

prof. dr hab. Jerzy Klamka
Politechnika Śląska, Instytut Automatyki

Sterowalność układów dynamicznych z opóźnieniami

Problematyka sterowalności układów dynamicznych z różnego typu opóźnieniami jest szczególnie rozległa, a literatura dotycząca tego zagadnienia jest wyjątkowo obszerna. Wynika to w głównej mierze z różnych rodzajów rozpatrywanych opóźnień, a mianowicie: opóźnienia skupione pojedyncze lub wielokrotne, opóźnienia rozłożone, opóźnienia we współrzędnych stanu, opóźnienia w sterowaniu.

Istotnym elementem wyróżniającym układy dynamiczne z opóźnieniami jest występowanie dwóch rodzajów stanu układu, a mianowicie: stanu chwilowego skończeniowymiarowego oraz stanu zupełnego, będącego elementem przestrzeni funkcyjnej. Wynika stąd konieczność rozróżnienia pomiędzy dwoma zasadniczymi rodzajami sterowalności, a mianowicie: sterowalnością względną w przestrzeni skończeniowymiarowej oraz sterowalnością absolutną w przestrzeni funkcyjnej.

Przy rozwiązywaniu zagadnień sterowalności układów dynamicznych z opóźnieniami stosuje się różnorodne metody postępowania, wśród których można wyróżnić następujące dwie zasadnicze grupy:

- metody oparte na bezpośrednim analizowaniu całkowitej postaci rozwiązania różniczkowego równania stanu z opóźnieniami,
- metody polegające na sprowadzeniu równania różniczkowego stanu układu dynamicznego z opóźnieniami do abstrakcyjnego równania różniczkowego bez opóźnień określonego w odpowiednio zdefiniowanej, nieskończeniowymiarowej przestrzeni funkcyjnej.

W referacie zostanie przedstawiony przegląd znanych z literatury kryteriów badania sterowalności układów z opóźnieniami w przypadku stacjonarnych układów dynamicznych. Kryteria sterowalności zależą od parametrów różniczkowego równania stanu oraz od zbioru sterowań dopuszczalnych. W pracy rozpatrzone zostaną zagadnienia sterowalności zarówno bez ograniczeń, jak i przy dodatkowych ograniczeniach nałożonych na sterowania dopuszczalne. Wykorzystując odpowiednio zdefiniowaną macierz tranzyjacji stanu oraz macierz sterowalności, a także postać rozwiązania różniczkowego równania stanu, sformułowane zostaną warunki konieczne i wystarczające sterowalności w zadanym przedziale czasowym. Warunki te oparte są na badaniu rzędu macierzy sterowalności, której postać w każdym przypadku zależy w istotny sposób od parametrów układu dynamicznego oraz długości przedziału sterowania.

Sterowalność układów dynamicznych wykorzystywana jest między innymi w zagadnieniach stabilizowalności układów dynamicznych poprzez dobór odpowiedniego sprzężenia zwrotnego. Z problematyką sterowalności układów dynamicznych ściśle związane jest zagadnienie sterowania z minimalną energią. Zadanie sterowania z minimalną energią polega na przeprowadzeniu układu dynamicznego z zadanego stanu początkowego do zadanego stanu końcowego w określonym czasie oraz z minimalną energią sterowania dopuszczalnego.