

POLITECHNIKA ŁÓDZKA
WYDZIAŁ MECHANICZNY
KATEDRA DYNAMIKI MASZYN

Marek Balcerzak

Optymalizacja parametrów układu sterowania z użyciem nowej metody estymacji największego wykładnika Lapunowa

Promotor: dr hab. inż. Artur Dąbrowski

Streszczenie pracy doktorskiej

Głównym tematem pracy jest zastosowanie nowej metody estymacji wykładników Lapunowa w dziedzinie układów regulacji. Analizowano możliwości zaadoptowania metody do strojenia i optymalizacji układów sterowania. Skuteczność metody testowana była na rzeczywistym układzie sterowania – wahadle odwróconym.

Początek pracy stanowi wprowadzenie do układów dynamicznych. Podano podstawowe definicje, a także wprowadzono równanie wariacyjne. Za pomocą rozwiązania tego równania zaprezentowano definicję wykładników Lapunowa. Właściwości wykładników Lapunowa zostały opisane na gruncie teorii macierzy. Pokazano także klasyczną metodę estymacji spektrum wykładników Lapunowa. Kolejnym tematem jest nowa metoda estymacji wykładników Lapunowa. Zaprezentowano inne podejście do problemu wyznaczania największego wykładnika Lapunowa. Zarysowano podstawowe różnice w stosunku do metody klasycznej, wyjaśniono powody, dla których może być ona szybsza i wygodniejsza w użyciu. Przedstawiono jak rozszerzyć tę metodę, aby możliwe było wyznaczanie całego spektrum wykładników Lapunowa. Dalsza część pracy skupia się na układach regulacji automatycznej. Wprowadzono podstawowe pojęcia teorii sterowania. Opisano klasyczne metody regulacji oraz typowe miary jakości regulacji. Pokazano jak zaadoptować nową metodę estymacji największego wykładnika Lapunowa do oceny jakości regulacji w układach sterowania automatycznego. Po ogólnym wprowadzeniu do układów regulacji, analizowany jest konkretny przykład – wahadło odwrócone. Równania ruchu wyprowadzone są z użyciem metody Lagrange'a. Opis układu przeniesiono do przestrzeni stanów. Rozważano dwa typy sterowania: sterowanie siłą oraz sterowanie prędkością. Zaprezentowano także linearyzację układu w pobliżu położenia równowagi. W celu zaprojektowania skutecznego regulatora, konieczna jest identyfikacja parametrów obiektu regulacji. Nieznane wielkości w układzie związane są z bezwładnością napędu i charakterystyką tarcia w łożyskach pręta wahadła. Parametry napędu otrzymano przez analizę odpowiedzi skokowej, zaś opis tarcia uzyskano z zarejestrowanych przebiegów drgań swobodnych. Po zakończeniu identyfikacji obiektu regulacji, możliwe było zaprojektowanie regulatora. W celu otrzymania jak najwyższej jakości regulacji minimalizowano wskaźnik jakości oparty na nowej metodzie estymacji wykładników

Lapunowa. Do wyszukiwania najlepszych parametrów regulatora użyto metody Differential Evolution. Proces optymalizacji pozwolił na znalezienie parametrów regulatora zapewniających pożądaną jakość regulacji oraz krótszy czas stabilizacji układu.

Praca stanowi potwierdzenie faktu, że nowa metoda estymacji wykładników Lapunowa może być skutecznie stosowana do optymalizacji nieliniowych układów regulacji. Otrzymane efekty są lepsze niż przy użyciu tradycyjnych metod opartych na linearyzacji. Wynika to przede wszystkim z faktu, że analizowana jest cała trajektoria układu, a nie tylko sąsiedztwo położenia równowagi. Możliwe rozszerzenia tej pracy to m.in. analiza układów z opóźnieniami czasowymi oraz układów z nieciągłościami.

Słowa kluczowe: wahadło odwrócone, wykładniki Lapunowa, regulator, optymalizacja

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2014-2017 jako project badawczy w ramach program pod nazwą Diamentowy Grant, numer projektu: D/2013 019743.

22.09.2017

Balcerzak