

Занятие 1

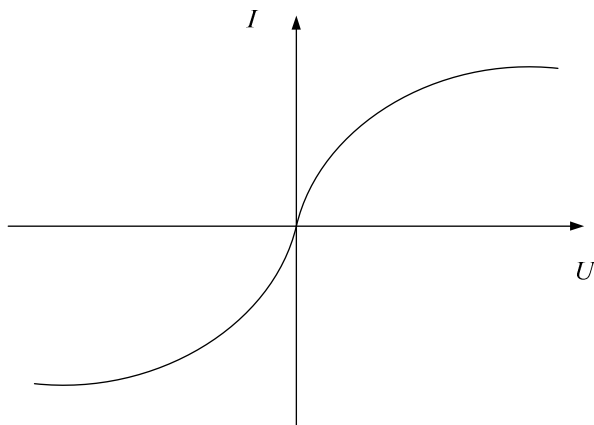
НЕЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Нелинейные электрические цепи содержат один или несколько нелинейных элементов (НЭ) с нелинейными вольт-амперными характеристиками, вебер-амперными и кулон-вольтными характеристиками.

В нелинейных цепях не выполняется принцип наложения. Поэтому нельзя применять методы контурных токов, узловых напряжений и т.п. Расчеты ведут графическими методами с использованием нелинейных характеристик.

Виды нелинейных элементов в цепях постоянного тока

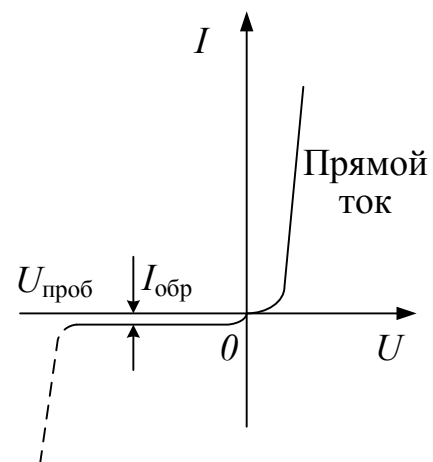
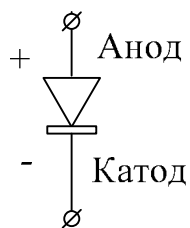
Неуправляемые нелинейные элементы



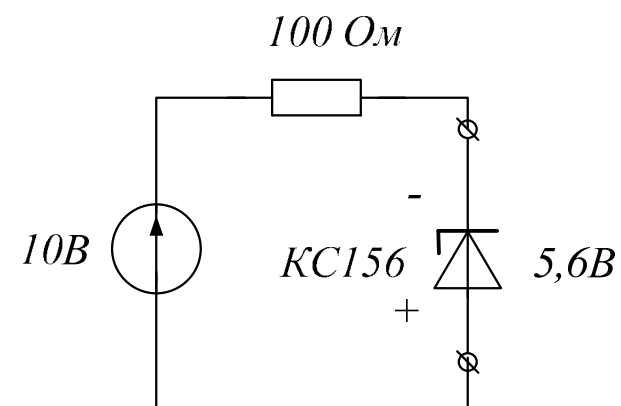
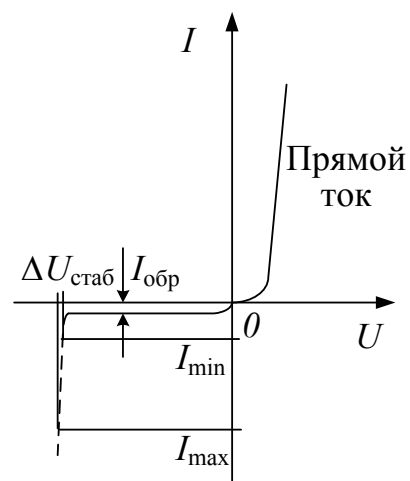
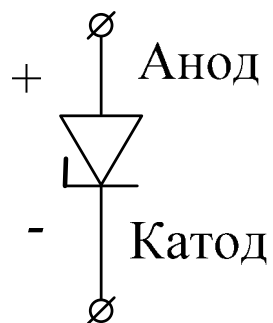
Лампы накаливания

ВАХ симметричная: $f(x) = -f(-x)$

Полупроводниковые диоды

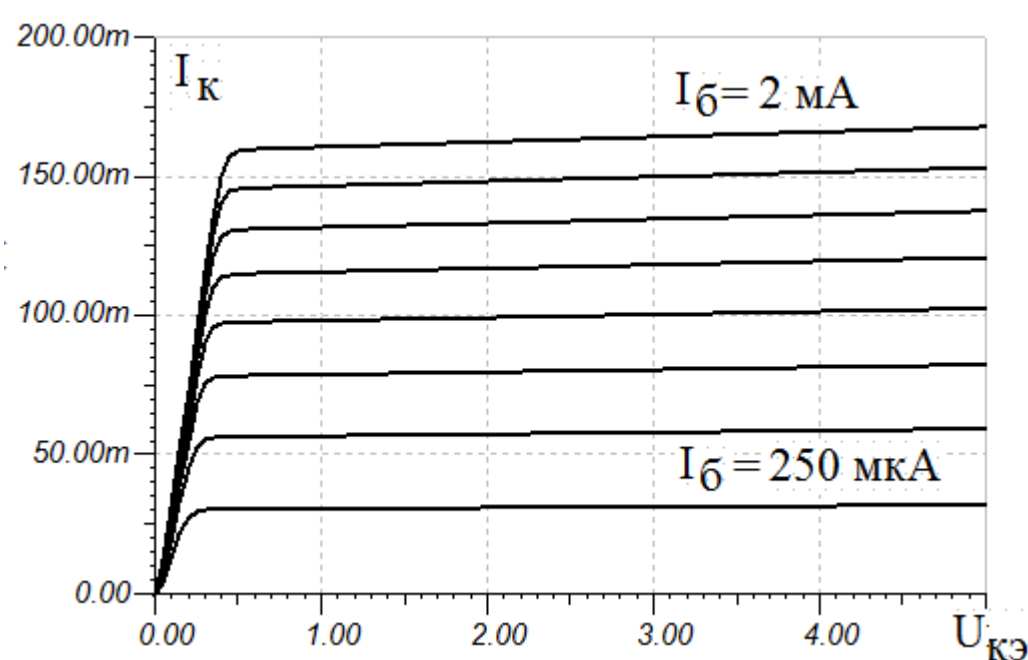
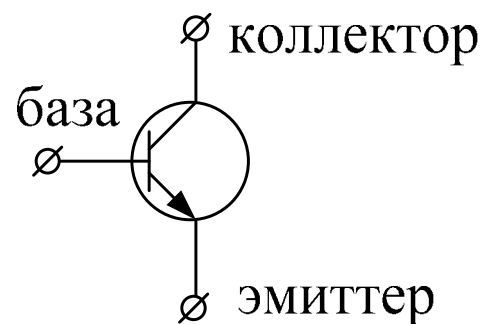


Стабилитроны

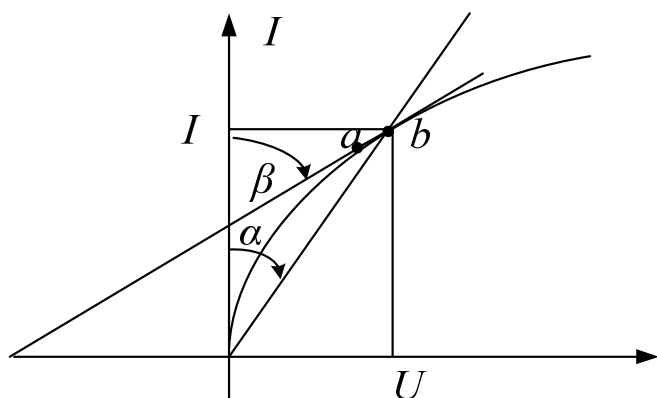


Управляемые НЭ

Транзисторы



Статическое и дифференциальное сопротивление нелинейного резистора



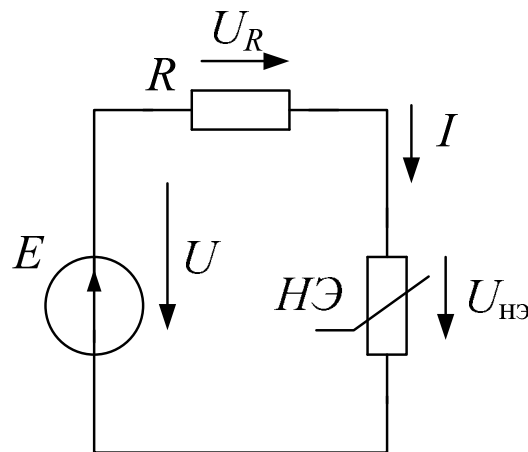
Статическое сопротивление $R_{cm} = U/I$. В точке «b» $R_{cm} = \operatorname{tg} \alpha \frac{m_U}{m_I}$.

Дифференциальное сопротивление на малом линейном участке ab :

$$R_{diff} = \frac{dU}{dI} = \operatorname{tg} \beta \frac{m_U}{m_I}.$$

На малом участке ab нелинейный резистор можно заменить линейной моделью и пользоваться линейными методами расчетов.

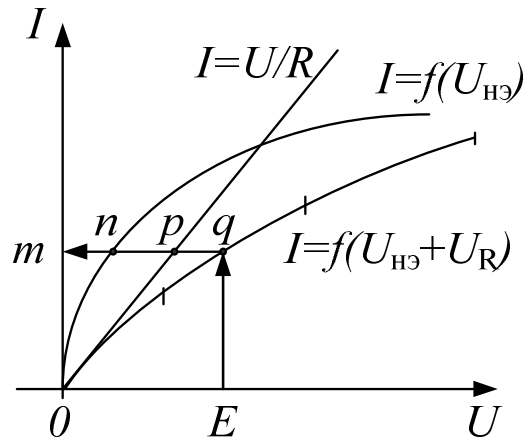
Расчет схем с нелинейными резисторами на постоянном токе



Последовательное соединение линейного и нелинейного резистора

Задана ВАХ нелинейного элемента $I = f(U_{нэ})$.

1-й способ. Построение результирующей ВАХ последовательного соединения суммированием напряжений.

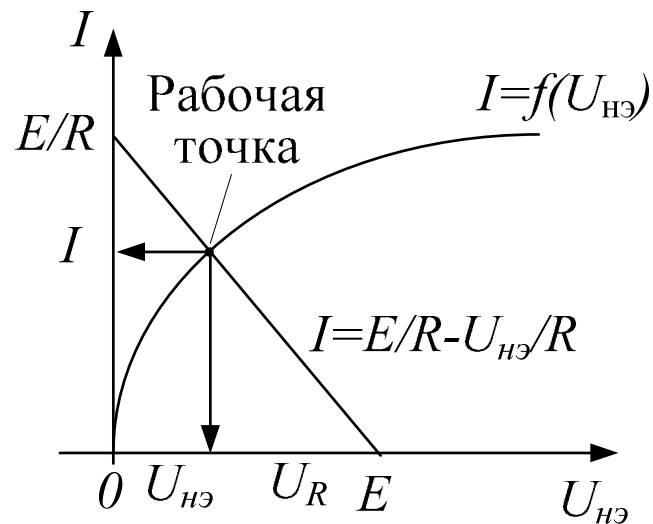


На результирующей ВАХ находим точку q и ток в точке m .

2-й способ. По схеме имеем уравнение:

$$U_{нэ} = E - IR \quad \text{или} \quad I = \frac{E}{R} - \frac{U_{нэ}}{R} -$$

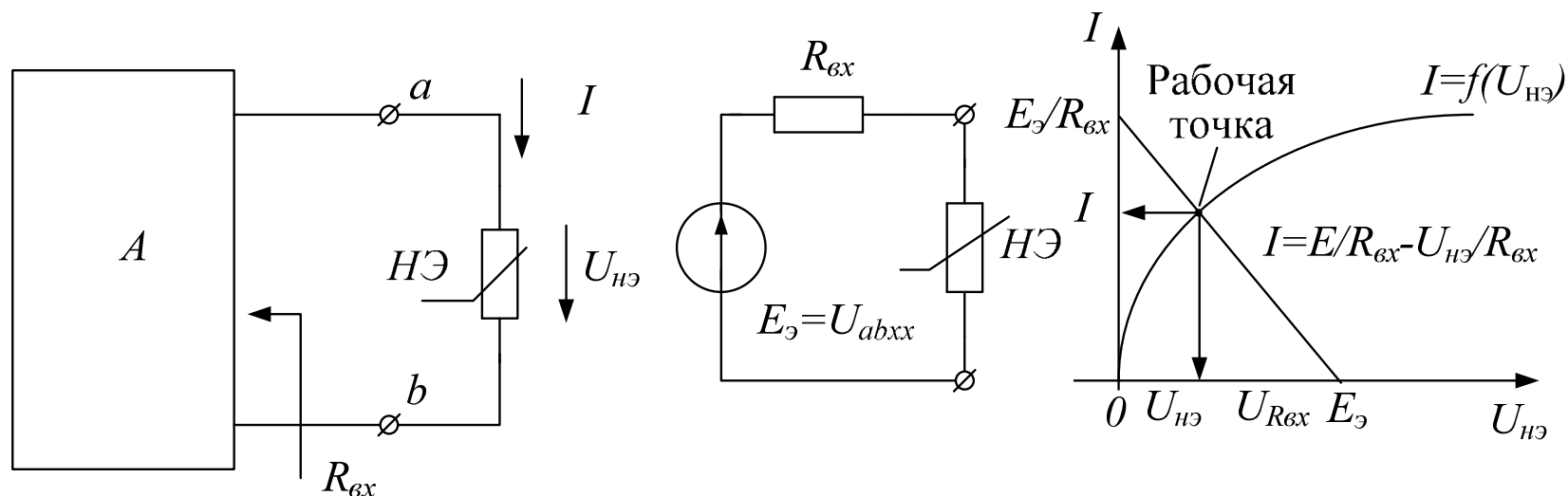
нагрузочная прямая.



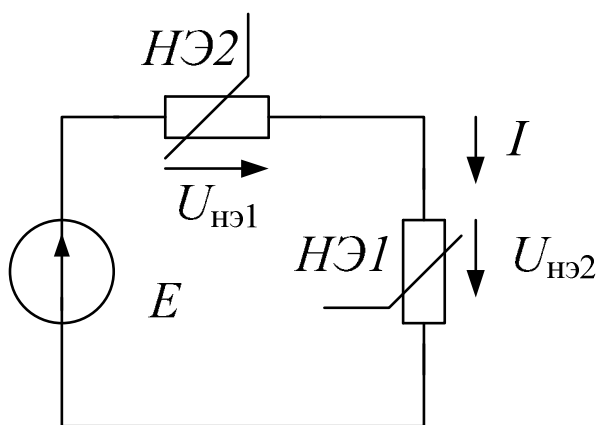
Строим графики ВАХ и нагрузочной прямой.

В рабочей точке находим ток и напряжение $U_{нэ}$.

Сложную цепь с одним НЭ заменяем активным двухполюсником и эквивалентным генератором.

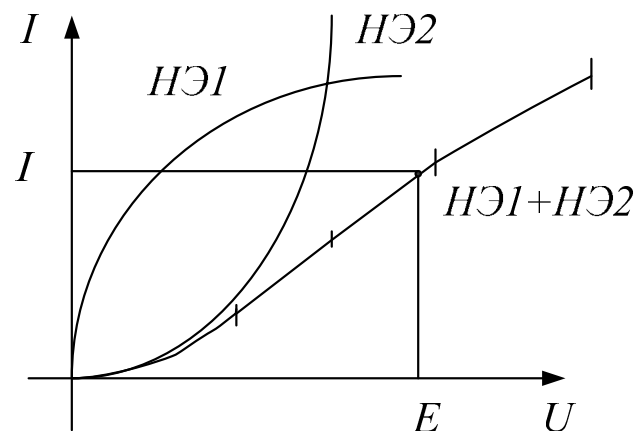


Последовательное соединение двух нелинейных элементов

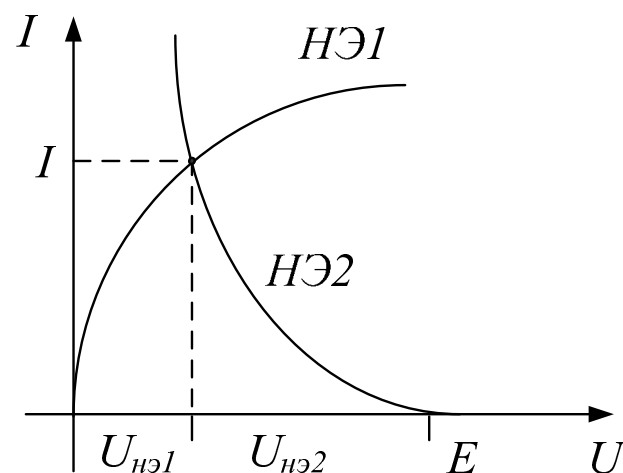


$$E = U_{HЭ1} + U_{HЭ2}$$

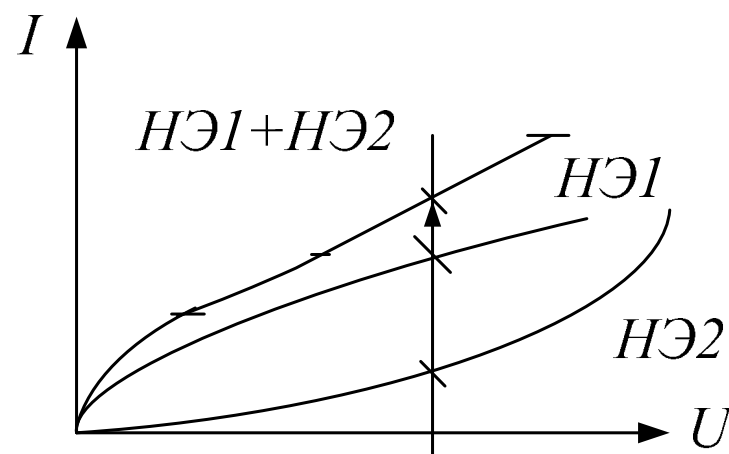
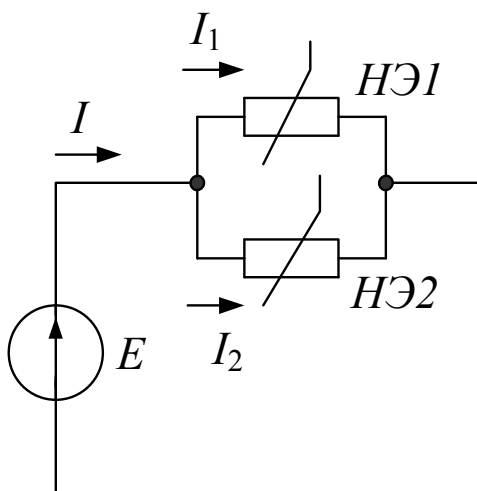
Первый способ



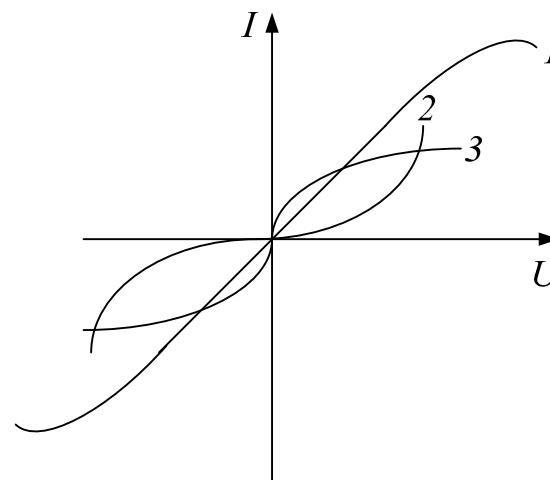
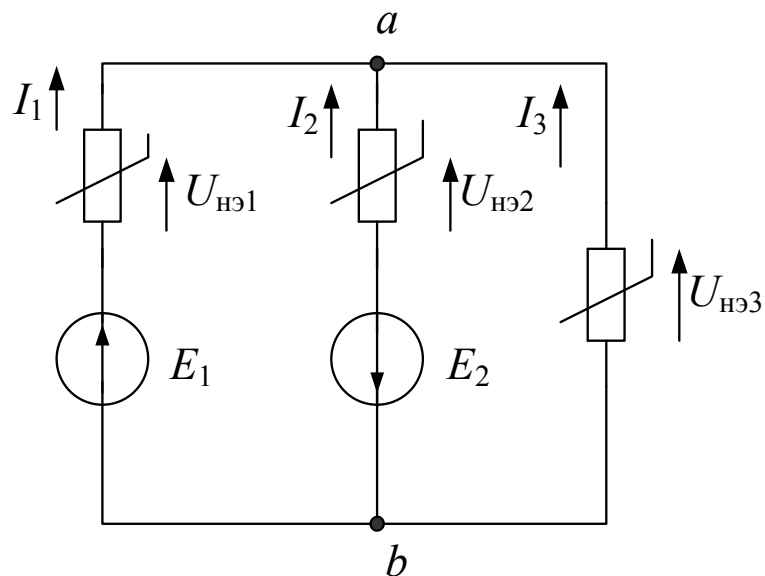
Второй способ



Параллельное соединение НЭ



Расчет разветвленной цепи методом двух узлов



Пусть $E_1 = 3E_2$.

По первому закону Кирхгофа: $I_1 + I_2 + I_3 = 0$.

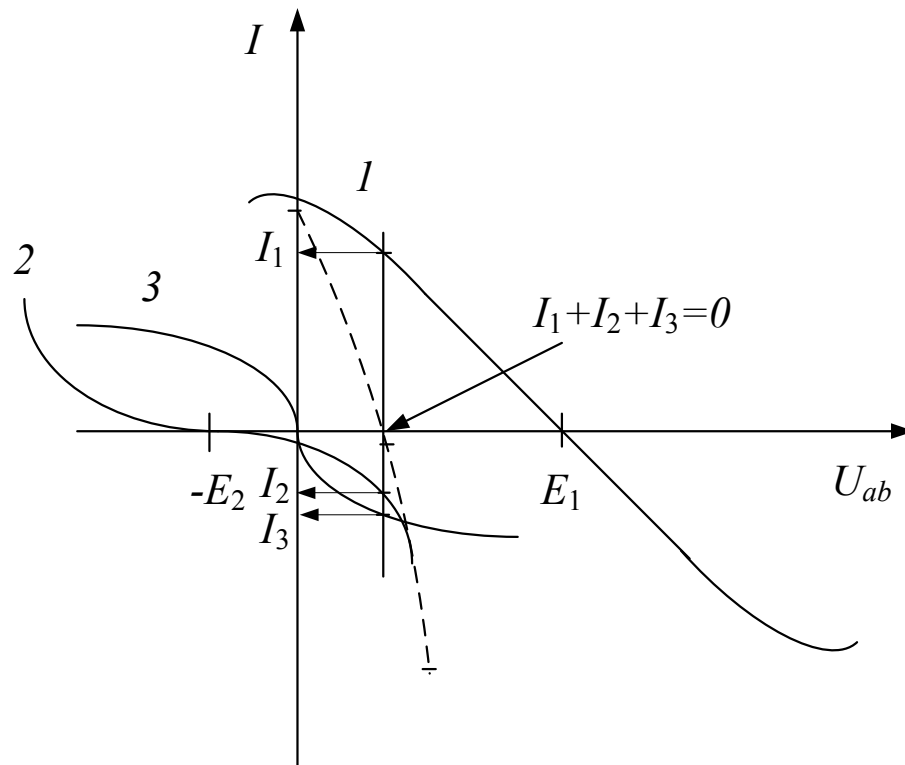
По второму закону Кирхгофа:

$$U_{ab} = E_1 - U_{нэ1}, \quad U_{ab} = -E_2 - U_{нэ2}, \quad U_{ab} = -U_{нэ3}.$$

Выразим напряжения на нелинейных элементах:

$$U_{нэ1} = E_1 - U_{ab}, \quad U_{нэ2} = -E_2 - U_{ab}, \quad U_{нэ3} = -U_{ab}.$$

Построим графики токов в нелинейных элементах от U_{ab} , преобразуя ВАХ с учетом источников напряжения.



Суммируем графики токов и находим выполнение условия $I_1 + I_2 + I_3 = 0$ и токи в ветвях.

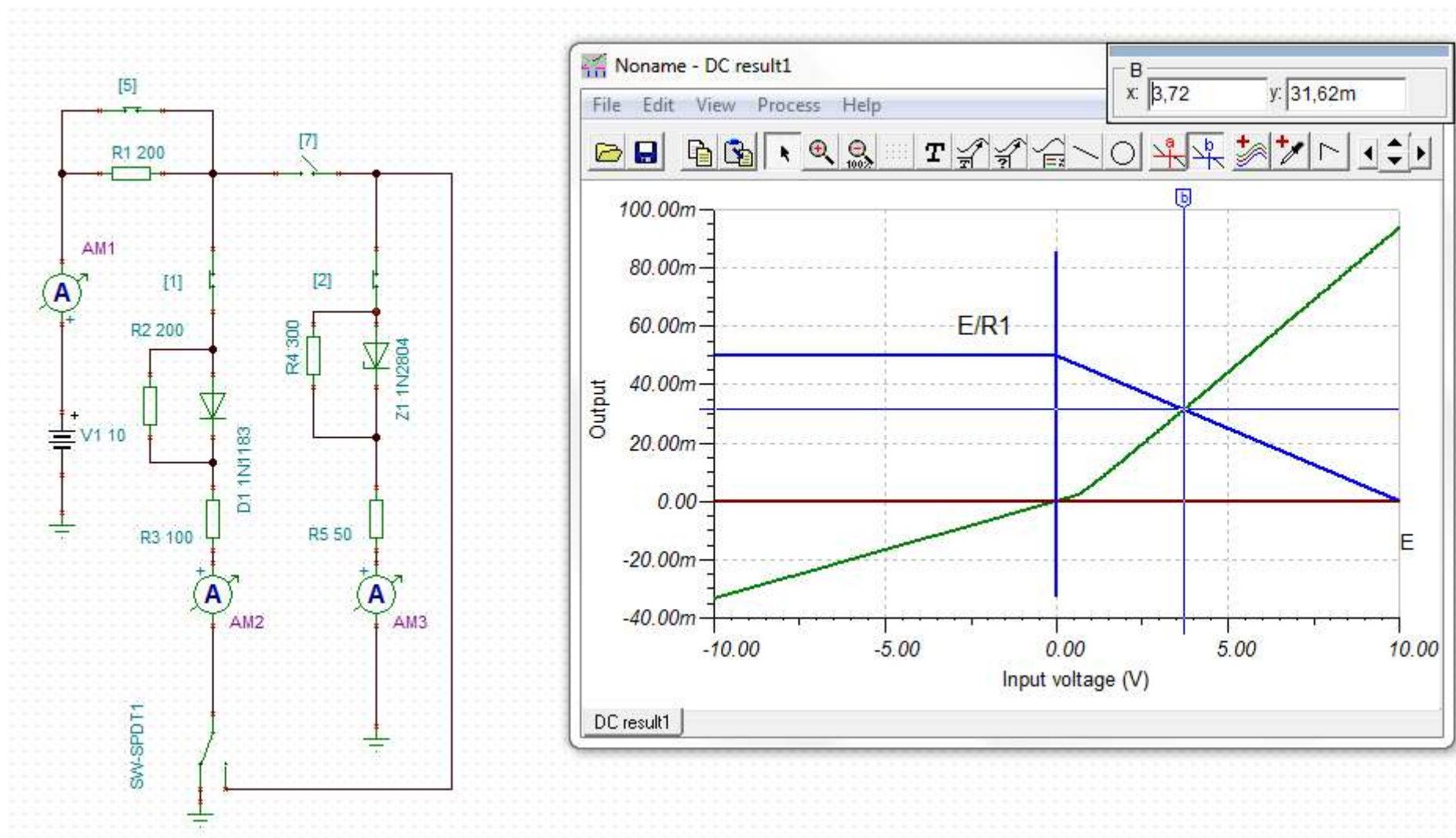
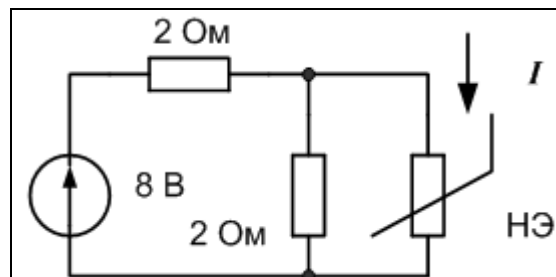
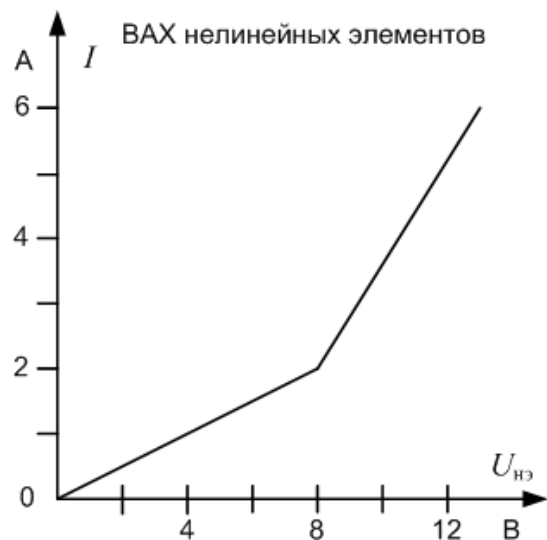
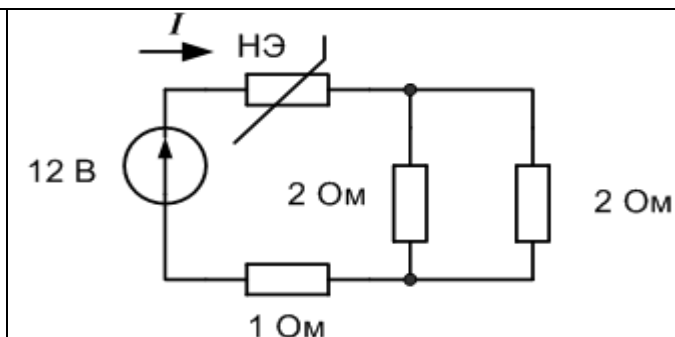


Рис.1.1

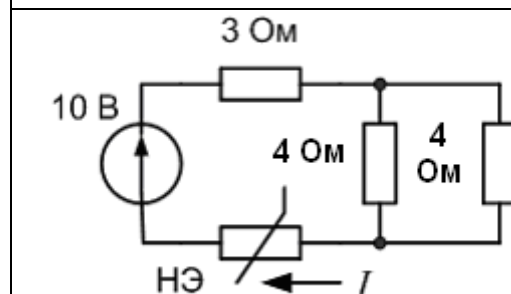
Решить задачи



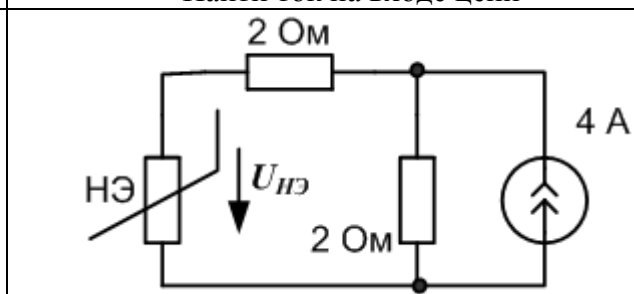
Найти ток в нелинейном элементе



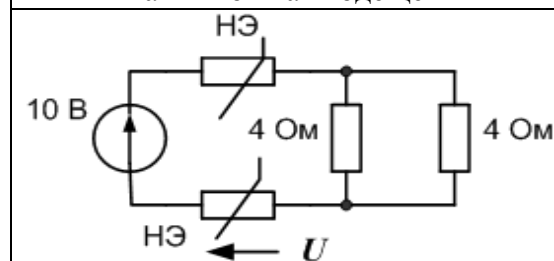
Найти ток на входе цепи



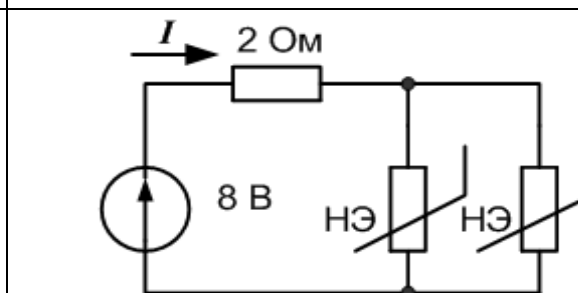
Найти ток на входе цепи



Найти напряжение на нелинейном элементе



Найти напряжение на нелинейном элементе



Найти ток на входе цепи