

Analiza dynamiki układów niedosterowanych na przykładzie suwnicy

Paweł Karwacki

Automatyka i robotyka

Rok akademicki 2016/2017

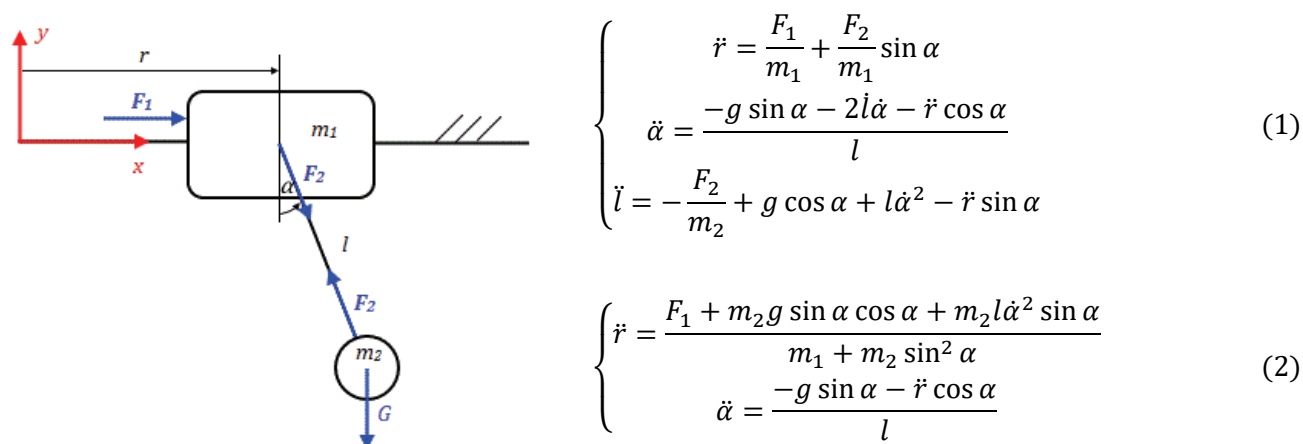
Promotor: dr hab. inż. Marek Wojtyra, prof. PW

1. Wprowadzenie

Celem pracy było porównanie wybranych metod sterowania suwnicą przemieszczającą się w przestrzeni dwuwymiarowej. Oceniane były one pod względem geometrycznej i czasowej dokładności odwzorowania zadanej trajektorii, kosztu regulacji (wielkości użytych w sterowaniu sił), odporności na zakłócenia oraz trudności implementacji. Wyniki niezbędne do wykonania analizy otrzymane zostały drogą symulacji komputerowej.

Suwnica, jako relatywnie prosty przykład układu niedosterowanego pozwala zapoznać się z podstawową problematyką wynikającą ze specyfiki podobnych systemów. Trudności pojawiające się przy projektowaniu metod odpowiednich dla zastosowania względem układów niedosterowanych różnią się bowiem od tych, które związane są z układami w pełni napędzanymi. Zaznaczyć również należy, że urządzenia dokonujące transportu ładunku za pośrednictwem wiotkiego łącznika (np. suwnice, żurawie wieżowe) są intensywnie użytkowane w takich miejscach jak porty morskie czy place budowlane, dlatego też znalezienie skutecznych metod sterowania podobnymi mechanizmami jest istotne także ze względów praktycznych.

2. Model fizyczny i matematyczny



Rysunek: Model fizyczny suwnicy.

3. Metody i przypadki testowe

Do badań wybranych zostało sześć metod sterowania, przy czym jedna z nich (regulator PID) została odrzucona już na etapie projektowania. Wyznaczono również przypadki testowe, na podstawie których określone zostały własności metod, takie jak dokładność odwzorowania trajektorii, odporność na zakłócenia czy koszt regulacji.

Tabela: Zestawienie przetestowanych metod i rozważanych przypadków testowych.

Metody	Przypadki testowe
<ul style="list-style-type: none"> regulator PID (odrzucony) regulator LQR „input shaping” (ZV, ZVD, EI) śledzenie trajektorii (dynamika odwrotna) „input shaping” z regulatorem LQR śledzenie trajektorii z regulatorem LQR 	<ul style="list-style-type: none"> transport po torze prostoliniowym transport przy źle określonej masie i długości liny transport w obecności tarcia transport w obecności wiatru transport po torze krzywoliniowym

4. Wyniki badań symulacyjnych

Na podstawie wspomnianych w punkcie 3. kryteriów, dokonano oceny wszystkich rozważanych metod sterowania. Krótkie podsumowanie tejże oceny przedstawia poniższa tabela.

Tabela: Zestawienie skuteczności działania metod sterowania w poszczególnych przypadkach testowych.

	LQR	ZV	ZVD	EI	TRAJ	regZV	regZVD	regEI	regTRAJ
Norm	-	+	+	-	+	+	+	+	+
Mass	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Line	-	-	+	+	-	+	+	+	+
Frict	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Wind	-	-	-	-	-	+	-	-	+
Curve	N/A	N/A	N/A	N/A	-	N/A	N/A	N/A	+

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzić można, że w rozwiązaniach praktycznych użyteczne są dwie spośród badanych metod: „input shaping” oraz metoda śledzenia trajektorii – obie w wersji z regulatorem pomocniczym. Opierają się one na idei połączenia sygnału predefiniowanego ze sprzężeniem zwrotnym, która zgodna jest rekomendacjami literatury. Każda ze wspomnianych metod umożliwi realizację postawionego zadania i wykazuje przynajmniej częściową odporność na wszystkie z rozważanych w pracy zakłóceń, choć wymaga zastosowania dodatkowych elementów pomiarowych, które wiążą się z podwyższoną ceną urządzenia. „Input shaping” oferuje prawidłową pracę przy relatywnie niskim koszcie sterowania, podczas gdy metoda śledzenia trajektorii zapewnia wysoką dokładność i możliwość realizacji złożonych torów ruchu. Dlatego też wybór między obiema metodami powinien wynikać z założeń projektowych, które definiować będą potencjalne zastosowania urządzenia oraz priorytety sterowania.