

Najnowsze trendy sterowania ślizgowego

paź 30, 2025

Opis

W teorii sterowania, sterowanie ślizgowe, czyli SMC, to nieliniowa metoda sterowania, która zmienia dynamikę układu nieliniowego poprzez zastosowanie nieciągłego sygnału sterującego, który wymusza „ślizganie się” układu wzdłuż przekroju jego normalnego zachowania. Niniejsza książka opisuje najnowsze osiągnięcia w teorii, właściwościach, metodach i zastosowaniach SMC. Książka składa się z czterech części. Pierwsza część poświęcona jest projektowaniu regulatorów ślizgowych wyższego rzędu, a konkretne projekty przedstawiono w kontekście tłumienia zakłóceń poprzez obserwację i identyfikację. Druga część oferuje zestaw narzędzi do określania różnych właściwości dynamicznych układów z nieciągłą prawą stroną. Dyskretyzacja czasu jest omówiona w części trzeciej. Tryby ślizgowe pierwszego rzędu są dyskretyzowane za pomocą schematu niejawnego – różniczkowacze trybu ślizgowego wyższego rzędu, zazwyczaj stosowane w układach sprzężenia zwrotnego, są dyskretyzowane w taki sposób, aby przywrócić optymalną dokładność ich odpowiedników w czasie ciągłym. Ostatnia część poświęcona jest zastosowaniom. W kontekście konwersji energii, sterowanie ślizgowe jest stosowane w turbinach wiatrowych o zmiennej prędkości, ogniach paliwowych sprzężonych z przetwornicą mocy, wytrzymałych silnikach szeregowych prądu stałego i prostownikach o współczynniku mocy równym jedności oraz siłownikach elektropneumatycznych. Wreszcie, zaproponowano wyzwalany zdarzeniami schemat sterowania ślizgowego dla sieciowych systemów sterowania narażonych na utratę pakietów, drgania i opóźnione transmisje.

W teorii sterowania, sterowanie ślizgowe, czyli SMC, to nieliniowa metoda sterowania, która zmienia dynamikę układu nieliniowego poprzez zastosowanie nieciągłego sygnału sterującego, który wymusza „ślizganie się” układu wzdłuż przekroju jego normalnego zachowania. Niniejsza książka opisuje najnowsze osiągnięcia w teorii, właściwościach, metodach i zastosowaniach SMC. Książka składa się z czterech części. Pierwsza część poświęcona jest projektowaniu regulatorów ślizgowych wyższego rzędu, a szczegółowe projekty przedstawiono w kontekście tłumienia zakłóceń poprzez obserwację i identyfikację. Druga część oferuje zestaw narzędzi do określania różnych właściwości dynamicznych układów z nieciągłą prawą stroną. Dyskretyzacja czasu jest omówiona w części trzeciej. Tryby ślizgowe pierwszego rzędu są dyskretyzowane za pomocą niejawnego schematu – różniczkowacze trybu ślizgowego wyższego rzędu, zazwyczaj stosowane w układach sprzężenia zwrotnego wyjścia, są dyskretyzowane w taki sposób, aby przywrócić optymalną dokładność ich odpowiedników w czasie ciągłym. Ostatnia część poświęcona jest zastosowaniom. W kontekście konwersji energii, sterowanie trybem ślizgowym jest stosowane w turbinach wiatrowych o zmiennej prędkości, ogniach paliwowych sprzężonych z przetwornicą mocy, wytrzymałych silnikach szeregowych prądu stałego i prostownikach o współczynniku mocy równym jedności oraz siłownikach elektropneumatycznych. Na koniec zaproponowano wyzwalany zdarzeniami schemat trybu ślizgowego dla sieciowych systemów sterowania narażonych na utratę pakietów, jitter i opóźnione transmisje.

[Read more](#)

Podejście Lyapunowa do projektowania trybów ślizgowych wyższego rzędu

Analiza i projektowanie znanych regulatorów HOSM wyższego rzędu (HOSM) są zazwyczaj realizowane z wykorzystaniem jednorodności i kontrakcji. Do tej pory algorytmy HOSM nie były odpowiednio adresowane w ramach metody Lyapunowa i nie istnieje analiza ani projektowanie oparte na Lyapunowie, pomimo faktu, że

metody Lyapunowa są jednym z najważniejszych narzędzi analizy i projektowania we współczesnej teorii sterowania układami nieliniowymi. W tym rozdziale projektujemy nowe rodziny jednorodnych regulatorów HOSM dla klasy niepewnych układów o pojedynczym wejściu i jednym wyjściu. W przeciwieństwie do znanych rodzin quasi-ciągłych i zagnieżdżonych regulatorów HOSM (HOSMC), proponowane rodziny regulatorów HOSM są uzyskiwane z wykorzystaniem koncepcji funkcji sterujących Lyapunowa (CLF). Funkcje CLF są konstruowane jawnie poprzez modyfikację znanej techniki Backstepping i zastosowanie właściwości układów jednorodnych. Te składniki pozwalają nam rekurencyjnie konstruować ciągle różniczkowalne funkcje CLF, unikając problemu stosowania złożonych narzędzi matematycznych dla nieciągle różniczkowalnych funkcji Lyapunowa. Ramy Lyapunowa dla projektu HOSM prowadzą do syntezy różnych rodzin jednorodnych regulatorów HOSM i pozwolą nam zbadać ważne nieliniowe właściwości tych algorytmów, których nie da się łatwo zbadać za pomocą znanych technik dotychczas stosowanych w teorii HOSM.

[Read more](#)

Solidna kontrola wyjściowa systemów poddanych zaburzeniom poprzez obserwację i identyfikację trybów ślizgowych wyższego rzędu

Przedstawiono sterowanie układami liniowymi poddanymi zaburzeniom za pomocą technik obserwacji i identyfikacji modów ślizgowych wyższego rzędu. Najpierw omówiono sterowanie regulacyjne układu poddanego zaburzeniom dopasowanym. Następnie metodę rozszerzono o układy poddane zaburzeniom dopasowanym i niedopasowanym. Wydajność proponowanych regulatorów oszacowano na podstawie górnych granic szumu deterministycznego, czasu próbkowania i czasu wykonania. Wykonalność tego podejścia wykazano za pomocą eksperymentów i symulacji numerycznych.

[Read more](#)

Obserwator minimax do projektowania sterowania w trybie ślizgowym

Streszczenie

Rozważamy klasyczny problem osiągnięcia w projektowaniu sterowania ślizgowego, czyli znalezienie prawa sterowania, które steruje stanem liniowego układu niezmiennego w czasie (LTI) w kierunku danej hiperpłaszczyzny w skończonym czasie. Ponieważ układ LTI podlega nieznanym, ale ograniczonym zakłóceniom, stosujemy obserwatora minimaxowego, który zapewnia najlepszą możliwą ocenę stanu układu. Problem osiągnięcia jest następnie rozwiązywany w przestrzeni stanów obserwatora poprzez skonstruowanie prawa sterowania ze sprzężeniem zwrotnym. Badane są przypadki nieciągłych i ciągłych dopuszczalnych sprzężeń zwrotnych. Wyniki teoretyczne zilustrowano symulacjami numerycznymi.

[Read more](#)

Uogólnione prawo sięgania dla dyskretnego trybu ślizgowego

Streszczenie

Dyskretne zastosowanie sterowania ciągłego, zaprojektowanego z wykorzystaniem modelu obiektu z czasem ciągłym, jest powszechną praktyką. Praca w tym rozdziale ocenia nowe warunki, które muszą być spełnione przez parametry sterowania z trybem ślizgowym, zaprojektowanego w taki sposób, aby odpowiedź obiektu

pozostała ograniczona przy takim dyskretnym zastosowaniu sterowania. Niniejsza praca jest rozwijana w celu zaproponowania uogólnionego prawa osiągnięcia dla dyskretnych projektów z trybem ślizgowym. To uogólnione prawo osiągnięcia jest bardziej elastyczne w doborze funkcji i parametrów, co umożliwia mu radzenie sobie z potencjalnie nowymi scenariuszami problemów. Nowy problem, w którym zakłócenie wpływające na system jest ograniczone znanymi funkcjami, a nie stałą granicą, jest rozwiązywany z wykorzystaniem tego uogólnionego prawa osiągnięcia.

[Read more](#)

Sterowanie trybem przesuwным wyzwalane zdarzeniami w oparciu o model sieciowy

Streszczenie

W tym rozdziale ponownie omówiono koncepcję sterowania wyzwalanego zdarzeniami opartego na modelu, łącząc ją ze sterowaniem w trybie ślizgowym (SMC), aby zaprojektować solidne, sieciowe schematy SMC. Po wstępnych rozważaniach dotyczących konwencjonalnego sterowania wyzwalanego zdarzeniami opartego na modelu, zaproponowano dwa alternatywne modele projektowe wraz z omówieniem ich stabilności. Na koniec przedstawiono przykład zastosowania ilustrujący obie proponowane strategie.

[Read more](#)

Obserwator superskręcania krok po kroku dla silnika szeregowego prądu stałego w obecności nasycenia magnetycznego

Silniki szeregowo-prądowe wytwarzają bardzo wysoki moment obrotowy przy zerowej lub niskiej prędkości. Z tego powodu i ze względu na swoją prostotę silniki te nadal znajdują zastosowanie m.in. w wiertnictwie naftowym. W wiertnictwie naftowym środowisko może być bardzo trudne, co prowadzi do gwałtownych wibracji i wstrząsów. Czujniki położenia, niezbędne do realizacji pętli zamkniętej sterowania prędkością lub położeniem, mogą łatwo ulec awarii w takich warunkach, powodując straty produkcyjne. Ponadto zwiększają one złożoność i koszt systemu. Dlatego pożądane jest ich unikanie. W niniejszej pracy proponujemy zastosowanie krok po kroku obserwatora superskrętnego w celu określenia prędkości silnika. Obserwatorzy ci mają właściwość skończonej zbieżności w czasie. Jednak dwie wrodzone właściwości silników szeregowych prądu stałego mogą uniemożliwić ich użycie. Z jednej strony istnieje osobliwość obserwacji przy zerowym prądzie. Z drugiej strony występuje nasycenie magnetyczne, które prowadzi do nieprawidłowych pomiarów prędkości, jeśli nie zostanie uwzględnione. Aby pokonać te ograniczenia, proponujemy zastosowanie schematu obserwatora/estymatora i wprowadzenie nasycenia magnetycznego do modelu obserwatora. Przeprowadzono aplikację przemysłową w celu zaprezentowania wydajności proponowanego rozwiązania w kontekście bezczujnikowego sterowania prędkością silnika szeregowo-prądowego.

[Read more](#)