

## 9. CONDUCEREA ROBOȚILOR MOBILI UNICICLU CU REGULATOARE PID

În aplicațiile din robotica mobilă, urmărirea traiectoriilor, fie în plan, fie în spațiu (în cazul dronelor) este o problemă des întâlnită, cu aplicații practice diverse.

**Scopul lucrării** este conducerea mișcării unui robot mobil de tip uniciclu.

### 9.1 Breviar teoretic

În practică, problema de urmărire a unei tractorii, prin secționarea acesteia în segmente (liniare) mici, se reduce la conducerea poziției robotului. Natural, dependența dintre viteza de deplasare și poziția în spațiu determină luarea în considerare și a acestor semnale în proiectarea sistemelor de conducere pentru urmărirea de traiectorii.

Robotul mobil considerat în lucrarea de față este unul de tip uniciclu al cărui model a fost detaliat în lucrarea 2. Reamintim că modelul dinamic al robotului este descris de ecuațiile

$$\begin{aligned} M\dot{v} &= -K_v v + K_1 e_m, \\ J\dot{\omega} &= -K_\omega \omega + K_2 e_d. \end{aligned} \quad (9.1)$$

Ieșirile modelului sunt  $v$  și  $\omega$ , adică viteza de translație și, respectiv, de rotație a robotului. Intrările în model sunt  $e_m$  și  $e_d$ , reprezentând comenzile calculate de regulatoare (din care se obțin comenzile efective pentru cele două motoare  $u_L$  și  $u_R$ ) pentru controlul traiectoriei în plan a robotului. Prin urmare, se poate scrie (9.1) ca

$$\begin{aligned} M\dot{v} &= -K_v v + K_1 \frac{u_L + u_R}{2}, \\ J\dot{\omega} &= -K_\omega \omega + K_2 (u_L - u_R). \end{aligned} \quad (9.2)$$

Utilizând viteza de translație și viteza de rotație, se obține poziția robotului în planul  $xOy$ , dată de  $x$  și de  $y$ , utilizând ecuațiile

$$\begin{aligned} \dot{x} &= v \cos \theta, \\ \dot{y} &= v \sin \theta, \\ \dot{\theta} &= \omega. \end{aligned} \quad (9.3)$$

Unghiul  $\theta$  returnează orientarea robotului față de axa  $Ox$ .

Așadar, problema de urmărire a traiectoriei se descompune în

- reglarea vitezei de rotație și a vitezei de translație;
- reglarea poziției în bucla externă. Se obține, astfel, o structură de reglare în cascadă.

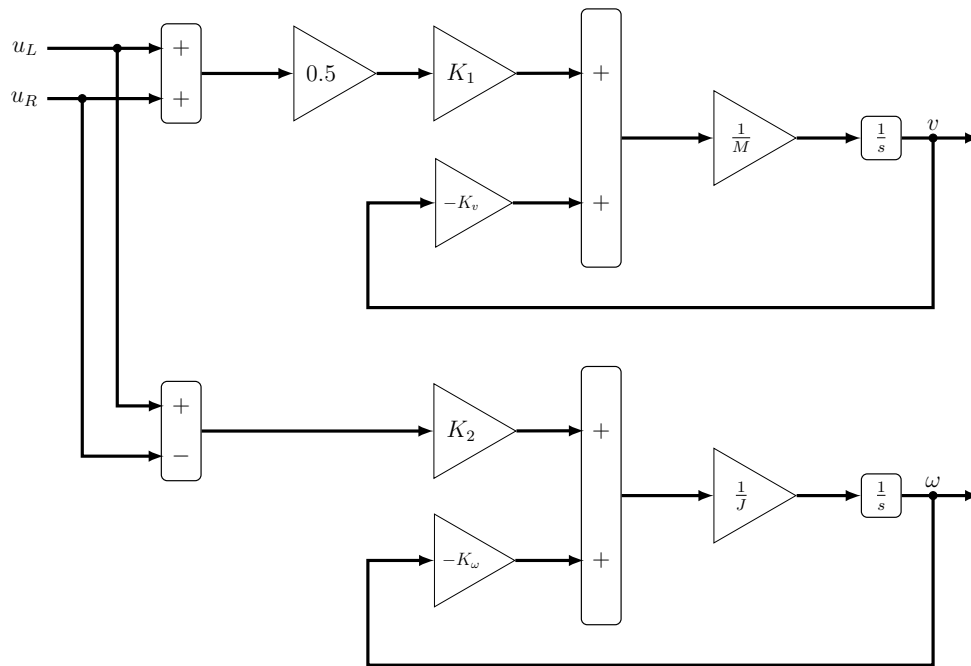


Figura 9.1: Modelul robotului mobil

**Reglarea vitezei de rotație și a vitezei de translație** Se observă că intrările conceptuale ale procesului „robot mobil” sunt comenzile  $e_m$  și  $e_d$  pentru rotație și pentru translație care se obțin din compunerea corespunzătoare a comenzilor efective către motoare  $u_L$  și, respectiv,  $u_R$ . Această particularitate conferă sistemului o cuplare puternică între subsistemele care compun procesul (figura 9.1). Pentru a evita această cuplare, se poate realiza decuplarea proceselor de translație și de rotație prin inserarea unui bloc suplimentar în schema de reglare, care va realiza trecerea de la comenzile concept  $e_m$  și  $e_d$  la comenzile efective  $u_L$  și  $u_R$ . În figura 9.2, acest bloc este demarcat BD, în timp ce referințele sunt  $r_v$  și  $r_\omega$ , iar reglatoarele sunt  $H_{Rv}(s)$  și  $H_{R\omega}(s)$ .

**Reglarea poziției** robotului se realizează prin adăugarea unui regulator care va genera referințele de viteză pentru cele două reglatoare de viteză (figura 9.3). Se

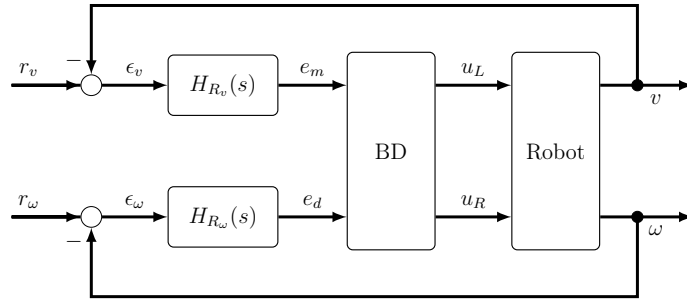


Figura 9.2: Structura de reglare a vitezei de rotație și translație

observă că referința de poziție nu este implicit setată. În timpul urmăririi de traiectorie, fiecare poziție nouă se scade din ieșirea măsurată a procesului. Sistemul urmărește o referință variabilă prin „translatarea” planului.

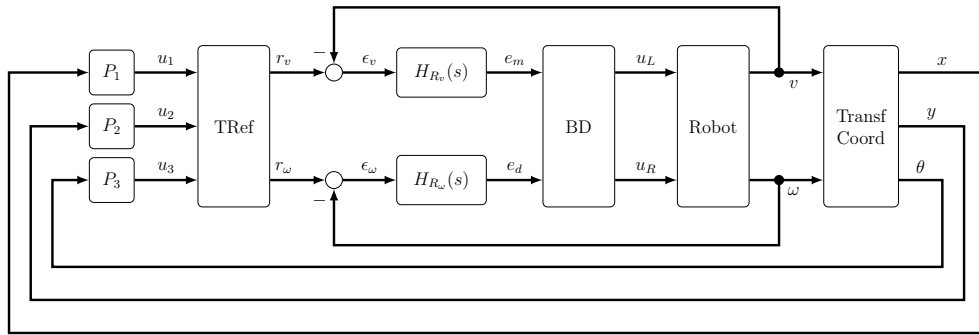


Figura 9.3: Urmărirea traiectoriei

Pentru reglarea poziției este necesară o transformare între comenzile de poziție și referințele de viteză. Când se utilizează regulatoare proporționale ( $P_1, P_2, P_3$  în figura 9.3), transformarea  $TRef$  se poate deduce. O sugestie este

$$r_\omega = \dot{u}_3,$$

$$r_v = \sqrt{\dot{u}_1^2 + \dot{u}_2^2}.$$

Se observă prezența derivatelor care pot duce la discontinuități pronunțate în semnalele de referință. Alte abordări includ utilizarea de strategii de conducere avansate sau inteligente, inclusiv diverse filtrări ale semnalelor de referință de viteză. Această problemă nu este una simplă, făcând obiectul multor demersuri de cercetare în prezent.

## 9.2 Sarcini de lucru

1. Se realizează schema Simulink a modelului robotului considerând valorile numerice din lucrarea 2.
2. Se deduc ecuațiile blocului de decuplare din figura 9.2.
3. Reglatoarele  $H_{Rv}(s)$  și  $H_{R\omega}(s)$  se aleg de tip PI. Neliniaritățile modelului împiedică calculul formal al acestora, așadar cele două reglatoare se acordează prin tehnici manuale, urmărind obținerea unor răspunsuri aperiodice la referință treaptă, cu eroare staționară zero și timpi tranzitorii aproximativ egali (de exemplu 5 sec.).
4. Se adaugă perturbații de tip treaptă la ieșire și se analizează rezultatele obținute din punctul de vedere al performanțelor sistemelor de reglare.