



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

عنوان پایان نامه

طراحی و شبیه سازی و ساخت سیستم تعلیق مغناطیسی و کنترل آن توسط کنترل PID و کنترل

مد لغزشی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی

در رشته مهندسی برق گرایش کنترل

نام دانشجو

پیام عابدی

استاد راهنما:

دکتر صالح مبین

بهمن ماه ۱۳۹۵

تشکر و قدردانی:

کمال تشکر و قدردانی را از زحمات استاد ارجمند دکتر مبین، استاد راهنمای اینجانب در دانشگاه زنجان و همچنین آقای بیات، مسئول محترم اتاق پروژه را دارم که در مدت دوره ی انجام پروژه با نهایت دقت و لطف مرا راهنمایی و همراهی کردند.

در جهت ارتقای سطح علمی و کسب مهارت های لازم در زمینه ی رشته ی تحصیلی و همچنین علاقه اینجانب به بحث عملی و برنامه نویسی و انجام پروژه های عملی، با راهنمایی اساتید محترم که نهایت لطف و عنایت را نسبت به اینجانب داشتند، این موضوع برای گذراندن پروژه کارشناسی انتخاب گردید.

سپاس گذار کسانی هستم که سرآغاز تولد من هستند. از یکی زاده می شوم و از دیگری جاودانه. استادی که

چکیده

در این پروژه یک سیستم تعلیق مغناطیسی طراحی و ساخته می شود و در ادامه با استفاده از ادوات میکروکنترلر و کارت های ورودی _ خروجی به یک رایانه متصل میگردد.

کنترل مقدماتی با استفاده از یک کنترلر PID در رایانه با استفاده از نرم افزار متلب صورت می گیرد و همچنین تست های عملی با جمع آوری داده های بدست آمده توسط همین نرم افزار انجام می پذیرد. شبیه سازی با استفاده از کنترلر PID و همچنین کنترل حالت لغزشی (SMC) توسط نرم افزار متلب بر مبنای روی سیستم مذکور انجام می شود. و در نهایت در صدد آنیم که با طراحی کنترلر مد لغزشی مناسب این سیستم را به حالت پایدار برسانیم.

واژه های کلیدی: سیستم تعلیق مغناطیسی، کنترل PID، کنترل مد لغزشی

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- تاریخچه	۲
۱-۳- اهمیت موضوع پروژه و کاربرد های آن	۳
فصل ۲: سیستم تعلیق مغناطیسی	۵
۲-۱- معرفی	۶
۲-۲- سخت افزار	۸
۲-۲-۱- سیم پیچ	۹
۲-۲-۲- جسم معلق	۱۰
۲-۲-۳- سنسور	۱۰
۲-۲-۴- مدارات تقویت کننده	۱۱
۲-۲-۵- ادوات میکرو کنترلر و کارت ارتباطی PL2303	۱۳
۲-۳- نرم افزار	۱۴
۲-۳-۱- میکرو کنترلر	۱۵
۲-۳-۲- متلب	۲۰
فصل ۳: روش تحقیق	۲۲
۳-۱- کنترلر PID	۲۳
۳-۲- کنترلر SMC	۲۶
فصل ۴: شبیه سازی و نتایج عملی	۳۰
۴-۱- شبیه سازی	۳۱
۴-۲- نتایج عملی	۳۴
فصل ۵: نتیجه گیری	۳۷
۵-۱- نتیجه گیری	۳۸
مراجع	۳۹
پیوست ها	۴۱

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲) نمایش اتصالات و بخش های مختلف سیستم تعلیق مغناطیسی طراحی شده ۶
- شکل (۲-۲) نمایش شماتیکی سیستم تعلیق مغناطیسی ۷
- شکل (۳-۲) سیستم تعلیق مغناطیسی ساخته شده ۹
- شکل (۴-۲) سیم پیچ ۹
- شکل (۵-۲) جسم معلق ۱۰
- شکل (۶-۲) سنسور اثر هال ۱۱
- شکل (۷-۲) مدار پیاده سازی شده روی برد سوراخ دار ۱۲
- شکل (۸-۲) کابل ارتباطی PL2303 ۱۳
- شکل (۹-۲) شکل ۹ میکروکنترلر Atmega8 ۱۴
- شکل (۱۰-۲) شکل موج یک سیگنال آنالوگ ۱۶
- شکل (۱۱-۲) عمل نمونه برداری ۱۷
- شکل (۱۲-۲) کوانتیزاسیون دامنه ی سیگنال ۱۸
- شکل (۱۳-۲) تنظیمات واحد ADC در Code Vision ۱۸
- شکل (۱۴-۲) نحوه ی تغذیه ی واحد adc ۱۹
- شکل (۱-۳) فرم کلی یک فرایند کنترل شده ۲۳
- شکل (۲-۳) نحوه ی یافتن پارامتر های زیگلر نیکولز ۲۵
- شکل (۳-۳) پاسخ پله ی حلقه باز سیستم تعلیق مغناطیسی طراحی شده ۲۵
- شکل (۴-۳) نمایش دکارتی سطح لغزش بر حسب خطا Error! Bookmark not defined.
- شکل (۱-۴) بلوک دیاگرام سیستم شبیه سازی شده ۳۲
- شکل (۲-۴) موقعیت جسم معلق ۲۶
- شکل (۳-۴) سرعت جسم معلق ۳۳
- شکل (۴-۴) جریان سیم پیچ ۳۳
- شکل (۵-۴) موقعیت جسم معلق ۳۴
- شکل (۶-۴) خطای بین موقعیت جسم معلق و موقعیت مطلوب ۳۴
- شکل (۷-۴) خروجی سیگنال PWM میکرو ۳۴
- شکل (۸-۴) نمودار تغییرات جریان سیم پیچ نسبت به تغییرات فاصله جسم معلق ۳۵
- شکل (۹-۴) نمودار پاسخ ردیابی سیستم ۳۶

۱-۱ - مقدمه

سیستم تعلیق مغناطیسی داری دینامیک غیر خطی و ناپایدار است. عوامل تاثیر گذار روی سیستم، عوامل محیطی و اغتشاشات سنسور می باشد. همچنین عدم قطعیت موجود در این سیستم که می تواند ناشی از عدم قطعیت پارامترها (جرم جسم معلق) و یا دینامیک های مدل نشده باشد که موجب شده تا کنترل این سیستم همواره مورد توجه باشد.

در این سیستم با استفاده از جایگزین کردن یک سیستم غیر خطی درجه یک با عدم قطعیت به جای یک سیستم درجه ۱۱ و همچنین با اعمال یک سیگنال کنترلی و تعریف یک سطح لغزش، شاهد عملکرد دقیق و پایداری سیستم (ایجاد تعادل بین نیروی مغناطیسی سیم پیچ و وزن جسم معلق در مقابل اغتشاشات محیط) خواهیم بود.

۱-۲ - تاریخچه

در سال های اخیر تکنیک های زیادی برای مطالعه بیشتر در زمینه ی کنترل سیستم های تعلیق مغناطیسی ارائه شده است که از جمله آن ها می توان به:

۱. تکنیک خطی سازی فیدبک برای کنترل سیستم تعلیق مغناطیسی توسط:
(Barie and Chiasson 1996; Hajjaji and Ouladsine 2001; Trumper et al. 1997)
۲. نوع دیگر کنترل غیر خطی ارائه شده توسط:
(Green and Craig 1998; Huang et al. 2000; Yang and Tateishi 1998; Zhao and Thornton 1992)
۳. روش کنترلی قدرتمندی نیز توسط ((Fujita et al. (1990), Fujita et al. (1995)) برای سیستم تعلیق

مغناطیسی

۴. قوانین کنترل بر پایه ی فضای فازی توسط: (Zhao et al)
۵. طراحی کنترلر خطی توسط: ((El Rifai and Youcef-Toumi (1998)
۶. روش برنامه ریزی گین توسط: ((Kim and Kim (1994)
۷. تکنیک شبکه های طبیعی توسط: ((Lairi and Bloch (1999)
۸. کنترل مد لغزشی: ((Hung et al. (1993), Yong et al. (1999), Zinober (1994)

۹. روش کنترل مد لغزشی پایانه ای (TSMC): (Tang (1998), Wu et al. (1998))

۱۰. روش های (AFTSMC) و (ASMC) به طور موفقیت آمیزی در سیستم های عملی اجرا گردیده است:

(Wu et al. 1998; Man et al. 1999; Keleher and Stonier 2001; Feng et al. 2001)

(Keleher and Stonier 2001; Li et al. 2013; Yu and Man 2002)

۱۱. روش (ATSMC) برای کنترل بازوی روبات : (Man et al. (1999), Keleher and Stonier (2001), Feng)

(et al. (2001), Keleher and Stonier (2001)

۱۲. روش (FTSMC): (Yu and Man (2002), Almutairi and Zribi (2006))

۱۳. (Tao and Taur (2004)) یک روش فازی تطبیقی پایانه ای برای سیستم های خطی با عدم تطابق

تغییرات زمان عدم قطعیت ها برای روش SMC ارائه نمود.

۱۴. همچنین روش FTSMC غیر منفرد تطبیقی در (Li et al. (2013)) برای محرک الکترومکانیکی

استفاده شد.

و در آخر (N. Boonsatit & C. Pukdeboon (2016)) قانون جدید ASMC و AFTSMC برای سیستم

تعلیق مغناطیسی ارائه نمودند.

۱-۳- اهمیت موضوع پروژه و کاربرد های آن

در یک سیستم تعلیق مغناطیسی، هدف باید بدون هیچ گونه تماسی در محدوده ی تعیین شده معلق بماند.

این سیستم به طور گسترده در زمینه ها و کاربردهای مختلفی از جمله کنترل قطار های مغناطیسی سرعت

بالا، سیستم های تثبیت موقعیت در فرایندهای مختلف صنعتی، شناور سازی فلزات ذوب شده در کوره های

القایی، جابجایی قطعات فلزی در فرایند تولید، ایزولاسون ارتعاش ماشین آلات و خودروها، ژيروسکوپ

(شتابسنج) و... به کار می رود.

با توجه به ویژگی هایی این روش از قبیل دقت بالا، سرعت مناسب، بدون تماس بودن و جای گیری محیطی

مناسب، این روش مورد توجه بوده و پژوهش های زیادی روی آن انجام شده است. بیشتر این پژوهش ها بر

مبنای مدل های خطی و یا مدل های نامناسب غیر خطی انجام شده اند.

امروزه سیستم تعلیق مغناطیسی خودروهای شرکت Audi مدتی است که سواری منحصر به فردی را به

رانندگان خویش عرضه کرده است، از آنجا که در مدل های قدیمی می بایست برای هر نوع رانندگی سیستم

تعلیق به خصوصی برای خودرو نصب کرد، شرکت آئودی به این فکر افتاد که با نصب یک سیستم به تمامی

این اهداف دست یابد. این بود که سیستم مغناطیسی تعلیق را جایگزین مدل های قدیمی کرد. این سیستم مدتی است که بر روی خودرو های این شرکت نصب میگردد و در آغاز بر روی مدل Audi TT این شرکت نصب و آزمایش گردید. اما در حال حاضر این سیستم تقریبا بر روی تمامی مدل های این شرکت به خصوص

طرح محبوب این شرکت Audi R8 نصب می گردد.

گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

زنجان و انشاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

و انشاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

پروژه برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

برق و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

و انشاه زنجان و انشاه مهندسی گروه

زنجان و انشاه مهندسی گروه

۵-۱- نتیجه گیری

در این پروژه سیستم تعلیق مغناطیسی طراحی ساخته و شبیه سازی شد و یک کنترل کننده PID و پس از آن یک کنترل کننده مد لغزشی که نسبت به تغییر پارامترها مقاوم می باشد، برای آن طراحی شد و چنانچه دیدیم کنترل کننده عملکرد خوبی از خود نشان داد. در اینجا پارامتر قابل تغییر جرم جسم معلق در نظر گرفته شده است. و با تغییر جرم حساسیت بسیار کمی مشاهده شد. همچنین کنترل کننده برای ردیابی ورودی های پالس پله در محدوده کاری سیستم نیز بخوبی عمل کرده اس. بنابراین کنترل مد لغزشی روش بسیار مناسبی برای کنترل سیستم های غیر خطی و با عدم قطعیت پارامترها، به شمار می رود.



مراجع

- [1] Hassanzadeh I, Mobayen S and Sedaghat G (2008) Design and implementation of a controller for magnetic levitation system using genetic algorithms. Journal of Applied Sciences 8(24): 4644-4649.
- [2] AL-Muthairi NF and Zribi M (2004) Sliding mode control of a magnetic levitation system. Mathematical Problems in Engineering 2004: 93–107.
- [3] Boonsatit N and Pukdeboon C (2016) Adaptive fast terminal sliding mode control of magnetic levitation system. Journal of Control, Automation and Electrical Systems. DOI 10.1007/s40313-016-0246-2.
- [4] Tzoo-Hseng S.Li , Chao-Lin Kuo,Nai Ren Gue,"Design of an EP-based fuzzy sliding-mode control for a magnetic ballsuspension system" , Tainan 70101,Taiwan,ROC.(2006).
- [5] N.F.A.L Muthairi and M.Zribi,"Sliding mode control of a magnetic levitation system"

پیوست الف

جدول ۱: مشخصات سنسور اثر هال UGN3503U

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Limits			Units
			Min.	Typ.	Max.	
Operating Voltage	V_{CC}		4.5	—	6.0	V
Supply Current	I_{CC}		—	9.0	13	mA
Quiescent Output Voltage	V_{OUT}	B = 0 G	2.25	2.50	2.75	V
Sensitivity	ΔV_{OUT}	B = 0 G to ± 900 G	0.75	1.30	1.75	mV/G
Bandwidth (-3 dB)	BW		—	23	—	kHz
Broadband Output Noise	V_{out}	BW = 10 Hz to 10 kHz	—	90	—	μ V
Output Resistance	R_{OUT}		—	50	220	Ω

مشخصات سنسور اثر هال UGN3503U:

✓ خروجی نویز - پایین

✓ بسیار حساس

✓ پاسخ flat به فرکانس 23 kHz

✓ محدوده عملکرد ۴٫۵ تا ۶ ولت

✓ پکیج بهینه شده مغناطیسی

سنسور اثر هال UGN3503U بطور دقیق تغییرات بسیار کوچک در چگالی فلوی مغناطیسی را دنبال می‌کند.

سنسور های اثر هال ابزارهای خروجی خطی هستند که قدرت و پلاریتی میدان‌های مغناطیسی را

احساس می‌کنند. سنسور UGN3503U بفرم یک پکیج کوچک IC سه پین موجود است. ولتاژ اعمالی روی

سنسور ۴٫۵ تا ۶ ولت و جریان اعمالی لازم ۹ تا ۱۴ میلی آمپر می‌باشد. خروجی آن ولتاژ quiescent (۲٫۴) میلی

ولت (۳ -) می‌باشد. حساسیت سنسور به ولتاژ اعمالی وابسته است. شماتیک این سنسور در شکل زیر نمایش

داده شده است.

پیوست ب

جدول ۲: مشخصات ترانزیستور قدرت SiHG20N50C


ORDERING INFORMATION	
Package	TO-247AC
Lead (Pb)-free	SiHG20N50C-E3
Lead (Pb)-free and Halogen-free	SiHG20N50C-GE3

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T _C = 25 °C, unless otherwise noted)			
PARAMETER	SYMBOL	LIMIT	UNIT
Drain-Source Voltage	V _{DS}	500	V
Gate-Source Voltage	V _{GS}	± 30	
Continuous Drain Current (T _J = 150 °C) ^a	V _{GS} at 10 V	T _C = 25 °C	20
		T _C = 100 °C	11
Pulsed Drain Current ^a	I _{DM}	80	A
Linear Derating Factor		1.8	W/°C
Single Pulse Avalanche Energy ^b	E _{AS}	361	mJ
Maximum Power Dissipation	P _D	250	W
Peak Diode Recovery dV/dt ^c	dV/dt	5	V/ns
Operating Junction and Storage Temperature Range		T _J , T _{stg}	- 55 to + 150
Soldering Recommendations (Peak Temperature)			300 ^d
		for 10 s	

Notes

- Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature.
- V_{DD} = 50 V, starting T_J = 25 °C, L = 2.5 mH, R_θ = 25 Ω, I_{AS} = 17 A.
- I_{SD} ≤ 18 A, dI/dt ≤ 380 A/μs, V_{DD} ≤ V_{DS}, T_J ≤ 150 °C.
- 1.6 mm from case.
- Limited by maximum junction temperature.

THERMAL RESISTANCE RATINGS				
PARAMETER	SYMBOL	TYP.	MAX.	UNIT
Maximum Junction-to-Ambient	R _{thJA}	-	40	°C/W
Maximum Junction-to-Case (Drain)	R _{thJC}	-	0.5	

SPECIFICATIONS (T _J = 25 °C, unless otherwise noted)						
PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Static						
Drain-Source Breakdown Voltage	V _{DS}	V _{GS} = 0 V, I _D = 250 μA	500	-	-	V
V _{DS} Temperature Coefficient	ΔV _{DS} /T _J	Reference to 25 °C, I _D = 1 mA	-	700	-	mV/°C
Gate-Source Threshold Voltage (N)	V _{GS(th)}	V _{DS} = V _{GS} , I _D = 250 μA	3.0	-	5.0	V
Gate-Source Leakage	I _{GSS}	V _{GS} = ± 30 V	-	-	± 100	nA
Zero Gate Voltage Drain Current	I _{DSS}	V _{DS} = 500 V, V _{GS} = 0 V	-	-	25	μA
		V _{DS} = 400 V, V _{GS} = 0 V, T _J = 125 °C	-	-	250	
Drain-Source On-State Resistance	R _{DS(on)}	V _{GS} = 10 V, I _D = 10 A	-	0.225	0.270	Ω
Forward Transconductance	g _{fs}	V _{DS} = 50 V, I _D = 10 A	-	6.4	-	S
Dynamic						
Input Capacitance	C _{iss}	V _{GS} = 0 V, V _{DS} = 25 V, f = 1.0 MHz	-	2451	2942	pF
Output Capacitance	C _{oss}		-	300	360	
Reverse Transfer Capacitance	C _{rss}		-	26	32	
Total Gate Charge	Q _g	V _{GS} = 10 V, I _D = 18 A, V _{DS} = 400 V	-	65	76	nC
Gate-Source Charge	Q _{gs}		-	21	-	
Gate-Drain Charge	Q _{gd}		-	29	-	
Turn-On Delay Time	t _{d(on)}		-	80	-	ns
Rise Time	t _r	V _{DD} = 250 V, I _D = 18 A, R _θ = 9.1 Ω	-	27	-	
Turn-Off Delay Time	t _{d(off)}		-	32	-	
Fall Time	t _f		-	44	-	
Gate Input Resistance	R _g	f = 1 MHz, open drain	-	1.1	-	Ω
Drain-Source Body Diode Characteristics						
Continuous Source-Drain Diode Current	I _S	MOSFET symbol showing the integral reverse p - n junction diode 	-	-	20	A
Pulsed Diode Forward Current	I _{SM}		-	-	80	A
Body Diode Voltage	V _{SD}	T _J = 25 °C, I _S = 18 A, V _{GS} = 0 V	-	-	1.5	V
Body Diode Reverse Recovery Time	t _{rr}		-	503	-	ns
Body Diode Reverse Recovery Charge	Q _{rr}	T _J = 25 °C, I _F = I _S , di/dt = 100 A/μs, V = 35 V	-	6.7	-	μC
Reverse Recovery Current	I _{RRM}		-	30	-	A

پیوست ج

جدول ۳: خانواده انواع تراشه های PL2303 و سیستم عامل هایی که در این خانواده ساپرت می شوند.

System Requirements

- ✓ PC with USB 1.1/2.0/3.0 Host Controller (USB Port) and Windows OS.
- ✓ USB Device with below PL-2303 chip versions and their supported OS Family:

Chip Version	Windows 2000 / XP Server 2003 (32 & 64 bit)	Windows Vista / 7 Server2008/R2 (32 & 64 bit)	Windows 8 / 8.1 Server2012/R2 (32 & 64 bit)	Windows 10 (32 & 64 bit)
PL-2303H	Yes	Yes	Not Supported*	Not Supported*
PL-2303HX (Rev A) or HXA	Yes	Yes	Not Supported*	Not Supported*
PL-2303X or XA	Yes	Yes	Not Supported*	Not Supported*
PL-2303HX (Rev D) or HXD	Yes	Yes	Yes	Yes
PL2303TA	Yes	Yes	Yes	Yes
PL2303TB	Yes	Yes	Yes	Yes
PL2303EA	Yes	Yes	Yes	Yes
PL2303RA	Yes	Yes	Yes	Yes
PL2303SA	Yes	Yes	Yes	Yes

* PL2303H, PL-2303HX (Rev A), and PL-2303X are EOL and discontinued chips and Prolific will not provide Windows 8 (and above versions) driver support. New driver versions will show yellow mark (Error Code 10) in Device Manager for these EOL chip versions under Windows 8 or above OS versions.