

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Перед решением этой задачи следует изучить материал курса, относящийся к расчету нелинейных цепей постоянного тока: [1], т. 2, с. 55...70. Благодаря тому, что связи между напряжениями и токами нелинейных элементов в данной задаче представлены (аппроксимированы) квадратичными зависимостями, расчет цепи может быть выполнен аналитически. Целесообразно принять следующий порядок решения задачи:

1. Преобразуем источники тока в эквивалентные ЭДС.
2. Для преобразованной цепи составим уравнения по законам Кирхгофа. В зависимости от конфигурации цепи может быть одно нелинейное уравнение или система уравнений.
3. Исключаем из системы уравнений токи и напряжения на линейных элементах, выразив их через напряжение или ток нелинейного элемента. При этом система приводится к одному квадратному уравнению относительно тока нелинейного элемента, если характеристика последнего задана в виде $U = aI + bI^2$, или напряжения на нелинейном элементе, если его ВАХ имеет вид $I = \alpha U + \beta U^2$.
4. Решая квадратные уравнения, из пары корней выбираем тот, который удовлетворяет условиям $I \geq 0$, $U \geq 0$.
5. По найденным значениям тока или напряжения на нелинейном элементе определяем все остальные токи в цепи.

Пример 4. Для цепи, изображенной на рис. 4, вариант 10, рассчитать напряжения и токи на участках цепи, если $R_1 = 2 \text{ Ом}$; $R_2 = 1 \text{ Ом}$; $E = 11 \text{ В}$;

$J = 0,5 \text{ А}$, а характеристика нелинейного элемента задана выражением $U(I) = aI + bI^2$, где $a = 1 \text{ Ом}$; $b = 2 \text{ Ом} \cdot \text{А}^{-1}$.

Решение. 1. Преобразуем источник тока J , R_1 в эквивалентный источник напряжения, где значение эквивалентной ЭДС составляет

$$E_1 = J \cdot R_1 = 1 \text{ В}.$$

2. Для преобразованной электрической цепи (рис. 5) запишем систему уравнений по законам Кирхгофа:

$$\begin{cases} U(I) + R_1 I_1 = E + E_1; \\ R_1 I_1 - R_2 I_2 = E_1; \\ I - I_1 - I_2 = 0. \end{cases}$$

3. Нелинейная характеристика задана в виде $U(I)$, поэтому выразим ток I_1 в первом уравнении системы через ток I . Из третьего уравнения системы

$$I_2 = I - I_1.$$

Подставляя I_2 во второе уравнение, выразим I_1 через I :

$$I_1 = \frac{E_1 + R_2 I}{R_1 + R_2}.$$

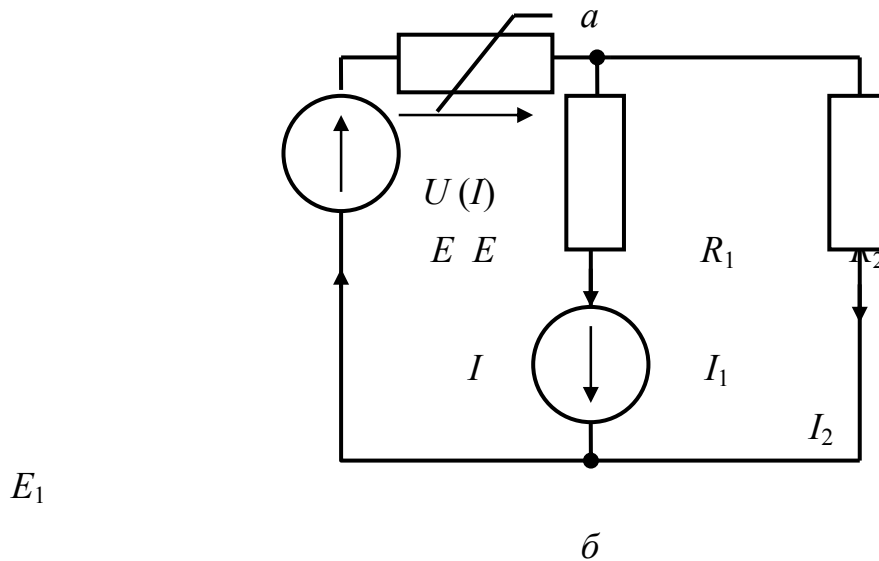


Рис. 5

Подставим выражение для I_1 и нелинейную зависимость $U(I) = aI + bI^2$ в первое уравнение и получим квадратное уравнение относительно тока I :

$$bI^2 + \left(a + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right) I + \frac{R_1 E_1}{R_1 + R_2} - E - E_1 = 0,$$

которое после подстановки исходных данных принимает вид $6I^2 + 5I - 34 = 0$.

4. Решение этого уравнения $I = 2\text{ А}$; $I = -2,8\text{ А}$, причем решение $I = -2,8$ не удовлетворяет условиям $I \geq 0$ и поэтому не имеет физического смысла.

5. В результате токи и напряжения в цепи равны:

$$I = 2\text{ А}; \quad U = aI + bI^2 = 10\text{ В}; \quad U_{ab} = E - U = 1\text{ В};$$

$$I_2 = \frac{U_{ab}}{R_2} = 1\text{ А}; \quad I_1 = \frac{U_{ab} + E_1}{R_1} = 1\text{ А}.$$