Задание №1

**Исходные данные**

Задана схема электрической цепи постоянного тока блока нагрузки выпрямителя радиотехнического устройства (Рис. 1).



Рис. 1. Исходная схема

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *E1*, В | *E2*, В | *E3*, В | *R1*, Ом | *R2*, Ом | *R3*, Ом | *R4*, Ом | *R5*, Ом | *R6*, Ом |
| 40 | 80 | 40 | 1 | 1 | 3 | 2 | 4 | 4 |

Провести расчет по методу непосредственного применения законов Кирхгофа, методом контурных токов и методом узловых напряжений; проверить результаты расчета цепи путем составления баланса мощностей; определить показания электроизмерительных приборов.

Решение

**Законы Кирхгофа**

Для расчета схемы по законам Кирхгофа нужно определить количество ветвей *NВ* и количество узлов *NУ* в схеме. Для наглядности перерисуем исходную схему, убрав вольтметр и амперметр.



Рис.2. Исходная схема без вольтметра и амперметра

Исходя из заданной схемы имеем: *NВ* = 5 и *NУ* = 3.

Таким образом, для решения схемы нужно составить *NВ*−*NУ*+1 = 5−3+1 = 3 уравнения по 2-му закону Кирхгофа и *NУ*−1 = 3−1 = 2 уравнения по 1-му закону.

Произвольно выберем положительные направления токов в ветвях (Рис. 3). Направление обхода контуров выбираем против часовой стрелки.



Рис. 3. Исходная схема с выбранными направлениями токов

Составим необходимое количество уравнений по 1-му и 2-му законам Кирхгофа.

;

;

;

;

.

Решим полученную систему уравнений относительно токов.

Подставим выражение тока *I*5 в четвертое уравнение, а также умножим на −1 второе уравнение, получим:

;

;

;

.

Вычтем из первого уравнения системы второе, получим:

;

;

;

.

Выразим токи в первом, втором и третьем уравнениях через ток *I*3, получим:

;

;

;

.

Подставим правые части первого, второго и третьего уравнения в четвертое, в результате получим уравнение с одним неизвестным *I*3:

.

Решим данное уравнение

Подставим исходные данные в полученное выражение:

 А.

Зная величину *I*3 определим остальные токи

 А.

 А.

 А.

 А.

Так как найденные величины токов – положительные числа, следовательно, выбранные направления токов являются действительными направлениями токов в схеме.

Так как амперметр установлен в ветви, где протекает ток *I*4, следовательно, показания амперметра равны величине данного тока, т.е. 5 А.

Для определения показания вольтметра составляется уравнение, согласно 2-му закону Кирхгофа, т.е.

,

где *V* – показания вольтметра.

Таким образом, получаем:

 В.

Для проверки правильности решения составим баланс мощностей

Сумма мощностей потребляемых приемниками, должна быть равна сумме мощностей отдаваемых источниками, т.е. .

Для нашей схемы баланс мощностей выглядит следующим образом:

Подставим значения в полученное выражение, получим:

Т.к. баланс мощностей сошелся, следовательно, расчет схемы выполнен правильно.

**Метод контурных токов**

Контурный ток – это величина, которая одинакова во всех ветвях данного контура.

Действительный ток в определенной ветви определяется алгебраической суммой контурных токов, в которую эта ветвь входит. Нахождение действительных токов и есть первоочередная задача метода контурных токов.

Контурная ЭДС – это сумма всех ЭДС входящих в этот контур.

Собственным сопротивлением контура называется сумма сопротивлений всех ветвей, которые в него входят.

Общим сопротивлением контура называется сопротивление ветви, смежное двум контурам.

Для решения схемы методом контурных токов нужно составить *NВ*−*NУ*+1 = 5−3+1 = 3 уравнения по 2-му закону Кирхгофа. Следовательно, нам необходимо составить эти уравнения для 3-х контуров.

Направления токов в ветвях выберем аналогично Рис. 3. Выберем три контура, и укажем направление контурных токов *I*11, *I*22, *I*33. Выберем направление по часовой стрелке (Рис. 4).



Рис. 4. Исходная схема с выбранными направлениями контурных токов

Теперь составим систему уравнений:

;

;

.

Решим полученную систему уравнений относительно токов.

Выразим токи *I*11, *I*33 в первом и третьем уравнениях через ток *I*22:

;

;

.

Подставим правые части первого и третьего уравнения во второе, в результате получим уравнение с одним неизвестным *I*22:

Подставим исходные данные в полученное выражение:

  А.

 А.

 А.

Контурный ток равен действительному току, который принадлежит только этому контуру. Т.е., если ток протекает только в одном контуре, то он равен контурному. Но, нужно учитывать направление обхода, в нашем случае ток *I*1 не совпадает с направлением тока *I*11, поэтому берем его со знаком минус. Следовательно,

 А.

 А.

 А.

Токи, протекающие через общие сопротивления определяем как алгебраическую сумму контурных, учитывая направление обхода. Таким образом получаем:

 А.

 А.

Найденные по методу контурных токов значения токов в ветвях схемы полностью совпадают с рассчитанными раннее по законам Кирхгофа. Следовательно, расчет по методу контурных токов выполнен верно.

**Метод узловых напряжений**

Данный метод основан на составлении уравнений по 1-му закону Кирхгофа. При этом, потенциал одного из узлов цепи принимается равным нулю, что позволяет сократить число уравнений для нашей схемы до *NУ*−1 = 3−1 = 2 штук.

Условно примем потенциал узла №1 равным 0, т.е. . Направления токов в ветвях выберем аналогично Рис. 3. Для наглядности перерисуем исходную схему.



Рис. 5. Исходная схема для расчета методом узловых напряжений

Составим уравнения по 1-му закону Кирхгофа для узлов №2 и 3:

;

.

Используя обобщённый закон Ома составим уравнения для нахождения каждого из токов (за *φ*i берем потенциал узла из которого ток выходит, а за *φ* потенциал узла в который ток входит).

;

;

;

;

.

Исходя из выражения для тока *I*5, следует, что  В.

Подставим полученные выражения для токов в составленное уравнение по 1-му закону Кирхгофа для узла №3:

.

Подставим исходные данные в полученное уравнение и решим его:

 В.

Зная величины потенциалов узлов, найдем значения токов в ветвях схемы:

 А.

 А.

 А.

 А.

Ток *I*5 определим по выражению, составленному по 1-му закону Кирхгофа для узла №2:

 А.

Найденные по методу узловых напряжений значения токов в ветвях схемы полностью совпадают с рассчитанными раннее по законам Кирхгофа и методу контурных токов. Следовательно, расчет по методу узловых напряжений выполнен верно.

Вольтметр в нашей схеме подключен к узлам №1 и №3, следовательно, данный прибор измеряет разность потенциалов между этими узлами, т.е.

 В.

Показания вольтметра, также совпадают с рассчитанным ранее значением по законам Кирхгофа.