

Методические рекомендации к выполнению задания № 1 "Современные методы расчёта электрических схем"

1. Цель работы.

Применение информационных технологий при схемотехническом проектировании электронных средств.

2. Исходные данные.

Исходные данные индивидуализируются на уровне предлагаемой студенту электрической схемы, состоящей из источника напряжения – E , источника тока I и восьми сопротивлений. Конкретная электрическая схема определяется двухзначным номером варианта, первая цифра в котором определяет ветвь включения (рисунок 1) источника напряжения, а вторая – ветвь включения источника тока. В остальных ветвях должны быть включены сопротивления, индексы которых назначаются студентами самостоятельно.

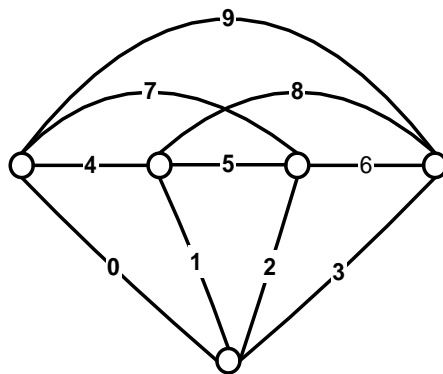


Рисунок 1 - Топология электрической схемы

Например, варианту "03" соответствует электрическая схема, показанная на рисунке 2, в которой источник напряжения включён в ветвь "0", а источник тока в ветвь "3". Электрическая схема содержит 5 узлов, один из которых определяется как базовый.

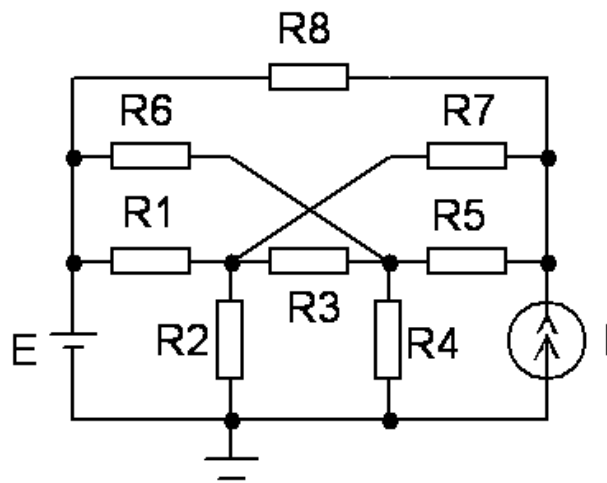


Рисунок 2 - Исходная электрическая схема

Величины напряжения, тока и сопротивлений задаются преподавателем после определения студентом электрической схемы.

3. Задание на работу

2.1. Студенту необходимо выполнить полный расчёт электрической схемы и определить:

- токи во всех ветвях (10),
- узловые напряжения (4).

2.2. Правильность расчётов проверить на соответствие законам Кирхгофа для всех узлов и закону сохранения энергии (мощности).

3. Методические рекомендации

Выполнение задания рекомендуется проводить в следующей последовательности.

3.1. **Выполнить анализ электрической схемы** методом узловых напряжений с использованием пакета прикладных программ *MathCAD*.

Метод узловых напряжений основан на использовании формальной процедуры составления в матричной форме системы линейных уравнений, неизвестными в которой являются напряжения в узлах схемы, а известными величинами выступают проводимости ветвей, напряжения и токи подключенных источников. Подключённые источники напряжения, в общем случае, замещаются эквивалентными источниками тока.

Расчёт проводится в два этапа. На 1-ом этапе определяются узловые напряжения как решения матричного уравнение вида

$$[G] \cdot [U] = [I],$$

где: $[G]$ – квадратная матрица проводимостей; $[U]$ – матрица-столбец узловых напряжений; $[I]$ – матрица-столбец известных токов; решается с использованием обратной матрицы проводимостей

$$[U] = [G]^{-1} \cdot [I]$$

Одна из возможных программ расчёта узловых напряжений заданной электрической схемы программой *MathCAD* представлена на рисунке 3. Замещение источника напряжения источником тока проводится с подстановкой внутренней проводимости источника напряжения равной 10^{12} См.

Программа примера расчёта (Задание_01.xmcd) передаётся студентам для составления на её основе индивидуальной программы расчёта.

Исходные данные:

$$\begin{aligned} E &:= 1 & I &:= 1 \\ R1 &:= 1 & R2 &:= 1 & R3 &:= 1 & R4 &:= 1 & R5 &:= 1 & R6 &:= 1 & R7 &:= 1 & R8 &:= 1 \\ G1 &:= \frac{1}{R1} & G2 &:= \frac{1}{R2} & G3 &:= \frac{1}{R3} & G4 &:= \frac{1}{R4} \\ G5 &:= \frac{1}{R1} & G6 &:= \frac{1}{R2} & G7 &:= \frac{1}{R3} & G8 &:= \frac{1}{R4} \\ U1 &:= E & I3 &:= I & GE &:= 10^{12} & GI &:= 0 \end{aligned}$$

1. Расчёт узловых напряжений:

Матрица проводимостей:

$$MG := \begin{pmatrix} GE + G1 + G6 + G8 & -G1 & -G6 & -G8 \\ -G1 & G1 + G2 + G3 + G7 & -G3 & -G7 \\ -G6 & -G3 & G3 + G4 + G5 + G6 & -G5 \\ -G8 & -G7 & -G5 & G5 + G7 + G8 + GI \end{pmatrix}$$

Матрица токов:

$$MI := \begin{pmatrix} GE \cdot E \\ 0 \\ 0 \\ I \end{pmatrix}$$

Матрица узловых напряжений

$$MU := MG^{-1} \cdot MI$$

$$U1 := MU_{00} \quad U2 := MU_{01} \quad U3 := MU_{02} \quad U4 := MU_{03}$$

$$U1 = 1 \quad U2 = 0.714 \quad U3 = 0.714 \quad U4 = 1.143$$

Рисунок 3 - Расчёт узловых напряжений программой *MathCAD*.

На 2-ом этапе рассчитываются токи ветвей по напряжениям узлов схемы, между которыми включена ветвь и проводимостью ветви

$$I_{km} = G_{km} \cdot (U_k - U_m) \geq 0,$$

при этом $U_k > U_m$. Программа и результаты расчёта представлены на рисунке 4.

2. Расчёт токов ветвей

$$IR1 := G1 \cdot (U1 - U2) \quad IR2 := G2 \cdot U2 \quad IR3 := G3 \cdot (U2 - U3) \quad IR4 := G4 \cdot U3$$

$$IR5 := G5 \cdot (U4 - U3) \quad IR6 := G6 \cdot (U1 - U3) \quad IR7 := G7 \cdot (U4 - U2)$$

$$IR8 := G8 \cdot (U4 - U1) \quad IE := IR2 + IR4 - I3$$

$$IR1 = 0.286$$

$$IR2 = 0.714$$

$$IR3 = 0$$

$$IR4 = 0.714$$

$$IR5 = 0.429$$

$$IR6 = 0.286$$

$$IR7 = 0.429$$

$$IR8 = 0.143$$

$$I3 = 1$$

$$IE = 0.429$$

Проверка правильности расчётов

$$IE - IR1 - IR6 + IR8 = 0$$

$$IR1 - IR2 - IR3 + IR7 = 0$$

$$IR3 - IR4 + IR5 + IR6 = 0$$

$$-IR5 - IR7 - IR8 + I3 = 0$$

$$PR := IR1^2 \cdot R1 + IR2^2 \cdot R2 + IR3^2 \cdot R3 + IR4^2 \cdot R4 + IR5^2 \cdot R5 + IR6^2 \cdot R6 + IR7^2 \cdot R7 + IR8^2 \cdot R8$$

$$PE := E \cdot IE$$

$$PI := I \cdot U4$$

$$PR = 1.571$$

$$PE = 0.429$$

$$PI = 1.143$$

$$PE + PI = 1.571$$

Рисунок 4 - Расчёт токов ветвей программой *MathCAD*.

3.2. *Выполнить схемотехническое моделирование*, используя пакет программ *Micro-Cap*.

Полученный результат моделирования представлен на рисунке 5

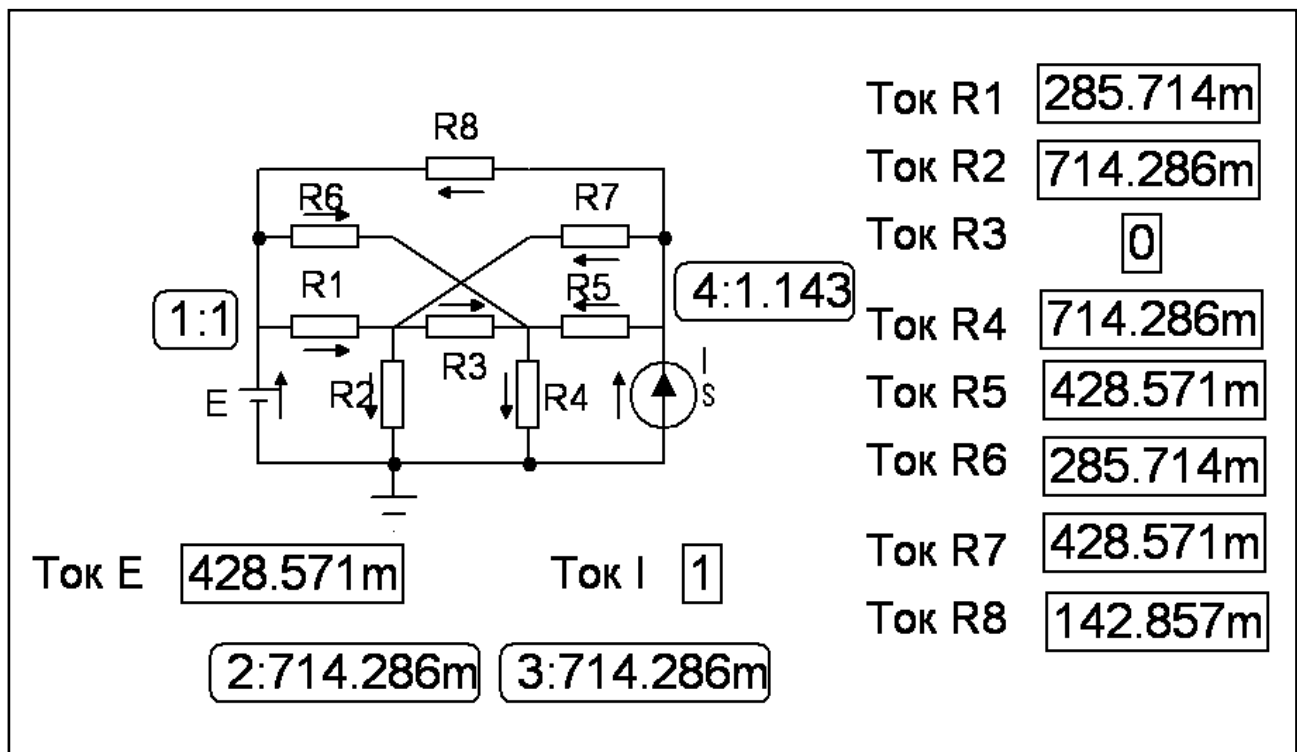


Рисунок 5 - Результат схемотехнического моделирования

Программа моделирования передаётся студентам для анализа и составления на её основе собственной модели расчёта.

3.3. *Сравнить полученные результаты* и сформулировать выводы по проделанной работе. При сравнении результатов объяснить расхождения результатов расчёта и схемотехнического моделирования.

4. Содержание отчёта по заданию

Отчёт должен содержать:

- Название и цель работы.
- Исходные данные.
- Электрическую схему.
- Программу и результаты расчёта.
- Результаты схемотехнического моделирования.
- Выводы по полученным результатам работы.
- Экспертная оценка результатов выполнения задания

5. Ориентировочная трудоёмкость работы

5.1. Аудиторные занятия – 2 часа.

5.2. Самостоятельная работа вне аудиторий – 4 часа.

6. Экспертиза результатов выполнения задания

Эксперт - студент группы РК-4_

Контрольный вопрос эксперта:

Ответ на контрольный вопрос:

Достоверность результатов	Качество графиков	Техническая грамотность выводов	Оценка ответа на контрольный вопрос	Итоговая оценка выполненного задания