**Уральский Федеральный университет**

**Кафедра электротехника и электротехнологические системы**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

**для выполнения расчетно-графических работ по дисциплине**

**“Теоретические основы электротехники”**

**г. Екатеринбург**

**2014 г.**

Данное методическое пособие разработано в соответствии с программой дисциплины "Теоретические основы электротехники" в помощь студентам для выполнения расчета и оформления расчетно-графической работы по темам №1 и 2.

Методическое пособие подготовлено к изданию старшим преподавателем кафедры электротехника и электротехнологические системы Алтаревым В.А.

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА ПО ТЕМЕ №1**

**(РГР -1)**

Потребители электрической энергии R3, R4, R5 подключены к источникам энергии E1 и E2. Источники электрической энергии E1, E2 представляют собой генератор постоянного тока и аккумуляторную батарею с внутренними сопротивлениями r1, r2.

Схема представлена на рис. 1.

Источник

ЭДС 1

Источник

ЭДС 2

r1R3 r2

Е1 Е2

R4R5

Рис. 1.

С этой целью необходимо определить токи в ветвях методами:

- наложения;

- контурных токов.

Результаты расчетов свести в таблицу №1:

Таблица №1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Метод | I1 | I2 | I3 | I4 | I5 |
| наложения |  |  |  |  |  |
| контурных токов |  |  |  |  |  |

Сравнить результаты вычислений каждым из методов, сделать вывод о применимости их для расчета сложных электрических цепей. Провести проверку правильности решения по первому закону Кирхгофа.

**Порядок выбора номера варианта**

Номер варианта каждого студента – трехзначное число: первая цифра - номер потока (указывается преподавателем); вторая и третья - номер студента по журналу.

Например, студент, записанный в журнале за номером 7, имеет вариант 107.

Студент, записанный в журнале за номером 14, имеет вариант 214.

Значение параметров цепи для каждой цифры, составляющей вариант, приведены в таблицах 2 и 3.

Первая и вторая цифры варианта

Таблица №2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Первая  цифра  варианта | Значения ЭДС источников, В | | Вторая цифра варианта | Направления ЭДС | |
| Е1 | Е2 | Е1 | Е2 |
| 1 | 27 | 24 | 0 | **↑** | **↓** |
| 2 | 24 | 27 | 1 | **↓** | **↓** |
| 3 | 24 | 12 | 2 | **↓** | **↑** |
| 4 | 12 | 24 | 3 | **↑** | **↑** |
| 5 | 24 | 28 | 4 | **↑** | **↓** |

Третья цифра варианта

Таблица № 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Третья  цифра  варианта | r1, Ом | r2, Ом | R3, Ом | R4, Ом | R5, Ом |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  0 | 5  4  3  2  1  2  3  4  5  6 | 7  6  5  4  3  2  2  3  4  5 | 30  20  25  50  30  40  10  30  35  25 | 10  50  10  25  40  50  20  50  25  35 | 40  10  20  30  50  10  15  10  30  20 |

Работу выполнить на отдельных листах, оформление титульного листа смотрите приложение 1.

***Методические рекомендации***

***по выполнению расчетно-графической работы (РГР-1)***

1. Перед выполнением РГР-1 внимательно изучите темы №1 и 2 по ТОЭ и операции с матрицами по высшей математике.

2. Прежде, чем приступить к расчету цепи указанными методами необходимо осуществить преобразование участка цепи R3, R4, R5, определив его общее сопротивление.

I3

R3

RЭКВ

R4 R5

I4I5

Рис. 2

При этом эквивалентное сопротивление RЭКВ может быть определено следующим образом.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| RЭКВ = | R3+ | R4×R5 |
| R4+R5 |

3. В результате преобразований исходная схема (рис.1) приобретает вид (рис.3).

I2

I1 r1I3RЭКВr2

E1 E2

Рис.3.

4. Произвести расчет полученной цепи (рис.3) всеми перечисленными методами. При этом необходимо:

- записать название метода;

- вычертить исходную схему (рис.3);

- произвести расчет цепи данным методом в соответствии с изученной методикой;

- на исходной схеме (рис.3) проставить направления токов;

- записать ответ, значения токов округлить до тысячных долей ампера.

5. После проведения расчета сравнить значения токов I1,I2 и I3, полученные при расчете каждым из методов. При правильном расчете значения соответствующих токов должны быть одинаковыми.

6. Убедившись в правильности расчетов, определить значения токов I4 и I5 по следующей методике:

-определяется сопротивление участка цепи с элементами R3, R4, R5;

-определяется значение падения напряжения на элементах R4 и R5;

-определяются значения токов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U45 = I3×R45 ; | I4 = | U45 | ; | I5 = | U45 |
| R4 | R5 |

7. Значения токов I1, I2, I3, I4, I5 записать в таблицу №1.

8. Провести проверку правильности расчетов по первому закону Кирхгофа для узлов, составить баланс мощностей.

9. Сделать выводы по результатам работы, в которых отразить достоинства и недостатки каждого из методов расчета; какой из методов наиболее приемлем для расчета данной цепи; чем подтверждена правильность расчетов.

**Пример:** Исходные данные: R1=10 Ом; R2= 50 Ом; R3=37,14 Ом

Е1=10 В; Е2=12 В.

Вычислить значения токов в ветвях.

**Метод узловых и контурных уравнений**

К А В

I1 R1  R3  I2 R2

I3

E1 E2

F C

D

Рис.4.

1. Проводится анализ электрической цепи, задачей которого является определение количества ветвей, узлов и контуров. В данной цепи имеют место 3 ветви (АВСD), (АD), (АКFD), 2 узла А и D, 3 контура (KADFK); (KABCDFK); (AВCDA).

2. Определяется необходимое количество уравнений для расчета данной цепи:

- узловых Кy=q – 1= 2-1=1, где q – количество узлов;

- контурных Kк = р-(q – 1)=3-1=2, где р – количество ветвей.

Таким образом, для расчета рассматриваемой цепи требуется составить одно узловое и два контурных уравнения.

Выбираем узлы и контуры для составления уравнений:

* по I закону Кирхгофа - узел D;
* по II закону Кирхгофа – контуры (KADFK), (ABCDA).

Для выбранного узла “D” и условно-положительных направлений токов уравнение будет иметь вид:

I1+I2–I3 =0

Для выбранных контуров KADFK и ABCDA и условно-положительных направлений токов уравнения будут иметь вид:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| -I1R1 | – I3 R3 | = –E1 |
| I3R3 | + I2R2 | = E2 |

Выбранное направление обхода контуров по часовой стрелке. Составим систему уравнений:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I1 | +I2 | | | – I3 | =0 | 1 | 1 | –1 |  | I1 |  | 0 |
| -I1R1 | | – I3R3 | | | = –E1 | 10 | 0 | 37,14 | × | I2 | = | 10 |
| I2R2 | | | +I3R3 | | = E2 | 0 | 50 | 37,14 |  | I3 |  | 12 |

Находим определитель системы:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 1 | –1 |  | 1× | 0  50 | 37,14  37,14 | –1× | 10  0 | 37,14  37,14 | –1× | 10  0 | 0  50 | = |
| Δ= | 10 | 0 | 37,14 | = |
|  | 0 | 50 | 37,14 |  |

= –37,14·50–37,14·10–500 = – (1857+371,4+500)= –2728,4.

Находим определители токов:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | –1 |  | 0× | 0  50 | 37,14  37,14 | –1× | 10  12 | 37,14  37,14 | –1× | 10  12 | 0  50 | = |
| Δ1= | 10 | 0 | 37,14 | = |
|  | 12 | 50 | 37,14 |  |

= (–1) × (37,14×10–37,14×12) –1× 500 = – 425,72.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 0 | –1 |  | 1× | 10  12 | 37,14  37,14 | –0× | 10  0 | 37,14  37,14 | –1× | 10  0 | 10  12 | = |
| Δ2= | 10 | 10 | 37,14 | = |
|  | 0 | 12 | 37,14 |  |

=1× (37,14×10–37,14×12) –1×(10×12–0×10)= – 194,28.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 1 | 0 |  | 1× | 0  50 | 10  12 | –1× | 10  0 | 10  12 | +0× | 10  0 | 0  50 | = |
| Δ3= | 10 | 0 | 10 | = |
|  | 0 | 50 | 12 |  |

=1× (0×12–50×10) –1×(10×12–0×10)= – 620.

Находим токи:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I1= | Δ1 | = | – 425,72 | =0,156 А; |  | I2= | Δ2 | = | – 194,28 | =0,071 А; |
| Δ | –2728,4 | Δ | –2728,4 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| I3= | Δ3 | = | – 620 | =0,227А. |
| Δ | –2728,4 |

**Метод наложения**

1. Из исходной схемы исключается все, кроме одного источника ЭДС. В результате получается простая электрическая цепь. В рассматриваемой цепи исключим источник Е2, тогда схема принимает вид (рис.5):

К А В

I1’ R1 I’3 R3 I3’ R2

E1

F D C

Рис.5

2. В полученной схеме, исходя из направления источника ЭДС Е1, проставим направления частных токов.

3.Определяем частные токи:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Rэкв= | R3×R2 | + R1; | Rэкв= | 50×37,14 | +10= | 1875 | +10= | 31,31 Ом. |
| R3+R2 | 50+37,14 | 87,14 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I1’= | E1 | , | I1’= | 10 | = 0,319 А. |
| Rэкв | 31,31 |

|  |  |
| --- | --- |
| U23 = | I1’×R23, U2-3=0,319×21,31=6,798 В. |
|

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I2’= | U23 | , | I2’= | 6,798 | = 0,136 А. |
| R2 | 50 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| I3’= | U23 | , I3’= | 6,798 | = 0,183 А. |
| R3 | 37,14 |

4. Из схемы исключаем источник Е1 и обозначаем частные токи, схема примет следующий вид (рис.6):

КАВ

I1” R1 I3” R3 I2” R2

E2

FDC

Рис.6

5. Находим частные токи:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Rэкв= | R1×R3 | + R3; | Rэкв= | 10×37,14 | +50= | 371,4 | +50= | 57,879 Ом. |
| R1+R3 | 10+37,14 | 47,14 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I2’’= | E2 | , | I2’’= | 12 | = 0,207А. |  |
| Rэкв | 57,879 |  |

|  |  |
| --- | --- |
| U13 = | I2’’×R13, U13=0,207×7,879=1,631 В. |
|

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I1’’= | U13 | , | I1’’= | 1,631 | = 0,163А. |
| R1 | 10 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| I3’’= | U13 | , I3’’= | 1,631 | = 0,044 А. |
| R3 | 37,14 |

6. На исходной схеме проставляются направления всех частных токов (рис.7):

КАВ

I1’ I3’ I2’

R1  I1I3 R3 I2  R2

I1” I2”

E1 I3” E2

FDC

Рис.7.

7. Определяется величина и направление искомых токов, как алгебраическая сумма соответствующих частных. Причем, необходимо соблюдать следующее правило: «**–**» если направления частных токов, имеющих одинаковый индекс, совпадают, то между ними ставится знак «+», если не совпадают, то «**–**». За направление искомого тока принимается направление частного тока с большим значением. В результате искомые токи могут быть определены следующим образом:

|  |
| --- |
| I1 = I1’– I1” = 0,319–0,163 = 0,156 A; |

|  |
| --- |
| I2 = I2”– I2’= 0,207–0,136 = 0,071 A; |

|  |
| --- |
| I3 = I3’+ I3”= 0,183+0,044 = 0,227 A. |

Ответ: I1 = 0,156 A; I2 = 0,071 A; I3 = 0,227 A.