

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
«БОГДАНОВИЧСКИЙ ПОЛИТЕХНИКУМ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ

ОП.02 «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

Профессия:

13.01.10 Электромонтёр по ремонту и обслуживанию электрооборудования

2018 г.

Организация-разработчик: ГБПОУ СО «Богдановичский политехникум»

Разработчик:

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

Рассмотрено на заседании Методического совета ГБПОУ СО «Богдановичский политехникум» протокол № 1 от «30» августа 2018 г.
Председатель:  / Е.В. Снежкова

Содержание

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Пояснительная записка | 5 |
| 2 | Практическая работа обучающегося | 6 |
| 3 | Содержание практических работ | 8 |
| | Практическая работа №1. Решение задач по теме «Электростатика» | 8 |
| | Практическая работа №2. Расчёт электрических цепей постоянного тока | 10 |
| | Практическая работа №3. Решение задач по теме: Основные характеристики и параметры магнитного поля. Электромагнитная индукция. ЭДС самоиндукции | 12 |
| | Практическая работа №4. Решение задач по теме: «Неразветвленные цепи переменного тока» | 13 |
| | Практическая работа №5. Решение задач по теме: «Разветвленные цепи переменного тока» | 15 |
| | Практическая работа №6. Определение параметров трансформатора | 16 |
| | Практическая работа №7. Решение задач по теме «Скольжение, ЭДС и токи асинхронных двигателей» | 18 |
| | Практическая работа №8. Решение задач по теме «Генераторы постоянного тока. Двигатели постоянного тока» | 19 |
| | Практическая работа №9. Расчёт проводов по допустимому нагреву | 20 |
| | Практическая работа №10. <i>Расчёт параметров электровакуумных приборов</i> | 22 |
| | Практическая работа №11 <i>Расчёт и выбор полупроводниковых приборов</i> | 23 |
| | Практическая работа №12 <i>Расчёт параметров газоразрядных приборов и фотоэлементов</i> | 27 |
| | Практическая работа № 13. <i>Расчет параметров вентиля и выбор типа диодов для выпрямительной установки. Расчёт простейших схем усилительного каскада</i> | 30 |
| | Рекомендуемая литература | 32 |

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации составлены в соответствии с рабочей программой ОП.02 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА для профессии 13.01.10 «Электромонтёр по ремонту и обслуживанию электрооборудования».

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 1 ОК 2 ОК 3 ОК 4 ОК 5 ОК 6 ОК 7 ПК 1.1 ПК 1.2 ПК 1.3 ПК 1.4 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.3 ПК 3.1 ПК 3.2 ПК 3.3 | <ul style="list-style-type: none"> - контролировать выполнение заземления, зануления; - производить контроль параметров работы электрооборудования - пускать и останавливать электродвигатели, установленные на эксплуатируемом оборудовании; - рассчитывать параметры, составлять и собирать схемы включения приборов при измерении различных электрических величин электрических машин и механизмов; - снимать показания работы и пользоваться электрооборудованием с соблюдением норм техники безопасности и правил эксплуатации; - подбирать устройства электронной техники с определенными параметрами; - читать принципиальные, электрические и монтажные схемы - проводить сращивание, спайку | <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия о постоянном и переменном электрическом токе, последовательное и параллельное соединение проводников и источников тока, единицы измерения силы тока, напряжения, мощности электрического тока, сопротивления проводников, электрических и магнитных полей; - сущность и методы измерений электрических величин, конструктивные и технические характеристики измерительных приборов; - типы и правила графического изображения и составления электрических схем; - условные обозначения электротехнических приборов и электрических машин/основные элементы электрических сетей; - принципы действия, устройство, основные характеристики электроизмерительных и полупроводниковых приборов, электрических машин, аппаратуры управления и защиты, схемы электроснабжения; - двигатели постоянного и переменного тока, их устройство, |

| | |
|--|---|
| <p>и изоляцию проводов и контролировать качество выполняемых работ; <i>-осуществлять подбор элементов и приборов управления</i> - <i>подключать электрооборудование с электронным управлением к источникам электропитания и различным схемам</i></p> | <p>принцип действия правила пуска, остановки. - основы физических процессов в полупроводниках; - принципы действия и устройство полупроводниковых приборов; - <i>устройство, назначение и область применения электрооборудования с электронным управлением</i></p> |
|--|---|

Программой УД предусмотрено выполнение 13 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 зачет в форме собеседования.

Зачет по практическим работам является обязательным для получения допуска к экзамену.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

| Тема | Вид, название и краткое содержание задания | Планируемые часы на выполнение внеаудиторной работы | Форма отчетности и контроля |
|------|--|---|-----------------------------------|
| 1.2 | Практическая работа №1. Решение задач по теме «Электростатика» <u>Цели работы:</u> 1. рассмотреть электрическое поле неподвижных зарядов; ввести основные характеристики электростатического поля: напряженность и потенциал; 2. выяснить физический смысл этих величин; рассмотреть методы решения задач на расчет основных характеристик электрического поля. | 1 | отчетная работа №1, собеседование |
| 1.4 | Практическая работа №2. Расчёт электрических цепей постоянного тока <u>Цель работы:</u> изучение свойств основных элементов электрических цепей постоянного тока; построение вольт-амперных характеристик. | 2 | отчетная работа №2, собеседование |
| 1.5 | Практическая работа №3. Решение задач по теме: Основные характеристики и параметры магнитного поля. Электромагнитная индукция. ЭДС самоиндукции <u>Цель работы:</u> рассмотреть методы решения задач на определение основных характеристик и параметров магнитного поля. | 1 | отчетная работа №3, собеседование |
| 1.10 | Практическая работа №4. Решение задач по теме: «Неразветвленные цепи переменного тока» <u>Цель работы:</u> рассмотреть методы решения задач на неразветвленные цепи переменного тока. | 1 | отчетная работа №4, собеседование |
| | Практическая работа №5 Решение задач по теме: «Разветвленные цепи переменного тока» <u>Цель работы:</u> рассмотреть методы решения задач неразветвленные цепи переменного тока. | 1 | отчетная работа №5, собеседование |
| | Практическая работа №6. Определение параметров трансформатора <u>Цель работы:</u> Приобретение практических умений и навыков определения параметров однофазного силового трансформатора на основе данных опытов холостого хода и короткого замыкания трансформатора. | | отчетная работа №6, собеседование |

| | | |
|---|---|------------------------------------|
| <p>Практическая работа №7. Решение задач по теме «Скольжение, ЭДС и токи асинхронных двигателей» <u>Цель работы:</u> определить скольжение, частоту вращения ротора, ЭДС и токи асинхронных двигателей.</p> | 1 | отчетная работа №7, собеседование |
| <p>Практическая работа №8. Решение задач по теме «Генераторы постоянного тока. Двигатели постоянного тока» <u>Цель работы:</u> рассчитать основные параметры двигателя постоянного тока.</p> | 1 | отчетная работа №8, собеседование |
| <p>Практическая работа №9. Расчёт проводов по допустимому нагреву <u>Цель работы:</u> рассчитать сечение проводов по допустимой потере напряжения и проверить эти провода по нагреву.</p> | 1 | отчетная работа №9, собеседование |
| <p>Практическая работа №10. <i>Расчёт параметров электровакуумных приборов</i> Цель: изучение устройства и принципа действия электровакуумных приборов и влияние вторичной эмиссии.</p> | 1 | отчетная работа №10, собеседование |
| <p>Практическая работа №11 <i>Расчёт и выбор полупроводниковых приборов</i> Цель: сформировать практические навыки по определению основных параметров полупроводниковых приборов. Изучение основных параметров и характеристик полупроводниковых приборов, знание их условных обозначений и назначение.</p> | 1 | отчетная работа №11, собеседование |
| <p>Практическая работа №12 <i>Расчёт параметров газоразрядных приборов и фотоэлементов</i> Цель: исследование световых характеристик фотоэлементов.</p> | 1 | отчетная работа №12, собеседование |
| <p>Практическая работа № 13. <i>Расчет параметров вентиля и выбор типа диодов для выпрямительной установки. Расчёт простейших схем усилительного каскада</i> Цель: научиться рассчитывать выпрямители и выбирать выпрямительные диоды. Изучение схем выпрямителя, выбор выпрямителя.</p> | 1 | отчетная работа №13, собеседование |

Содержание лабораторных работ

Практическая работа №1 «Решение задач по теме «Электростатика»

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 | $\frac{Н}{Кл}$ |
| 4. Работа | A | Дж |
| 5. Потенциал | U | В |
| 6. Разность потенциалов | Δφ | 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 | $F = \frac{k q }{r^2}$ | |
| 5. Работа по перемещению заряда в электрическом поле | $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$ | |
| 6. Потенциал электростатического поля | $\varphi = \frac{W_p}{q}$ | |

| | | |
|---|--|--|
| 7. Разность потенциалов | $U = \Delta \varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ | |
| 8. Емкость уединенного проводника | $C = \frac{q}{\varphi}$ | |
| 9. Емкость двух проводников | $C = \frac{q}{U}$ | |
| 10. Емкость 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, внутри 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 см, а электроёмкость равна 500 пФ ($\epsilon=6$).
- 9.

Практическая работа №2 «Расчёт электрических цепей постоянного тока»

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.

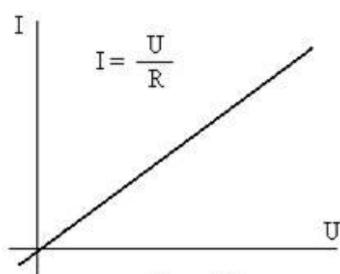
1. Основные сведения

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.

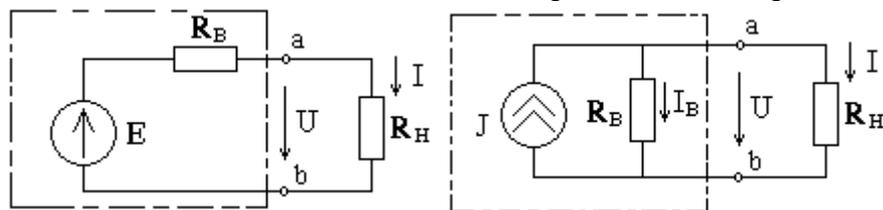


Рис. 2.2, а Рис. 2.2, б

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:

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

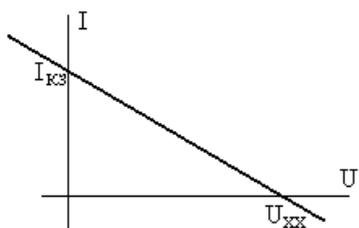


Рис. 2.3, а

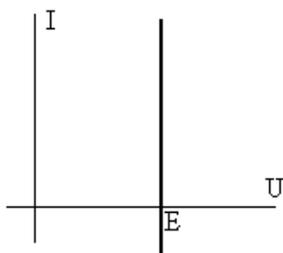


Рис. 2.3, б

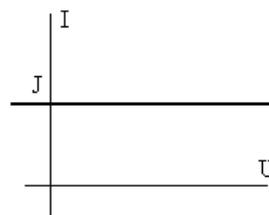


Рис. 2.3, в

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

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

$I_g = I \cdot \frac{R}{R_g}$ - внутренний ток источника тока,

тогда. $I_k = I + I_g \quad (1.3)$

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

Таким образом, если I_k и E связаны соотношением $I_k R_g = E$, 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?

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

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

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 искомых переменных принимают контурные токи. При этом число уравнений становится равным числу независимых контуров схемы.

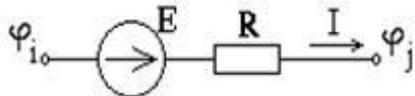
Для трехконтурной электрической цепи система уравнений по методу контурных токов выглядит следующим образом:

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

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:



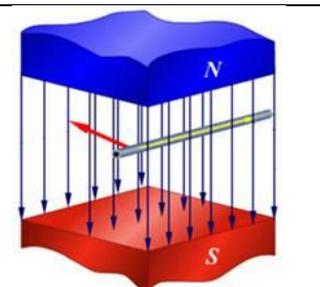
$$I = \frac{\varphi_i - \varphi_j + E}{R} \quad (1.14)$$

Практическая работа №3 «Решение задач по теме: «Основные характеристики и параметры магнитного поля. Электромагнитная индукция. ЭДС самоиндукции»

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)?

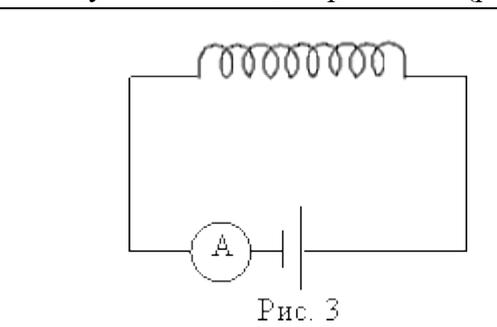
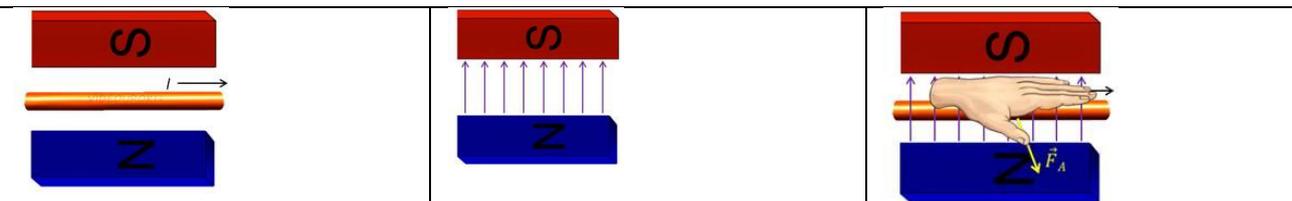


Рис. 3

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

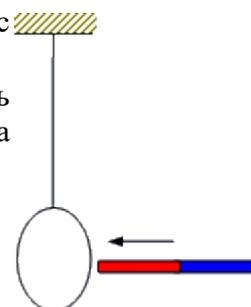


Рис. 1

другой раз магнит (рис. 1). Повлияет ли движение стержня и магнита на положение кольца?

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?

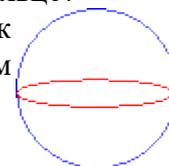


Рис. 2

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. Решение задач по теме: «Неразветвленные цепи переменного тока»

Цель: рассмотреть методы решения задач на неразветвленные цепи переменного тока.

Электрическая цепь с одним лишь индуктивным сопротивлением или одним емкостным сопротивлением в действительности невозможна, так как любые провода, или всякая обмотка, помимо индуктивного сопротивления, обладает также активным сопротивлением.

Пример. Активное сопротивление катушки $R_k=6$ Ом, индуктивное $X_L = 10$ Ом. Последовательно с катушкой включено активное сопротивление $R = 2$ Ом и конденсатор сопротивлением $X_C = 4$ Ом. К цепи приложено напряжение $U = 50$ В (рис. 2) (действующее значение). Определить: полное сопротивление цепи, ток; коэффициент мощности, активную, реактивную и полную мощность; напряжение на каждом сопротивлении; начертить в масштабе векторную диаграмму цепи.

Решение.

1. Определяем полное сопротивление цепи $Z = \sqrt{(R_k + R)^2 + (X_L - X_C)^2} = 10$ Ом.

2. Определим ток $I = \frac{U}{Z} = \frac{50}{10} = 5$ А.

3. Определяем коэффициент мощности цепи: $\sin\varphi = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{10-4}{10} = 0.6$;

$$\cos\varphi = \frac{R_k + R}{Z} = \frac{6+2}{10} = 0.8.$$

По таблице Брадиса находим $\varphi = 36^\circ 50'$. Угол сдвига фаз φ находим по синусу во избежание потери знака угла (косинус – функция чётная).

4. Определяем активную мощность цепи: $P = I^2(R_k + R) = 52 \cdot (6+2) = 200$ Вт
или $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = 50 \cdot 5 \cdot 0.8 = 200$ Вт.

Определяем реактивную мощность цепи: $Q = I^2(X_L - X_C) = 52 \cdot (10-4) = 150$ вар
или $Q = UI \cdot \sin\varphi = 50 \cdot 5 \cdot 0.6 = 150$ вар.

5. Построение векторной диаграммы необходимо выполнять согласно уравнению напряжений для данной цепи

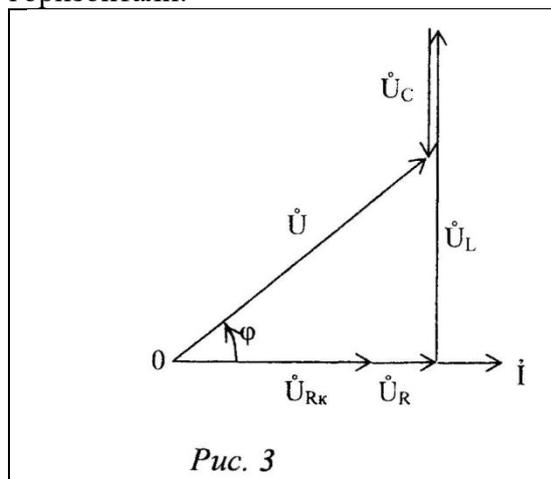
$$\dot{U} = \dot{U}_{Rk} + \dot{U}_L + \dot{U}_C.$$

6. Для построения векторной диаграммы необходимо рассчитать падения напряжения на отдельных элементах цепи:

$$U_{Rk} = I \cdot R_k = 5 \cdot 6 = 30 \text{ В}; \quad U_L = I \cdot X_L = 5 \cdot 10 = 50 \text{ В};$$

$$U_R = I \cdot R = 5 \cdot 2 = 10 \text{ В}; \quad U_C = I \cdot X_C = 5 \cdot 4 = 20 \text{ В}.$$

Построение векторной диаграммы начинаем с выбора масштаба для тока и напряжения. Задаём для тока в 1 см – 1,0 А и масштаб по напряжению: в 1 см – 10 В., построение векторной диаграммы (рис. 3) начнём с вектора тока длиной 5 см, который откладываем по горизонтали.



Вдоль вектора тока откладываем векторы падений напряжения на активных сопротивлениях U_{Rk} и U_R длиной 3 см и 1 см. Из вектора U_R откладываем в сторону опережения вектора тока 90° вектор падения напряжения U_L на индуктивном сопротивлении длиной 5 см. из конца вектора \dot{U}_1 откладываем в сторону отставания от вектора тока на 90° вектор падения напряжения на конденсаторе U_C длиной 2 см. геометрическая сумма векторов U_{Rk} , U_R , U_L , U_C равна полному напряжению U , приложенному к цепи.

Задание: Решить самостоятельно.

Цепь переменного тока содержит различные элементы (резисторы, индуктивности, ёмкости), включённые последовательно. Начертить схему цепи и определить следующие величины, относящиеся к данной цепи: 1). Полное сопротивление Z , 2). Напряжение U , приложенное к цепи, 3). Ток I , 4). $\cos\varphi$ и $\sin\varphi$ – углы сдвига фаз, 5). Активную P мощность, реактивную Q и полную S мощности цепи, 6). Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи.

| № варианта | № схемы | R_1 , Ом | R_2 , Ом | X_{L1} , Ом | X_{L2} , Ом | X_{C1} , Ом | X_{C2} , Ом | Дополнительный параметр |
|------------|---------|------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------|
| 1 | 1 | 12 | - | 18 | - | 2 | - | $S = 500 \text{ ВА}$ |
| 2 | 4 | 10 | 9 | 12 | - | - | - | $U = 100 \text{ В}$ |
| 3 | 5 | 6 | 2 | 4 | 2 | - | - | $I = 10 \text{ А}$ |
| 4 | 6 | 12 | - | - | - | 10 | 6 | $P = 48 \text{ Вт}$ |
| 5 | 10 | 10 | 6 | 18 | - | 4 | 2 | $S = 80 \text{ ВА}$ |
| 6 | 2 | 6 | 2 | 3 | - | 9 | - | $U = 40 \text{ В}$ |
| 7 | 3 | 10 | 6 | - | - | 12 | - | $I = 5 \text{ А}$ |
| 8 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | - | - | $S = 360 \text{ ВА}$ |
| 9 | 6 | 3 | - | - | - | 2 | 2 | $I = 4 \text{ А}$ |
| 10 | 7 | 8 | - | 12 | - | 4 | 2 | $P = 200 \text{ Вт}$ |
| 11 | 8 | 16 | - | 10 | 8 | 6 | - | $U = 80 \text{ В}$ |
| 12 | 9 | 10 | 6 | - | - | 8 | 4 | $I = 2 \text{ А}$ |
| 13 | 1 | 3 | - | 2 | - | 6 | - | $U = 50 \text{ В}$ |
| 14 | 2 | 4 | 4 | 4 | - | 10 | - | $I = 4 \text{ А}$ |
| 15 | 4 | 8 | 4 | 16 | - | - | - | $S = 320 \text{ ВА}$ |

| | | | | | | | | |
|----|---|---|----|---|---|---|---|-----------|
| 16 | 5 | 6 | 10 | 8 | 4 | - | - | P= 400 Вт |
|----|---|---|----|---|---|---|---|-----------|

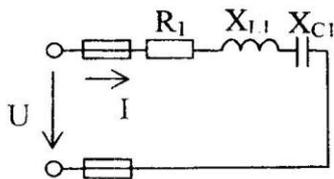


Схема 1

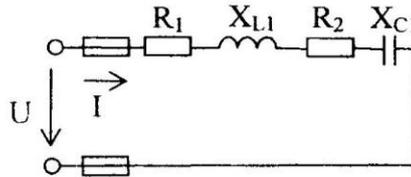


Схема 2

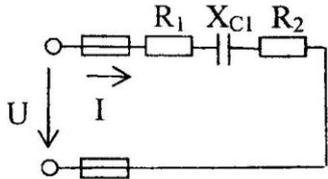


Схема 3

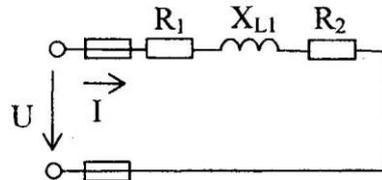


Схема 4

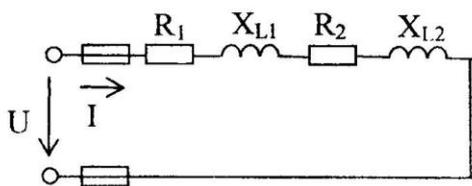


Схема 5

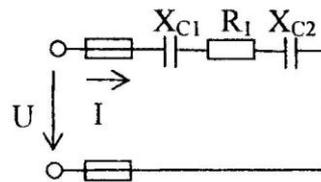


Схема 6

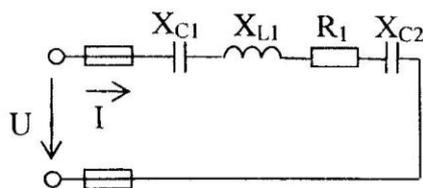


Схема 7

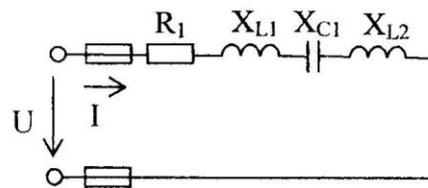


Схема 8

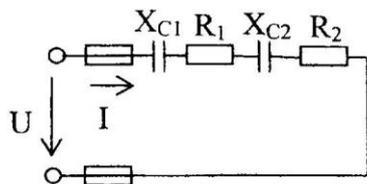


Схема 9

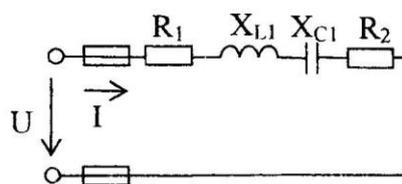


Схема 10

Практическая работа №5 Решение задач по теме: «Разветвленные цепи переменного тока»

Цель: рассмотреть методы решения задач неразветвленные цепи переменного тока.

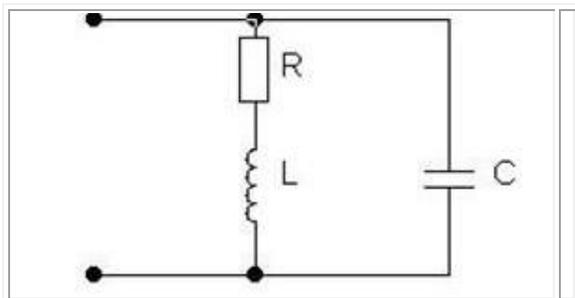
Разветвленные цепи переменного тока рассчитываются методом проводимости, при котором ток в каждой ветви представлен активной и реактивной составляющей.

Порядок расчета.

1. Для каждой ветви определяют активную, реактивную и полную проводимости, а так же общие их значения.
2. Определяют токи в ветвях и общий ток в цепи.
3. Определяют углы сдвига фаз ветвей и во всей цепи.
4. Определяют активную, реактивную и полную мощности.

Пример. К разветвленной цепи переменного тока приложено напряжение $U=100\text{В}$. Активное сопротивление катушки $R_1=20\ \Omega$, а индуктивное $X_{L1}=15\ \Omega$. Емкостное сопротивление ветви $X_{C2}=50\ \Omega$. Определить токи в ветвях, углы сдвига фаз, активную, реактивную и полную мощности.

Дано: $U=100\text{В}$ $R_1=20\ \Omega$ $X_{L1}=15\ \Omega$ $X_{C2}=50\ \Omega$ Определить токи в ветвях.



1. Определяем проводимости и ток для первой ветви:

$$g_1 = R_1 / z_1^2 = R_1 / (R_1^2 + X_{L1}^2) = 20 / 625 = 0,032 (\text{См}); \quad b_1 = X_{L1} / z_1^2 = X_{L1} / (R_1^2 + X_{L1}^2) = 15 / 625 = 0,024 (\text{См})$$

$$y_1 = \sqrt{g_1^2 + b_1^2} = \sqrt{0,032^2 + 0,024^2} = 0,04 \text{ См}$$

$$I_1 = U_1 y_1 = 100 \cdot 0,04 = 4 (\text{А})$$

$$\cos \varphi = g_1 / y_1 = 0,032 / 0,04 = 0,8; \quad \varphi_1 = 37^\circ$$

2. Определяем проводимости и ток для второй ветви: $g_2 = 0$

$$b_2 = -X_{C2} / Z_2^2 = -X_{C2} / (R_2^2 + X_{C2}^2) = 50 / 2500 = -0,02 (\text{См})$$

$$y_2 = \sqrt{g_2^2 + b_2^2} = 0,02 \text{ См}$$

$$I_2 = U y_2 = 100 \cdot 0,02 = 2 (\text{А})$$

$$\cos \varphi = g_2 / y_2 = 0; \quad \varphi_2 = 0^\circ$$

3. Для всей цепи: $g_1 + g_2 = 0,032 + 0 = 0,032 (\text{См})$

$$b_1 + (-b_2) = 0,024 - 0,020 = 0,004 (\text{См})$$

$$y = \sqrt{g^2 + b^2} = \sqrt{0,032^2 + 0,004^2} = 0,0322 (\text{См})$$

$$\cos \varphi = g / y = 0,032 / 0,0322 = 0,99; \quad \varphi = 7^\circ$$

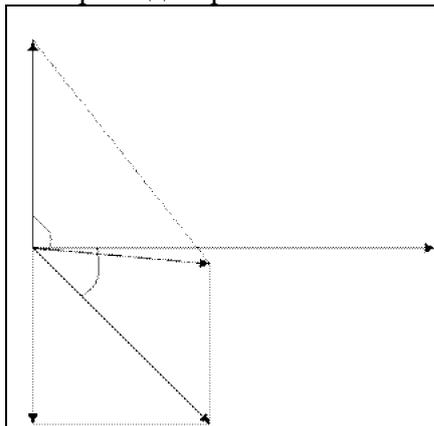
4. Активная, реактивная и полная мощности цепи:

$$P = U^2 g = 100^2 \cdot 0,032 = 320 (\text{Вт});$$

$$Q = U^2 b = 100^2 \cdot 0,004 = 40 (\text{Вар});$$

$$S = U^2 y = 100^2 \cdot 0,0322 = 322 (\text{ВА})$$

5. Векторная диаграмма токов.



Построение векторной диаграммы токов начинают с выбора масштаба тока: в $1\text{см}=1\text{А}$. Построение начинаем с вектора напряжения U . Токи откладывают с учетом углов сдвига фаз и характера нагрузки: в цепи с индуктивностью напряжение опережает ток на угол φ , а в цепи с емкостью – ток опережает напряжение на угол 90° . Геометрическая сумма токов равна току в неразветвленной части цепи

Практическая работа №6. Определение параметров трансформатора

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 КЗ 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.

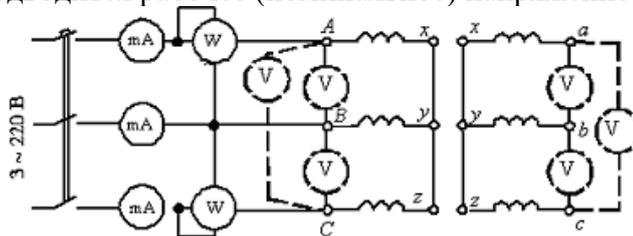


Рисунок 2 Схема опыта холостого хода трёхфазного трансформатора Y/Y

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 (ВН).

Током холостого хода трёхфазного трансформатора I_0 называется линейный ток первичной обмотки I_1 при нормальном 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

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

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

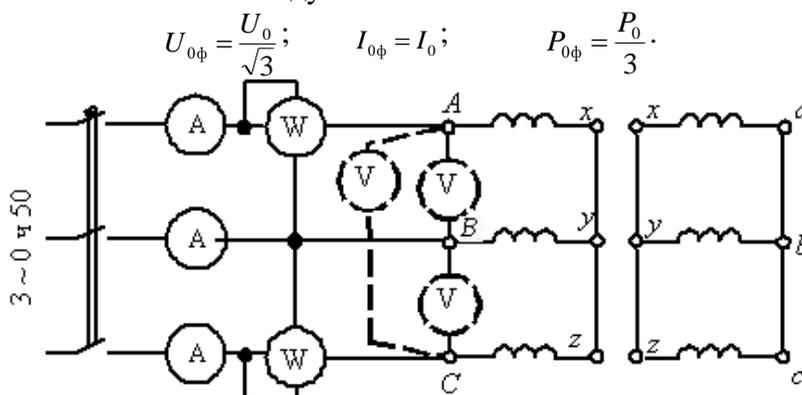


Рисунок 3 Схема опыта короткого замыкания трёхфазного трансформатора Y/Y

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

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

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

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

$I_{кф}$, $P_{кф}$ – фазные значения напряжения, тока и активной мощности.

Трансформаторы силовые, сухие защищенные общего назначения Таблица 1

| Тип трансформатора | S_H , кВА | $U_{кз}, \%$ | Потери, Вт | | $I_o, \%$ | $U_{1н}, В$ | $U_{2н}, В$ |
|--------------------|-------------|--------------|------------|----------|-----------|-------------|-------------|
| | | | 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 №7 Решение задач по теме «Скольжение, ЭДС и токи асинхронных двигателей»

Цель: Определить скольжение, частоту вращения ротора, ЭДС и токи асинхронных двигателей.

В результате взаимодействия магнитного поля с токами в роторе асинхронного двигателя создается вращающий электромагнитный момент, стремящийся уравнять скорость вращения магнитного поля статора и ротора.

Разность скоростей вращения магнитного поля статора и ротора асинхронного двигателя характеризуется величиной скольжения $s = (n_1 - n_2)/n_1$, где n_1 - синхронная скорость вращения поля, об/мин, n_2 - скорость вращения ротора асинхронного двигателя, об/мин. При работе с номинальной нагрузкой скольжение обычно мало, так для электродвигателя,

например, с $n_1 = 1500$ об/мин, $n_2 = 1460$ об/мин, скольжение равно: $s = ((1500 - 1460) / 1500) \times 100 = 2,7\%$

В начальный момент пуска в обмотках ротора протекает ток с частотой сети. По мере ускорения ротора частота тока в нем будет определяться скольжением асинхронного двигателя: $f_2 = s \times f_1$, где f_1 - частота тока, подводимого к статору.

Сопротивление ротора зависит от частоты тока в нем, причем, чем больше частота, тем больше его индуктивное сопротивление. С увеличением индуктивного сопротивления ротора увеличивается сдвиг фаз между напряжением и током в обмотках статора.

При пуске асинхронных двигателей коэффициент мощности поэтому значительно ниже, чем при нормальной работе. Величина тока определяется эквивалентным значением сопротивления электродвигателя и приложенным напряжением.

Величина эквивалентного сопротивления асинхронного двигателя с изменением скольжения изменяется по сложному закону. При уменьшении скольжения в пределах 1 - 0,15 сопротивление увеличивается, как правило, не более чем в 1,5 раза, в пределах от 0,15 до 0,05 в 5-7 раз по отношению к начальному значению при пуске.

Ток по величине изменяется обратно пропорционально изменению эквивалентного сопротивления. Таким образом, при пуске до скольжения порядка 0,15 ток падает незначительно, а в дальнейшем быстро уменьшается.

Момент вращения электродвигателя определяется величиной магнитного потока, током и угловым сдвигом между ЭДС и током в роторе. Каждая из этих величин в свою очередь зависит от скольжения, поэтому для исследования рабочих характеристик асинхронных двигателей устанавливается зависимость момента от скольжения и влияния на него подводимого напряжения и частоты.

Задача 1. Трехфазный асинхронный двигатель с числом полюсов $2p = 4$ работает от сети с частотой тока $f_1 = 50$ Гц. Определить частоту вращения двигателя при номинальной нагрузке, если скольжение при этом составляет 6%.

Решение. Синхронная частота вращения

$$n_1 = f_1 \cdot 60/p = 50 \cdot 60/4 = 1500 \text{ об/мин.}$$

Номинальная частота вращения $n_{\text{ном}} = n_1(1 - s_{\text{ном}}) = 1500(1 - 0,06) = 1412$ об/мин.

Задача 2. Частота вращения ротора четырех полюсного асинхронного двигателя $n_2 = 1425$ мин⁻¹. Определить его скольжение, если частота тока $f = 50$ Гц {ответ с точностью до двух знаков после запятой}.

Решение. Частота вращения магнитного поля статора $n = \frac{60f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500$ мин⁻¹.

Количество пар полюсов машины известно из условия: $P = 2$ (машина четырехполюсная).

$$\text{Скольжение } S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1500 - 1425}{1500} = 0,05$$

Ответ: $S = 0,05$.

Практическая работа №8. Решение задач по теме «Генераторы постоянного тока. Двигатели постоянного тока»

Цель: рассчитать основные параметры двигателя постоянного тока.

Электрическая машина постоянного тока состоит из статора, якоря, коллектора, щеткодержателя и подшипниковых щитов (рисунок 10.1). Статор состоит из станины (корпуса), главных и добавочных полюсов, которые имеют обмотки возбуждения. Эту неподвижную часть машины иногда называют индуктором. Главное его назначение — создание магнитного потока. Станина изготавливается из стали, к ней болтами крепятся главные и добавочные полюса, а также подшипниковые щиты. Сверху на станине имеются кольца для транспортирования, снизу — лапы для крепления машины к фундаменту. Главные полюса машины набираются из листов электротехнической стали толщиной 0,5 - 1 мм с

целью уменьшения потерь, которые возникают из-за пульсаций магнитного поля полюсов в воздушном зазоре под полюсами.

Рисунок 10.1 -Машина постоянного тока:1—вал; 2—передний подшипниковый щит; 3—коллектор;4—щеткодержатель;5—сердечник якоря с обмоткой;6—сердечник главного полюса;7—полюсная катушка; 8—станина; 9—задний подшипниковый щит;10—вентилятор; 11—лапы; 12—подшипник

На сердечник надевают обмотку возбуждения, по которой проходит ток, создавая магнитный поток. Обмотка возбуждения наматывается на металлический каркас, оклеенный электрокартоном (в больших машинах), или размещается на изолированном электрокартоне сердечнике (малые машины). Для лучшего охлаждения катушку делят на несколько частей, между которыми оставляют вентиляционные каналы. Добавочные полюса устанавливаются между главными. Они служат для улучшения коммутации. Их обмотки включаются последовательно в цепь якоря, поэтому проводники обмотки имеют большое сечение. Якорь машины постоянного тока состоит из вала, сердечника, обмотки и коллектора. Сердечник якоря собирается из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм и спрессовывается с обеих сторон с помощью нажимных шайб. Схема и параметры двигателя параллельного возбуждения Я – обмотка якоря двигателя; ОВ – обмотка возбуждения двигателя; $R_{ров}$ – сопротивление для изменения тока в обмотке возбуждения; $R_{п}$ – пусковой реостат. Рисунок 10.2 –Схема двигателя параллельного возбуждения 1 Напряжение сети, подведенное к двигателю –U, В; 2 Сопротивление обмотки якоря двигателя – $R_{я}$, Ом;3 Сопротивление обмотки возбуждения – $R_{в}$, Ом; 4 Номинальная частота вращения якоря двигателя – $n_{н}$, об/мин; 5 Против-ЭДС (E), которая индуцируется в обмотке якоря при его вращении в магнитном поле с номинальной частотой; 6 Ток в обмотке якоря $I = \frac{U-E}{R_{я}}$. 7 Ток в обмотке возбуждения, $I = \frac{U}{R_{в}}$. 8 Номинальный ток, потребляемый двигателем из сети $I_{н} = I_{я} + I_{в}$, А. 9 Мощность, потребляемая двигателем из сети $P_{г} = U \cdot I_{н}$, Вт.

10.Потери мощности в двигателе ΔP ; 11. Полезная мощность двигателя $P_2 = P_1 - \Delta P$

12. Коэффициент полезного действия двигателя $\eta = \frac{P_2}{P_1}$

13. Вращающий момент двигателя $M = 9,55 \cdot \frac{P_2}{n_{н}}$, Н·м.

14. В момент включения двигателя под напряжение при $n=0$ против-ЭДС обмотке якоря не индуцируется и ток в ней может достигнуть значения, многократно превышающего номинальный ток. Для ограничения пускового тока в цепь обмотки якоря вводится пусковое сопротивление $R_{п}$, которое по мере увеличения частоты вращения постепенно уменьшается. При номинальной частоте $n_{н}$ пусковое сопротивление $R_{п} = 0$. В практической работе $R_{п}$ определить из условия увеличения пускового тока $I_{п}$ по сравнению с номинальным в 1,5 раза.

$$I_{п} = I_{в} + \frac{U}{R_{я} + R_{п}} = 1,5 \cdot I_{н}.$$

Пример расчета.

Дано:сопротивление обмотки возбуждения $R_{в}=44$ Ом; напряжение, подведенное к двигателю $U=220$ В; против-ЭДС $E=210$ В; номинальная частота вращения якоря двигателя $n_{н}=520$ об/мин; номинальный ток, потребляемый двигателем из сети $I_{н}=240$ А; коэффициент полезного действия двигателя $\eta=0,9$.

Определить: ток возбуждения и ток якоря; сопротивление обмотки якоря; потребляемую мощность; полезную мощность; потери мощности в двигателе; мощность электрических потерь на нагрев; вращающий момент; пусковое сопротивление.

Практическая работа №9 Расчёт проводов по допустимому нагреву

Цель: рассчитать сечение проводов по допустимой потере напряжения и проверить эти провода по нагреву.

При протекании по проводнику электрического тока происходит его нагрев. Нагрев изменяет физические свойства проводника. Чрезмерный нагрев опасен для изоляции, вызывает перегрев контактных соединений, перегорание проводника, что может привести к пожару или взрыву при неблагоприятных условиях окружающей среды. Максимальная температура нагрева проводника, при которой изоляция его сохраняет диэлектрические свойства и обеспечивается надежная работа контактов, называется предельно допустимой, а наибольший ток, соответствующий этой температуре - длительно допустимым током по нагреву. Расчёт сечения проводов и кабелей осуществляется обычно тремя способами: -по допустимому нагреву; по допустимой потере напряжения; по механической прочности. После выполнения этих расчётов выбирают стандартное сечения жилы проводника, равное максимальному из расчётных значений (или ближайшее большее). При относительно небольшой длине линий (~ до 30м) расчёт на нагревание является определяющим. При прохождении по проводнику электрического тока выделяется тепло и проводник нагревается. Нагрев изолированных проводов не должен быть выше определённого предела, т.к. изоляция при сильном нагреве может обуглиться и даже загореться. Для безаварийной работы проводов и кабелей нормами установлена предельно допустимая температура нагрева (60-80°C) в зависимости от типа изоляции, условий монтажа и температуры окружающей среды. Применяя эти установки, а также зная максимальную силу тока в проводе, по таблицам выбирают сечение проводника.

Порядок выполнения расчета

Выписать исходные данные согласно варианту (таблица 3.1) и вычертить схему цепи (рисунок 3.1). Для расчетов принять материал проводов медь (для вариантов 1-15), алюминий (для вариантов 16-30).

Рассчитать параметры цепи при подключении её к источнику с напряжением U . Ток в линии, питающей потребитель $I = \frac{P}{U}$ (3.1)

Сечение проводов, которое обеспечит потерю напряжения в заданных пределах $S = \frac{200 \cdot P \cdot l}{e \cdot U^2}$, мм², (3.2) где ρ -удельное сопротивление при $t=20^0C$, принять $\rho = 0,0175$ Ом·мм²/м для меди; $\rho=0,0271$ Ом·мм²/м -для алюминия.

Выбрать по таблице стандартных сечений (таблица 3.2) ближайшее большее. Сравнить рассчитанное значение тока с допустимым значением для выбранного сечения. Если рассчитанное значение меньше допустимого, то перегрева провода не произойдет. Сопротивление двухпроводной линии электропередачи выбранного сечения

$R_L = \frac{\rho \cdot 2l}{S}$ (3.3). Фактическое падение напряжения в линии $\Delta U = I \cdot R_L$, В (3.4). Допустимое

снижение напряжение $e = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100\%$ (3.5). Рассчитанное значение снижения напряжения

сравнить с заданным допустимым. Потери мощности в линии электропередачи $\Delta P = I^2 R_L$, Вт.

(3.6). Мощность источника электрической энергии, которая обеспечит работу приемников

$P_{II} = I \cdot U_{II}$, Вт. (3.7), где U_{II} - напряжение в начале линии, т.е. на зажимах источника,

$U_{II} = U + \Delta U$, В (3.8).

Сделать заключение о пригодности выбранного провода в соответствии с заданной потерей напряжения и проверкой этого провода по нагреву.

Таблица 3.1 Исходные данные для расчета

| Вариант | P, кВт | l, м | e, % | U, В | Вариант | P, кВт | l, м | e, % | U, В |
|----------|--------|------|------|------|-----------|--------|------|------|------|
| 1 | 2,1 | 800 | 2 | 380 | 16 | 5 | 500 | 3 | 220 |
| 2 | 2,2 | 900 | 2,5 | | 17 | 5 | 700 | 4 | |
| 3 | 3,5 | 1000 | 5 | | 18 | 4 | 600 | 3 | |
| 4 | 2,5 | 700 | 2,5 | | 19 | 4,3 | 1000 | 3,5 | |
| 5 | 3 | 1400 | 4 | | 20 | 3 | 600 | 2,5 | |
| 6 | 2,3 | 700 | 2,5 | | 21 | 3,3 | 1000 | 5 | |
| 7 | 2,4 | 700 | 2 | | 22 | 3 | 500 | 3 | |
| 8 | 2,6 | 700 | 3 | | 23 | 3 | 1100 | 3,5 | |

| | | | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|--|-----------|-----|------|-----|--|
| 9 | 2,5 | 800 | 2,5 | | 24 | 3 | 1000 | 3,5 | |
| 10 | 3 | 800 | 4 | | 25 | 5 | 1200 | 4 | |
| 11 | 3 | 700 | 3 | | 26 | 3,1 | 1000 | 4 | |
| 12 | 3,1 | 800 | 3,5 | | 27 | 3 | 1000 | 5 | |
| 13 | 3,5 | 700 | 3 | | 28 | 3,3 | 900 | 8 | |
| 14 | 4 | 500 | 2,5 | | 29 | 3,1 | 800 | 4,5 | |
| 15 | 3,5 | 600 | 2,5 | | 30 | 3,1 | 1100 | 5 | |

Практическая работа №10 Расчёт параметров электровакуумных приборов

Цель: изучение устройства и принципа действия электровакуумных приборов и влияние вторичной эмиссии.

Электровакуумными (ЭВП) называют приборы, в которых рабочее пространство, изолированное газонепроницаемой оболочкой, имеет высокую степень разрежения или заполнено специальной средой (пары или газы). Действие приборов основано на использовании электрических явлений в вакууме или газе.

Под вакуумом следует понимать состояние газа, в частности воздуха, при давлении ниже атмосферного. Если электроны движутся в пространстве свободно, не сталкиваясь с оставшимися после откачки газа молекулами, то говорят о высоком вакууме.

Электровакуумные приборы делятся на электронные, в которых течет чисто электронный ток в вакууме, и ионные (газоразрядные), для которых характерен электрический разряд в газе (или парах). В электронных приборах ионизация практически отсутствует, а давление газа менее 100 мкПа (высокий вакуум). В ионных приборах давление 133 10–3 Па(10–3 мм рт. ст.) и выше. При этом значительная часть движущихся электронов сталкивается с м

Особую группу ЭВП составляют электронные лампы, предназначенные для различных преобразований электрических величин.

Эти лампы бывают генераторными, усилительными, выпрямительными, частотно-преобразовательными, детекторными, измерительными и др.

Большинство их рассчитано на работу в непрерывном режиме. Выпускаются лампы и для импульсного режима. В них протекают кратковременные токи – электрические импульсы.

В зависимости от рабочих частот электронные лампы подразделяются на низко-, высоко- и сверхвысокочастотные.

Электронные лампы, имеющие два электрода – катод и анод, называются диодами. Диоды для выпрямления переменного тока в источниках питания называются кенотронами. Лампы, имеющие помимо катода и анода электроды в виде сеток, с общим числом электродов от трех до восьми, – это соответственно триод, тетрод, пентод, гексод, гептод иоктод. При этом лампы с двумя и более сетками называются многоэлектродными. Если лампа содержит несколько систем электродов с независимыми потоками электронов, то ее называют комбинированной (двойной диод, двойной триод, триод-пентод, двойной диод-пентод и др.). Основные ионные приборы – это тиратроны, стабилитроны, лампы со знаковой индикацией, ионные разрядники и др.

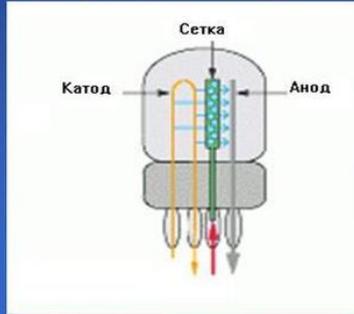
Большую группу составляют электронно-лучевые приборы, к которым относятся кинескопы (приемные телевизионные трубки), передающие телевизионные трубки, осциллографические и запоминающие трубки, электронно-оптические преобразователи изображений, электронно-лучевые переключатели, индикаторные трубки радиолокационных и гидроакустических станций и др.

В группу фотоэлектронных приборов входят электровакуумные фотоэлементы(электронные и ионные) и фотоэлектронные умножители. К электроосветительным приборам следует отнести лампы накаливания, газоразрядные источники света и люминесцентные лампы.

Особое место занимают рентгеновские трубки, счетчики элементарных частиц и другие специальные приборы.

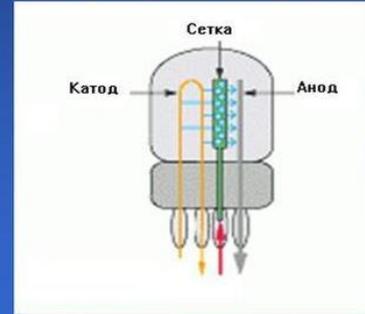
Электровакuumные приборы общие сведения, классификация

Электровакuumными приборами (ЭВП) называются приборы, в которых рабочее пространство, изолированное газонепроницаемой оболочкой, имеет высокую степень разрежения или заполнено специальной средой (пары или газы) и действие которого основано на использовании электрических явлений в вакууме.



Электровакuumные приборы общие сведения, классификация

Электровакuumными приборами (ЭВП) называются приборы, в которых рабочее пространство, изолированное газонепроницаемой оболочкой, имеет высокую степень разрежения или заполнено специальной средой (пары или газы) и действие которого основано на использовании электрических явлений в вакууме.



Практическая работа №11 *Расчёт и выбор полупроводниковых приборов*

Цель: сформировать практические навыки по определению основных параметров полупроводниковых приборов.

Изучение основных параметров и характеристик полупроводниковых приборов, знание их условных обозначений и назначение.

Основы физики полупроводниковых приборов

Типы полупроводников и их свойства

Принадлежность кристалла к металлам или неметаллам определяется заполнением энергетических зон. При $T = 0$ К в металле все нижние уровни вплоть до уровня $e(F)$ заполнены электронами ($f = 1$), а уровни выше $e(F)$ - пусты ($f = 0$). В неметаллах между нижней - валентной зоной, которая полностью заполнена электронами ($f = 1$), и верхней зоной - проводимости, которая полностью пуста ($f = 0$) существует запрещенная зона, ширина которой равна $e(g)$. Таким образом, твердое тело можно разделить на три группы:

Металлы, если $e(g) = 0$ эВ,

Полупроводники, $e(g) < 3$ эВ,

Диэлектрики, $e(g) > 3$ эВ.

Собственный полупроводник. В зависимости от степени чистоты полупроводники разделяют на собственные и примесные. В собственном полупроводнике носителями заряда являются электроны, находящиеся в валентной зоне. При этом каждый переход электрона в зону проводимости сопровождается образованием дырки в валентной зоне. Благодаря дыркам электроны валентной зоны также принимают участие в процессе электропроводности за счет эстафетных переходов под действием электрического поля на более высокие освободившиеся энергетические уровни.

Классификация полупроводниковых приборов

Свойствами полупроводников обладают различные химические вещества. Среди них принято выделять несколько групп, но из них четыре можно выделить как основные, а остальные, так как они их представители не являются часто встречающимися в производстве материалами, мы включаем в одну пятую группу.

Классификация современных полупроводниковых диодов (ПД) по их назначению, физическим свойствам, основным электрическим параметрам, конструктивно-технологическим признакам, исходному полупроводниковому материалу находит отражение в системе условных обозначений диодов.

Система обозначений ПД установлена отраслевым стандартом ОСТ 11336.919-81, а силовых полупроводниковых приборов - ГОСТ 20859.1-89. В основу системы обозначений положен буквенно-цифровой код.

Первый элемент (цифра или буква) обозначает исходный полупроводниковый материал, второй (буква) - подкласс приборов, третий (цифра) - основные функциональные возможности прибора, четвертый - число, обозначающее порядковый номер разработки, пятый элемент - буква, условно определяющая классификацию приборов, изготовленных по единой технологий.

Для обозначения исходного полупроводникового материала используются следующие символы:

Г, или 1, - германий или его соединения;

К, или 2, - кремний или его соединения;

А, или 3, - соединения галлия;

И, или 4, - соединения индия.

Для обозначения подклассов используется одна из следующих букв:

Д - диоды выпрямительные и импульсные;

Ц - выпрямительные столбы и блоки;

В-варикапы;

И - туннельные диоды;

А - сверхвысокочастотные диоды;

С - стабилитроны;

Г - генераторы шума;

Л- излучающие оптоэлектронные приборы;

О - оптопары.

Для обозначения наиболее характерных эксплуатационных признаков приборов (их функциональные возможности) используются следующие цифры:

Диоды (подкласса Д)

1 - выпрямительные диоды с постоянным или средним значением прямого тока не более 0,3А;

2 - выпрямительные диоды с постоянным или средним значением прямого тока не более 0,3А, но не свыше 10А;

4- импульсные диоды с временем восстановления обратного сопротивления более 500 нс;

5- импульсные диоды с временем восстановления более 150 нс, но не свыше 500 нс;

6- импульсные диоды с временем восстановления 30...150 нс;

7- импульсные диоды с временем восстановления 5...30 нс;

8- импульсные диоды с временем восстановления 1...5 нс;

9- импульсные диоды с эффективным временем жизни неосновных носителей заряда мене 1 нс.

Выпрямительные столбы или блоки (подкласс Ц):

1 - столбы с постоянным или средним значением прямого тока не более 0,3А;

2 - столбы с постоянным или средним значением прямого тока 0,3...10А;

3 - блоки с постоянным или средним значением прямого тока не более 0,3А;

4 - блоки с постоянным или средним значением прямого тока 0,3...10А.

Варикапы (подкласс В):

1 - подстрочные варикапы;

2- умножительные варикапы.

Туннельные диоды (подкласс И):

1 - усилительные туннельные диоды;

2 - генераторные туннельные диоды;

3 - переключательные туннельные диоды;

4 - обращенные диоды.

Сверхвысокочастотные диоды (подкласс А):

- 1 - смесительные диоды;
- 2 - детекторные диоды;
- 3 - усилительные диоды;
- 4 - параметрические диоды;
- 5 - переключательные и ограничительные диоды;
- 6 - умножительные и настроенные диоды;
- 7 - генераторные диоды;
- 8- импульсные диоды.

Стабилитроны (подкласс С):

- 1 - стабилитроны мощностью не более 0,3 Вт с номинальным напряжением стабилизации менее 10 В;
- 2 - стабилитроны мощностью не более 0,3 Вт с номинальным напряжением стабилизации менее 10...100 В;
- 3 - стабилитроны мощностью не более 0,3 Вт с номинальным напряжением стабилизации более 100 В;
- 4 - стабилитроны мощностью 0,3...5 Вт с номинальным напряжением стабилизации менее 10 В;
- 5 - стабилитроны мощностью 0,3...5 Вт с номинальным напряжением стабилизации 10...100 В;
- 6 - стабилитроны мощностью 0,3...5 Вт с номинальным напряжением стабилизации более 100 В;
- 7 - стабилитроны мощностью 5...10 Вт с номинальным напряжением стабилизации менее 10 В;
- 8 - стабилитроны мощностью 5...10 Вт с номинальным напряжением стабилизации 10...100 В;
- 9 - стабилитроны мощностью 0,3...5 Вт с номинальным напряжением стабилизации более 100 В.

Генераторы шума (подкласс Г):

- 1-низкочастотные генераторы шума;
- 2-высокочастотные генераторы шума.

Для обозначения порядкового номера разработки используется двухзначное число от 01 до 99. Если порядковый номер разработки превышает число 99, то в дальнейшем применяется трехзначное число от 101 до 999. В качестве квалификационной литературы используются буквы русского алфавита (за исключением букв З, О, Ч, Ы, Ш, Щ, Ю, Я, Ъ, Ь, Э).

Итак, самым распространенным полупроводником, из которого изготавливается большинство современных микросхем и дискретных полупроводниковых приборов является кремний Si. Еще двадцать лет назад ему не уступал германий Ge. В высокочастотных микросхемах, инжекционных лазерах, светодиодах, туннельных диодах и многих других приборах применяется прочно зарекомендовавший себя в этой области полупроводник арсенид галлия GaAs. Высокоомные полупроводники типа сульфида цинка ZnS применяются в люминофорах обычных и плоских активных мониторов.

Задание

1. По данному ниже описанию полупроводникового прибора назовите тип прибора, нарисуйте его условно-графическое обозначение на электрических схемах и изобразите вольт-амперную характеристику:

«Эти приборы составляют особую группу полупроводниковых кремниевых плоскостных диодов, предназначенных для поддержания на определенном уровне напряжения при изменении тока в цепи, работают при обратном включении в режиме электрического пробоя. При прямом включении данный тип диода работает так же, как и обычный выпрямительный диод».

2. Дополните схему классификации полупроводниковых приборов, данную на рис. 11.1

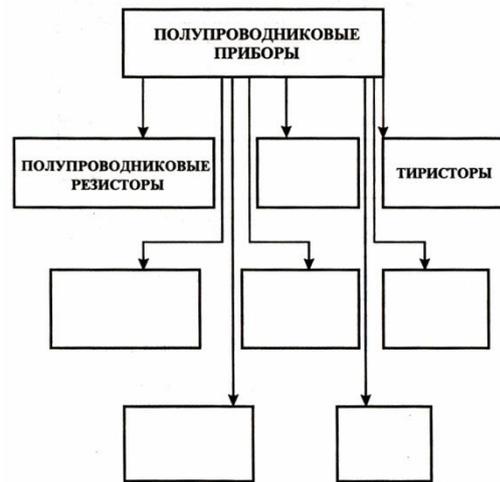


Рис. 11.1 Классификация полупроводниковых приборов

3. Допишите классификацию транзисторов в схеме рис. 11.2



Рис.11. 2 Классификация транзисторов

4. По названию полупроводниковых диодов в схеме «Классификация полупроводниковых диодов» в отведённых квадратах нарисуйте условно-графическое обозначение соответствующих диодов (рис. 11.3).

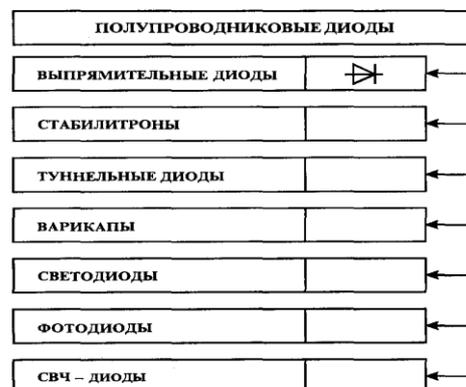


Рис. 11.3 Классификация полупроводниковых приборов

5. По вольт-амперным характеристикам (рис. 11.4.) определите тип полупроводникового прибора.

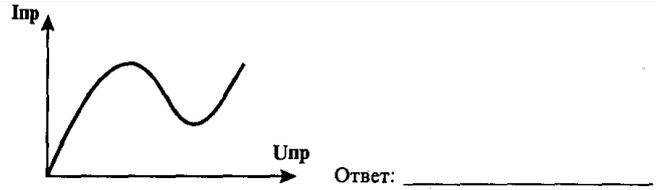


Рис. 11.4 Вольт-амперная характеристика

6. По вольт-амперной характеристике выпрямительного диода, изображённой на рис. 11.5, определите сопротивление диода по постоянному току при включении тока в прямом и обратном направлении, если к диоду приложено напряжение $U_{пр} = 0,5 \text{ В}$ и $U_{обр} = -50 \text{ В}$.

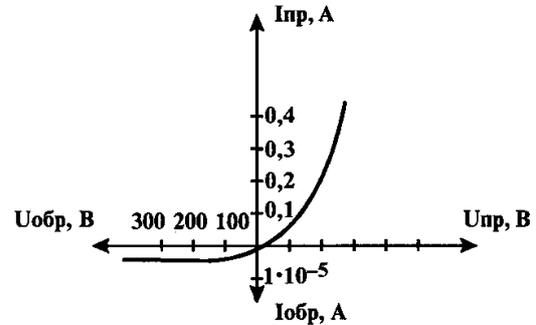


Рис. 11.5 Вольт-амперная характеристика

Практическая работа №12 Расчёт параметров газоразрядных приборов и фотоэлементов

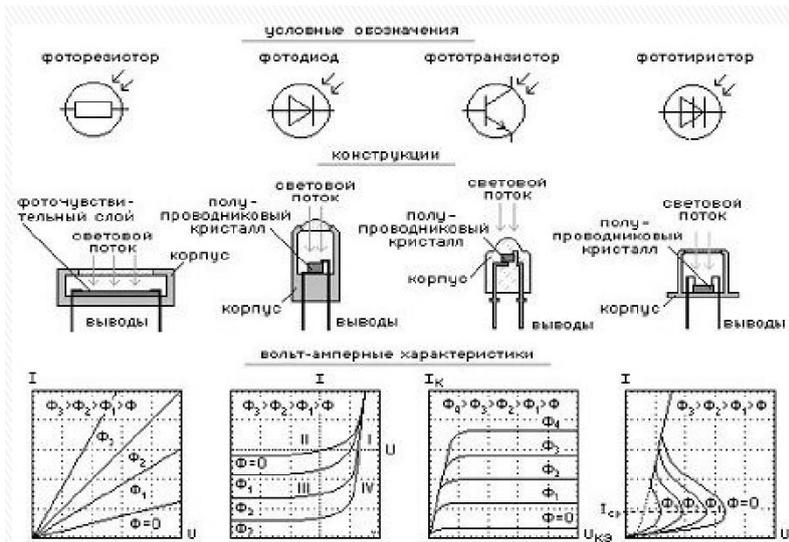
Цель: исследование световых характеристик фотоэлементов.

Широкое применение для прямого преобразования лучистой энергии (световой, рентгеновской и γ -излучения) в электрическую в современной технике находят полупроводниковые приборы на основе контакта двух разнородных полупроводников или контакта металл-полупроводник. Эти приборы называются фотоэлементами.

Рассмотрим физические процессы, протекающие на контакте двух разнородных полупроводников.

Фотоэлемент является источником электропитания, который генерирует электрическое напряжение за счет поглощения света, испускаемого внешними источниками. В случае поглощения фотоэлементом видимого (солнечного) света его называют *солнечной ячейкой*





Полупроводниковые приборы: физические основы работы, характеристики, параметры, модели, при

Фотосопротивления, фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры, оптронные приборы
характеристики, параметры, применение

Схема включения фотодиода для работы в фотодиодном режиме

Вольт-амперные характеристики фотодиода для фотодиодного режима

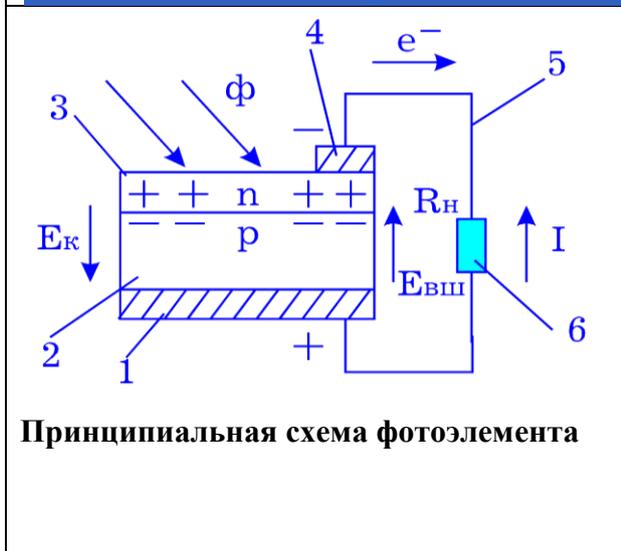
Полупроводниковые приборы: физические основы работы, характеристики, параметры, модели, при

Фотосопротивления, фотодиоды, фотоэлементы, фототранзисторы, фототиристоры, оптронные приборы
характеристики, параметры, применение

Схема включения фотодиода для работы в фотодиодном режиме

Вольт-амперные характеристики фотодиода для фотодиодного режима

Энергетические характеристики фотодиода



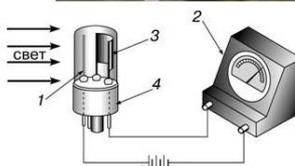
Фотоэлемент – электронный прибор, который преобразует энергию фотонов в электрическую энергию. Подразделяется на электровакuumные и полупроводниковые фотоэлементы. Действие прибора основано на фотоэлектронной эмиссии и внутреннем фотоэффекте.

Применение фотоэффекта

- **вакуумный фотоэлемент** применяется в фотометрии для измерения силы света, яркости, освещенности, в кино для воспроизведения звука, в фототелеграфах и фототелефонах, в управлении производственными процессами



- **полупроводниковые фотоэлементы** Они используются при автоматическом управлении электрическими цепями (например, в турникетах метро), в цепях переменного тока, в качестве невозобновляемых источников тока в часах, микрокалькуляторах, проходят испытания первые солнечные автомобили, используются в солнечных батареях на искусственных спутниках Земли, межпланетных и орбитальных автоматических станциях.



- С явлением фотоэффекта связаны фотохимические процессы, протекающие под действием света в фотографических материалах.



Вакуумный фотоэлемент

Внешний вид ФЭУ

Применение фотоэффекта

- **Внешний фотоэффект** нашел широкое применение в фотоэлементах, фотосопротивлениях, фотоумножителях, широко применяемых в **фотоэлектронной аппаратуре и аппаратуре для космических исследований**.
- При изучении фотоэффекта Столетов создал первый **вакуумный фотоэлемент**.
- Сейчас в основном используют **полупроводниковые фотоэлементы**.
- **Фотоэлемент** – это прибор, в котором падающая на поверхность катода энергия света (видимого и УФ диапазона) при внешнем приложенном напряжении U между электродами превращается в энергию электрического тока.
- Применяется **в устройствах сигнализации и автоматики, в солнечных батареях**.
- **Фотосопротивление (фоторезистор)** – это полупроводниковый прибор, у которого при освещении изменяется электрическое сопротивление R .
- Применяется для регистрации видимого света.
- **Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ)** – электровакуумный прибор, в котором **поток электронов**, излучаемый фотокатодом под действием оптического излучения (фототок), усиливается в умножительной системе в результате **вторичной электронной эмиссии**.
- Фотоэлектронные умножители, усиливающие первоначальный фототок во много раз, позволяют регистрировать очень слабое излучение, вплоть до отдельных квантов.
- Они широко применяются в фотоэлектронной аппаратуре: в электронно-оптических преобразователях, в качестве детекторов ядерных излучений и т.д.

17

Задание

1. Указать какие приборы называются фотоэлементами? Где они применяются?
2. Объяснить устройство фотоэлемента на основе $p-n$ перехода и причины, приводящие к появлению контактного поля на границе раздела полупроводников.
3. Объяснить явление возникновения фотогальванического эффекта при освещении $p-n$ перехода.
4. Объяснить, как зависит величина фото-ЭДС от интенсивности падающего на $p-n$ переход света? Дайте анализ экспериментальной зависимости $V_{\phi} = V_{\phi}(E\lambda)$.
5. Объяснить, чем ограничено максимальное значение фото-ЭДС?
6. Записать основное уравнение фотоэлемента и пояснить входящие в него величины.
7. Пояснить какие режимы работы фотоэлемента называются: 1) режимом короткого замыкания; 2) режимом холостого хода; 3) фотодиодным

8. Пояснить, как зависит величина фототока насыщения I_{ϕ} от освещенности поверхности фотоэлемента.

Практическая работа № 13. Расчет параметров вентиля и выбор типа диодов для выпрямительной установки. Расчёт простейших схем усилительного каскада

Цель: научиться рассчитывать выпрямители и выбирать выпрямительные диоды. Изучение схем выпрямителя, выбор выпрямителя.

Схема однофазного мостового выпрямителя с LC-фильтром приведена на рисунке 13.1.

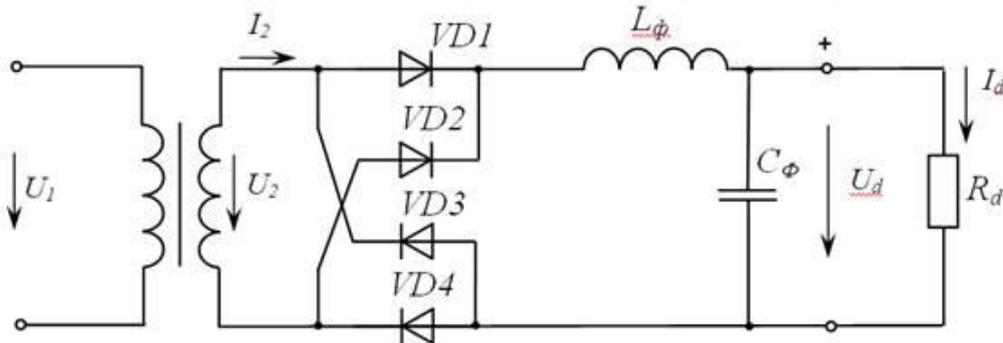


Рисунок 13.1 – Схема однофазного мостового выпрямителя с индуктивно-емкостным LC-фильтром

Ток нагрузки равен:

$$I_d = \frac{P_d}{U_d} = \frac{30}{50} = 0,6 \text{ А.}$$

Сопротивление нагрузки

$$R_d = \frac{U_d}{I_d} = \frac{50}{0,6} = 83,3 \text{ Ом.}$$

Для однофазного мостового выпрямителя среднее значение прямого тока через вентиль (выпрямительный диод) определяется как

$$I_a = \frac{I_d}{2} = \frac{0,6}{2} = 0,3 \text{ А.}$$

Обратное максимальное напряжение на вентилеравно:

$$U_{обр\max} = 1,57 \cdot U_d = 1,57 \cdot 50 = 78,5 \text{ В.}$$

Выбираем вентили (выпрямительные диоды) 1N4934 (приложение А или электронный «Справочник по полупроводниковым приборам» - файл «INQUIRY.EXE» или) с параметрами:

- максимальный прямой ток $I_{np\max} = 1 \text{ А} > I_a = 0,3 \text{ А}$;
- максимально допустимое обратное напряжение $U_{обр\max} = 100 \text{ В} > U_{a\text{обр}\max} = 78,5 \text{ В}$;
- максимальное напряжение в открытом состоянии $U_{np\max} = 1,1 \text{ В}$.

Для однофазного мостового выпрямителя действующее значение вторичного напряжения равно: $U_2 = 1,11 \cdot U_d + 2 \cdot U_{np\max} = 1,11 \cdot 50 + 2 \cdot 1,1 = 57,5 \text{ В}$.

Расчётная мощность трансформатора определяется как $S_{рас} = 1,23 \cdot P_a = 1,23 \cdot 30 = 36,9 \text{ В} \cdot \text{А}$

Выбираем трансформатор (электронный справочник – файл «Силовые трансформаторы.pdf») ТПП 271-127/220-50:

$$S_{ном} = 57,0 \text{ В} \cdot \text{А} > S_{рас} = 36,9 \text{ В} \cdot \text{А}$$

При последовательном соединении вторичных обмоток А, Б, В, Г получаем

$$U_2 = 9,95 + 10 + 20 + 20 = 59,95 \text{ В.}$$

Тогда коэффициент трансформации

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{59,95} = 3,67.$$

Коэффициент пульсации на выходе однофазного мостового выпрямителя $K_n = 0,67$.

Требуемый коэффициент пульсации $K_n = 0,007$.

Коэффициент сглаживания фильтра равен:

$$S = \frac{K_n}{K_n} = \frac{0,67}{0,007} = 95,71.$$

Для LC-фильтра

$$L_\Phi C_\Phi = \frac{S_{LC} + 1}{(2 \cdot \pi \cdot f \cdot m)^2} = \frac{95,71}{(2\pi \cdot 50 \cdot 2)^2} = 2,45 \cdot 10^{-4} \text{ Гн} \cdot \text{Ф},$$

где m – число пульс выпрямленного напряжения за период. Если $C_\Phi = 200$ мкФ. Тогда

$$L_\Phi = \frac{L_\Phi C_\Phi}{C_\Phi} = \frac{2,45 \cdot 10^{-4}}{200 \cdot 10^{-6}} \approx 1,23 \text{ Гн}.$$

Параметры фильтра $C_\Phi = 200$ мкФ, $L_\Phi = 1,23$ Гн удовлетворяют условиям эффективной работы:

$$\frac{1}{2\pi \cdot f \cdot m \cdot C_\Phi} \ll R_d; \quad 2\pi \cdot f \cdot m \cdot L_\Phi \gg R_d.$$

$$7,96 \ll 83,3; \quad 770,02 \gg 83,3.$$

Пример 1. Для питания постоянным током потребителя мощностью $P_d = 120$ Вт при напряжении $U_d = 20$ В необходимо собрать схему однополупериодного выпрямителя, используя стандартные диоды Д234Б.

Решение

1. Выбрать из таблицы 4 (приложение Г) параметры диода

$$I_{дон} = 5 \text{ А}; \quad U_{обр} = 600$$

2. Определить ток потребителя

$$I_d = P_d / U_d = 120$$

$$\text{Вт} / 20 \text{ В} = 6 \text{ А}$$

3. Определить напряжение, действующее в не проводящий период

$$U_B = 3,14 \cdot U_d = 3,14 \cdot 20 = 636 \text{ В}$$

4. Проверить диод на параметры $I_{доп}$ и $U_{обр}$. $I_{доп} > I_d$: так как $5 > 6,36$ В - условие выполняется

5. Окончательная схема однополупериодного выпрямителя (рисунок 1)

Пример 3

Составить схему мостового выпрямителя, используя один из диодов Д218, Д222, КД202Н, Д234Б. Мощность потребителя $P_d = 120$ Вт. Напряжение потребителя $U_d = 200$ В.

Решение

1 Из таблицы 4 (приложение Г) выбираем параметры диодов :

| | | | | | | | |
|-------|------|------|-----|-------|-----------|---|-------|
| Д218 | /дол | = | 0,1 | А, | $U_{обр}$ | = | 1000В |
| Д222 | | 1доп | = | 0,4А, | $U_{обр}$ | = | 600В |
| КД | 202Н | /бол | = | 1А, | $U_{обр}$ | = | 500В |
| Д234Б | | 1доп | = | 5А, | $U_{обр}$ | = | 600В |

2 Определить ток потребителя

$$I_d = P_d / U_d = 120 \text{ Вт} / 20 \text{ В} = 6 \text{ А}$$

3 Определить напряжение, действующее на диод в не проводящий период

$$U_B = 3,14 \cdot U_d = 3,14 \cdot 200 = 636 \text{ В}$$

4 Выбрать диод из условий:

$$I_{дон} > 0,5 I_d; \quad U_{обр} > U_B \text{ этим условиям удовлетворяет диод Д234Б}$$

$I_{доп} > 0,5A \cdot 6A = 3A$ $U_{обр} = 636В > 20В$

Диоды Д218 и Д 222 не удовлетворяют по напряжению и не подходят по допустимому току.

Диод 215Б не подходит по току и не подходит по обратному напряжению

5 Составляем схему мостового выпрямителя, в каждое плечо включаем диод Д234Б

Согласно своему варианту взять из таблицы №13.1 параметры выпрямителя и произвести расчет и выбор выпрямительного диода. Нарисовать принципиальную электрическую схему заданного выпрямителя.

Задание

1. Укажите назначение сглаживающих фильтров.
2. Начертите схемы сглаживающих фильтров.
3. Сравните свойства сглаживающих фильтров LC и RC.
4. Как изменяются свойства сглаживающих фильтров при увеличении числа звеньев?
5. Какая деталь выпрямителя выходит из строя при пробое первого (входного) конденсатора фильтра?

Содержание отчетных работ

1. Напишите номер, тему и цель работы.
2. Выполните задания в соответствии с инструкцией, опишите полученные результаты к каждому заданию.
3. Ответьте на контрольные вопросы.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основные источники:

1. Бутырин П.А. Электротехника: учебн. пособие / П.А. Бутырин - М.ИРПО- Издательский центр «Академия», 2014,- 352с.
2. Березкина I .Ф. Задачник по общей электротехнике с основами электроники: учебн пособие /Т.Ф., Березкина, Н.Г. Гусев, В .В. Масленников. - М.: Высшая школа, 2014. - 84с.
3. Коцман М.М. Электрические машины, М.: Академия, 2015, - 367с.
4. Прошин В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике: учеб. Пособие. В.М. Прошин. – М ИРПО: Издательский центр «Академия», 3- е изд., стер., 2015, -192с.
5. Прошин В.М. Рабочая тетрадь к лабораторно-практическим работам по электротехнике: учеб. пособие./В.М. Прошин,- М.ИРПО: Издательский центр «Академия»,- 3 -е изд., 2015,- стер,- 80с.

Дополнительные источники:

1. Данилов И.А. Общая электротехника с основами электроники: учебн .пособие. И.А. Данилов, П.М. Иванов.- М.: Мастерство, 2010.-752с.
2. ГОСТ 1494-77. Электротехника. Буквенное обозначение основных величин.
3. Долин П.А. Действие электрического тока на человека и первая помощь пострадавшим. / П.А. Долин.-М.: Энергия,1996.- 126с.
4. Евдокимов Ф.Е. Теоретические основы электротехники: учебник / Ф.Е. Евдокимов.- М.: Академия, 2014. – 560с.
5. Коцман М.М. Электрические машины: справочник / М.М. Коцман. - М.: Академия, 2012, - 496с.
6. Панфилов В.А. Электрические измерения: учебн. Пособие / В.А. Панфилов. – М.: Академия, 2015. – 288с.
7. Панфилов Ю.И. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. / Ю.И. Панфилов.- Издательство ДОДЭКА. М.: 199. -304с.

Электронные издания (электронные ресурсы)

1. <http://elektroin/harod/ru/> Библиотека электроэнергетика
2. <http://www.elektroshema.ru/> Электричество и схемы
3. www.elibrary.ru
4. <https://nashol.com/> Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования, Акимова Н.А., Котеленец М.Ф., Сенетюрихин Н.И., 2015
5. <http://cjty-cnegi.ru/about.html>. Всё о силовом электрооборудовании- описание, чертежи, руководства по эксплуатации.