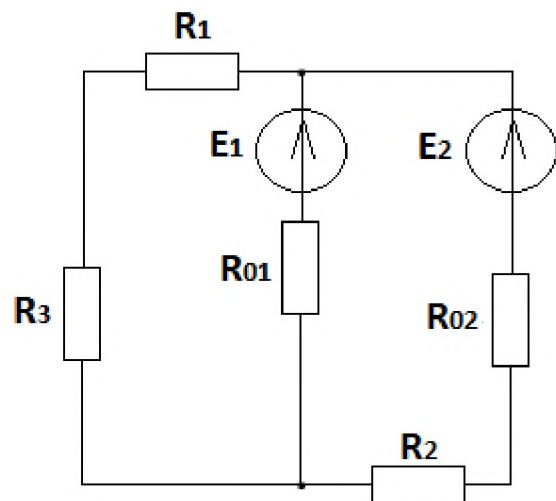
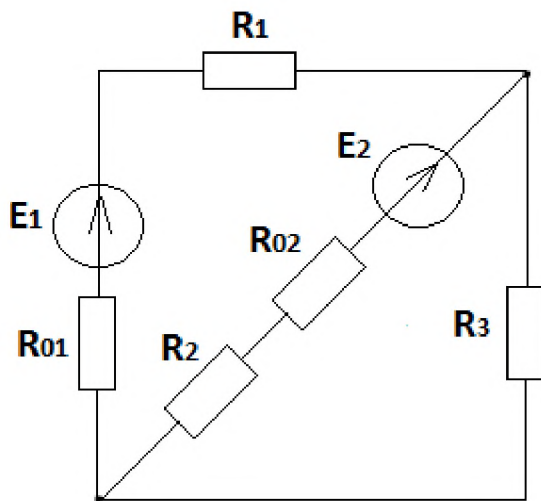
13	<i>б</i>	133	173	2	1	38	9	25
14	<i>з</i>	94	224	1	2	7	23	60
15	<i>д</i>	171	113	0,1	1	9,9	24	75
16	<i>е</i>	320	400	4	0,2	71,2	25,8	8,8
17	<i>ж</i>	200	145	0,2	6	18,8	7,8	13,2
18	<i>з</i>	186	380	0,4	8	19,6	41,6	21,4
19	<i>и</i>	300	220	0,02	6	29,98	11,4	13,6
20	<i>к</i>	330	210	8	0,04	21,2	47,96	7,8
21	<i>а</i>	360	400	0,2	0,2	7,8	3,8	60
22	<i>б</i>	220	118	0,4	0,2	15,6	19,8	20
23	<i>в</i>	205	160	0,02	0,2	3,98	16,8	50
24	<i>з</i>	280	200	0,02	0,04	4,98	14,96	25
25	<i>д</i>	150	125	0,2	2	39,8	18	12



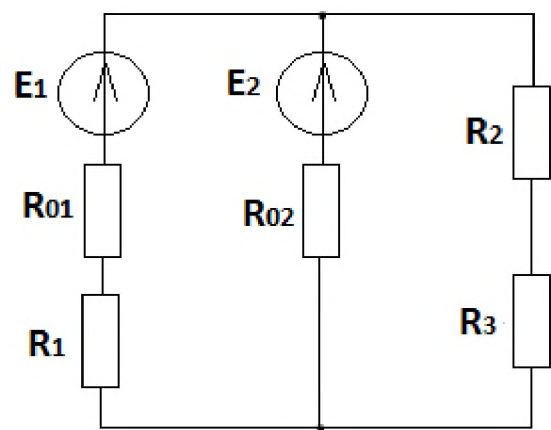
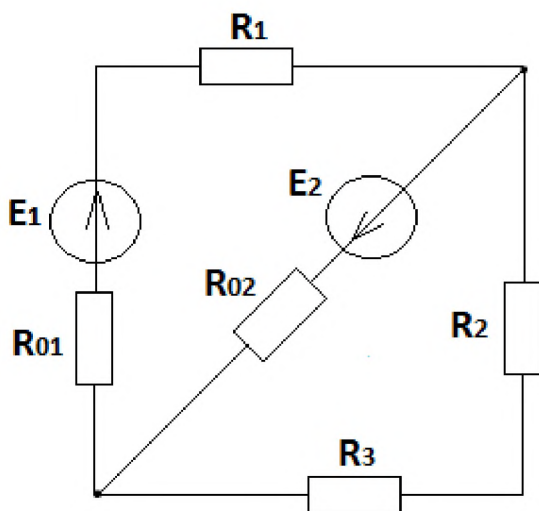
a) б)



b) z)



ð) e)

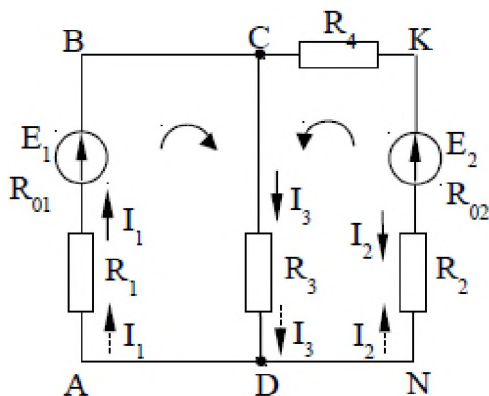


жс) з)

ПРИМЕР

Определить токи во всех ветвях цепи, если ЭДС источников энергии $E_1=180$ В, $E_2=96$ В, их внутренние сопротивления $R_{01}=0,1$ Ом, $R_{02}=2$ Ом; сопротивления резисторов $R_1=7,9$ Ом, $R_2=20$ Ом, $R_3=32$ Ом, $R_4=10$ Ом.

Задачу решить методом узловых и контурных уравнений, составленных по законам Кирхгофа. Составить уравнение баланса мощностей.



Дано:

$$E_1=180 \text{ В};$$

$$E_2=96 \text{ В};$$

$$R_{01}=0,1 \text{ Ом};$$

$$R_{02}=2 \text{ Ом};$$

$$R_1=7,9 \text{ Ом};$$

$$R_2=20 \text{ Ом};$$

$$R_3=32 \text{ Ом};$$

$$R_4=10 \text{ Ом}.$$

Определить: I_1, I_2, I_3 .

Решение.

Количество неизвестных токов равно количеству ветвей в цепи. На рисунке три ветви, следовательно, неизвестных токов три, для их нахождения необходимо составить систему из трех уравнений.

1 Обозначим контуры буквами.

2 На схеме произвольно показываем предварительное направление токов (пунктир).

3 Сначала составляем уравнение по первому закону Кирхгофа. Количество этих уравнений равно числу узлов в схеме без одного. На схеме два узла – С и D, следовательно, составляем одно уравнение по первому закону Кирхгофа, например, для узловой точки С: $I_1+I_2=I_3$.

Остальные уравнения ($3-1=2$) составляются по второму закону Кирхгофа, т. е. два уравнения.

Второе уравнение составим для контура ABCDA, направление обхода контура примем «по часовой стрелке»:

$$E_1 = I_1(R_1 + R_{01}) + I_3 R_3.$$

Третье уравнение составим для контура CKNDC; направление обхода контура примем

«против часовой стрелки»:

$$E_2 = I_2(R_2 + R_{02} + R_4) + I_3 R_3.$$

4 Подставляем исходные данные в полученную систему из трех уравнений и решаем эту систему относительно неизвестных токов:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ E_1 = I_1(R_1 + R_{01}) + I_3 R_3 \\ E_2 = I_2(R_2 + R_{02} + R_4) + I_3 R_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 & (1) \\ 180 = I_1(7,9 + 0,1) + I_3 \cdot 32 & (2) \\ 96 = I_2(20 + 2 + 10) + I_3 \cdot 32 & (3) \end{cases}$$

Из второго уравнения получаем:

$$180 = 8 \cdot I_1 + 32 \cdot I_3;$$

$$I_1 = \frac{180 - 32 \cdot I_3}{8} = 22,5 - 4 \cdot I_3. \quad (a)$$

Из третьего уравнения получаем:

$$96 = 32 \cdot I_2 + 32 \cdot I_3;$$

$$I_2 = \frac{96 - 32 \cdot I_3}{32} = 3 - I_3. \quad (б)$$

Подставляем выражения (a) и (б) в первое уравнение и находим ток I_3 .

$$22,5 - 4 \cdot I_3 + 3 - I_3 = I_3;$$

$$22,5 + 3 = I_3 + 4 I_3 + I_3;$$

$$25,5 = 6 I_3;$$

$$I_3 = \frac{22,5}{6} = 4,25 \text{ A.}$$

Значение тока I_3 подставляем в выражения (а) и (б) и определяем токи I_1 и I_2 :

$$I_1 = 22,5 - 4 \cdot I_3 = 22,5 - 4 \cdot 2,5 = 5,5 \text{ А};$$
$$I_2 = 3 - I_3 = 3 - 4,25 = -1,25 \text{ А}.$$

Ток I_2 получился отрицательным, это значит, что первоначально произвольно принятое

направление тока I_2 от точки D к точке C оказалось неверным и должно быть изменено на

противоположное. На схеме показываем действительное направление токов.

5 Составим уравнение баланса мощностей цепи.

В любой электрической цепи алгебраическая сумма мощностей источников энергии равна сумме мощностей, потребляемых сопротивлениями цепи, и мощности потерь внутри источников, т. е.

$$\sum P_{ист} = \sum P_{потр} + \sum P_0.$$

В левой части уравнения мощность источника, работающего в режиме генератора учитывается со знаком «плюс», в режиме потребителя – со знаком «минус».

Режим работы источника определяется по направлению действия ЭДС и положительному направлению тока данной ветви: если эти направления совпадают, то источник работает в режиме генератора; если не совпадают, то источник работает в режиме потребителя.

$$E_1 I_1 - E_2 I_2 = I_1^2 (R_1 + R_{01}) + I_2^2 (R_2 + R_{02} + R_4) + I_3^2 R_3;$$
$$180 \cdot 5,5 - 96 \cdot 1,25 = 5,5^2 \cdot (7,9 + 0,11) + 1,25^2 \cdot (20 + 2 + 10) + 4,25^2 \cdot 32;$$
$$990 - 120 = 242 + 50 + 578;$$
$$870 \text{ Вт} = 870 \text{ Вт}.$$

Для данной цепи:

Методические рекомендации по выполнению практического занятия по теме: Формирование навыков классификации, элементов и характеристик магнитной цепи

Цель работы: изучить особенности расчета магнитных цепей.

Подготовка к работе: Устройство, содержащее сердечники из ферромагнитных материалов, через которые замыкается магнитный поток, называется магнитной цепью.

На рис.1. показана неразветвленная магнитная цепь, во всех сечениях которой магнитный поток Φ имеет одинаковую величину.

Расчет неразветвленной магнитной цепи в большинстве случаев сводится к определению намагничивающей силы $I \cdot W$, которая требуется для получения заданного магнитного потока Φ или магнитной индукции B . При этом указываются размеры и материал всех участков магнитной цепи.

При расчетах магнитных цепей определение напряженности магнитного поля по заданному значению магнитной индукции рекомендуется вести по кривым намагничивания, приведенным на рис.2. При пользовании кривыми будьте внимательны, поскольку для определения H предложены две различных шкалы в зависимости от вида ферромагнитного материала. На рис.2. пунктиром показано определение H по заданному значению B для чугуна: при $B=0,85$ Тл величина

$$H \approx 5700 \text{ А/м.}$$

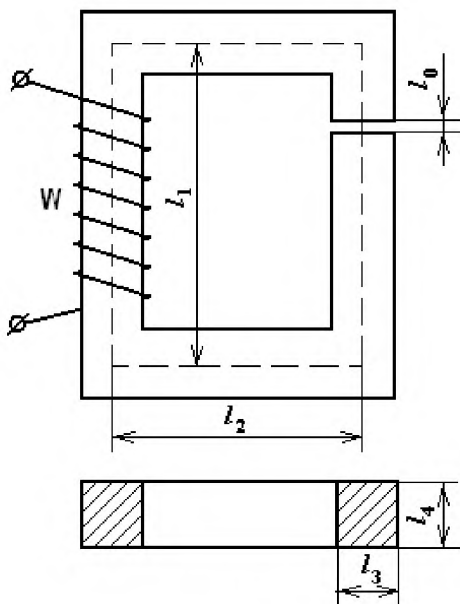


Рис.1

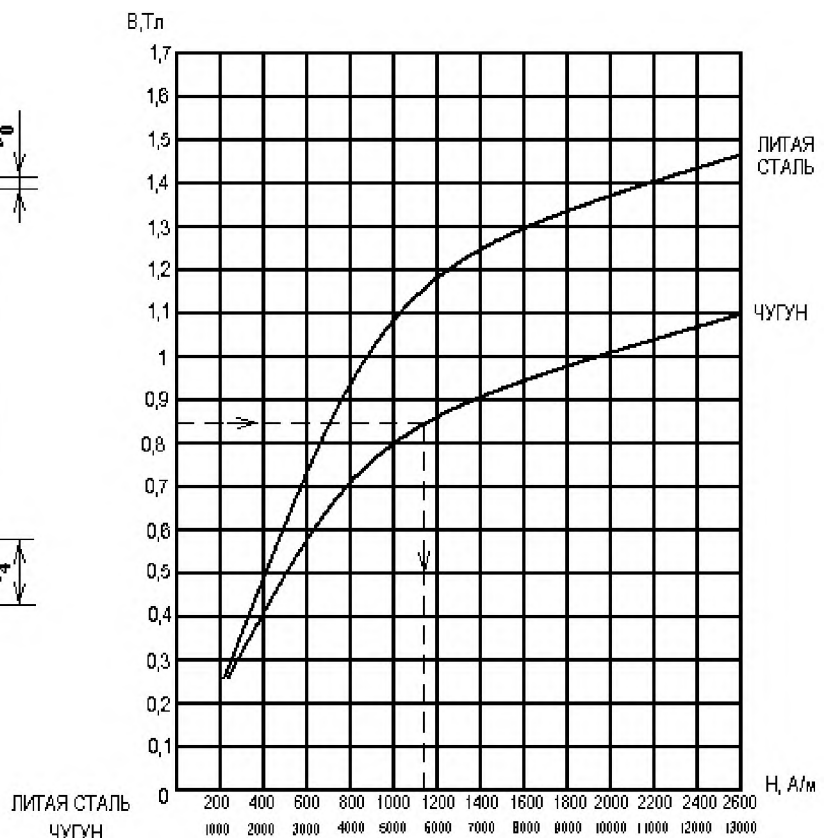


Рис.2

Пример: Для магнитной цепи, приведенной на рис.1. заданы размеры цепи:

$l_1=26$ см, $l_2=16$ см, $l_3=4$ см, $l_4=5$ см, число витков обмотки $W=800$, магнитный поток $1,6 \cdot 10^{-3}$ Вб и материал сердечника – литая сталь. В магнитной цепи имеется воздушный зазор $l_0=0,05$ см.

Определить: 1) силу тока в обмотке для создания заданного магнитного потока 2) абсолютную магнитную проницаемость на участке с обмоткой 3) потокосцепление и индуктивность обмотки.

Решение: 1. Из чертежа находим сечение сердечника S и длину средней магнитной линии l_{cp} :

$$S = l_3 \cdot l_4 = 4 \cdot 5 \text{ см}^2 = 20 \text{ см}^2 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 ;$$

$$l_{cp} = l_1 \cdot 2 + l_2 \cdot 2 = 26 \cdot 2 \text{ см} + 16 \cdot 2 \text{ см} = 84 \text{ см} = 0,84 \text{ м}$$

При этом малой величиной l_0 пренебрегаем.

2. Определяем магнитную индукцию в сердечнике:

$$B = \Phi / S = 1,6 \cdot 10^{-3} / (20 \cdot 10^{-4}) = 0,8 \text{ Тл.}$$

3. По кривым намагничивания (см. рис.2.), зная B , находим для литой стали

$H_{ст} \approx 680 \text{ А/м}$. Напряженность H_0 в зазоре вычисляем по формуле

$$H_0 = B / \mu_0 = 0,8 / (125 \cdot 10^{-8}) = 6,4 \cdot 10^5 \text{ А/м.}$$

4. Силу тока находим из закона полного тока:

$$IW = H_{ст} l_{cp} + H_0 l_0 ; I \cdot 800 = 680 \cdot 0,84 + 6,4 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot 10^{-2} ,$$

$$I = 1,11 \text{ А}$$

5. Определяем абсолютную магнитную проницаемость:

$$\mu_a = B / H_{ст} = 0,8 / 680 = 0,00118 \text{ Гн/м}$$

6. Определяем потокосцепление обмотки:

$$\Psi = \Phi W = 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 800 = 1,28 \text{ Вб.}$$

7. Определяем индуктивность обмотки:

$$L = \Psi / I = 1,28 / 1,11 = 1,15 \text{ Гн}$$

Ход выполнения работы: Для магнитной цепи, приведенной на рис.1, определить: 1) силу тока в обмотке для создания заданного магнитного потока 2) абсолютную магнитную проницаемость на участке с обмоткой 3) потокосцепление и индуктивность обмотки. Данные для своего варианта взять из таблицы 1.

Таблица 1

№ вар.	l_1	l_2	l_3	l_4	l_0	Φ	W	Материал сердечника
	см	см	см	см	см	Вб	-	-
1	26	15	4	4	0,01	$1,4 \cdot 10^{-3}$	650	Литая сталь
2	27	14	3	5	0,02	$1,2 \cdot 10^{-3}$	670	Чугун
3	24	12	4	6	0,03	$1,1 \cdot 10^{-3}$	690	Литая сталь
4	25	16	3	4	0,04	$1,1 \cdot 10^{-3}$	700	Чугун
5	20	17	5	6	0,05	$1,5 \cdot 10^{-3}$	720	Литая сталь
6	23	13	6	7	0,06	$1,9 \cdot 10^{-3}$	740	Чугун
7	21	16	3	6	0,07	$1,3 \cdot 10^{-3}$	760	Литая сталь
8	28	11	4	7	0,08	$1,6 \cdot 10^{-3}$	780	Чугун
9	22	18	5	7	0,09	$1,8 \cdot 10^{-3}$	810	Литая сталь
10	24	14	2	8	0,015	$1 \cdot 10^{-3}$	850	Чугун

Контрольные вопросы:

1. Что называется магнитной цепью?
2. К чему сводится расчет неразветвленной магнитной цепи?
3. Сформулируйте закон полного тока.
4. Что такое магнитный поток и магнитная индукция?

Методические рекомендации по выполнению практического занятия по теме: Формирование навыков определения закона Ома

Цель: научиться применять законы Ома при решении задач.

Оборудование: методические рекомендации, карандаш, линейка.

Краткая теория

Рассмотрим простейшую полную (т. е. замкнутую) цепь, состоящую из источника тока (гальванического элемента, аккумулятора или генератора) и резистора сопротивлением R . Источник тока имеет ЭДС E и сопротивление r .

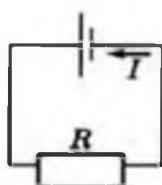


Рис. 15.10

В генераторе r — это сопротивление обмоток, а в гальваническом элементе сопротивление раствора электролита и электродов.

Сопротивление источника называют **внутренним сопротивлением** в отличие от внешнего сопротивления R цепи.

Закон Ома для замкнутой цепи связывает силу тока в цепи, ЭДС и *полное сопротивление цепи* $R + r$. Эта связь может быть установлена теоретически, если использовать закон сохранения энергии и закон Джоуля—Ленца.

Пусть за время Δt через поперечное сечение проводника проходит электрический заряд Δq . Тогда работу сторонних сил при перемещении заряда Δq можно записать так: $A_{ст} = E\Delta q$. Согласно определению силы тока (15.1) $\Delta q = I\Delta t$. Поэтому

$$A_{ст} = EI\Delta t.$$

При совершении этой работы на внутреннем и внешнем участках цепи, сопротивления которых r и R , выделяется некоторое количество теплоты. По закону Джоуля—Ленца оно равно:

$$Q = I^2 R \Delta t + I^2 r \Delta t,$$

По закону сохранения энергии $A_{ст} = Q$, откуда получаем

$$E = IR + Ir.$$

Произведение силы тока и сопротивления участка цепи называют **падением напряжения на этом участке**.

Таким образом, ЭДС равна сумме падений напряжения на внутреннем и внешнем участках замкнутой цепи.

Закон Ома для замкнутой цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}.$$

(15.20)

Сила тока в замкнутой цепи равна отношению ЭДС источника тока к полному сопротивлению цепи:

Согласно этому закону сила тока в цепи зависит от трёх величин: ЭДС E сопротивлений R внешнего и r внутреннего участков цепи. Внутреннее сопротивление источника тока не оказывает заметного влияния на силу тока, если оно мало по сравнению с сопротивлением внешней части цепи ($R \gg r$).

При этом напряжение на зажимах источника примерно равно ЭДС: $U = IR = E - Ir \approx E$

$$I_{к.з} = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

При коротком замыкании, когда $R \approx 0$, сила тока в цепи и определяется именно внутренним сопротивлением источника и при электродвижущей силе в несколько вольт может

оказаться очень большой, если r мало (например, у аккумулятора $r \approx 0,1 - 0,001$ Ом). Провода могут расплавиться, а сам источник выйти из строя.

Если цепь содержит несколько последовательно соединённых элементов с ЭДС E_1, E_2, E_3 и т. д., то полная ЭДС цепи равна алгебраической сумме ЭДС отдельных элементов.

Для определения знака ЭДС любого источника нужно вначале условиться относительно выбора положительного направления обхода контура. На рисунке положительным (произвольно) считают направление обхода против часовой стрелки.

Если при обходе цепи данный источник стремится вызвать ток в направлении обхода, то его ЭДС считается положительной: $E > 0$. Сторонние силы внутри источника совершают при этом положительную работу.

Если же при обходе цепи данный источник вызывает ток против направления обхода цепи, то его ЭДС будет отрицательной: $E < 0$. Сторонние силы внутри источника совершают отрицательную работу. Так, для цепи, изображённой на рисунке, при обходе контура против часовой стрелки получаем следующее уравнение:

$$E_{\text{п}} = E_1 + E_2 + E_3 = |E_1| - |E_2| + |E_3|$$

Если $E_{\text{п}} > 0$, то согласно формуле для закона Ома сила тока $I > 0$, т. е. направление тока совпадает с выбранным направлением обхода контура. При $E_{\text{п}} < 0$, наоборот, направление тока противоположно выбранному направлению обхода контура. Полное сопротивление цепи $R_{\text{п}}$ равно сумме всех сопротивлений:

$$R_{\text{п}} = R + r_1 + r_2 + r_3.$$

Для любого замкнутого участка цепи, содержащего несколько источников токов, справедливо следующее правило: алгебраическая сумма падений напряжения равна алгебраической сумме ЭДС на этом участке (второе правило Кирхгофа):

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 + \dots + I_n R_n = E_1 + E_2 + \dots + E_m$$

Пример №1. Батарея аккумуляторов с ЭДС $\xi = 2,8$ В включена в цепь согласно схеме. $R_1 = 3,6$ Ом; $R_2 = 4$ Ом; $R_3 = 6$ Ом. Амперметр показывает силу тока $I_2 = 0,24$ А. Определить внутреннее сопротивление батареи. Сопротивлением амперметра пренебречь.

Дано:

$\xi = 2,8$ В
 $R_1 = 3,6$ Ом
 $R_2 = 4$ Ом
 $R_3 = 6$ Ом
 $I_2 = 0,24$ А
 $r = ?$

Решение:

Т.к. цепь замкнута, то полное сопротивление цепи равно:

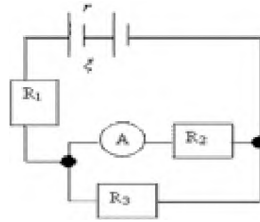
$$R = r + R_1 + \left(\frac{R_3 R_2}{R_3 + R_2} \right)$$

Согласно закону Ома для полной замкнутой цепи получаем:

$$R = \frac{\xi}{I};$$



Рис. 15.11



$$r = \left(\frac{\varepsilon}{I} \right) - R_1 - \left(\frac{R_3 R_2}{R_3 + R_2} \right)$$

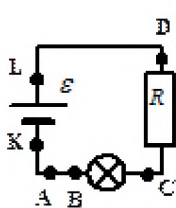
Расчет: $r = 1 \text{ Ом};$

Ответ: $r = 1 \text{ Ом}.$

Задачи для самостоятельной работы:

1. Рассчитайте силу тока в замкнутой цепи, состоящей из источника тока, ЭДС которого равна 10 В, а внутреннее сопротивление равно 1 Ом. Сопротивление резистора равно 4 Ом.
2. В цепи источника тока с э. д. с. $\varepsilon = 30 \text{ В}$ идет ток $I = 2 \text{ А}$. Напряжение на зажимах источника $V = 18 \text{ В}$. Найти внешнее сопротивление цепи R и внутреннее сопротивление источника r .
3. В цепи, состоящей из реостата и источника тока с э. д. с. $\varepsilon = 6 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 2 \text{ Ом}$, идет ток $I_1 = 0,5 \text{ А}$. Какой ток I_2 пойдет при уменьшении сопротивления реостата в три раза?
4. Источник тока с э. д. с. ε и внутренним сопротивлением r замкнут на сопротивление R . Как меняется ток в цепи и напряжение на зажимах источника в зависимости от R ? Построить графики этих зависимостей при $\varepsilon = 15 \text{ В}$ и $r = 2,5 \text{ Ом}$.

Контрольные вопросы:



1. Для измерения напряжения на лампе (см. рисунок) вольтметр следует подключить к каким точкам?
2. Чему равно внешнее сопротивление в случае короткого замыкания?

1 В цепи источника тока с э. д. с. $\varepsilon = 30 \text{ В}$ идет ток $I = 2 \text{ А}$. Напряжение на зажимах источника $V = 18 \text{ В}$. Найти внешнее сопротивление цепи R и внутреннее сопротивление источника r .

Решение:

Напряжение на внешнем сопротивлении цепи $V = I \cdot R$. Ток в цепи $I = \varepsilon / (R + r)$; отсюда $R = V / I = 6 \text{ Ом}$, $r = (\varepsilon - V) / I = 4 \text{ Ом}$.

2 В цепи, состоящей из реостата и источника тока с э. д. с. $\varepsilon = 6 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 2 \text{ Ом}$, идет ток $I_1 = 0,5 \text{ А}$. Какой ток I_2 пойдет при уменьшении сопротивления реостата в три раза?

Решение:

По закону Ома для цепи $I_1 = \varepsilon / (R + r)$ и $I_2 = \varepsilon / (R/3 + r)$, где R — сопротивление реостата. Исключив из этих уравнений R , найдем $I_2 = 3I_1 \varepsilon / (\varepsilon + 2I_1 r) = 1,125 \text{ А}$.

3 Источник тока с э. д. с. ε и внутренним сопротивлением r замкнут на сопротивление R . Как меняется ток в цепи и напряжение на зажимах источника в зависимости от R ? Построить графики этих зависимостей при $\varepsilon = 15 \text{ В}$ и $r = 2,5 \text{ Ом}$.

Решение:

Ток в цепи $I = \varepsilon / (R + r)$. Напряжение на зажимах источника тока $V = I R = \varepsilon R / (R + r)$. При $R = 0$ через источник течет ток короткого замыкания $I_k = \varepsilon / r = 6 \text{ А}$. С увеличением R ток стремится к нулю (по гиперболическому закону) (рис. 355, а), а напряжение стремится к э. д. с. $\varepsilon = 15 \text{ В}$ (рис. 355, б).

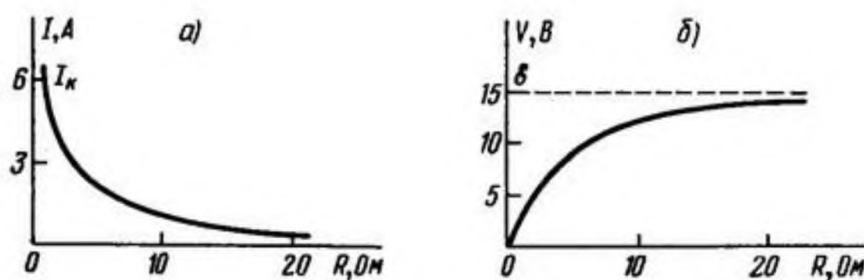


Рис. 355

Методические рекомендации по выполнению практического занятия по теме: Расчет последовательного соединения резисторов

Цель работы: Актуализация и развитие знаний об электрических цепях, развитие практического опыта расчетов электрических цепей постоянного тока с последовательным соединением нагрузок (сопротивлений).

Ход работы:

- Ознакомиться с основными понятиями и определениями;
- Выполнение расчета электрической цепи;
- Оформление отчета;
- Защита отчета.

Основные теоретические положения

При расчете электрических цепей применяют схемы замещения — расчетные модели электрической цепи, на которой реальные элементы замещаются идеализированными элементами. Например, для учета необратимого процесса потребления электрической энергии элементом цепи, в схему замещения вводят резистивный элемент, или просто резистор, обладающий сопротивлением R (рис. 1). Источник напряжения может замещаться идеальным источником напряжения, который характеризуется величиной ЭДС E .

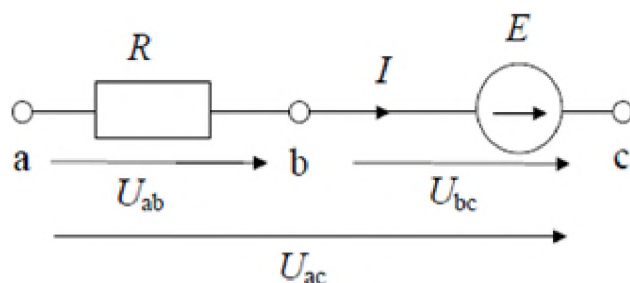


Рис.1

Закон Ома определяет связь между основными электрическими величинами. **Ток в резисторе прямо пропорционален напряжению на его концах и обратно пропорционален сопротивлению.** Для участка цепи между точками «а» и «б» (рис. 1) по закону Ома

$$I = U_{ab}/R, R = U_{ab}/I, U_{ab} = RI, (1)$$

где I — ток; U_{ab} — напряжение между точками «а» и «б» R – сопротивление.

В электрических цепях применяют последовательное, параллельное и смешанное соединение резисторов.

Последовательным соединением резисторов — (приемников энергии) называется такое соединение, при котором резисторы соединены один за другим без разветвлений (рис. 2, а) и при наличии источника питания по ним проходит один и тот же ток.

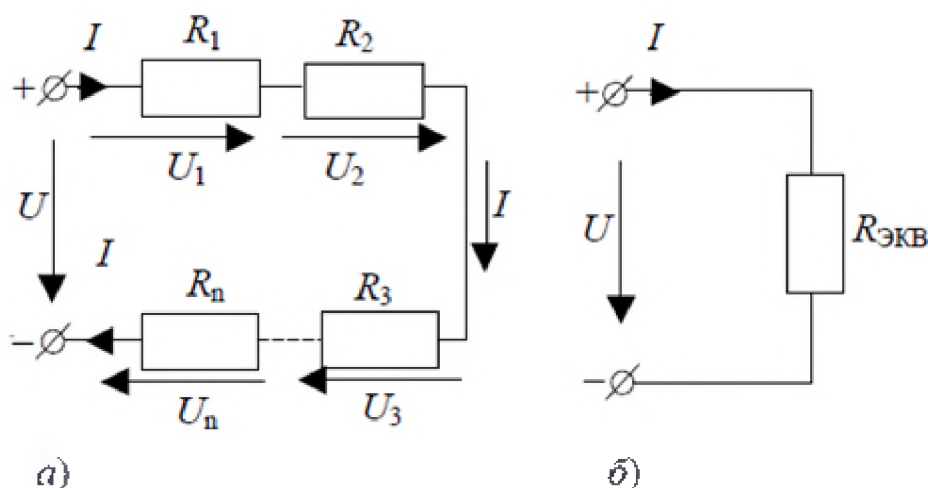


Рис. 2.

При последовательном соединении n резисторов токи заданной (рис. 2, а) и эквивалентной (рис. 2, б) схем будут одинаковыми. Общее (эквивалентное) сопротивление можно определить по следующей формуле:

$$R_{\text{ЭКВ}} = R1 + R2 + R3 + \dots + Rn. (2)$$

Таким образом, эквивалентное сопротивление последовательно соединенных пассивных элементов равно сумме сопротивлений этих элементов ($I = U/R_{\text{ЭКВ}}$).

Практическая часть:

Напряжение на участке цепи равно 220 Вольт, сопротивления в табл.1. Рассчитайте эквивалентное сопротивление и силу тока в цепи. Табл.1

1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант	5 вариант	6 вариант
$R_1=2 \text{ Ом}$	$R_1=1 \text{ Ом}$	$R_1=5 \text{ Ом}$	$R_1=2 \text{ Ом}$	$R_1=1 \text{ Ом}$	$R_1=5 \text{ Ом}$
$R_2=4 \text{ Ом}$	$R_2=3 \text{ Ом}$	$R_2=6 \text{ Ом}$	$R_2=4 \text{ Ом}$	$R_2=3 \text{ Ом}$	$R_2=6 \text{ Ом}$
$R_3=2 \text{ Ом}$	$R_3=3 \text{ Ом}$	$R_3=5 \text{ Ом}$	$R_3=2 \text{ Ом}$	$R_3=3 \text{ Ом}$	$R_3=5 \text{ Ом}$
$R_4=3 \text{ Ом}$	$R_4=3 \text{ Ом}$	$R_4=4 \text{ Ом}$	$R_4=3 \text{ Ом}$	$R_4=3 \text{ Ом}$	$R_4=4 \text{ Ом}$

Контрольные вопросы:

1. Что такое схема замещения?
2. Что определяет закон Ома?
3. Сформулируйте закон Ома. Обозначить единицы измерения.
4. Что называется последовательным соединением резисторов?
5. Формулировка эквивалентного сопротивления + формула.

Содержание отчета:

1. Название и номер лабораторной работы.
2. Цель и ход выполнения работы.
3. Выполнение расчета практической части со схемой.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Сформулировать вывод по данной работе.

Методические рекомендации по выполнению практического занятия по теме: Расчет сопротивления алюминиевого провода

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

«Расчет сопротивления проводников и выбор сечений проводов»

Цель работы.

Научиться производить расчет сопротивления проводника по его параметрам; производить выбор сечений проводов по току

Пояснения к работе.

Электрическое сопротивление R – это параметр элементов электрической цепи, который характеризует способность элемента поглощать электрическую энергию и преобразовывать ее в другие виды энергии.

За единицу сопротивления принят ом (Ом).

$$1 \text{ Ом} = 1\text{В}/1\text{А}.$$

Величина электрического сопротивления R зависит от геометрических размеров и свойств материала проводника

$$R = \rho \cdot l / S, \text{ где } \rho - \text{удельное сопротивление, Ом}\cdot\text{м или Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}; l - \text{длина, м}; S - \text{площадь поперечного сечения, м}^2 \text{ или мм}^2.$$

При прокладке силовых коммуникаций основной возникающий вопрос – выбор типа и сечения провода, который нужно использовать. При этом тип провода, определяющий материал и количество изоляционных оболочек (различные виды пластика и других материалов), а также материал (медь или алюминий) и тип (одно- и многожильный) проводника, выбирается

исходя из условий, в которых будет проложен провод. Сечение же провода определяется исходя из максимального тока, который будет протекать по проводу продолжительное время. Помочь в выборе сечения провода вам помогут таблицы 1 и 2.

Таблица 1-Сечение провода для передачи переменного тока в сетях 220/380 Вольт

Ток, А												
Мощность, кВт	220 В	1,2	2,2	2,9	3,5	4,4	5,5	7,0	8,8	11,0	13,9	17,6
380 В		2,3	3,8	4,9	6,0	7,6	9,5	12,2	15,2	19,0	23,9	30,4
Сечение, мм ²	Cu	0,5	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	4,0	4,0	6,0	10,0	10,0
Al		2,5	2,5	2,5	2,5	4,0	4,0	6,0	10,0	16,0	25,0	

Таблица 2-Сечение медного провода для передачи постоянного тока при напряжении 12 Вольт

Ток, А	16,5	21,5	25,0	32,0	43,5	58,5	77,0	103,0	142,5
Мощность, кВт	0,20	0,26	0,30	0,38	0,52	0,70	0,92	1,24	1,71
Сечение, мм ²	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	10,0	16,0

Порядок выполнения работы.

1. Проведите анализ формулы для расчета сопротивления.
2. Выполните расчет по формуле сопротивления. Номер варианта соответствует последней цифре номера в списке группы по журналу. Удельное сопротивление определить по таблице 6.

Таблица 3- Номер варианта

Вариант	Данные для расчета
	Определите сопротивление алюминиевого провода, длина которого 1800 м и площадь поперечного сечения 10 мм ² .
	Площадь сечения медной проволоки равна 2мм ² , а длина 55м. Определить ее сопротивление.
	Никелиновая проволока имеет сопротивление 200 Ом и длину 100 м. Определить площадь поперечного сечения.
	Сколько метров медного провода сечением 2 мм ² необходимо, чтобы сопротивление было равно 1 Ом?
	Электрическая плитка имеет нагревательный элемент, изготовленный из константановой проволоки длиной 0,5м и сечением 0,2мм ² . Каково сопротивление спирали?
	Нужно изготовить реостат с сопротивлением 50 Ом. Имеется манганиновая проволока сечением 0,2 мм ² . Сколько метров проволоки потребуется?
	Каково сопротивление алюминиевого провода сечением 2,5мм ² и

	длиной 300м?
	Сопротивление нагревательной спирали 24Ом. Какой длины должен быть провод из нихрома, если сечение его 0,3мм ² ?
	Провод сечением 4мм ² и длиной 200м имеет сопротивление 6,5 Ом. Определить материал провода.
	Нужно изготовить реостат с сопротивлением 20 Ом из манганинового провода. Определить сечение провода, если его длина 5м.

3. Определить сечение провода по таблицам, исходя из данных, приведенных в таблице 4.

Таблица 4-Исходные данные для вычисления сечения провода

№ варианта	Род тока	Напряжение, В	Материал провода	Мощность приемников, кВт
	постоянный		медь	0,20
	переменный		медь	1,2
	переменный		алюминий	2,2
	переменный		медь	2,3
	переменный		алюминий	3,8
	постоянный		медь	0,30
	переменный		медь	2,9
	переменный		алюминий	3,5
	переменный		медь	4,9
	переменный		алюминий	6,0
	постоянный		медь	0,52
	переменный		медь	4,4
	переменный		алюминий	5,5
	переменный		медь	7,6
	переменный		алюминий	9,5
	постоянный		медь	0,70
	переменный		медь	7,0
	переменный		алюминий	8,8
	переменный		медь	12,2
	переменный		алюминий	15,2
	постоянный		медь	0,92
	переменный		медь	11,0
	переменный		алюминий	13,9
	переменный		медь	19,0
	переменный		алюминий	23,9
	постоянный		медь	1,24
	переменный		медь	17,6
	переменный		алюминий	1,2
	переменный		медь	30,4

	переменный		алюминий	7,6
--	------------	--	----------	-----

Содержание отчета.

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Формула сопротивления и анализ формулы.
4. Расчеты по формуле сопротивления.
5. Результаты определения сечения провода занести в таблицу 5.

Таблица 5-Таблица с результатами определения сечения провода

№ варианта	Род тока	Напряжение, В	Материал провода	Мощность приемников, кВт	Ток, А	Сечение провода, мм ²

6. Вывод.

5 Контрольные вопросы.

1. Как обозначается и в каких единицах измеряется электрическое сопротивление?
2. От каких величин зависит электрическое сопротивление?
3. По каким параметрам определяют сечение провода на практике?

Таблица 6- Удельное сопротивление металлов при температуре 20⁰С

Вещество	ρ , $\times 10^{-8}$ Ом·м	α , К ⁻¹	Вещество	ρ , $\times 10^{-8}$ Ом·м	α , К ⁻¹
	или $\times 10^{-2}$ Ом·мм ² /м			или $\times 10^{-2}$ Ом·мм ² /м	
Алюминий	2,8	0,0042	Нихром	110	0,0001
Вольфрам	5,5	0,0048	Свинец	21	0,0037
Латунь	7,1	0,001	Серебро	1,6	0,004
Медь	1,7	0,0043	Сталь	12	0,006
Никелин	42	0,0001	Константан	50	0,00003

Методические рекомендации по выполнению практического занятия по теме: Расчет параллельного соединения резисторов

Цель работы: получить навыки и умения в расчете цепей постоянного тока.

Задача:

Цепь постоянного тока содержит шесть резисторов, соединенных смешанно. Схема цепи и значения резисторов указаны на соответствующем рисунке.

Определить: 1) эквивалентное сопротивление цепи относительно вводов АВ; 2) ток в каждом резисторе; 3) напряжение на каждом резисторе;

Таблица 2. – Таблица вариантов

№ варианта	R 1, Ом	R 2, Ом	R 3, Ом	R 4, Ом	R 5, Ом	R 6, Ом	U, В	Определить
1	2	4	4	5	6	2	100	И1, И2, И3, И4, И5
2	2	5	10	4	8	10	100	И1, И2, И3, И4, И5
3	5	4	3	6	9	1	100	И1, И2, И3, И4, И5
4	6	8	10	12	14	16	200	И1, И2, И3, И4, И5
5	8	10	6	14	20	10	150	И1, И2, И3, И4, И5
6	2	3	4	5	10	20	100	И1, И2, И3, И4, И5
7	3	5	7	9	4	2	100	И1, И2, И3, И4, И5
8	10	10	15	20	14	6	100	И1, И2, И3, И4, И5
9	4	10	8	4	6	2	100	И1, И2, И3, И4, И5
10	20	10	50	25	30	5	100	И1, И2, И3, И4, И5
11	12	16	15	10	25	10	150	И1, И2, И3, И4, И5
12	5	10	4	8	6	14	100	И1, И2, И3, И4, И5
13	25	30	30	10	5	12	100	И1, И2, И3, И4, И5
14	50	5	10	5	10	10	100	И1, И2, И3, И4, И5
15	40	2	10	15	20	25	100	И1, И2, И3, И4, И5
16	20	10	15	12	13	2	150	И1, И2, И3, И4, И5
17	15	13	26	26	20	6	150	И1, И2, И3, И4, И5
18	10	12	8	6	4	2	50	И1, И2, И3, И4, И5
19	12	8	6	4	4	5	100	И1, И2, И3, И4, И5
20	8	8	12	10	10	2	5050	И1, И2, И3, И4, И5
21	3	15	12	10	3	5	20	И1, И2, И3, И4, И5
22	10	3	5	7	9	13	50	И1, И2, И3, И4, И5
23	17	10	10	20	10	5	50	И1, И2, И3, И4, И5
24	20	20	15	10	5	10	50	И1, И2, И3, И4, И5

25	10	10	15	20	20	10	100	II, I2, I3, I4, I5
----	----	----	----	----	----	----	-----	--------------------

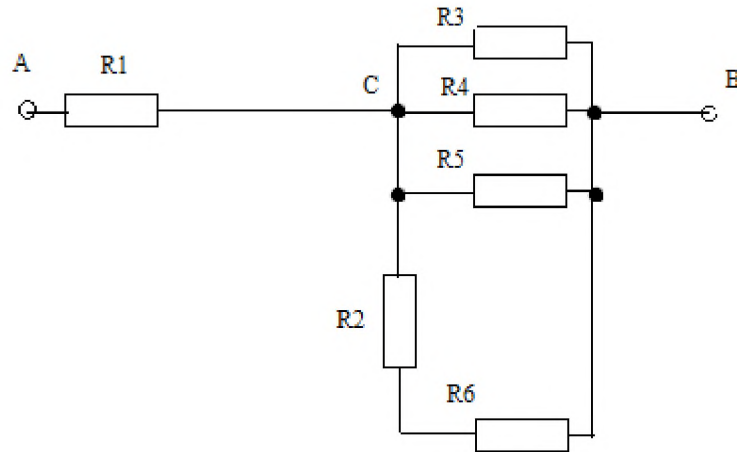


Рисунок 1. – Расчетная схема

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Тема;
2. Цель работы;
3. Схема электрической цепи;
4. Условие задачи;
5. Решение задачи;
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Способ подключения амперметра и вольтметра.
2. Нарисовать схемы с параллельным соединением элементов, указать основные свойства этих соединений, дать порядок расчета этих схем.
3. Дать определение понятиям «электрическая цепь», «электротехника», «узел», «ветвь», «контур»?

Методические рекомендации по выполнению практического занятия по теме: Построение схем электрических цепей переменного тока

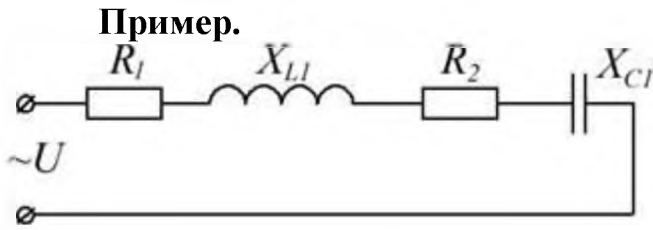
Цель работы: Научиться производить расчет цепей переменного тока.

Приобретаемые умения и навыки:

1. Научиться пользоваться справочными данными и расчетными формулами
2. Научиться пользоваться вычислительной техникой

Общие сведения

Задача относится к расчету неразветвленных цепей переменного тока. Перед ее решением изучите соответствующий теоретический материал, ознакомьтесь с методикой построения векторных диаграмм и рассмотрите типовой пример.



Цепь переменного тока содержит последовательно соединенные резистор с сопротивлением $R_1=6$ Ом, индуктивность с индуктивным

сопротивлением $X_L=10$ Ом, резистор с сопротивлением $R_2=2$ Ом и конденсатор с емкостным сопротивлением $X_C=4$ Ом (см. рис. 1)

К цепи приложено напряжение $U = 50$ В (действующее значение). Определить: 1) полное сопротивление цепи; 2) ток; 3) коэффициент мощности; 4) активную, реактивную и полную мощности; 5) напряжения на каждом сопротивлении. Начертите в масштабе, векторную диаграмму цепи.

Решение.

1. Определяем полное сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(6 + 2)^2 + (10 - 4)^2} = 10 \text{ Ом}$$

2. Определяем ток:

$$I = \frac{U}{Z} = 50/10 = 5 \text{ А}$$

3. Определяем угол сдвига по фазе между током и напряжением цепи:

$$\sin \varphi = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{10 - 4}{10} = 0,6 \quad . \quad \text{Откуда } \varphi \approx 36^\circ$$

4. Определяем активную мощность

$$\text{цепи: } P = I^2 \cdot (R_1 + R_2) = 5^2 \cdot (6 + 2) = 200 \text{ Вт}$$

$$\text{или } P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 50 \cdot 5 \cdot 0,8 = 200 \text{ Вт,}$$

$$\text{Здесь } \cos \varphi = \frac{R_1 + R_2}{Z} = \frac{6 + 2}{10} = 0,8 \quad \text{коэффициент мощности цепи.}$$

5. Определяем реактивную мощность

$$\text{цепи: } Q = I^2 \cdot (X_L - X_C) = 5^2 \cdot (10 - 4) = 200 \text{ вар} \quad \text{или}$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 50 \cdot 5 \cdot 0,6 = 150 \text{ вар}$$

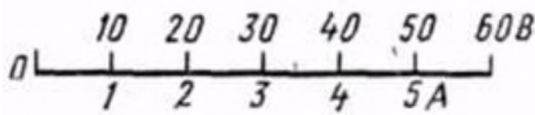
6. Определяем полную мощность цепи:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{200^2 + 150^2} = 250 \text{ ВА} \quad \text{или} \quad S = U \cdot I = 50 \cdot 5 = 250 \text{ ВА}$$

7. Определяем падения напряжения на сопротивлениях цепи:

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 5 \cdot 6 = 30 \text{ В} \quad U_{R2} = I \cdot R_2 = 5 \cdot 2 = 10 \text{ В}$$

$$U_L = I \cdot X_L = 5 \cdot 10 = 50 \text{ В}$$



$$U_C = I \cdot X_C = 5 \cdot 4 = 20 \text{ В}$$

Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для тока и напряжения. Задаем масштаб по току: $m_I = 1 \text{ А/см}$ (в 1 см — 1,0 А) и масштаб по напряжению: $m_U = 10 \text{ В/см}$ (в 1 см — 10 В).

Построение векторной диаграммы (см. рис. 2) начинаем с вектора тока, который откладываем по горизонтали, длина вектора тока:

$$|\vec{I}| = \frac{I}{m_I} = \frac{5}{1} = 5 \text{ см}$$

Вдоль вектора тока откладываем векторы падений напряжения на активных сопротивлениях R_1 и R_2 , длины которых определяем по формулам:

$$|\vec{U}_{R1}| = \frac{U_{R1}}{m_U} = \frac{30}{10} = 3 \text{ см} \quad |\vec{U}_{R2}| = \frac{U_{R2}}{m_U} = \frac{10}{10} = 1 \text{ см}$$

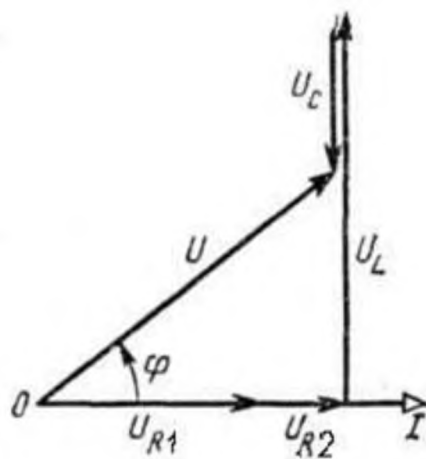
Из конца вектора напряжения на активном сопротивлении R_2 - \vec{U}_{R2} , откладываем в сторону опережения вектора тока на 90° вектор падения напряжения на индуктивном сопротивлении -

\vec{U}_L , его длина:

$$|\vec{U}_L| = \frac{U_L}{m_U} = \frac{50}{10} = 5 \text{ см}$$

Из конца вектора \vec{U}_L откладываем в сторону отставания от вектора тока на 90° вектор падения напряжения на конденсаторе \vec{U}_C , его длина:

$$|\vec{U}_C| = \frac{U_C}{m_U} = \frac{20}{10} = 2 \text{ см}$$



Геометрическая сумма векторов $\vec{U}_{R1}, \vec{U}_{R2}, \vec{U}_L, \vec{U}_C$ равна полному напряжению \vec{U} , приложенному к цепи.

Рис. 2

Порядок выполнения работы:

1. Отметьте в отчете наименование и цель занятия.
2. Отметьте в отчете исходные условия задачи и заданную схему. Условия задачи и схемы цепей приведены в приложении.

3. Выполните предложенное задание. По необходимости, при выполнении задания практической работы, повторите теоретический материал и примеры, подобные заданию практической работы.
4. Оформите отчет по практической работе.

Задание для отчета

Отчет по п/р должен содержать:

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Ф. И. О. студента выполнившего работу.
4. Требуемые расчеты, рисунки, схемы.
5. Вывод по работе.
6. Дату выполнения работы

Приложение.

Цепь переменного тока содержит различные элементы (резисторы, индуктивности, емкости), включенные последовательно. Схема цепи приведена на соответствующем рисунке. Номер рисунка и значения сопротивлений всех элементов, а также один дополнительный параметр заданы в таблице 1.

Начертить схему цепи и определить следующие величины, относящиеся к данной цепи, если они не заданы в таблице 1:

- 1) полное сопротивление цепи z ;
- 2) напряжение приложенное к цепи U ;
- 3) ток I ;
- 4) угол сдвига фаз φ (по величине и знаку);
- 5) активную P , реактивную Q и полную S мощности цепи.

Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи и объяснить ее построение. С помощью логических рассуждений пояснить характер изменения (увеличится, уменьшится, останется без изменения) тока, активной, реактивной мощности в цепи при увеличении частоты тока в два раза. Напряжение, приложенное к цепи, считать неизменным.

Замечание. Индекс у тока, напряжения или мощности совпадает с индексом элемента, к которому относится. Например, U_{C2} – напряжение на конденсаторе C_2 . Если индекса нет напряжение, мощность, ток относятся ко всей цепи.

Таблица 1.

Номер варианта	Номер рисунка	$R_1, \text{ Ом}$	$R_2, \text{ Ом}$	$X_{L1}, \text{ Ом}$	$X_{L2}, \text{ Ом}$	$X_{C1}, \text{ Ом}$	$X_{C2}, \text{ Ом}$	Дополнительный параметр
1	1	4	—	6	—	3	—	$Q_{L1} = 150 \text{ вар}$
2	2	6	2	3	—	9	—	$U = 40 \text{ В}$
3	3	3	—	—	—	2	2	$I = 4 \text{ А}$
4	4	4	4	3	3	—	—	$S = 360 \text{ ВА}$

5	5	8	—	12	—	4	2	$P = 200 \text{ Вт}$
6	6	16	—	10	8	6	—	$U = 80 \text{ В}$
7	1	3	—	2	—	6	—	$U = 50 \text{ В}$
8	2	4	4	4	—	10	—	$I = 4 \text{ А}$
9	3	6	—	—	—	5	3	$S = 160 \text{ ВА}$
10	4	6	10	8	4	—	—	$P = 400 \text{ Вт}$
11	5	12	—	4	—	12	8	$I = 4 \text{ А}$
12	6	6	—	8	4	4	—	$P = 54 \text{ Вт}$
13	1	6	—	10	—	2	—	$I = 5 \text{ А}$
14	2	4	2	12	—	4		$P = 24 \text{ Вт}$
15	3	8	—	—	—	4	2	$U = 40 \text{ В}$
16	4	4	8	10	6	—	—	$Q = 64 \text{ вар}$
17	5	6	—	12	—	2	2	$U_{L1} = 60 \text{ В}$
18	6	4	—	8	4	9	—	$Q = 75 \text{ вар}$
19	1	8	—	4	—	10	—	$P = 800 \text{ Вт}$
20	2	3	3	2	—	10	—	$Q_{C1} = -160 \text{ вар}$
21	3	16	—	—	—	4	8	$Q = -300 \text{ вар}$
22	4	2	4	2	6	—	—	$U = 60 \text{ В}$
23	5	4	—	10	—	4	3	$U_{C2} = 15 \text{ В}$
24	6	12		14	10	8	—	$U_{R1} = 60 \text{ В}$
25	1	12	—	18	—	2	—	$S = 500 \text{ ВА}$
26	2	8	4	20	—	4	—	$Q_{L1} = 500 \text{ вар}$
27	3	12	—	—	—	10	6	$P = 48 \text{ Вт}$
28	4	6	2	4	2	—	—	$I = 4 \text{ А}$

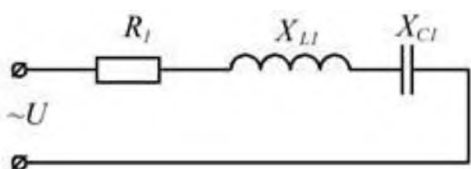


Рис. 1.

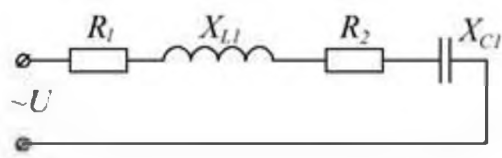


Рис. 2.

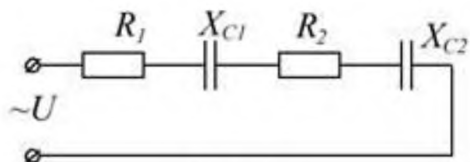


Рис. 3.

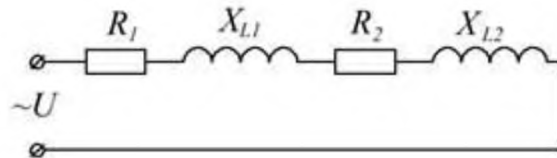


Рис. 4.

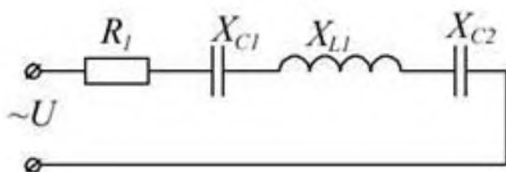


Рис. 5.

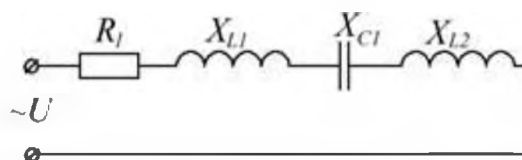


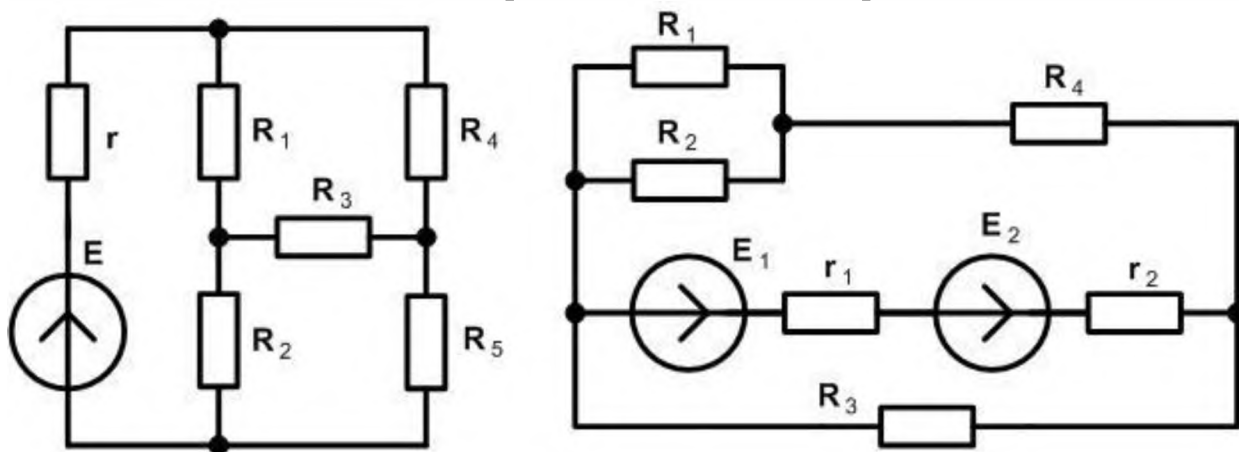
Рис. 6.

Методические рекомендации по выполнению практического занятия по теме: Расчет простейшей электрической цепи для питания электрической лампочки

Цель: Уметь рассчитывать простейшие электрические схемы цепи для питания электрической лампочки

Решение любой задачи по расчету электрической цепи следует начинать с выбора метода, которым будут произведены вычисления. Как правило, одна и также задача может быть решена несколькими методами. Результат в любом случае будет одинаковым, а сложность вычислений может существенно отличаться. Для корректного выбора метода расчета следует сначала определиться к какому классу относится данная электрическая цепь: к простым электрическим цепям или к сложным.

К **простым** относят электрические цепи, которые содержат либо один источник электрической энергии, либо несколько находящихся в одной ветви электрической цепи. Ниже изображены две схемы простых электрических цепей. Первая схема содержит один источник напряжения, в таком случае электрическая цепь однозначно относится к простым цепям. Вторая содержит уже два источника, но они находятся в одной ветви, следовательно это также простая электрическая цепь.



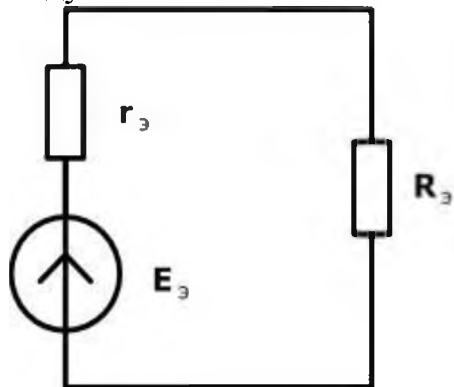
Расчет простых электрических цепей обычно производят в такой последовательности:

1. Сначала упрощают схему последовательно преобразовывая все пассивные элементы схемы в один эквивалентный резистор. Для этого необходимо выделять участки схемы, на которых резисторы соединены последовательно или параллельно, и по известным формулам заменять их эквивалентными резисторами (сопротивлениями). Цепь постепенно упрощают и приводят к наличию в цепи одного эквивалентного резистора.

2. Далее подобную процедуру проводят с активными элементами электрической цепи (если их количество более одного источника). По аналогии с предыдущим пунктом упрощаем схему до тех пор, пока не получим в схеме один эквивалентный источник напряжения.

3. В итоге мы приводим любую простую электрическую схему к следующему

виду:



Где: R_3 – значение сопротивления эквивалентного резистора (получают после выполнения п.1)
 r_3 и E_3 - параметры эквивалентного источника электрической энергии (пункт 2)

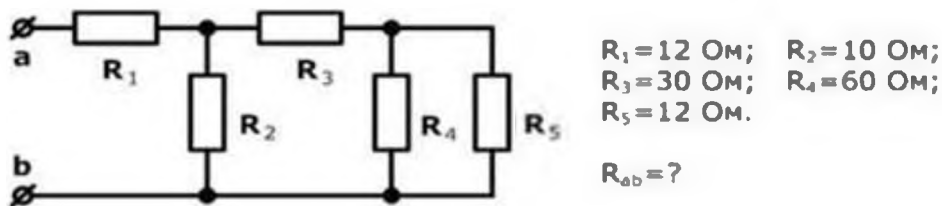
$$I = E_3 / (R_3 + r_3) \quad (1.22)$$

Теперь есть возможность применить закон Ома - соотношение и фактически определить значение тока протекающего через источник электрической энергии.

соотношение (1.22) и фактически определить значение тока протекающего через источник электрической энергии.

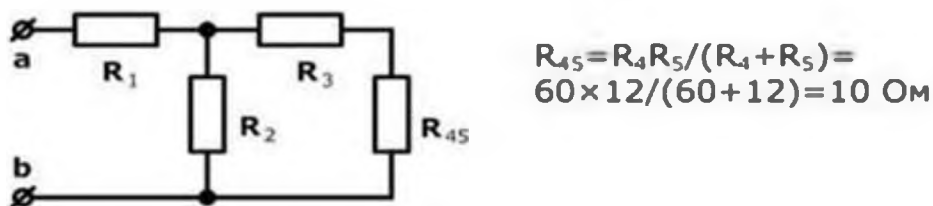
Задача №1

Найти эквивалентное сопротивление между зажимами **a** и **b** для следующей цепи:

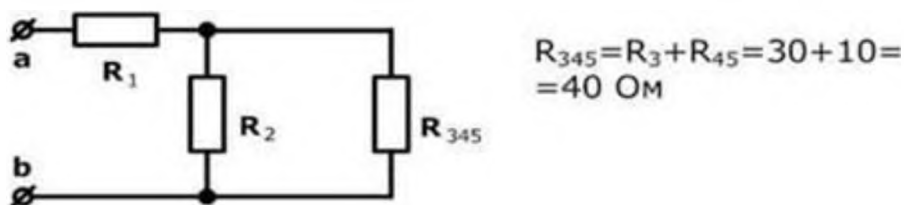


Решение

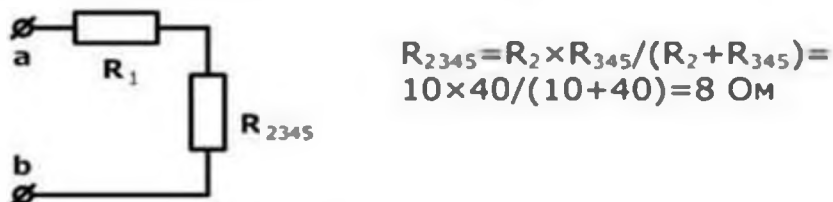
На схеме выделяем участок цепи с параллельным соединением резисторов R_4 , R_5 и замещаем их эквивалентным резистором R_{45}



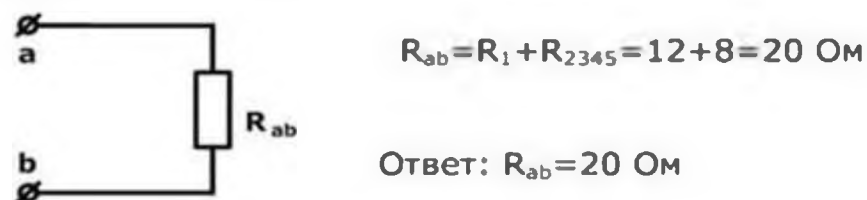
Далее преобразуем в эквивалентное сопротивление R_{345} последовательное соединение элементов R_3 и R_{45}



Теперь заменим эквивалентным сопротивлением R_{2345} параллельно соединенные резисторы R_2 и R_{345}

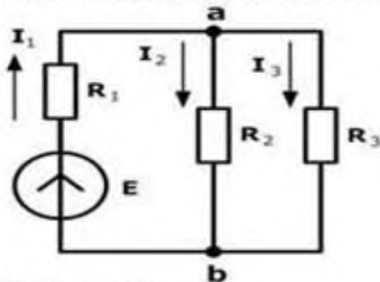


И в завершение найдем эквивалентное сопротивление всей цепи со стороны зажимов **a** и **b**, учитывая что R_1 и R_{2345} соединены последовательно



Задача №4

Найти токи во всех ветвях цепи

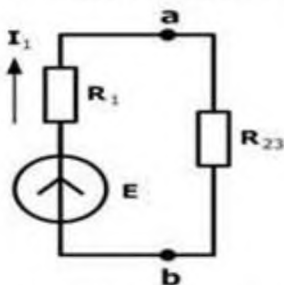


$$E=120 \text{ В};$$
$$R_1=36 \text{ Ом}; R_2=60 \text{ Ом};$$
$$R_3=40 \text{ Ом}$$

$$I_1, I_2, I_3 = ?$$

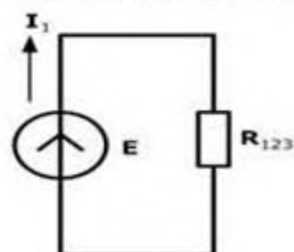
Решение

Упрощаем схему, преобразовав параллельно соединенные R_2 и R_3 в эквивалентное сопротивление R_{23}



$$R_{23} = R_2 R_3 / (R_2 + R_3) = 60 \times 40 / (60 + 40) = 24 \text{ Ом}$$

Продолжаем упрощение, заменив последовательно соединенные резисторы R_1 и R_{23} на эквивалентное R_{123}

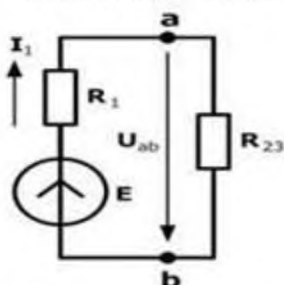


$$R_{123} = R_1 + R_{23} = 36 + 24 = 60 \text{ Ом}$$

Теперь появилась возможность применить закон Ома определить значение тока I_1

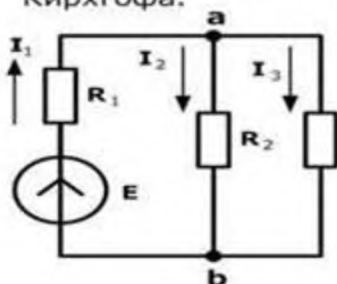
$$I_1 = E / R_{123} = 120 / 60 = 2 \text{ А}$$

Зная величину тока в неразветвленной части цепи, можно определить значение напряжения между узлами **a** и **b**



$$U_{ab} = I_1 R_{23} = 2 \times 24 = 48 \text{ В}$$

Далее определяем значения токов I_2 и I_3 . Причем I_2 найдем применив закон Ома, а значение I_3 – применив первый закон Кирхгофа.

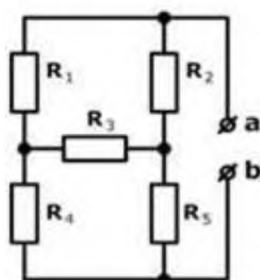


$$I_2 = U_{ab} / R_2 = 48 / 60 = 0,8 \text{ А}$$
$$I_3 = I_1 - I_2 = 2 - 0,8 = 1,2 \text{ А}$$

Ответ: $I_1 = 2 \text{ А}, I_2 = 0,8 \text{ А}, I_3 = 1,2 \text{ А}$

Задача №3

Найти эквивалентное сопротивление для следующей цепи между зажимами **a** и **b**

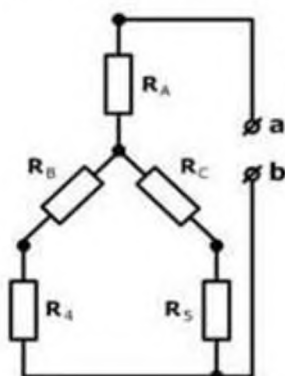


$$\begin{aligned} R_1 &= 10 \text{ Ом}; & R_2 &= 30 \text{ Ом}; \\ R_3 &= 60 \text{ Ом}; & R_4 &= 14 \text{ Ом}; \\ R_5 &= 2 \text{ Ом} \end{aligned}$$

$$R_{ab} = ?$$

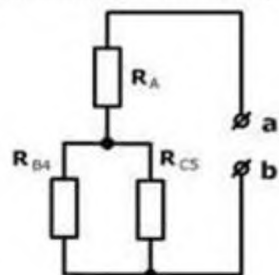
Решение

Преобразуем треугольник из сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 в звезду



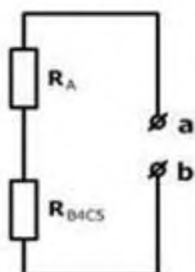
$$\begin{aligned} R_A &= R_1 R_2 / (R_1 + R_2 + R_3) = 10 \times 30 / (10 + 30 + 60) = 3 \text{ Ом} \\ R_B &= R_1 R_3 / (R_1 + R_2 + R_3) = 10 \times 60 / (10 + 30 + 60) = 6 \text{ Ом} \\ R_C &= R_2 R_3 / (R_1 + R_2 + R_3) = 30 \times 60 / (10 + 30 + 60) = 18 \text{ Ом} \end{aligned}$$

Далее выделяем на схеме два участка с последовательным соединением резисторов: R_B и R_4 (R_C и R_5) и замещаем их эквивалентными сопротивлениями: R_{B4} (R_{C5})



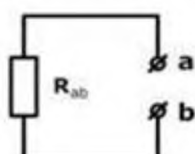
$$\begin{aligned} R_{B4} &= R_B + R_4 = 6 + 14 = 20 \text{ Ом} \\ R_{C5} &= R_C + R_5 = 18 + 2 = 20 \text{ Ом} \end{aligned}$$

Теперь можно R_{B4} и R_{C5} заменить эквивалентным сопротивлением R_{B4C5}



$$R_{B4C5} = R_{B4} R_{C5} / (R_{B4} + R_{C5}) = 20 \times 20 / (20 + 20) = 10 \text{ Ом}$$

В заключение осталось только рассчитать сопротивление последовательно соединенных резисторов R_A и R_{B4C5}



$$R_{ab} = R_A + R_{B4C5} = 3 + 10 = 13 \text{ Ом}$$

ОТВЕТ: $R_{ab} = 13 \text{ Ом}$

Методические рекомендации по выполнению практического занятия по теме: Расчет источника ЭДС цепи постоянного тока

Цель работы: Научиться рассчитывать электрические цепи постоянного тока.

Краткие теоретические основы

Электрической цепью называют совокупность устройств, предназначенных для получения, передачи, преобразования и использования электрической энергии.

Электрическая цепь состоит из отдельных устройств — элементов электрической цепи.

Источниками электрической энергии являются электрические генераторы, в которых механическая энергия преобразуется в электрическую, а также первичные элементы и аккумуляторы, в которых происходит преобразование химической, тепловой, световой и других видов энергии в электрическую.

К потребителям электрической энергии относятся электродвигатели, различные нагревательные приборы, световые приборы и т. д.

Устройствами для передачи электрической энергии от источников к приемникам являются линии передачи, электрические сети и просто провода. Проводом называется металлическая проволока, изолированная или неизолированная (голая). Провода выполняются из меди, алюминия или стали.

Графическое изображение электрической цепи, показывающее последовательность соединения отдельных элементов и отображающее свойства электрической цепи, называется схемой электрической цепи.

При расчете цепей приходится сталкиваться с различными схемами соединений потребителей. Задача расчета такой цепи состоит в том, чтобы определить токи и напряжения отдельных ее участков.

Соединение, при котором по всем участкам проходит один и тот же ток, называют последовательным. Любой замкнутый путь, проходящий по нескольким участкам, называют контуром электрической цепи.

Участок цепи, вдоль которого проходит один и тот же ток, называют ветвью, а место соединения трех и большего числа ветвей — узлом.

На рис. 1. показан участок цепи, состоящей из шести ветвей и трех узлов.

Соединение, при котором все участки цепи присоединяются к одной паре узлов, т. е. находятся под действием одного и того же напряжения, называют параллельным.

Рассмотрим различные способы соединения сопротивлений подробнее.

Параллельное соединение

Схема рис. 1. представляет собой последовательное соединение участков цепи ab и bc . В свою очередь, эти участки представляют собой

параллельное соединение сопротивлений. Выясним свойства такого соединения сопротивлений.

I. Рассмотрим соотношение токов, например, для узла а цепи. Очевидно, что ток, приходящий, к узлу, равен току, уходящему от узла: $I - I_1 - I_2 = 0$. В общем виде

$$\sum \dot{I} = 0. \quad (\text{ф.1.})$$

Это уравнение отражает первое правило Кирхгофа: алгебраическая сумма токов ветвей для любого узла электрической цепи равна нулю.

Первое правило Кирхгофа является следствием закона сохранения заряда, согласно которому в узле заряд одного знака не может ни накапливаться, ни убывать.

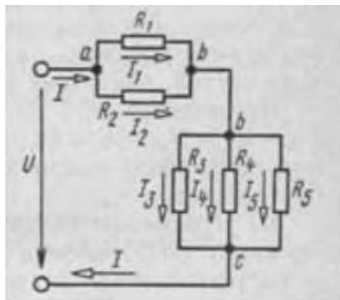
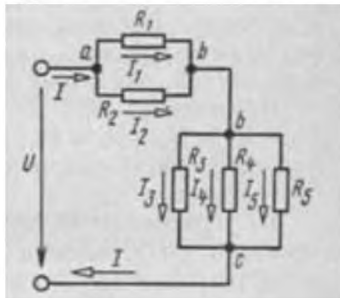
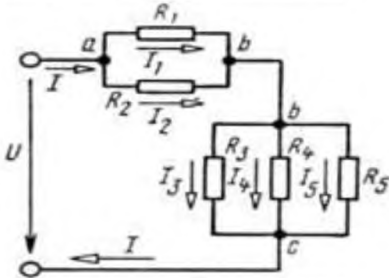


Рис. 1



При составлении уравнения для какого-либо узла цепи необходимо иметь в виду, что токи, направленные к узлу, условились брать со знаком плюс, а токи, направленные от узла, — со знаком минус.

II. При параллельном соединении все ветви одним полюсом присоединяют к одному узлу, а другим — к другому. Так как потенциалы этих узлов фиксированы, то и разность их фиксирована и одинакова для всех ветвей, входящих в соединение.

Применительно к схеме рис. 1. получим $U_1 = U_2 = U_{ab}$, $U_5 = U_4 = U_3 = U_{bc}$, т. е. при параллельном соединении сопротивлений напряжения на ветвях одинаковы.

III. Применим закон Ома для всех ветвей параллельного разветвления на участке bc. Тогда $U_{bc} = I_3 R_3 = I_4 R_4 = I_5 R_5$, откуда

$$I_3/I_4 = R_4/R_3 \text{ и } I_3/I_5 = R_5/R_3$$

Таким образом, при параллельном соединении токи ветвей обратно пропорциональны их сопротивлениям.

IV. Во многих случаях рассчитывают не исходные сложные, а упрощенные (эквивалентные) схемы замещения. Под схемой замещения понимают такую схему, которая обеспечивает неизменность режимов работы во всех ветвях электрической цепи.

Часто приходится прибегать к замене резистивных элементов, соединенных сложным образом, одним, сопротивление которого равно общему сопротивлению исходных элементов. Найдем эквивалентное сопротивление при параллельном соединении ветвей, подключенных к узлам b и c (рис. 1.).

Согласно первому правилу Кирхгофа, для узла b справедливо равенство $I = I_3 + I_4 + I_5$. (ф.2)

Вместе с тем согласно закону Ома и условию эквивалентности можно записать $I_3 = U_{bc}/R_3$, $I_4 = U_{bc}/R_4$, $I_5 = U_{bc}/R_5$, $I = U_{bc}/R_{эк}$. Подставляя эти выражения в (ф.2), получим $U_{bc}/R_{эк} = U_{bc}/R_3 + U_{bc}/R_4 + U_{bc}/R_5$, откуда

$$1/R_{эк} = 1/R_3 + 1/R_4 + 1/R_5 \quad (\text{ф.3})$$

Переходя от сопротивлений участков к их проводимостям, определим

$$g_{эк} = g_3 + g_4 + g_5. \quad (\text{ф.4})$$

В общем виде

$$g_{эк} = \mathring{a}g$$

При параллельном соединении эквивалентная, или общая, проводимость равна сумме проводимостей всех параллельных ветвей.

Определенный интерес для практики представляют два частных случая: 1) соединение состоит из двух ветвей с различными сопротивлениями; 2) соединение состоит из n ветвей с одинаковыми сопротивлениями. В первом случае, применяя формулу (ф.3), найдем

$$R_{эк} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2), \quad (\text{ф.5})$$

во втором

$$R_{эк} = R/n. \quad (\text{ф.6})$$

Последовательное соединение

Как указывалось, схема рис. 1. представляет собой последовательное соединение участков цепи ab и bc. Эту схему можно представить так, как показано на рис. 2., где R_{ab} — сопротивление, эквивалентное сопротивлению участка ab; R_{bc} — сопротивление, эквивалентное сопротивлению участка bc. Полученная схема представляет собой последовательное соединение сопротивлений.

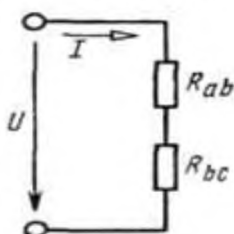


Рис. 2.

Рассмотрим свойства последовательного соединения сопротивлений.

I. Ток в любом сечении последовательной цепи одинаков. Это объясняется тем, что ни в одной точке такой цепи не может происходить накопления зарядов.

II. Согласно закону сохранения энергии, напряжение на зажимах цепи равно сумме напряжений на всех ее участках: $U = U_{ab} + U_{bc}$.

В общем виде

$$U = \sum U. \quad (\text{ф.7})$$

III. Согласно закону Ома для участка цепи можно записать $U_{ab} = IR_{ab}$; $U_{bc} = IR_{bc}$. Поделив приведенные равенства одно на другое, получим $U_{ab}/U_{bc} = R_{ab}/R_{bc}$, т. е. напряжения на участках цепи при последовательном соединении прямо пропорциональны сопротивлениям этих участков.

Из этого очень важного свойства вытекают условия перераспределения напряжений на участках цепи при изменении сопротивлений этих участков.

IV. В общем случае, если имеется n последовательно соединенных сопротивлений, согласно второму свойству, $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$. Тогда $IR_{\text{эк}} = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n$ или, сократив на I ,

$$R_{\text{эк}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n. \quad (\text{ф.8})$$

В общем виде $R_{\text{эк}} = \sum R$.

Смешанное соединение

Смешанное соединение представляет собой комбинацию параллельного и последовательного соединений сопротивлений. Определим по схеме рис. 1. токи и напряжения на всех участках цепи. Пусть напряжение на зажимах цепи U и сопротивления ее участков заданы.

Эквивалентное сопротивление цепи $R_{\text{эк}} = R_{ab} + R_{bc}$, где $R_{ab} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$; $1/R_{bc} = 1/R_3 + 1/R_4 + 1/R_5$.

Общий ток источника $I = U / R_{\text{эк}}$, напряжения на участках ab и bc $U_{ab} = IR_{ab}$; $U_{bc} = IR_{bc}$.

Токи в соответствующих ветвях: $I_1 = U_{ab}/R_1$; $I_2 = U_{ab}/R_2$; $I_3 = U_{bc}/R_3$; $I_4 = U_{bc}/R_4$; $I_5 = U_{bc}/R_5$.

Работа и мощность электрического тока

Если электрическую цепь замкнуть, то в ней возникнет электрический ток. При этом энергия источника будет расходоваться. Найдем работу, которую совершает источник тока для перемещения заряда q по всей замкнутой цепи. Исходя из определения ЭДС получим

$$W_{\text{и}} = Eq. \quad (\text{ф.9})$$

Но так как $q = It$, $E = U + U_{\text{вт}}$, то $W_{\text{и}} = (U + U_{\text{вт}}) \cdot It$, или $W_{\text{и}} = UIt + U_{\text{вт}} It$, где $UIt = W$ — работа, совершаемая источником на внешнем участке цепи; $U_{\text{вт}} \cdot It = W_{\text{вт}}$ — потеря энергии внутри источника.

Используя закон Ома для участка цепи, можно записать

$$W = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad (\text{ф.10})$$

Величину, характеризующую скорость, с которой совершается работа, называют мощностью: $P=W/t$. (ф.11)

Соответственно мощность, отдаваемая источником,
 $P_{\text{и}} = EI t/t = EI$. (ф.12)

Мощность потребителей
 $P = UI t/t = UI = I^2 R = U^2/R$ (ф.13)

Мощность потерь энергии внутри источника
 $P_{\text{вт}} = U_{\text{вт}} I = I^2 R_{\text{вт}} = UI/R_{\text{вт}}$. (ф.14)

Единица мощности — ватт (Вт):

$[P]=1 \text{ Дж}/1 \text{ с}=1 \text{ Вт}$, т. е. мощность равна 1 Вт, если за 1 с совершается работа в 1 Дж.

Электрическая работа выражается в джоулях, но согласно формуле $P=W/t$ имеем $W = Pt$, откуда $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} \cdot 1 \text{ с} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с}$.

Баланс мощностей в цепях постоянного тока

Если на участке цепи с активным сопротивлением R под действием приложенного к нему напряжения протекает ток I (рис. 3), то выделяемая в нем мощность равна

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = g \cdot U^2; \quad (\text{ф.15})$$

эта мощность всегда положительна.

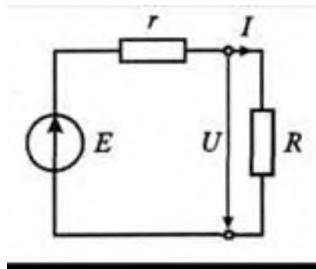


Рис.3

Если через источник ЭДС E протекает ток I , то вырабатываемая им мощность равна

$$P = E \cdot I. \quad (\text{ф.16})$$

Она может быть положительной, когда направления E и I совпадают, или отрицательной, когда их направления противоположны.

Согласно закону сохранения энергии в элементах R_k цепи потребляется столько энергии, сколько ее отдается находящимися в ней источниками. Иначе: алгебраическая сумма мощностей, отдаваемых всеми источниками энергии E_i в цепи, равна сумме мощностей, потребляемых, в ее элементах R_k :

$$\sum_{i=1}^n E_i I_i = \sum_{k=1}^m R_k I_k^2 \quad (\text{ф.19})$$

Это есть уравнение баланса мощностей в цепи постоянного тока.

Запишем уравнение баланса мощностей для цепи, схема которой показана на рис.3:

$$EI = rI^2 + RI^2, \quad (1.20)$$

где EI — мощность источника ЭДС (полная мощность); RI^2 — мощность, потребляемая нагрузкой R , rI^2 — мощность потерь в источнике ЭДС с внутренним сопротивлением r .

Мощность P в цепях постоянного тока измеряется в ваттах (Вт).

Пример выполнения

Определить токи и напряжения всех участков цепи (рис. 4, а), если известно, что $U = 120$ В; $r_1 = 0,12$ Ом; $r_2 = 2$ Ом; $r_3 = 10$ Ом; $r_4 = 20$ Ом; $r_5 = 50$ Ом.

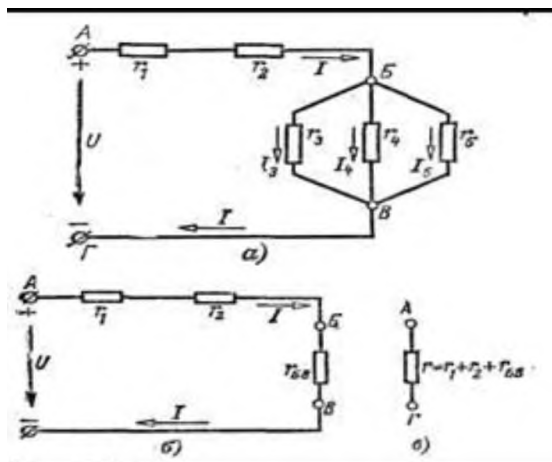


Рис.4

Решение.

Проводимость разветвленного участка цепи БВ

$$\frac{1}{r_{БВ}} = \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} + \frac{1}{r_5} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{50} = 0,17 \text{ См}$$

и сопротивление разветвленного участка $r_{БВ} = 5,88$ Ом.

Эквивалентное сопротивление всей

цепи

$$r = r_1 + r_2 + r_{БВ} = 0,12 + 2 + 5,88 = 8 \text{ Ом.}$$

Ток цепи

$$I = U/r = 120/8 = 15 \text{ А.}$$

Напряжение на первом сопротивлении

$$U_1 = I r_1 = 15 \cdot 0,12 = 1,8 \text{ В.}$$

Напряжение на втором сопротивлении

$$U_2 = I r_2 = 15 \cdot 2 = 30 \text{ В.}$$

Напряжение на разветвленном участке цепи

$$U_{БВ} = I r_{БВ} = 15 \cdot 5,88 = 88,2 \text{ В.}$$

Токи в разветвленных участках цепи

$$I_3 = U_{БВ}/r_3 = 88,2/10 = 8,82 \text{ А;}$$

$$I_4 = U_{БВ}/r_4 = 88,2/20 = 4,41 \text{ А;}$$

$$I_5 = U_{БВ}/r_5 = 1,76 \text{ А.}$$

Задание к практической работе

В цепи со смешанным соединением сопротивлений R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 и R_6 . Вычислить токи, напряжения и мощность каждого резистора. Составить баланс мощностей.

Вариант	№ рис.	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом	R_5 , Ом	R_6 , Ом	r_0 , Ом	Напряжение, В	Ток, А
1	1	0,9	40	8	4	2,4	6	0,1	-	$I_2=0.25$
2	2	1	2	3	4	6	10	0,05	$U_4=40$	-
3	3	5	5	6	8	15	20	0,2	$U_2=40$	-
4	4	15	2	13,3	10	10	3,9	0,1	-	$I_6=100$

5	5	40	86	10	14	50	25	0,4	-	$I_5=2$
6	6	30	20	18	10	15	5	0,2	$U_6=120$	-
7	1	0,9	40	8	4	2,4	6	0,1	$U_5=220$	-
8	2	1	2	3	4	6	10	0,05	$U_1=20$	-
9	3	5	5	6	8	15	20	0,2	-	$I_1=4$
10	4	15	2	13,3	10	10	3,9	0,1	-	$I_1=40$
11	5	40	86	10	14	50	25	0,4	$U_6=100$	-
12	6	30	20	18	10	15	5	0,2	-	$I_3=4$
13	1	0,9	40	8	4	2,4	6	0,1	$U_3=48$	-
14	2	1	2	3	4	6	10	0,05	-	$I_2=2$
15	3	5	5	6	8	15	20	0,2	$U_5=100$	-
16	4	15	2	13,3	10	10	3,9	0,1	$U_3=480$	-
17	5	40	86	10	14	50	25	0,4	-	$I_2=3$
18	6	30	20	18	10	15	5	0,2	$U_4=40$	-
19	1	0,9	40	8	4	2,4	6	0,1	-	$I_6=0.1$
20	2	1	2	3	4	6	10	0,05	-	$I_3=2$
21	3	5	5	6	8	15	20	0,2	-	$I_3=5$
22	4	15	2	13,3	10	10	3,9	0,1	$U_5=240$	-
23	5	40	86	10	14	50	25	0,4	-	$I_1=9$
24	6	30	20	18	10	15	5	0,2	-	$I_1=2$
25	1	0,9	40	8	4	2,4	6	0,1	-	$I_5=1$

Критерии оценивания ответов по дифференцированному зачёту

Ответ оценивается на «отлично», если студент демонстрирует:

- глубокое владение материалом;
- осознанный и обобщенный уровень ответа;
- свободное оперирование терминами;
- умение раскрыть имеющийся у него практический опыт с точки зрения теории;
- определение своей позиции и точки зрения в раскрытии различных подходов к рассматриваемой проблеме, умение провести сравнительный анализ разных подходов.

Ответ оценивается на «хорошо», если студент демонстрирует:

- владение программным материалом на достаточно высоком уровне, но в ответе допускает некоторые неточности, незначительные ошибки, исправляемые самим студентом;
- осознанный и обобщенный уровень ответа;
- умение показать значение теоретических вопросов для практики;
- логичность и обоснованность ответов.

Ответ оценивается на «удовлетворительно», если студент демонстрирует:

- овладение программным материалом при недостаточно осознанном и обобщенном уровне овладения теорией, неумение связать ее с практикой;
- овладение программным материалом при недостаточно осознанном и обобщенном уровне овладения теорией, неумение связать ее с практикой;
- недостаточно высокий уровень логичности и последовательности изложения материала.

Ответ оценивается на «неудовлетворительно», если студент демонстрирует:

- отсутствие или недостаточное знание программного материала;
- в процессе изложения материала искажает смысл понятий и определений;
- в ответе содержатся житейские обобщения вместо научных терминов;
- отсутствие логики и последовательности при изложении материала.

Учебно-методическое и информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Учебники:

1. П.А. Бутырин. Электротехника. Издательский центр «Академия». 2014 г.
2. Лоторейчук Е.А. Теоретические основы электротехники: Учебник Е.А.Лоторейчук М: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. -320 с.
3. Славинский А.К. Электротехника с основами электротехники: учебное пособие А.К.Славинский, И.С.Туревский М: ИД ФОРУМ:НИЦ ИНФРА-М, 2013. -448 с
4. Морозова, Н. Ю. Электротехника и электроника [Текст]: учеб. для студ. сред. проф. образования / Н. Ю. Морозова. – 3-е изд, перераб. и доп. – М.: Академия, 2010. – 288 с. Рек. ФГУ [Гриф] СПО
5. Иванов И. И. Электротехника и основы электроники: учебник для СПО / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 736 с.
6. Немцов М. В. Электротехника и электроника: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.В. Немцов, М.Л. Немцова – 5-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2021. – 480 с.