

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
Институт энергетики

Курсовая работа

Расчет электрической цепи с нелинейными элементами
По дисциплине «**Теоретические основы электротехники**»

Выполнил студент группы 33231302/01301:

Петров В. А

Принял:

Коровкин Н. В.

Санкт-Петербург

2024

Задание

Определить напряжение на нелинейных элементах и ток, проходящий через них

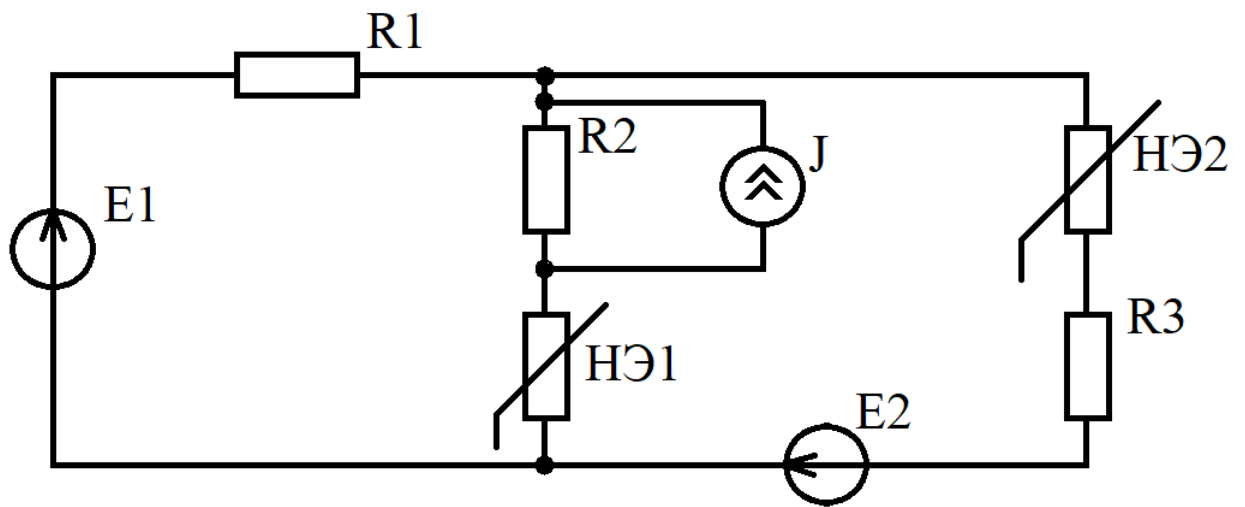


Рис. 1 Электрическая схема с нелинейными элементами

$$E_1 = 20 \text{ В}$$

$$E_2 = 30 \text{ В}$$

$$R_1 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 0,1 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 6 \text{ Ом}$$

$$J = 16 \text{ А}$$

$$U_{HЭ1} = 2i + 4i^2$$

$$U_{HЭ2} = 6i + 2i^2$$

Решение

1. Эквивалентные преобразования электрической цепи

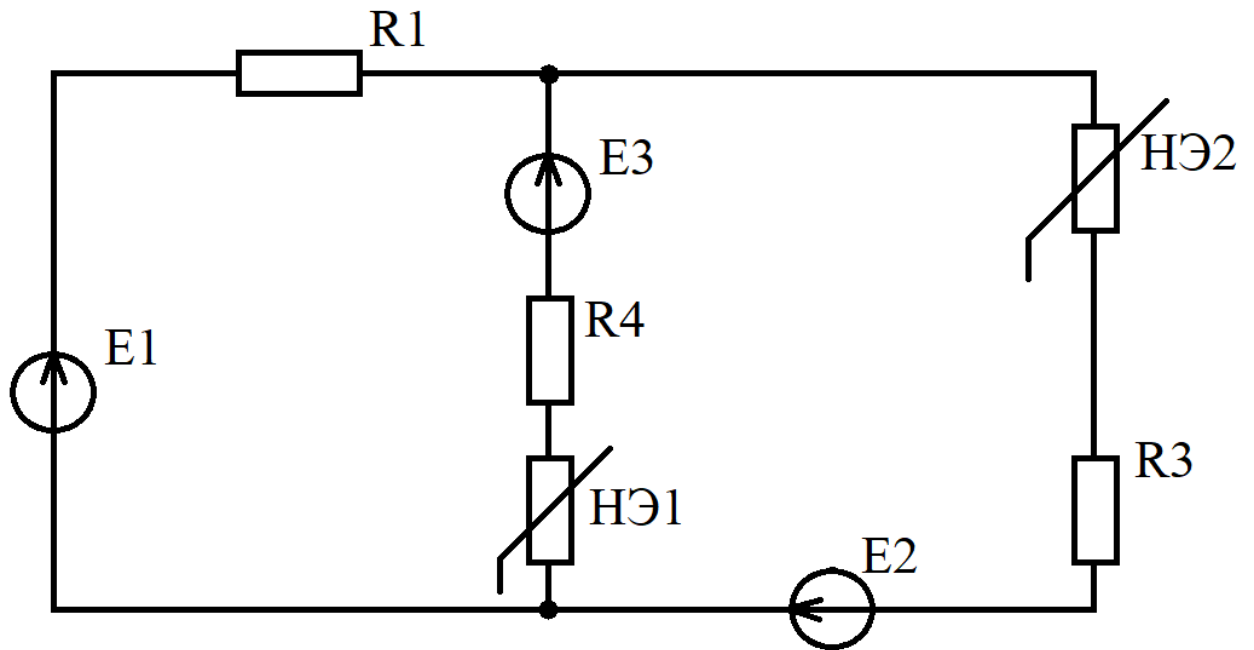


Рис. 2 Электрическая схема с нелинейными элементами

$$E_3 = \frac{J}{R_2}$$

$$R_4 = \frac{1}{R_2}$$

$$E_3 = \frac{16}{4} = 4 \text{ В}$$

$$R_4 = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ Ом}$$

2. Составление системы уравнений

Выберем направление токов, а также направление контуров

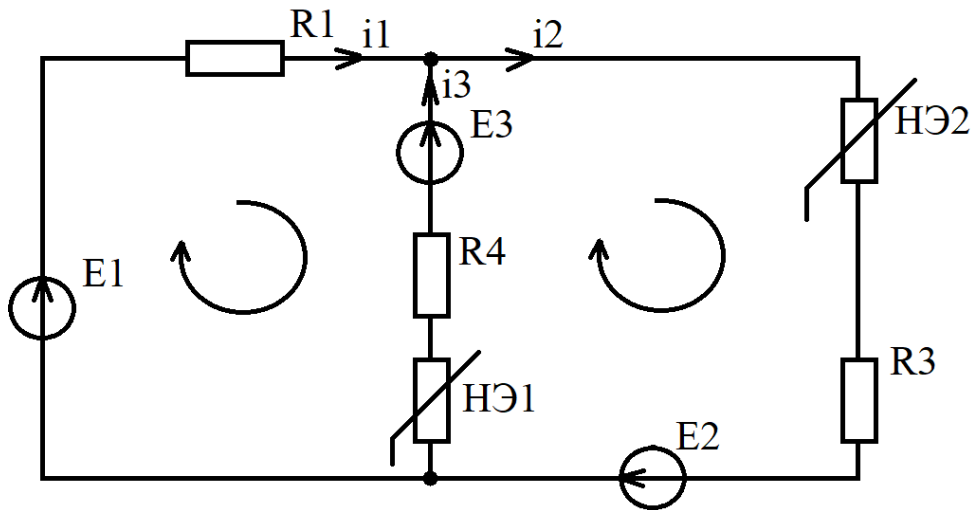


Рис. 3 Электрическая схема с нелинейными элементами

Составим систему уравнений, используя законы Кирхгофа, получим:

$$\left\{ \begin{array}{l} E_1 - E_3 = R_1 i_1 - R_4 i_3 - U_{HЭ1} \\ E_3 + E_2 = U_{HЭ2} + R_3 i_2 + U_{HЭ1} + R_4 i_3 \\ i_1 + i_3 = i_2 \\ U_{HЭ1} = 2i_3 + 4i_3^2 \\ U_{HЭ2} = 6i_2 + 2i_2^2 \end{array} \right.$$

Подставляем числа, получаем:

$$\left\{ \begin{array}{l} 20 - 4 = 2i_1 - 10i_3 - U_{HЭ1} \\ 4 + 30 = U_{HЭ2} + 6i_2 + U_{HЭ1} + 10i_3 \\ i_1 + i_3 = i_2 \\ U_{HЭ1} = 2i_3 + 4i_3^2 \\ U_{HЭ2} = 6i_2 + 2i_2^2 \end{array} \right.$$

Решаем систему, получаем:

$$\left\{ \begin{array}{l} i_1 = 4,68 \text{ A} \\ i_2 = 2,41 \text{ A} \\ i_3 = -2,27 \text{ A} \\ U_{HЭ1} = 16,06 \text{ B} \\ U_{HЭ2} = 26,15 \text{ B} \end{array} \right.$$

3. Построение вольт-амперных характеристик

Заданные уравнения имеют следующий вид:

$$U_{HЭ1} = 2i + 4i^2$$

$$U_{HЭ2} = 6i + 2i^2$$

Построим ВАХ для $U_{HЭ1}$ $U_{HЭ2}$, получим:

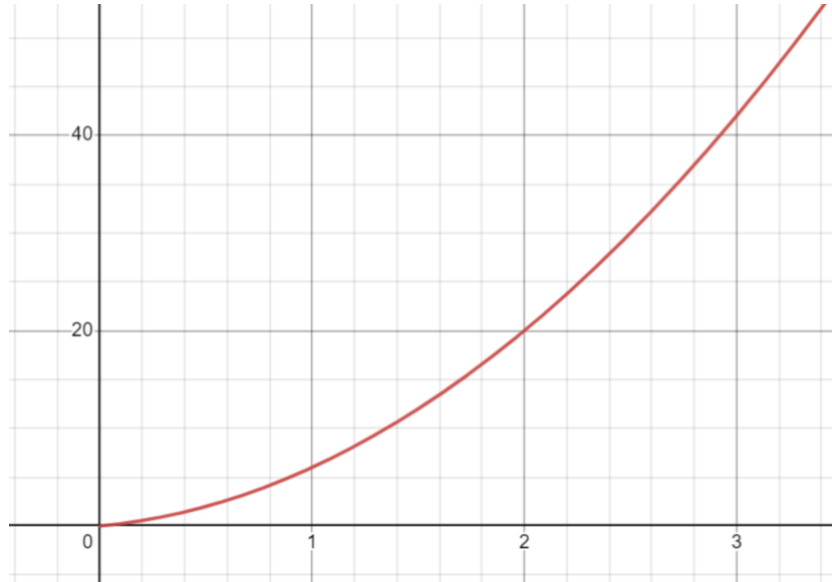


Рис. 4 ВАХ для $U_{HЭ1} = 2i + 4i^2$



Рис. 5 ВАХ для $U_{HЭ2} = 6i + 2i^2$

Построим ВАХ для R_3

Для линейных элементов ВАХ выглядит в виде прямой, чтобы построить прямую, необходимо знать две точки.

Первая точка (0; 0)

Вторую точку найдем следующим образом:

$$i_2 = 2,41 \text{ А}$$

$$R_3 = 6 \text{ Ом}$$

По закону Ома: $I = \frac{U}{R}$, выражаем U , получаем $U = I \cdot R$, подставляем значения, получаем:

$$U_{R3} = 2,41 \cdot 6 = 14,46 \text{ В}$$

Вторая точка: (2,41; 14,46)

Получаем следующую ВАХ:



Рис. 6 ВАХ для R_3

Построим ВАХ для двух последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 7

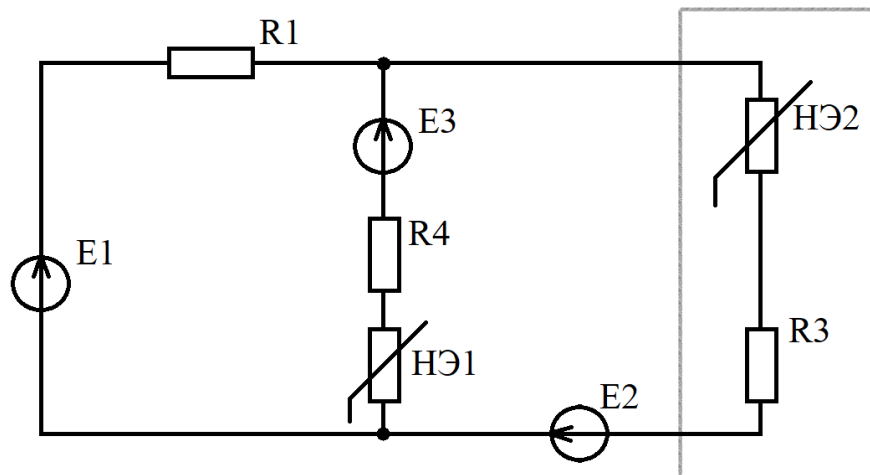


Рис. 7 Электрическая схема с нелинейными элементами

При последовательном соединении сила одинаковая, получаем



Рис. 8 ВАХ для двух последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 7

Построим ВАХ для последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 9

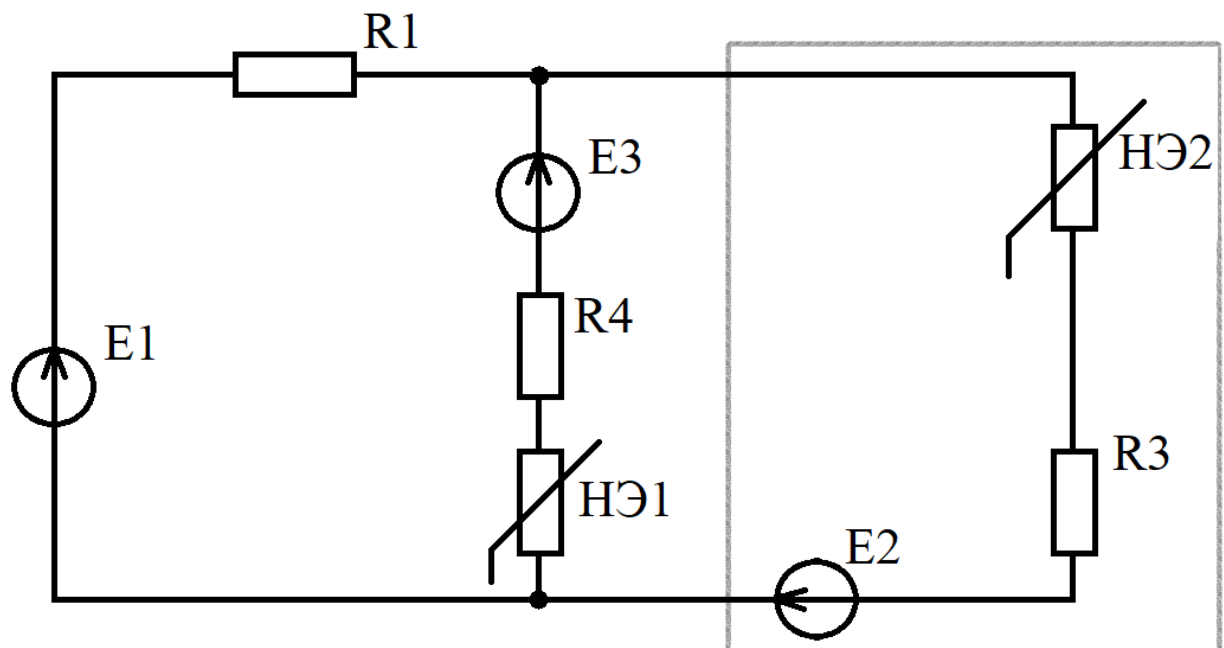


Рис. 9 Электрическая схема с нелинейными элементами

$$E_2 = 30 \text{ В}$$

При последовательном соединении сила одинаковая, получаем



Рис. 10 ВАХ для последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 9

Построим ВАХ для R_4

Для линейных элементов ВАХ выглядит в виде прямой, чтобы построить прямую, необходимо знать две точки.

Первая точка (0; 0)

Вторую точку найдем следующим образом:

$$i_2 = 2,27 \text{ А}$$

$$R_4 = 10 \text{ Ом}$$

По закону Ома: $I = \frac{U}{R}$, выражаем U , получаем $U = I \cdot R$, подставляем значения, получаем:

$$U_{R3} = 2,27 \cdot 10 = 22,70 \text{ В}$$

Вторая точка: (2,27; 22,70)

Получаем следующую ВАХ:

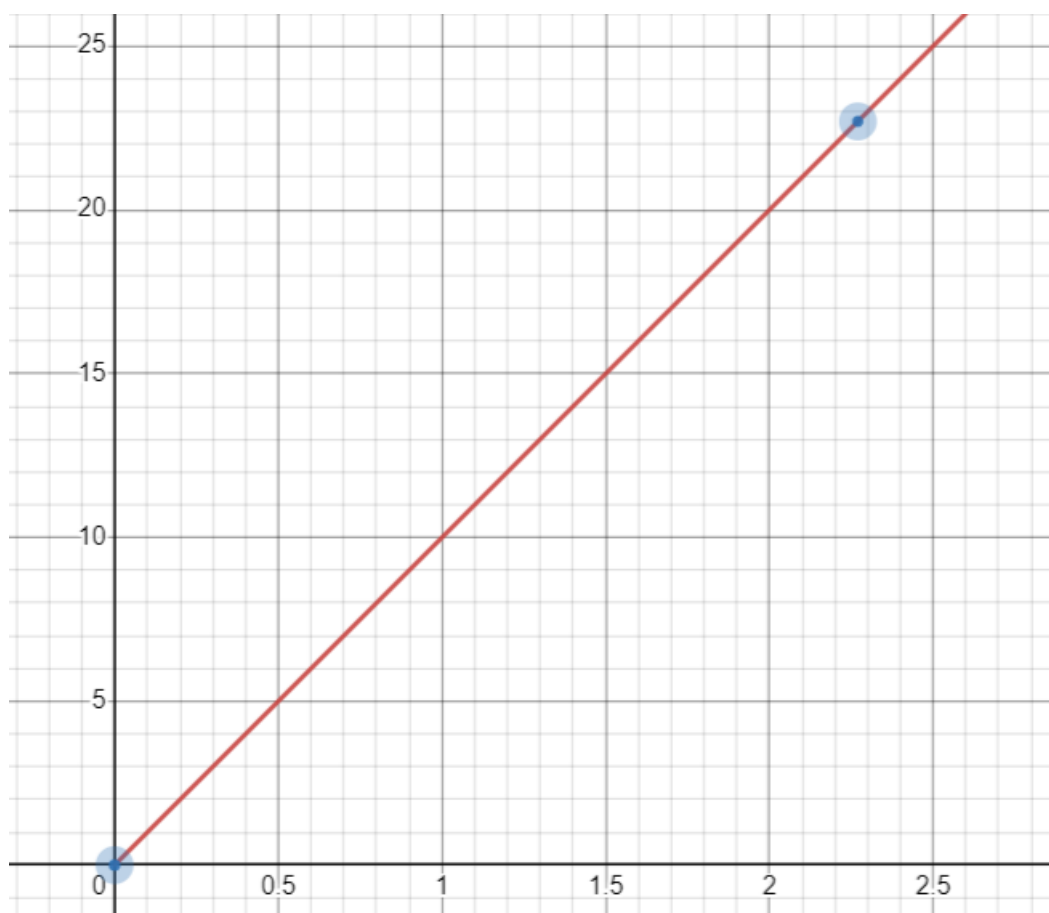


Рис. 11 ВАХ для R_4

Построим ВАХ для последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 12

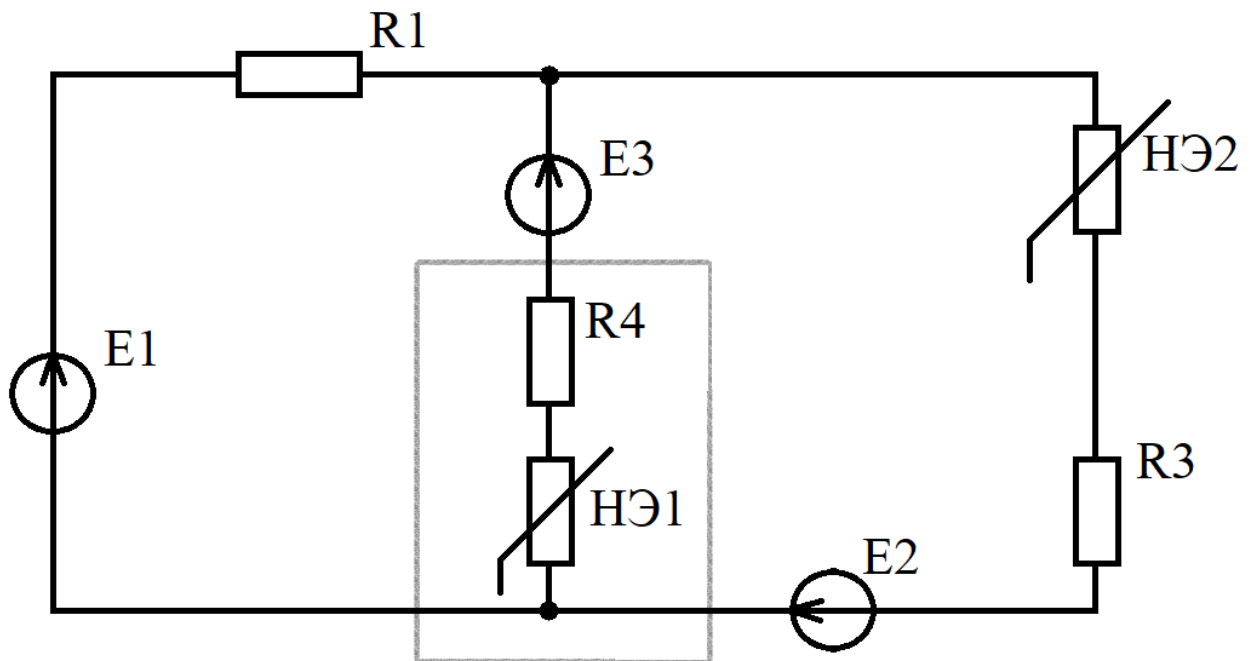


Рис. 12 Электрическая схема с нелинейными элементами

При последовательном соединении сила одинаковая, получаем

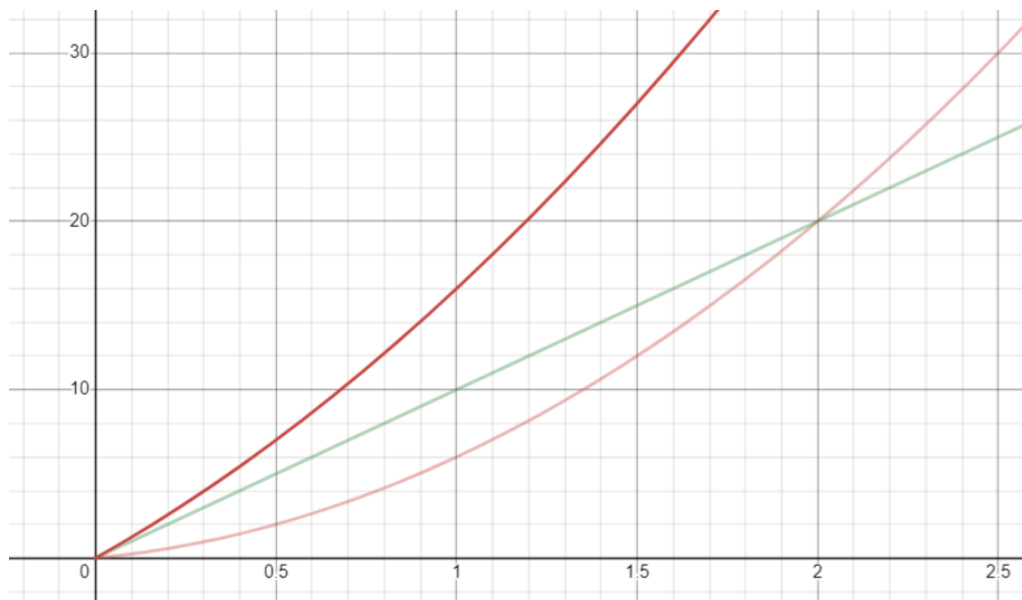


Рис. 13 ВАХ для последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 12

Построим ВАХ для последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 14

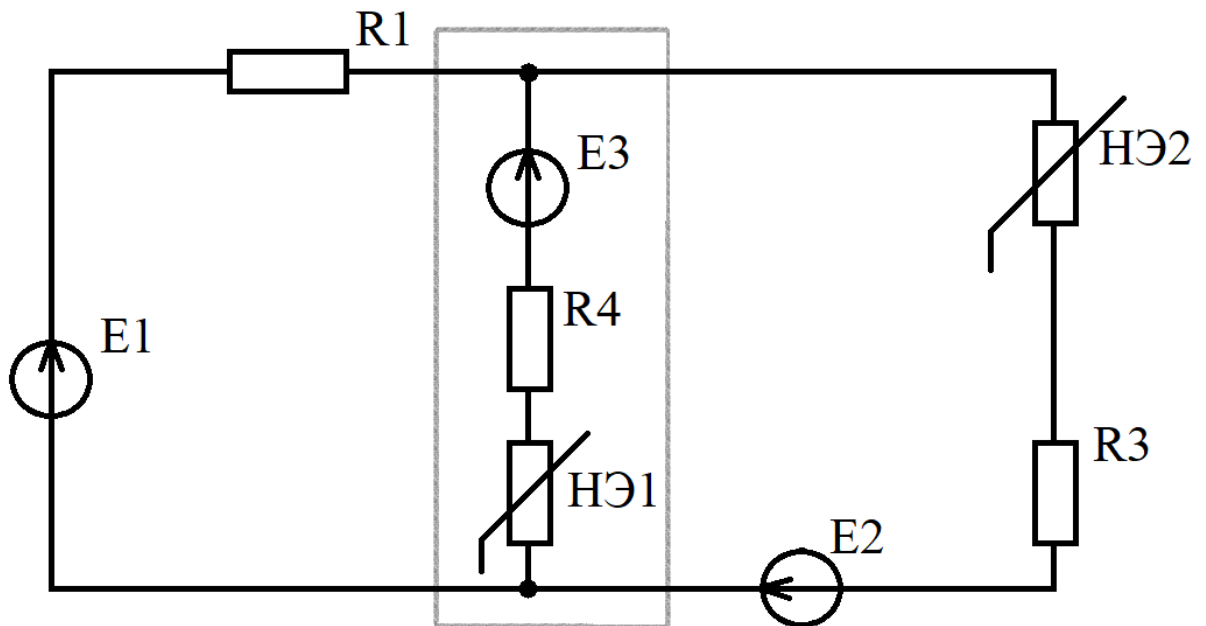


Рис. 14 Электрическая схема с нелинейными элементами

$$E_3 = 4 \text{ В}$$

При последовательном соединении сила одинаковая, получаем

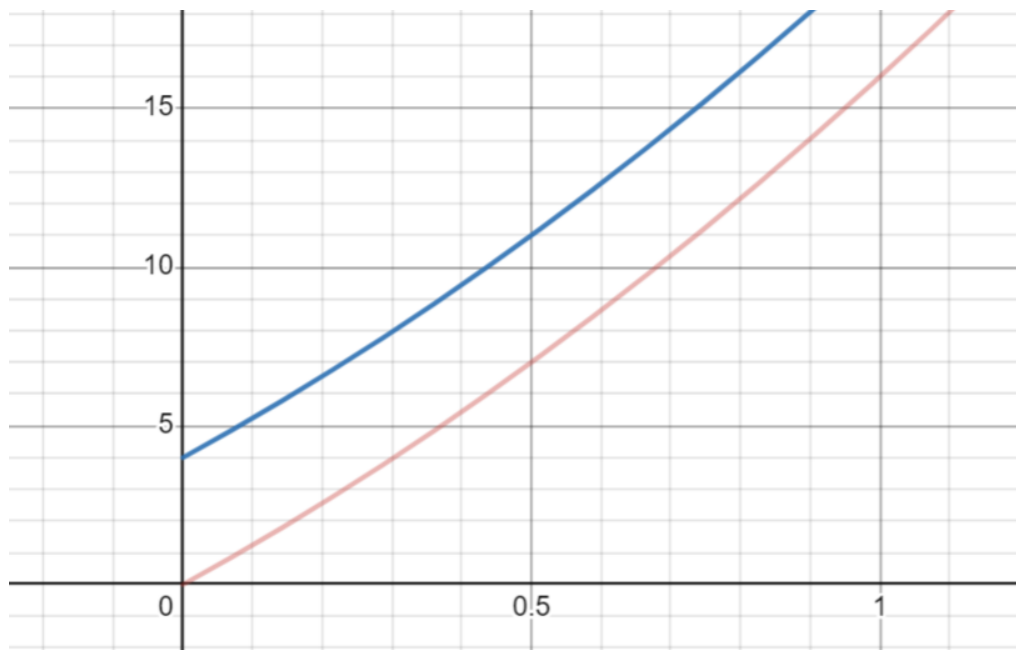


Рис. 15 ВАХ для последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 14

Построим ВАХ для параллельно соединенных элементов, изображенных на рис. 16

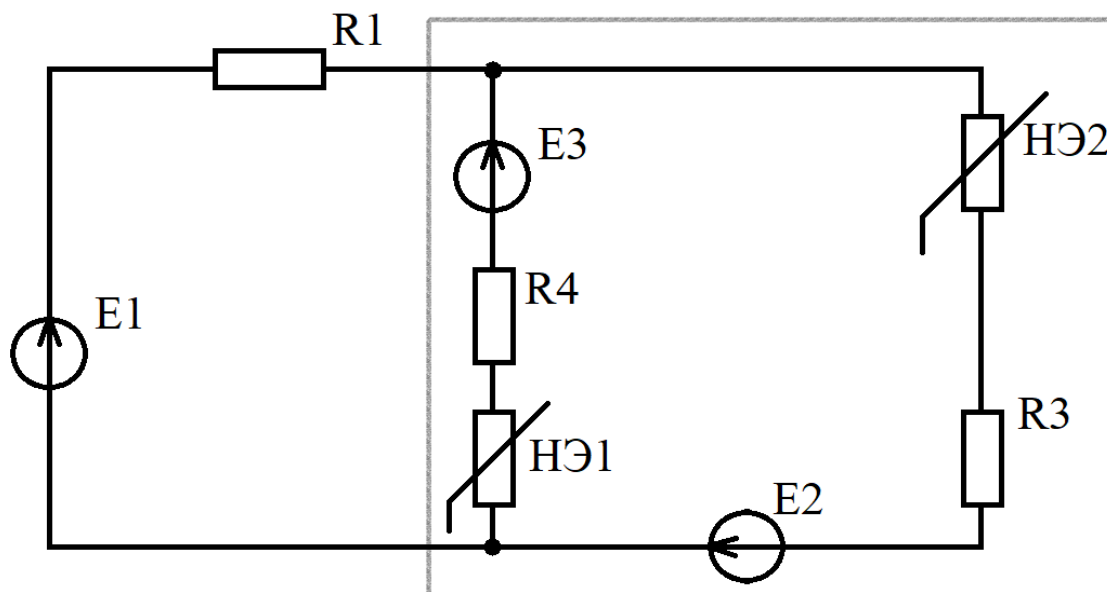


Рис. 16 Электрическая схема с нелинейными элементами

При параллельном соединении напряжение одинаковое, получаем

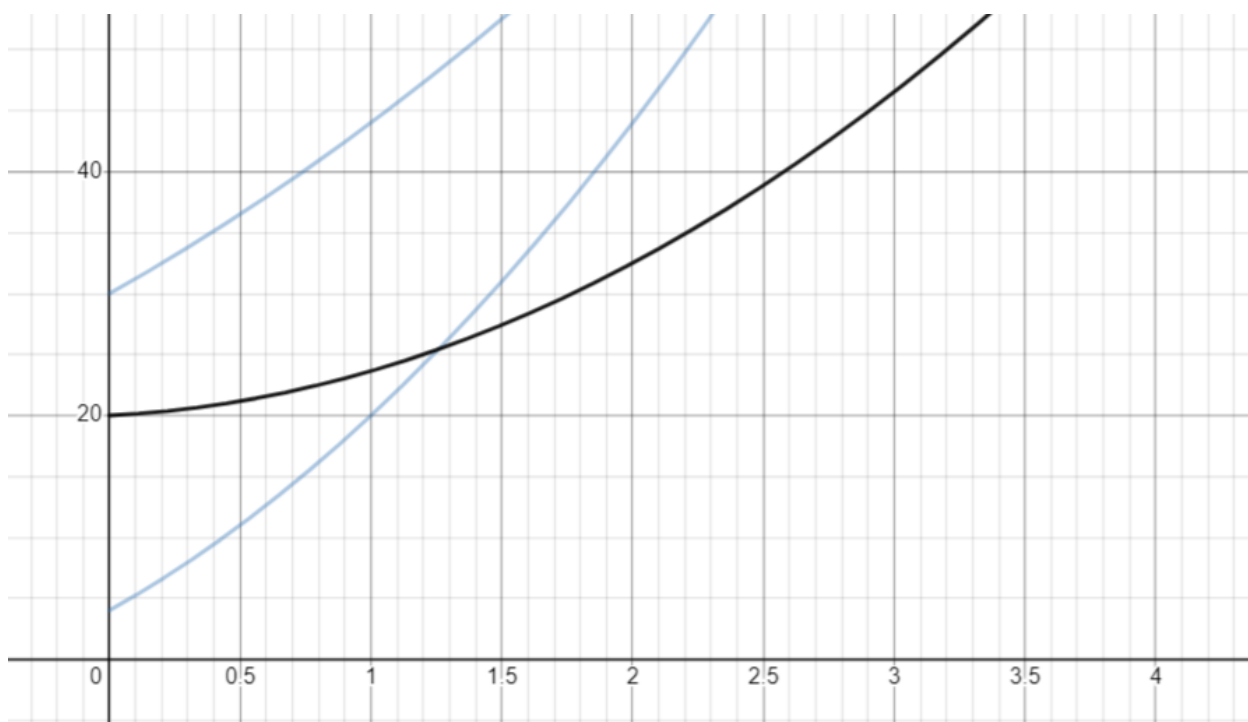


Рис. 17 ВАХ для параллельно соединенных элементов, изображенных на рис. 16

Построим ВАХ для R_1

Для линейных элементов ВАХ выглядит в виде прямой, чтобы построить прямую, необходимо знать две точки.

Первая точка (0; 0)

Вторую точку найдем следующим образом:

$$I_1 = 4,68 \text{ А}$$

$$R_1 = 2 \text{ Ом}$$

По закону Ома: $I = \frac{U}{R}$, выражаем U , получаем $U = I \cdot R$, подставляем значения, получаем:

$$U_{R3} = 4,68 \cdot 2 = 9,36 \text{ В}$$

Вторая точка: (4,68; 9,36)

Получаем следующую ВАХ:

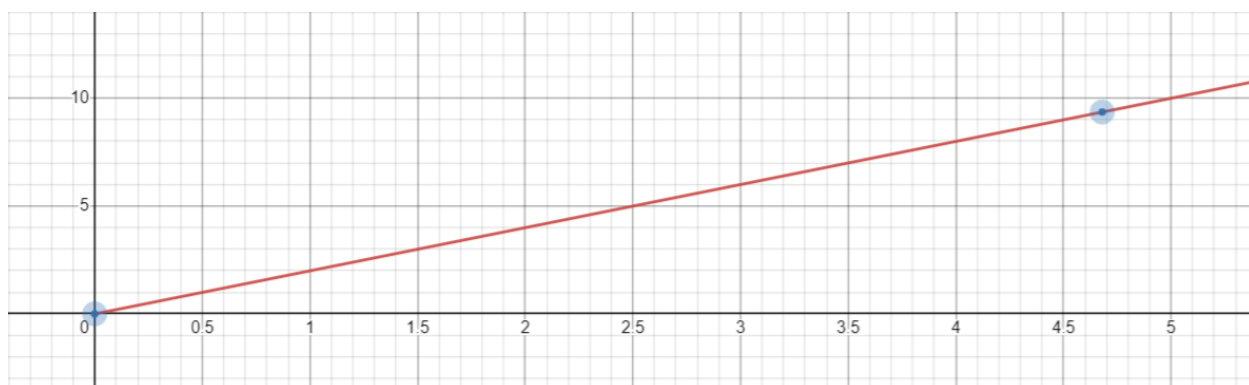


Рис. 18 ВАХ для R_1

Построим ВАХ для последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 19

9

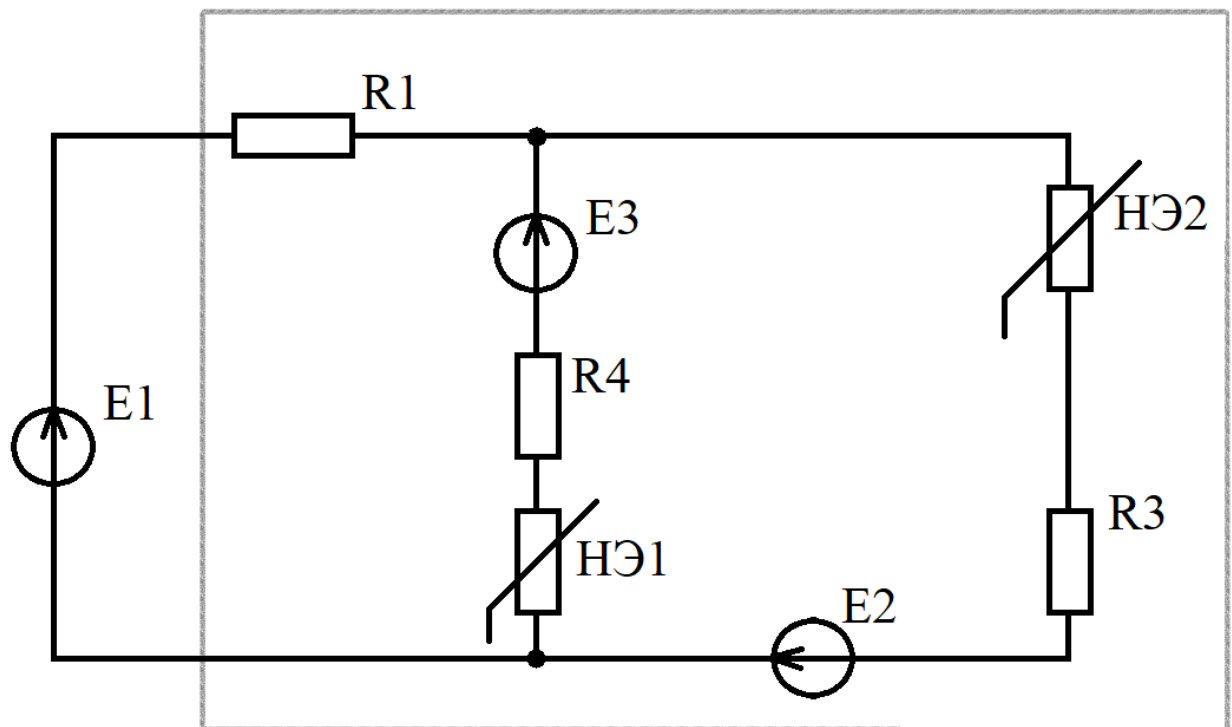


Рис. 19 Электрическая схема с нелинейными элементами

При последовательном соединении сила одинаковая, получаем:

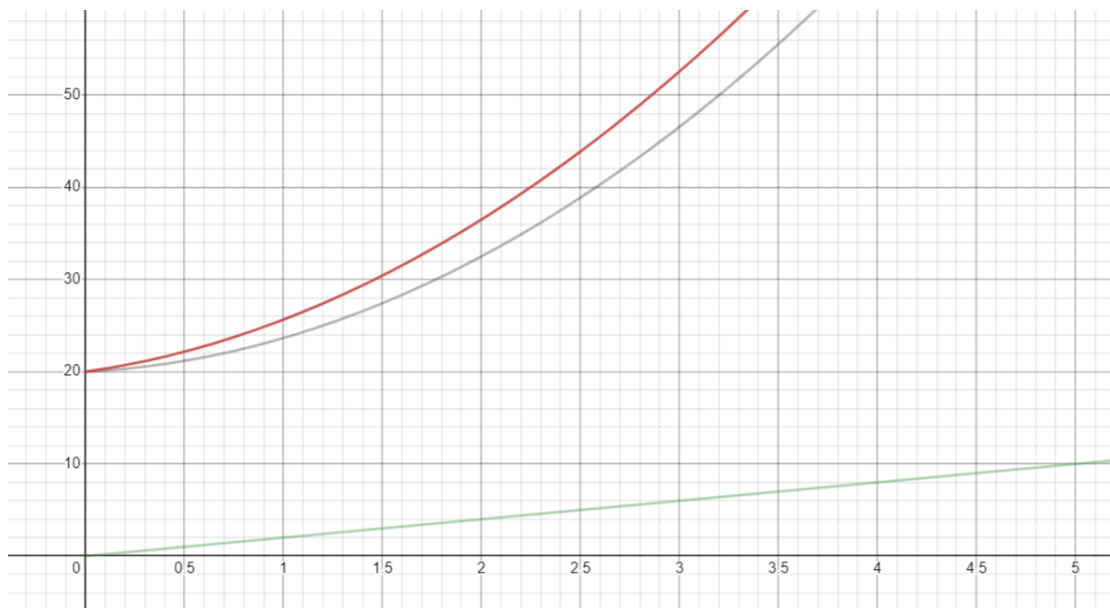


Рис. 20 ВАХ для последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 19

Вывод: определили напряжение на нелинейных элементах и ток, проходящий через них.

Построили ВАХ для:

$U_{нэ1}$

$U_{нэ2}$

R_3

последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 7

последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 9

R_4

последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 12

последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 14

параллельно соединенных элементов, изображенных на рис. 16

R_1

последовательно соединенных элементов, изображенных на рис. 19