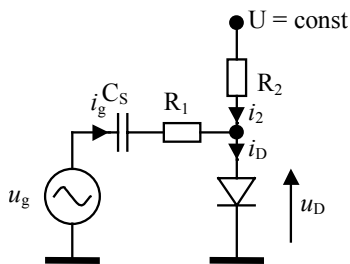


# Analiza małosygnałowa nieliniowych układów elektronicznych

## przykład uzasadniający metodę

Rozważmy nieliniowy układ przedstawiony na Rys. 1.



Rys. 1. Schemat analizowanego układu.

Równanie dla prądów chwilowych:

$$i_2 = i_D - i_g.$$

Rozpisując prądy zgodnie ze schematem mamy:

$$\frac{U - u_D}{R_2} = i_D - \frac{u_g + U_{C_s} - u_D}{R_1} = i_D - \frac{u_g + U_D - U_D - u_d}{R_1}.$$

Przekształcając powyższą zależność wykorzystano fakt, że  $U_{C_s} = U_D$ . Ponadto ponieważ  $u_D = U_D + u_d$  (wartość chwilowa = składowa stała + składowa zmienna), to powyższe równanie można przekształcić do postaci:

$$\frac{U - U_D}{R_2} - i_D = u_d \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - \frac{u_g}{R_1},$$

lub równoważnie:

$$I_D - i_D = u_d \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - \frac{u_g}{R_1}. \quad (**)$$

Prąd chwilowy diody możemy zapisać rozwijając go w szereg Taylor'a wokół składowej stałej  $U_D$  (punktu pracy):

$$i_D(u_D) = i_D(U_D + u_d) = I_D + u_d \left. \frac{di_D}{du_D} \right|_{U_D} + \sum_{n=2}^{\infty} \frac{u_d^n}{n!} \left. \frac{d^n i_D}{du_D^n} \right|_{U_D}.$$

Przyjmując, że składowa zmienna  $u_d$  jest mała można pominąć wyrazy wyższego rzędu w powyższej zależności. Podstawiając takie przybliżenie do zależności (\*\*) dostaniemy:

$$I_D - I_D - \frac{u_d}{r_d} = u_d \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - \frac{u_g}{R_1},$$

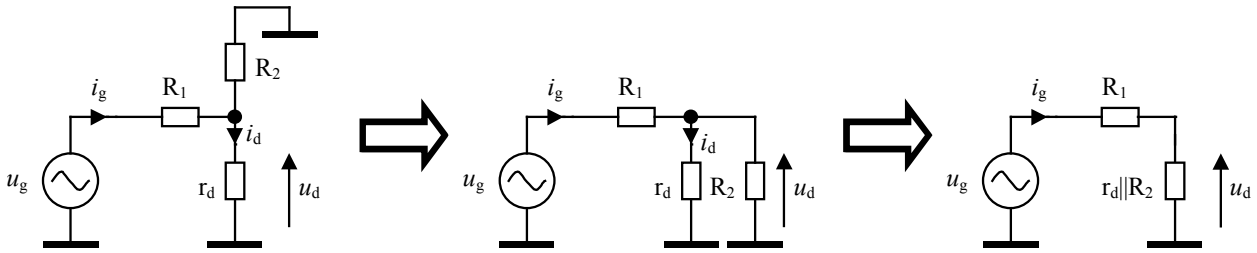
gdzie:

$$r_d = \left. \frac{du_D}{di_D} \right|_{U_D} = 1 / \left. \frac{di_D}{du_D} \right|_{U_D}$$

oznacza tzw. *rezystancję dynamiczną diody*. Otrzymane w ten sposób równanie wiąże ze sobą **wyłącznie składowe zmienne** (nazywane inaczej *przyrostowymi* lub *małosygnałowymi*). Przekształcając je trochę można dojść do postaci:

$$u_d = u_g \frac{R_2 \parallel r_d}{R_1 + R_2 \parallel r_d}.$$

Na podstawie tego równania można dojść do wniosku, że dla składowych przyrostowych (małosygnalowych) można sporządzić tzw. schemat zastępczy układu z Rys. 1, który jest przedstawiony na Rys. 2.



Rys. 2. Schemat zastępczy (małosygnalowy) układu z Rys. 1.

Należy zauważyć, że na schemacie zastępczym zamiast źródła napięcia stałego  $U$  występuje zwarcie, gdyż schemat zastępczy obowiązuje tylko dla składowych przyrostowych, a przyrost napięcia stałego jest równy zero. Ponadto kondensator sprzęgający  $C_S$  został zastąpiony zwarcie, gdyż założyliśmy, że w rozpatrywanym zakresie częstotliwości jego reaktancja jest pomijalnie mała w porównaniu ze wszystkimi innymi impedancjami w układzie.

Można też zauważyć ważną właściwość schematu zastępczego – schemat taki można narysować od razu na podstawie układu z Rys. 1, zastępując każdy element układu odpowiednim modelem małosygnalowym. W rozważanym układzie najistotniejsze jest zastąpienie nieliniowego elementu jakim jest dioda półprzewodnikowa poprzez liniową rezystancję przyrostową. Należy jednakże pamiętać, że schemat zastępczy jest słuszny o tyle, o ile możemy uznać, że rezystancja dynamiczna diody jest stała i nie zależy od składowej zmiennej napięcia. Oznacza to, że wyniki analizy układu w oparciu o schemat małosygnalowy będą tym dokładniejsze, im mniejsza jest amplituda składowej zmiennej w układzie.