

TEMA 3: CIRCUITOS ELÉCTRICOS NÃO- LINEARES DE CORRENTE CONTÍNUA

Definições básicas

Os circuitos eléctricos não-lineares são aqueles que contêm pelo menos um elemento não-linear. Os elementos não-lineares podem ser resistivos (resistências não-lineares), indutivos (indutâncias não-lineares) ou capacitivos (capacidades não-lineares).

As resistências não-lineares distinguem-se das lineares por terem uma característica volt/ampere não-linear. Existem resistências não-lineares controladas e não-controladas.

As resistências não-lineares controladas estão munidas de um circuito adicional cuja corrente e tensão podemos fazer variar de modo a mudar a forma da característica volt/ampere do circuito principal.

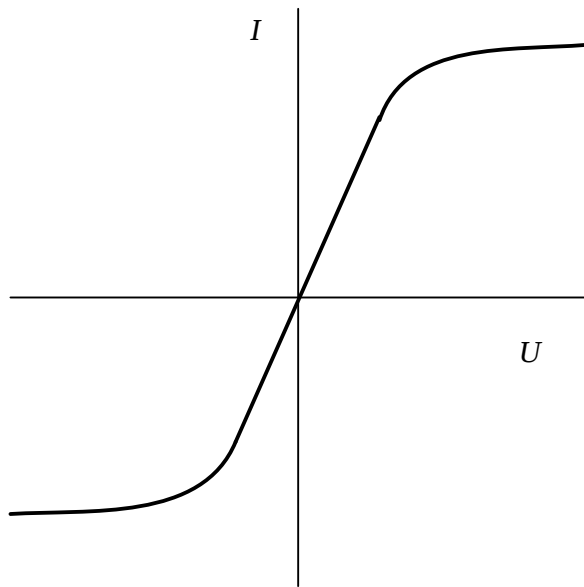
Definições básicas

O grupo de resistências não-lineares não-controladas inclui lâmpadas de incandescência, arcos eléctricos, resistência de tirite e vilite, díodos de cristal, etc.

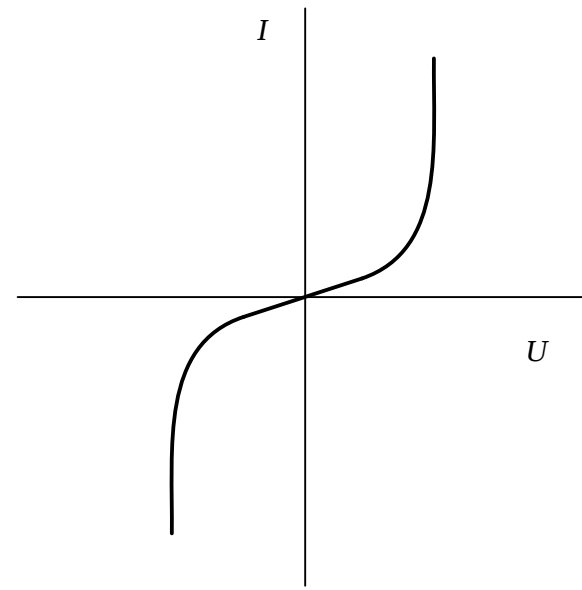
O grupo de resistências não-lineares controladas inclui transístores, tirístores, etc.

Características Volt/ampere de Resistências não-lineares

Em a) é apresentada a característica do filamento metálico de uma lâmpada de incandescência e em b) temos a característica de resistência de tirite e vilite, alguns tipos de transistores e lâmpada de incandescência de filamento de carvão.



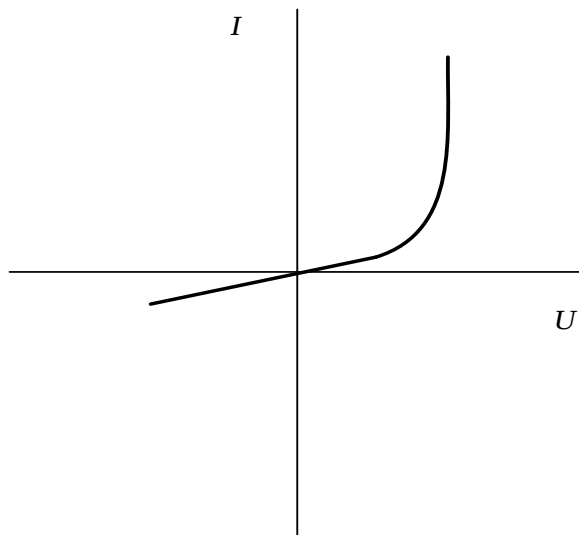
a)



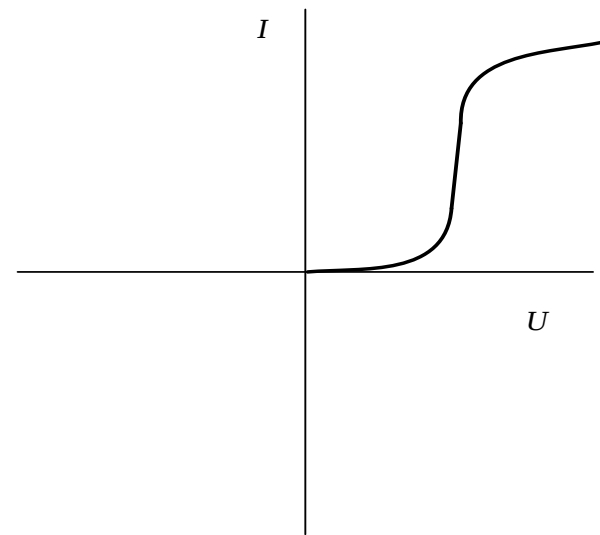
b)

Características Volt/ampere de Resistências não-lineares

Em c) é apresentada a característica de rectificadores construídos à base de semi-condutores. Em d) temos a característica dos díodos de vácuo.



c)



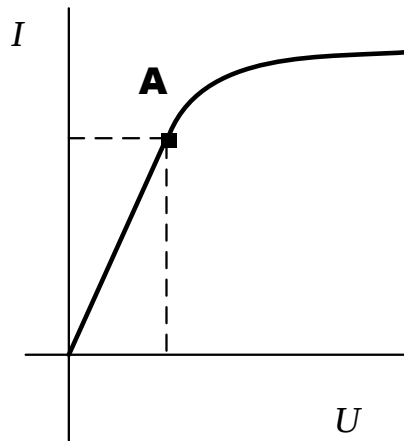
d)

Parâmetros de uma resistência não-linear

Uma descrição completa de um elemento ou circuito resistivo não-linear tanto pode ser dado pela forma da sua característica volt/ampere, como pelas suas resistências estáticas e incrementais em função da corrente ou da tensão.

A resistência estática, R_{est} descreve o comportamento de um elemento não-linear sob condições de uma certa corrente em regime estacionário. Representa a razão entre a tensão e a corrente:

$$R_{est} = \frac{U}{I}$$

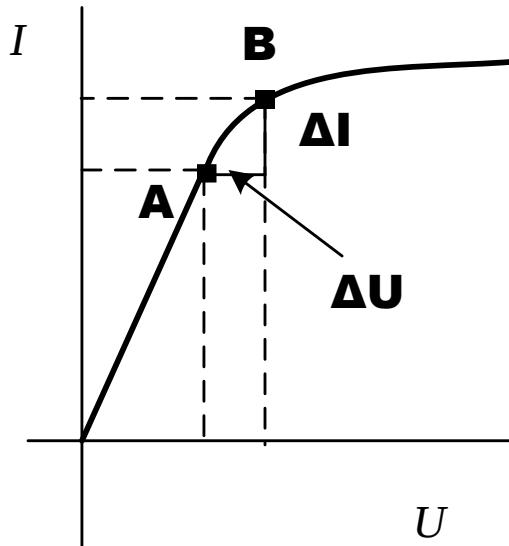


$$R_{est_A} = \frac{U_A}{I_A}$$

Parâmetros de uma resistência não-linear

A resistência incremental (dinâmica) R_{din} , representa a razão (teoricamente infinitesimal) entre um pequeno aumento da tensão num elemento resistivo não-linear e o aumento correspondente na corrente que percorre o elemento:

$$R_{din} = \frac{dU}{dI} \approx \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

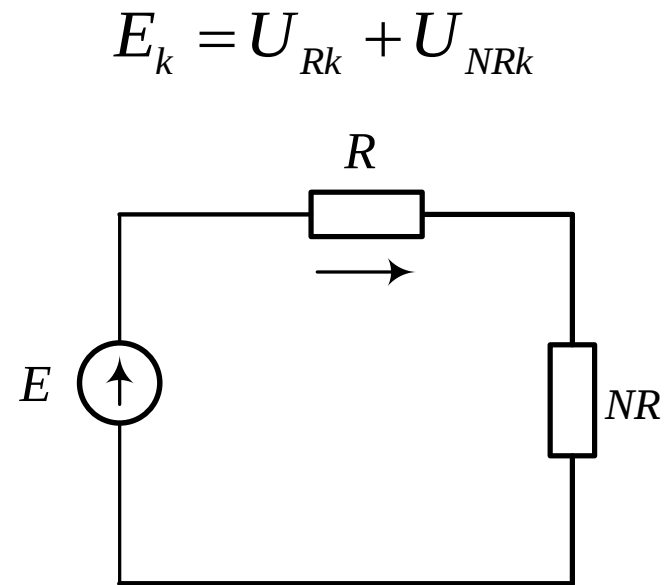
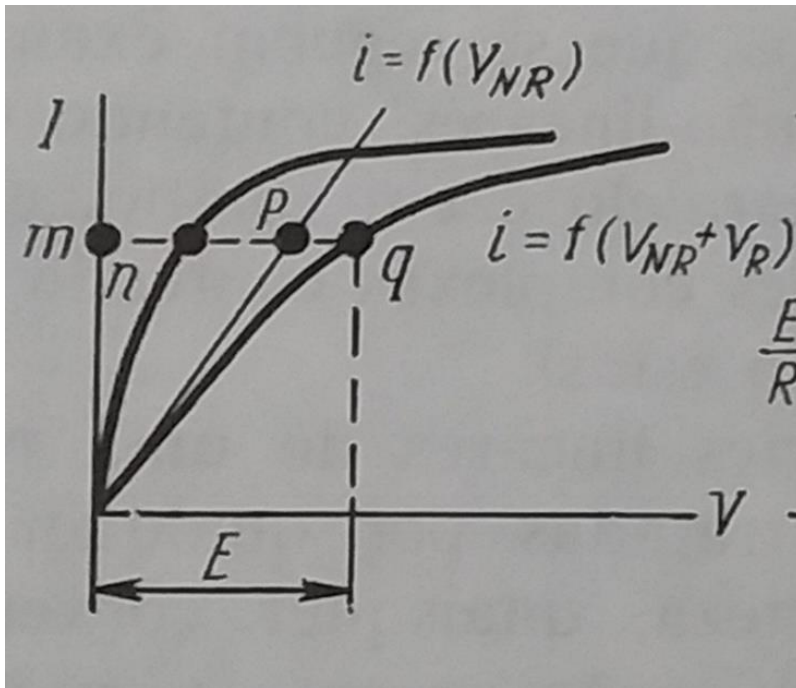


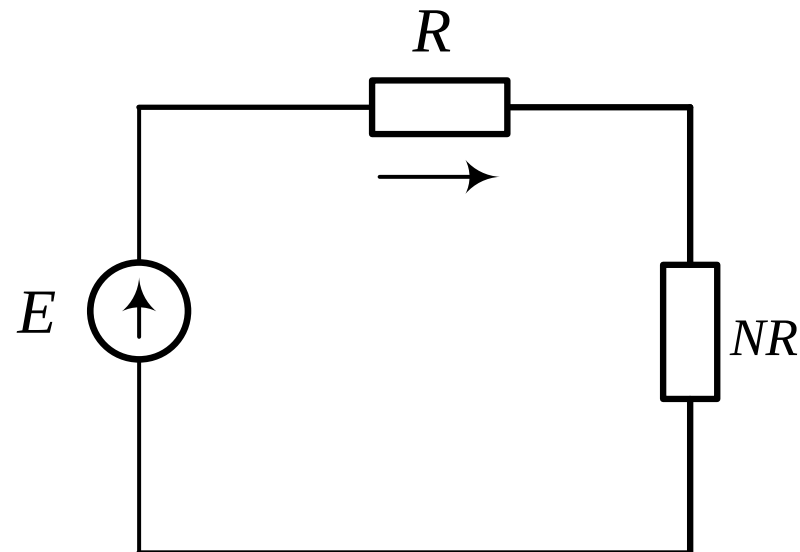
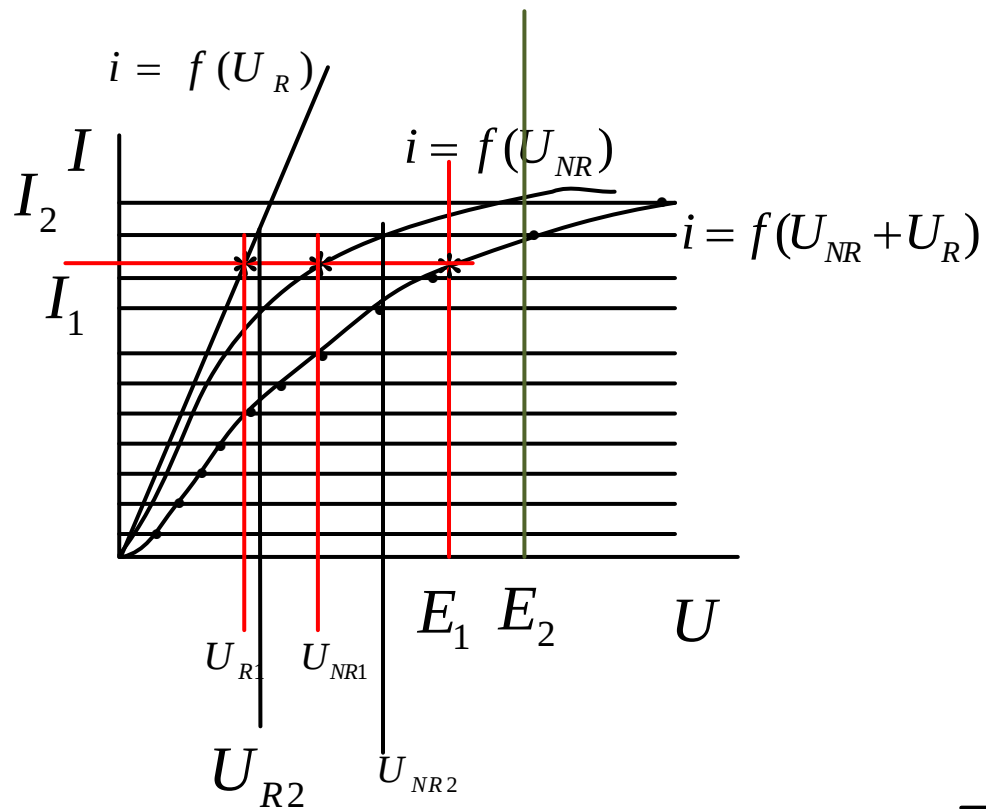
$$R_{din_BA} = \frac{U_B - U_A}{I_B - I_A}$$

Cálculo de circuitos eléctricos não-lineares com resistências em série

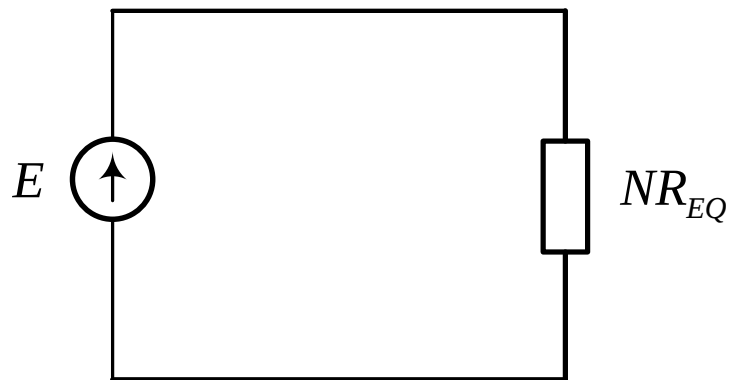
No circuito eléctrico dado determinar a corrente e tensões nos elementos.

No primeiro método, obtemos a característica equivalente das resistências ligadas em série e com base nela determinamos os valores pretendidos.



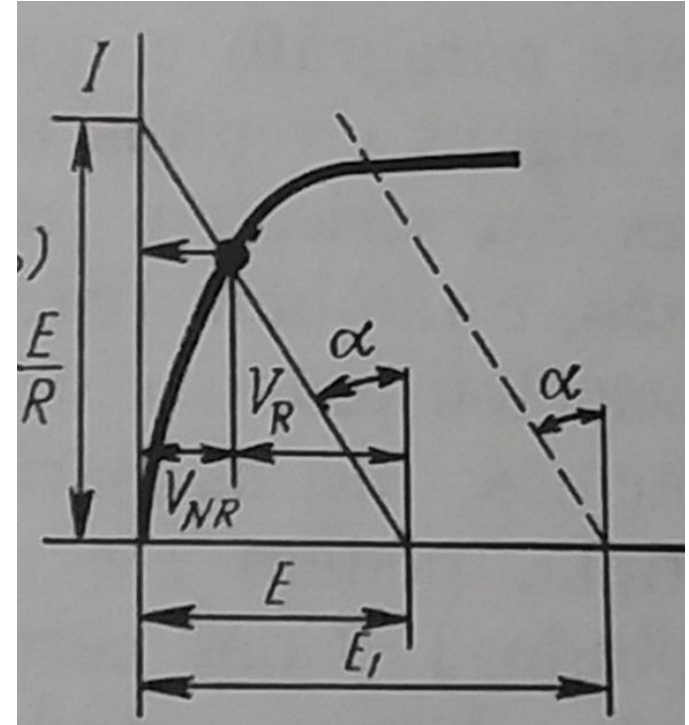


$$E_k = U_{Rk} + U_{NRk}$$

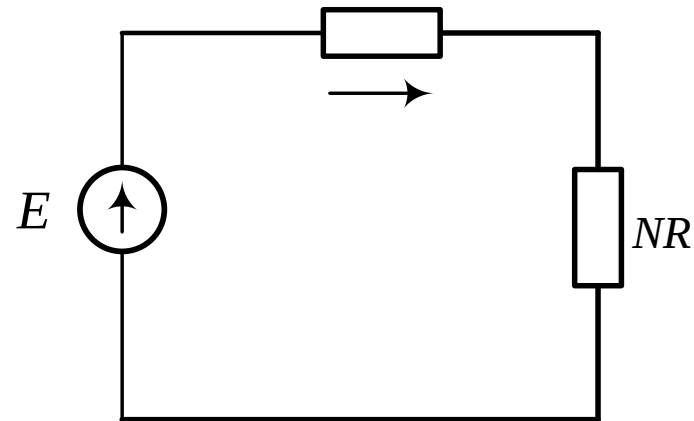
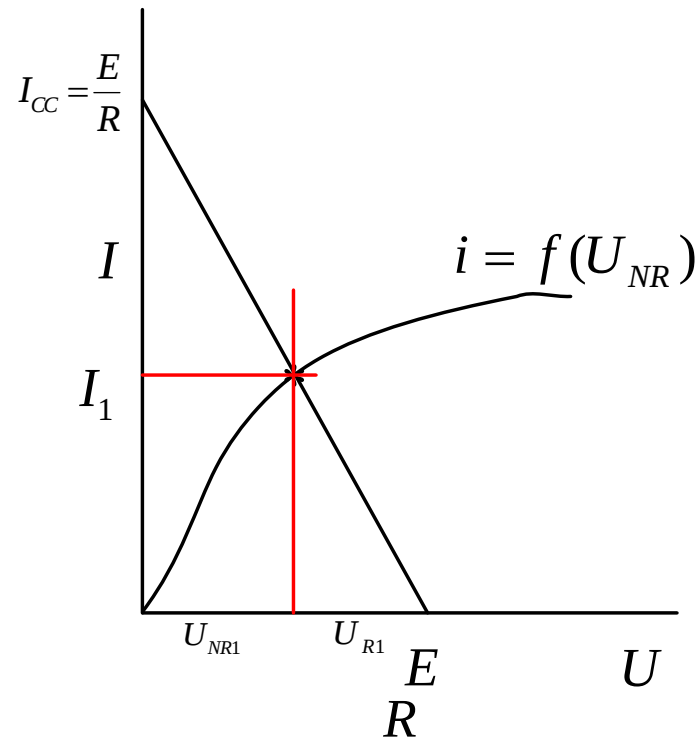


Cálculo de circuitos eléctricos não-lineares com resistências em série (Cont.)

No segundo método, a solução é obtida com recurso ao traçado da característica inversa de uma das resistências. O ponto de intercepção entre as duas características corresponde ao ponto de funcionamento do circuito. A partir deste ponto encontramos os valores pretendidos.

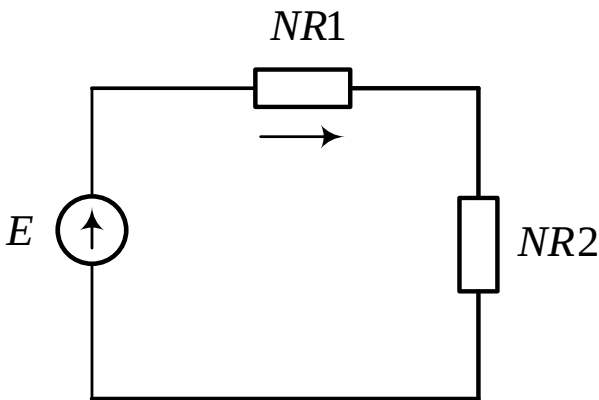


$$E_k = U_{Rk} + U_{NRk}$$

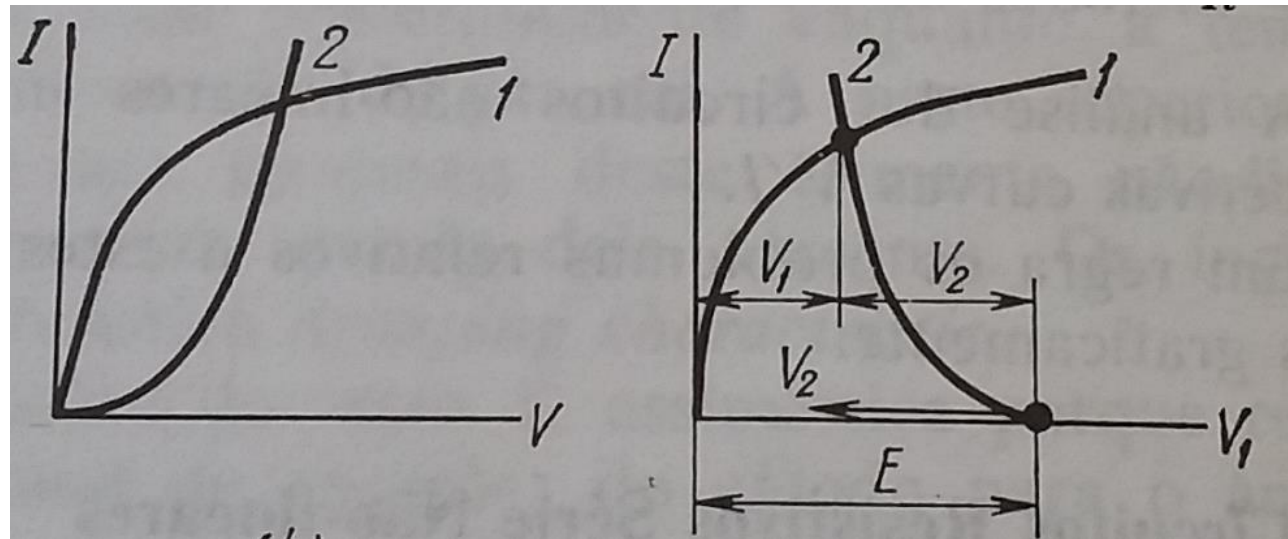


Cálculo de circuitos eléctricos não-lineares com resistências em série (Cont.)

No caso em que as duas resistências conectadas em série sejam lineares, a resolução é feita de acordo com os gráficos indicados abaixo.



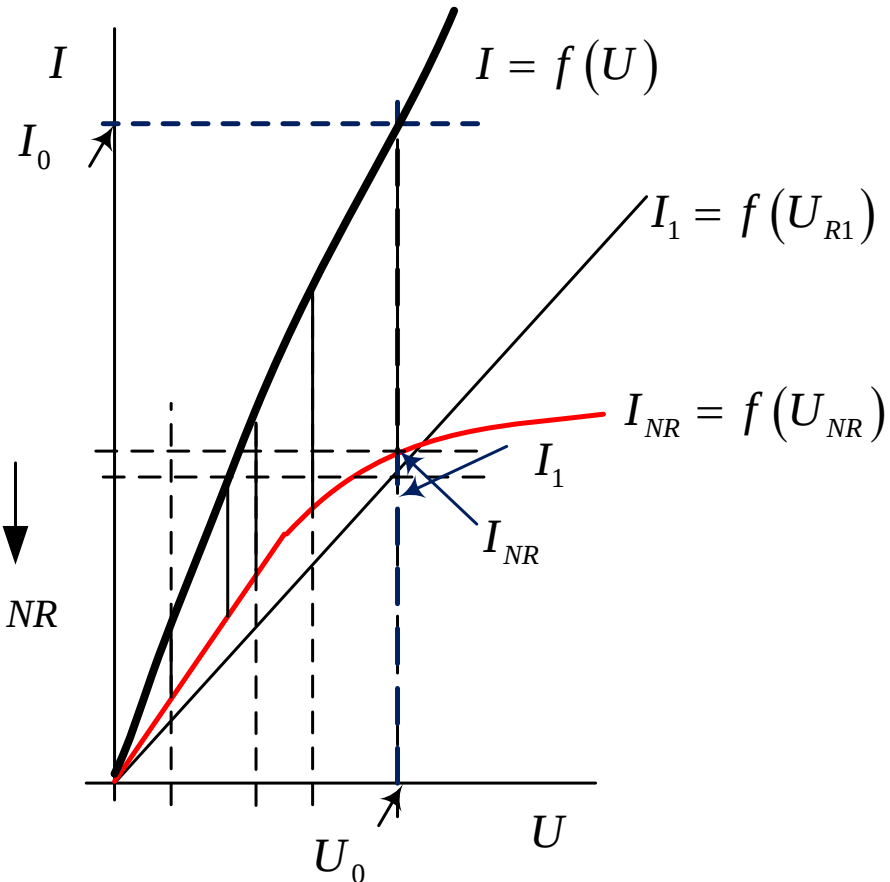
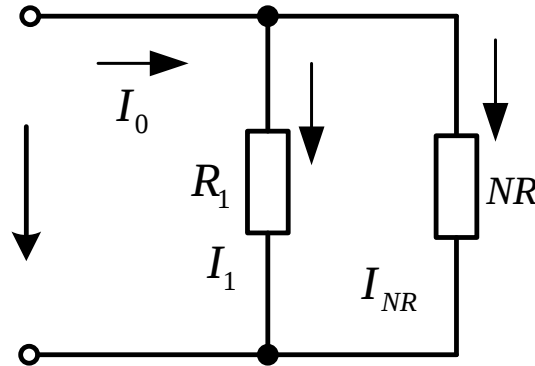
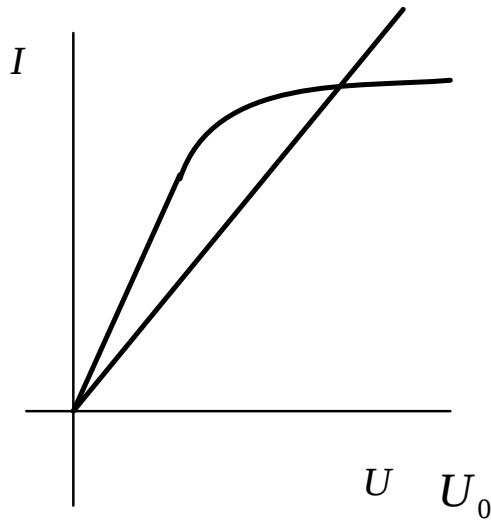
$$E_k = U_{NR1k} + U_{NR2k}$$



Cálculo de circuitos eléctricos não-lineares com resistências em paralelo

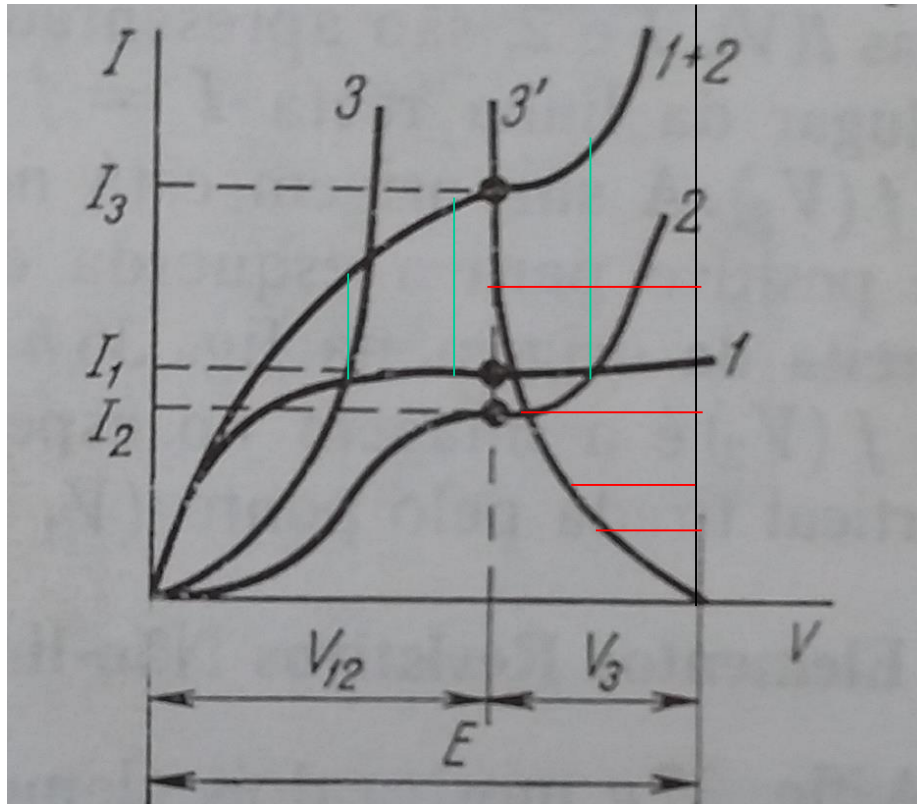
No circuito eléctrico dado determinar a corrente e tensões nos elementos.

$$I_k = I_{Rk} + I_{NRk}$$



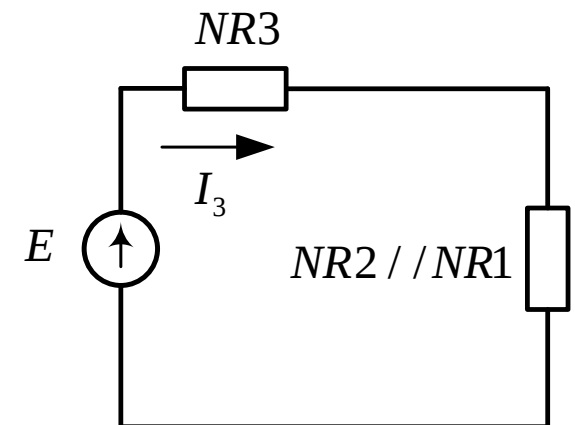
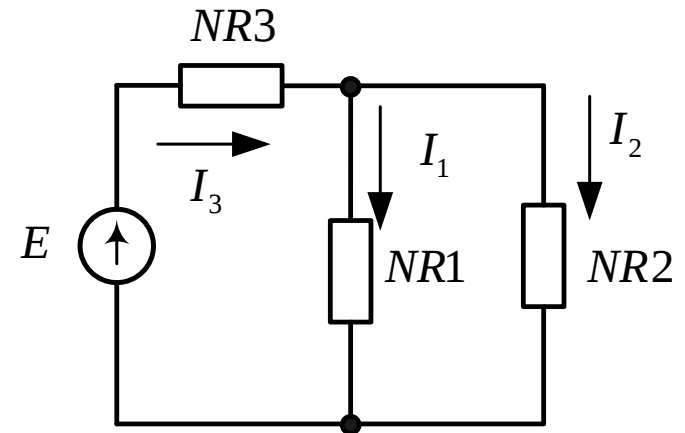
Cálculo de circuitos eléctricos não-lineares com ligações mistas

Na análise de circuitos com ligações mistas, o procedimento é seguir a sequência de cálculo similar ao das resistências lineares.



$$U_{NR3k_Inv} = E - U_{NR3k}$$

TEORIA DE CIRCUITOS 2024



$$I_k = I_{Rk} + I_{NRk}$$

Aplicação do Teorema de Thevenine

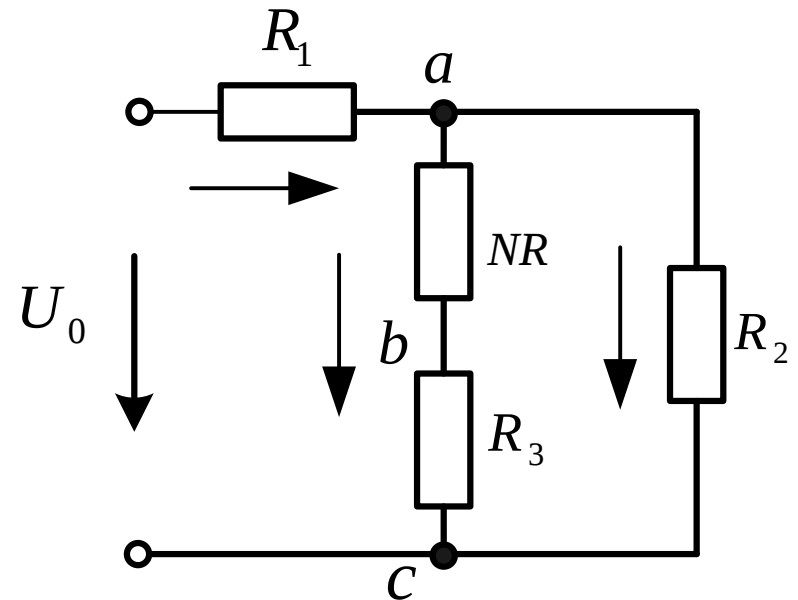
Exemplo de cálculo

Determinar as correntes e tensões no circuito dado, sabendo que a característica volt-ampere da resistência NR é conhecida. Sabe-se também que:

$$U_0 = 30 \text{ V},$$

$$R_1 = R_2 = 5 \, \Omega;$$

$$R_3 = 2,12 \, \Omega$$



Resolução

$$U_0 = 30 \text{ V},$$

$$R_1 = R_2 = 5 \Omega;$$

$$R_3 = 2,12 \Omega$$

$$R_{ab} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = 4,62 \Omega;$$

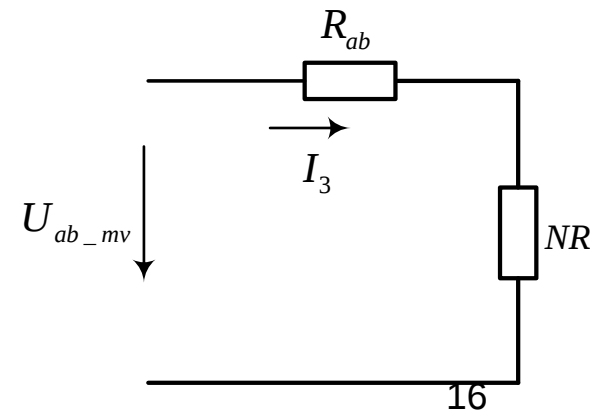
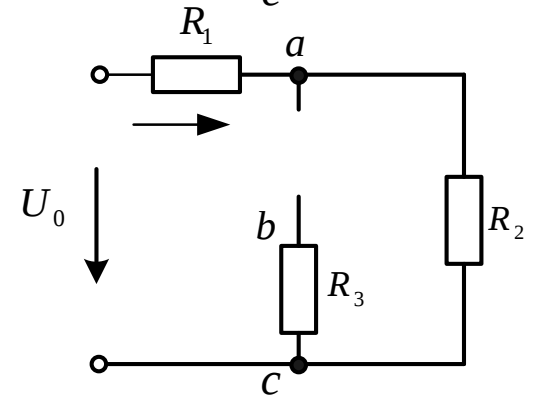
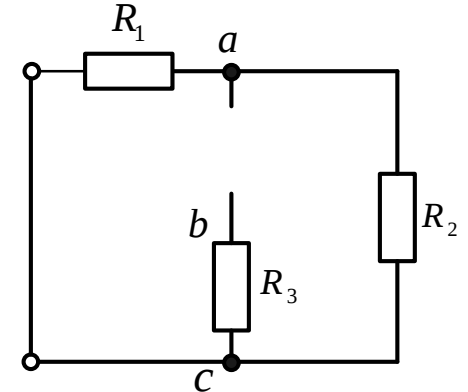
$$U_{ab_mv} = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 15 \text{ V};$$

$$I_{cc} = \frac{U_{ab}}{R_{ab}} = 3,25 \text{ A}; I_3 = 2,2 \text{ A}; U_{NR} = 4,8 \text{ V};$$

$$U_{R3} = I_3 R_3 = 4,66 \text{ V} \rightarrow U_{R2} = U_{NR} + U_{R3} = 9,46 \text{ V};$$

$$I_2 = \frac{U_{R2}}{R_2} = 1,89 \text{ A};$$

$$I_1 = I_2 + I_3 = 4,09 \text{ A}; U_{R1} = U_0 - U_{R2} = 20,54 \text{ V}$$



Característica Volt/Ampere da Resistência NR

