

Министерство общего и профессионального образования Свердловской области
ГБОУ СПО СО «Туринский многопрофильный техникум»

**КОМПЛЕКТ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ОП 04 ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

СВАРЩИК (электросварочные и газосварочные работы)

Разработала:
преподаватель
высшей квалификационной категории
Бусыгина И.В.

Практическая работа № 1

Решение задач на применение закона Ома для участка цепи и
для полной цепи

Первые три задания обязательны для любого уровня сложности задач
1 вариант.

1. Заполните таблицу:

№	Величина	Обозначение	Формула	Ед-цы измерения
1	ЭДС			
2		R		
3				Ампер
4	Напряжение			

2. Выберите правильную запись Ома для полной цепи

A. $U = \frac{I}{R}$	B. $I = \frac{U}{R+r}$	C. $I = \frac{\epsilon}{R+r}$	D. $I = \frac{U}{R}$
----------------------	------------------------	-------------------------------	----------------------

3. Рассчитайте силу тока в замкнутой цепи, состоящей из источника тока и внешнего резистора. ЭДС источника тока равна 10 В, его внутренне сопротивление равно 1 Ом. сопротивление резистора равно 4 Ом.

А сейчас сделайте выбор, если Вы затрудняетесь в решении задач по этой теме, то решайте задания уровня на «3»: (№4), если Вы хорошо усвоили данную тему, то переходите к уровню заданий на «4»: (№5).
«3»4. ЭДС батареи 6 В, внешнее сопротивление 11,5 Ом, а внутреннее 0,5 Ом. Чему равно напряжение на зажимах батареи?

«4»5. Гальванический элемент с ЭДС 5 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом замкнут на проводник сопротивлением 40 Ом. чему равно напряжение на этом проводнике?

Если у Вас осталось время решайте задание на «5»: (№6).

Если хорошо подумать, то и эту задачу Вы решите и тогда ..

«5» При напряжении 2 В на концах металлического проводника длиной 2 м сила тока через него равна 1 А. Какой будет сила тока через такой же проводник длиной 1 м при напряжении на нем 1 В?

Поздравляю с пятеркой «5»! МОЛОДЕЦ!

Практическая работа № 1

Решение задач на применение закона Ома для участка цепи и
для полной цепи

Первые три задания обязательны для любого уровня сложности задач
2 вариант.

1. Заполните таблицу:

№	Величина	Обозначение	Формула	Ед-цы измерения
1	Сила тока			
2		U		
3				Ом
4	ЭДС			

2. Выберите правильную запись закона Ома для участка цепи:

A. $I = \frac{U}{R}$	B. $U = \frac{I}{R}$	C. $I = \frac{\epsilon}{R+r}$	D. $I = \frac{U}{R+r}$
----------------------	----------------------	-------------------------------	------------------------

3. Найдите ЭДС источника тока, если при соединении с ним сопротивления 6 Ом и 2 Ом сила тока в цепи 1,5 А

А сейчас сделайте выбор, если Вы затрудняетесь в решении задач по этой теме, то решайте задания уровня на «3»: (№4), если Вы хорошо усвоили данную тему, то сразу переходите к уровню заданий на «4»: (№5).

«3»4. Найдите ток короткого замыкания в цепи с источником тока, ЭДС которого равна 1,3 В, если при включении во внешнюю цепь резистора сопротивлением 3 Ом сила тока в цепи 0,4 А.

«4»5. Источником тока в цепи служит батарея с ЭДС 30 В. напряжение на зажимах батареи 18 В, а сила тока в цепи 3А. Определите внешнее сопротивление и внутренне сопротивление цепи.

Если у Вас осталось время решайте задание на «5»: (№6).

Если хорошо подумать, то и эту задачу Вы решите и тогда ..

«5» При напряжении 4 В на концах металлического проводника длиной 1 м сила тока через него равна 2 А. Какой будет сила тока через такой же проводник длиной 2 м при напряжении на нем 2 В?

Поздравляю с пятеркой «5»! МОЛОДЕЦ!

Ключ работы №1.1 вариант

1. Заполните таблицу:

<i>№</i>	<i>Величина</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Формула</i>	<i>Ед-цы измерения</i>
1	ЭДС	ξ	$\xi = I(R + r)$	Вольт
2	Сопротивление	R	$R = \frac{U}{I}$	Ом
3	Сила тока	I	$I = \frac{\xi}{R + r}$ $I = \frac{U}{R}$	Ампер
4	Напряжение	U	$U = IR$	Вольт

2. Выберите правильную запись Ома для полной цепи

- | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| A. $U = \frac{I}{R}$ | B. $I = \frac{U}{R + r}$ | C. $I = \frac{\xi}{R + r}$ | D. $I = \frac{U}{R}$ |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|

Правильный ответ – C

3. Рассчитайте силу тока в замкнутой цепи, состоящей из источника тока и внешнего резистора. ЭДС источника тока равна 10 В, его внутренне сопротивление равно 1 Ом. сопротивление резистора равно 4 Ом.

<i>Дано:</i> $\xi = 10\text{ В}$ $r = 1 \text{ Ом}$ $R = 4 \text{ Ом}$	<i>Решение</i> $I = \frac{\xi}{R + r}$ $I = \frac{10\text{ В}}{1 \text{ Ом} + 4 \text{ Ом}} = \frac{10\text{ В}}{5 \text{ Ом}} = 2 \text{ А}$
---	---

4. ЭДС батареи 6 В, внешнее сопротивление 11,5 Ом, а внутреннее 0,5 Ом. Чему равно напряжение на резисторе?

<i>Дано:</i> $\xi = 6 \text{ В}$ $r = 0,5 \text{ Ом}$ $R = 11,5 \text{ Ом}$	<i>Решение</i> $I = \frac{\xi}{R + r}$ $I = \frac{6 \text{ В}}{0,5 \text{ Ом} + 11,5 \text{ Ом}} = \frac{6 \text{ В}}{12 \text{ Ом}} = 0,5 \text{ А}$
--	---

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

$$U = IR$$

$$U = 0,5 \text{ А} \cdot 11,5 \text{ Ом} = 5,75 \text{ В}$$

Ключ работы N1.2 вариант

1. Заполните таблицу:

<i>№</i>	<i>Величина</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Формула</i>	<i>Ед-цы измерения</i>
1	Сила тока	I	$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ $I = \frac{U}{R}$	Ампер
2	Напряжение	U	$U = IR$	Вольт
3	Сопротивление	R	$R = \frac{U}{I}$	Ом
4	ЭДС	ξ	$\mathcal{E} = I(R + r)$	Вольт

2. Выберите правильную запись Ома для полной цепи

A. $U = \frac{I}{R}$	B. $I = \frac{U}{R + r}$	C. $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$	D. $I = \frac{U}{R}$
-----------------------------	---------------------------------	---	-----------------------------

Правильный ответ – D

3. Найдите ЭДС источника тока, если при соединении с ним сопротивления 6 Ом и 2 Ом сила тока в цепи 1,5 А.

$$\begin{array}{l}
 \text{Дано:} \\
 I = 1,5 \text{ А} \\
 r = 2 \text{ Ом} \\
 R = 6 \text{ Ом} \\
 \hline
 \mathcal{E} - ?
 \end{array}
 \quad \left| \begin{array}{l}
 \text{Решение} \\
 I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \\
 \\
 \mathcal{E} = I(R + r)
 \end{array} \right.$$

$$\mathcal{E} = 1,5(2+6) = 12 \text{ В}$$

4. Найдите ток короткого замыкания в цепи с источником тока, ЭДС которого равна 1,3 В, если при включении во внешнюю цепь резистора сопротивлением 3 Ом сила тока в цепи 0,4 А.

Практическая работа № 2

Определение удельного сопротивления проводника

Определить сопротивление медного провода диаметром 4×10^{-3} метра, если его масса составляет 2 килограмма?

Дано: $d=4 \times 10^{-3}$ м; $m=2$ кг; $\rho=1.7 \times 10^{-8}$ Ом·м; $D=8.93 \times 10^3$ кг/м³

Найти: R ?

Решение:

Сопротивление провода определяем по формуле: $R=\rho l/S$. Длину медного провода находим из формулы: $m=DV=DSL$.

Длина провода

$$l = \frac{m}{D \times S}$$

Площадь поперечного сечения провода

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

Получаем итоговую формулу для определения сопротивления провода

$$R = \frac{16 \times m \times \rho}{\pi^2 \times D \times d^4}$$

Сопротивление провода

$$R = \frac{16 \times 2 \times 1.7 \times 10^{-8}}{3.14^2 \times 8.93 \times 10^3 \times (4 \times 10^{-3})^4} = 0.0241 \text{ Ом}$$

Ответ: сопротивление медного провода равно 0.0241 Ома

Решите самостоятельно задачи

1. При устройстве молниезащиты применен стальной провод площадью сечения 35 мм² и длиной 20 м. Найдите сопротивление этого провода.
2. Кипятильник включен в сеть напряжением 220 В. Чему равна сила тока в спирали электрокипятильника, если она сделана из никелевой проволоки длиной 5 м и площадью поперечного сечения 0,1 мм²?
3. Определите сопротивление никелиновой проволоки длиной 80 см и поперечным сечением 1 мм².

Практическая работа № 1

Чтение электрических принципиальных схем.

Цель работы: Изучить методы чтения электрических принципиальных схем.

Порядок выполнения работы:

Изучить основные теоретические положения.

Ответить на контрольные вопросы.

Сдать отчет преподавателю.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды электрических схем бывают?
2. Каковы особенности построения отечественных и иностранных схем?
3. Чем отличаются схемы, выполненные по ЕСКД и по старым отечественным стандартам?
4. Чем отличаются однопроводные схемы от трехпроводных?
5. Виды электрических схем.

На основании ГОСТ 2.702-75 «Правила выполнения электрических схем» существуют следующие разновидности схем: 1.1 Структурная схема (рис. 1.1) определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Структурные схемы разрабатывают при проектировании изделий (установок) на стадиях, предшествующих разработке схем других типов. Их используют для общего ознакомления с изделием (установкой).



Рис. 1.1. Пример структурной схемы

1.2 Функциональная схема (рис. 1.2) служит для разъяснения процессов, протекающих в отдельных функциональных цепях изделия (установки) или в изделии (установке) в целом. Такие схемы используют для изучения принципов работы изделий (установок), а также при их наладке, контроле и ремонте в процессе эксплуатации.

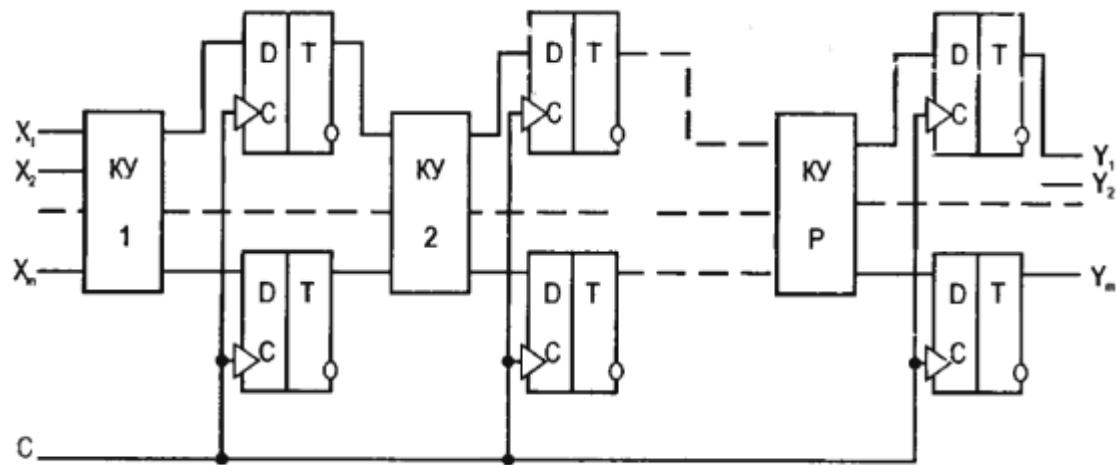


Рис. 1.2. Пример функциональной схемы

1.3 Принципиальная схема (рис. 1.3, а, б) определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия (установки). Принципиальные схемы предназначены для изучения принципов работы изделий (установок). Они

необходимы при их наладке, контроле и ремонте. Принципиальные схемы используют как основу для разработки других конструкторских документов, например, схем соединений (монтажных) и чертежей.

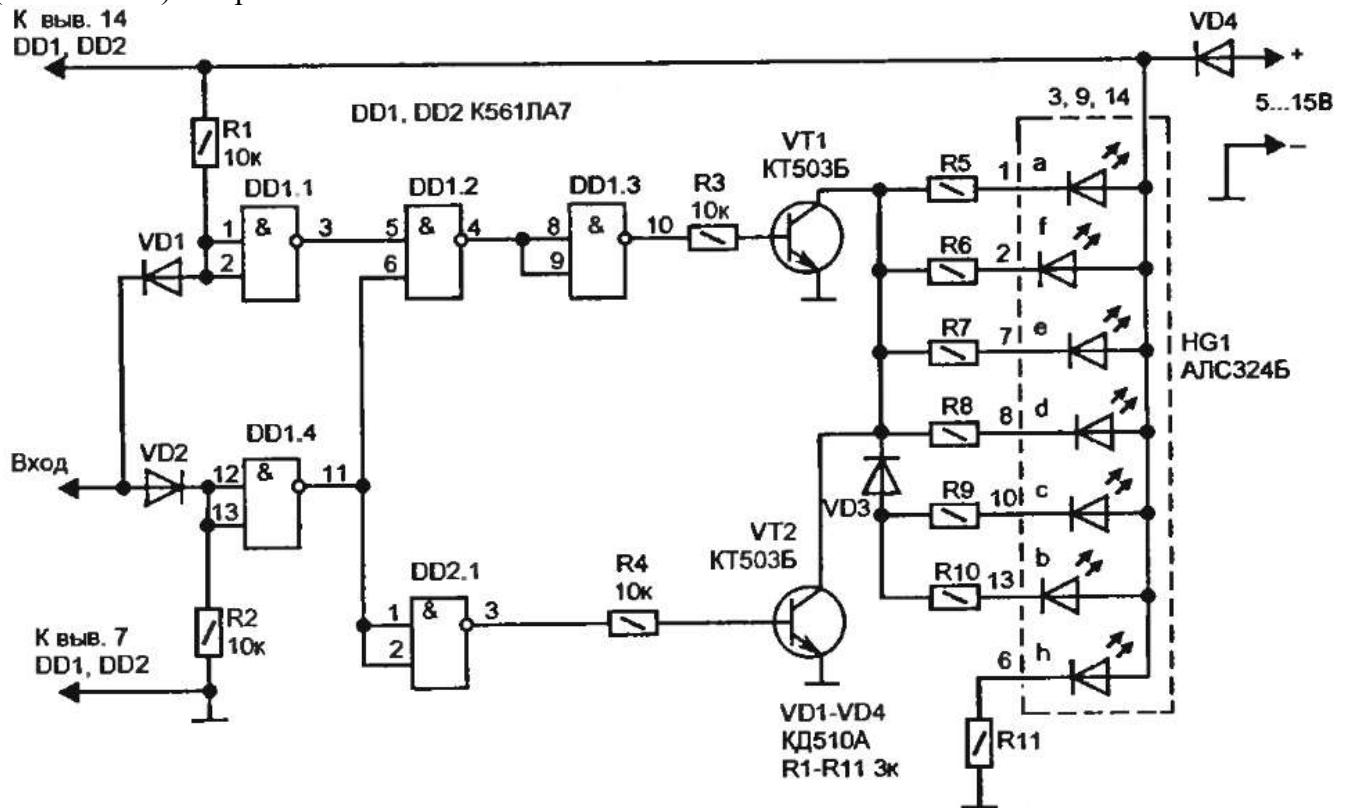


Рис. 1.3, а. Пример принципиальной схемы

1.4 Схема соединений (монтажная) показывает соединения составных частей изделия (установки) и определяет провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т. п.). Схемами соединений пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей или трубопроводов в изделии, а также для осуществления присоединений. Схемы используют при монтаже а также при контроле, эксплуатации и ремонте изделий (установок) в процессе эксплуатации.

1.5 Схема подключения показывает внешние подключения изделия. Схемами подключения пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации.

1.6 Общая схема определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Схемами пользуются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации.

1.7 Схема расположения определяет относительное расположение составных частей изделия (установки), а при необходимости также проводов, жгутов, кабелей, трубопроводов и т. п. Схемами расположения пользуются при разработке других конструкторских документов, а также при эксплуатации и ремонте изделий (установок).

Чтение электрических принципиальных схем.

Общие положения.

Основным назначением принципиальных электрических схем является отражение с достаточной полнотой и наглядностью взаимной связи отдельных элементов, входящих в состав электрической или электронной аппаратуры, с учетом последовательности их работы и принципа действия. Принципиальные электрические схемы служат для изучения принципа

действия электрической или электронной системы, они необходимы при производстве пусконаладочных работ и в эксплуатации электрооборудования. Принципиальные электрические схемы являются основанием для разработки других документов проекта: монтажных схем и таблиц щитов и пультов, схем соединения внешних проводок, схем подключения и др. При разработке систем управления технологическими процессами обычно выполняют принципиальные электрические схемы самостоятельных элементов, установок или участков системы, например схему управления задвижкой, схему автоматического и дистанционного управления насосом, схему сигнализации уровня в резервуаре и т. п. Принципиальные электрические схемы составляют на основании структурных и функциональных схем, исходя из заданных алгоритмов функционирования отдельных узлов контроля, сигнализации, автоматического регулирования и управления и общих технических требований, предъявляемых к объекту. На принципиальных электрических схемах в условном виде изображают приборы, аппараты, линии связи между отдельными элементами, блоками и модулями этих устройств.

В общем случае принципиальные схемы содержат:

- 1) условные изображения принципа действия того или иного функционального узла аппарата;
- 2) поясняющие надписи;
- 3) части отдельных элементов (приборов, электрических аппаратов) данной схемы, используемые в других схемах, а также элементы устройств из других схем;
- 4) диаграммы переключений контактов многопозиционных устройств;
- 5) перечень используемых в данной схеме приборов, аппаратуры;
- 6) перечень чертежей, относящихся к данной схеме, общие пояснения и примечания.

Практическая работа № 2
Монтаж простых электрических цепей

Условные обозначения электрической цепи

Гальванический элемент



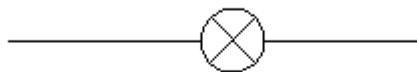
Батарея или аккумулятор



Генератор



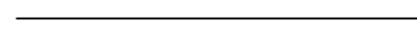
Электрическая лампа



Выключатель



Проводник



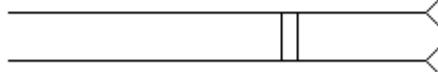
Соединение проводов



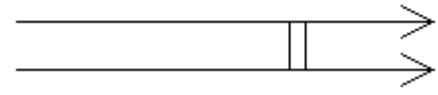
Пересечение проводов



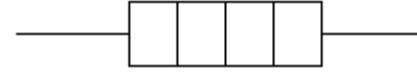
Штепсельная розетка



Штепсельная вилка

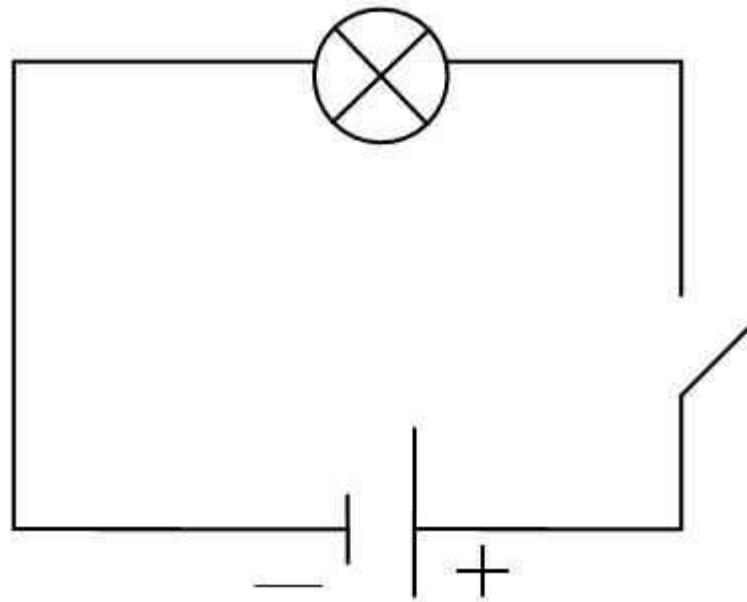


Нагревательный элемент



Начертите в тетрадях схему простой электрической цепи (рис.6)

Схема простой электрической цепи



Потребители электрической энергии могут быть присоединены к источнику тока различными способами.

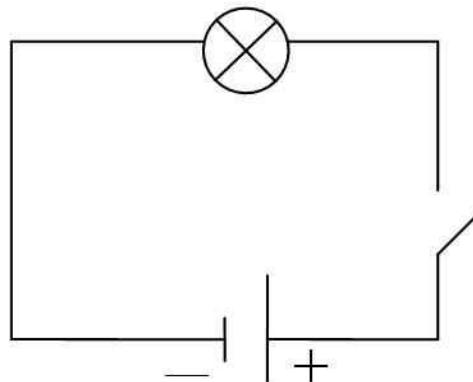
Способы соединения потребителей электрической энергии:

- последовательное соединение;
- параллельное соединение.

Сборка электрической цепи, состоящей из источника тока, лампочки, выключателя, соединительных проводов.(простая электрическая цепь).

Порядок выполнения работы

1. Начертите в тетради схему простой электрической цепи.(рис1.)
2. Соедините с помощью выключателя, проводов, батарейки и лампочки в соответствии со схемой.
3. Поверните рычажок выключателя, замкните цепь.
4. Проверьте работу цепи.
5. Разомкните цепь.
6. Разберите цепь. Рис 1

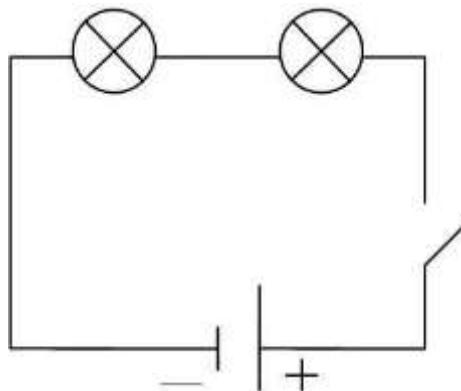


Работа №2

Сборка электрической цепи, состоящей из источника тока, 2-х лампочек, выключателя, соединительных проводов. (соединение потребителей электроэнергии последовательное).

Порядок выполнения работы

1. Начертите в тетради схему последовательного соединения потребителей электроэнергии из 2-х лампочек.
2. Соедините с помощью выключателя, электрической лампы, проводов и батареи в соответствии со схемой.
3. Поверните рычажок выключателя, замкните цепь.
4. Проверьте работу цепи.
5. Разомкните цепь.
6. Вывернуть одну лампочку.
7. Поверните рычажок выключателя, замкните цепь.
8. Проверьте работу цепи, будет ли гореть другая лампочка?
9. Разомкните цепь.
10. Разберите цепь.



Ответьте на вопросы

1. Из каких элементов состоят собранные вами электрические цепи?
2. Назовите материалы, проводящие и непроводящие электрический ток.
3. С какой целью применяются условные обозначения электрической цепи?
4. Подготовить краткий отчет

В отчете укажите:

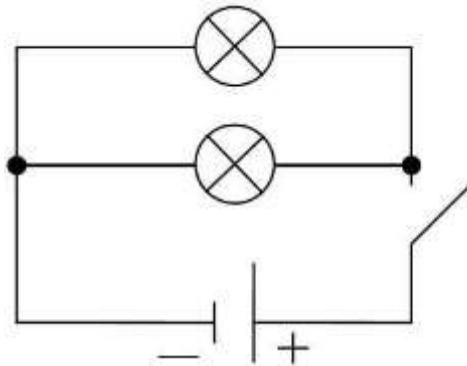
- название работ;
- схемы электрических цепей;
- ответы на вопросы.

Работа № 3

Сборка электрической цепи, состоящей из источника тока, 3-х лампочек, переключателя, соединительных проводов.

Порядок выполнения работы

1. Начертите в тетради схему электрической цепи.
2. Соедините лампы накаливания с батареей и переключателем в соответствии со схемой.
3. Передвигая контактный рычаг, поочередно включите лампочки,
4. Разберите цепь.

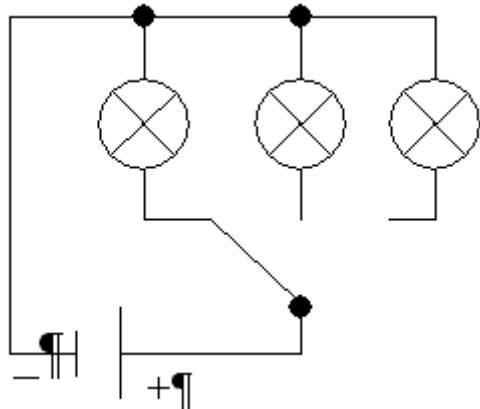


Работа №4

Сборка электрической цепи, состоящей из источника тока, 2-х лампочек, переключателя, соединительных проводов. (соединение потребителей электроэнергии параллельное).

Порядок выполнения работы

1. Начертите в тетради схему параллельного соединения потребителей электроэнергии из 2-х лампочек
2. Соедините через выключатель лампы накаливания с батареей в соответствии со схемой.
3. Поверните рычажок выключателя, замкните цепь.
4. Проверьте работу цепи.
5. Разомкните цепь.
6. Вывернуть одну лампочку.
7. Поверните рычажок выключателя, замкните цепь.
8. Проверьте работу цепи, будет ли гореть другая лампочка?
9. Разомкните цепь.
10. Разберите цепь.



Вопросы

1. С какой целью защищают концы проводов перед подключением их к электроарматуре?
2. Чем отличаются проводники от изоляторов?
3. Из каких элементов состоит простейшая электрическая цепь?
4. Подготовить краткий отчет

В отчете укажите:

- название работ;
- схемы электрических цепей;
- ответы на вопросы.

Практическая работа № 3

Расчет смешанного соединения потребителей.

Цель: закрепить знания методов расчета эквивалентного сопротивления резисторов при их смешанном соединении.

Теоретические сведения

Отдельные проводники электрической цепи могут быть соединены между собой последовательно, параллельно и смешанно (последовательно-параллельно).

Последовательное соединение

Проводники соединены таким образом, что по ним проходит один и тот же ток.



Сила тока в цепи:

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

Общее напряжение:

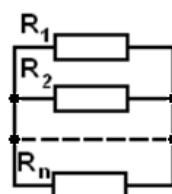
$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Эквивалентное сопротивление:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Параллельное соединение

Два или более числа проводников присоединены к двум узловым точкам.



Сила тока в цепи:

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

Общее напряжение:

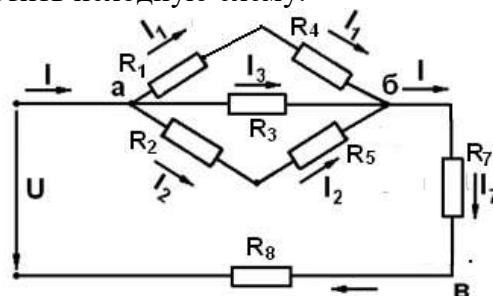
$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

Эквивалентное сопротивление:

$$R = \frac{U}{I} \text{ или } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Порядок выполнения расчета

1. Для своих данных начертить исходную схему.



Вариант	Положение ключей		R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом	R_5 , Ом	R_6 , Ом	R_7 , Ом	R_8 , Ом
	K_1	K_2								
1	1	0	1,5	2	1	3	1,5	3	3	6

2. Рассчитать последовательное соединение R₁-R₄:

$$R_{14} = R_1 + R_4 = 1,5 + 3 = 4,5 \Omega$$

3. Рассчитать параллельное соединение R₁₄-R₃:

$$\frac{1}{R_{134}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{14}} = \frac{1}{1} + \frac{1}{4,5} = \frac{11}{9} \quad R_{134} = \frac{9}{11} \Omega$$

4. Рассчитать последовательное соединение R₂-R₅:

$$R_{25} = R_2 + R_5 = 2 + 1,5 = 3,5 \Omega$$

5. Рассчитать параллельное соединение R₁₃₄-R₂₅:

$$\frac{1}{R_{12345}} = \frac{1}{R_{134}} + \frac{1}{R_{25}} = \frac{11}{9} + \frac{1}{3,5} = \frac{95}{63} \quad R_{12345} = \frac{63}{95} \Omega$$

6. Найти эквивалентное сопротивление, рассчитав последовательное соединение R₁₂₃₄₅-R₇₈:

$$R = R_{12345} + (R_7 + R_8) = \frac{63}{95} + (3 + 6) = 9,7 \Omega$$

7. Найти общий ток в цепи:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{120}{9,7} = 12,4 A$$

8. Найти токи на сопротивлениях R₇ и R₈:

$$U_7 = IR_7 = 12,4 \cdot 3 = 37,2 V \quad U_8 = IR_8 = 12,4 \cdot 6 = 74,4 V$$

10. Найти напряжение между точками а и б:

$$U_{ab} = U - U_7 - U_8 = 120 - 37,2 - 74,4 = 8,4 \Omega$$

11. Найти ток на сопротивлениях R₁ и R₄:

$$I_1 = \frac{U_{ab}}{R_{14}} = \frac{8,4}{4,5} = 1,8 A$$

12. Найти ток на сопротивлениях R₂ и R₅:

$$I_2 = \frac{U_{ab}}{R_{25}} = \frac{8,4}{3,5} = 2,3 A$$

13. Найти ток на сопротивлении R₃:

$$I_3 = \frac{U_{ab}}{R_3} = \frac{8,4}{1} = 8,4 A$$

14. Проверка:

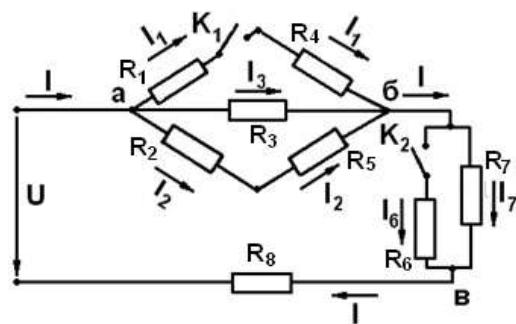
$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$1,8 + 2,3 + 8,4 = 12,5 A$$

$$12,5 A \approx 12,4 A$$

Задание

Определить общее сопротивление цепи, токи во всех ветвях и напряжения на каждом сопротивлении, если напряжение $U=120$ В.



Вариант	Положение ключей		R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом	R_5 , Ом	R_6 , Ом	R_7 , Ом	R_8 , Ом
	K_1	K_2								
1	1	0	2	1,5	3	1	1,5	3	6	3
2	0	1	2	1,5	3	1	1,5	3	6	3
3	1	0	2	1,5	3	1	1,5	3	6	3
4	0	1	2	1,5	3	1	1,5	3	6	3
5	1	0	1	3	6	1,5	3	1,5	2	4
6	0	1	1	3	6	1,5	3	1,5	2	4
7	0	1	1	3	6	1,5	3	1,5	2	4
8	1	0	1	3	6	1,5	3	1,5	2	4
9	0	1	6	4	2	3	2	8	4	2
10	1	0	2	1,5	1	3	1,5	6	3	3

Практическая работа № 4

Определение мощности приемника электроэнергии

Немного о мощности постоянного тока. Не надо долго ходить за примерами и что-то объяснять в том плане, что механическая работа, которую совершает двигатель, выделяемая нагревателем теплота вполне измеримы. От каких же величин зависит совершаемая работа?

Чем дольше потребители тока, будь то лампы или двигатель, включены, тем больше электроэнергии потребляется. И тем больше количество произведенной работы. Но и при простом увеличении количества потребителей сила тока увеличивается, поскольку обычно они включаются параллельно. Следовательно, произведенная электрическая работа возрастает с увеличением силы тока и времени. Но влияет еще и третья величина. Две параллельно включенные лампы потребляют двойную энергию по сравнению с одной. А, значит, и двойной ток. Тот же результат получим, если соединим две лампы последовательно и подадим двойное напряжение (см. рис.1)

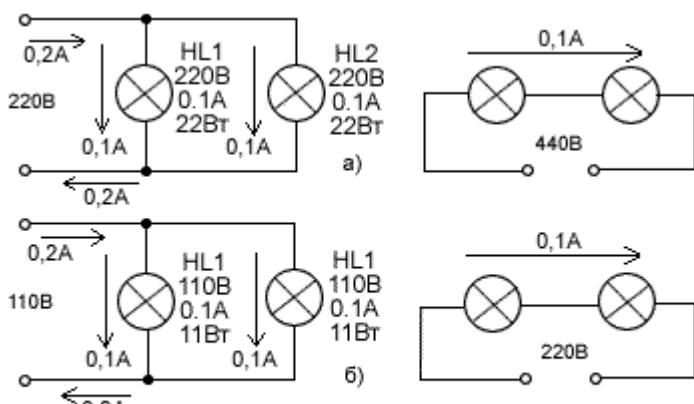


рис.1. Пример равенства работы тока при различном включении ламп и удвоении напряжения

Электрическая работа зависит, следовательно, и от напряжения. Поэтому для работы электрического тока в течение отрезка времени получим зависимость:

$$W=UIt$$

Здесь U - напряжение, I - сила тока, t - время, W - количество произведенной работы. Теперь о самой мощности. Под мощностью понимают работу, совершающую за определенное время. Таким образом, $P=W/t$. Если теперь вместо W подставить выражение для электрической работы, то

$$P=UIt/t=UI$$

Таким образом, мощность - это произведение напряжения на силу тока. Единицей мощности служит 1Вт, в честь ее открывателя, шотландского инженера, Джеймса Уайта (1736 - 1819).\\

Вернувшись назад к формуле работы тока $W=UIt$ увидим, что это произведение электрической мощности $P=UI$ и времени t , в течение которого эта мощность действует. Если время выразить в часах, то получим количество потребленной энергии "ватт-час". Такая единица измерения является маленькой, поэтому пользуются "киловатт-часом". $1\text{кВтч}=1000\text{Втч}$

Кстати, кто еще далек от электричества, есть "хитрый" пересчет электрической мощности в механическую:

$$1\text{кВтч} = 367000 \text{кгс}\cdot\text{м}; 1\text{кВт} = 102 \text{кгс}\cdot\text{м}/\text{с}$$

т.е. энергия в 1киловатт-час может поднять массу в 367кг на высоту 1000м. 1кВт достаточно, чтобы поднять 102кг за 1с на 1м. Для расчета мощности в цепи постоянного тока пользуются также и другими формулами, а именно:

$$P=I^2\times R \text{ и } P=U^2/R$$

В каждом электрическом устройстве имеются потери, так как часть энергии преобразуется в другие формы. Например, у электродвигателей постоянного тока (ведь мы в теме о постоянном токе) часть полезной мощности расходится на преодоление трения; лампочка излучает не только свет, но и теплоту. Поэтому механическая мощность двигателя (полезная мощность) меньше, чем потребляемая им электрическая мощность. Чтобы численно представить отношение между указанной номинальной мощностью и выдаваемой полезной мощностью(т.е. эффективной), используют понятие "коэффициент полезного действия":

$$\text{КПД} = \frac{\text{эффективная мощность}}{\text{номинальная мощность}} \text{ или } \eta = \frac{P_{\text{эф}}}{P_{\text{ном}}}$$

Эффективная и номинальная мощности измеряются в одинаковых величинах. Для КПД численное значение выражается либо безразмерной величиной до 1, либо в процентах. Так как потерь не избежать, то Рном всегда больше Рэф. Поэтому КПД не может достигнуть значения 1 (100%).

Задача 1. Определить общее сопротивление электрической цепи, напряжение и мощность каждого проводника на рис.1 при $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 25\Omega$, $R_3 = 15\Omega$ и $R_4 = 14\Omega$. Напряжение источника напряжения $U = 16\text{В}$. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

Решение: Данная электрическая цепь является цепью с последовательно включенными проводниками. Общее сопротивление тогда рассчитывается по формуле

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4. \text{ Получим } R = 10 + 25 + 15 + 14 = 64 \text{ Ома.}$$

При последовательном включении ток одинаков во всей цепи и вычисляется как $I = U:R$. Имеем:

$I = 16:64 = 0,25$ Ампер. Тогда, согласно закона Ома для участка цепи напряжение на каждом из проводников составят: $U_1 = I \cdot R_1$, $U_2 = I \cdot R_2$, $U_3 = I \cdot R_3$, $U_4 = I \cdot R_4$.

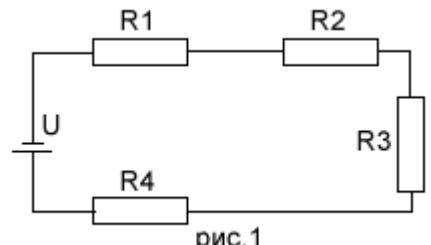


рис.1

Вычисляем: $U_1 = 0,25 \cdot 10 = 2,5\text{В}$; $U_2 = 0,25 \cdot 25 = 6,25\text{В}$; $U_3 = 0,25 \cdot 15 = 3,75\text{В}$; $U_4 = 0,25 \cdot 14 = 3,5\text{В}$. Проверяем: $U = 2,5 + 6,25 + 3,75 + 3,5 = 16\text{В}$. Мощность каждого элемента рассчитывается по формуле $P = U \cdot I$. Получим: $P_1 = U_1 \cdot I = 2,5 \cdot 0,25 = 0,625\text{Вт}$; $P_2 = U_2 \cdot I = 6,25 \cdot 0,25 = 1,5625\text{Вт}$; $P_3 = U_3 \cdot I = 3,75 \cdot 0,25 = 0,9375\text{Вт}$; $P_4 = U_4 \cdot I = 3,5 \cdot 0,25 = 0,875\text{Вт}$.

Правильность решения можно проверить, рассчитав баланс системы. Должно выполниться условие: $U_1 \cdot I + U_2 \cdot I + U_3 \cdot I + U_4 \cdot I = U \cdot I$. Проверяем:
 $0,625\text{Вт} + 1,5625\text{Вт} + 0,9375\text{Вт} + 0,875\text{Вт} = 16\text{В} \cdot 0,25\text{А}$. Откуда $4 = 4$. Все верно.

Решите самостоятельно

Задача 2. В домашнюю розетку через удлинитель включены холодильник мощностью 300Вт, стиральная машина мощностью 2,5кВт и СВЧ-печь мощностью 1,5кВт. Определить общий ток в цепи и ток каждого из потребителей.

Решение: Составим электрическую схему включения потребителей. Она представлена на рис.2 и будет представлять из себя параллельное включение проводников(см. рис.4 в разделе "про сопротивление"). Токи приборов вычислим из формулы определения мощности: $P = U \cdot I$ откуда $I = P/U$.

Находим $I_1 = P_{хол}/U = 300/220 = 1,36(A)$; $I_2 = P_{ст.м}/U = 2500/220 = 11,369(A)$; $I_3 = P_{СВЧ}/U = 1500/220 = 6,81(A)$.

Общий ток будет равен сумме всех токов. Находим: $I = I_1 + I_2 + I_3 = 1,36 + 11,369 + 6,81 = 19,54$ (Ампер).

Правильность решения можно проверить, рассчитав баланс системы. Из условия следует что общая мощность равна $P = 300\text{Вт} + 2500\text{Вт} + 1500 = 4300\text{Вт} = 4,3\text{kВт}$. Также мощность равна произведению общего тока на напряжение и составит: $P = U \cdot I = 220 \cdot 19,54 = 4300\text{Вт} - 4,3\text{kВт}$. Все верно.

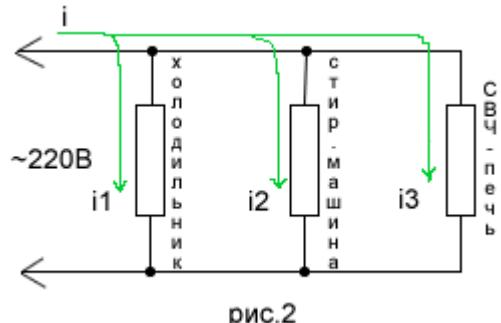


рис.2

Практическая работа № 6

Расчет магнитных цепей с воздушным зазором

2. "Прямая" задача для разветвленной магнитной цепи

Расчет разветвленных магнитных цепей основан на совместном применении первого и второго законов Кирхгофа для магнитных цепей. Последовательность решения задач данного типа в целом соответствует рассмотренному выше алгоритму решения "прямой" задачи для неразветвленной цепи. При этом для определения магнитных потоков на участках магнитопровода, для которых магнитная напряженность известна или может быть вычислена на основании второго закона Кирхгофа, следует использовать алгоритм

$$H_i \rightarrow \text{по } B(H) \quad B_i \rightarrow \Phi_i = B_i S_i.$$

В остальных случаях неизвестные магнитные потоки определяются на основании первого закона Кирхгофа для магнитных цепей.

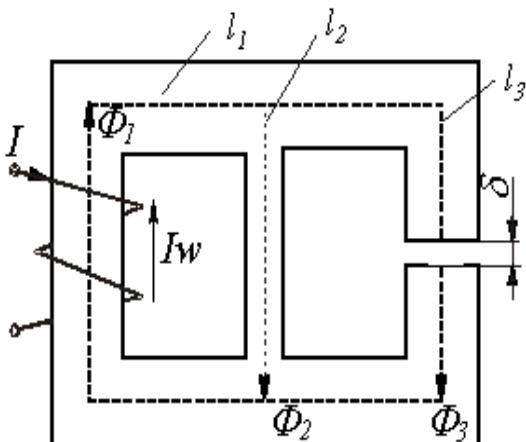


Рис.2

В качестве примера анализа разветвленной магнитной цепи при заданных геометрии магнитной цепи на рис. 2 и характеристике $B(H)$ ферромагнитного сердечника определим НС $F = IW$, необходимую для создания в воздушном зазоре индукции B_δ .

Алгоритм решения задачи следующий:

1. Задаем положительные направления магнитных потоков в стержнях магнитопровода (см. рис. 2).

$$H_\delta = \frac{B_\delta}{\mu_0}$$

2. Определяем напряженность в воздушном зазоре зависимости $B(H)$ для $B_\delta = B_\delta$ - значение H_δ .

3. По второму закону Кирхгофа для правого контура можно записать

$$H_3 l_3 + H_\delta \delta - H_2 l_2 = 0,$$

откуда находим H_2 и по зависимости $B(H)$ - B_2 .

4. В соответствии с первым законом Кирхгофа

$$\Phi_1 = B_2 S_2 + B_3 S_3.$$

Тогда $B_1 = \Phi_1 / S_1$, и по зависимости $B(H)$ определяем H_1 .

5. В соответствии со вторым законом Кирхгофа для искомой НС имеет место уравнение

$$F_1 = H_1 l_1 + H_2 l_2.$$

1. По соленоиду длиной $l=1$ м без сердечника, имеющему $N=103$ витков (рис. 24.2), течет ток $I=20$ А. Определить циркуляцию вектора магнитной индукции вдоль контура, изображенного на рис. 24.3, а, б

2. Вычислить циркуляцию вектора индукции вдоль контура, охватывающего токи $I_1=10$ А, $I_2=15$ А, текущие в одном направлении, и ток $I_3=20$ А, текущий в противоположном направлении.

Практическая работа № 7

Регулярные методы расчета

Данными методами решаются задачи первого типа - "прямые" задачи. При этом в качестве исходных данных для расчета заданы конфигурация и основные геометрические размеры магнитной цепи, кривая (кривые) намагничивания ферромагнитного материала и магнитный поток или магнитная индукция в каком-либо сечении магнитопровода. Требуется найти НС, токи обмоток или, при известных значениях последних, число витков.

1. Прямая" задача для неразветвленной магнитной цепи

Решение задач подобного типа осуществляется в следующей последовательности:

1. Намечается средняя линия (см. пунктирную линию на рис.1), которая затем делится на участки с одинаковым сечением магнитопровода.

2. Исходя из постоянства магнитного потока вдоль всей цепи, определяются значения индукции для каждого i -го участка:

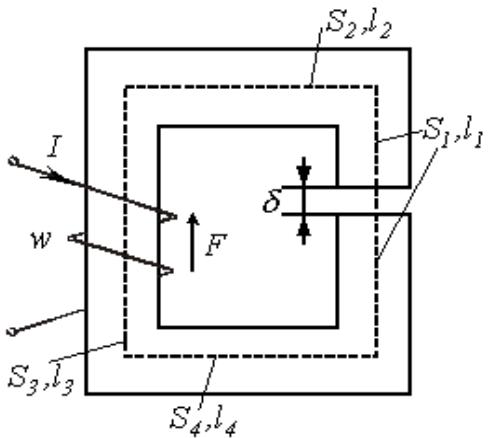


Рис.1

$$B_i = \frac{\Phi}{S_i}$$

3. По кривой намагничивания для каждого значения B_i находятся напряженности H_i на ферромагнитных участках; напряженность поля в воздушном зазоре определяется согласно

$$H_\delta = \frac{B_\delta}{\mu_0} = 0,796 \cdot 10^6 B \delta.$$

4. По второму закону Кирхгофа для магнитной цепи определяется искомая НС путем суммирования падений магнитного напряжения вдоль контура:

$$F = Iw = \sum H_i l_i + H_\delta \delta,$$

где δ - длина воздушного зазора.

- 1 На железное кольцо намотано в один слой $N=500$ витков провода. Средний диаметр d кольца равен 25 см. Определить магнитную индукцию B в железе и магнитную проницаемость μ железа *, если сила тока I в обмотке: 1) 0,5 А; 2) 2,5 А.
- 2 Замкнутый соленоид (тороид) со стальным сердечником* имеет $n=10$ витков на каждый сантиметр длины. По соленоиду течет ток $I=2$ А. Вычислить магнитный поток Φ в сердечнике, если его сечение $S=4$ см².
- 3 Определить магнитодвижущую силу F_m необходимую для получения магнитного потока $\Phi=0,3$ мВб в железном * сердечнике замкнутого соленоида (тороида). Длина l средней линии сердечника равна 120 см, площадь сечения $S=2,5$ см²

Практическая работа 7

Расчет цепи переменного тока с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью, резонанса напряжений.

Цель: закрепить знания методов расчета параметров неразветвленных электрических цепей переменного тока.

Теоретические сведения

Реактивное сопротивление цепи рано разности индуктивных и емкостных сопротивлений:

$$X = X_L - X_C \quad (\text{брать все } X \text{ из схемы})$$

Формула для полного сопротивления цепи имеет вид:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Эту формулу нужно привести в соответствие со своей схемой, следуя указаниям:

- если одно из этих сопротивлений в схеме отсутствует, то брать его за ноль;

- если каких-то сопротивлений два, то при их подстановке в формулу складывают;

причем X_L всегда берут с «плюсом», а X_C - с «минусом».

Ток в цепи можно найти несколькими способами:

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}; \quad I = \sqrt{\frac{Q}{X}}; \quad I = \sqrt{\frac{S}{Z}}; \quad I = \frac{U}{Z}; \quad I = \frac{U_R}{R}; \quad I = \frac{U_X}{X}$$

Напряжения в цепи также можно найти по нескольким формулам:

$$U_R = IR; \quad U_L = IX_L; \quad U_C = IX_C; \quad U = IZ$$

Коэффициент мощности равен отношению активного сопротивления к полному:

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

$\sin \varphi$ находят как отношение реактивного сопротивления к полному:

$$\sin \varphi = \frac{X}{Z}$$

Формулы для мощности цепи имеют вид:

$$\text{активная} \quad P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$\text{реактивная} \quad Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$\text{полная} \quad S = U \cdot I$$

Для построения векторной диаграммы необходимо:

- Составить уравнение $\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$ (векторно сложить в порядке схемы соответствующие напряжения).
- Выбрать масштаб, т.е. поделить все значения напряжений на одно число, чтобы результат деления было удобно строить в сантиметрах.

$$\left| \begin{array}{l} U_R = \dots V \\ U_L = \dots V \\ U_C = \dots V \\ I = \dots A \end{array} \right|$$

- После этого построить векторную диаграмму по масштабу и в соответствии с уравнением.

ПРИМЕЧАНИЕ:

- первым всегда строят ток I ;

- b) вектор U_R всегда идет параллельно току;
- c) вектор U_L перпендикулярен току вверх;
- d) U_C перпендикулярен току вниз;
- e) итоговый вектор U соединяет начало первого вектора с концом последнего.

Проверка: длина вектора U в сантиметрах, измеренная по линейке, должна совпадать с расчетной величиной.

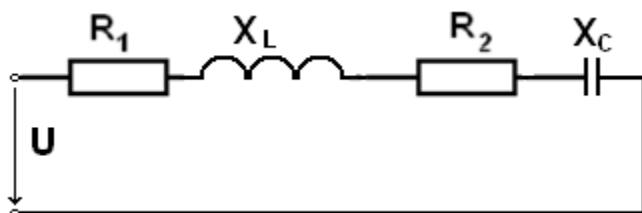
Практическая работа

«Расчет неразветвленных электрических цепей переменного тока»

Цель: закрепить знания методов расчета параметров неразветвленных электрических цепей переменного тока.

Задание

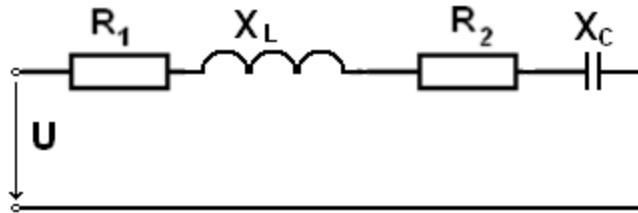
Неразветвленная цепь переменного тока содержит активные и реактивные сопротивления, величины которых заданы в таблице. Кроме того, известна одна из дополнительных величин. Определить следующие величины, если они не заданы в таблице вариантов: полное сопротивление цепи; напряжение, приложенное к цепи: силу тока в цепи; активную, реактивную и полную мощности; $\cos \phi$; $\sin \phi$.



Вариант	R_1 , Ом	R_2 , Ом	X_L , Ом	X_C , Ом	Дополнительная величина
1	8	4	18	2	$I = 10\text{A}$
2	10	20	50	10	$P = 120 \text{ Вт}$
3	3	1	5	2	$P_2 = 100 \text{ Вт}$
4	12	20	30	6	$U_1 = 72 \text{ В}$ $I = 1 \text{ А}$
5	4	8	18	2	$U = 40 \text{ В}$
6	2	1	4	8	$Q_1 = -96 \text{ вар}$
7	1	3	2	5	$Q_{C1} = -125 \text{ вар}$
8	1	2	8	4	$S = 80 \text{ В·А}$
9	20	10	10	50	$Q = -640 \text{ вар}$
10	8	4	6	22	$P_1 = 32 \text{ Вт}$

Порядок выполнения расчета

1. Начертить исходную схему.



Вариант	R_1 , Ом	R_2 , Ом	X_L , Ом	X_C , Ом	Дополнительная величина
1	2	6	12	6	$Q = 150$ вар

2. Найти реактивное сопротивление:

$$X = X_L - X_C = 12 - 6 = 6 \text{ Ом}$$

3. Найти полное сопротивление цепи:

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_L - X_C)^2} = \\ &= \sqrt{(2+6)^2 + (12-6)^2} = 10 \text{ Ом} \end{aligned}$$

4. Найти ток:

$$I = \sqrt{\frac{Q}{X}} = \sqrt{\frac{150}{6}} = 5 \text{ А}$$

5. Найти напряжения:

$$\begin{aligned} U_{R1} &= IR_1 = 5 \cdot 2 = 10 \text{ В} & U_{R2} &= IR_2 = 5 \cdot 6 = 30 \text{ В} \\ U_L &= IX_L = 5 \cdot 12 = 60 \text{ В} & U_C &= IX_C = 5 \cdot 6 = 30 \text{ В} \\ U &= IZ = 5 \cdot 10 = 50 \text{ В} \end{aligned}$$

6. Найти $\cos\phi$ и $\sin\phi$:

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{R_1 + R_2}{Z} = \frac{2+6}{10} = 0,8 \quad \sin\phi = \frac{X}{Z} = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{12-6}{10} = 0,6$$

7. Найти мощности:

активная

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

реактивная

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

полная

$$S = U \cdot I = 50 \cdot 5 = 250 \text{ В} \cdot \text{А}$$

8. Построить векторную диаграмму:

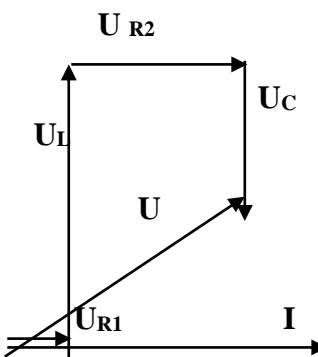
a) Векторно сложить соответствующие напряжения в порядке схемы

$$\vec{U} = \vec{U}_{R1} + \vec{U}_L + \vec{U}_{R2} + \vec{U}_C$$

b) Выбрать масштаб, т.е. поделить все значения напряжений на одно число, чтобы результат деления было удобно строить в сантиметрах.

$U_{R1} = 10 \text{ В}$: 10	1 см
$U_L = 60 \text{ В}$		6 см
$U_{R2} = 30 \text{ В}$		3 см
$U_C = 30 \text{ В}$		3 см
$U = 50 \text{ В}$		5 см
$I = 5 \text{ А}$: 1	5 см

c) Построить векторную диаграмму по масштабу и в соответствии с уравнением.



Описание:

1. Первым строят ток I , горизонтально, длиной 5 см;
2. Вектор U_{R1} идет параллельно току, длиной 1 см;
3. Вектор U_L перпендикулярно току вверх, от конца вектора U_{R1} , длиной 6 см;
4. Вектор U_{R2} идет параллельно току, от конца вектора U_L , длиной 3 см;
5. U_C перпендикулярно току вниз, от конца вектора U_{R2} , длиной 3 см;
6. Итоговый вектор U соединяет начало первого вектора U_{R1} с концом последнего U_C .

Проверка: длина вектора U в сантиметрах, измеренная по линейке, равна 5 см, что совпадает с расчетной величиной

Практическая работа 8

Правила пуска и остановки электродвигателей, установленных на
эксплуатируемом оборудовании

Подготовка электродвигателя к пуску.

4.1. Электрическая часть вновь смонтированных электродвигателей СН должна быть выполнена по проекту с учетом требований заводов-изготовителей и соответствовать требованиям ПУЭ, а по окончании монтажа подвергнута наладке и профилактическим испытаниям согласно действующим «Объему и нормам испытаний электрооборудования» [6].

Окончание монтажа и наладочных работ должно быть зафиксировано записью ответственных лиц монтажной и наладочной организаций в «Журнале ввода оборудования из монтажа», хранящемся на центральном щите управления.

4.2. Во время монтажа и наладки, а также по их окончании электрическая часть смонтированного электродвигателя должна пройти поузловое опробование и приемку мастером соответствующего ремонтного участка или группы ЭТЛ. Окончание поузловой приемки фиксируется в «Журнале ввода оборудования из монтажа», после чего разрешается произвести пробный пуск.

4.3. Готовность к пробному пуску определяет руководство электроцеха, исходя из состояния электродвигателя и результатов поузловой приемки. По его заявке начальник смены электроцеха дает указание подчиненному персоналу на сборку электрической схемы опробуемого электродвигателя. Перед этим дежурный персонал электрического и технологического цехов должны произвести осмотр электродвигателя в объеме, указанном в пунктах 4.8 и 4.9 настоящей Инструкции.

4.4. Пробный пуск электродвигателя должен производиться в присутствии мастера (инженера) электрического цеха, представителя монтажной организации, мастера и представителя технологического цеха. Пробный пуск осуществляется для определения направления вращения (у двухскоростных электродвигателей направление вращения проверяется на обеих скоростях), механической исправности, правильности его сборки и установки. Пробный пуск, как правило, производится при отсоединенном приводном механизме и не до полного разворота. После пробных кратковременных пусков и устранения замеченных дефектов производится пуск электродвигателя вхолостую на время, необходимое для достижения подшипниками установленной температуры. При этом должны быть проверены вибрационное состояние, ток холостого хода, работа подшипников, и отсутствие посторонних звуков.

4.5. Проведение и результаты пробного пуска должны быть отмечены руководителем пуска в «Журнале ввода оборудования из монтажа» и дежурным персоналом - в оперативных журналах. Последующие пуски и сборки электрической схемы могут производиться по заявкам монтажного, наладочного и эксплуатационного персонала через начальника смены технологического цеха.

4.6. Приемка электродвигателя в эксплуатацию производится при удовлетворительных результатах комплексного опробования, после чего электродвигатель передается в обслуживание эксплуатационному персоналу с записью в «Журнале ввода оборудования из монтажа».

4.7. Опробование и обкатка электродвигателей после капитального и текущего ремонтов осуществляется ремонтным персоналом после выполнения записей об окончании ремонтных работ в «Журнале ввода-вывода оборудования в ремонт».

4.8. При подготовке электродвигателя к пуску (впервые или после ремонта) дежурный персонал технологического цеха обязан проверить следующее:

4.8.1. Окончание всех работ на механизме, закрытие нарядов, отсутствие на агрегате и внутри ограждений людей и посторонних предметов.

4.8.2. Наличие масла в маслованнах и уровень его по маслоуказателю в электродвигателях с подшипниками скольжения и кольцевой смазкой. В электродвигателях с принудительной смазкой готовность к работе маслосистемы.

4.8.3. Наличие давления и протока воды через воздухоохладители (и маслоохладители при их наличии).

4.8.4. Положение запорной и регулирующей арматуры механизмов с учетом указаний пункта 2.20.

4.8.5. Исправность датчиков устройств сигнализации и технологических защит, приборов теплового контроля и технологического контроля (при их наличии).

4.8.6. Надежность креплении электродвигателя и механизмов, наличие защитных ограждений вращающихся частей и механических передач, отсутствие захламлении площадок обслуживания, наличие маркировки на электродвигателе.

4.8.7. На электродвигателях АВ (2АВ)-8000/6000, оснащенных системами непосредственного водяного охлаждении сердечника статора и обмотки ротора, а также агрегатах с принудительной системой смазки подшипников двигателя и механизма произвести подготовку к пуску и ввод в работу указанных систем, обеспечив по окончании ремонта (монтажа):

- промывку трубопроводов и элементов схемы конденсатом (маслом) помимо активных частей электродвигателя (подшипников);
- заполнение систем чистым конденсатом (маслом) с проверкой отсутствия завоздушивания элементов гидравлических схем;
- поочередное кратковременное опробование насосов при работе на холостом ходу с проверкой их работоспособности;
- включение циркуляции конденсата (масла) через активные части электродвигателя (подшипники агрегата) с проверкой плотности обратных клапанов насосов и регулировкой в необходимых пределах расхода, давления и температуры рабочей среды;
- опробование (с привлечением дежурного персонала электроцеха и ЦТАИ) АВР насосов, устройств технологической сигнализации, блокировок и защит, ввод их в работу;
- осмотр включенных в работу систем на предмет отсутствия течей.

4.8.8. Готовность механизма к пуску.

4.9. При отсутствии замечаний по состоянию агрегата начальник смены электростанции должен дать команду начальнику смены электроцеха на сборку электрической схемы электродвигателя. При получении такого распоряжения дежурный персонал электрического цеха должен:

4.9.1. Проверить окончание работ и закрытие всех выданных нарядов на работы на электродвигателе и его электрооборудовании. Убедиться, имеется ли выписка в «Журнале ввода-вывода оборудования в ремонт».

4.9.2. Осмотреть электродвигатель, его электрооборудование; проверить подключение питающих кабелей к выводам электродвигателя, отсутствие голых токоведущих частей, плотность выводного устройства или закрытие камеры выводов, исправность пусковой и коммутационной аппаратуры, состояние щеточного аппарата, наличие и исправность защитного заземления электродвигателя.

4.9.3. Убедиться, что площадка вокруг электродвигателя и сам электродвигатель очищены от грязи и посторонних предметов.

4.9.4. Снять переносные заземления или отключить заземляющие ножи.

4.9.5. Проверить мегаомметром целостность фаз обмотки статора и питающего кабеля и состояние изоляции обмоток, которое должно соответствовать нижеследующему.

Для вводимых впервые в эксплуатацию новых электродвигателей и электродвигателей, прошедших восстановительный или капитальный ремонт и реконструкцию на специализированном ремонтном предприятии, допустимые значения сопротивления изоляции обмотки статора, коэффициента абсорбции и коэффициента нелинейности, являющийся условиями их включения в работу без сушки, приведены в таблицах 5 и 6.

Сопротивление изоляций обмоток роторов синхронных электродвигателей и асинхронных электродвигателей с фазным ротором на напряжение 3кВ и выше или мощностью более 1МВт, впервые включаемых в работу, должно быть не менее 0,2МОм, а по окончании плановых ремонтов не нормируется.

Для электродвигателей напряжением выше 1кВ, находящихся в эксплуатации, допустимое значение сопротивления изоляции обмотки статора R₆₀ и коэффициент абсорбции по окончании капитального или текущего ремонтов не нормируются, но должны учитываться при решении вопроса о необходимости их сушки. В эксплуатации определение коэффициента абсорбции обязательно для электродвигателей напряжением выше 3кВ или мощностью более 1МВт. Следует учитывать, что при длительном нахождении двигателя в ремонте возможно увлажнение его обмотки статора, что может потребовать сушки и по этой причине затянуть ввод его в работу. Поэтому при пуске блока из планового ремонта измерение изоляции обмотки статора электродвигателей ответственных механизмов собственных нужд следует проводить не позднее 2сут. до намеченного срока окончания ремонта. Сопротивление изоляции обмоток статоров электродвигателей напряжением выше 1кВ вместе с питающим кабелем, пускаемых после длительного простоя или нахождения в резерве, также не нормируется. Считается достаточным, если указанное сопротивление составляет не менее 1МОм на 1кВ номинального линейного напряжения. Сопротивление изоляции измеряется при номинальном напряжении обмотки до 0,5кВ включительно мегаомметром на напряжение 500В, при номинальном напряжении обмотки свыше 0,5кВ до 1кВ - мегаомметром на напряжение 1000В, а при напряжении обмотки выше 1кВ - мегаомметром на напряжение 2500В.

Таблица 5

Допустимые значения сопротивления изоляции, коэффициентов абсорбции и нелинейности для обмоток статора, впервые вводимых в эксплуатацию новых электродвигателей и электродвигателей, прошедших восстановительный или капитальный ремонт и реконструкцию на специализированном ремонтном предприятии

Мощность, номинальное напряжение электродвигателя, вид изоляции обмоток	Критерии оценки состояния изоляции обмотки статора		
	Значение	Значение	Значение коэффициента

	сопротивления изоляции, МОм	коэффициента абсорбции R60 ² /R15 ²	нелинейности** Ки=Інб×Uнм/Інм×Uнб
1. Мощность более 5 МВт, термореактивная и микалентная компаундированная изоляция	Не ниже 10МОм на 1кВ номинального линейного напряжения при температуре* 10-30°C	Не менее 1,3 при температуре* 10-30°C	Не более 3
2. Мощность 5 МВт и ниже, напряжение выше 1кб, термореактивная изоляция	Не ниже 10МОм на 1кВ номинального линейного напряжения при температуре* 10-30°C	Не менее 1,3 при температуре* 10-30°C	-
3. Электродвигатели с микалентной компаундированной изоляцией, напряжение выше 1кВ, мощность от 1 до 5МВт включительно, а также двигатели меньшей мощности наружной установки с такой же изоляцией напряжением выше 1кВ	Не ниже значений, указанных в таблице 6	Не ниже 1,2	-
4. Электродвигатели с микалентной компаундированной изоляцией, напряжение выше 1кВ. мощность менее 1МВт, кроме указанных в пункте 3	Не ниже значений, указанных в таблице 6	-	-
5. Напряжение ниже 1кВ, все виды изоляции	Не ниже 1МОм при температуре* 10-30°C	-	-

* При температуре выше 30°C допустимое значение сопротивления изоляции снижается

в 2 раза на каждые 20°C разности между температурой, pari которой выполняется измерение и 30°C,

** И_{нб} - наибольшее, т.е. полное испытательное выпрямленное напряжение (напряжение последней ступени); И_{нм} - наименьшее испытательное выпрямленное (напряжение первой ступени); И_{нб} и И_{нм} - токи утечки ($I60^2$) при напряжениях И_{нб} и И_{нм}.

Во избежание местных перегревов изоляции токами утечки выдержка напряжения на очередной ступени допускается лишь в том случае, если токи утечки не превышают значений, указанных ниже:

- кратность испытательного напряжения по отношению к И _{нм}	0,5	1,0	1,5 и выше
- ток утечки, мкА	250	500	1000

Таблица 6

Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции для электродвигателей (см. таблицу 5 пункты 3 и 4)

Температура обмотки, °C	Сопротивление изоляции R60 ² , МОм при номинальном напряжении обмотки, кВ		
	3-3,15	6-6,3	10-10,5
10	30	60	100
20	20	40	70
30	15	30	50
40	10	20	35
50	7	15	25
60	5	10	17
70	3	6	10

В случае недопустимого снижения сопротивления изоляции и неудовлетворительных значений коэффициента абсорбции и нелинейности электродвигатель необходимо подвергнуть сушке.

4.9.6. Снять знаки безопасности и запрещающие предупредительные плакаты с электродвигателя и коммутационной аппаратуры, которой была выполнена разборка электрической схемы электродвигателя.

4.9.7. Собрать электрическую схему электродвигателя и маслонасосов смазки (при их наличии), подать оперативный ток на цепи управления, защиты, сигнализации, на цепи автоматики и блокировки. При подготовке к работе электродвигателей шаровых мельниц помимо сборки электрической схемы синхронных двигателей и их маслостанции необходимо собрать электрические схемы их возбудителей (систем возбуждения) и вентиляторов принудительной системы охлаждения (при наличии последних).

4.9.8. Проверить наличие и работу сигнальных ламп на пульте управления, отсутствие выпавших указательных реле и сигналов о неисправности схемы и электродвигателя, включая информацию о неготовности, выведенную на монитор АСУ ТП (при ее наличии).

4.9.9. Доложить лицу, отдавшему распоряжение о подготовке электродвигателя к пуску, о сборке электрической схемы и готовности электродвигателя к включению в сеть. Сделать запись в оперативном журнале.

5 Пуск электродвигателя в работу

5.1. Включение электродвигателя в работу производится дежурным персоналом технологического цеха, обслуживающим данный механизм. О предстоящем пуске мощного или ответственного электродвигателя, находящегося в длительном резерве (более 1 мес) или после ремонта, персонал цеха, обслуживающий пускаемый механизм должен поставить в известность персонал электрического цеха, который обязан выполнить предпусковые операции по пункту 4.9. Исключение составляют пуски, связанные с ликвидацией аварийного положения, и пуски электродвигателей, включающихся по АВР.

5.2. При местном включении электродвигателя его ключ управления (кнопку) следует держать в положении «Включить» до момента разворота электродвигателя.

При дистанционном включении электродвигателя его ключ управления (виртуальный ключ на видео кадре технологической схемы пускаемого агрегата) следует держать в положении «Включить» до момента, когда сработает сигнализация, указывающая на окончание выполняемой операции (загорание сигнальной лампы, светового табло и пр.).

5.3. По месту установки электродвигателя необходимо вести наблюдение за режимом пуска. Наблюдающее лицо технологического цеха должно проконтролировать правильность вращения, легкость хода, отсутствие посторонних шумов. В случае появления искр, дыма из обмотки или подшипников, возникновения постороннего звука, стука и задеваний, следует немедленно отключить электродвигатель аварийной кнопкой.

При нормальном протекании пуска наблюдающее лицо должно осмотреть электродвигатель, убедиться в нормальной работе подшипников, отсутствии их недопустимого нагрева и вибрации.

5.4. Лицо, производящее пуск, должно наблюдать за пуском по амперметру или индикации тока статора на экране операторской станции АСУ ТП (при их наличии).

№ п.п.	Признаки ненормального явления	Вероятные причины	Рекомендуемые методы устранения	
1	При пуске электродвигатель гудит и не разворачивается	Обрыв одной фазы в цепи статора (сгорел предохранитель, плохой контакт в выключателе и пр.). Обрыв или плохой контакт в цепи ротора (излом или выгорание стержней в районе коротко замыкающих колец).	Посредством мегаомметра выявить нарушение цепи и устранить. Выявить трещины или обрывы стержней путем измерения магнитного потока рассеяния По окружности ротора с помощью ВАФ-85 (методику см. в ЭЦ №Э-11/61 или § 6.60 СДМЭ-81) или иным способом.	
		Неправильно собрана схема обмотки статора («звезда» вместо «треугольника», вывернута одна фаза и пр.). Механическое заедание в приводном механизме или двигателе	Проверить полярность выводов (определить начала и концы каждой фазы) и собрать схему обмотки статора согласно указаниям завода-изготовителя. Вывести агрегат в ремонт и устранить заедание	
2	При пуске или во время работы из двигателя появились искры и дым	Задевание ротора за статор из-за попадания в воздушный зазор постороннего предмета, чрезмерного износа подшипников..	Вывести агрегат в ремонт для устранения дефекта.	
		Произошел излом стержня короткозамкнутой обмотки ротора.	Вывести двигатель в ремонт.	
		Межвитковое замыкание в обмотке статор	Устранить неисправность обмотки	
3	При пуске работает максимальная токовая защита	Короткое замыкание в цепи статора (в кабеле, в обмотке статора, коробке выводов). Мал ток срабатывания защиты или мала выдержка времени МТЗ от перегрузки. Неисправен приводной механизм	Произвести осмотр всей цепи до коммутационного аппарата, измерить сопротивление изоляции элементов схемы. При обнаружении места КЗ вывести присоединение в ремонт. Изменить уставки защиты в соответствии с условиями отстройки от пускового режима электродвигателя. Вывести в ремонт приводной механизм	
4	Повышенная вибрация подшипников	Нарушена центровка двигателя с приводным механизмом.	Отцентровать двигатель с приводным механизмом.	

		Нарушена балансировка ротора, дисбаланс муфты.	Отбалансировать ротор.	
		Недостаточная жесткость фундамента.	Муфту снять и отбалансировать отдельно от ротора.	
		Между лапами двигателя и фундаментом имеются зазоры	Выполнить фундамент в соответствии с заводскими требованиями по монтажу.	
		Незаштифтованы лапы двигателя со стороны Привода и не установлены тарельчатые пружины на фундаментные болты со стороны противоположной приводу.	УстраниТЬ зазоры прокладками.	
		Неисправна соединительная муфта, имеются дефекты в зубчатой муфте вследствие неправильного зацепления, несоответствующей обработки зубьев. Между полумуфтами, насаженными на валы, имеется перекос, одна или обе полумуфты бьют, пальцы упругопальцевой муфты установлены неправильно или изношены.	Отремонтировать или заменить зубчатую муфту. Проверить правильность насадки и биение обеих полумуфт, проверить установку пальцев в полумуфтах. В случае необходимости устранить повышенное биение полумуфт, исправить установку пальцев или заменить их новыми.	
		Слишком низкая температура масла, входящего в подшипники с принудительной смазкой	Во время работы двигателя входящее масло должно иметь температуру 25-45°C	
5	При работе двигателя наблюдаются ритмичные колебания статора	Нарушение контакта или витковое замыкание в обмотке ротора	Произвести осмотр и необходимый ремонт ротора	
6	Течь воды из воздухоохладителя, срабатывает датчик	Возможны трещины охлаждающей трубки в месте развалцовки или	Удалить воду из двигателя. Провести гидравлические	

	контроля наличия воды в двигателе	ослабление вальцовки	испытания воздухоохладителя для определения места течи. Допускается заглушить с обеих сторон пробками одну дефектную трубку. При большем числе поврежденных трубок заменить воздухоохладитель	
7	Течь воды в электродвигателе АВ(2АВ)-8000/6000 в сварном шве или в соединении «штуцер стержень» ротора	Образование свища или трещины	Вырубить место течи на глубину 4 мм. Подпаять припоем ПСр45 с флюсом ПВ209Х. После заполнения вырубки припоем поддерживать в течение 1 мин. нагрев шейки стержня для снижения напряжений в соединении «штуцер-стержень».	
	в соединении «стержень-короткозамыкающее кольцо» ротора	То же	Разрубить и снять технологическую стальную втулку, вырубить канавку глубиной 5 мм вокруг стержня. Запаять припоем ПСр45 с флюсом ПВ209Х, поддерживая при остывании нагрев шейки стержня.	
	по трубкам внутри сегмента сердечника статора	Трещины, свищи	Исключить сегмент из схемы перемычкой. Допускается исключать до двух параллельных ветвей, расстоянием между которыми должно быть не менее трех пакетов. В двух крайних ветвях с каждого торца сердечника сегменты исключать не разрешается.	
	в коллекторе статора	Ослабление крепления штуцеров.	Подтянуть гайки, застопорить.	
		Ослабление крепления по резиновым уплотнениям в торцевых заглушках.	Подтянуть фланцы или заменить резиновые уплотнения	
		Повреждение сварных швов на коллекторе.	Подварить сварные швы	
		Загрязнение сопрягаемых уплотнительных поверхностей	Тщательно зачистить уплотнительные поверхности	
8	Увеличение утечки охлаждающей воды через ротор АВ (2АВ)-8000/6000	Износ фторопластового уплотнения	Заменить втулку	
9	Перегрев всей обмотки статора и активной стали. Повышенная	Увеличение нагрузки более допустимой.	Уменьшить нагрузку до номинальной и ниже.	
		Увеличение	Увеличить расход воды выше	

	температура охлаждающего воздуха на выходе из охладителя	температуры охлаждающей воды выше нормальной	нормального, но не более чем в два раза (при этом давление в охладителе не должно превышать предельно допустимое).	
		Уменьшение расхода воды	Прочистить охладитель, сняв с него обе крышки. Трубки промыть 5% раствором соляной кислоты и прочистить специальными щетками («ершами»).	
		Засорение межтрубного пространства охладителя	Выполнить ревизию фильтров, тщательно продуть межтрубное пространство сжатым воздухом	
10	Повышение температуры воды на выходе из ротора, статора АВ (2АВ)-8000/6000	Засорение тракта охлаждения ротора или статора	Провести промывку обратным ходом воды температурой 80-90°C. При малом эффекте указанного способа использовать химические реагенты (5% раствор соляной кислоты и 5% раствор хромового ангидрида)	
11	Отсутствуют показания одного из термопреобразователей сопротивления	Обрыв датчика или измерительной проводки	Заменить дефектный преобразователь, устранить обрыв или ввести в работу резервную жилу кабеля	
12	Чрезмерный нагрев подшипников	Недостаточная подача масла в подшипники (заедает смазочное кольцо). Избыток или недостаток смазки в подшипниках качения.	Увеличить подачу масла в подшипники, устранить неисправность кольца. Проверить количество и качество смазки. При необходимости промыть и заполнить подшипник нужным количеством смазки.	
		Смазка или масло загрязнено	Очистить масляные камеры подшипников, заменить масло.	
		Использовано масло несоответствующей марки.	Заменить масло на рекомендуемое заводской инструкцией. .	
		Осевое воздействие на ротор двигателя со стороны приводимого механизма.	Проверить центровку и соединение двигателя с приводимым механизмом	
		Нет разбега ротора	Проверить наличие регулировочных прокладок между корпусом подшипника и щитом со стороны рабочего конца вала.	
13	Вытекание масла из подшипников	Повышенный расход масла через подшипники.	Отрегулировать расход масла.	
		Засорен сливной маслопровод. Недостаточное уплотнение стыков	Прочистить сливной маслопровод. Заменить прокладки между лабиринтными уплотнениями и корпусом подшипника	

		между лабиринтными уплотнениями и корпусом подшипника		
14	Пониженное сопротивление изоляции обмотки статора	Загрязнена или отсырела обмотка	Разобрать электродвигатель, продуть сухим сжатым воздухом, протереть обмотку салфеткой, смоченной моющим средством, выполнить сушку изоляции	
15	Повышенное искрение щеток	Недостаточное усилие прижатия щеток к контактным кольцам.	Отрегулировать усилие прижатия щеток.	
		Загрязнение или неровности рабочих поверхностей контактных колец.	Выполнить подшлифовку рабочей поверхности колец мелкой шкуркой, убрать загрязнения и нагары салфеткой, смоченной спиртом. При необходимости кольца проточить и отшлифовать.	
		Щетки плохо прилегают к контактным кольцам	Более тщательно притереть и пришлифовать щетки к кольцам	

При пуске асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором ток статора превышает номинальное значение в 5-7 раз и остается практически неизменным в течение всего пуска. Как только частота вращения ротора достигнет 90% номинального значения, ток статора резко снижается до величины близкой к номинальному значению или ниже. Время пуска в зависимости от маховых масс агрегата колеблется от нескольких секунд (циркуляционные, питательные насосы) до десятков секунд (дутьевые вентиляторы, дымососы).

При пуске синхронного двигателя шаровой мельницы первоначально осуществляется его асинхронный пуск за счет пусковой короткозамкнутой обмотки, размещенной в полюсных наконечниках. По достижении подсинхронной частоты вращения осуществляется автоматическое возбуждение двигателя подачей постоянного тока в цепь рабочей обмотки ротора, и происходит втягивание электродвигателя в синхронизм. Признаками втягивания двигателя в синхронизм являются наличие тока возбуждения и установившееся положение стрелки амперметра, в цепи статорной обмотки.

Если ток статора по окончании пуска превышает номинальное значение, необходимо частично разгрузить двигатель по активной мощности и при необходимости, по реактивной (последнее только для синхронных двигателей при работе с пониженным (опережающим) коэффициентом мощности).

5.5. Если в момент включения электродвигателя напряжением выше 1000В появится сигнал «Земля на секции...», электродвигатель следует отключить и сообщить об этом дежурному персоналу электрического цеха.

5.6. Если при пуске двигатель отключился, то необходимо сквитировать ключ управления, произвести осмотр электродвигателя и сообщить дежурному персоналу электрического цеха для принятия мер по выяснению причины отключения и срабатывания защиты.

5.7. Двухскоростные двигатели, как правило, должны включаться в сеть на обмотке, меньшей частоты вращения с последующим переключением (при необходимости) на обмотку большей частоты вращения.

Допустимость прямого пуска от обмотки большей частоты вращения и число таких пусков определяются техническими условиями или заводскими, инструкциями по эксплуатации конкретных двигателей.

Не допускается одновременное включение обеих обмоток.

5.8. Пуск электродвигателей, приводящих во вращение вентиляторы (дымососы, дутьевые вентиляторы, вентиляторы горячего дутья и т.п.), должен производиться при закрытых шиберах.

5.9. Электродвигатели с короткозамкнутыми роторами разрешается по условиям их нагрева пускать из холодного состояния 2 раза подряд, из горячего - 1 раз, если заводской инструкцией не допускается большего количества пусков. Последующие пуски разрешаются после охлаждения электродвигателя в течение времени, определяемого заводской инструкцией.

Последующие пуски электродвигателей напряжением выше 1000В допускаются через 3ч.