



**دانشگاه زنجان**

**دانشکده مهندسی**

**گروه برق**

**پایان نامه کارشناسی**

**گرایش کنترل**

**عنوان:**

**پایداری نمایی سامانه‌های تکین دارای تاخیر زمانی**

**دکتر صالح مبین**

**نگارش:**

**فرشاد نجفی**

**تابستان ۹۵**

## چکیده

این پایان نامه کنترل مد لغزشی (SMC) <sup>۱</sup> سامانه‌های تکین <sup>۲</sup> را بررسی می کند. سامانه‌های تحت

مطالعه و بررسی درگیر اختلال غیرخطی و تاخیر تغییرپذیر با زمان هستند. هدف این پایان نامه طراحی

یک کنترل کننده مد لغزشی است چنان که سامانه غیرخطی تکین پایدار نمایی شده و مسیر حرکت آن

پروژه برق دانشگاه زنجان بتواند به سطح لغزش در زمان کراندار هدایت شود. با استفاده از تابع لیاپانوف-کراسووسکی و تعدادی آزمایشگاه پروژه

برق دانشگاه زنجان ماتریس مشخص شروط روی پایدارسازی نمایی <sup>۳</sup> در فرم اکید نابرابری ماتریس خطی (LMI) <sup>۴</sup> احراز آزمایشگاه پروژه برق

دانشگاه زنجان و اسکندرمی گردد. یک مثال عددی نیز داده شده تا سودمندی نتایج اصلی روشن گردد. می توان از تمام این پروژه برق دانشگاه

زنجان و اسکندرمندی در مطالعه سامانه‌های تغییرپذیر با زمان غیرخطی درگیر اختلال غیرخطی با تاخیر زمانی استفاده

کرد.

**کلمات کلیدی:** کنترل مد لغزشی، سامانه‌های تکین، پایدارسازی نمایی، نابرابری ماتریس خطی دانشگاه زنجان و اسکندرمندی

کروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه

برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق

آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق

آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق

پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق

برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق

دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق

<sup>1</sup> sliding mode control

<sup>2</sup> singular system

<sup>3</sup> exponential stabilization

<sup>4</sup> tracking





## ۱- مقدمه

امروزه کنترل مد لغزشی به صورت روشی قابل اجرا برای طراحی کنترل کننده گسترش داده شده است و گستره تنوع آن در سامانه‌های عملی مانند کنترل سامانه‌های الکتریکی، بازوهای ربات و هواپیما می باشد. کنترل مد لغزشی دارای ویژگی و خاصیت جذابی است و آن اینکه سامانه را نسبت به عدم قطعیت روی سطح لغزشی غیر حساس نگه می دارد. این مزیت به ما آزادی بیشتری در طراحی کنترل کننده می دهد چرا که ما می توانیم مدل سامانه را توسط معرفی اغتشاش مجازی برای ارضای نیازهای معین تصحیح نماییم. بنابراین، کنترل مد لغزشی به عنوان ابزار بهره به منظور طراحی کنترل کننده قوی برای پایدارسازی سامانه‌های پیچیده با اغتشاش خروجی و پارامترهای اختلال بررسی شده است. به خاطر مزیت آنها در کنترل و کاربردهای وسیع در سامانه‌های عملی بسیاری از پژوهشگران تحقیقاتشان را روی طراحی کنترلی مد لغزشی متمرکز کرده اند [۱، ۳].

از سوی دیگر، سامانه‌های ویژه تنها درگیر معادلات دینامیکی نیستند بلکه درگیر معادلات استاتیکی نیز می باشند. وجود و یکتایی جواب داده شده به سامانه ویژه همیشه تضمین شده نیست و همچنین سامانه می تواند رفتار ضربه ای غیر دلخواه داشته باشد، بنابراین، مطالعه چنین سامانه ای پیچیده تر از سامانه های فضای حالت استاندارد می باشد. نظر به اینکه سامانه‌های تکین بیشتر مناسب برای توصیف رفتار

چندین سامانه عملی در رشته‌های مختلف هستند، تعداد زیادی از ایده‌های اساسی تئوری کنترل سامانه، که بر پایه سامانه‌های فضای حالت استاندارد می باشد، به طور موفقی روی سامانه‌های تکین توسعه یافته،

مانند پایداری و پایداری، مشکل کنترل بهینه و مشکل فیلترینگ [۲].

به تازگی، دانشمندان کنترل کننده مد لغزشی انتگرالی برای سامانه‌های آمیخته احتمالی تکین طراحی نموده اند [۶]. آنها یک شرط کافی جدید در شرایط نابرابری ماتریس خطی اکید، که پایداری احتمالی دینامیک مد لغزشی را تضمین می کند، ارائه کرده اند. گرچه، اغلب تاخیرهای زمانی در سامانه‌های کنترل گوناگون اتفاق می افتد، مانند سامانه تعلیق اکتیو خودرو، ارتعاش فلزبری و سامانه‌های کنترل شبکه. تاخیرهای زمانی به دلیل انتقال سیگنال و خطاهای اجتناب ناپذیر وسایل کنترل و مانند آن اتفاق می افتد. سامانه‌های کنترل با یا بدون تاخیر زمانی همگن هستند که تاخیرهای زمانی نزدیک به صفر باشند، در غیر این صورت ممکن است غیرهمگن باشند. به عبارت دیگر، تاخیرهای زمانی، ثابت یا متغیر با زمان، می توانند عملکرد سامانه‌های کنترل طراحی شده بدون در نظر گرفتن تاخیرهای زمانی را کنترل داده و حتی می توانند سامانه‌ها را ناپایدار سازند. بنابراین، بیشتر توجه برای مطالعه سامانه‌های دارای تاخیر زمانی می باشد. برای یک گونه از سامانه‌های تکین با تاخیرهای زمانی و اختلالات غیرخطی، مشکل پایداری بر اساس کنترل مد لغزشی هنوز در تالیفات موجود بررسی نشده که موضوع را باز و چالش برانگیز می کند، به ویژه به خاطر اینکه پایداری نمایی که یکی از خواص دینامیکی شدیداً دلخواه سامانه‌های غیرخطی تکین و شروط پایداری نیز کم است [۳،۱].

این پایان نامه به مشکل پایداری نمایی برای سامانه‌های تکین غیرخطی از راه SMC می پردازد. در ابتدا ما با دو لم آشنا می شویم که به ما در بحث روی نتایج اصلی کمک می کند. براساس این دو لم، شرط کافی وابسته به تاخیر روی پایداری نمایی برای سامانه‌های تغییرپذیر با زمان ویژه در شرایط LMI غیر اکید داده شده است. برخی ماتریسهای مشخص معرفی می شوند و LMI غیر اکید به LMI اکید انتقال می یابد. که به راحتی در تول باکس LMI متلب یافت می شود. ثانیاً، سطح لغزش با استفاده





## ۲- کنترل مد لغزشی

۲-۱) فلسفه استفاده از کنترل کننده مد لغزشی: اولین سوالی که در مورد کنترل کننده مد لغزشی گروه برق آزمایشگاه

مطرح می شود این است که ما چرا و چه زمانی از این کنترل کننده استفاده می کنیم. کنترل کننده مد

لغزشی برای سامانه هایی که در آنها اغتشاش و یا نامعینی در پارامترها وجود دارد استفاده می شود.

تعریف اغتشاش و نامعینی در پارامترها: فرض کنید سامانه مورد نظر یک موشک باشد. وقتی موشک به

سمت هدف پرتاب می شود در طول مسیر دو اتفاق می افتد که ما تقریبا هیچ شناختی از آن ها نداریم.

یکی از این اتفاقات این است که این موشک در یک روز بارانی یا طوفانی به سمت هدف پرتاب شده باشد

بنابراین ممکن است از بیرون به موشک نیروی باد یا باران به آن وارد گردد که ما هیچ اطلاعی از مقدار

این نیرو نداریم این نیرو همان اغتشاش است یعنی نیرویی که از بیرون به سامانه وارد می شود.

وقتی موشک به سمت هدف پرتاب می شود سوخت آن در حال تمام شدن است و ایده آل آن است که

وقتی موشک به هدف برخورد می کند سوخت آن به صفر برسد تا سوخت اضافی بر روی موشک حمل

نگردد. بنابراین اگر جرم سوخت موشک در ابتدا  $m$  باشد در لحظه برخورد موشک به هدف این سوخت

تقریبا به صفر خواهد رسید. در نتیجه در پارامترهای سامانه موشک در طی روند کار آن نامعینی وجود

دارد که این همان نامعینی در پارامتر می باشد.

بنابراین اگر کنترل کننده ای که طراحی می کنیم این دو نامعینی را در نظر نگیرد هیچ گاه موشک به

هدف برخورد نخواهد کرد. در این نوع مسائل (که تقریبا همه مسئله های کنترل با این نوع نامعینی ها







## ۶- نتیجه گیری

در این پایان نامه ما به بررسی پایداری سازی نمایی با استفاده از کنترل مد لغزشی انتگرالی برای سامانه‌های ویژه دارای تاخیر تغییرپذیر با زمان و اختلال غیرخطی پرداختیم. با استفاده از تابع لیاپانوف-کراسووسکی یک شرط پایداری سازی نمایی وابسته به زمان در عبارت LMI اکید پیشنهاد شده است. یک کنترل مد

لغزشی طراحی شد تا از پایداری نمایی سامانه حلقه بسته اطمینان داشته باشیم. مثال عددی سودمندی راه‌های ارائه شده را اثبات کرد. از نتایج به دست آمده می‌توان برای مطالعه سامانه‌های ویژه استفاده کرد.

## منابع

[1] Choi HH. LMI-Based sliding surface design for integral sliding mode control of mismatched uncertain systems. *IEEE Trans Autom Control* 2007;52(4):736–42.

[2] Xia YQ, Boukas EK, Shi P, Zhang JH. Stability and stabilization of continuous-time singular hybrid systems. *Automatica* 2009;45:1504–9.

[3] Fridman E, Gouaisbaut F, Dambrine M, Richard JP. Sliding mode control of systems with time-varying delays via descriptor approach. *Int J Syst Sci* 2003;34(8-9):553–9.

[4] Sloutine JJE, Li W. *Applied Nonlinear Control*.

[5] Yucai D, Hong Z, Shouming Z. Exponential stabilization using sliding mode control for singular systems with time-varying delays and nonlinear perturbations.

[6] Wu LG, Ho Daniel WC. Sliding mode control of singular stochastic hybrid systems. *Automatica* 2010;46:779–83.

[7] Uezato E, Ikeda M. Strict LMI conditions for stability, robust stabilization, and  $H_1$  control of descriptor systems. In: *Proceedings of the 38th conference on decision & control, Phoenix, Arizona USA 1999*; p. 4092–7.

[8] Niu YG, Ho Daniel WC, Wang XY. Robust  $H$  control for nonlinear stochastic systems: a sliding-mode approach. *IEEE Trans Autom Control* 2008;53(7):1695–701.