

## System rozmyty sterujący prędkością pojazdu

W ćwiczeniu należy rozważyć problem sterowania prędkością pojazdu, jadącego w linii prostej. Prędkość pojazdu jest funkcją położenia przepustnicy. Funkcja ta z założenia nie jest znana. Obiekt sterowany jest układem dynamicznym o jednym wejściu  $u$ , które jest położeniem przepustnicy w procentach pełnego nastawienia i o jednym wyjściu  $y$ , które jest prędkością pojazdu. Celem układu sterującego jest śledzenie zmian pożąданej prędkości i usuwanie zmian wpływu zakłóceń wynikających ze zmian dynamiki układu.

### Rozwiązanie:

**1.** Wymaganiem stawianym przed układem sterowania jest zerowy uchyb statyczny, stąd dokonano wyboru zmiennych wejściowych i zmiennej wyjściowej :

- zmienna wejściowa:  $e$  - uchyb
- zmienna wejściowa:  $de$  - zmiana uchybu
- zmienna wyjściowa:  $du$  - zmiana sterowania

Dobór powyższych zmiennych pozwala na realizację przyrostowego algorytmu sterowania typu PI, zapewniającego zerową wartość uchybu w stanie ustalonym.

**2.** Zakres działania zmiennych dobrano następująco:

- zakres działania uchybu  $e$  [-150,150]; (prędkość maksymalna pojazdu 150 km/h)
- zakres działania zmiany uchybu  $de$  [-30,30]; (przy założeniu okresu dyskretyzacji  $T_s=ls$ )
- zakres działania zmiany sterowania  $du$  [-100,100]; (otwarcie przepustnicy od 0 do 100 %)

**3.** Zbiór reguł sterowania można wyznaczyć na podstawie własnego doświadczenia, którego odzwierciedleniem są następujące rozważania:

a) Jeżeli pojazd nie przyspiesza i występuje uchyb między wartością prędkości zadanej a bieżącą prędkością pojazdu:

$$e(k)=w(k) - y(k)$$

to należy zmienić położenie przepustnicy. Jeżeli uchyb  $e(k)$  jest dodatni, to  $w(k) > y(k)$  i wówczas wymagana jest dodatnia zmiana sterowania  $u(k)$  i odwrotnie. Założenie, że pojazd nie przyspiesza, oznacza w przybliżeniu stałą prędkość  $y(k)$ , przy drugim założeniu, że  $w(k) \approx w(k-l)$ . Dzieje się tak, jeśli okres próbkowania jest dostatecznie mały (tu wynosi on  $T_s=1$ ), co daje w rezultacie wartość  $de(k)$ :

$$de(k) = e(k) - e(k-l) = [w(k) - y(k)] - [w(k-l) - y(k-l)] \approx 0$$

b) Jeżeli pojazd przyspiesza i jego bieżąca prędkość  $y(k)$  jest w przybliżeniu bliska zadanej, to znaczy  $w(k) \approx y(k)$  ( $e(k) \approx 0$ ), wówczas należy zmienić położenie przepustnicy (w przeciwnym przypadku prędkość pojazdu przekroczy wartość zadaną). Dodatni gradient prędkości wymaga zmniejszenia zmiennej sterowania, to jest ujemnej zmiany sterowania  $du(k)$ . I odwrotnie, ujemny gradient prędkości wymaga dodatniej zmiany sterowania  $du(k)$ . Dodatkowo można zauważać, że dodatni gradient prędkości ( $y(k) > y(k-l)$ ) jest równoważny ujemnej zmianie uchybu  $de(k)$ , gdyż:

$$de(k) = e(k) - e(k-l) = [w(k) - y(k)] - [w(k-l) - y(k-l)] \approx y(k-l) - y(k), \\ \text{zał. } w(k) \approx w(k-l) \text{ i odwrotnie.}$$

c) W stanie ustalonym, gdy osiągnięta zostanie wartość zadana prędkości ( $e(k) \approx 0$ ) i pojazd nie przyspiesza ( $de(k) \approx 0$ ), nie ma potrzeby zmiany sterowania.

### 4. Założenia dla celów symulacyjnych

Do celów symulacyjnych założono dynamikę pojazdu wyrażoną równaniem różniczkowym I rzędu:

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = Ku(t)$$

przy czym parametry T oraz K przyjmują wartości:  $T=15$  s, natomiast  $K=2$  km/h.

Dyskretne równanie modelu wyznaczonego dla okresu próbkowania  $T_s=ls$  przedstawia się następująco:

$$y(k) = 0,933y(k-l) + 0,133u(k-l)$$

### Zadania do samodzielnego wykonania:

1. Zbudować w *Simulinku* układ regulacji zawierający obiekt wyrażający dynamikę pojazdu wraz z zaprojektowanym regulatorem rozmytym typu PI oraz dokonać normalizacji przestrzeni dla zmiennych regulatora, stosując odpowiednie współczynniki skalowania.
2. Zbadać odpowiedzi skokowe prędkości pojazdu  $y(k)$  na zmiany wartości zadanej z 50 do 90 km/h i ze 100 na 40 km/h. W celu poprawy jakości sterowania dokonać strojenia regulatora poprzez modyfikację współczynnika skalowania.
3. Zbadać zdolność pojazdu do utrzymywania stałej prędkości  $y(k)$  przy zmianie parametru  $K$  pojazdu o 30 i 50%. Zakłócenia parametru  $K$  oddają symulowane zmiany warunków drogowych.