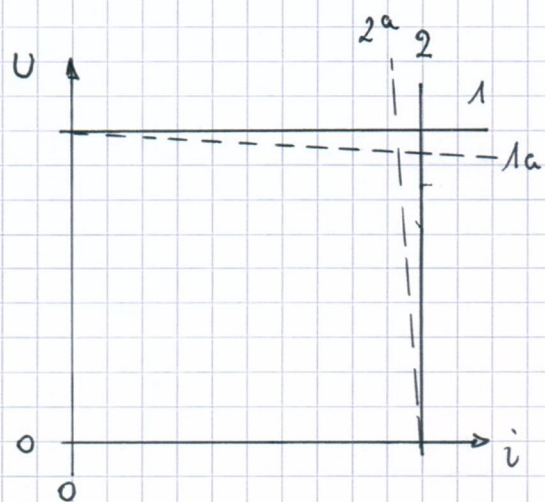


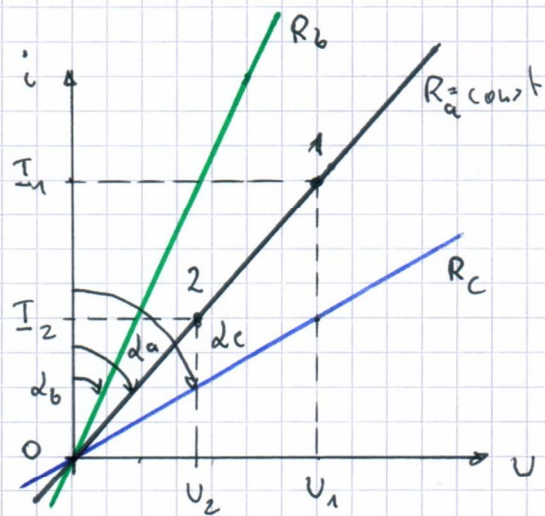
Proste obwody elektryczne z elementem elektronicznym nieliniowym

Charakterystyki liniowych i nieliniowych elementów obwodu elektrycznego

Elementy liniowe

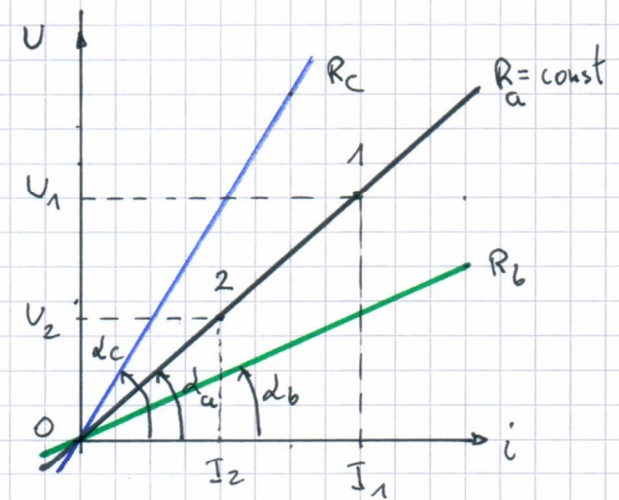


- 1 - charakterystyka źródła napięciowego idealnego
- $1a$ - i.w. de źródła rzeczywistego
- 2 - charakterystyka źródła prądowego idealnego
- $2a$ - i.w. ale źródła rzeczywistego



$$R_a = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_1}{I_1} = \text{tg } \alpha = \text{const}$$

$$R_b = \text{tg } \alpha_b \quad R_c = \text{tg } \alpha_c$$

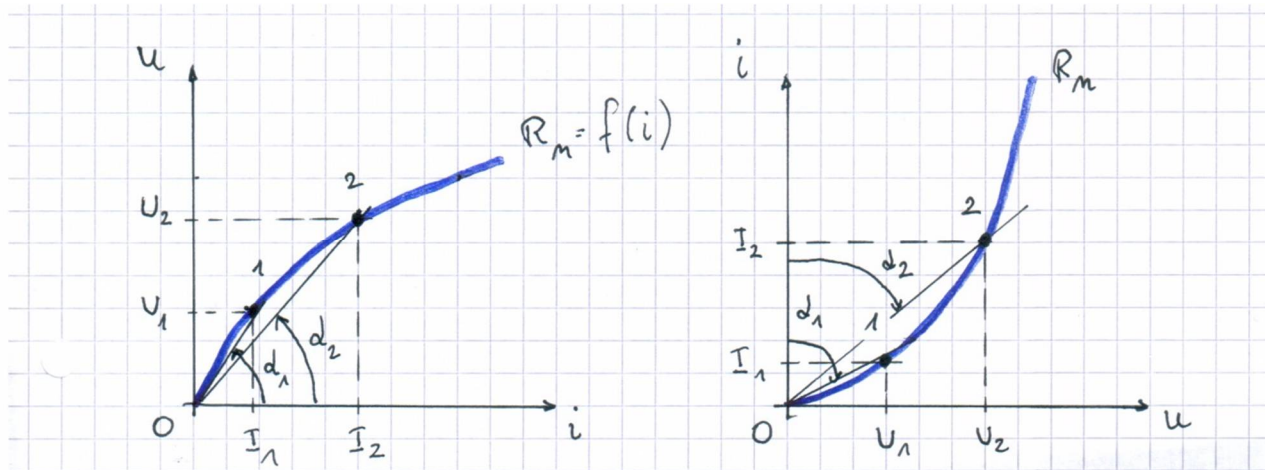


$$R_a = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2} = \text{const}$$

$$R_a = \text{tg } \alpha_a \quad R_b = \text{tg } \alpha_b \quad R_c = \text{tg } \alpha_c$$

Charakterystyki liniowych i nieliniowych elementów obwodu elektrycznego

Elementy nieliniowe nieliniowa rezystancja



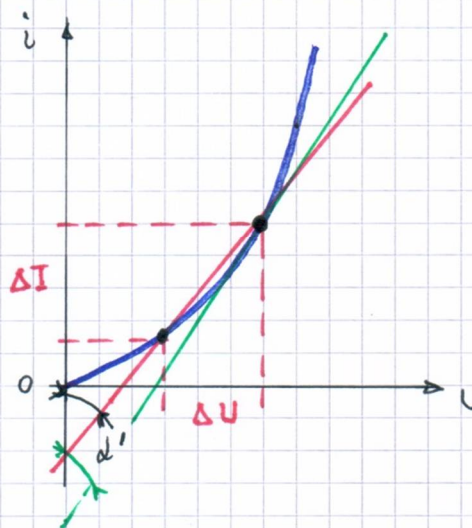
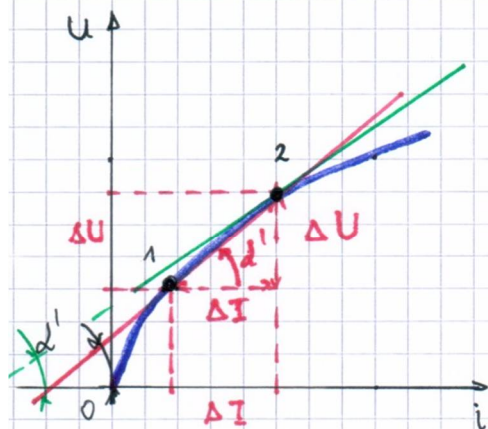
$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2}$$

- Rezystancja statyczna

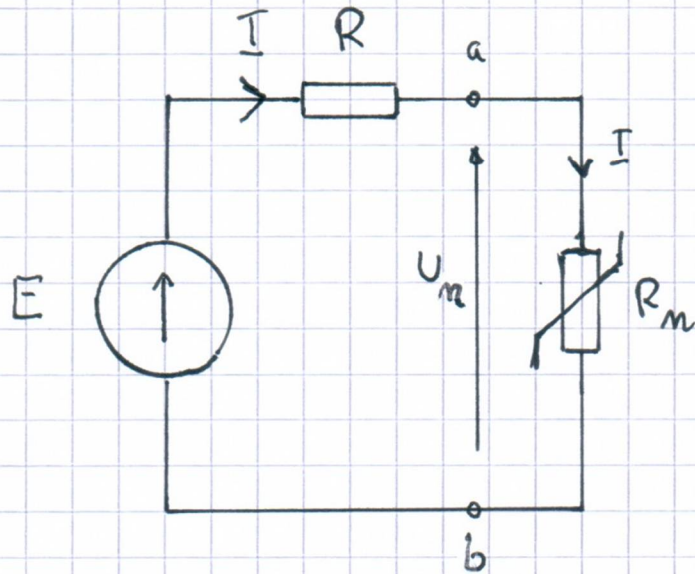
$$R^1 = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

$$R^1 = \frac{\Delta U}{\Delta I} \rightarrow \frac{dU}{dI} = \operatorname{tg} d^1$$

- Rezystancja dynamiczna
(przyrostowa, różniczkowa)



Obliczenia obwodu nieliniowego (z elementem nieliniowym)



prawo Ohma

$$U = R \cdot I = c \cdot I$$

zależność liniowa

$$R_m = f(I) = R_m(I)$$

$$I = \frac{E}{R + R_m(I)} \quad (*)$$

prąd I zapisany w postaci
funkcji uwikłanej

$$U = R(I) \cdot I = f(I)$$

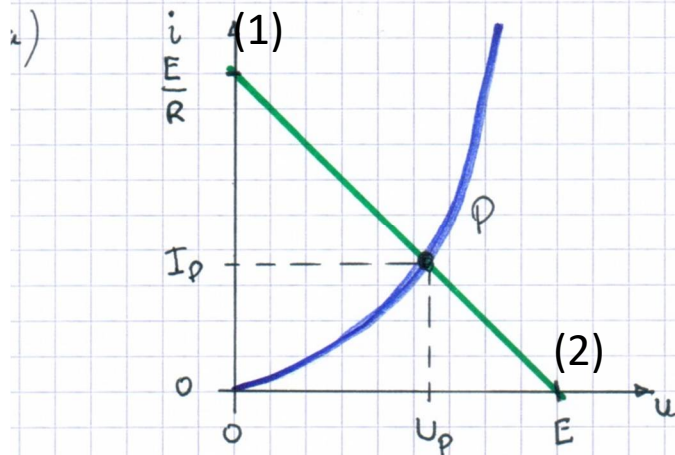
zależność nieliniowa

Obliczenia obwodu nieliniowego (z elementem nieliniowym)

- 1) Metody graficzne (mniej dokładne ale poglądowe)
- 2) Metody wymagając linearyzacji elementu nieliniowego
- 3) Metody numeryczne (specjalizowane programy symulacyjne, np. SPICE)

ad 1) Metoda graficzna

- a) wykorzystujemy znany ch. elementu nieliniowego w formie graficznej
- b) wyliczamy a następnie wykreślamy ch. części liniowej obwodu ($E+R$)
- c) punkt przecięcia obu charakterystyk wyznacza prąd i napięcie elementu nieliniowego



$$U_m = I \cdot R_m(1)$$

$$U_m = E - R \cdot I$$

Równanie części liniowej obwodu

$$U_m = E - R \cdot I$$

$$I = \frac{E}{R} - \frac{U_m}{R} = \frac{E}{R} - \frac{U}{R}$$

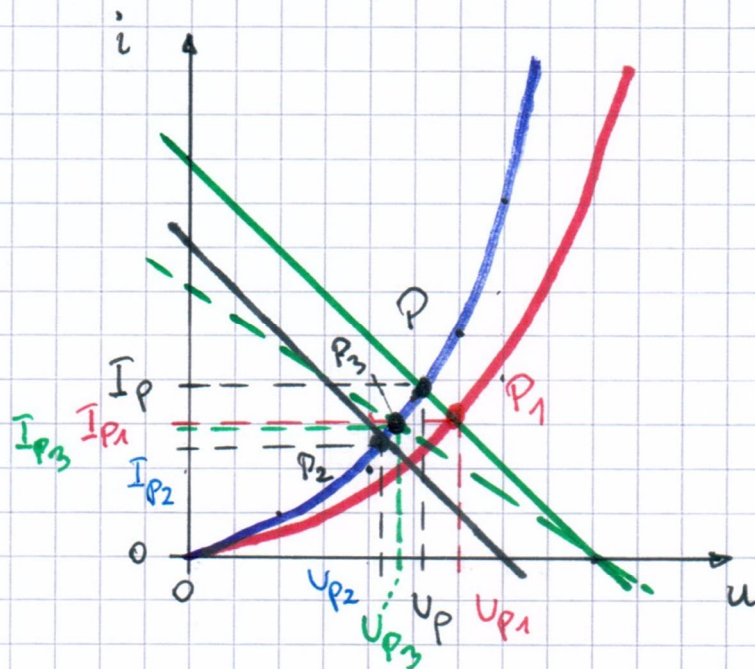
Wyznaczenie 2 punktów prostej :

$$(1) \quad U = 0 \quad I_1 = E/R$$

$$(2) \quad I = 0 \quad U_2 = E$$

Metody graficzne pozwalają na pogładowe przedstawienie wpływu zmian wartości elementów obwodu na wynik obliczeń

Dobra ilustracja zmian E , R i $R_m(I)$



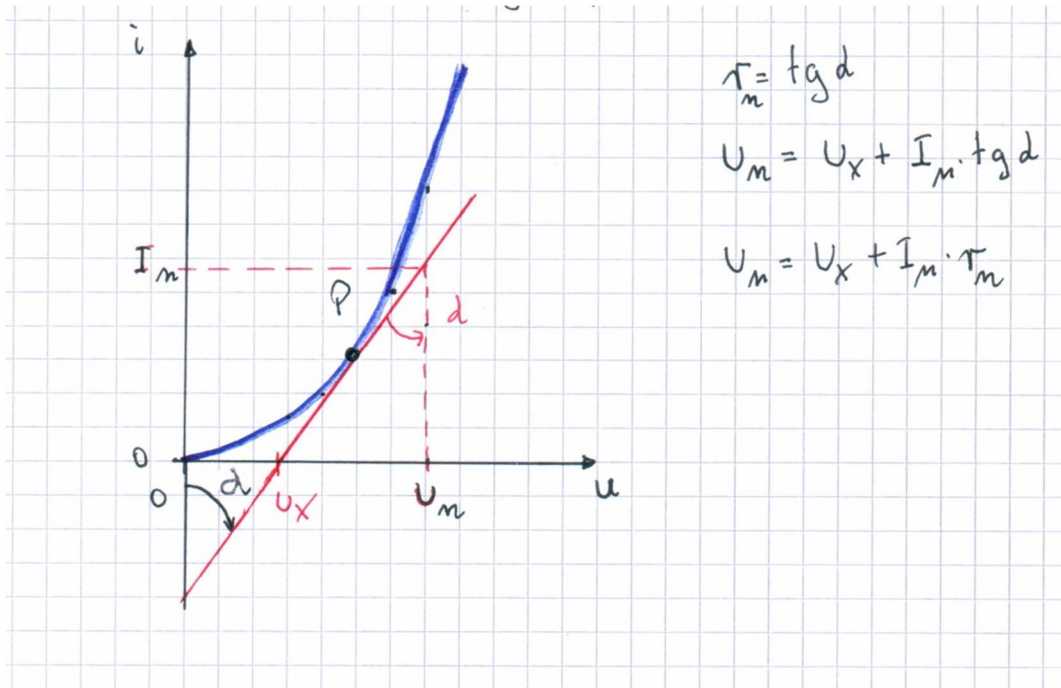
$$R' = \frac{\Delta U}{\Delta I} \rightarrow r = \frac{dU}{dI}$$

r - rezystancja różniczkowa (przyrostowa, dynamiczna)

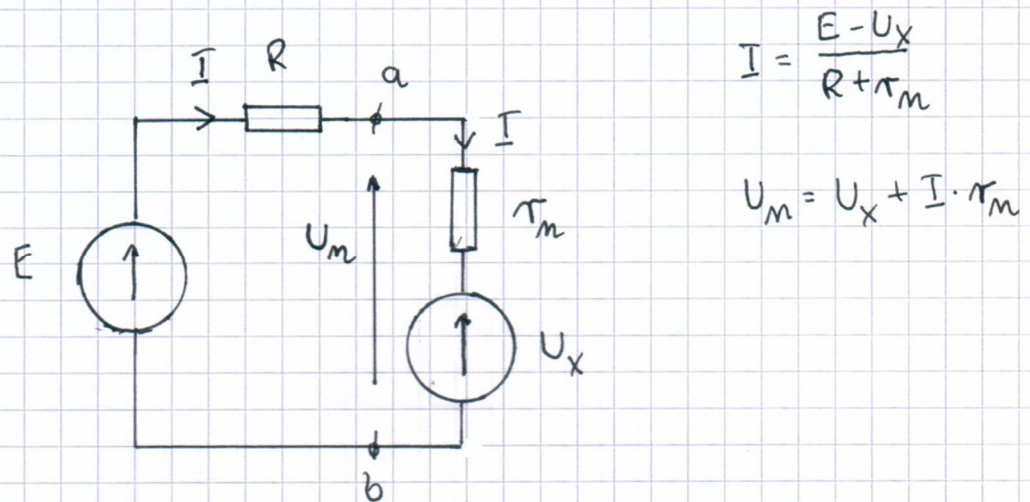
$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}, \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2}$$

- rezystancja statyczna

Ad. 2) Metoda linearyzacji elementu nieliniowego



Linearyzacja charakterystyki elementu nieliniowego



Obwód elektryczny ze zlinearyzowanym elementem nieliniowym