###### Министерство образования и науки Калужской области

###### Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение

###### Калужской области

###### «Людиновский индустриальный техникум»

**Методические рекомендации**

**по выполнению практических работ по дисциплине**

**ОП.17 Электротехника и электроника**

**по специальности**

**15.02.08. Технология машиностроения**

Людиново, 2017 г.

Методические рекомендации разработаны в соответствии с рабочей (авторской) программой **ОП.17 Электротехника и электроника ,** утверждены зам. директора по УПР.

Утверждено:

**Заведующая по учебной работе:**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.Е. Селиверстова

" \_\_31\_ " августа\_\_\_\_ 2017 г.

Рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии

профессиональных дисциплин технического профиля

Протокол № \_ от "\_\_\_ " \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 г.

Председатель ЦК \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.А. Филатова

Составил: преподаватель спец. дисциплин \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.Г. Петухова

**Содержание.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Темы работ | Часы | Страницы |
|  | Практическое занятие №1. Определение энергии электрического поля конденсаторов. Расчет цепей последовательного и параллельного соединений конденсаторов. | **2** | 4-10 |
|  | Практическое занятие №2. Расчет электрических цепей с последовательным, параллельным соединением резисторов. Расчет сложных цепей. Решение задач на правило Кирхгофа. | **2** | 11-23 |
|  | Практическое занятие №3. Расчет неразветвленной магнитной цепи. Решение задач. | **2** | 24-27 |
|  | Практическое занятие№4. Расчет последовательного соединения однофазной цепи переменного тока. | **2** | 28-30 |
|  | Практическое занятие №5.Решение задач на определение параметров переменного тока | **2** | 31-33 |
|  | Практическая работа №6. Расчет фазных и линейных токов в трехфазной цепи | **2** | 34-38 |
|  | Практическая работа №7. Расчет силового трансформатора | **2** | 39-47 |
|  | Практическая работа №8. Расчет электродвигателя переменного тока. | **2** | 48-51 |
|  | ***Итого*** | ***16*** |  |

**Практическое занятие №1**

**Тема:** **Определение энергии электрического поля конденсаторов. Расчет цепей последовательного и параллельного соединений конденсаторов.**

**Цель работы:** приобрести навыки и умения при расчетеэнергии электрического поля конденсаторов, цепей последовательного и параллельного соединений конденсаторов.

**Оснащение**: методические рекомендации

***Методические рекомендации***

***1. Краткие теоретические сведения***

С увеличением заряда, потенциал металлического уединенного тела возрастает.

Q = Сφ откуда: электроемкость будет равна:  , где Q – величина заряда, в Кл, φ – потенциал, в В.

1 мкф = 10-6Ф 1 пф = 10-12 Ф

***Конденсатором называется устройство, состоящее из двух металлических проводников, разделенных диэлектриком***.

 условное изображение



Емкость плоского конденсатора  

К – запас прочности

S – площадь одной пластины, м2

D – расстояние между пластинами, м

ε – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика

ε0 – электрическая постоянная

*Соединения конденсаторов:*

|  |  |
| --- | --- |
| Параллельное соединение конденсаторов | Последовательное соединение конденсаторов |
|   С1  С2 U - const U  С3 Собщ = С1+ С2 + С3Qобщ = Q1 + Q2 + Q3Q = CUQ1 = C1U; Q2 = C2U; Q3 = C3UCобщ U = C1U + C2U + C3U |  U1 U2 U3  C1 C2 C3U = U1+U2+U3При соединении двух конденсаторовПри соединении n одинаковых конденсаторов |

Энергия электрического поля конденсаторов



При замыкании пластин конденсатора проводником происходит разрядка. Энергия электрического поля преобразуется в теплоту.

# *2. Пример выполнения задания.*

**Задача.**

1. Электрическая схема, содержащая конденсаторы представлена на рис.1

2. Записываем данные для расчета по форме:

|  |  |
| --- | --- |
|  **Рис.1**  С1 А С2 С3 С5  В С4   | Дано:С1 = 2 мкфС2 = 5 мкфС3 = 10 мкфС4 = 2 мкфС5 = 5 мкфU2 = 50 В |

3. Определить энергию заряженной конденсаторной батареи.

**Решение:**

Батарея имеет смешанное соединение: конденсаторы С2 и С3 соединены последовательно;

С1, С2,3, С4 – параллельно;

С1-4 и С5 – последовательно

Q2 = U2 · C2 = 50 · 5 · 10-6 = 250 · 10-6 Кл

Q2 = Q3 = 250 · 10-6 Кл



U2,3 = U1 = U4 = U2 + U3 = 50 + 25 = 75 В

Q1 = C1U1 = 2 · 10-6 · 75 = 150 · 10-6 Кл

Q4 = C4U4 = 2 · 10-6 · 75 = 150 · 10-6 Кл

Q1-4 = Q1 + Q2,3 + Q4 =150 · 10-6 + 250 · 10-6 + 150 · 10-6 = 550 · 10-6 Кл

Q1-4 = Q5 = 550 · 10-6 Кл



U = U1 + U5 = 75 + 110 = 185 B



 **Ход работы:**

1. Ознакомиться с теоретической частью.

2. Ознакомиться с условием задачи и схемой электрической цепи.

3.Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

4. Результаты расчета занести в таблицу.

5. Оформить отчет по соответствующей форме.

6. Ответить на контрольные вопросы.

**Задание**

***Варианты заданий:***

**Задача 1. Дана электрическая схема:**

 С1 С2 С3

 А В

 С5

 С4

Определить энергию заряженной конденсаторной батареи, если известны следующие данные:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| В-т | С1 мкф | С2 мкф | С3 мкф | С4 мкф | С5 мкф | U1 (B) | U2 (B) | U3 (B) | U4 (B) | U5 (B) | ОтветWc = (Дж) |
| 1 | 5 | 3 | 15 | 2 | 9 |  | 50 |  |  |  | 0,0099 |
| 2 | 10 | 2 | 5 | 2 | 4 |  |  | 20 |  |  | 0,0096 |
| 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 8 | 30 |  |  |  |  | 0,0192 |
| 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 |  |  |  | 60 |  | 0,01 |
| 5 | 5 | 6 | 3 | 1 | 4 |  |  |  |  | 50 | 0,0132 |

# Задача 2. Дана электрическая схема:

 С1

 А С3 С4 С5 В

 С2

Определить энергию заряженной конденсаторной батареи, если известны следующие данные:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| В-т | С1 мкф | С2 мкф | С3 мкф | С4 мкф | С5 мкф | U1 (B) | U2 (B) | U3 (B) | U4 (B) | U5 (B) | ОтветWc = (Дж) |
| 6 | 2 | 3 | 5 | 10 | 4 | 20 |  |  |  |  | 0,00375 |
| 7 | 4 | 6 | 2 | 4 | 5 |  |  | 50 |  |  | 0,00525 |
| 8 | 3 | 3 | 8 | 4 | 2 |  |  |  | 60 |  | 0,03 |
| 9 | 8 | 2 | 4 | 10 | 4 |  | 40 |  |  |  | 0,056 |
| 10 | 2 | 4 | 3 | 3 | 6 |  |  |  |  | 10 | 0,0018 |

# Задача 3. Дана электрическая схема:

 С1 С2

 С4 С5

 А С3 В

Определить энергию заряженной конденсаторной батареи, если известны следующие данные:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| В-т | С1 мкф | С2 мкф | С3 мкф | С4 мкф | С5 мкф | U1 (B) | U2 (B) | U3 (B) | U4 (B) | U5 (B) | ОтветWc = (Дж) |
| 11 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 |  |  |  | 50 |  | 0,02 |
| 12 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 |  |  |  |  | 20 | 0,003 |
| 13 | 10 | 6 | 1 | 4 | 2 |  | 50 |  |  |  | 0,069 |
| 14 | 2 | 1 | 5 | 8 | 8 | 20 |  |  |  |  | 0,053 |
| 15 | 8 | 8 | 3 | 4 | 4 |  |  | 40 |  |  | 0,025 |

# Задача 4. Дана электрическая схема:

С1  С4

 С5

 А С2  С3 В

Определить энергию заряженной конденсаторной батареи, если известны следующие данные:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| В-т | С1 мкф | С2 мкф | С3 мкф | С4 мкф | С5 мкф | U1 (B) | U2 (B) | U3 (B) | U4 (B) | U5 (B) | ОтветWc = (Дж) |
| 16 | 2 | 2 | 1 | 0,3 | 1,5 |  |  | 20 |  |  | 0,00035 |
| 17 | 6 | 2 | 4 | 3 | 1 | 50 |  |  |  |  | 0,05 |
| 18 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 |  |  |  | 40 |  | 0,0128 |
| 19 | 1 | 1 | 10 | 2 | 3 |  | 50 |  |  |  | 0,004 |
| 20 | 3 | 1 | 4 | 2 | 2 |  |  |  |  | 20 | 0,024 |

# Задача 5. Дана электрическая схема:

С1

 С2

 А С4 С5 В

 С3

Определить энергию заряженной конденсаторной батареи, если известны следующие данные:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| В-т | С1 мкф | С2 мкф | С3 мкф | С4 мкф | С5 мкф | U1 (B) | U2 (B) | U3 (B) | U4 (B) | U5 (B) | ОтветWc = (Дж) |
| 21 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 |  |  |  | 20 |  | 0,0027 |
| 22 | 3 | 2 | 1 | 4 | 2 | 20 |  |  |  |  | 0,0066 |
| 23 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 |  |  |  |  | 50 | 0,06 |
| 24 | 1 | 3 | 2 | 4 | 4 |  | 40 |  |  |  | 0,018 |
| 25 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |  |  | 30 |  |  | 0,0252 |

# Задача 6. Дана электрическая схема:

 С1 С2

 А С5 В

 С3 С4

Определить энергию заряженной конденсаторной батареи, если известны следующие данные:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| В-т | С1 мкф | С2 мкф | С3 мкф | С4 мкф | С5 мкф | U1 (B) | U2 (B) | U3 (B) | U4 (B) | U5 (B) | ОтветWc = (Дж) |
| 26 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 |  |  |  |  | 50 | 0,00196 |
| 27 | 2 | 2 | 4 | 4 | 6 | 20 |  |  |  |  | 0,0036 |
| 28 | 4 | 4 | 6 | 6 | 3 |  | 30 |  |  |  | 0,024 |
| 29 | 6 | 3 | 2 | 2 | 3 |  |  | 40 |  |  | 0,0192 |
| 30 | 6 | 6 | 4 | 4 | 5 |  |  |  | 10 |  | 0,002 |

**Содержание отчета**

1. Название работы, цель, основные расчетные формулы, задание (вариант)

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы*.*

# Контрольные вопросы:

1. Что называется электрическим полем и каковы его физические свойства?
2. Какими основными параметрами характеризуется электрическое поле?
3. Исчезает ли электрическое поле между пластинами конденсатора, если отключить источник энергии?
4. Как повлияет изменение знака заряда Q на значение Е?
5. В каких случаях в электротехнической аппаратуре применяют различные соединения

конденсаторов?

**Практическое занятие № 2**

**Тема: Расчет электрических цепей с последовательным, параллельным соединением резисторов. Расчет сложных цепей. Решение задач на правило Кирхгофа.**

**Цель работы:** приобрести навыки расчета электрических цепей с последовательным, параллельным соединением резисторов, расчета сложных цепей, научиться решать задачи на правило Кирхгофа.

**Оснащение**: методические рекомендации.

***Методические рекомендации***

***1. Краткие теоретические сведения.***

***Основные понятия и определения электрической цепи***

Для расчета и анализа реальная электрическая цепь представляется графически в виде расчетной электрической схемы (схемы замещения). В этой схеме реальные элементы цепи изображаются условными обозначениями, причем вспомогательные элементы цепи обычно не изображаются, а если сопротивление соединительных проводов намного меньше сопротивления других элементов цепи, его не учитывают. Источник питания показывается как источник ЭДС *E* с внутренним сопротивлением *r*0, реальные потребители электрической энергии постоянного тока заменяются их электрическими параметрами: активными сопротивлениями *R*1, *R*2,…,*Rn*. С помощью сопротивления *R* учитывают способность реального элемента цепи необратимо преобразовывать электроэнергию в другие виды, например, тепловую или лучистую.

При этих условиях схема на рис. 1. может быть представлена в виде расчетной электрической схемы (рис. .2), в которой есть источник питания с ЭДС *E* и внутренним сопротивлением *r*0, а потребители электрической энергии: регулировочный реостат *R*, электрические лампочки *EL*1 и *EL*2 заменены активными сопротивлениями*R*,*R*1 и *R*2.



Рис. 1.

Источник ЭДС на электрической схеме (рис. 1.) может быть заменен источником напряжения *U*, причем условное положительное направление напряжения *U*источника задается противоположным направлению ЭДС.

При расчете в схеме электрической цепи выделяют несколько основных элементов.

Ветвь электрической цепи (схемы) – участок цепи с одним и тем же током. Ветвь может состоять из одного или нескольких последовательно соединенных элементов. Схема на рис. 1. имеет три ветви: ветвь bma, в которую включены элементы *r*0,*E*,*R* и в которой возникает ток *I*; ветвь ab с элементом *R*1 и током *I*1; ветвь anb с элементом *R*2 и током *I*2.

Узел электрической цепи (схемы) – место соединения трех и более ветвей. В схеме на рис. 1.2 – два узла a и b. Ветви, присоединенные к одной паре узлов, называют параллельными. Сопротивления *R*1 и *R*2 (рис. 1.) находятся в параллельных ветвях.

Контур – любой замкнутый путь, проходящий по нескольким ветвям. В схеме на рис. 1. можно выделить три контура: I – bmab; II – anba; III – manbm, на схеме стрелкой показывают направление обхода контура.

Условные положительные направления ЭДС источников питания, токов во всех ветвях, напряжений между узлами и на зажимах элементов цепи необходимо задать для правильной записи уравнений, описывающих процессы в электрической цепи или ее элементах. На схеме (рис. 1.2) стрелками укажем положительные направления ЭДС, напряжений и токов:

а) для ЭДС источников – произвольно, но при этом следует учитывать, что полюс (зажим источника), к которому направлена стрелка, имеет более высокий потенциал по отношению к другому полюсу;

б) для токов в ветвях, содержащих источники ЭДС – совпадающими с направлением ЭДС; во всех других ветвях произвольно;

в) для напряжений – совпадающими с направлением тока в ветви или элемента цепи.

Все электрические цепи делятся на линейные и нелинейные.

Элемент электрической цепи, параметры которого (сопротивление и др.) не зависят от тока в нем, называют линейным, например электропечь.

Нелинейный элемент, например лампа накаливания, имеет сопротивление, величина которого увеличивается при повышении напряжения, а следовательно и тока, подводимого к лампочке.

Следовательно, в линейной электрической цепи все элементы – линейные, а нелинейной называют электрическую цепь, содержащую хотя бы один нелинейный элемент.

##  Основные законы цепей постоянного тока

Расчет и анализ электрических цепей производится с использованием закона Ома, первого и второго законов Кирхгофа. На основе этих законов устанавливается взаимосвязь между значениями токов, напряжений, ЭДС всей электрической цепи и отдельных ее участков и параметрами элементов, входящих в состав этой цепи.

### *Закон Ома для участка цепи*

Соотношение между током *I*, напряжением *UR* и сопротивлением *R* участка аb электрической цепи (рис. 2) выражается законом Ома


Рис. 2

(1.1)

 или *UR*=*RI*.

В этом случае *UR*=*RI* – называют напряжением или падением напряжения на резисторе *R*, а  – током в резисторе *R*.

При расчете электрических цепей иногда удобнее пользоваться не сопротивлением *R*, а величиной обратной сопротивлению, т.е. электрической проводимостью:

.

В этом случае закон Ома для участка цепи запишется в виде:

*I*=*Ug*.

### *Закон Ома для всей цепи*

Этот закон определяет зависимость между ЭДС *E* источника питания с внутренним сопротивлением *r*0 (рис. 2), током *I* электрической цепи и общим эквивалентным сопротивлением *R*Э=*r*0+*R* всей цепи:

(1.2)

.

Сложная электрическая цепь содержит, как правило, несколько ветвей, в которые могут быть включены свои источники питания и режим ее работы не может быть описан только законом Ома. Но это можно выполнить на основании первого и второго законов Кирхгофа, являющихся следствием закона сохранения энергии.

### *Первый закон Кирхгофа*

В любом узле электрической цепи алгебраическая сумма токов равна нулю

(1.3)

,

где *m* – число ветвей подключенных к узлу.

При записи уравнений по первому закону Кирхгофа токи, направленные к узлу, берут со знаком «плюс», а токи, направленные от узла – со знаком «минус». Например, для узла а (см. рис. 1.) *I*−*I*1−*I*2=0.

### *Второй закон Кирхгофа*

В любом замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжений на всех его участках

(1.4)

,

где *n* – число источников ЭДС в контуре;
*m* – число элементов с сопротивлением *Rk* в контуре;
*Uk*=*RkIk* – напряжение или падение напряжения на *k*-м элементе контура.

***2. Пример выполнения задания***

*Для схемы (рис. 1.)* запишем уравнение по второму закону Кирхгофа:

*E*=*UR*+*U*1.

Если в электрической цепи включены источники напряжений, то второй закон Кирхгофа формулируется в следующем виде: алгебраическая сумма напряжений на всех элементах контру, включая источники ЭДС равна нулю

(1.5)

.

*При записи уравнений по второму закону Кирхгофа необходимо:*

1) задать условные положительные направления ЭДС, токов и напряжений;

2) выбрать направление обхода контура, для которого записывается уравнение;

3) записать уравнение, пользуясь одной из формулировок второго закона Кирхгофа, причем слагаемые, входящие в уравнение, берут со знаком «плюс», если их условные положительные направления совпадают с обходом контура, и со знаком «минус», если они противоположны.

Запишем уравнения по II закону Кирхгофа для контуров электрической схемы (рис. 1.):

контур I: *E*=*RI*+*R*1*I*1+*r*0*I*,

контур II: *R*1*I*1+*R*2*I*2=0,

контур III: *E*=*RI*+*R*2*I*2+*r*0*I*.

В действующей цепи электрическая энергия источника питания преобразуется в другие виды энергии. На участке цепи с сопротивлением *R* в течение времени *t* при токе *I* расходуется электрическая энергия

(1.6)

*W*=*I*2*Rt*.

Скорость преобразования электрической энергии в другие виды представляет электрическую мощность

(1.7)

.

Из закона сохранения энергии следует, что мощность источников питания в любой момент времени равна сумме мощностей, расходуемой на всех участках цепи.

(1.8)

.

Это соотношение (1.8) называют *уравнением баланса мощностей*. При составлении уравнения баланса мощностей следует учесть, что если действительные направления ЭДС и тока источника совпадают, то источник ЭДС работает в режиме источника питания, и произведение *EI* подставляют в (1.8) со знаком плюс. Если не совпадают, то источник ЭДС работает в режиме потребителя электрической энергии, и произведение *EI* подставляют в (1.8) со знаком минус. Для цепи, показанной на рис. 1.2 уравнение баланса мощностей запишется в виде:

*EI*=*I*2(*r*0+*R*)+*I*12*R*1+*I*22*R*2.

При расчете электрических цепей используются определенные единицы измерения. Электрический ток измеряется в амперах (А), напряжение – в вольтах (В), сопротивление – в омах (Ом), мощность – в ваттах (Вт), электрическая энергия – ватт-час (Вт-час) и проводимость – в сименсах (См)

Кроме основных единиц используют более мелкие и более крупные единицы измерения: миллиампер (1 мA = 10–3 А), килоампер (1 кA = 103 А), милливольт (1 мВ = 10–3 В), киловольт (1 кВ = 103 В), килоом (1 кОм = 103 Ом), мегаом (1 МОм = 106 Ом), киловатт (1 кВт = 103 Вт), киловатт-час (1 кВт-час = 103 ватт-час).

##  Способы соединения сопротивлений и расчет эквивалентногосопротивления электрической цепи. Расчет сложных цепей.

Сопротивления в электрических цепях могут быть соединены последовательно, параллельно, по смешанной схеме и по схемам «звезда», «треугольник». Расчет сложной схемы упрощается, если сопротивления в этой схеме заменяются одним эквивалентным сопротивлением *R*экв, и вся схема представляется в виде схемы на рис. 1.3, где*R*=*R*экв, а расчет токов и напряжений производится с помощью законов Ома и Кирхгофа.

### Электрическая цепь с последовательным соединением элементов

|  |  |
| --- | --- |
| gif-file, 2KBРис. 1.4 | gif-file, 2KBРис. 1.5 |

Последовательным называют такое соединение элементов цепи, при котором во всех включенных в цепь элементах возникает один и тот же ток *I* (рис. 1.4).

На основании второго закона Кирхгофа (1.5) общее напряжение *U* всей цепи равно сумме напряжений на отдельных участках:

*U*=*U*1+*U*2+*U*3 или *IR*экв=*IR*1+*IR*2+*IR*3,

откуда следует

(1.5)

*R*экв=*R*1+*R*2+*R*3.

Таким образом, при последовательном соединении элементов цепи общее эквивалентное сопротивление цепи равно арифметической сумме сопротивлений отдельных участков. Следовательно, цепь с любым числом последовательно включенных сопротивлений можно заменить простой цепью с одним эквивалентным сопротивлением *R*экв(рис. 1.5). После этого расчет цепи сводится к определению тока *I* всей цепи по закону Ома

,

и по вышеприведенным формулам рассчитывают падение напряжений *U*1,*U*2,*U*3 на соответствующих участках электрической цепи (рис. 1.4).

Недостаток последовательного включения элементов заключается в том, что при выходе из строя хотя бы одного элемента, прекращается работа всех остальных элементов цепи.

### *Электрическая цепь с параллельным соединением элементов*

Параллельным называют такое соединение, при котором все включенные в цепь потребители электрической энергии, находятся под одним и тем же напряжением (рис. 1.6).



Рис. 1.6

В этом случае они присоединены к двум узлам цепи а и b, и на основании первого закона Кирхгофа (1.3) можно записать, что общий ток *I* всей цепи равен алгебраической сумме токов отдельных ветвей:

*I*=*I*1+*I*2+*I*3, т.е. ,

откуда следует, что

(1.6)

.

В том случае, когда параллельно включены два сопротивления *R*1 и *R*2, они заменяются одним эквивалентным сопротивлением

(1.7)

.

Из соотношения (1.6), следует, что эквивалентная проводимость цепи равна арифметической сумме проводимостей отдельных ветвей:

*g*экв=*g*1+*g*2+*g*3.

По мере роста числа параллельно включенных потребителей проводимость цепи *g*экв возрастает, и наоборот, общее сопротивление *R*экв уменьшается.

Напряжения в электрической цепи с параллельно соединенными сопротивлениями (рис. 1.6)

*U*=*IR*экв=*I*1*R*1=*I*2*R*2=*I*3*R*3.

Отсюда следует, что

,

т.е. ток в цепи распределяется между параллельными ветвями обратно пропорционально их сопротивлениям.

По параллельно включенной схеме работают в номинальном режиме потребители любой мощности, рассчитанные на одно и то же напряжение. Причем включение или отключение одного или нескольких потребителей не отражается на работе остальных. Поэтому эта схема является основной схемой подключения потребителей к источнику электрической энергии.

**Ход работы**

1. Ознакомиться с теоретической частью.

2. Ознакомиться с условием задачи и схемой электрической цепи. Зарисовать схему задачи.

3. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

4. Оформить отчет по соответствующей форме **(*см. пример оформления задачи***)

5. Ответить на контрольные вопросы.

***Пример выполнения задания по решению задач по правилам Кирхгофа***

## **Задача .**

Дана схема, и известны сопротивления резисторов и ЭДС источников. Требуется найти [токи](http://electroandi.ru/toe/peremennyj-sinusoidalnyj-tok.html) в ветвях, используя законы Кирхгофа.



**Решение.**

Используя первый закон Кирхгофа, можно записать n-1 уравнений для цепи. В нашем случае количество узлов n=2, а значит нужно составить только одно уравнение.

Напомним, что по первому закону, сумма токов сходящихся в узле равна нулю. При этом, условно принято считать входящие токи в узел положительными, а выходящими отрицательными. Значит для нашей задачи



Затем используя второй закон (сумма падений напряжения в независимом контуре равна сумме ЭДС в нем), составим уравнения для первого и второго контуров цепи. Направления обхода выбраны произвольными, при этом если направление тока через резистор совпадает с направлением обхода, берем со знаком плюс, и наоборот если не совпадает, то со знаком минус. Аналогично с источниками ЭДС.

На примере первого контура – ток I1 и I3 совпадают с направлением обхода контура (против часовой стрелки), ЭДС E1 также совпадает, поэтому берем их со знаком плюс.

Уравнения для первого и второго контуров по второму закону будут:



Все эти три уравнения образуют систему



Подставив известные значения и решив данную линейную систему уравнений, найдем токи в ветвях (способ решения может быть любым).



Проверку правильности решения можно осуществить разными способами, но самым надежным является проверка [балансом мощностей](http://electroandi.ru/toe/balans-moshchnostej.html).

## **Задача**

Зная сопротивления резисторов и ЭДС трех источников, найти ЭДС четвертого и токи в ветвях.



Как и в предыдущей задаче закону для трех контуров. Учитываем направления обхода, как и в предыдущей задаче.



На основании этих уравнений составляем систему с 5-ью неизвестными



Решив эту систему любым удобным способом, найдем неизвестные величины

|  |  |
| --- | --- |
| http://electroandi.ru/images/primery-resheniya-zadach-na-zakony-kirkhgofa/primery-resheniya-zadach-na-zakony-kirkhgofa-10.png | Для этой задачи выполним проверку с помощью баланса мощностей, при этом сумма мощностей, отданная источниками, должна равняться сумме мощностей полученных приемниками. http://electroandi.ru/images/primery-resheniya-zadach-na-zakony-kirkhgofa/primery-resheniya-zadach-na-zakony-kirkhgofa-11.png |

баланс мощностей сошелся, а значит токи и ЭДС найдены верно.

***Варианты индивидуальных заданий***

**Задача 1.**

Цепь постоянного тока содержит соединенные смешанно резисторы. Схема с указанием резисторов приведена на индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор R3 проходит ток I3 и на нем действует напряжение U3 и т.д. рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор R3 проходит ток I3 и на нем действует напряжение U3 и т.д.

Дано: UAB= 50 В, R1= 4 Ом, R2= 15 Ом, R3= 10 Ом, R4= 5 Ом, R5= 5 Ом, R6= 10 Ом.

 Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор R3 проходит ток I3 и на нем действует напряжение U3 и т.д.

Определить токи во всех элементах цепи и напряжения на каждом элементе цепи, а также мощность, потребляемую всей цепью, и расход электрической энергии за 10 часов работы.

**Задача 2.**

Составить систему уравнений для расчета заданной электрической цепи по законам Кирхгофа.



**Задача 3.**

Цепь постоянного тока содержит соединенные смешанно резисторы. Схема с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор R3 проходит ток I3 и на нем действует напряжение U3 и т.д.

Дано: UAB= 120 В, R1= 4 Ом, R2= 2 Ом, R3= 6 Ом, R4= 4 Ом,

R5= 10 Ом, R6= 2 Ом.

Определить токи во всех элементах цепи и напряжения на каждом элементе цепи, а также мощность, потребляемую всей цепью, и расход электрической энергии за 10 часов работы.

**Задача 4.**

Составить систему уравнений для расчета заданной электрической цепи по законам Кирхгофа. Записать и сформулировать законы Кирхгофа.

**Задача 5.**

Цепь постоянного тока содержит соединенные смешанно резисторы. Схема с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор R3 проходит ток I3 и на нем действует напряжение U3 и т.д.

Дано: UAB= 120 В, R1= 4 Ом, R2= 2 Ом, R3= 6 Ом, R4= 4 Ом,

R5= 10 Ом, R6= 2 Ом.

Определить токи во всех элементах цепи и напряжения на каждом элементе цепи, а также мощность, потребляемую всей цепью, и расход электрической энергии за 10 часов работы.

**Задача 6.**

Составить систему уравнений для расчета заданной электрической цепи по законам Кирхгофа. Записать и сформулировать законы Кирхгофа.

**Задача 7.**

Цепь постоянного тока содержит соединенные смешанно резисторы. Схема с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор R3 проходит ток I3 и на нем действует напряжение U3 и т.д.

Дано: UАВ= 80 В, R1= 4 Ом, R2= 10 Ом, R3= 4 Ом, R4= 10 Ом, R5= 15 Ом, R6= 5 Ом.

Определить токи во всех ветвях цепи и напряжение на каждом элементе цепи, а также мощность, потребляемую всей цепью, и расход электрической энергии за 8 часов работы.

**Задача 8.**

Составить систему уравнений для расчета заданной электрической цепи по законам Кирхгофа.

**Задача 9.**

Цепь постоянного тока содержит соединенные смешанно резисторы. Схема с указанием резисторов приведена на рисунке. Всюду индекс тока или напряжения совпадает с индексом резистора, по которому проходит ток или на котором действует это напряжение. Например, через резистор R3 проходит ток I3 и на нем действует напряжение U3 и т.д.

Дано: I5= 15 А, R1= 3 Ом, R2= 6 Ом, R3= 6 Ом, R4= 3 Ом, R5= 12 Ом, R6= 4 Ом.

Определить токи во всех ветвях цепи, общее напряжение, напряжение на каждом элементе цепи, а также мощность, потребляемую всей цепью, и расход электрической энергии за 8 часов работы.

**Задача 10.**

Составить систему уравнений для расчета заданной электрической цепи по законам Кирхгофа.

**Содержание отчета**

1. Название работы, цель, основные расчетные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы*.*

# Контрольные вопросы:

1. Напишите первый закон Кирхгофа
2. Напишите второй закон Кирхгофа
3. Как производится расчет сложных цепей с помощью законов Кирхгофа?
4. Формулы для вычисления общего (эквивалентного) сопротивления электрической цепи при последовательном, параллельном соединении резисторов.
5. Закон Ома для участка цепи.
6. Закон Ома для замкнутой цепи.

**Практическое занятие № 3**

**Тема: Расчет неразветвленной магнитной цепи. Решение задач.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета неразветвленных магнитных цепей.

**Оснащение**: методические рекомендации

***Методические рекомендации***

***1. Краткие теоретические сведения***

Магнитной индукцией (В) называется векторная величина, характеризующая силовое действие магнитного поля на ток, а также способность магнитного поля при его изменении возбуждать электрическое поле, измеряется



Магнитный поток (Ф) – поток магнитной индукции.

Ф = BS cos β,

где: S – площадь однородного магнитного поля (м2)

Для нормального (┴) направления

Ф = BS (Вб вебер)

Напряженность магнитного поля в ферромагнитной среде:

, где Ма – абсолютная магнитная проницаемость (Гн/м)

[H] = 1 А/1м. = магнитная постоянная

Для воздушных промежутков 

М0 = 4 π ∙ 10-7 Гн/м

М – относительная магнитная постоянная;

Магнитное напряжение:

*Uм = Hi ℓ (A)* – Ампер, где *ℓ* – длина однородного магнитного поля.

Алгебраическую сумму токов, пронизывающих поверхность, ограниченную замкнутым контуром, называют полным током - ∑ I, который равен (НС) – намагничивающей силе замкнутого контура.

Величину ∑ I, называют полным током или МДС и обозначают буквой (F).

На основании закона полного тока получаем второй закон Кирхгофа для магнитной цепи.

|  |  |
| --- | --- |
|  Ф I A aU W1 W2 Рис. 1 | I1w1 + I2w2………..+ Inwn = H1L1 + H2L2………..+ HmLmАлгебраическая сумма магнитных потоков для любого узла магнитной цепи равна нулюФ = Ф1 + Ф2 или Ф-Ф1-Ф2 = 0  |

Это уравнение выражает первый закон Кирхгофа для магнитной цепи.

Закон Ома для участка магнитной цепи имеет вид:



**Магнитная цепь и ее расчет**

Магнитная цепь – это устройство из ферромагнитных сердечников, в которых замыкается магнитный поток. Например, сердечник кольцевой катушки. Применяются разветвленные и неразветвленные: однородные и неоднородные магнитные цепи.

Расчет магнитной цепи состоит из определения магнитодвижущей силы (МДС) по заданному магнитному потоку, размерам цепи и ее материалам.

Для расчета цепь делят на участки L1; L2 и т.д. с однородным полем, определяют магнитную индукцию В = Ф/S на каждом из них и по кривым намагничивания находят соответствующие напряженности магнитного поля. Напряженность поля в воздушном зазоре или неферромагнитном материале Н0 = В/μ0,

где μ0 = 4π · 10-7 Гн/м.

По закону полного тока сумма магнитных напряжений на отдельных участках равна МДС, т.е.

Fм = H1L1 + H2L2 + H0L0 + ……+ HnLn = IW,

Где Н… - напряженность однородных участков

L – длина однородных участков

I – сила тока в обмотке

W – число витков в обмотке

***2.Пример выполнения задания***

***Задача***

Сколько витков нужно намотать на сердечник для получения магнитного потока Ф = 47 · 10-4 Вб при токе в обмотке I = 25 А? Верхняя часть сердечника выполнена из электротехнической стали Э 330, нижняя – из литой стали.

***Решение:***

Согласно рис. L1 = 56 см; S1 = 36 см2, L2 = 17 см; S2 = 36 см2; 2L0 = 1 см; S0 = 36 = S1 см2.

Магнитная индукция для всех трех участков одинакова: В=Ф/S=47·10-4/36·10-4 = 1,3 Тл. По кривой намагничивания для стали Э330 индукция В = 1,3 Тл соответствует напряженность поля Н1 = 750 А/м. Магнитное напряжение на участке L1

|  |  |
| --- | --- |
| L116 см 6 см34 см28 смL0 6 смL2 S215 см 6 см | Uм1 = H1L1 = 750 · 0,56 = 420 AМагнитное напряжение на участке L2Uм2 = H2L2 = 1250 · 0,17 = 212,5 AНапряженность поля в воздушном зазореH0 = B/μ0 = 1,3/4π 10-7 = 1,04 · 106 A/мМагнитное напряжение в воздушном зазоре Uм0 = H02 L0=1,04 · 106 · 0,01=10400AНамагничивающая силаFм=Uм1+Uм2+Uм0=420+212,5+10400≈11032АЧисло витков обмотки W = Fм./I = 11032/25  |

**Ход работы**

1. Ознакомиться с теоретической частью.

2. Ознакомиться с условием задачи и схемой электрической цепи. Зарисовать схему задачи.

3. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

4. Оформить отчет по соответствующей форме 5. Ответить на контрольные вопросы.

**Задание**

# *Варианты заданий*

# *Задача 1*

Определите в ньютонах силу, действующую на проводник длиной L – 0,25 м, помещенный в магнитное поле с индукцией В = 1,5 Тл., если по нему проходит ток I = 10 А и проводник перемещается под углом а = 300 к магнитным силовым линиям.

# *Задача 2*

Вычислить магнитную индукцию поля, в котором на проводник, длиной L = 0,2 м, перемещающийся под углом а = 900 к силовым полям, действует сила F = 100 и при протекании по проводнику тока I = 5 А.

# *Задача 3*

При какой силе тока в проводнике напряженность магнитного поля в точке, удаленной от центральной оси на 20 см, будет равна Н = 20 А/м?

# *Задача 4.*

На кольцевом каркасе из немагнитного материала размещена обмотка, состоящая из 300 витков и выполненная проводом диаметром d = 0,8 мм. Размеры каркаса: наружный диаметр Д1 = 60 мм, внутренний диаметр Д2 = 50 мм. Ток I = 1,5 А. Рассчитать напряженность поля, магнитную индукцию и магнитный поток.

***Задача 5***

Кольцевая катушка имеет площадь поперечного сечения S = 3,5 см2, число витков w = 250. Средняя длина силовой линии Lср. = 35 см. Какой силы ток необходим для создания магнитного потока Ф = 65 · 10-8 Вб.

# *Задача 6*

Сколько витков должна иметь катушка длиной L = 150 мм, площадью поперечного сечения S = 3 см2, если при токе I = 5 А магнитный поток в ней должен быть Ф = 3 · 10-6 Вб

# *Задача 7*

Магнитный ток, пронизывающий полюс машины постоянного тока, Ф = 0,011 Вб. Какой величины должна быть магнитная индукция в стали, из которой изготовлен полюс, если его размеры поперечного сечения равны: а = 10 см, в = 20 см?

# *Задача 8*

Рассчитать число ампер-витков и подъемную силу электромагнита, предназначенного для подъема труб и выполненного из литой стали при условии, что величина магнитного потока в нем Ф = 0,011 Вб.

**Содержание отчета**

1. Название работы, цель, основные расчетные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы*.*

# Контрольные вопросы.

1. Какими основными параметрами характеризуется магнитное поле и какие существуют зависимости между ними?
2. В чем заключается физическое различие между магнитной индукцией и напряженностью магнитного поля?
3. Как влияет длина проводов (катушки) и число витков (катушки) на величину напряженности магнитного поля?
4. Что такое намагничивающая сила и от чего она зависит?
5. Что называется магнитной цепью и из каких элементов она состоит?
6. Что собой представляет закон полного тока и для каких расчетов он используется?
7. Как определяется величина магнитного потока в замкнутой магнитной цепи (закон Ома М.Ц.)
8. Какая марка электротехнической стали обладает лучшими магнитными свойствами (Э-11 или Э-330) и почему?

**Практическое занятие №4**

**Тема: Расчет последовательного соединения однофазной цепи переменного тока**

**Цель работы:** приобрести навыки расчетаэлектрических цепей последовательного соединения однофазной цепи переменного тока

**Оснащение:** методические рекомендации.

***Методические рекомендации***

***1. Краткие теоретические сведения***

*Основные понятия и расчетные формулы*

Переменным называется ток, изменение которого по значению и направлению повторяется через равные промежутки времени, называемые периодом Т.

|  |
| --- |
| Мгновенные значения тока I = Im sin ωt;Напряжения U = Um sin ωt; ЭДС 1 = Em sin ωt.Действующие значения тока I = Im / √2 = 0,707 Imнапряжения U = Um / √2 = 0,707 UmЭДС E = Ем / √2 = 0,707 ЕmУгловая скорость w характеризует скорость вращения катушки генератора ω = 2πf = а/tЧастота тока f = 1/Т(Гц)а – угол в градусахf = рп/60 |

***2. Пример выполнения задания.***

**Задача.**

Найти мгновенное значение ЭДС для t = 0,00167 сек., если амплитуда ЭДС Fм = 180 В, а частота тока f = 50 Гц.

***Решение:***

Мгновенное значение ЭДС

ℓ = Еm sin a = Em sin 2 π ft

a = 2 π ft = 1 · 180 · 50 · 0,00167 = 300

ℓ = 180 · sin 300 = 90 B.

**Ход работы**

1. Ознакомиться с теоретической частью.

2. Ознакомиться с условием задачи и схемой электрической цепи. Зарисовать схему задачи.

3. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

4. Оформить отчет по соответствующей форме

5. Ответить на контрольные вопросы.

**Задания**

***Варианты заданий***

# Задача 1

Найти мгновенное значение тока I = I m sin ωt через 0,01 сек. От начала периода, если амплитуда тока Im = 10 A, а частота тока f = 50 Гц.

# Задача 2

Гидрогенератор имеет число пар полюсов р = 40 и вырабатывает переменный ток частотой f = 50 Гц. Определить скорость вращения ротора генератора и угловую частоту переменного тока ω.

# Задача 3

К электрической плитке активным сопротивлением R = 40 Ом подведено напряжение U = 169,2 sin 314 t. Определить ток I, напряжение U, мощность Р, потребляемую цепью, частоту f, период Т, расход энергии Wa за время t = 5 час.

# Задача 4

Определить активное сопротивление электроплитки, если она при токе I = 5A потребляет мощность Р = 600 Вт.

# Задача 5

Определить индуктивность катушки L, активное сопротивление которой равно нулю, если при напряжении U = 100 В, приложенном к ней и частоте f = 50 Гц по катушке протекает ток I = 5 А.

# Задача 6

Конденсатор емкостью 80 мкф включен в сеть с напряжением 380 В и частотой 50 Гц. Определить ток в цепи и реактивную мощность.

# Задача 7

Определить реактивную мощность Q батареи конденсаторов, если емкость батареи С = 132 мкф, напряжение сети U = 220 В, частота тока f = 50 Гц.

**1. Содержание отчета**

1. Название работы, цель, основные расчетные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы*.*

# Контрольные вопросы.

1. Что называется переменным синусоидальным током и каковы его особенности относительно постоянного?
2. Какая зависимость между частотой, числом пар полюсов и скоростью вращения генератора?
3. Какая мощность называется активной?
4. Что называется индуктивным сопротивлением?
5. Как зависит индуктивное сопротивление от частоты?
6. Что называется реактивной мощностью? По каким формулам она определяется?
7. Как влияет частота тока на величину емкостного сопротивления?
8. Что покажет ваттметр, включенный в цепь переменного тока с конденсатором?

**Практическое занятие № 5**

**Тема: Решение задач на определение параметров переменного тока**

**Цель:** приобрести навыки и умения при решении задач на определение параметров переменного тока.

**Оснащение:** методические рекомендации

**Методические рекомендации**

***1. Краткие теоретические сведения***

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

Активная мощность определяется по формуле:  (Вт)

Полное сопротивление катушки в цепи переменного тока, активного R и индуктивного XL сопротивлений, определяется по формуле:  . Полная мощность 

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

**Ход работы**

1. Цепь переменного тока содержит различные элементы, включенные последовательно. Данные для своего варианта взять из таблицы.
2. Начертить схему цепи, включая только те элементы (резисторы, индуктивности, емкости), величины которых заданы в таблице для каждого варианта.
3. Определить следующие величины, относящиеся к данной цепи, если они не заданы, как дополнительный параметр в таблице:
* Полное сопротивление цепи (Z)
* Напряжение U, приложенное к цепи
* Ток I
* Индуктивное (XL) и емкостное (Xc) сопротивление: ; 
* Активную и полную мощность: : (Вт), (Вт)

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

Примечание: прочерк означает, что данного элемента в цепи нет

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Варианты** | **R1,Ом** | **R2,Ом** | **L1,мкГн** | **L2,мкГн** | **С1, мФ** | **С2, мФ** | **Дополнительный параметр** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** |
| 01 | 4 | - | 6 | - | 3 | - | U=48 В |
| 02 | 6 | 2 | 3 | - | 9 | - | U=40 В |
| 03 | - | 6 | - | 12 | - | 4 | I=5 А |
| 04 | 6 | 2 | 12 | - | 6 | - | U=20 В |
| 05 | 4 | 4 | - | 6 | 12 | - | U=36 В |
| 06 | 3 | - | 6 | - | - | 2 | I=3 А |
| 07 | - | 8 | - | 16 | 4 | 6 | U=20 В |
| 08 | 16 | - | 10 | 8 | 6 | - | U=80 В |
| 09 | - | 4 | 3 | - | 2 | 4 | I=4 А |
| 10 | 3 | - | 2 | - | - | 6 | U=50 В |
| 11 | 4 | 4 | - | 4 | 10 | - | P=200 Вт |
| 12 | 4 | 4 | 2 | - | - | 8 | U=60 В |
| 13 | 6 | - | - | 4 | 12 | - | I=25 А |
| 14 | 8 | 8 | - | 8 | 8 | - | I=5 А |
| 15 | - | 4 | 5 | - | 5 | 3 | P=100 Вт |
| 16 | 6 | 8 | - | 4 | 4 | - | U=20 |
| 17 | - | 8 | - | 12 | 4 | 2 | I=16 |
| 18 | 6 | - | 2 | - | - | 10 | I=8 |
| 19 | 4 | 2 | - | 12 | 4 | - | P=600 |
| 20 | 5 | 3 | 3 | - | - | 9 | U=54 |
| 21 | 3 | 6 | - | 6 | 6 | - | U=45 |
| 22 | - | 4 | 8 | 4 | 3 | 6 | I=12 |
| 23 | 4 | 4 | - | 4 | 10 | - | P=72 |
| 24 | - | 4 | - | 6 | - | 3 | P=300 |
| 25 | 6 | 2 | - | 3 | 9 | - | I=6 |
| 26 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | - | U=30 |
| 27 | 4 | - | - | 3 | 4 | 2 | P=36 |
| 28 | - | 8 | - | 16 | 4 | 6 | P=1000 |
| 29 | - | 3 | 6 | - | 2 | - | I=10 |
| 30 | 3 | - | 7 | - | 3 | - | U=50 |

**Контрольные вопросы:**

1. В какую энергию преобразуется цепь с активным сопротивлением?
2. Укажите параметры переменного тока, от которого зависит индуктивное сопротивление катушки.
3. Какое сопротивление называется реактивным?
4. Что называется амплитудой тока (напряжения)?
5. Какой ток называется переменным?

**Практическая работа № 6**

**Тема: Расчет фазных и линейных напряжений и токов в трехфазной цепи.**

**Цель работы:** приобрести навыки расчета фазных и линейных напряжений и токов в трехфазной цепи.

**Оснащение:** методические рекомендации

***Методические рекомендации***

***1. Краткие теоретические сведения***

"Звездой" называется такое соединение трехфазной системы, при котором концы фаз соединены в одну точку, называемую нейтральной.

Напряжения между началами и концами фаз называются фазными и обозначаются UA, UB, UC или в общем виде Uф

Напряжения между началами фаз называются линейными напряжениями UAB, UBC, UAC или в общем случае Uл.

Когда UA = UB = UC Uл = √3 Uф

Токи, протекающие в фазах, называются фазными Iл = Iф

Фазные токи приемников определяются так же, как и в однофазных цепях переменного тока

IA = UA/ZA; IB = UB/ZB; IC = UC/ZC;

где ZA, ZB, ZC – полные сопротивления фаз приемника, Углы сдвига фаз между токами и фазными напряжениями определяются из формул

cos φA = RA/ZA; cos φB = RB/ZB; cos φC = RC/ZC

Так в нейтральном проводе Io равен геометрической сумме токов отдельных фаз. 

При симметричной нагрузке фазные сопротивления ZA = ZB = ZC; углы сдвига фаз φА = φВ = φС и точки IA = IB = IC. В этом случае IO = 0.

Треугольником называется такое соединение, при котором конец фазы А соединяется с началом фазы В, конец фазы В – с началом фазы С, конец фазы С – с началом фазы А.

 При соединении треугольником линейное напряжение равно фазному Uл = Uф

Линейные токи при симметричной нагрузке фаз больше фазных в √3 раз.



Фазный ток Iф = Uф / Zф

Или IАВ = UАВ / ZАВ; IВС = UBC / ZBC; ICA  = UCA / ZCA

ZАВ, ZBC, ZCA – полные сопротивления отдельных фаз.

Независимо от схемы соединения мощности трехфазной цепи при симметричной нагрузке определяются:

Активная мощность трех фаз

P = 3 Uф Iф cos φ или P = √3 Uл Iл cos φ

Реактивная мощность трех фаз

Q = 3 Uф Iф sin φ или Q = √3 Uл Iл sin φ

Полная мощность трех фаз

S = 3 Uф Iф или S = √3 Uл Iл

При несимметричной нагрузке:

Активная мощность P = PA + PB + PC = UAIA cos φA + UBIB cos φA + UCIC cos φC, где cos φA = RA / ZA; cos φB = RB / ZB; cos φC = RC / ZC

Реактивная мощность

Q = QA + QB + QC = UAIA sin φA + UBIB sin φB + UCIC sin φC,

где sin φA = XA / ZA; sin φB = XB / ZB; sin φC = XC / ZC

Полная мощность



***2. Пример выполнения задания***

# Задача

Трехфазный асинхронный двигатель мощностью на валу Р2 = 10 кВт присоединен к сети напряжением Uл = 220 В. Коэффициент мощности двигателя cos φ = 0,87 КПД = 82%. Определить линейный ток Iл, полное Z, активное R и индуктивное XL сопротивления фазы двигателя, если обмотки статора соединены звездой.

**Решение**

Активная мощность потребляемая из сети

Р1 = Р2 / η = 10 / 0,82 = 12,195 кВт

Линейный ток двигателя

Iл = Р / √3 Uл cos φ = 12195 / 1,73 ∙ 220 ∙ 0,87 = 36,89 A

Полное сопротивление фазы двигателя

Z = Uф / Iф = 127 / 36,89 = 4,44 Ом

Активное сопротивление фазы

R = Z cos φ = 3,44  = 3,44 · 0,493 = 1,68 Ом

# Задача

К зажимам генератора, соединенного «звездой» фазным напряжением Uф = 127 В присоединен приемник, соединенный треугольником. Активное сопротивление каждой фазы приемника R = 16 Ом, индуктивное XL = 12 Ом. Определить линейный ток Iл и активную мощность приемника

**Решение**

Линейное напряжение генератора

Uл = √3 Uф = 1,73 ∙ 127 = 220 В

Фазное напряжение приемника равно линейному напряжению генератора

Uф = 220 В.

Фазный ток приемника

Iф = Uф / Zф = 

Коэффициент мощности приемника

cos φ = R / Z = 16 / 20 = 0,8

Линейный ток приемника

Iл = √3 Iф = 1,73 ∙ 11 = 19 А

Активная мощность приемника

Р = √3 UлIл cos φ = 1,73 ∙ 220 ∙ 19 ∙ 0,8 = 5,8 кВт

# Задача

Трехфазный приемник мощностью Р = 10 кВт присоединен к сети трехфазного тока треугольником с напряжением Uл = 220 В. Средний коэффициент мощности приемника cos φ = 0,6. Определить мощность Q и емкость С батареи конденсаторов, которую надо включить в сеть, чтобы коэффициент мощности установки cos φ2 = 1.

**Решение**

Полная мощность приемника S = Р / cos φ = 10 / 0,6 = 16,7 кВт

Реактивная мощность приемника 

Для увеличения cos φ до 1 необходимо включить батарею конденсаторов, реактивная мощность которой равнялась бы реактивной мощности приемника QС = Q = 13,4 Квар.

Реактивная мощность конденсаторов каждой фазы

Qф = QC / 3 или Q = U2ф / ХС = U2ωC

Емкость конденсаторов на одну фазу при соединении их треугольником и частоте f = 50 Гц

С = Qф / U2ф ω = 13,4 / (3 · 2202 · 314) · 109 = 294 мкф ≈ 300 мкф.

**Ход работы**

1. Ознакомиться с теоретической частью.

2. Ознакомиться с условием задачи и схемой электрической цепи. Зарисовать схему задачи.

3. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

4. Оформить отчет по соответствующей форме

5. Ответить на контрольные вопросы.

**Задания**

***Варианты заданий***

# Задача 1

Трехфазный двигатель, обмотки которого соединены в «звезду», включен в цепь с напряжением 380 В. Определить полную мощность тока, потребляемого двигателем, если полное сопротивление каждой фазы равно 100 Ом.

# Задача 2

Электродвигатель трехфазного тока, обмотки статора которого соединены в «треугольник», включен в сеть с напряжением 220 В. Мощность двигателя 5 кВт при потребляемом токе Iл = 9 А. Определить коэффициент мощности двигателя.

**Задача 3**

В трехфазную сеть с напряжением 220 В включен приемник, соединенный в «треугольник». Сопротивление каждой фазы равно 5 Ом. Определить фазные и линейные токи.

**Задача 4**

В трехфазную цепь с напряжением Uл = 380 В, включен приемник, соединенный в «звезду». Активное сопротивление каждой фазы 3 Ом, индуктивное 4 Ом. Определить активную мощность приемника.

# Задача 5

Потребитель трехфазного тока мощностью Р подключен к сети напряжением Uл. Коэффициент мощности потребителя cos φ. Определить по данным таблицы мощность Q и емкость С батареи конденсаторов, которую необходимо включить треугольником или звездой, чтобы повысить коэффициент мощности потребителя до единицы.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Величины | Схема включения | Варианты |
| звездой | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| треугольником | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Р, кВт |  | 0,6 | 1,1 | 1,7 | 2,0 | 2,5 | 4,5 | 7,5 | 2,2 | 2,8 | 15 |
| Uл, В |  | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 | 380 | 380 | 220 | 220 | 380 |
| cos φ |  | 0,7 | 0,6 | 0,55 | 0,65 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 0,85 | 0,65 | 0,8 |

# Задача 6

В трехфазную цепь напряжением 380 В включены приемники, соединены в звезду сопротивления фаз RA = 8 Ом,

 RB = 10 Ом,

 XLB = 15 Ом,

 XCC = 6 Ом.

**1. Содержание отчета**

1. Название работы, цель, основные расчетные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы*.*

## Контрольные вопросы.

1. Что называется трехфазной системой?
2. Чем отличается симметричная трехфазная система от несимметричной?
3. Каковы соотношения между фазными и линейными токами при соединении фаз звездой и треугольником?
4. Каковы соотношения между фазными и линейными напряжениями при соединении фаз звездой и треугольником?
5. Для чего применяется нулевой провод в четырех проводных цепях трехфазной системы?

**Практическая работа № 7**

**Тема: Расчет силового трансформатора**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета силового трансформатора

***Оснащение:*** методические рекомендации

***Методические рекомендации***

***1. Краткие теоретические сведения***

**Трансформа́тор** (от [лат.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *transformo* — преобразовывать) — это статическое [электромагнитное](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0) устройство, имеющее две или более [индуктивно](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) связанные обмотки на каком-либо [магнитопроводе](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4) и предназначенное для преобразования посредством [электромагнитной индукции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) одной или нескольких систем (напряжений) [переменного тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) в одну или несколько других систем (напряжений), без изменения [частоты](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0_%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8).

***2. Пример выполнения задания***

##  Расчет основных параметров однофазного трансформатора

**Задача 1.** Однофазный трансформатор ОМ-6667/35 работает как понижающий. Пользуясь его техническими данными приведенными *в таблице 1*, рассчитать: коэффициент трансформации; номинальные токи первичной вторичной обмоток; напряжение на вторичной обмотке U2 при активно-индуктивной нагрузке, составляющей 50% (β=0,5) от номинальной и cosφ2=0,8; к.п.д. при cosφ2–0,9 и нагрузке, составляющей 75% (β=0,75)от номинальной.

*Таблица 1*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип транс-форматора | Sн,кВА | U1н,кВ | U2н,кВ | Р0,кВт | Рк,кВт | Uк,% | I0,% |
| ОМ-6667/35 | 6667 | 35 | 10 | 17 | 53,5 | 8 | 3 |
| ТС-180/10 | 180 | 10 | 0,525 | 1,6 | 3 | 5,5 | 4 |

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

.

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

;

;

.

Активно-индуктивная нагрузка трансформатора приводит к снижению напряжения на его вторичной обмотке U2, которое можно найти из формулы процентного изменения напряжения

,

где: ΔU – процентное изменение напряжения (в трансформаторах ΔU не превышает 1÷6%);
 – коэффициент нагрузки;
Ua и Uр – активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания, выраженные в процентах (; ).

Следовательно,

.

К.п.д. трансформатора



где: Р0 – мощность потерь при холостом ходе, равная сумме потерь в стали на гистерезис и вихревые токи;
Рк – мощность потерь в обмотках при коротком замыкании (при нагрузке, отличной от номинальной, мощность потерь в обмотках Pβ = β2 Pк.

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

##  Расчет основных параметров трехфазного трансформатора

**Задача 2.** Трехфазный трансформатор ТС-180/10 включен в сеть напряжением 10000 В. Пользуясь данными, указанными в паспорте (см. таблицу 6.1 к задаче 1), рассчитать: фазные напряжения, если группа соединения трансформатора Y / Δ - 11; фазный и линейный коэффициенты трансформации; номинальные токи первичной и вторичной обмоток; активные сопротивления обмоток, если при коротком замыкании трансформатора мощности первичной и вторичной обмоток равны; напряжение вторичной обмотки при активно-индуктивной нагрузке, составляющей 75% от номинальной (β=0,75) и cosφ2=0,9; к.п.д. при нагрузке, составляющей 50% (β=0,5) от номинальной и cosφ2=0,8.

Решение. У трансформатора ТС-180/10 первичная обмотка соединена в звезду, а вторичная – в треугольник, поэтому фазные напряжения равны:





Фазный и линейный коэффициенты трансформации соответственно равны:

;

.

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

.

Откуда

;

.

Находим активные сопротивления обмоток R1 и R2, с учетом того, что в каждой обмотке трансформатора по три фазы и ток короткого замыкания Iк равен номинальному току I1н:

;

,

где: . 

Напряжение на вторичной обмотке нагруженного трехфазного трансформатора определяют так же как в задаче 1:



где: ; .

В свою очередь Sн – это мощность всех трех фаз, а Рк – мощности потерь в тех фазах, указанные в паспорте.

Следовательно,



К.п.д. трансформатора



|  |  |
| --- | --- |
|  |   |

|  |  |
| --- | --- |
|   |  ***Простейший расчет силовых трансформаторов для выпрямителя*** ***мощностью до 100—200 Вт*** Зная напряжение и наибольший ток, который должна давать вторичная обмотка (U2 и I2), находим мощность вторичной цепи: При наличии нескольких вторичных обмоток мощность подсчитывают путем сложения мощностей отдельных обмоток.http://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056348_1.pngДалее, принимая КПД трансформатора небольшой мощности, равным около 80 %, определяем первичную мощность:http://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056360_2.pngМощность передается из первичной обмотки во вторичную через магнитный поток в сердечнике. Поэтому от значения мощности Р1 зависит площадь поперечного сечения сердечника S, которая возрастает при увеличении мощности. Для сердечника из нормальной трансформаторной стали можно рассчитать S по формуле:http://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056367_3.pngгде s — в квадратных сантиметрах, а Р1 — в ваттах.По значению S определяется число витков w' на один вольт. При использовании трансформаторной сталиhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056324_4.pngЕсли приходится делать сердечник из стали худшего качества, например из жести, кровельного железа, стальной или железной проволоки (их надо предварительно отжечь, чтобы они стали мягкими), то следует увеличить S и w' на 20—30 %.Теперь можно рассчитать число витков обмотокhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056305_5.pnghttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056323_6.pngи т.д.В режиме нагрузки может быть заметная потеря части напряжения на сопротивлении вторичных обмоток. Поэтому для них рекомендуется число витков брать на 5—10 % больше рассчитанного.Ток первичной обмоткиhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056313_7.pngДиаметры проводов обмоток определяются по значениям токов и исходя из допустимой плотности тока, которая для трансформаторов принимается в среднем 2 А/мм2. При такой плотности тока диаметр провода без изоляции любой обмотки в миллиметрах определяется по табл. 1 или вычисляется по формуле:http://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056312_8.pngКогда нет провода нужного диаметра, то можно взять несколько соединенных параллельно более тонких проводов. Их суммарная площадь сечения должна быть не менее той, которая соответствует рассчитанному одному проводу. Площадь поперечного сечения провода определяется по табл. 1 или рассчитывается по формуле:http://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056351_9.pngДля обмоток низкого напряжения, имеющих небольшое число витков толстого провода и расположенных поверх других обмоток, плотность тока можно увеличить до 2,5 и даже 3 А/мм2, так как эти обмотки имеют лучшее охлаждение. Тогда в формуле для диаметра провода постоянный коэффициент вместо 0,8 должен быть соответственно 0,7 или 0,65.В заключение следует проверить размещение обмоток в окне сердечника. Общая площадь сечения витков каждой обмотки находится (умножением числа витков w на площадь сечения провода, равную 0,8d2из, где dиз — диаметр провода в изоляции. Его можно определить по табл. 1, в которой также указана масса провода. Площади сечения всех обмоток складываются. Чтобы учесть ориентировочно неплотность намотки, влияние каркаса изоляционных прокладок между обмотками и их слоями, нужно найденную площадь увеличить в 2—3 раза. Площадь окна сердечника не должна быть меньше значения, полученного из расчета.Таблица 1Простейший расчет силовых трансформаторов и автотрансформаторов В качестве примера рассчитаем силовой трансформатор для выпрямителя, питающего некоторое устройство с электронными лампами. Пусть трансформатор должен иметь обмотку высокого напряжения, рассчитанную на напряжение 600 В и ток 50 мА, а также обмотку для накала ламп, имеющую U = 6,3 В и I = 3 А. Сетевое напряжение 220 В.Определяем общую мощность вторичных обмоток:http://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056343_11.pngМощность первичной цепиhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056281_12.pngНаходим площадь сечения сердечника из трансформаторной стали:http://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056357_13.pngЧисло витков на один вольтhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056326_14.pngТок первичной обмоткиhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056338_15.pngЧисло витков и диаметр проводов обмоток равны:• для первичной обмоткиhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056286_16.pnghttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056291_17.png• для повышающей обмоткиhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056314_18.pnghttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056314_19.png• для обмотки накала лампhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056353_21.pnghttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056352_22.pngПредположим, что окно сердечника имеет площадь сечения 5x3 = 15 см2 или 1500 мм2, а у выбранных проводов диаметры с изоляцией следующие: d1из = 0,44 мм; d2из = 0,2 мм; d3из = 1,2 мм.Проверим размещение обмоток в окне сердечника. Находим площади сечения обмоток:• для первичной обмоткиhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056283_23.png• для повышающей обмоткиhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056308_24.png• для обмотки накала лампhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056351_25.pngОбщая площадь сечения обмоток составляет примерно 430 мм2.Как видно, она в три с лишним раза меньше площади окна и, следовательно, обмотки разместятся.Расчет автотрансформатора имеет некоторые особенности. Его сердечник надо рассчитывать не на полную вторичную мощность Р2, а только на ту ее часть, которая передается магнитным потоком и может быть названа трансформируемой мощностью Рт.Эта мощность определяется по формулам:http://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056361_26.png— для повышающего автотрансформатораhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056353_27.png— для понижающего автотрансформатора, причемhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2013-07/1374056295_28.pngЕсли автотрансформатор имеет отводы и будет работать при различных значениях n, то в расчете надо брать значение п, наиболее отличающееся от единицы, так как в этом случае значение Рт будет наибольшее и надо, чтобы сердечник мог передать такую мощность.Затем определяется расчетная мощность Р, которая может быть принята равной 1,15•Рт. Множитель 1,15 здесь учитывает КПД автотрансформатора, который обычно несколько выше, чем у трансформатора. Далее применяются формулы расчета площади сечения сердечника (по мощности Р), числа витков на вольт, диаметров проводов, указанные выше для трансформатора. При этом надо иметь в виду, что в части обмотки, являющейся общей для первичной и вторичной цепей, ток равен I1 — I2, если автотрансформатор повышающий, и I2 — I1 если он понижающий. |

**Ход работы**

1. Ознакомиться с теоретической частью.

2. Ознакомиться с условием задачи и схемой электрической цепи. Зарисовать схему задачи.

3. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

4. Оформить отчет по соответствующей форме

5. Ответить на контрольные вопросы.

**Задания**

***Варианты заданий***

**Задача 1.** Номинальная мощность трансформатора S=10 кВ∙А. Номинальное входное напряжение U1=660 В, выходное U2=380 В. Потерями в трансформаторе пренебречь. Определить коэффициент трансформации, токи в первичной и вторичной обмотках.

**Задача 2.** Однофазный трансформатор номинальной мощностью 400 В∙А имеет активное сопротивление первичной обмотки R1=1,875 Ом.

В опыте короткого замыкания , трансформатора замерено напряжение на входе U1к=10 В, при котором токи в первичной и вторичной обмотках равны номинальным: I1=2 А, I2=10 А. Ваттметр показал Рк=15 Вт. Определить, какую долю от номинального значения составляет напряжение короткого замыкания, активное сопротивление вторичной обмотки.

**Задача 3.** Трехфазный масляный трансформатор типа ТМ-25/10 имеет потери холостого хода 0,13 кВт, потери короткого замыкания 0,6 кВт.

Определить коэффициент полезного действия трансформатора при активной нагрузке в номинальном режиме работы, КПД при номинальной нагрузке и коэффициенте мощности cosφ=0,85.

**Задача 4.** При соединении обмоток трехфазного трансформатора по схеме Δ / Δ коэффициент трансформации линейных напряжений nл=0,5. Определить коэффициент трансформации линейных напряжений при соединении обмоток Δ / Y.

**Задача 5.** Напряжение на входе однофазного трансформатора (рис. 6.4) U1=100 В, ток в первичной цепи I1=10 А. Коэффициент полезного действия 0,9. Вольтметр во вторичной цепи показывает напряжение U2=450 В. Определить показания амперметра во вторичной цепи, сопротивление нагрузки.

**Задача 6.** Трехфазный масляный трансформатор типа ТМ-160/10 имеет потери холостого хода 0,56 кВт, потери короткого замыкания 2,65 кВт. Определить коэффициент полезного действия трансформатора при номинальной нагрузке и коэффициенте мощности cosφ1=1; при номинальной нагрузке и cosφ2=0,8.

**Задача 7.** Мощность, потребляемая трансформатором из сети при активной нагрузке, Р1=500 Вт. Напряжение сети U1=100 В. Коэффициент трансформации трансформатора равен 10. Определить ток нагрузки.

**Задача 8.** Получены следующие показания приборов при холостом ходе трансформатора и частоте 50 Гц: U10=220 В; I10=1,0 А; Р10=120 Вт. Определить коэффициент мощности cosφ1; индуктивность первичной обмотки трансформатора.

**Задача 9.** Десять витков обмотки понижающего автотрансформатора намотаны толстым проводом, девяносто витков – тонким. Определить коэффициент трансформации автотрансформатора.

**1. Содержание отчета**

1. Название работы, цель, основные расчетные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы*.*

## Контрольные вопросы

1. Что называют коэффициентом трансформации трансформатора?

2. Почему на сердечнике трансформатора обмотки высшего и низшего напряжений размещают на общем стержне?

3. Напишите уравнение токов трансформатора и объясните физический смысл составляющих первичного тока.

4. В чем состоит явление рассеяния в трансформаторе? Как выражается ЭДС рассеяния обмоток?

5. Напишите уравнения напряжений (уравнения электрического состояния) для первичной и вторичной обмоток и объясните смысл каждого из членов этих уравнений.

6. Сформулируйте определение напряжения короткого замыкания.

**Практическое занятие № 8**

**Тема: Расчет электродвигателя переменного тока**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета электродвигателя переменного тока

**Оснащение:** методические рекомендации

***Методические рекомендации***

***1. Краткие теоретические сведения***

### Двигатели переменного

[**Двигатель переменного тока**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) — электрический двигатель, питание которого осуществляется [переменным током](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA). По принципу работы эти двигатели разделяются на **синхронные** и **асинхронные двигатели**. Принципиальное различие состоит в том, что в синхронных машинах первая гармоника [магнитодвижущей силы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D1%83%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B0) статора движется со скоростью вращения ротора (благодаря чему сам ротор вращается со скоростью вращения магнитного поля в статоре), а у асинхронных — всегда есть разница между скоростью вращения ротора и скоростью вращения магнитного поля в статоре (поле вращается быстрее ротора).

***2. Пример выполнения задания***

***Пример 1.*** Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором типа 4АР160S6У3 имеет номинальные данные: мощность Рном = 11 кВт; Uном = 380 В; частота вращения ротора n2 = 975 об/мин; к.п.д. ηном = 0,855; коэффициент мощности cosφном = 0,83; кратность пускового тока Iп/Iном = 7; кратность пускового момента Мп/Мном = 2,0; способность к перегрузке Мmax/Мном = 2,2. Частота тока в сети f1 = 50 Гц.

Определить:

1) потребляемую мощность;

2) номинальный, пусковой и максимальный моменты;

3) номинальные и пусковые токи;

4) номинальное скольжение;

5) частоту тока в роторе;

6) суммарные потери в двигателе.

Можно ли осуществить пуск двигателя при номинальной нагрузке, если напряжение в сети при пуске снизилось на 20%?

***Решение.***

* 1. Мощность, потребляемая из сети.

Р1 = Рном/ηном = 11/0,855 = 12,86 кВт.

* 1. Номинальный момент, развиваемый двигателем.

М = 9,55Рном/n2 = 9,55 · 11 · 1000/975 = 107,7 Н·м

* 1. Максимальный и пусковой моменты.

Мmax = 2,2Мном = 2,2 · 107,7 = 237 Н·м

Мп = 2Мном = 2 · 107,7 = 215,4 Н·м

* 1. Номинальный и пусковой токи.

 Рном · 1000 11· 1000

 Iном = --------------------------------- = -------------------------------- = 23,6 А.

 √3 Uном · ηном · cosφном 1,73 · 380 0,855 · 0,83

Iп = 7,0Iном = 7,0 · 23,6 = 165 А.

* 1. Номинальное скольжение:

 Sном = n1 - n2 / n1 = 1000 - 975 /1000 =0,025 =2,5%

* 1. Частота тока в роторе^

f2 = f1S = 50 · 0,025 = 1,25 Гц.

7. При снижении напряжения в сети на 20% на выводах двигателя остается напряжение 0,8Uном. Так как момент двигателя пропорционален квадрату напряжения, то

М'п **(**0,8Uном)2

**=**

Мп U2ном

Отсюда

М'п **=** 0,64Мп **=** 0,64 · 215,4 = 138 Н·м

что больше Мном = 107,7 Н·м. Таким образом, пуск двигателя возможен.

***Пример 2.*** Каждая фаза обмотки статора трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором имеет число витков ω1 = 150 и обмоточный коэффициент К01 = 0,97. Амплитуда вращающегося магнитного потока Фm = 0,006 Вб. Частота тока в сети f1 = 50 Гц. Активное сопротивление фазы ротора R2 = 0,4 Ом, индуктивное сопротивление фазы неподвижного ротора Х2 = 4,2 Ом. При вращении ротора с частотой n2 = 980 об/мин.

Определить: 1) э.д.с. Е1 в фазе обмотке статора; 2) э.д.с. Е2 в фазе неподвижного ротора; 3) ток в фазе ротора при номинальной работе I2 и при пуске I2п.

***Решение.***

1. Э.д.с. в фазе статора:

Е1 = 4,44К01ω1f1Фm = 4,44 · 0,97 · 150 · 50 · 0,006 = 194 В.

2. При n2 = 980 об/мин частота вращения поля n1 может быть только 1000 об/мин и скольжение ротора:

Sном = n1 - n2 / n1 = 1000 - 980 /1000 =0,02 =2,0 %

3. Э.д.с. в фазе неподвижного ротора определяем из формулы Е2S = Е2S, откуда Е2 = Е2S/S = 10/0,02 = 500 В.

4. Ток в фазе ротора при пуске:

 Е2 500

I2п = ------------------------ = ------------------ = 119 А.

 √ R22 + Х22 √0,42 + 4,22

5. Индуктивное сопротивление фазы ротора при скольжении S = 0,02:

Х2S = Х2S = 4,2 · 0,02 = 0,084 Ом.

6. Ток в фазе вращающегося ротора:

 Е2S 10

I2 = ------------------------ = ------------------ = 24,4 А.

 √ R22 + Х22S √0,42 + 0,0842

**Ход работы**

1. Ознакомиться с теоретической частью.

2. Ознакомиться с условием задачи и схемой электрической цепи.

3. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

4. Оформить отчет по соответствующей форме

5. Ответить на контрольные вопросы.

**Задание**

*Произвести расчет двигателя переменного тока*

***Варианты заданий.***

***Задание 1.***

К трехфазному трансформатору с номинальной мощностью Sном и номинальными напряжениями первичной Uном1 и вторичной Uном2 обмоток присоединена активная нагрузка Р2 при коэффициенте мощности cosφ2. Сечение магнитопровода Q = 450см2, амплитуда магнитной индукции в нем Bm = 1,5 Тл. Частота тока в сети f = 50Гц.

 Определить:

1) номинальные токи в обмотках Iном1 и Iном2;

2) коэффициент нагрузки трансформатора kн;

3) токи в обмотках I1 и I2 при фактической нагрузке;

4) коэффициент полезного действия трансформатора при фактической нагрузке.

Данные своего варианта взять из таблицы1.

*Указание:* См. решение типового примера 1.

*Таблица 1.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Sном, кВ.А | Uном1, кВ | Uном2, кВ | Р2, кВт | cosφ2 | Рст | Ро.ном |
| 1 | 1000 | 10 | 0,69 | 850 | 0,95 | 2,45 | 12,2 |
| 2 | 160 | 6 | 0,4 | 150 | 1,0 | 0,51 | 3,1 |
| 3 | 100 | 6 | 0,23 | 80 | 0,9 | 0,33 | 2,27 |
| 4 | 250 | 10 | 0,4 | 200 | 0,85 | 0,74 | 4,2 |
| 5 | 400 | 10 | 0,4 | 350 | 0,92 | 0,95 | 5,5 |
| 6 | 630 | 10 | 0,69 | 554 | 0,88 | 1,31 | 7,6 |
| 7 | 40 | 6 | 0,23 | 35 | 1,0 | 0,175 | 1,0 |
| 8 | 1600 | 10 | 0,4 | 1400 | 0,93 | 3,3 | 18 |
| 9 | 63 | 10 | 0,23 | 56 | 1,0 | 0,24 | 1,47 |
| 10 | 630 | 10 | 0,4 | 520 | 0,9 | 1,31 | 7,6 |

***Задание 2.*** Расшифровать условное обозначение асинхронных двигателей.

Данные для своего варианта взять из таблицы 2.

*Указание:* См. решение типового примера 2.

*Таблица* 2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Тип двигателя | Рном2, кВт | n2, об/мин | Cosφном | Iп/Iном | Мп/Мном | Мmax/Мном | ηном |
| 1 | 4А100S2У3 | 4 | 2880 | 0,89 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,86 |
| 2 | 4А100L2У3 | 5,5 | 2880 | 0,91 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,87 |
| 3 | 4А132М2СУ3 | 11 | 2900 | 0,9 | 7,5 | 1,6 | 2,2 | 0,88 |
| 4 | 4А250М4У3 | 90 | 1480 | 0,91 | 7,5 | 1,2 | 2,2 | 0,93 |
| 5 | 4АР180S4У3 | 22 | 1460 | 0,87 | 7,5 | 2,0 | 2,2 | 0,89 |
| 6 | 4АН250М4У3 | 90 | 1475 | 0,89 | 6,5 | 1,2 | 2,2 | 0,935 |
| 7 | 4А112S4У3 | 5,5 | 1450 | 0,85 | 7,0 | 2,0 | 2,2 | 0,85 |
| 8 | 4АР160S6У3 | 11 | 975 | 0,83 | 7,0 | 2,0 | 2,2 | 0,855 |
| 9 | 4А250М6У3 | 55 | 985 | 0,89 | 7,0 | 1,2 | 2,0 | 0,92 |
| 10 | 4АН250М8У3 | 55 | 740 | 0,82 | 6,0 | 1,2 | 2,0 | 0,92 |

**1. Содержание отчета**

1. Название работы, цель, основные расчетные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы*.*

**Контрольные вопросы**

1. Классификация электрических машин.
2. Электрические машины переменного тока, их классификация.
3. Асинхронные электрические двигатели с короткозамкнутым ротором: конструктивные элементы, принцип работы.
4. Асинхронные электрические двигатели с фазным ротором: конструктивные элементы, принцип работы.
5. Синхронные двигатели: конструктивные элементы, принцип работы.
6. Электрические двигатели специального назначение: назначение, область применения, особенности конструкции и принцип работы.

***ёёёёёёёёёёёёёёёёёёёёёёё***