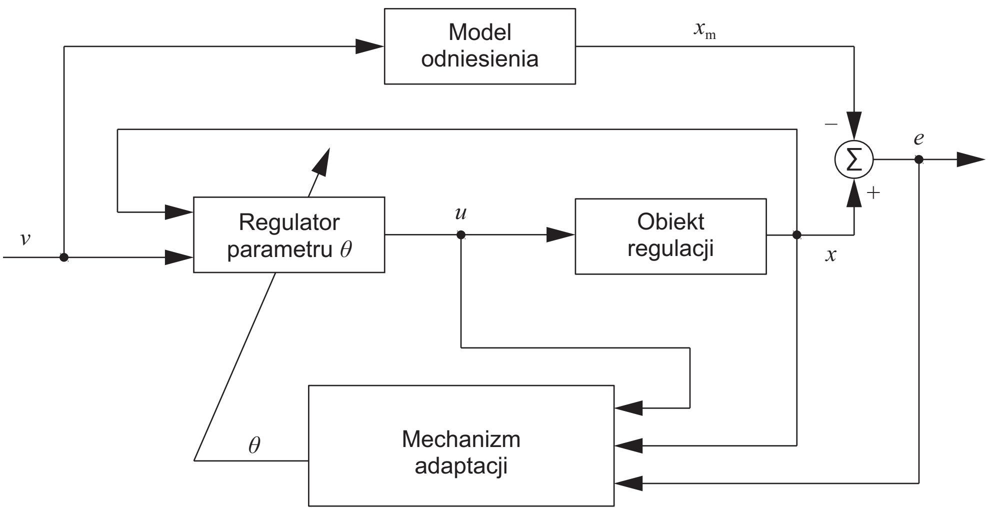
Rozdział 5

ADAPTACYJNE NADĄŻANIE ZA MODELEM

Ogólna struktura układu regulacji wykorzystującego adaptacyjne nadążanie za modelem jest przedstawiona na rysunku 5.1.



Rys. 5.1. Struktura układu regulacji wykorzystującego adaptacyjne nadążanie za modelem

Takie podejście do projektowania układu sterowania jest jedną z podstawowych metod sterowania adaptacyjnego obiektami liniowymi [Sastry & Bodson 1989] lub takimi, w których można wyróżnić dominującą część liniową.

Nawet jeśli celem sterowania jest śledzenie sygnału zadającego v, to wprowadzenie modelu odniesienia ułatwia zaprojektowanie układu z uwzględnieniem ograniczeń dotyczących dynamiki zmian sygnałów. Nie oczekujemy, że układ regulacji będzie odpowiadał na zmiany sygnału zadającego „lepiej" (szybciej, dokładniej) niż model odniesienia. Dobrze dobrany model prowadzi do sterowania u, które może być zrealizowane w układzie rzeczywistym. Równania modelu, które są częścią układu regulacji, wprowadzają dodatkową swobodę do procedury projektowania.

Projektowanie układu nadążającego za modelem odniesienia opiera się na wykorzystaniu funkcji Lapunowa dostępnej dla tego właśnie modelu. Jeśli model odniesienia jest stabilnym układem liniowym, to taką funkcję Lapunowa można łatwo zaproponować, rozwiązując równanie Lapunowa zgodnie z twierdzeniem 2.14.

Przy odpowiednich założeniach można efektywnie uogólnić koncepcję układu nadążającego za modelem na układy nieliniowe. Sposób takiego uogólnienia jest przedstawiony w tym rozdziale. Kolejno opisano trzy układy: liniowy układ adaptacyjny nadążający za liniowym modelem, nieliniowy układ adaptacyjny z liniowym modelem i nieliniowy układ adaptacyjny z nieliniowym modelem i z liniowym modelem pośrednim. Pierwsze dwa podrozdziały służą demonstracji toku projektowania adaptacyjnego układu nadążającego za modelem, w ostatnim usunięto wiele uproszczeń i zaprezentowano nowe wyniki.

5.1. Liniowy układ adaptacyjny nadążający za liniowym modelem odniesienia

Rozważmy liniowy układ dynamiczny

$$\dot{x} = Ax + Bu \tag{5.1}$$

w postaci kanonicznej regulatorowej, czyli takiej, że

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \\ -a_1 & -a_2 & \cdots & -a_n \end{bmatrix}, \quad B = gb, \quad b = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}, \tag{5.2}$$

z nieznanymi współczynnikami a_i, $i = 1, \ldots, n$ oraz $g > 0$. Wektor $x \in R^{n\times 1}$ jest wektorem zmiennych stanu, u jest sygnałem sterującym. Zadaniem sterowania jest podążanie zmiennych stanu układu za zmiennymi stanu jednowejściowego modelu opisanego równaniem

$$\dot{x}_m = A_m x_m + g_m b v, \tag{5.3}$$

w którym v jest ograniczonym sygnałem zadającym, a A_m stabilną macierzą w postaci

$$A_m = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \\ -a_{1,m} & -a_{2,m} & \cdots & -a_{n,m} \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}. \tag{5.4}$$

Wybór parametrów $a_{i,m}$ pozwala dowolnie kształtować dynamikę modelu odniesienia. Niech sterowaniem, które ma zapewnić, że

$$x(t) \to x_m(t) \tag{5.5}$$