Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Институт микроприборов и систем управления имени Л.Н. Преснухина

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Пояснительная записка к курсовой работе по курсу

«Электротехника» (часть 1)

**Вариант 22**

Выполнил:

Группа:

Принял:

Москва

2025

СОДЕРЖАНИЕ

Задание 3

1. Расчёт методом эквивалентных преобразований 5

2. Расчёт с помощью законов Кирхгофа 8

3. Расчёт методом контурных токов 10

4. Расчёт методом узловых потенциалов 11

5. Расчёт методом эквивалентного генератора 13

6. Моделирование в среде MultiSim 15

7. Сравнение результатов 16

8. Построение потенциальной диаграммы 17

9. Расчёт баланса мощности 19

Заключение 20

# Задание

Заданную электрическую цепь необходимо рассчитать, используя следующие методы:

1. МЭП (Метод эквивалентных преобразований) – найти ток в любой ветви схемы, используя МЭП;

2. Законы Кирхгофа (найти все токи в ветвях);

3. МКТ (Метод контурных токов) – найти токи во всех ветвях;

4. МУП (Метод узловых потенциалов) – найти токи во всех ветвях;

5. МЭГ (Метод эквивалентного генератора) – найти ток в любой ветви;

6. Построить схему своего варианта в Multisim и снимать результаты моделирования (токи в ветвях);

7. Результаты расчета токов, вышеуказанными методами и результаты моделирования, свести в таблицу и сравнить между собой.;

8. Построить потенциальную диаграмму для любого контура (на выбор).;

9. Выполнить расчет баланса мощности для схемы.

Расчётная схема показана на рисунке 1, исходные данные для расчёта приведены в таблице 1.

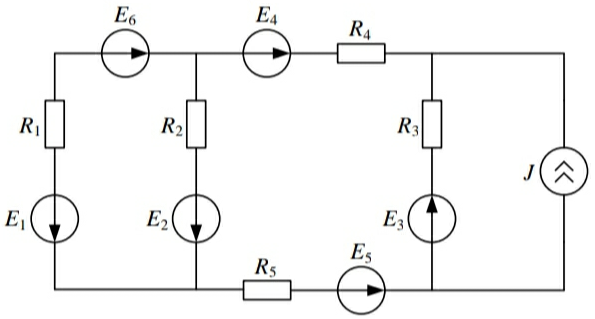
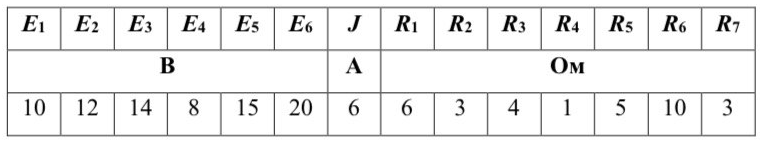


Рисунок 1 — Расчётная схема

Таблица 1 — Исходные данные для расчёта



# 1. Расчёт методом эквивалентных преобразований

Обозначим на схеме узлы, выделим независимые контура и зададим их направления обхода, как показано на рисунке 1.1. Также зададим направления токов в звеньях.

*II*

*1*

*2*

*3*

*4*

*I*

Рисунок 1.1 — Обозначения на схеме

Узел 1 считаем базовым, то есть потенциал в нём = 0.

Преобразуем исходную схему (рисунок 1.2).

1. Заменим последовательно включённые источники ЭДС на источник

2. Источники ЭДС заменяем на источники тока

3. Параллельно включённые источники тока заменяем на один источник Параллельно включённые сопротивления заменяем на одно cсопротивление

4. Источник тока заменяем источником ЭДС

Рисунок 1.2 — Преобразование схемы (шаг 1)

Преобразование описывается следующими формулами:

Далее (рисунок 1.3).

5. Источник ЭДС заменяем на источник тока

3. Параллельно включённые источники тока заменяем на один источник

4. Источник тока заменяем источником ЭДС

Рисунок 1.3 — Преобразование схемы (шаг 2)

Преобразование описывается следующими формулами:

В результате схема преобразуется к виду, показанному на рисунке 1.4.

*II*

*2*

*3*

*4*

*1*

Рисунок 1.4 — Преобразованная схема

Составляем уравнение для контура II по второму закону Кирхгофа:

Тогда

Найдём потенциалы в узлах:

Найдём остальные токи:

# 2. Расчёт с помощью законов Кирхгофа

Обозначим на схеме узлы, выделим независимые контура и зададим их направления обхода, как показано на рисунке 1.1. Также зададим направления токов в звеньях.

В схеме 6 звеньев, 4 узла и 3 независимых контура. Следовательно, необходимо составить 3 уравнения по 1-му закону Кирхгофа и 3 уравнения по 2-му.

Для узла 2:

Для узла 3:

Для узла 4:

Для контура

Для контура

Находим численные значения коэффициентов:

Решив систему уравнений получим следующие значения токов:

Знаки «минус» у некоторых значений токов означают, что эти токи направлены противоположно показанному на рисунке.

# 3. Расчёт методом контурных токов

Записываем уравнения для контуров:

Для контура

Для контура

Находим численные значения коэффициентов:

Решая систему, получаем

По найденным контурным токам вычисляем токи в звеньях:

# 4. Расчёт методом узловых потенциалов

Записываем уравнения для всех узлов, кроме узла 1, потенциал которого принимаем равным нулю

Для узла 2:

Для узла 3:

Для узла 4:

В уравнениях обозначено

Находим численные значения коэффициентов:

Решив систему уравнений получим следующие значения:

По найденным узловым потенциалам вычисляем токи в ветвях:

# 5. Расчёт методом эквивалентного генератора

Методом эквивалентного генератора найдём ток в резисторе . Для этого всю остальную схему заменим эквивалентным источником ЭДС   
 с внутренним сопротивлением (рисунок 5.1).

*II*

*1*

*2*

*3*

*4*

*I*

Рисунок 5.1 — Замена части цепи эквивалентным генератором

Чтобы найти параметры эквивалентного источника ЭДС воспользуемся преобразованной схемой, изображённой на рисунке 1.4. Заменим сопротивление разрывом цепи (рисунок 5.2).

Рисунок 5.2 — Вычисление ЭДС эквивалентного генератора

Из рисунка 5.2 находим параметры эквивалентного источника ЭДС:

Зная параметры эквивалентного генератора, находим ток в ветви

# 6. Моделирование в среде MultiSim

Модель схемы в среде MultiSim показана на рисунке 6.1.

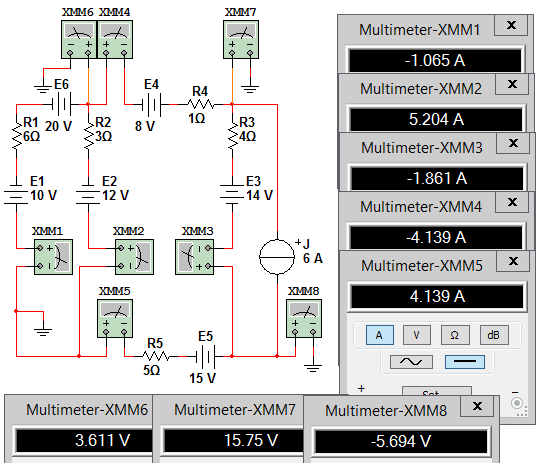


Рисунок 6.1 — Модель схемы в среде MultiSim

Снимаем показания виртуальных приборов:

# 7. Сравнение результатов

Сравнение результатов, полученных разными методами, показано в таблице 7.1.

Таблица 7.1 — Сравнение результатов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Метод | А | А | А | А | А | B | B | B |
| Эквивалентных преобразований | –1,065 | 5,203 | –1,861 | –4,139 | 4,139 | 3,610 | 15,749 | –5,695 |
| Уравнений Кирхгофа | –1,065 | 5,204 | –1,861 | –4,139 | 4,139 | 3,611 | 15,75 | –5,694 |
| Контурных  токов | –1,065 | 5,204 | –1,861 | –4,139 | 4,139 | 3,611 | 15,75 | –5,694 |
| Узловых потенциалов | –1,065 | 5,204 | –1,861 | –4,139 | 4,139 | 3,611 | 15,75 | –5,694 |
| Эквивалентного генератора |  |  |  |  | 4,139 |  |  |  |
| Моделирование в  среде MultiSim | –1,065 | 5,204 | –1,861 | –4,139 | 4,139 | 3,611 | 15,75 | –5,694 |

# 8. Построение потенциальной диаграммы

Построим потенциальную диаграмму для одного из контуров. Контур, а также точки, в которых вычисляем потенциалы, обозначены на рисунке 8.1.

*a*

*g*

*e*

*c*

*b*

*d*

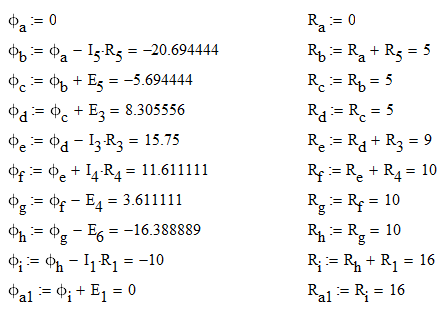
*f*

*h*

*i*

Рисунок 8.1 — Контур для построения диаграммы

Находим потенциалы в узлах цепи и во всех промежуточных точках между элементами, а также сумму сопротивлений нарастающим итогом.



По вычисленным координатам строим потенциальную диаграмму (рисунок 8.2).

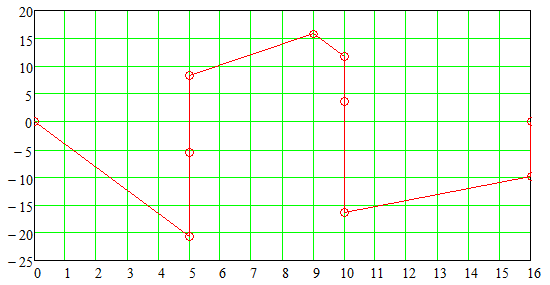
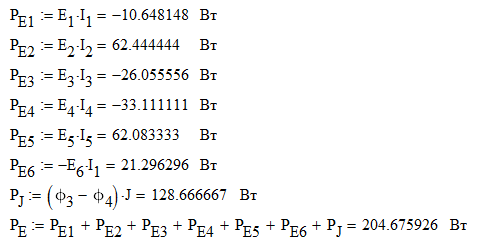


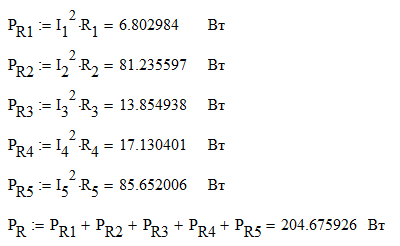
Рисунок 8.2 — Потенциальная диаграмма

# 9. Расчёт баланса мощности

Находим мощность источников:



Находим мощность потребителей:



Баланс мощности сошёлся.

# Заключение

В процессе выполнения работы заданная цепь была рассчитана пятью различными методами: методом эквивалентных преобразований; с помощью законов Кирхгофа; методом контурных токов; методом узловых потенциалов; методом эквивалентного генератора. Также цепь была смоделирована в среде MultiSim. Во всех случаях вычисленные токи совпали с большой точностью.

Было проведено моделирование цепи в компьютерном симуляторе MultiSim. Моделирование дало результаты, совпадающие с теоретическим расчётом.

Для контроля правильности решения был проведён расчёт баланса мощности, который показал, что при найденных токах баланс сходится.