Областное государственное бюджетное образовательное учреждение

среднего профессионального образования

«Смоленский промышленно-экономический колледж»

Утверждаю

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*ФИО руководителя ОУ*

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*подпись*

«\_\_\_».\_\_\_\_\_\_\_\_\_.20\_\_\_ г.

Методическое пособие по выполнению практических работ

по программе учебной дисциплины

**Электротехника**

основной профессиональной образовательной программы

по специальности СПО

**200111 Радиоэлектронные приборные устройства**

по программе углубленной подготовки

Смоленск

2013 год

***Введение***

Практические работы студентов является основной формой изучения дисциплины. Программой предусмотрено выполнение следующих практических работ по темам:

1. Расчет разветвленных линейных электрических цепей при питании их от источника постоянного тока,

2. Расчёт неразветвлённой цепи переменного тока;

3.Расчёт трёхфазной цепи при соединении обмоток генератора «звездой»;

Выполнение работ основывается на лекционном материале и результатах, полученных на лабораторных занятиях и в самостоятельной работе.

Рекомендуется следующий порядок выполнения работ:

1. Прочесть раздел учебника.

2. Освоить методику математического описания процессов, составления и выводов уравнений, построения векторных диаграмм.

3. Проанализировать решение задач, приведенных в методике, и самостоятельно решить заданный вариант.

1. **Расчёт разветвлённой электрической цепи постоянного тока с одним источником энергии**

Для данной электрической цепи определить:

* токи в ветвях;
* мощность, развиваемую источником и мощность потребителей.
* проверить выполнение баланса мощностей.

Значения параметров цепи приведены в таблице 1 по вариантам.

**Методические указания к задаче 1**

Данная схема с одним источником ЭДС рассчитывается методом эквивалентных преобразований. Последовательно и параллельно включённые сопротивления заменяют эквивалентным ***RЭ ,*** рассчитанным по следующим формулам:

а) при последовательном соединении сопротивлений ***R1 и R2***:

***RЭ = R1 + R2;***

б) при параллельном соединении сопротивлений R1 и R2:

или



В результате преобразований вся сложная электрическая цепь заменяется одним эквивалентным сопротивлением ***RЭ.***

Затем рассчитываются токи. Сначала выбирают положительные направления токов в ветвях. Стрелка внутри источника ЭДС показывает положительный полюс источника.

Ток через источник определяется по формуле:



Токи в ветвях определяются по законам Ома и Кирхгофа.

Правильность решения проверяется составлением баланса мощностей источника и приёмников: **мощность, отдаваемая источником энергии равна сумме мощностей, потребляемых приёмниками:**



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры цепи | Предпоследняя цифра учебного шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Е, В | 60 | 110 | 120 | 70 | 80 | 130 | 140 | 150 | 90 | 100 |
| R1, Ом | 9 | 7 | 7 | 13 | 9 | 16 | 12 | 17 | 13 | 12 |
| R2, Ом | 8 | 8 | 6 | 10 | 8 | 9 | 11 | 6 | 14 | 18 |
| R3, Ом | 7 | 12 | 14 | 10 | 14 | 13 | 10 | 7 | 16 | 8 |
| R4, Ом | 15 | 14 | 9 | 11 | 13 | 14 | 6 | 18 | 8 | 6 |
| R5, Ом | 14 | 13 | 15 | 15 | 12 | 11 | 16 | 7 | 10 | 14 |
| R6, Ом | 13 | 8 | 10 | 7 | 11 | 7 | 15 | 16 | 15 | 10 |

Таблица 1

**Пример решения задачи 1.**

Для схемы, приведённой на рис. ,а, определить токи и напряжения на потребителях. Величины сопротивлений резисторов составляют R1=5 Ом, R2 = 15 Ом, R3=10 Ом, R4=10 Ом, R5= 4 Ом. Э.д.с. источни ***Решение.***

**R3 Ι2**

**R1**

**R4**

**R5**

**Ι1**

**Ι3**

**Ι4**

**Ι5**

**Е**

***А***

***А***

***С***

***В***

Задача относится к теме «Электрические цепи постоянного тока».

После усвоения условия задачи проводим поэтапное решение.

**1.** Обозначим стрелкой направление тока в каждом резисторе; индекс тока должен соответствовать номеру резистора, по которому он проходит. Обозначим узлы ***А; В; С*.**

**2.** Составим уравнения для токов и напряжений:

***А****: I1 = I2 + I3 + I4 Е = U1 + UAC*

***B:*** *I2 + I3 = I5 UAC = U4 = UAB + UBC*

***C:*** *I4 + I5 = I UAB = U2 = U3*

*I = I1 UBC = U5*

**3.** Определим эквивалентное сопротивление участка ***АВ:***

 т. к. соединение последовательное.

Схема имеет вид ***а)***.

Определяем эквивалентное сопротивление участка ***АС:***

*RАС = R4 ║ R235; R23,5 = R23 + R5,*  т.к. соединение последовательное.

равна 100 В.

**R1**

а)

**R23**

**-**

**R1**

**R4**

**R5**

**U**

***А***

***С***

**+**

б)

**R235**

**-**

**R4**

**U**

***А***

***С***

**+**

*R23,5 = 6+4 = 10 Ом*

Схема имеет вид ***б).***

*RАС = R 235,4* =  Ом.

Схема имеет вид ***в).***

в)

**R2345**

**-**

**R1**

**U**

**+**

*г)*

**Rэкв**

**-**

**U**

**+**

Определяем сопротивление **Rэкв**.:

*Rэкв = R1,2345 = R1 + R2345,* т.к. соединение последовательное.

*Rэкв. = 5 + 5 = 10 Ом.*

Преобразованная схема имеет вид ***г).***

**4.** Так как по условию задана э.д.с., то находим силу тока *I*:

= 10А

Этот же ток протекает по резистору *R:*

*I = I1 = 10А*

**5.** Определяем напряжение на резисторе ***R1***:

*U1 = I1 ∙ R1 = 10 ∙ 5 = 50 В.*

**6.** Из уравнения *Е = U1 + UAC* находим

*UАС =Е – U1 = 100 – 50 = 50 В.*

Так как *UAC = U4,* то *U4 =50В.*

Определяем ток в резисторе *R4:*



**7.** Используя уравнение токов для узла *С*, определяем ***I5***:

*I5 = I – I4 = 10 - 5 = 5 А*;

Находим напряжение на ***R5:***

*U5 = I5 R5 = 5 ∙ 4 = 20 В.*

**8.** Учитывая, что*UBC = U5,* из уравнения *UAC = UAB + UBC* определим

*UAB = UAC - U5 = U4 - U5 = 50 – 20 = 30В,*  но *UAB = U2 = U3,* следовательно

*U2 = U3 = 30В.*

Определим токи в резисторах ***R2*** и  ***R3:***

 

1. Правильность решения задачи проверяется составлением баланса мощностей

источника и потребителей: сумма мощностей, отдаваемых источником

энергии, должна равняться сумме мощностей, потребляемых приёмниками:

**∑Рист = ∑Рпотр**

Составим баланс мощностей

*∑Рист = Е∙I = 100∙10 = 1000 Вт*

*∑Рпотр = I12∙R1+ I22∙R2+ I32∙R3+ I42∙R4+ I52∙R5=*

*=102∙5+22∙15+32∙10+52∙10+52∙4=1000 Вт 1000 Вт=1000 ,Вт*

**Е**

**R2**

**R3**

**R4**

**R1**

**R5**

**R6**

**R1**

**R2**

**R3**

**R5**

**R4**

**R6**

**Е**

**R1**

**R2**

**R4**

**R5**

**R6**

**R3**

**Е**

**R1**

**R2**

**R3**

**R4**

**R5**

**R6**

**Е**

**R2**

**R3**

**R1**

**R6**

**R4**

**R5**

**Е**

**Е**

**R1**

**R2**

**R3**

**R5**

**R6**

**R1**

**R2**

**R3**

**R4**

**R5**

**R6**

**Е**

**R1**

**R4**

**R2**

**R3**

**R5**

**R6**

**Е**

**R1**

**R2**

**R3**

**R4**

**R6**

**R5**

**Е**

**Е**

**R1**

**R3**

**R5**

**R4**

**R6**

**R2**

**1**

**2**

**3**

**4**

**5**

**6**

**7**

**8**

**9**

**0**

Рис.

**R**

**XL**

**XC**

**U**

**R1**

**XC**

**U**

**R2**

**R2**

**XL**

**XC**

**U**

**R1**

**U**

**R1**

**XС1**

**XL**

**XС2**

**R1**

**XC2**

**U**

**XC1**

**XL1**

**R1**

**XС**

**U**

**XL2**

**U**

**XL1**

**XС1**

**R1**

**XL1**

**U**

**R1**

**XL2**

**R2**

**XL**

**R1**

**U**

**XL1**

**R2**

**U**

**R1**

**XL2**

**R1**

**XС1**

**XL**

**XС2**

**R2**

**U**

1

2

4

3

5

6

7

8

9

0

Рис.

**Методические указания к задаче 2**

1. **Расчёт неразветвлённой цепи переменного тока**

Для данной неразветвлённой цепи переменного тока, содержащей индуктивность, ёмкость и активное сопротивление необходимо:

1. рассчитать ток в цепи,
2. построить векторную диаграмму напряжений,
3. определить активную, реактивную и полную мощности источника и приёмников,
4. составить и оценить баланс мощностей,
5. рассчитать коэффициент мощности,
6. построить треугольники сопротивлений и мощностей,
7. определить характер нагрузки.

Особенностью цепи переменного тока является наличие реактивной нагрузки. Реактивными элементами являются емкость и индуктивность.

При расчёте следует руководствоваться тем, что электрическое сопротивление также имеет реактивный характер.

Основные расчётные формулы:

 - емкостное реактивное сопротивление.

 - индуктивное реактивное сопротивление.

- полное сопротивление цепи.

 - ток в цепи.

 - напряжение на активном сопротивлении;

 - напряжение на индуктивности;

 - напряжение на ёмкости;

 - полное напряжение цепи;

 - активная мощность;

 - реактивная мощность индуктивности;

 - реактивная мощность ёмкости;

 - полная мощность цепи.

По результатам расчета строится векторная диаграмма напряжения, причем следует учитывать, что напряжение на активном сопротивлении совпадает по фазе с током, напряжение на индуктивности опережает ток на угол ***π/2***, а напряжение на емкости отстаёт от тока на угол ***π/2*** (рис.1).

**I**

**I**

**I**

**Ua**

**UL**

**Uc**

Рис.

Для построения треугольников сопротивлений и мощностей следует вычислить:

*X=XL - XC* – реактивное сопротивление

*Q=QL - QC* – реактивная мощность

Треугольники имеют вид (рис 2):

*QL - QC*

*P*

*S*

*Z*

*XL - XC*

*R*

*φφ*

*φφ*

*φφ*

* при индуктивном характере нагрузки
* при емкостном характере нагрузки

*R*

*XL - XC*

*Z*

*φφ*

*φφ*

*P*

*QL - QC*

*S*

Рис.

**Пример 2**

Для данной неразветвлённой цепи переменного тока, содержащей индуктивность, ёмкость и активное сопротивление, рассчитать ток в цепи, активную, реактивную и полную мощности. Построить векторную диаграмму напряжений, треугольники сопротивлений и мощностей. Определить характер нагрузки.

Параметры цепи: частота *f = 50 Гц ; U = 240 В;*

*R1 = 5 Ом; R2 = 4 Ом; R3 = 6 Ом; R4 = 6 Ом;*

*XL1 = 10 Ом ; XL2 = 15 Ом ; XС1 = 6 Ом ; XС2 = 3 Ом ;*

**~U**

**R1**

**R2**

**R3**

**R4**

**XL1**

**XL2**

**XC1**

**XC2**

**I**

**Решение**

**1***.* Определим полное сопротивление цепи:

; где



;









**2.** Определим ток в цепи по закону Ома:



**3.** Определим коэффициент мощности цепи. Во избежание потери знака угла (косинус – функция чётная), определяем ***sin φ***:



*φ = arcsin 0.8 = 53º13´*

**4.** Определяем напряжение на элементах цепи:

*Ua1 = I∙R1 = 12∙5 = 60 B*

*Ua2 = I∙R2 = 12∙4 = 48 B*

*Ua3 = Ua4= I∙R34 = 12∙3 = 36 B*

*UL1 = I∙XL1 = 12∙10 = 120 B*

*UL2 = I∙XL2 = 12∙15 = 180 B*

*UС1 = I∙XС1 = 12∙6 = 72 B*

*UС2 = I∙XС2 = 12∙3 = 36 B*

**5.** Определяем активную мощность **:**

*P = I∙U∙cos φ = 12∙240∙0,6 =1728 Bт,* или

*P = I 2 (R1+R2+R34 ) = 122∙12 = 1728 Bт.*

**6.** Определяем реактивную мощность:

*Q = I∙ U ∙ sin φ = 12 ∙ 240 ∙ 0,8 = 2304 BАp,*

*Q = I2∙ ( XL-XC )= 122 ∙16 = 2304 BАp*

**7.** Определяем полную мощность:

*S = I ∙ U = 12 ∙ 240 = 2880 BA,* или

*S = I2∙Z = 122∙20 = 2880 BA,* или

.

**8.** Для построения векторной диаграммы выбираем масштаб:

по току – 1 см = 1 А,

по напряжению – 1 см = 30В.

Построение начинаем с вектора тока, который откладываем по горизонтали в масштабе .

Вдоль вектора тока откладываем векторы падений напряжения на активных сопротивлениях  ***Ua1 ; Ua2; Ua34.***

; ; .

Из конца вектора ***Ua34***  откладываем в сторону опережения вектора тока на 90º (вверх) векторы падения напряжения ***UL1, UL2:***

; .

Из конца вектора ***UL2*** откладываем в сторону отставания от вектора тока на 90º (вниз) векторы падения напряжения на конденсаторах ***UС1 ; UС2:***

; .

Полное напряжение цепи определяем как геометрическую сумму всех векторов.

UL1

Ua1

Ua2

Ua34

I

UL-UC

U

UL2

UC1

UC2

φ

M

N



9.Строим треугольники сопротивлений и мощностей:

Z

S

XL - XC

QL - QC

φ

φ

R

P

1. Так как угол ***φ >0***, то нагрузка носит индуктивный характер.

1. **Расчёт трёхфазной цепи**

К трёхфазному источнику подключена цепь (рис. ). Значения линейного напряжения, активных, индуктивных и емкостных сопротивлений приведены в таблице .

Требуется :

1. определить фазные и линейные токи для заданной схемы, а также ток в нейтральном проводе;
2. определить активную и реактивную мощности, потребляемые цепью;
3. построить векторную диаграмму напряжений и токов.

**Методические указания к задаче 3**

Трехфазная система токов – это система, состоящая их трех электрических цепей переменного тока одной частоты, ЭДС которых имеют разные начальные фазы. При соединении обмоток генератора и приемника звездой получается четырехпроводная система.

**ZA**

**ZB**

**ZC**

**eB**

**eC**

**eA**

**UЛ=UAB**

**UФ=UA**

**IA**

**IB**

**IC**

**IO**

В четырехпроводной системе токов приняты следующие обозначения:

***ZА; ZВ; ZC*** – фазные нагрузки (***ZФ***);

***UА; UВ; UС*** – фазные напряжения (***UФ***);

***UАВ; UВС; UСА*** – линейные напряжения ***(Uл***);

I***А; IВ; IC*** – линейные токи;

***I0*** – ток в нейтральном проводе.

Эти величины связаны между собой следующими соотношениями:

*Uл = * *; IЛ = IФ* ,

Если ***ZА ≠ ZВ ≠ ZС***, то нагрузка называется несимметричной и фазные токи определяются:  ;  ; 

Ток в нейтральном проводе определяется как векторная сумма токов:

**

Мощности в фазах находятся:

Активная мощность: 







Реактивная мощность: 







Полная мощность: 

Для определения мощностей и построения векторной диаграммы следует определить углы сдвига фаз : 

,; ,;

,;

При несимметричной нагрузке векторная диаграмма имеет вид:

**φC**

**φВ**

**φА**

**IВ**

**IО**

**IА**

**UC**

**UВ**

**UА**

**IС**

Для построения векторов тока следует учитывать характер фазной нагрузки:

* при активной нагрузке вектора токов и напряжений совпадают;
* при индуктивной нагрузке вектор тока отстает по фазе от вектора напряжения;
* при емкостной нагрузке вектор тока опережает по фазе вектор напряжения.

**Варианты заданий:**

**А**

**В**

**С**

**0**

**А**

**В**

**С**

**0**

**А**

**В**

**С**

**0**

**А**

**В**

**С**

**0**

**А**

**В**

**С**

**0**

**А**

**В**

**С**

**0**

**1**

**3**

**5**

**6**

**4**

**2**

**6**

**0**

**7**

**9**

**А**

**В**

**С**

**0**

**А**

**В**

**С**

**0**

**А**

**В**

**С**

**0**

**А**

**В**

**С**

**0**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **RA, Ом** | **RВ, Ом** | **RС , Ом** | **XA, Ом** | **XВ** | **XС, Ом** | **UЛ,В** |
| **1** | 8 | 24 | 15 | 4 | 15 | 15 | 220 |
| **2** | 4 | 3 | 16 | 32 | 16 | 16 | 380 |
| **3** | 16 | 64 | 32 | 8 | 32 | 32 | 660 |
| **4** | 64 | 8 | 4 | 20 | 4 | 4 | 220 |
| **5** | 15 | 32 | 64 | 48 | 64 | 64 | 380 |
| **6** | 32 | 20 | 12 | 10 | 12 | 24 | 380 |
| **7** | 11 | 6 | 3 | 20 | 11 | 3 | 660 |
| **8** | 16 | 3 | 24 | 11 | 16 | 64 | 220 |
| **9** | 40 | 12 | 6 | 20 | 40 | 8 | 380 |
| **0** | 60 | 48 | 15 | 20 | 60 | 32 | 660 |

**Таблица 3**