

Министерство образования Иркутской области
ГБПОУ ИО «Бодайбинский горный техникум»

Утверждаю:
Зам. директора по УР
Шпак М.Е.
«10» 10 2017 г.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ОП 02. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Специальности: 21.02.14 Маркшейдерское дело

Форма обучения: Очная

Рекомендовано методическим советом
ГБПОУ ИО «Бодайбинский горный техникум»

Заключение методического совета,
протокол № от « » 2017 г.

председатель методсовета
Шпак М.Е./



Учебно-практическое пособие предназначено для выполнения лабораторно-практических работ и разработано на основе ФГОС СПО, утвержденного приказом Минобрнауки России от 12.05.2014 г. №495 «Об утверждении федерального государственного стандарта среднего профессионального образования по ППССЗ (программе подготовке специалистов среднего звена) 21.02.14 Маркшейдерское дело 21.00.00 Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия.

Разработчик:

Кострыгина Елена Николаевна – преподаватель специальных дисциплин

Рассмотрено на заседании П(Ц)К Электромеханическим дисциплинам

Протокол № __ от «__» _____ 2017 года

Учебно-практическое пособие предназначено для студентов специальности 21.02.14 Маркшейдерское дело входящей в состав укрупненной группы профессий 21.00.00 Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия.

В пособии представлены общие или индивидуальные задания поисково-творческого и проблемного характера, подробные методические рекомендации по их выполнению, приведены краткие необходимые сведения по теории.

Цель пособия - закрепить главные положения теории и дать возможность сформировать у студентов следующие общие (ОК) и профессиональные (ПК) компетенции:

Код	Наименование результата обучения
ПК 1.3	Применять геодезическое оборудование и технологии.
ПК 2.1	Проводить плановые, высотные и ориентирно-соединительные инструментальные съемки горных выработок.
ПК 2.2	Обеспечивать контроль и соблюдение параметров технических сооружений ведения горных работ.
ПК 2.4	Обеспечивать безопасное ведение съемочных работ.
ПК 2.5	Контролировать параметры движения горных пород.
ПК 4.1	Планировать и обеспечивать выполнение производственных заданий.
ПК 4.2	Определять оптимальные решения производственных задач в условиях нестандартных ситуаций.
ПК 4.4	Участвовать в оценке экономической эффективности производственной деятельности.
ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
ОК 5.	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК 8.	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
ОК 9.	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Объем работы необходимый для выполнения лабораторных и практических работ приведен в таблице 1.

Таблица 1

Лабораторно-графические, лабораторные и практические работы	Объем, часов
Практическая работа №1. «Расчёт простой электрической цепи»	2
Практическая работа №2. «Электрические цепи переменного тока»	2
Практическая работа №3. «Расчёт магнитных цепей»	2
Практическая работа №4. «Электроизмерительные приборы»	2
Практическая работа №5. «Расчёт и выбор электроаппаратов»	2
Практическая работа №6. «Однофазные трансформаторы»	2
Всего	12

Практическое занятие №1

Тема: Расчёт простой электрической цепи

Цель: научиться рассчитывать электрические цепи постоянного тока, используя законы Кирхгофа.

Электрическую цепь и исходные числовые значения ЭДС и сопротивлений студенты выбирают в соответствии с номером варианта.

Работа оформляется на листах формата А4 (210x297 мм) в соответствии с требованиями государственных стандартов (в печатном виде или написанном от руки).

В работе приводится:

- номер и название работы;
- задание к работе;
- схема электрической цепи;
- исходные данные к расчету в соответствии с вариантом;
- результаты расчетов с краткими комментариями.

Проверенное преподавателем задание должно быть защищено студентом.

Методические указания по выполнению расчетов

Согласно первому закону Кирхгофа: алгебраическая сумма токов, входящих в узел равна сумме токов, исходящих из узла.

Согласно второму закону Кирхгофа: алгебраическая сумма напряжений на резистивных элементах замкнутого контура равна алгебраической сумме ЭДС, входящих в этот контур. Расчет многоконтурной линейной электрической цепи, имеющей n -ветвей и m -узлов, сводится к определению токов отдельных ветвей и напряжений на зажимах элементов, входящих в данную цепь.

Пассивной называется ветвь, не содержащая источника ЭДС. Ветвь, содержащая источник ЭДС, называется активной.

1-й закон Кирхгофа применяют к независимым узлам, т.е. таким, которые отличаются друг от друга хотя бы одной новой ветвью, что позволяет получить $(n-1)$ -уравнений. Недостающие уравнения в количестве $m - (n - 1)$ составляют, исходя из второго закона Кирхгофа.

Уравнения записывают для независимых контуров, которые отличаются один от другого, по крайней мере, одной ветвью.

Порядок выполнения расчета:

- в электрической цепи выделяют ветви, независимые узлы и контуры;
- с помощью стрелок указывают произвольно выбранные положительные направления токов в отдельных ветвях, а также указывают произвольно выбранное направление обхода контура;

- составляют уравнения по законам Кирхгофа, применяя следующее правило знаков: а) токи, направленные к узлу цепи, записывают со знаком "плюс", а токи, направленные от узла, - со знаком "минус" (для первого закона Кирхгофа); б) ЭДС и напряжение на резистивном элементе (R) берутся со знаком "плюс", если направления ЭДС и тока в ветви совпадают с направлением обхода контура, а при встречном направлении - со знаком "минус";

- решая систему уравнений, находят токи в ветвях.

При решении могут быть использованы ЭВМ, методы подстановки или определителей. Отрицательные значения тока какой-либо ветви указывают на то, что направление тока противоположно выбранному.

Баланс мощностей цепи.

Баланс мощности цепи составляют для проверки расчетов. Его записывают в виде:

$$P_{\text{рез}} \approx P_{\text{ист}}, \text{ где } P_{\text{рез}} = I_1^2 * R_1 + I_2^2 * R_2 + \dots, P_{\text{ист}} = \varepsilon_1 * I_1 + \varepsilon_2 * I_2 + \dots$$

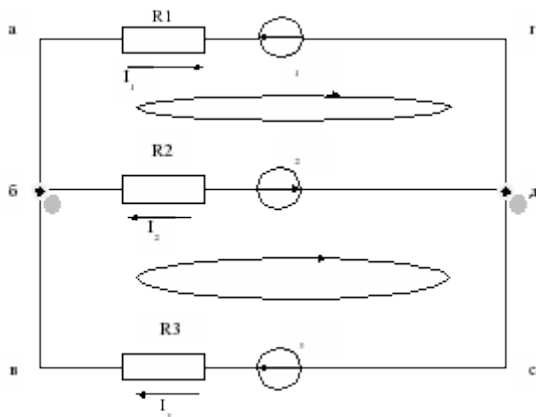
В уравнении баланса произведение $\varepsilon_1 * I_1$ (мощность источника) подставляют со знаком "плюс", если истинное направление тока, протекающего через источник, и направление ЭДС источника совпадают, и со знаком "минус" - при встречном направлении (источник работает в режиме приемника).

Хорошее совпадение P_1 и P_2 говорит о том, что расчеты выполнены правильно.

Пример выполненного задания

Для заданной электрической цепи постоянного тока выполнить расчеты методом непосредственного применения законов Кирхгофа, если $R_1=2,3 \text{ Ом}$, $R_2=6,3 \text{ Ом}$, $R_3=1,8 \text{ Ом}$; $\varepsilon_1 = 5,7 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 4,5 \text{ В}$, $\varepsilon_3 = 2,7 \text{ В}$.

1. Нарисовать схему.
2. Выбрать контуры и направления их обхода.
3. Обозначить токи в ветвях.



4. Составить систему уравнений.

Так как узла в цепи два, то по первому закону Кирхгофа составим одно уравнение (для узла д):

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

По второму закону Кирхгофа составляем еще два уравнения, так как всего неизвестных три:

$$-\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = I_1 * R_1 + I_2 * R_2 \quad (2)$$

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = I_3 * R_3 - I_2 * R_2 \quad (3)$$

Подставим в полученные уравнения, известные значения:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

$$-5,7 - 4,5 = 2,3 * I_1 + 6,3 * I_2 \quad (2)$$

$$4,5 + 2,7 = 1,8 * I_3 - 6,3 * I_2 \quad (3)$$

5. Определить токи, путем решения системы уравнений.

Промежуточные результаты:

$$I_3 = -0,08 \text{ А},$$

$$3,74 I_2 = -4,27 - 0,086; I_2 = -1,16 \text{ А},$$

$$-I_1 = 4,43 - 3,19; I_1 = -1,24 \text{ А}.$$

Решая систему, получили токи в ветвях:

$$I_1 = -1,24 \text{ А};$$

$$I_2 = -1,16 \text{ А};$$

$$I_3 = -0,08 \text{ А}.$$

Знак «-» в значении тока I говорит о том, что направление тока противоположно выбранному.

Поэтому на рисунке на самом деле: ε_1 и I_1 совпадают по направлению, ε_2 и I_2 тоже совпадают по направлению, а ε_3 и I_3 противоположно направлены.

Напряжения на резисторах:

$$U_1 = I_1 * R_1 = 1,24 * 2,3 = 2,852 \text{ В}$$

$$U_2 = I_2 * R_2 = 1,16 * 6,3 = 7,308 \text{ В}$$

$$U_3 = I_3 * R_3 = 0,08 * 1,8 = 0,144 \text{ В.}$$

6. Проверить баланс мощностей. Согласно уравнению баланса мощностей мощность источников равна мощности потребителей в каждый момент времени.

Найдем мощность, выделяемую на резисторах R1, R2, R3 в виде теплоты:

$$P_{\text{рез}} = I_1^2 * R_1 + I_2^2 * R_2 + I_3^2 * R_3,$$

$$P_1 = 1,24^2 * 2,3 + 1,16^2 * 6,3 + 0,08^2 * 1,8 = 12,025 \text{ Вт.}$$

Найдем мощность, выделяемую источниками тока в результате работы сторонних сил:

$$P_{\text{ист}} = \varepsilon_1 * I_1 + \varepsilon_2 * I_2 + \varepsilon_3 * I_3$$

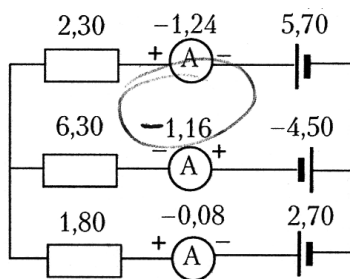
$$P_2 = 5,7 * 1,24 + 4,5 * 1,16 - 0,08 * 2,7 = 12,072 \text{ Вт.}$$

Для третьего источника тока мощность отрицательная, так как I_3 направлен против ЭДС.

Хорошее совпадение P_1 и P_2 говорит о том, что расчеты выполнены правильно.

Ответ:

Окончательный вид схемы с обозначением номиналов:



$$I_1 = -1,24 \text{ A;}$$

$$I_2 = -1,16 \text{ A;}$$

$$I_3 = -0,08 \text{ A.}$$

Задание для самостоятельного решения

Для заданной электрической цепи постоянного тока выполнить расчеты методом непосредственного применения законов Кирхгофа.

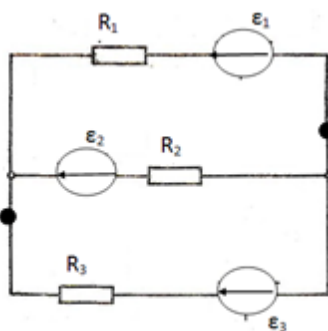


рис. 1

$$R_1, 2 \text{ Ом}$$

$$R_2, 3 \text{ Ом}$$

$$R_3, 4 \text{ Ом}$$

$$\varepsilon_1, 40 \text{ В}$$

$$\varepsilon_2, 20 \text{ В}$$

$$\varepsilon_3, 15 \text{ В}$$

Практическое занятие №2

Тема: Электрическая цепь переменного тока

Цель: научиться рассчитывать электрические цепи переменного тока.

Работа оформляется на листах формата А4 (210x297 мм) в соответствии с требованиями государственных стандартов (в печатном виде или написанном от руки).

В работе приводится:

- номер и название работы;
- задание к работе;
- схема электрической цепи;
- исходные данные к расчету в соответствии с вариантом;
- результаты расчетов с краткими комментариями.

Проверенное преподавателем задание должно быть защищено студентом.

Методические указания по выполнению расчетов

В науке и технике важную роль играет переменный ток, который меняет значение и направление определенное число раз в секунду. При прохождении переменного тока через катушку индуктивности в ней возникает ЭДС самоиндукции, которая по правилу Ленца носит реактивный характер, то есть препятствует изменению тока в цепи. Кроме преодоления активного сопротивления проводника катушке необходимо преодолеть и противодействующую ЭДС самоиндукции. Поэтому для получения такой же силы переменного тока, как и постоянного, необходимо увеличить приложенное к катушке напряжение. Это можно объяснить тем, что по отношению к переменному току катушка обладает некоторым добавочным сопротивлением, которое зависит от индуктивности катушки L и называется индуктивным сопротивлением X_L . Индуктивное сопротивление X_L определяется по формуле: $X_L = 2\pi fL$, где f – частота переменного тока, Гц; L – индуктивность катушки, Гн; $\pi = 3,14$. Индуктивное сопротивление и потребляемую им мощность называют реактивным. В цепи переменного тока с активным сопротивлением R ток и напряжение совпадают по фазе. При этом потребляется активная мощность P , которая характеризует безвозвратную потерю энергии, то есть превращение энергии тока в другой вид энергии, например, в тепловую, механическую, химическую.

Активная мощность определяется по формуле: $P=I^2 \cdot R$ (Вт)

Полное сопротивление катушки в цепи переменного тока, активного R и индуктивного X_L сопротивлений, определяется по формуле: $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$. Полная мощность $P=I^2 \cdot Z$.

Конденсатор в цепи переменного тока представляет собой бесконечно большое сопротивление (разрыв цепи), так как состоит из двух пластин, между которыми имеется диэлектрик – изолятор. При подключении конденсатора к источнику постоянного тока в течение очень короткого времени в цепи идет зарядный ток. Как только конденсатор зарядится до напряжения источника, ток в цепи прекратится. Емкостное сопротивление определяется по формуле: $X_c = 1/2\pi fC$. Из формулы видно, что с увеличением частоты и емкости, емкостное сопротивление уменьшается. Конденсатор также как и катушка является реактивным сопротивлением, и потребляет реактивную мощность. В цепи переменного тока могут быть участки с активным, индуктивным и емкостным сопротивлением. Индуктивное сопротивление вызывает отставание по фазе тока от напряжения, а емкостное сопротивление дает обратный эффект, то есть оба сопротивления действуют в противофазе. Это означает, что когда конденсатор запасает энергию, катушка в тот момент ее отдает. В следующий момент - наоборот. Общее реактивное сопротивление цепи равно нулю, а полное сопротивление цепи: $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$.

Порядок выполнения расчета:

1. Цепь переменного тока содержит различные элементы, включенные последовательно. Данные для своего варианта взять из таблицы.

2. Начертить схему цепи, включая только те элементы (резисторы, индуктивности, емкости), величины которых заданы в таблице для каждого варианта.
3. Определить следующие величины, относящиеся к данной цепи, если они не заданы, как дополнительный параметр в таблице:
 - Полное сопротивление цепи (Z)
 - Напряжение U , приложенное к цепи
 - Ток I

Задание для самостоятельного решения

Индуктивное (X_L) и емкостное (X_C) сопротивление: $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$; $X_C = \frac{1}{X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}$

Активную и полную мощность: $P = I^2 \cdot R$ (Вт), $P = I^2 \cdot Z$ (Вт)

P.S. Использовать формулу для последовательного соединения сопротивлений, конденсаторов и индуктивностей (все формулы аналогичны друг другу, меняются только элементы)

Варианты	R1, Ом	R2, Ом	L1, мкГн	L2, мкГн	C1, мФ	C2, мФ	Дополнительный параметр
1	2	3	4	5	6	7	8
01	4	-	6	-	3	-	U=48 В
02	6	2	3	-	9	-	U=40 В
03	-	6	-	12	-	4	I=5 А
04	6	2	12	-	6	-	U=20 В
05	4	4	-	6	12	-	U=36 В
06	3	-	6	-	-	2	I=3 А
07	-	8	-	16	4	6	U=20 В
08	16	-	10	8	6	-	U=80 В
09	-	4	3	-	2	4	I=4 А
10	3	-	2	-	-	6	U=50 В
11	4	4	-	4	10	-	P=200 Вт
12	4	4	2	-	-	8	U=60 В
13	6	-	-	4	12	-	I=25 А
14	8	8	-	8	8	-	I=5 А
15	-	4	5	-	5	3	P=100 Вт
16	6	8	-	4	4	-	U=20
17	-	8	-	12	4	2	I=16

18	6	-	2	-	-	10	I=8
19	4	2	-	12	4	-	P=600
20	5	3	3	-	-	9	U=54
21	3	6	-	6	6	-	U=45
22	-	4	8	4	3	6	I=12
23	4	4	-	4	10	-	P=72
24	-	4	-	6	-	3	P=300
25	6	2	-	3	9	-	I=6
26	2	2	4	2	3	-	U=30
27	4	-	-	3	4	2	P=36
28	-	8	-	16	4	6	P=1000
29	-	3	6	-	2	-	I=10
30	3	-	7	-	3	-	U=50

Практическое занятие №3

Тема: Расчёт магнитных цепей

Цель: Приобрести навыки расчёта магнитных цепей прямой задачей

Работа оформляется на листах формата А4 (210x297 мм) в соответствии с требованиями государственных стандартов (в печатном виде или написанном от руки).

В работе приводится:

- номер и название работы;
- задание к работе;
- схема электрической цепи;
- исходные данные к расчету в соответствии с вариантом;
- результаты расчетов с краткими комментариями.

Проверенное преподавателем задание должно быть защищено студентом.

Методические указания по выполнению расчетов

Магнитной цепью называют совокупность элементов, по которым распространяется магнитный поток.

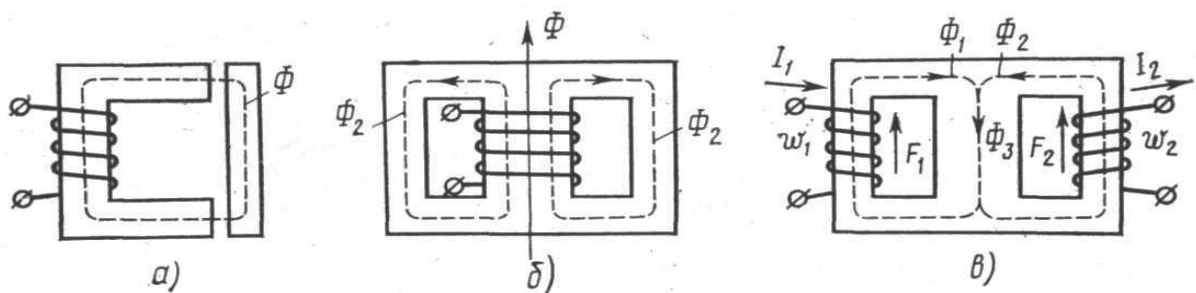


Рисунок 4.1.

Магнитные цепи бывают неразветвленные (рис.4.1 а) и разветвленные (рис. 4.1, б, в). Примерами простейших цепей могут служить сердечники кольцевой катушки, электромагнита и других устройств, а примерами более сложных цепей — электрические машины, трансформаторы, электромагнитные аппараты и т. д. Магнитные цепи могут быть выполнены из различных материалов различной длины и площади поперечного сечения.

Магнитную цепь, выполненную из однородного материала и имеющую постоянное сечение, называют однородной. Магнитную цепь, выполненную из различных ферромагнитных материалов, имеющих различные сечения с различными магнитными свойствами, называют неоднородной.

Разветвленные цепи делятся на симметричные и несимметричные.

Разветвленной симметричной цепью считают такую цепь, у которой левая и правая части стержней выполнены из одинакового материала, имеют одинаковые длины и сечения, а также значения намагничивающих сил. В разветвленной магнитной цепи могут существовать несколько магнитных потоков, которые складываются или вычитаются на различных участках.

По аналогии с разветвленной электрической цепью магнитная цепь может быть разбита на ветви и узлы. В этом случае намагничивающие силы подобны э. д. с. электрической цепи, а разности, обратно пропорциональны площадям поперечного сечения этих участков.

Законы Кирхгофа для магнитной цепи

Первый закон. Сумма магнитных потоков Φ для узла магнитной цепи равна нулю.

$$\sum \Phi = 0.$$

Второй закон. Алгебраическая сумма намагничивающих сил F для замкнутого магнитного контура равна сумме магнитных напряжений U для этого контура.

$$\sum F = \sum U \text{ или}$$

$$\sum I \omega = \sum H L,$$

где I – ток катушки, создающей магнитный поток, А; ω – количество витков катушки, шт; H – напряженность магнитного поля, А/м; L – длина средней линии магнитопровода, причем условно принимается, что эта средняя линия во всех точках совпадает с линией магнитной индукции, м.

Неразветвленные цепи можно рассматривать как одну магнитную трубку, для которой магнитный поток во всех сечениях имеет одно и то же значение:

$$\Phi = \text{const.}$$

Предполагается, что магнитные потоки рассеяния и утечки отсутствуют. Тогда для магнитной цепи во всех ее сечениях магнитный поток

$$\Phi = B_1 S_1 = B_2 S_2 = B_3 S_3 \text{ и т. д.}$$

$$\text{Откуда } \frac{B_1}{B_2} = \frac{S_2}{S_1},$$

$$\text{или } B_1 = \frac{S_2 \cdot B_2}{S_1}$$

т.е. магнитные индукции в различных участках магнитной цепи обратно пропорциональны площадям поперечного сечения этих участков.

Прямая и обратная задачи расчета неразветвленной магнитной цепи.

Прямая задача

Определение намагничивающей силы H по заданной магнитной индукции B (магнитному потоку Φ) при известных конструктивных параметрах магнитной цепи и ферромагнитного материала является прямой задачей.

Порядок решения следующий:

- по габаритным размерам магнитопровода определяют участки одинакового сечения магнитной цепи S;
- определяют длину средней линии L по всем участкам магнитной цепи;
- определяют значение магнитной индукции B для каждого участка;
- по кривым намагничивания материала определяют напряженность поля H, соответствующую значению магнитной индукции B по участкам;
- определяют значение намагничивающей силы F

$$F = \sum H L$$

Обратная задача

Определение магнитной индукции B по заданной намагничивающей силе H при известных конструктивных параметрах магнитопровода и ферромагнитного материала является обратной задачей – определение магнитного потока Φ по заданным намагничивающим силам H.

Порядок выполнения расчета:

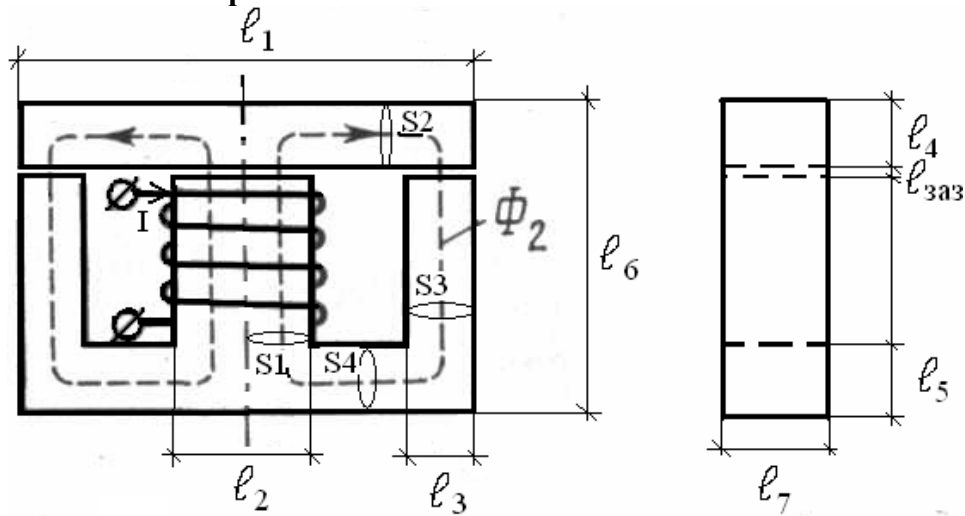


Рисунок 4.2

1. Для определения участков однородной магнитной цепи, находим площадь поперечного сечения S1, S2, S3, S4 из рис. 4.2 по формулам:

$$S1 = \frac{l_2}{2} \cdot l_6; S2 = l_4 \cdot l_6; S3 = l_3 \cdot l_6; S4 = l_2 \cdot l_6,$$

где S1, S2, S3, S4 - площади поперечного сечения магнитной цепи, мм²; l_2, l_3, l_4, l_6 - параметры магнитной цепи, мм.

2. Находим длину средней линии определенных однородных участков по формулам:

$$L1 = l_2 \cdot l_6 \cdot l_6 \cdot l_{заз}; L2 = \frac{l_4}{2} \cdot \frac{l_2}{4} \cdot \frac{l_2}{2} \cdot l_6; L3 = L1; L4 = \frac{l_4}{2} \cdot \frac{l_2}{4} \cdot \frac{l_2}{2} \cdot l_6.$$

3. Определяем значение магнитной индукции B на каждом участке магнитной цепи согласно соотношений:

$$B2 = \frac{B_1 \cdot S_1}{S_2}; B3 = \frac{B_1 \cdot S_1}{S_3}; B4 = \frac{B_1 \cdot S_1}{S_4}.$$

4. По кривым намагничивания (см. рис. 4.3) определяем напряженности полей на однородных участках H1, H2, H3, H4.

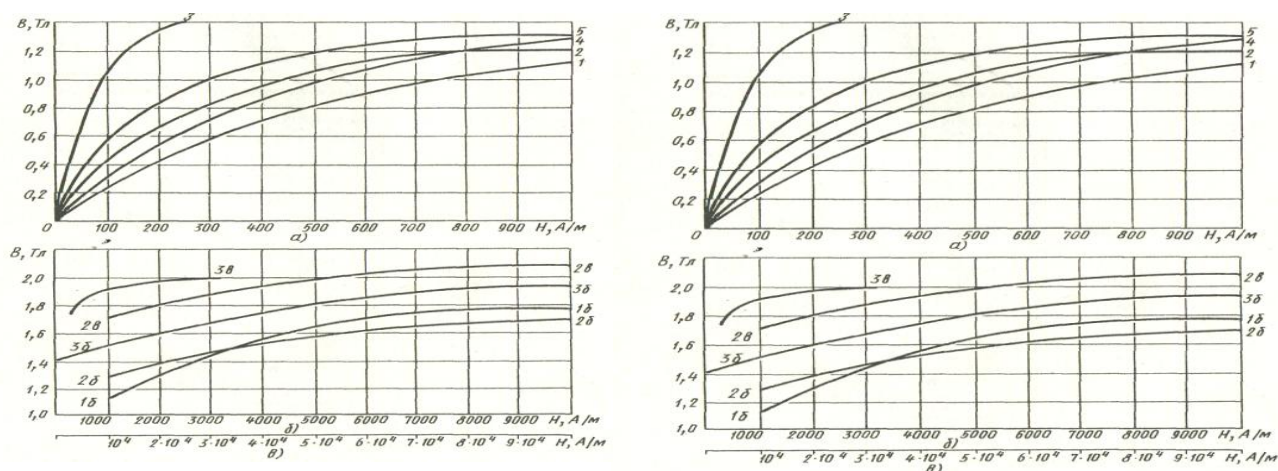


Рисунок 4.3. Кривые намагничивания различных материалов магнитопровода. 1 - литая сталь, 2 - листовая электротехническая сталь 1512 (горячекатаная), 3 - листовая электротехническая сталь 3411 (холоднокатаная), 4 - листовая электротехническая сталь 1212 (горячекатаная), 5 - листовая электротехническая сталь 1410 (горячекатаная).

5. Определяем намагничивающую силу F , А, согласно по формуле $F = H_0 L_0 = H_1 L_1 + H_2 L_2 + H_3 L_3 + H_4 L_4$.

6. Находим количество витков ω , шт, необходимое для создания заданного магнитного поля

$$\omega = \frac{H_0 \cdot L_0}{I}$$

Задание для самостоятельного решения

Определить намагничивающую силу F катушки и количество её витков ω , расположенной на среднем стержне магнитопровода (рис 4.2), необходимую для получения магнитной индукции $B_1 = 1,8$ Тл в сечении S_1 при протекании тока $I = 4$ А, если размеры магнитной цепи $\ell_1 = 500$ мм, $\ell_2 = 120$ мм, $\ell_3 = 70$ мм, $\ell_4 = 70$ мм, $\ell_5 = 60$ мм, $\ell_6 = 400$ мм, $\ell_7 = 60$ мм, $\ell_{\text{воз}} = 1$ мм. Магнитопровод выполнен из листовой электротехнической стали 3411.

Практическое занятие №4

Тема: Электроизмерительные приборы

Цель: Изучение электроизмерительных приборов, используемых в лабораторных работах. 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.

Работа оформляется на листах формата А4 (210x297 мм) в соответствии с требованиями государственных стандартов (в печатном виде или написанном от руки).

В работе приводится:

- номер и название работы;
- задание к работе;
- схема электрической цепи;
- исходные данные к расчету в соответствии с вариантом;
- результаты расчетов с краткими комментариями.

Проверенное преподавателем задание должно быть защищено студентом.

Методические указания по выполнению расчетов

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

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

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

B – приборы для полевых и морских условий:

B1 – при температуре от –40 °C до +50 °C и B2 – при температуре от –50 °C до +60 °C и влажности до 95 % при 35 °C;

B3 – при температуре от –40 °C до +50 °C и влажности до 98 % при 40 °C.
нием, например, 2 кВ

30–200 Hz Рабочий частотный диапазон прибора

На лицевой стороне стрелочных приборов 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).

Задание для самостоятельной работы:

Изучите паспортные характеристики стрелочных электроизмерительных приборов.

Для этого внимательно рассмотрите лицевые панели стрелочных амперметров, обратив внимание на построение измерительной шкалы, условные знаки и заполните таблицу 5.1.

Таблица 5.1 - Характеристика стрелочного электроизмерительного прибора

1	Наименование прибора (Амперметр ,Вольтметр)	
2	Тип прибора	
3	Система измерительного механизма	
4	Предел измерения (номинальное значение)	
5	Цена деления	
6	Минимальное значение измеряемой величины	
7	Класс точности	
8	Допустимая погрешность	максимальная абсолютная
9	Род тока	
10	Нормальное положение шкалы	

Ответьте на 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?
7. Как рассчитать относительную погрешность измерения стрелочного прибора в любой точке шкалы прибора?
8. В какой части шкалы прибора измерения точнее и почему?
9. Что характеризует класс точности прибора?
10. Каковы основные достоинства цифровых измерительных приборов?
11. Как определяется погрешность измерений цифрового прибора?

Практическое занятие №5

Тема: Расчёт и выбор электроаппаратов

Цель: Изучить устройство, принцип действия и применение электрических аппаратов, научиться производить расчеты для выбора электроаппаратов

Работа оформляется на листах формата А4 (210x297 мм) в соответствии с требованиями государственных стандартов (в печатном виде или написанном от руки).

В работе приводится:

- номер и название работы;
- задание к работе;
- схема электрической цепи;
- исходные данные к расчету в соответствии с вариантом;
- результаты расчетов с краткими комментариями.

Проверенное преподавателем задание должно быть защищено студентом.

Методические указания по выполнению расчетов

Электрические аппараты - это электротехнические устройства, предназначенные для управления электрическими и неэлектрическими объектами, а также для защиты этих объектов при режимах работы, отличных от нормы.

Выбор электрического аппарата осуществляется по его функциональному назначению, по роду напряжения и тока, по величине мощности.

Следует иметь в виду современную тенденцию, заключающуюся в том, что, при выборе между предохранителями и автоматическими выключателями, предпочтение отдается последним в силу их большей надежности, лучшей защиты от неполнофазных режимов, универсальности и т.д.

Выбор аппаратов по напряжению заключается в соответствии номинального напряжения, указанного в паспорте аппарата, и рода (переменное, постоянное) номинальному напряжению питающей сети. При выборе аппарата по току следует учесть, что его номинальный ток должен быть не меньше рабочего тока установки.

Выбор автоматических выключателей.

Автоматические выключатели выбираются прежде всего по номинальным значениям напряжения и тока. Затем определяются токи установки теплового и электромагнитного расцепителей

Тепловой расширитель автомата защищает электроустановку от длительной перегрузки по току. Ток установки теплового расширителя принимается равным на 15-20% больше рабочего тока:

$$I_{T.P.} = (1,15-1,2) I_P,$$

Где I_P - рабочий ток электроустановки, А.

Электромагнитный расцепитель автомата защищает электроустановку от коротких замыканий. Ток установки электромагнитного распределителя определяется из следующих соображений: автомат не должен срабатывать от пусковых токов двигателя электроустановки теплового ПУСК ДВ., а ток срабатывания электромагнитного ИЭМР выбирается кратным току срабатывания теплового расцепителя:

$$I_{ЭМР} = K I_{T.P.},$$

Где $K=4,5-10$ -коэффициент кратности тока срабатывания электромагнитного расцепителя.

Выбранный автоматический выключатель проверяется по чувствительности и по отключающей способности. Автоматы с номинальным током до 100 А должны срабатывать при условии, что:

$$I_{ЭМР} = 1,4 I_{O.K.3.},$$

Где $I_{O.K.3.}$ - ток однофазного короткого замыкания.

Автоматы с номинальным током более 100А должны срабатывать при:

$$I_{ЭМР} = 1,26 I_{O.K.3.}$$

$$I_{окз} = I_n \max + I_{ном},$$

Где $I_n \max$ - пусковой ток наиболее мощного двигателя; $I_{ном}$ - сумма номинальных токов остальных двигателей.

Выбор предохранителей.

Ток плавкой вставки предохранителя выбирается в соответствии с выражением:
 $ПЛ. = 3 \text{ Ю.К.} \cdot 3$.

Ток плавкой вставки предохранителей, используемых для защиты асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором:

$$ПЛ. = ПУСК / \alpha I$$

Где ПУСК- пусковой ток двигателя, А,

αI - коэффициент, зависящий от условий пуска, при средних условиях пуска $\alpha I = 2,5$, при более длительных пусках $\alpha I = 1,6-2,0$.

Задание для самостоятельной работы:

Заполните таблицу:

Таблица 1 - Электрические аппараты

Группа	Основные элементы устройства	Принцип действия	Виды	Применение

Ответьте на вопросы:

1. Перечислите известные вам виды коммутационных аппаратов
2. Перечислите известные вам аппараты защиты и управления
3. Укажите назначение кнопочной станции
4. Укажите назначение автоматического выключателя
5. Укажите назначение пакетного переключателя
6. Укажите назначение плавкого предохранителя
7. Укажите, из чего состоит магнитный пускатель
8. Укажите, из чего состоит кулачковый контроллер
9. Поясните принцип действия контактора
10. Поясните принцип действия реле

Практическое занятие №6

Тема: Однофазные трансформаторы

Цель: Изучить расчёт основных параметров однофазного трансформатора

Работа оформляется на листах формата А4 (210x297 мм) в соответствии с требованиями государственных стандартов (в печатном виде или написанном от руки).

В работе приводится:

- номер и название работы;
- задание к работе;
- схема электрической цепи;
- исходные данные к расчету в соответствии с вариантом;
- результаты расчетов с краткими комментариями.

Проверенное преподавателем задание должно быть защищено студентом.

Методические указания по выполнению расчетов

Следует напомнить, что трансформатором называется статическое (т. е. без движущихся частей) электромагнитное устройство, предназначенное чаще всего для преобразования одного переменного напряжения в другое (или в другие) напряжение той же частоты, но другой величины. Трансформаторы бывают повышающие и понижающие. Трансформатор имеет не менее двух обмоток с общим магнитопроводом, которые электрически изолированы друг от друга (за исключением автотрансформаторов).

Для усиления индуктивной связи и снижения влияния вихревых токов первичные и вторичные обмотки трансформаторов размещаются на магнитопроводе, собранном из листовой электротехнической стали. Магнитопровод отсутствует только в воздушных трансформаторах, которые применяются, когда частота свыше 20 кГц, при которой магнитопровод практически не намагничивается из-за значительного увеличения вихревых токов.

На электрических станциях (в месте производства электрической энергии) выгодно повышать напряжение до десятков, сотен тысяч вольт и выше (35, 110, 220, 330, 500, 750 кВ и выше), так как чем выше напряжение, тем меньше ток при той же передаваемой мощности, следовательно, требуется меньшее сечение проводов линии передачи. Далее электрическую энергию передают по проводам к расположенным в районах потребления понижающим подстанциям, где напряжение понижается до 6, 10 кВ. Эти напряжения используются для питания мощных электродвигателей и приемников, а также трансформаторов, понижающих напряжение до 380, 220 В.

Порядок выполнения расчета:

Задача

Однофазный трансформатор ОМ-6667/35 работает как понижающий. Пользуясь его техническими данными приведенными в таблице 7.1, рассчитать: коэффициент трансформации; номинальные токи первичной вторичной обмоток; напряжение на вторичной обмотке U_2 при активно-индуктивной нагрузке, составляющей 50% ($\beta=0,5$) от номинальной и $\cos\varphi_2=0,8$; к.п.д. при $\cos\varphi_2=0,9$ и нагрузке, составляющей 75% ($\beta=0,75$) от номинальной.

Таблица 7.1

Тип транс- форматора	S_N , кВА	U_{1N} , кВ	U_{2N} , кВ	P_0 , кВт	P_k , кВт	U_k , %	ΔU , %
ОМ-6667/35	6667	35	10	17	53,5	8	3
ТС-180/10	180	10	0,525	1,6	3	5,5	4

Решение. Коэффициентом трансформации называется отношение высшего напряжения к низшему в режиме холостого хода независимо от того, является ли трансформатор повышающим или понижающим:

$$n = \frac{U_{1N}}{U_{2N}} = \frac{35}{10} = 3,5$$

Номинальные токи первичной и вторичной обмоток определим из формулы номинальной мощности трансформатора:

$$S_N = U_{2N} I_{2N} \approx U_{1N} I_{1N};$$

$$I_{1N} = \frac{S_N}{U_{1N}} = \frac{6667}{35} = 190,5 \text{ A};$$

$$I_{2N} = \frac{S_N}{U_{2N}} = \frac{6667}{10} = 666,7 \text{ A}.$$

Активно-индуктивная нагрузка трансформатора приводит к снижению напряжения на его вторичной обмотке U_2 , которое можно найти из формулы процентного изменения напряжения

$$\Delta U = \left[\frac{U_{2N} - U_2}{U_{2N}} \right] 100 \approx \beta (U_a \cos\varphi_2 + U_p \sin\varphi_2) = 2,7\%$$

где: ΔU – процентное изменение напряжения (в трансформаторах ΔU не превышает

$$\beta = \frac{I}{I_N} = \frac{S}{S_N}$$

1÷6%); $\frac{I}{I_N} = \frac{S}{S_N}$ – коэффициент нагрузки; U_a и U_p – активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания, выраженные в процентах ($U_a = \left(\frac{P_{кл}}{S_N}\right) 100\% = \left(\frac{53,5}{6667}\right) 100\% = 0,8\%$; $U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} = \sqrt{8^2 - 0,8^2} = 7,95\%$).

Следовательно,

$$U_2 = U_{2N} \left[1 - \frac{\Delta U}{100} \right] = 10000 [1 - 0,027] = 6793 \text{ В}$$

К.п.д. трансформатора

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} 100\% = \frac{P_1 (P_0 + \beta^2 P_k)}{P_1} = 1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_k}{P_1} = \frac{\beta S_N \cos \varphi_2}{\beta S_N \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_k} 100\% =$$

$$= \left(1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_k}{\beta S_N \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_k} \right) 100\% = \left(1 - \frac{17 + 0,75^2 \times 53,5}{0,75 \times 6667 \times 0,9 + 17 + 0,75^2 \times 53,5} \right) 100\% = 99\%$$

где: P_0 – мощность потерь при холостом ходе, равная сумме потерь в стали на гистерезис и вихревые токи; P_k – мощность потерь в обмотках при коротком замыкании (при нагрузке, отличной от номинальной, мощность потерь в обмотках $P\beta = \beta^2 P_k$).

В современных трансформаторах, особенно мощных, при номинальной нагрузке η равно 98 – 99%.

Задание для самостоятельного решения:

Решите задачу

Однофазный трансформатор номинальной мощностью 400 В·А имеет активное сопротивление первичной обмотки $R_1 = 1,875 \text{ Ом}$.

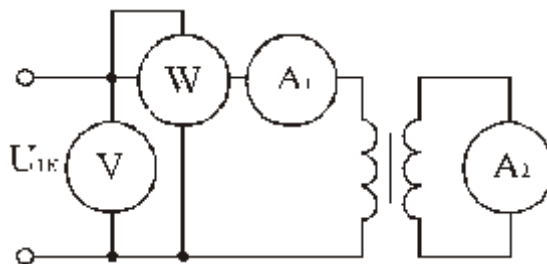


Рисунок 7.1.

В опыте короткого замыкания (рис. 7.1), трансформатора замерено напряжение на входе $U_{1к} = 10 \text{ В}$, при котором токи в первичной и вторичной обмотках равны номинальным: $I_1 = 2 \text{ А}$, $I_2 = 10 \text{ А}$. Ваттметр показал $P_k = 15 \text{ Вт}$. Определить, какую долю от номинального значения составляет напряжение короткого замыкания, активное сопротивление вторичной обмотки.