

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЁЖНОЙ ПОЛИТИКИ
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
«БОГДАНОВИЧСКИЙ ПОЛИТЕХНИКУМ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических работ

ОП.02 «ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ»

Профессия

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

Форма обучения очная, группа Св-21

Срок обучения 2 года 10 месяцев

Организация-разработчик: ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум»

Разработчик:

Черданцева Т.И. , преподаватель высшей квалификационной категории ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум», г. Богданович

Рассмотрено на заседании Методического совета

протокол № _____ от « ____ » _____ 2021 г.

Председатель: _____ / _____

Содержание

1	Пояснительная записка	4
2	Содержание практических работ	5
	Практическая работа №1. «Решение задач на применение закона Кулона, закона Джоуля-Ленца»	5
	Практическая работа №2. «Расчет параметров электрической цепи. Решение задач на применение закона Ома, закона Кирхгофа»	7
	Практическая работа №3. «Расчет параметров конкретной магнитной цепи с применением закона полного тока»	9
	Практическая работа №4. Последовательное соединение проводников и проверка падения напряжения. Параллельное соединение проводников и проверка 1-го закона Кирхгофа. Расчет мощности в цепях переменного тока»	10
	Практическая работа №5 «Сравнительное описание трансформаторов различных типов. Составление классификационного перечня сварочных выпрямителей. Освоение правил изменения силы сварочного тока на трансформаторе»	13
	Практическая работа №6. «Пуск и остановка электродвигателей, установленных на электрических машинах»	15
	Практическая работа №7. «Настройка заземления на источниках питания сварочной дуги»	18
	Практическая работа №8.	20
	Дифференцированный зачёт	
	Рекомендуемая литература	24

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации составлены в соответствии с рабочей программой ОП.02 «ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ» для профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)).

Практические работы способствуют более глубокому усвоению изучаемого теоретического материала, совершенствуют знания обучающимися требований нормативных документов и совершенствуют практические навыки обучающихся в области подготовки рабочей документации по электромонтажным работам.

Результатом выполнения практических работ является овладение обучающимися видом деятельности: самостоятельность, исследовательская деятельность, в том числе профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями:

Код ПК, ОК	Умения	Знания
ОК 2 ОК 3 ОК 6 ПК 1.1 ПК 2.1 – 2.4	уметь: <ul style="list-style-type: none">- определять максимально допустимый сварочный ток источника питания;- выбирать источник питания;- читать структурные, монтажные и простые принципиальные электрические схемы;- рассчитывать и измерять основные параметры простых электрических, магнитных и электронных цепей;- использовать в работе электроизмерительные приборы;	знать: <ul style="list-style-type: none">- характеристики источников питания и требования к ним;- режимы работы источников питания;- устройство, принцип работы и технические характеристики сварочных трансформаторов, их электромагнитные схемы;- единицы измерения силы тока, напряжения, мощности электрического тока, сопротивления проводников;- методы расчета и измерения основных параметров простых электрических, магнитных и электронных цепей;- свойства постоянного и переменного электрического тока;- принципы последовательного и параллельного соединения проводников и источников тока;

Программой УД предусмотрено выполнение 7 практических работ.

В методических рекомендациях к практическим работам приведены необходимые теоретические сведения, порядок проведения работы, содержание отчета.

Предварительная подготовка обучающихся к практической работе, понимание ее цели и содержания – важнейшее условие качественного выполнения работ. Поэтому прежде чем приступить к выполнению практической работы, обучающиеся должны:

изучить содержание работы и порядок ее выполнения;

повторить теоретический материал, связанный с выполнением данной работы.

Работа считается законченной после выполнения всех пунктов инструкции и проверки результатов преподавателем.

Завершается практическая работа составлением отчета, который должен содержать все необходимые результаты и выводы.

По практической работе сдается зачёт в форме собеседования.

Зачёт по практическим работам является обязательным для получения допуска к промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачёта.

2 СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практическая работа №1 «Решение задач на применение закона Кулона, закона Джоуля-Ленца»

Цель работы: рассмотреть электрическое поле неподвижных зарядов; ввести основные характеристики электростатического поля: напряженность и потенциал; выяснить физический смысл этих величин; рассмотреть методы решения задач на расчет основных характеристик электрического поля.

1. Изучите материал по теме «Электростатика»
2. Изучите образцы решения задач
3. Решите задачи

Физическая величина	Обозначение	Единица измерения
1. Электрический заряд	q	Кл
2. Диэлектрическая проницаемость	ϵ	
3. Напряженность	E	$\frac{H}{Kл}$
4. Работа	A	Дж
5. Потенциал	U	В
6. Разность потенциалов	$\Delta\phi$	В
7. Емкость	C	Ф
8. Энергия электрического поля	W	Дж

Заполнить таблицу

Название закона, формул	Формулы, выражающие связь между величинами	Формулировка закона
1. Закон сохранения электрического заряда	$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const}$	Алгебраическая сумма зарядов электрически изолированной системы

		постоянна.
2. Закон Кулона	$F = \frac{k q_1 q_2 }{r^2}$	Сила взаимодействия между двумя неподвижными точечными зарядами прямо пропорциональна произведению модулей зарядов, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и направлена по прямой, соединяющей заряды.
3. Напряженность электрического поля	$E = \frac{F}{q}$	
4. Напряженность поля точечного заряда	$E = \frac{k q }{r^2}$	
5. Работа по перемещению заряда в электрическом поле	$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$	
6. Потенциал электростатического поля	$\varphi = \frac{W_{\text{э}}}{q}$	
7. Разность потенциалов	$U = \Delta \varphi = \varphi_1 - \varphi_2$	
8. Электроемкость уединенного проводника	$C = \frac{q}{\varphi}$	
9. Электроемкость двух проводников	$C = \frac{q}{U}$	
10. Электроемкость плоского конденсатора	$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$	

Качественные задачи

1. Имеется положительно заряженный шар. Как с помощью этого шара, не уменьшая его заряда, наэлектризовать два других шара - один положительно, другой отрицательно?
2. Почему проводники, используемые в электростатических экспериментах, делают полыми?
3. На тонких шелковых нитях подвешены два совершенно одинаковых бузиновых шарика: один - заряженный, а другой - незаряженный. Как определить, какой шарик заряжен, если не даны никакие другие приборы и материалы?
4. Имеется полая проводящая незаряженная сфера, внутрь которой помещен положительно заряженный шарик.
 - а) Укажите, где будут существовать электрические поля.
 - б) Будут ли появляться заряды на сфере?
 - в) Будет ли меняться поле внутри и вне сферы, если перемещать шарик; если шарик оставить неподвижным, а снаружи к сфере поднести заряженное тело?
5. Если зарядить проводник А, то на проводнике В возникают индуцированные заряды, а если зарядить проводник В, то на проводнике А индуцированные заряды не возникают. В каком случае это наблюдается?

6. Чему равна напряженность поля в центре равномерно заряженного проволочного кольца, имеющего форму окружности? В центре равномерно заряженной сферической поверхности?

7. В каком случае при сближении двух одноименно заряженных тел сила отталкивания между ними уменьшается до нуля?

8. Изменится ли напряженность электрического поля между двумя разноименно заряженными плоскостями, если расстояние между ними увеличить в 2 раза?

Решить задачи:

1. На текстильных фабриках нередко нити электризуются, прилипают к гребням машин, путаются и рвутся. Что делают для борьбы с этим явлением?
2. Два положительных точечных заряда каждый по 10 нКл находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Определите, с какой силой они взаимодействуют.
3. Два точечных одинаковых заряда взаимодействуют друг с другом с силой 4 мН , находясь, на расстоянии 5 см друг от друга. Чему равен каждый заряд.
4. Найти напряжённость электрического поля точечного заряда 12 нКл , если расстояние от заряда до точки поля 6 см .
5. Определить расстояние до точки электрического поля напряжённостью 300 Н/Кл , если заряд равен 3 нКл .
6. Какова величина точечного заряда, если напряжённость 4 мкН/Кл , а расстояние до точки электрического поля равно 3 см .
7. Какой заряд надо сообщить конденсатору ёмкостью 20 мкФ , чтобы зарядить его до напряжения 200 В .
8. Найти площадь пластины слюдяного конденсатора, если расстояние между ними $0,02\text{ см}$, а электроёмкость равна 500 пФ ($\epsilon=6$).
- 9.

Практическая работа №2 «Расчет параметров электрической цепи. Решение задач на применение закона Ома, закона Кирхгофа»

Цель работы: изучение свойств основных элементов электрических цепей постоянного тока; построение вольт-амперных характеристик.

Экспериментальная проверка основных методов расчета линейных электрических цепей постоянного тока - метода контурных токов, метода узловых потенциалов, принципа наложения в линейных цепях постоянного тока и теоремы об эквивалентном генераторе.

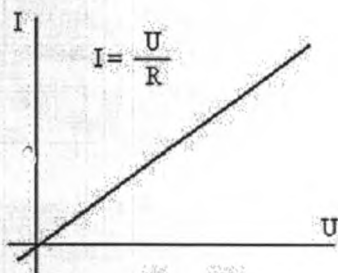
1. Основные сведения

1.1. Элементы электрических цепей и их свойства

Электрические цепи постоянного тока состоят из *источников электрической энергии*, соединительных проводов и *приемников*. Каждый элемент электрической цепи описывается своей *вольт-амперной характеристикой*, т. е. зависимостью $U(I)$ или $I(U)$, где I - ток, протекающий через элемент; U - напряжение (разность потенциалов) на его зажимах.

Если вольт-амперная характеристика представляет собой линейную зависимость во всем возможном для данного элемента диапазоне токов и напряжений, то такой элемент называется *линейным*. В противном случае - *нелинейным*. Цепи, состоящие только из линейных элементов, называются *линейными*.

В электрических схемах линейных цепей приемники изображаются в виде сопротивления R . При этом величина сопротивления, измеряемая в Омах, представляет собой коэффициент пропорциональности между током (в Амперах) и напряжением (в Вольтах) для данного приемника (рис.2.1). Сопротивлением соединительных проводов, как правило, пренебрегают или включают его в сопротивление нагрузки.



Реальный источник электрической энергии представляется в виде последовательно соединенных источника ЭДС (E) и внутреннего R_B сопротивления (рис.2.2,а) либо в виде параллельно соединенных источника тока J и внутреннего сопротивления R_B (рис. 2.2, б).

Источник ЭДС представляет собой идеальный источник электрической энергии бесконечно большой мощности с внутренним сопротивлением, равным нулю; разность потенциалов на зажимах источника ЭДС не зависит от протекающего через него тока.

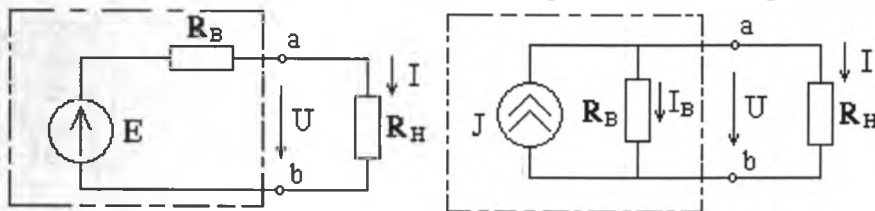


Рис. 2.2, а Рис. 2.2, б

Источник тока - идеальный источник электрической энергии бесконечно большой мощности с внутренним сопротивлением, равным бесконечности; ток, протекающий через источник тока, не зависит от разности потенциалов на его концах.

Для реального источника электрической энергии характерно уменьшение напряжения на его зажимах с увеличением тока.

На рис. 2.3,а, б, в изображены вольт-амперные характеристики реального источника, источника ЭДС и источника тока.

Если к зажимам ab источника электрической энергии подключить сопротивление нагрузки R , то в цепи потечет ток I , величина которого определяется по второму закону Кирхгофа:

$$E = I \cdot R_B + I \cdot R \quad (1.1)$$

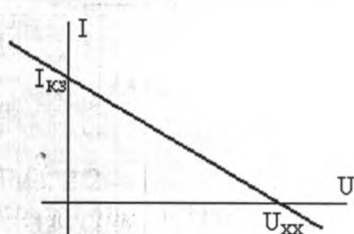


Рис. 2.3, а

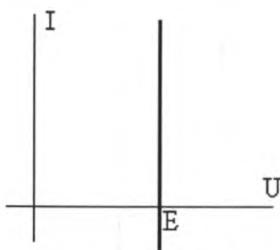


Рис. 2.3, б

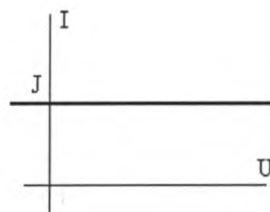


Рис. 2.3, в

Поделив на R_B , получим: $\frac{E}{R_B} = I + I \cdot \frac{R}{R_B} \quad (1.2)$

Обозначим $I_k = \frac{E}{R_B}$ - ток короткого замыкания источника электрической энергии;

$I_B = I \cdot \frac{R}{R_B}$ - внутренний ток источника тока,

тогда. $I_k = I + I_B \quad (1.3)$

Последнему выражению соответствует схема рис.2.2,б, если $J = I_k$.

Таким образом, если I_k и E связаны соотношением $I_k R_B = E$, то схемы на рис.2.2,а и рис.2.2,б действительно эквивалентны. При этом E равно напряжению холостого хода ($R = \infty$) источника электрической энергии, J равен току короткого замыкания ($R = 0$).

Мощность элемента электрической цепи определяется как произведение напряжения на его зажимах на ток, протекающий через этот элемент:

$$P = I \cdot U, \text{ Вт} \quad (1.4)$$

Максимальная мощность источника электрической энергии достигается при максимальном токе, т. е. при коротком замыкании?

$$P_k = I_k \cdot E = \frac{E}{R_B} \cdot E = \frac{E^2}{R_B} \quad (1.5)$$

Вся эта мощность рассеивается на внутреннем сопротивлении. Мощность, выделенная на сопротивлении нагрузки, составит: $P = U \cdot I = I \cdot R \cdot I = I^2 \cdot R = \left(\frac{E}{R_B + R} \right)^2 \cdot R$.

1.2 Методы расчета электрических цепей

Метод контурных токов вытекает из системы уравнений, составленных по 1-му и 2-му законам Кирхгофа, когда в качестве искомым переменных принимают контурные токи. При этом число уравнений становится равным числу независимых контуров схемы.

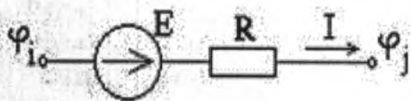
Для трехконтурной электрической цепи система уравнений по методу контурных токов выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} I_{11}R_{11} + I_{22}R_{12} + I_{33}R_{13} &= E_{11}; \\ I_{11}R_{21} + I_{22}R_{22} + I_{33}R_{23} &= E_{22}; \\ I_{11}R_{31} + I_{22}R_{32} + I_{33}R_{33} &= E_{33}; \end{aligned} \quad (1.9)$$

По найденным контурным токам определяют токи ветвей; если ветвь входит только в один контур, ток в такой ветви равен соответствующему контурному току, если их направления совпадают; тому же контурному току, взятому с противоположным знаком, если их направления противоположны; ток ветви, принадлежащий одновременно нескольким контурам, равен алгебраической сумме соответствующих контурных токов, причем контурные токи, совпадающие по направлению с током ветвей, берутся со знаком «+», противоположные со знаком «-».

Если в качестве неизвестных в системе уравнений по законам Кирхгофа принять потенциалы узлов, получаем метод узловых потенциалов. Так как потенциал одного из узлов схемы всегда можно принять за ноль, то число уравнений становится равным числу узлов в схеме минус единица.

Токи в ветвях определяют, пользуясь законом Ома для участка цепи: $I = \frac{\varphi_i - \varphi_j + E}{R}$

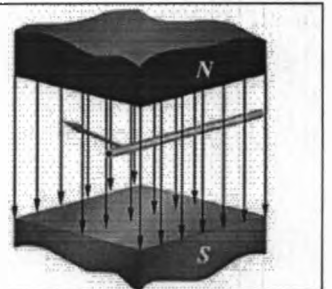


Практическая работа №3 «Расчет параметров конкретной магнитной цепи с применением закона полного тока»

Цель: рассмотреть методы решения задач на определение основных характеристик и параметров магнитного поля.

Задача 1.

В магнитное поле помещен проводник, по которому протекает электрический ток. Направление электрического тока перпендикулярно линии магнитной индукции. Длина проводника составляет 5 см. Сила, действующая на этот проводник со стороны магнитного поля, составляет 50 мН. Сила тока — 25 А. Определите значение магнитной индукции.



Задача 2. Как будут меняться показания амперметра, если соленоид быстро распрямить, потянув его за концы проволоки (рис. 3)?

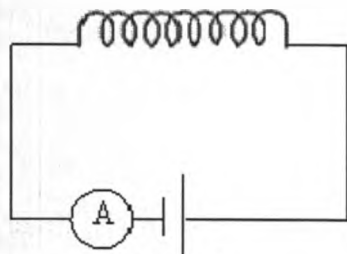
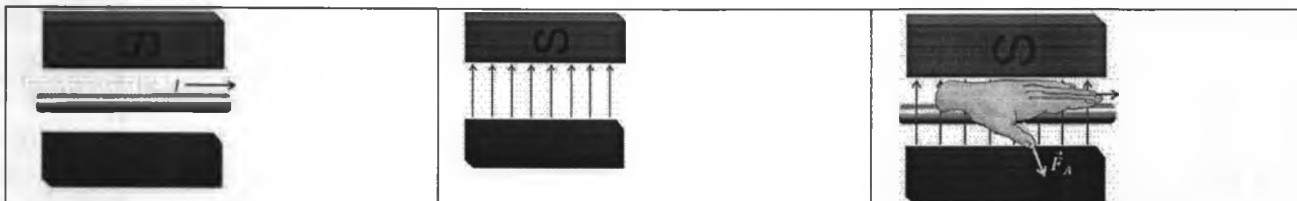


Рис. 3

Решение:

При распрямлении соленоида сцепленный с ним магнитный поток будет уменьшаться, а значит, в цепи возникнет электродвижущая сила индукции, которая, согласно правилу Ленца, будет препятствовать уменьшению магнитного потока. Следовательно, в цепи появится индукционный ток, направленный так же, как ток, создаваемый источником электродвижущей силы, включенным в цепь. Поэтому сила тока в цепи сначала будет возрастать, а спустя некоторое время станет равной первоначальному значению

Задача 3. По рисунку определите направление силы Ампера, действующей на проводник с током.



Решение: Известно, что в магнитном поле на проводник, по которому протекает электрический ток, действует сила Ампера. Вспомним, что магнитная индукция всегда направлена от северного полюса к южному полюсу, вне магнита.

Применим правило левой руки. Располагая левую руку так, что четыре вытянутых пальца указывают направление электрического тока, а магнитная индукция входит в ладонь, мы понимаем, что отогнутый большой палец укажет направление силы Ампера. Сила Ампера будет направлена перпендикулярно наблюдателю.

Ответ: Сила Ампера будет направлена перпендикулярно наблюдателю.

Качественные задачи

1. В кольцо из диэлектрика вдвигают магнит. Что при этом происходит с кольцом?
2. В вертикальной плоскости подвешено на нити медное кольцо. Сквозь него в горизонтальном направлении вдвигается один раз стержень, а другой раз магнит (рис. 1). Повлияет ли движение стержня и магнита на положение кольца?

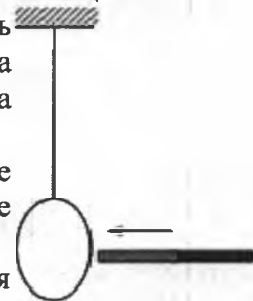


Рис. 1

3. После удара молнии иногда обнаруживается повреждение чувствительных электроизмерительных приборов, а также перегорание плавких предохранителей в осветительной сети. Почему?
4. Почему при включении электромагнита в электрическую цепь полная сила тока устанавливается не сразу?
5. Почему отключение от сети мощных электродвигателей производят плавно и медленно при помощи реостатов?
6. Одинаковое ли время потратит магнит на падение внутри узкой медной трубы и рядом с ней? В обоих случаях магнит не касается трубы.

Ответ: в трубе магнит будет падать дольше.

7. Вертикальный проводник перемещают в магнитном поле Земли с запада на восток. Будет ли в нем возбуждаться электродвижущая сила индукции?

Ответ: будет.

8. Изолированное сверхпроводящее кольцо, по которому течет ток, изгибается в две окружности в виде восьмерки и затем складывается вдвое. Как меняется ток в кольце?

9. Два круговых проводника расположены перпендикулярно друг другу, как показано на рис. 2. Будет ли возникать индукционный ток в горизонтальном проводнике при изменении тока в вертикальном проводнике?



Рис. 2

Ответ: не будет.

10. Как будут зависеть от времени показания гальванометра, включенного в

цепь расположенного горизонтально кругового контура, если вдоль оси этого контура будет падать заряженный шарик?

Практическая работа №4 «Последовательное соединение проводников и проверка падения напряжения. Параллельное соединение проводников и проверка 1-го закона Кирхгофа. Расчет мощности в цепях переменного тока»

Задание:

- Записать название, номер, тему и цель работы
- Выполнить работу и составить по ней отчет (см. содержание отчета)
- Ответить на контрольные вопросы

Исследование параллельного соединения приемников энергии. Проверка первого закона Кирхгофа

Цель работы – выполнить параллельное соединение проводников; определить силу тока в отдельных проводниках и общую силу тока; убедиться в правильности первого закона Кирхгофа; результаты измерения сравнить с расчетными.

Оборудование: РА1 - комбинированный прибор 43101; R1 - резистор 3,3 кΩ; R2 - резистор 4,7 кΩ; R3 - резистор 10 кΩ;

Краткие теоретические сведения

На рис. 4.1 изображен резистор, представляющий участок электрической цепи, где: U - электрическое напряжение на резисторе (участке цепи); R - электрическое сопротивление резистора (участка цепи); I - сила тока на резисторе (участке цепи).

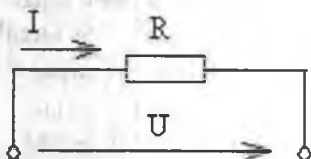


Рисунок 4.1 - Электрическая схема. Закон Ома для участка цепи

Между этими электрическими величинами существует строго определенная связь. Она устанавливается законом Ома: Сила тока I на участке электрической цепи прямо пропорциональна напряжению U на его зажимах и обратно пропорциональна сопротивлению R этого участка цепи, т.е. $I = \frac{U}{R}$ или $U = I \cdot R$ или $R = \frac{U}{I}$

Единицы измерения: тока I - А (ампер), напряжения U- В (вольт), сопротивления R - Ом

Параллельным соединением приемников (рис.4.2) электрической энергии называется соединение, при котором начала всех ветвей электрической цепи присоединяются к первому узлу, концы этих же ветвей присоединяются ко второму узлу.

Узел - точка, в котором сходится более двух проводников.

Ветвь - каждый из проводников, расположенный между двумя узлами. **Разветвление** - все вместе параллельно соединенные проводники

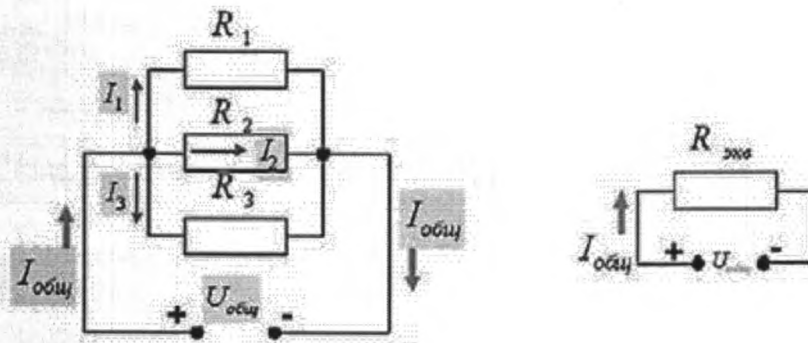


Рисунок 4.2 – Параллельное соединение приемников электроэнергии

Законы параллельного соединения приемников

- напряжение на зажимах источника и напряжения на ее отдельных резисторах одинаково $U = U_1 = U_2 = U_3$
- сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме $I = I_1 + I_2 + I_3$ токов в разветвлении
- эквивалентная (общая) проводимость цепи равна сумме $G_{\text{экв}} = G_1 + G_2 + G_3$ проводимостей отдельных ветвей, составляющих цепь

$\frac{1}{R_{\text{экв}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ - эквивалентная (общая) проводимость цепи равна сумме проводимостей отдельных ветвей, составляющих цепь

$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$	эквивалентное (общее) сопротивление двух параллельно соединенных резисторов
$R_{1,2,3} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}$	эквивалентное (общее) сопротивление трех параллельно соединенных резисторов
$R_{\text{общ}} = n \cdot R$	эквивалентное (общее) сопротивление n параллельно соединенных резисторов, сопротивлением R каждый

Так как напряжение между узлами постоянно, то токи в ветвях не зависят друг от друга. Поэтому *при отключении одной из ветвей все остальные ветви будут продолжать работать.*

Чем больше ветвей в параллельном соединении, тем меньше общее сопротивление всей цепи.

При параллельном соединении резисторов их общее сопротивление будет меньше наименьшего из сопротивлений.

Погрешности измерения

Погрешность измерения — отклонение измеренного значения величины от её истинного (действительного) значения. Погрешность измерения является характеристикой точности измерения.

Выяснить с абсолютной точностью истинное значение измеряемой величины, как правило, невозможно, поэтому невозможно и указать величину отклонения измеренного значения от истинного. Это отклонение принято называть *ошибкой измерения.*

По форме числового выражения погрешности измерений подразделяются на *абсолютные* и *относительные*

Абсолютная погрешность – это погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины. Она определяется выражением.

$$\Delta = X - X_0$$

где X — результат измерения;

X_0 — истинное значение этой величины.

Поскольку истинное значение измеряемой величины остается неизвестным, на практике пользуются лишь приближенной оценкой абсолютной погрешности измерения, определяемой выражением

$$\Delta = X - X_d$$

где X_d — действительное значение этой измеряемой величины, которое с погрешностью ее определения принимают за истинное значение.

Относительная погрешность — это отношение абсолютной погрешности измерения к действительному значению измеряемой величины:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{X_d} \cdot 100\%$$

Порядок выполнения работы:

1. Собрать схему согласно рисунка 4.3

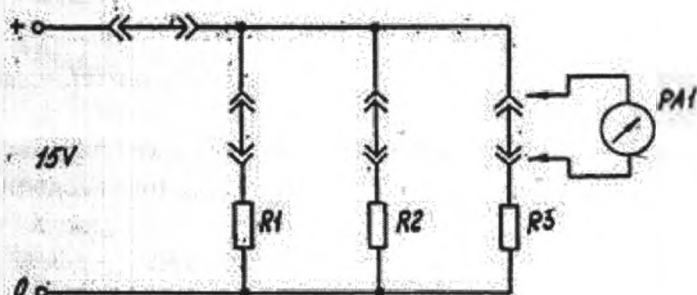


Рисунок 4.3 – Электрическая схема исследования

2. Подключить схему к источнику питания комплекта 0 – + 15 V и установить напряжение на входе схемы 15 V;
3. Измерить амперметром (43101) общий ток в неразветвленной части электрической цепи и занести результат измерений в таблицу;
4. Измерить поочередно амперметром (Ц4317) токи I_1, I_2, I_3 , протекающие через приемники R_1, R_2, R_3 и занести результаты измерений в протокол;

Таблица 4.1 – Протокол измерений и вычислений

	Дано	Измерено		Вычислить		
	R	$I,$	$U,$	$I_d,$	$\Delta,$	$\delta,$
	Ом	А	В	А	А	%
1	10000	0,0028	29			
2	3300	0,0086				
3	4700	0,0064				
общ		0,0172				

5. Рассчитать силу тока в каждой ветви по закону Ома $I = \frac{U}{R}$, в неразветвленной части цепи по первому закону Кирхгофа:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

6. Сравнить полученные значения I с измеренными и сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Чему равна сила тока в отдельной ветви цепи, если падение напряжения в ней равно U , а сопротивление R ?

2. Чему равна сила тока в неразветвленной электрической цепи, если известна сила тока в каждом сопротивлении, включенном параллельно?
3. Чему равно общее сопротивление R электрической цепи при параллельном соединении пяти приемников электрической энергии, сопротивления которых равны между собой?
4. Как определяют общее сопротивление электрической цепи при параллельном соединении приемников, если сопротивления их разные?
5. Чему равна общая проводимость десяти параллельно соединенных приемников, если сопротивление каждого из них равно R ?
6. Как распределяется ток по резисторам, соединенным параллельно, если известна общая сила тока I в цепи, число резисторов 4 и сопротивление каждого R ?

Содержание отчета

1. Наименование, номер, тема и цель работы
2. Перечень и технические данные оборудования
3. Электрическая схема исследования и порядок выполнения работы (кратко)
4. Пример вычисления параметров
5. Протокол с результатами вычислений
6. Вывод по работе
7. Ответы на контрольные вопросы

Форма отчета: отчет по практической работе

Практическая работа № 5 «Сравнительное описание трансформаторов различных типов. Составление классификационного перечня сварочных выпрямителей. Освоение правил изменения силы сварочного тока на трансформаторе»

Цель: Приобретение практических умений и навыков определения параметров однофазного силового трансформатора на основе данных опытов холостого хода и короткого замыкания трансформатора. Определение параметров трансформатора и его схемы замещения производится с помощью опытов холостого хода (XX) и короткого замыкания ($KЗ$). По данным опыта XX вычисляют коэффициент трансформации $K_{тр}$ и сопротивления намагничивающей ветви z_{μ} , x_{μ} и r_{μ} . Из опыта $KЗ$ определяют полное (z_k), активное (r_k) и реактивное (x_k) сопротивления короткого замыкания.

В опыте холостого хода (рис.2) вторичные зажимы трансформатора разомкнуты, а к первичным зажимам подводится рабочее (номинальное) напряжение.

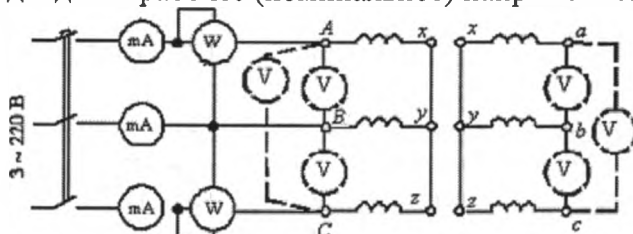


Рисунок 2 Схема опыта холостого хода трёхфазного трансформатора Y/Y

Коэффициент трансформации трансформатора, определённый по данным опыта холостого хода, равен отношению первичного линейного напряжения ко вторичному при любых схемах соединения обмоток

$$K_{тр} = U_1 / U_2$$

За первичную обычно принимают обмотку высшего напряжения (BH).

Током холостого хода трёхфазного трансформатора I_0 называется линейный ток первичной обмотки I_1 при нормальных первичном напряжении $U_0 = U_{1н}$ и частоте и разомкнутой вторичной обмотке. Принято ток I_0 выражать в процентах от номинального

тока $I_{1н}$.

Потери мощности, возникающие в трансформаторе при ХХ называется потерями холостого хода P_0 .

Ток в первичной обмотке трансформатора при ХХ мал, а во вторичной отсутствует вовсе. Поэтому потребляемая трансформатором из сети активная мощность в режиме ХХ с высокой точностью равна потерям в сердечнике. Падение напряжения на активном сопротивлении r_1 и реактивном сопротивлении рассеяния $x_{\sigma 1}$ первичной обмотки из-за малости тока пренебрежимо малы и ЭДС первичной обмотки от потока сердечника численно равна первичному (приложенному) напряжению. Тогда параметры намагничивающей ветви схемы замещения по данным опыта ХХ трёхфазного трансформатора в пренебрежении сопротивлениями r_1 и $x_{\sigma 1}$ равны

$$z_{\mu} = \frac{U_{0\phi}}{I_{0\phi}}; \quad r_{\mu} = \frac{P_{0\phi}}{I_{0\phi}^2}; \quad x_{\mu} = \sqrt{z_{\mu}^2 - r_{\mu}^2},$$

где $U_{0\phi}$, $I_{0\phi}$, $P_{0\phi}$ – фазные значения напряжения, тока и активной мощности. При соединении первичной обмотки в звезду:

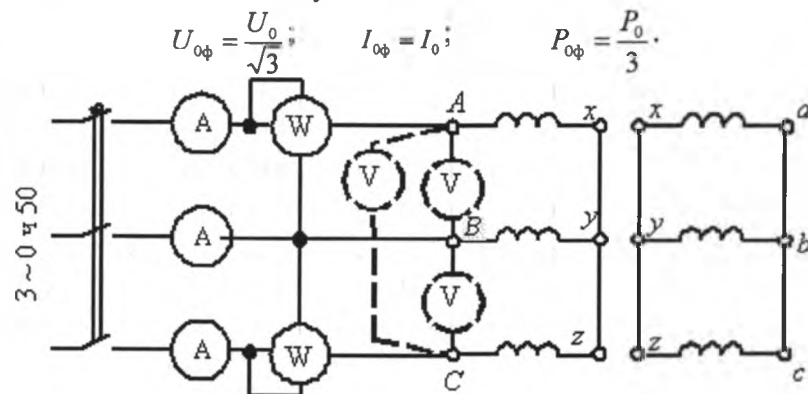


Рисунок 3 Схема опыта короткого замыкания трёхфазного трансформатора Y/Y

В опыте короткого замыкания (рис.3) зажимы вторичной обмотки закорочены, а первичным зажимам подводится такое пониженное напряжение, при котором в обмотках имеют место номинальные токи ($I_k = I_{1н}$). Это напряжение, выражаемое обычно в относительных единицах, принято называть напряжением короткого замыкания U_k^* ($U_k^* = U_k / U_{1н}$). Вследствие пониженного напряжения на первичных зажимах магнитная индукция в сердечнике трансформатора мала. В результате пренебрежимо малы намагничивающий ток и потери в сердечнике. Таким образом, активная мощность P_k , потребляемая трансформатором из сети при КЗ, равна мощности электрических потерь в обмотках трансформатора и отводах. Поэтому по данным опыта КЗ получаем для параметров схемы замещения

$$z_k = \frac{U_{k\phi}}{I_{k\phi}}; \quad r_k = \frac{P_{k\phi}}{I_{k\phi}^2}; \quad x_k = \sqrt{z_k^2 - r_k^2},$$

где $r_k = r_1 + r_2'$ – активное сопротивление короткого замыкания;

$x_k = x_{\sigma 1} + x_{\sigma 2}'$ – реактивное сопротивление короткого замыкания;

$I_{k\phi}$, $P_{k\phi}$ – фазные значения напряжения, тока и активной мощности.

Трансформаторы силовые, сухие защищенные общего назначения Таблица 1

Тип трансформатора	С	II	0%	Потери ,Вт	I	II	R	II	R
--------------------	---	----	----	------------	---	----	---	----	---

	,кВА		P_o	$P_{кз}$			
ОСЗ-10/0,66	10	4,5	90	280	7,0	660	380
ОСЗ-16/0,66	16	4,5	125	400	5,8	660	380
ОСЗ-25/0,66	25	4,5	180	560	4,8	660	380
ОСЗ-40/0,66	40	4,5	250	800	4,0	660	380
ОСЗ-63/0,66	63	4,5	355	1090	3,3	660	380
ОСЗ-100/0,66	100	4,5	500	1500	2,7	660	380

Вывод: Режимы холостого хода и короткого замыкания позволяет определить такие важные для практики параметры трансформатора: коэффициент трансформации; потери в магнитопроводе и обмотках трансформатора; активное сопротивление и индуктивность ветви намагничивания и активное и индуктивное сопротивление цепи короткого замыкания.

Практическая работа № 6 «Пуск и остановка электродвигателей, установленных на электрических машинах»

Цель: ознакомление со способами пуска двигателя параллельного возбуждения, ознакомление с устройством лабораторной установки, умение записывать паспортные данные электрических машин и данные измерительных приборов.

Пуск и остановка электродвигателей

Электропривод запускают после предварительного осмотра и проверки готовности к пуску электродвигателя, приводного механизма и передаточного устройства. Посторонние предметы, случайно оставленные на электродвигателе или вблизи него, убирают. Проверяют уровень масла в подшипниках и маслonaполненных аппаратах и, если необходимо, доливают масло до нормы. У всех двигателей проверяют исправность заземления и состояние пускорегулирующей аппаратуры. В электродвигателях постоянного тока обращается внимание на чистоту коллектора и плотность прилегания к нему щеток. При необходимости произвести какие-либо работы по регулировке пусковой аппаратуры, такие работы выполняют в соответствии с заводскими указаниями с соблюдением правил техники безопасности. Особенную осторожность соблюдают при осмотре и регулировке аппаратов, снабженных блок-контактами, так как имеется возможность подачи напряжения на блок-контакты регулируемого аппарата от других источников питания. Регулировочные работы поручают лицам, хорошо знакомым с действующими правилами по технике безопасности и применением защитных средств. Если вблизи пускаемого электродвигателя находятся люди, то их предупреждают о пуске двигателя.

Пуск в ход асинхронного электродвигателя с фазным ротором и контактными кольцами осуществляется с помощью реостата, который находится в цепи ротора. Перед включением электродвигателя в сеть щетки опускаются на контактные кольца и размыкается короткозамы-кающее приспособление. После этого пусковой реостат полностью вводится (движок ставится в положение, отвечающее наибольшему сопротивлению обмоток) и включается рубильник или другой коммутационный аппарат. Если двигатель начал вращаться, сопротивление реостата постепенно выводят. Когда ротор достигает номинальной скорости, то реостат выводят полностью (закорачивают). Оперирова реостатом при пуске двигателя, по амперметру следят за тем, чтобы потребляемый ток не превысил номинального значения более чем в 1,5—2 раза. После того, как процесс пуска электродвигателя закончился, кольца ротора замыкаются накоротко, а щетки поднимаются. Пусковой реостат переводят в пусковое положение, с тем чтобы подготовить электродвигатель к следующему пуску.

При пуске в ход асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором приходится считаться с тем, что в статоре при пуске возникает ток, достигающий 5—7-кратной величины его номинального значения. При небольшой мощности питающего трансформатора указанная величина тока приводит к значительному падению напряжения в сети. Это ухудшает работу других электроприемников, питающихся через тот же трансформатор. Для того чтобы устранить указанное явление, прямой пуск асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором допускается лишь в том случае, если это не вызывает в электросети недопустимое для других токоприемников понижение напряжения (более 20%).

Следует иметь в виду то, что короткозамкнутые электродвигатели способны выдержать по условиям нагрева максимально три пуска, следующие один за другим с промежутком не менее 1 мин, из холодного состояния и только 1—2 пуска из горячего состояния. Пусковой цикл (2—3 пуска) может быть повторен через час после остановки электродвигателя. Повторные пуски электродвигателей, находящихся в горячем состоянии, не допускаются. В том случае, когда мощность питающего трансформатора не позволяет произвести пуск короткозамкнутого электродвигателя непосредственным включением его на полное напряжение сети, пуск электродвигателя может быть осуществлен переключением обмотки статора с треугольника на звезду. Когда электродвигатель развернулся и достиг номинального числа оборотов, обмотку статора переключают обратно на треугольник. Способ пуска с указанным переключением применяется в тех случаях, когда можно запустить электродвигатель с неполной нагрузкой. Это объясняется тем, что при переключении статора с треугольника на звезду мощность электродвигателя уменьшается в 3 раза.

Электродвигатель с короткозамкнутым ротором можно пускать в ход и с помощью включения статора в сеть через 3-фазный автотрансформатор, обмотки которого соединены в звезду. В этом случае три конца обмоток статора (соединенных в звезду) перед пуском подключают к зажимам автотрансформатора, с тем чтобы ограничить пусковой ток в статоре до нужных пределов. После того как электродвигатель достиг номинального числа оборотов, автотрансформатор отключают и статор оказывается включенным на полное напряжение сети. Следует учитывать, что использование автотрансформаторов увеличивает длительность пуска электродвигателя, что повышает нагрев его обмоток. Поэтому в настоящее время автотрансформаторный пуск применяют лишь в тех случаях, когда необходимо избежать недопустимо большую посадку напряжения. Электродвигатель с фазным ротором останавливают отключением обмотки статора от сети и размыканием после этого обмотки ротора.

Пуск электродвигателя постоянного тока осуществляется с помощью пускового реостата, предназначенного, как и в электродвигателях переменного тока, для уменьшения пускового тока. Реостат выводится по мере разворота электродвигателя. Цель: произвести исследование способов пуска трехфазного асинхронного двигателя от однофазного напряжения.

Ход работы: И иногда в распоряжении домашнего мастера оказывается трехфазный двигатель той или иной мощности. В зависимости от его мощности можно сделать точильный станок, привод для гаражных ворот, привод для самодельной бетономешалки, и так далее. Одной из задач при использовании такого двигателя является его подключение к сети, как правило - однофазной, 220 вольт. Напомним, что трехфазный двигатель как правило рассчитан на 380 вольт и подключение к 3-х фазной сети, поскольку имеет 3 обмотки. Поэтому что бы заставить его крутиться, приходится прибегать к дополнительным ухищрениям. Среди различных способов запуска трехфазных электродвигателей в однофазную сеть, наиболее простой базируется на подключении третьей обмотки через фазосдвигающий конденсатор. Полезная мощность развиваемая двигателем в этом случае составляет 50...60% от его мощности в трехфазном включении. Не все трехфазные электродвигатели, однако,

хорошо работают при подключении к однофазной сети. Среди таких электродвигателей можно выделить, например, с двойной клеткой короткозамкнутого ротора серии МА. В связи с этим при выборе трехфазных электродвигателей для работы в однофазной сети следует отдать предпочтение двигателям серий А, АО, АО2, АПН, УАД и др. Для нормальной работы электродвигателя с конденсаторным пуском необходимо, чтобы емкость используемого конденсатора менялась в зависимости от числа оборотов. На практике это условие выполнить довольно сложно, поэтому используют двухступенчатое управление двигателем. При пуске двигателя подключают два конденсатора, а после разгона один конденсатор отключают и оставляют только рабочий конденсатор. Если, например, в паспорте электродвигателя указано напряжение его питания 220/380, то двигатель включают в однофазную сеть по схеме, и выше. При условии кратковременного включения в качестве пусковых конденсаторов можно использовать и электролитические конденсаторы типа К50-3, ЭГЦ-М, КЭ-2 с рабочим напряжением не менее 450 В. Для большей надежности электролитические конденсаторы соединяют последовательно, соединяя между собой их минусовые выводы, и шунтируют резистором R1 с сопротивлением 200...300 Ом. Общая емкость соединенных конденсаторов составит $(C1+C2)/2$.

На практике величину емкостей рабочих и пусковых конденсаторов выбирают в зависимости от мощности двигателя

Следует отметить, что у электродвигателя с конденсаторным пуском в режиме холостого хода по обмотке, питаемой через конденсатор, протекает ток на 20...30 % превышающий номинальный. В связи с этим, если двигатель часто используется в недогруженном режиме или вхолостую, то в этом случае емкость конденсатора C_p следует уменьшить. Может случиться, что во время перегрузки электродвигатель остановился, тогда для его запуска снова подключают пусковой конденсатор, сняв нагрузку вообще или снизив ее до минимума. Емкость пускового конденсатора C_p можно уменьшить при пуске электродвигателей на холостом ходу или с небольшой нагрузкой. Для включения, например, электродвигателя АО2 мощностью 2,2 кВт на 1420 об/мин можно использовать рабочий конденсатор емкостью 230 мкФ, а пусковой - 150 мкФ. В этом случае электродвигатель уверенно запускается при небольшой нагрузке на валу.

Вывод: в ходе практической работы я произвел исследование способов пуска трехфазного асинхронного двигателя от однофазного напряжения.

Вывод: Произвели исследование способов пуска трехфазного асинхронного двигателя от однофазного напряжения.

Контрольные вопросы:

1. Каковы достоинства и недостатки пусковых свойств асинхронных двигателей?
2. Какими показателями характеризуются пусковые свойства асинхронных двигателей?
3. Какие существуют способы пуска асинхронных двигателей при пониженном напряжении?
4. Почему при частотном регулировании частоты вращения одновременно с частотой тока необходимо изменять напряжение?

Практическая работа № 7 «Настройка заземления на источниках питания сварочной дуги»

Цели работы: изучить назначение и способы настройки заземления на источниках питания сварочной дуги.

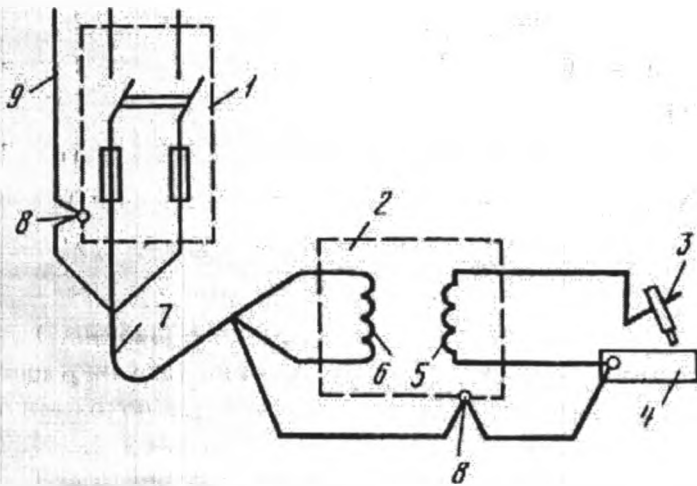
Заземление оборудования для сварки

Правила заземления сварочных аппаратов

Согласно правилам безопасности, любое электрическое оборудование должно быть заземлено – заземление сварочного аппарата не является исключением. В данном материале описаны основные правила заземления различного сварочного оборудования.

Стационарное сварочное оборудование, вне зависимости от схемы подключения к электрической сети, в большинстве случаев имеет отдельный заземляющий контур. Обычно, один конец заземляющего кабеля, крепится к металлическому корпусу сварочного аппарата, а другой – к вкопанному в землю металлическому стержню.

Благодаря такому соединению корпуса сварки с поверхностью земли, возникает равенство потенциалов между ними.



Поскольку электросварочное оборудование работает с большими по величине токами, заземление может спасти жизнь.

Основные требования

Заземление делают медным кабелем сечением минимум 6 мм или металлической арматурой сечением минимум 12 мм.

Крепят медный кабель к корпусу через специальный болт на установке, помеченный надписью «Земля» (возможно и другое обозначение).

Кроме основного электросварочного оборудования, в аппаратах для дуговой сварки необходимо заземлять и тот зажим вторичной обмотки, к какому подключается проводник, идущий к свариваемой детали.

Основные требования по обеспечению электробезопасности:

- все нетоковедущие элементы сварочных установок должны быть подключены к заземляющему контуру;
- сварочные аппараты, для подключения к заземляющему контуру, оснащаются специальным болтом с соответствующим обозначением, к которому прикреплен заземляющий провод;
- для каждой электрической установки должна быть предусмотрена отдельная точка заземления;
- запрещается сварочные аппараты заземлять последовательно;
- если нет никакой возможности заземлить оборудование, необходимо использовать устройство защитного отключения.

Для эффективной защиты от поражения током, по нормам электробезопасности, сопротивления заземляющего контура не должно превышать 5 Ом. Для того чтобы добиться заданных параметров необходимо обеспечить максимально большую площадь контакта заземлителя с землей, а так же хорошую токопроводимость.

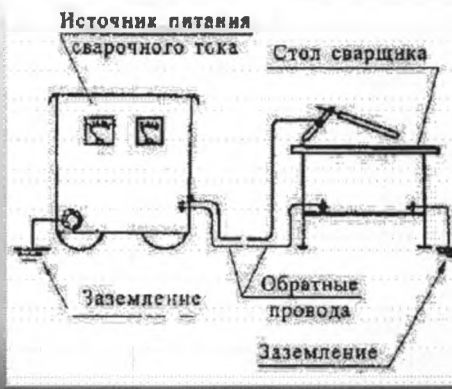
Для соединения заземлителя с заземляющим проводником используется метод сварки или применяются хомуты. Независимо от метода соединения, стык необходимо защитить от возможной коррозии, для этого, чаще всего, применяется смола.

Проверяется наличие замыкания между элементами обмотки трансформатора, а также исправность систем защиты.

В электросварочных аппаратах, в которых создается дуга между электродом и проводящей электричество деталью, необходимо кроме элементов корпуса, заземлять вывод вторичной обмотки источника напряжения, соединяемый обратным кабелем с деталью.

Особенности электроснабжения электросварочных установок

- Электросварочная установка должна быть заземлена медным проводом сечением не менее 6 мм^2 или стальной полосой сечением не менее 12 мм^2 .
- В электросварочных установках кроме защитного заземления открытых проводящих частей должно быть предусмотрено заземление одного из выводов вторичной цепи источников сварочного тока.



Классификация заземлителей

Строгое соответствие стандартным мерам безопасности предполагает заземление электрических контуров в обязательном порядке. Сделать это можно двумя способами:

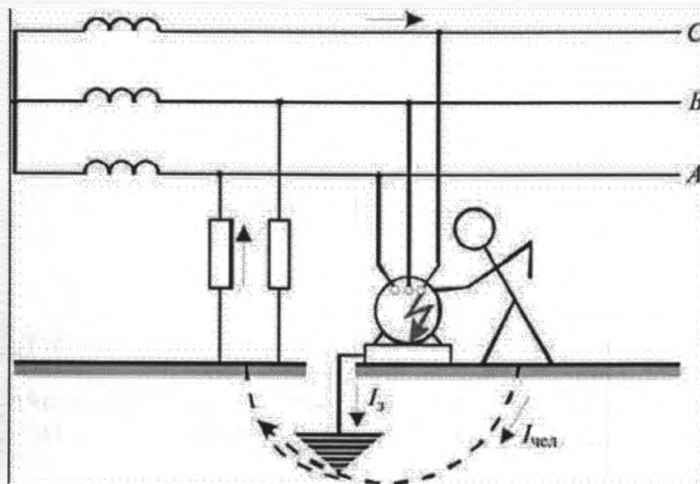
- вертикальным;
- горизонтальным.

Первый предусматривает использование труб, уголков или пластин, изготовленных из металла. Эти элементы нужно вкопать в грунт. В результате существенным образом экономится пространство. Преимуществом этого способа выступает отличная проводимость электрического тока, поскольку металлические детали вступают в непосредственный контакт с влажными земельными слоями.

Вертикальное заземление может применяться не во всех случаях. Там, где это по каким-то причинам невозможно, используют горизонтальный способ или глубинный. Особенность его состоит в закапывании в землю на определенную глубину металлических стержней, соединенных между собой.

Принцип действия защитного заземления

Как видно на рисунке, при замыкании ток I_3 пойдет по обеим параллельным ветвям и распределится между ними обратно пропорционально их сопротивлениям. Поскольку сопротивление цепи человек–земля во много раз больше сопротивления цепи корпус — земля, ток $I_{чел}$, проходящий через тело человека, значительно снизится.



Заземление и зануление: в чем разница?

Заземление электрического оборудования возможно двумя способами:

- Защитное заземление: установка заземляющего приспособления и присоединение к нему части электрического объекта.
- Зануление — присоединение частей электроприбора или установки с заземленной нейтралью с нулевым проводом. Этот тип защиты отключает оборудование при наличии повреждений.

Заземлители разделяют на два вида: естественные и искусственные. К первым можно отнести металлоконструкции сооружений, которые соединены с землей.

Искусственными заземлителями выступают стальные штыри, трубы, уголки, ввинченные в землю. Они имеют систему соединений между собой с помощью стальных полос или проволоки. Проводниками между электрическим оборудованием и заземлителями являются шины из стали или меди. Их соединяют при помощи сварки или болтами.

Защитное заземление требуется для такого оборудования как электромшины, трансформаторы, шкафы.

Ответы на контрольные вопросы

1. Каково назначение заземления?
2. Перечислите основные требования к заземлению.
3. Каковы особенности электроснабжения сварочных установок?
4. Провести классификацию заземлителей и выделить преимущества каждого вида.
5. Поясните в чём заключается разница между заземлением и занулением? Привести примеры.

Форма отчета: отчет по практической работе

Практическая работа №8 «Дифференцированный зачёт»

Цель работы: контроль и оценка результатов освоения дисциплины

К каждому заданию даны несколько ответов, из которых только один верный.

Выберите верный, по вашему мнению, ответ, запишите его в бланке ответов.
Например, 1. А; 2. Г

1. Дайте определение электродвигателя.

- А. Машина, преобразующая механическую энергию в электрическую.
- Б. Электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования одной системы переменного тока в другую.
- В. Машина, преобразующая электрическую энергию в механическую.

2. Принцип действия трехфазного асинхронного двигателя основан на:

- А. Взаимодействии вращающегося магнитного поля статора с токами, которые наводятся этим полем в проводниках ротора
- Б. Взаимодействии вращающегося магнитного поля статора с общим магнитным полем ротора.
- В. Взаимодействии магнитного поля статора с током ротора

3. Явление упорядоченного движения заряженных частиц называется

- А. электрический ток;
- Б. электрическое напряжение;
- В. электрическое сопротивление;
- Г. электрическая энергия.

4. Соединение элементов, при котором по всем участкам цепи протекает один и тот же ток называется

- А. последовательным;
- Б. параллельным;
- В. смешанным;
- Г. комбинированным

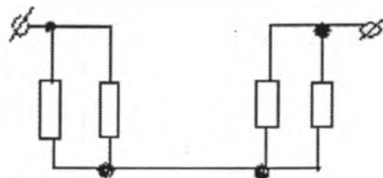
5. Измерительные приборы в цепях переменного тока показывают

- А. мгновенное значение измеряемой величины;
- Б. амплитудное значение измеряемой величины;
- В. максимальное значение измеряемой величины;
- Г. действующее значение измеряемой величины.

6. Трансформатор тока это...

- А. трансформатор, предназначенный для преобразования импульсных сигналов с длительностью импульса до десятков микросекунд с минимальным искажением формы импульса.
- Б. трансформатор, питающийся от источника напряжения.
- В. вариант трансформатора, предназначенный для преобразования электрической энергии в электрических сетях и в установках, предназначенных для приёма и использования электрической энергии.
- Г. трансформатор, питающийся от источника тока.

7. Назовите количество в схеме узлов и ветвей



- А. узлов 4, ветвей 4;
- Б. узлов 2, ветвей 4;
- В. узлов 3, ветвей 5;
- Г. узлов 3, ветвей 4;
- Д. узлов 3, ветвей 2;
- Е. узлов 2, ветвей 2.

8. Для чего в схемах преобразуют «звезду» в «треугольник» или наоборот:

- А. Для упрощения схемы
- Б. Для усложнения схемы
- В. Для упрощения решения
- Г. Для использования формул.

9. Магнитные материалы применяют для изготовления:

- А. радиотехнических элементов
- Б. экранирования проводов
- В. обмоток электрических машин
- Г. якорей электрических машин

10. К диэлектрикам относятся:

- А. фарфор
- Б. латунь;
- В. бронза;
- Г. пластмасса

11. Электрическое сопротивление проводника зависит от:

- А. длины проводника;
- Б. площади поперечного сечения;
- В. напряжения;
- Г. удельного сопротивления проводника.

Задание №2: заполнить таблицу, записав электрические аппараты в соответствующую группу.

Коммутирующие аппараты	Реле и регуляторы	Аппараты управления	Датчики

1. Автоматический воздушный выключатель.
2. Предохранитель.
3. Барабанный контроллер.
4. Пусковой реостат.
5. Реверсивный магнитный пускатель.
6. Светодиод.
7. Электромагнитное реле.
8. Пакетный выключатель.
9. Магнитоуправляемые контакты (герконы).
10. Индикаторная лампа.
11. Микропереключатель.
12. Тепловое реле.
13. Путьевой (конечный) выключатель.
14. Рубильник.
15. Реле времени.
16. Командоконтроллер.
17. Разъединитель.
18. УЗО.
19. Автомат максимального тока.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Дополнительные источники, электронные ресурсы:

1. Аполлонский, С.М. Теоретические основы электротехники : учебное пособие / Аполлонский С.М., Виноградов А.Л. — Москва : КноРус, 2021. — 249 с. — ISBN 978-5-406-04981-5. — URL: <https://book.ru/book/939024> (дата обращения: 10.10.2021). — Текст : электронный.
2. Бутырин П.А. Электротехника. Учебник для УНПО / П.А. Бутырин.- М.: ИЦ "Академия", 2014.- 272 с.
3. Гуржий А.Н. Электрические и радиотехнические измерения. Уч. пособие / А.Н. Гуржий, Н.И. Поворознюк.- М.: Академия, 2015.- 272 с.
4. Мартынова, И.О. Электротехника. Лабораторно-практические работы : учебное пособие / Мартынова И.О. — Москва : КноРус, 2021. — 136 с. — ISBN 978-5-406-03420-0. — URL: <https://book.ru/book/936585> (дата обращения: 10.10.2021). — Текст : электронный
5. Новиков П.Н. Задачник по электротехнике. Уч. пособие для УНПО. (3-Е ИЗД.)/ Новиков П.Н., [и др.]- М.: ИЦ Академия, 2013. - 336 с.
6. Прошин В.М. Рабочая тетрадь к лабораторно-практическим работам по электротехнике. Уч. пособие / В.М. Прошин.-М.: Академия, 2014.- 80 с.
7. Прошин В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике. Уч. пособие для УНПО / Прошин.- М.: "Академия", 2014. - 192 с.
8. Ярочкина Г.В. Электротехника: Рабочая тетрадь. Уч. пособие для УНПО / Г.В. Ярочкина, А.А. Володарская.- М.: "Академия", 2015.- 96 с.
9. <https://nashol.com/> Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования, Акимова Н.А., Котеленец М.Ф., Сенетюрихин Н.И., 2015
10. <http://cjtj-snegi.ru/about.html>. Всё о силовом электрооборудовании - описание, чертежи, руководства по эксплуатации.