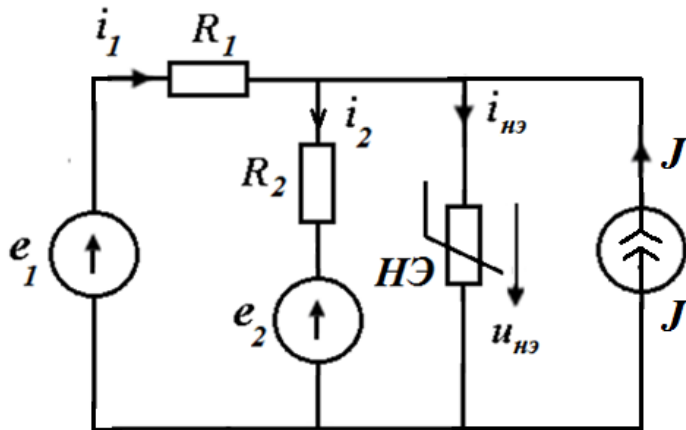


Расчёт нелинейных электрических цепей постоянного тока

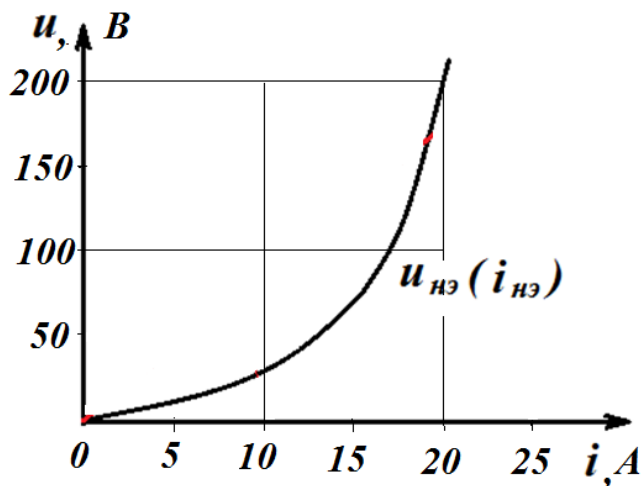
Задача 1



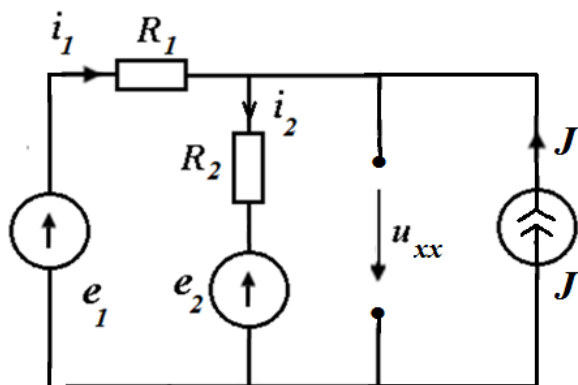
Для нелинейной цепи рассчитать токи в ветвях и определить статическое $R_{ст}$ и дифференциальное $R_{диф}$ сопротивления нелинейного элемента (НЭ)

$$R_1 = 10 \text{ Ом} \quad R_2 = 30 \text{ Ом} \quad e_1 = 160 \text{ В} \quad e_2 = 200 \text{ В} \quad J = 4 \text{ А}$$

Вольт- амперная характеристика НЭ задана в виде графика



Расчет проведем графоаналитическим методом
Линейную часть схемы заменим эквивалентным генератором



Для определения ЭДС эквивалентного генератора находится напряжение холостого хода между точками подключения НЭ в линейной части схемы когда НЭ удален.

В схеме 2 неизвестных тока, которые рассчитаем по законам Кирхгофа.

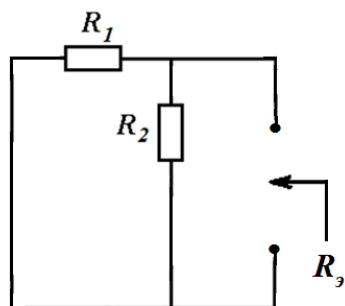
$$i_1 + J = i_2 \quad i_1 R_1 + i_2 R_2 = e_1 - e_2$$

$$i_1 10 + (i_1 + 4)30 = 160 - 200 \Rightarrow i_1 = -4 \text{ A} \quad i_2 = i_1 + J = -4 + 4 = 0$$

По 2 закону Кирхгофа

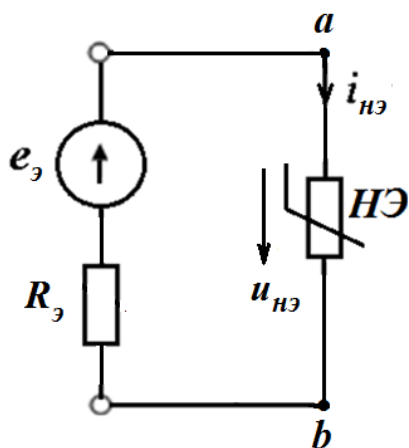
$$u_{xx} - i_2 R_2 = e_2 \Rightarrow u_{xx} = e_2 = 200 \text{ В}$$

Внутреннее сопротивление ЭГ находится по пассивной схеме.



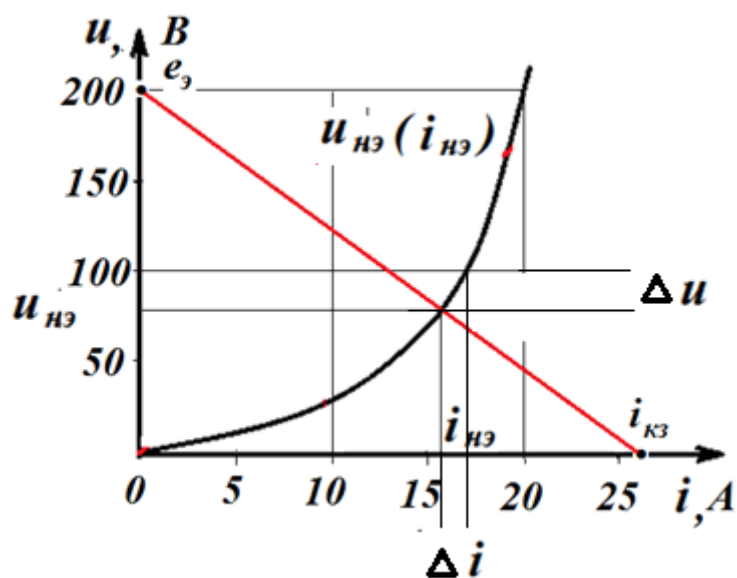
$$R_g = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 30}{10 + 30} = 7.5 \text{ Ом}$$

После упрощения исходная схема принимает вид



Расчет проведем графически используя внешнюю характеристику ЭГ

$$i_{кз} = \frac{e_3}{R_3} = \frac{200}{7.5} = 26.7 \text{ A}$$



$$i_{нэ} = 16 \text{ A} \quad u_{нэ} = 80 \text{ B}$$

Статическое сопротивление определяется по закону Ома

$$R_{ст} = u_{нэ} / i_{нэ} = 80 / 16 = 5 \text{ Ом}$$

Дифференциальное сопротивление есть производная функции напряжения НЭ по току

$$R_{диф} = du_{нэ} / di_{нэ}$$

Так как аналитическое выражение функции напряжения НЭ от тока отсутствует, то дифференциальное сопротивление будем определять приближенно, используя метод графического дифференцирования. В соответствии с рисунком графического решения получим

$$R_{\text{диф}} \approx \frac{\Delta u}{\Delta i} = \frac{100 - 80}{19.5 - 16} = 5.7 \quad \text{Ом}$$

Токи в исходной схеме определим по законам Кирхгофа

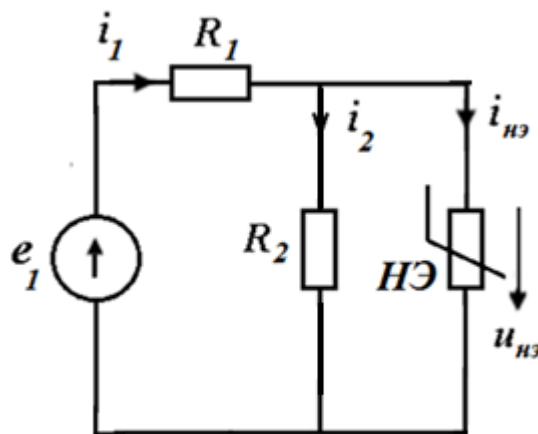
$$i_1 R_1 + u_{\text{нэ}} = e_1 \Rightarrow i_1 = \frac{e_1 - u_{\text{нэ}}}{R_1} = \frac{160 - 80}{10} = 8 \quad \text{А}$$

$$-i_2 R_2 + u_{\text{нэ}} = e_2 \Rightarrow i_2 = \frac{-e_2 + u_{\text{нэ}}}{R_2} = \frac{-200 + 80}{30} = -4 \quad \text{А}$$

Проверка по 1 закону Кирхгофа

$$i_1 + J = i_2 + i_{\text{нэ}} \Rightarrow 8 + 4 = -4 + 16$$

Задача2 (для самостоятельного решения)



Для нелинейной цепи рассчитать ток в НЭ и определить его статическое $R_{\text{ст}}$ и дифференциальное $R_{\text{диф}}$ сопротивления

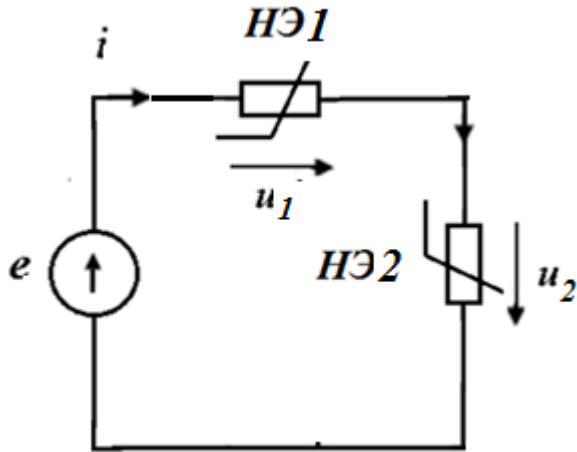
$$R_1 = R_2 = 200 \quad \text{Ом}, \quad e_1 = 100 \quad \text{В}$$

Вольт- амперная характеристика НЭ задана в виде аналитической функции $u_{\text{нэ}}(i_{\text{нэ}}) = 500 i_{\text{нэ}}^2$

Для контроля верности самостоятельного решения

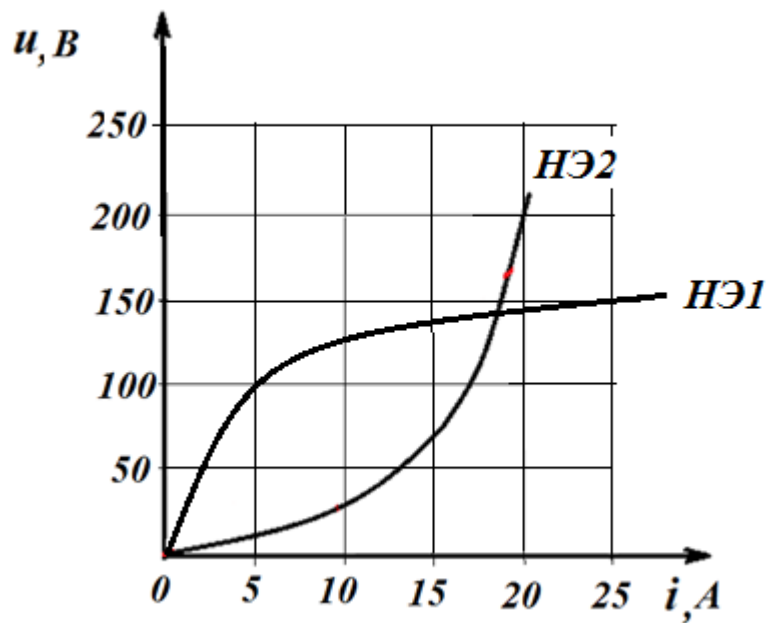
($i_{нэ} = 0.23 \text{ A}$, $R_{ст} = 116 \text{ Ом}$, $R_{диф} = 230 \text{ Ом}$)

Задача 3



При заданном напряжении $u_1 = 135 \text{ В}$ определить эдс источника.

ВАХ нелинейных элементов заданы графически.



Решение

Для решения задачи используем графический метод. При напряжении $u_1 = 135 \text{ В}$ по характеристике $HЭ1$ находим ток

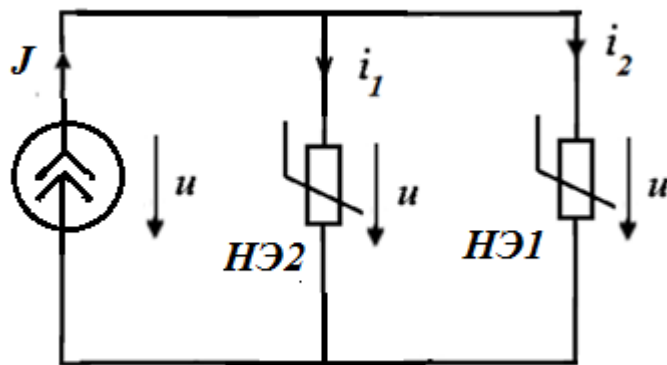
$$i = 15 \text{ А}$$

Ток в НЭ2 будет такой же так как НЭ соединены последовательно.

При этом токе напряжение на НЭ2 будет равно $u_2 = 70 \text{ В}$, что следует из графика ВАХ НЭ2. Тогда по второму закону Кирхгофа

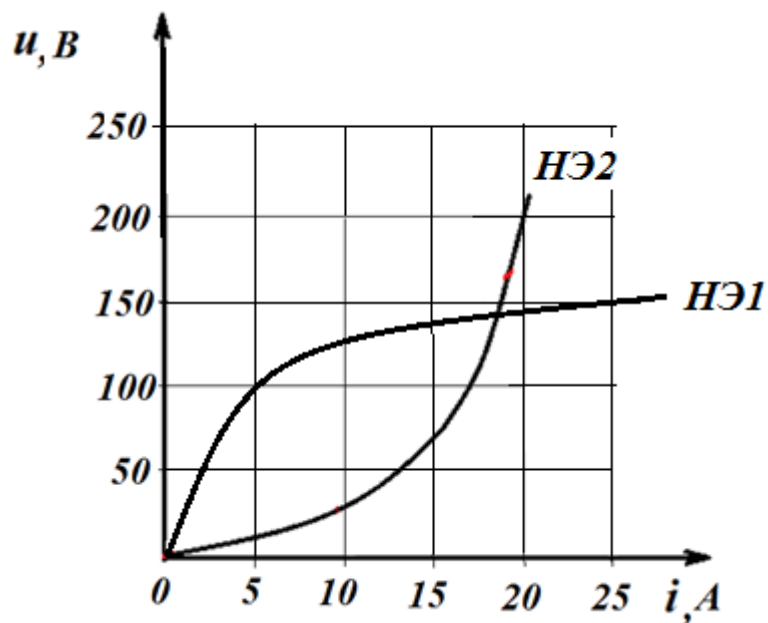
$$e = u_1 + u_2 = 135 + 70 = 205 \text{ В}$$

Задача 4 (для самостоятельного решения)



При заданном токе $i_1 = 5 \text{ А}$ определить ток источника тока J .

ВАХ нелинейных элементов заданы графически.



Для контроля верности самостоятельного решения ($J = 22 \text{ А}$)

