

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY

INSTYTUT AUTOMATYKI I INŻYNIERII INFORMATYCZNEJ



STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Maciej GNIADEK

Kształtowanie sygnału zadanego w sterowaniu elektromechanicznych
układów drgających

(Input shaping in control of electromechanical oscillating systems)

Promotor:

dr hab. inż. Stefan Brock

Promotor pomocniczy:

dr inż. Dominik Łuczak

Poznań, 2016

STRESZCZENIE

Problematyka precyzyjnego sterowania układami drgającymi jest bardzo aktualnym zagadnieniem zarówno opisywanym w literaturze jak i spotykanym w codziennej praktyce inżynierskiej. Badania przedstawione w prezentowanej rozprawie mają na celu pokazanie złożoności omawianego problemu jak i zaprezentowanie możliwości jego rozwiązania.

W pracy postawiono następującą tezę: **„Zastosowanie algorytmów samostrojenia i adaptacji w bloku kształtowania sygnału zadanego pozwala na poprawę jakości regulacji elektromechanicznych układów drgających. Możliwa jest implementacja takich algorytmów charakteryzująca się zdolnością do realizacji zadań w czasie rzeczywistym”**. Dla wykazania powyższej tezy ustalono trzy tezy cząstkowe: (1) kształtowanie sygnału umożliwia sterowanie obiektem drgającym przy znaczącej redukcji oscylacji; (2) możliwa jest identyfikacja częstotliwości rezonansowych układu drgającego; (3) eliminacja oscylacji układu drgającego umożliwia poprawę parametrów dynamicznych w precyzyjnym sterowaniu układów elektromechanicznych.

Pod pojęciem elektromechanicznych układów drgających rozumiana jest cała szeroka rodzina obiektów, w których w sposób oscylacyjny zachodzi zamiana jednego rodzaju energii elektromechanicznej w inny. Definicja taka jest bardzo szeroka i mieści w sobie elementy wielu kategorii – począwszy od układów sprężystych, poprzez układy liny i ciężaru aż do układów z magazynami energii. Według podanej powyżej definicji jako elektromechaniczne układy drgające rozumiane są zarówno układy wielomasowe, suwnice, ramiona robotów, napędy transporterów, układy sterowania ruchem radarów, układy sterowania pojazdów etc.

Prezentowana praca składa się z kilku zasadniczych części składowych. Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie do analizowanej tematyki. Zawarto w nim zarówno stan aktualnej wiedzy światowej (do grudnia 2015), ogólny opis metody badań jak i cel naukowy oraz tezę pracy. Wskazano także elementy nowatorskie, których opis nie został odnaleziony przez autora w literaturze.

Rozdziały drugi i trzeci zostały poświęcone odpowiednio opisowi układów wielomasowych oraz suwnic. Prezentacja modeli, na których oparte są dalsze badania pozwala zrozumieć ogólną ideę tego typu układów, poznać modele matematyczne oraz symulacyjne prezentowanych obiektów oraz zapoznać się z założeniami przyjętymi przez autora rozprawy przy symulacjach.

W czwartym rozdziale zaprezentowano stosowane w dalszej części pracy kryteria oceny jakości układów. Wspomniana część pracy zawiera opis podstawowych, prostych wskaźników jakości oraz opis metod tworzenia wskaźników złożonych, będących podstawą do kompleksowej oceny układów sterowania.

W rozdziale piątym przedstawiono badania symulacyjne modeli zaprezentowanych w rozdziale 2 i 3 z wykorzystaniem klasycznych metod regulacji. Rozdział ten należy traktować zarówno jako szczegółową prezentację wybranych struktur sterowania układami drgającymi, jak i bazę porównawczą dla badań z wykorzystaniem kształtowania sygnału, które prezentowane są w kolejnych rozdziałach.

Szósty rozdział stanowi przegląd znanych struktur kształtowania sygnału zadanego. Przedstawiono cztery wybrane algorytmy oraz zaprezentowano ich działanie w układach stacjonarnych. Omówiono metodę ograniczenia przyspieszenia i zrywu, układy kształtowania sygnału zadanego typu IS, wykorzystanie filtrów pasmowozaporowych oraz wielomianów sklepanych.

Rozdział siódmy przedstawia możliwe rozwiązania zastosowania metod kształtowania sygnału zadanego dla obiektów niestacjonarnych. Badania zaprezentowane w pierwszej części rozdziału stanowią przedstawienie metod znanych z literatury. Pozostałe podrozdziały prezentują nowatorskie metody opracowane przez autora rozprawy – automatyczne strojenie parametrów układu kształtowania sygnału, metody adaptacyjnego strojenia oraz harmonogramowania parametrów oraz optymalizację nastaw układu z wykorzystaniem metody roju cząstek.

W rozdziale ósmym zaprezentowano aplikację wybranych metod w warunkach praktycznych. Weryfikacja działania została przeprowadzona na działającym układzie przemysłowym, a nie w laboratorium. Opracowane metody wykorzystano w sterowaniu układu transportera podwieszanego na linii lakierniczej w firmie Amica S.A.

Rozdział dziewiąty stanowi podsumowanie wyników badań, dyskusję nad realizacją postawionych tez oraz prezentację możliwości dalszego rozwoju zaprezentowanych zagadnień.

ABSTRACT

The problem of precise control of oscillating system is a current task widely described in the papers and met in everyday engineering practice as well. Presented research are aimed on two main points – problem complexity introduction and its solution.

The main postulated task of presented paper was established as: “The implementation of autotuning and adaptation algorithms for input shaping blocks leads to control quality indices improvement in electromechanical oscillating objects control. The implementation of such algorithms capable to online operation is possible”. Development of the main task required to perform 3 subtasks: (1) input shaping enables system operation with significant oscillations reduction; (2) the natural resonant frequencies of the oscillating object are possible to identify; (3) the removal of objects oscillations leads to dynamic parameter improvements in the electromechanical objects precise control.

The common definition of electromechanical oscillating objects consists of wide range of objects, in which periodically one kind of electromechanical energy is transferred into another one. This definition is very wide and embraces elements of multiple categories – starting from systems with elastic connections, structures of line and mass up to systems with energy storages. According to presented definition as examples of electromechanical oscillating systems can be named: multmass systems, cranes, robotic arms, conveyer drives with gears, radar control units, vehicles control systems, etc.

The paper consists of 9 main chapter. The first chapter contains the introduction to presented topics. The part consists of presentation of actual knowledge (up to December 2015), general research methodology description, the main postulates task and scientific purpose. Innovative elements, which description was not found by the author in the state of art, are listed.

The second and third chapters are dedicated to the description of multimass systems and cranes respectively. The presentation of models, which are fundamental for future research, is crucial in understanding of such systems. The simulation models and concepts for following chapters are presented as well.

In the fourth chapter quality indices are introduced and presented. The description of common control quality indices allows to create complex comparison of multiple control strategies.

In the fifth chapter the research on simulation models presented in chapters 2 and 3 with usage of basic control strategies are presented. This chapter is aimed on introduction of selected

classical control strategies and should be treated as basis for comparison with structures with input shaping (presented in following chapters).

The sixth chapter presents input shaping strategies known from state of art. Four main methods of input shaping are introduced and tested with stationary objects. The chapter describes jerk and acceleration limitation, Input shaping based on Command Generation, band-stop filters and splines methods of input shaping.

The seventh chapter presents usage of input shaping for non-stationary objects. The research presented in the first part of mentioned chapter contains methods known from publications. The second part contains innovative methods developed by the author of presented dissertation – autotuning of input shaping parameters, parameters scheduling and adaptation and the optimization of parameters with usage of Particle Swarm Optimization.

The eighth chapter presents practical application of selected methods. The verification has been conducted in industrial plant. Selected methods have been implemented in control of overhead conveyer (coating line) in Amica S.A.

The ninth chapter presents the summary and discussion on tasks accomplishment. The future spaces for research are listed as well.