دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان‌نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک

عنوان :

کنترل سیستم تعلیق مغناطیسی بوسیله شبکه عصبی

استاد راهنما: **دکتر جلیلوند**

نگارش: **مونا پدرام**

شهریور ۸۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	۱
مقدمه	۲
فصل اول	
مدل ریاضی سیستم	۷
فصل دوم	
روش های کنترل سیستم تعلیق مغناطیسی	۱۱
کنترل پیش فاز	۱۲
کنترلPID	۱۷
کنترل به روش فیدبک فضای حالت	۲۱
فصل سوم	
آشنایی مقدماتی با شبکه های عصبی	۲۴
انگیزه های بیولوژیکی	۲۴
کاربرد شبکه های عصبی	۲۸
مدل ریاضی نرون	۳۱
مدل تک ورودی	۳۱
توابع تحریک	۳۳
تابع آستانه دو مقداره حدی	۳۳
تابع خطی	۳۴
تابع زیگموئید	۳۵
مدل چند ورودی	۳۷
ساختار شبکه عصبی	۳۸

عنوان صفحه

شبکه های عصبی تک لایه ۳۸
شبکه های چند لایه ۳۹
انواع شبکه ها از نظر برگشت پذیری ۴۰
شبکه برگشتی ۴۱
مراحل طراحی شبکه عصبی ۴۱
پرسپترون تک لایه ۴۴
قانون یادگیری پرسپترون ۶۴
شبکه های چند لایه ۷۴
الگوریتم یادگیری شبکه های پرسپترون ۴۹

فصل چهارم

کنترل به وسیله شبکه عصبی ۵۵
کنترل سیستم به روش مدل معکوس ۵۷
ضمیمه : برنامه های مت لب ۶۱
مراجع ۶۴

چکیده:

سیستم‌های تعلیق مغناطیسی به طور گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف از جمله تکیه‌گاه‌های بدون اصطکاک، قطارهای مسافربری پر سرعت، تونل‌های بادی و غیره به کار گرفته می‌شوند. ساخت یک کنترل‌کننده‌ی فیدبک با کارآیی بالا برای کنترل موقعیت جسم معلق امر مهمی است، چرا که سیستم تعلیق مغناطیسی معمولا در حالت حلقه باز ناپایدار است و به خاطر ویژگی‌های غیرخطی دینامیک‌های الکترومغناطیسی مسئله‌ی کنترل آن‌ها چالش بزرگی برای مهندسان کنترل می‌باشد.

در این پروژه فرآیندهای تحلیل و کنترل وشبیه سازی یک مدل آزمایشگاهی ساده از یک سیستم تعلیق مغناطیسی تک محرکه بررسی می‌شود. در ابتدا مدل سیستم ارائه می‌شود و در ادامه تئوری کنترل‌کننده بیان می‌شود. با به‌کارگیری یک کنترل‌کننده‌ی پیش فاز پس فاز یا با روش فیدبک حالت سیستم تعلیق مغناطیسی برای تعلیق یک توپ فولادی به پایداری می‌رسد. سپس سیستم توسط شبکه های عصبی با روش آموزش مدل معکوس سیستم کنترل می شود .

مقدمه

یکی از راههایی که برای ایجاد یک سطح بدون اصطحکاک وبی تماس با محیط اطراف وجود دارد ، استفاده از سیستم تعلیق مغناطیس است .اکثرا از این سیستم با عنوان ماگلو [1] یاد میشود که در ماشین های تعلیق ، بلبرینگ هاو ... از آن استفاده می شود این اصطلاح برای اولین بار در سال ۱۹۳۷ توسط B.A holes که پژوهشگر دانشگاه ویرجینیا بود به کار گرفته شد . در سال ۱۹۵۴ این سیستم توسط Laurencean و Tourniear برای آزمایش ایرودینامیکی در تونل هوا ORENA فرانسه مورد بهره برداری قرار گرفت .

علاوه بر موارد یاد شده این سیستم دارای کاربرد های فراوان دیگری نیز هست از آن جمله به محافظت ماشینهای حساس در مقابل لرزش ، تعلیق قطعه های فولادی در حین ساخت آنها ، تعلیق قطعه های فولادی در کوره های القایی و قطارهای با سرعت بالا را می توان نام برد .

در چند کشور محدود در دنیا از قطار های مگلو استفاده می شود . این قطار ها قطارهایی هستند که برای حمل مسافر از آهنربای الکتریکی در تکنولوژی خود استفاده میکنند .ماگلو برای شناور سازی کوتاه مدت است .به این معنی که این قطار ها بر روی ریل در اثر میدان مغناطیسی ایجاد شده شناور میمانند .فرق اساسی قطار های ماگلو و قطار های معمولی هم همین است و این موضوع موجب می شود که این قطار ها با سرعت فوق العاده ای بر لایه ای از هوا حرکت کنند . این سرعت فوق العاده هیچ نیازی به موتورهای پرتوان وسوخت فسیلی قطار های معمولی ندارد به جای آنها این سیم پیچی های الکتریکی هستند که همه کارها را انجام می دهند . قطارهای ماگلو با سرعتی باور نکردنی در حدود ۳۱۰ کیلومتر بر ساعت مسافران راجابجا می کنند .طراحان قطار میگویند خطی به طول ۱۰۰۰ مایل از روم تا پاریس خواهند کشید که بااین ترتیب انسان امروز میتواند

[1] maglev

فاصله روم تا پاریس را در حدود کمتر از ۳ ساعت طی کند .این سرعت حتی در مقایسه با سریع ترین هواپیما ها هم فوق العاده است .

در عصر حاضر، بیشتر توجه بر روی کاهش نیاز به تماس چرخ و ریل متمرکز شده است چرا که این امر باعث فرسودگی چرخ و ریل و ایجاد آلودگی صوتی می گردد و از سوی دیگر در میزان چسبندگی و در نتیجه اعمال توان حداکثر، محدودیت هایی ایجاد می گردد. یکی از راه حلهایی که جهت کاهش تماس چرخ و ریل به نظر می رسد، استفاده از سیستم شناوری مغناطیسی است. شناوری مغناطیسی یا مگ لو تکنولوژی جدیدی در حمل و نقل ریلی است. مگ لو اولین حرکت اساسی در زمینه تکنولوژی راه آهن از زمان پیدایش آن بوده است. قطار مگ لو با داشتن سرعتی بالا، از سیستم های تعلیق مغناطیسی غیرتماسی، هدایت کننده و رانشی استفاده نموده و دارای چرخ و محور نمی باشد. با جایگزینی اجزای مکانیکی با قطعات الکترونیکی بدون سایش، بر محدودیت های تکنولوژی چرخ- ریل غلبه می شود. سیستم مگ لو با بهره گیری از میدان مغناطیسی که بین قطار و خط [۲] ایجاد می گردد، در فاصله اندکی از خط معلق مانده و در طول

[۲] Guide way

خط به پرواز در می آید. در قطارهای مغناطیسی به دلیل عدم تماس فیزیکی بین قطار و خط، اصطکاک تماسی وجود ندارد. فناوری مگ لو نقطه اشتراکی با خطوط ریلی نداشته و تاسیسات آن کاملا باید بطور مجزا طراحی و ساخته شوند. این قطارها با شکل خاص آیرودینامیک خود دارای سرعت بسیار بالایی می باشند. سیستم های مگ لو از لحاظ شکل و ظاهر دارای ویژگی هایی هستند که می توانند به عنوان یک گزینه جذاب و ایده آل در سیستم حمل و نقل به شمار روند. سیستم شناوری، سیستم رانشی و سیستم هدایت کننده سه ویژگی اصلی تکنولوژی مگ لو است. همچنین مگ لو شرایط راحت و مناسبی را برای مسافرین ایجاد می نماید چرا که عدم وجود تماس بین قطار و خط، لغزش حرکت قطار را جذب نموده و آسایش بیشتر مسافرین را فراهم می نماید. مسافران در این وسیله نقلیه الکترو مغناطیسی با وجود سرعتی بالا، نسبت به سیستم های حمل و نقل دیگر ایمن تر هستند. همچنین به علت بالاتر بودن خط نسبت به سطح زمین، این اطمینان حاصل می شود که هیچ گونه مانعی بر سر راه وجود نخواهد داشت. رکوردهای ایمنی بدست آمده از قطارهای مگ لوی که تا به حال مورد بهره برداری قرار گرفته اند و میلیاردها مسافر را به مقاصد خود جابجا نموده اند، بیانگر عدم وجود خسارات جانی بوده است. بر خلاف دیگر وسایل حمل و نقل، به دلیل استفاده از انرژی الکتریکی(برق)، هیچ گونه آلودگی هوا در مسیر حرکت قطار مگ لو وجود نخواهد داشت که این مساله در مناطق پر ازدحام شهری که آلودگی هوا یک مشکل عمده تلقی می گردد نقطه قوت می باشد. کنترل از طریق انرژی الکتریکی نسبت به بسیاری از منابع سوختی دیگر آسانتر و مؤثرتر بوده و به همین علت است که در تکنولوژی غیر تماسی، نیمرخ های فولادی نورد شده و ایجاد سر وصدا وجود نخواهد داشت. با توجه به اینکه در سیستم مگ لو، چرخ وجود ندارد، این سیستم از لحاظ آلودگی صوتی ناشی از چرخ مبرا می باشد. در تکنولوژی غیرتماسی، اتلاف انرژی به علت اصطکاک چرخ- ریل صورت نمی گیرد. وزن وسیله نقلیه نیز به علت نبودن چرخ، محور و لوکوموتیو کمتر می باشد. سیستم های مگ لو پتانسیل مناسبی را برای هماهنگی و یکنواخت ساختن رشد ترافیک فراهم می سازند. این سیستم ها تراکم و ترافیک عبور و

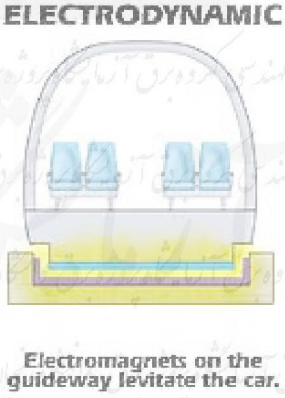
مرور هوایی و زمینی را با جایگزینی خود کاهش می دهند. در خطوط مگ لو مساله ای بنام هزینه دسترسی به زیر ساخت مسیر وجود ندارد و این عمل بدون نیاز به هزینه انجام می پذیرد. هزینه رانندگی قطار برای سیستم مگ لو با توجه به اینکه این سیستم توسط خط و تجهیزات نصب شده در قطار بصورت اتوماتیک هدایت می گردد، وجود نخواهد داشت. هزینه تعمیر و نگهداری نیز بعلت عدم وجود تماس چرخ و ریل در مسیر، کاهش می یابد.

همگی سیستم های تعلیق نام برده شده دینامیک غیر خطی دارند ؛ سیستم حلقه باز آن ها ناپایدار بوده و نیاز به حلقه فیدبک کنترلی دارند.

در حالت کلی سیستم های تعلیق مغناطیسی به دو دسته تقسیم می شوند :

۱ - نوع دفعی [۳]

در این نوع قسمت معلق مغناطیسی (مانند قطار) بخش ثابت (مانندریل) را دفع می کند .
این تفکر را میتوان با مواد دیا مغناطیس با $\mu<1$ ویا با مواد ابر رسانا با $\mu=0$ تحقق بخشید . عیب این روش آن است که برای سرعت های کمتر از سرعت بحرانی (حدود ۸۰ کیلومتر بر ساعت) یا وقتی که قطار ثابت ایستاده است نیاز به چرخ کمکی داریم. در این نوع ، سیستم به طور طبیعی پایدار است .



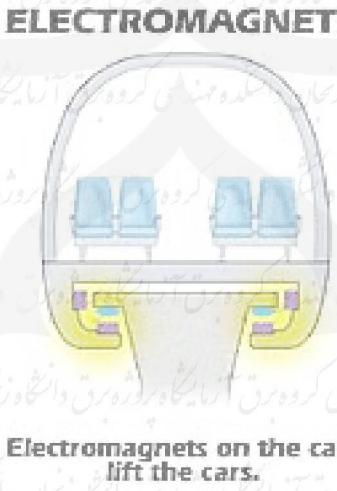
Electromagnets on the guideway levitate the car.

[۳] Repulsion Type

۲ - نوع جاذبه ای [٤]

در این حالت بخش معلق بخش ثابت را جذب می کند .تحقق چنین سیستمی با فرومغناطیس ها و یا با پارامغناطیس ها امکان پذیر است . مزیت آن این است که در حالت ایستاده هم می توان نیروی جاذبه ای را ایجاد کرد .

این سیستم به طور طبیعی ناپایدار است .



ترتیب مباحث این پایان نامه به شرح زیر می باشد :

در فصل اول پس از مقدمه باعنوان "سیستم گوی مغناطیسی" در مورد ساختمان گوی مغناطیسی صحبت کرده ومدل ریاضی آن را ارائه می دهیم .

در فصل دوم با نام " آشنایی مقدماتی با شبکه های عصبی " آشنایی مختصری در حد نیاز خود با شبکه های عصبی و جعبه ابزار شبکه های عصبی نرم افزار متلب پیدا می کنیم .

در فصل سوم نتایج شبیه سازی و نحوه کنترل سیستم خود را می آوریم.

[٤] **Attraction Type**

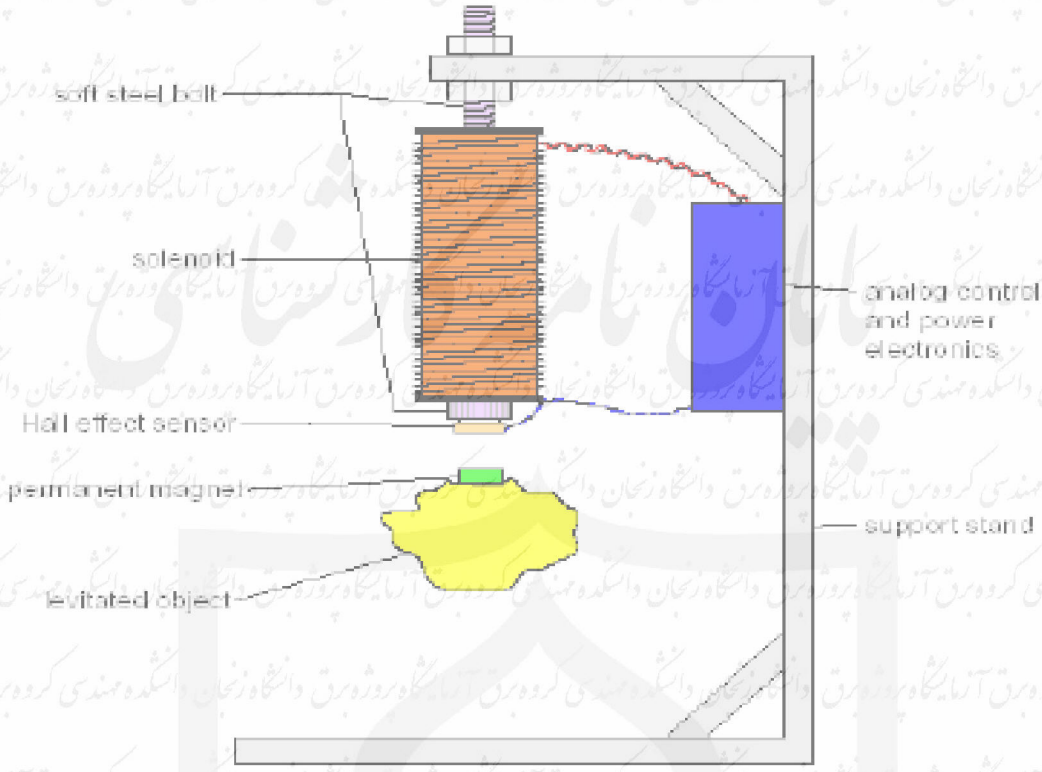


Figure 1: An assembled magnetic levitation system

فصل اول

مدل ریاضی سیستم :

برای ارائه روش کنترل مبتنی بر فیدبک ابتدا باید معادلات فیزیکی سیستم را به دست آوریم .در عمل بسیاری از عوامل محیطی مانند اغتشاش ،اصطحکاک ، تغییرلت دما و... بر روی کارمان تاثیر می گذارند اما یک مدل ایده آل از سیستم این عوامل را نادیده می گیرد .مدلی که بتواند این عوامل را بهتر پوشش دهد ، پس از شبیه سازی نتایج منطبق بر واقع تری خواهد داد.

برای کنترل خطی سیستم از دو روش حل مسئله می توان استفاده کرد یکی از طریق خطی کردن نیروی وارد بر گلوله فلزی و دیگری از طریق خطی سازی فیدبک حالت .

برای شروع سعی می کنیم معادلات فیزیک حاکم بر سیستم خود را بنویسیم :

$$v(t) = Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt} \qquad (۱)$$

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} \qquad (۲)$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = mg - f(x,t) \qquad (۳)$$

که $f(x,t)$ نیروی مغناطیسی وارد بر گوی بوده و از گرادیان انرژی ذخیره شده در کویل مغناطیسی بدست می آید . همچنین x فاصله بین گلوله و آهنربا، $v(t)$ ولتاژ ورودی و $v(t)$هم سرعت گلوله است.R مقاومت سیم پیچی ها وL نیزاندوکتانس کویل مغناطیسی است.

با گرادیان گرفتن از انرژی نیروی مغناطیسی وارد بر گلوله از رابطه زیر بدست خواهد آمد:

$$f(x,t) = -\nabla \mathbf{W} = -\nabla\frac{1}{2}Li^2(t) = -\frac{1}{2}i^2(t)\frac{dL(x)}{dx} \qquad (۴)$$

اگر L را اندوکتانس سلف بدون حضور گلوله استیلی در نظر بگیریم و L_0X_0 را اندوکتانس در حضور گوی رابطه اندوکتانس کل از رابطه زیر بدست می آید :

$$L(x) = L + \frac{L_0X_0}{x} \qquad (۵)$$

از رابطه ۵ نتیجه می شود :

$$f(x,t) = \frac{1}{2} i^2(t) \frac{L_0 X_0}{x^2} = C(\frac{i(t)}{x(t)})^2 \qquad (۶)$$

در نتیجه معادله ۳ به این صورت در می آید :

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = mg - C(\frac{i(t)}{x(t)})^2 \qquad (۷)$$

که در آن C از رابطه $\frac{L_0 X_0}{2}$ بدست می آید . در عمل می توان آن را از رابطه خودالقایی یک سلف تنها که عبارتست از :

$$C = \frac{\mu_0 N^2 A}{4}$$

بدست آورد .توجه به این نکته ضروری است که اندوکتانس سلف با مکان گلوله تغییر میکند و این تغییرات غیر خطی است واین ولتاژی را مشخص خواهد کرد که با تغییر فاصله هوایی تغییر می کند. علاوه بر آن مکان گلوله بین زمین و آهنربا پایدار نیست زیرا که گلوله در اثر نیروهای وارد بر آن دارای سرعت خواهد شد وقتی گلوله به نقطه تعادل می رسد ،(مکانی که نیروهای وارد بر آن صفر می شود) به دلیل همین سرعت از آن خواهد گذشت . نتیجه این خواهد شد که چون در طرفین نقطه تعادل یکی از نیروها بر دیگری غلبه می کند گلوله غیر از حالتهای خاص که به مکان اولیه آن و جریان سیم پیچی بستگی دارد ورسیدن به آن در عمل بدلیل خطای فیزیکی بسیار سخت است . به زمین یا آهنربا می چسبد . برای حل این مشکل از فیدبک استفاده می کنیم . همانطور که می دانید یکی از خواص مهم فیدبک که موجب استفاده زیاد و همیشگی از آن در سیستم های کنترل می شود این است که سیستم را پایدار می کند . اما در این سیستم حتی با وجود فیدبک هم به دلیل وجود یک قطب حلقه بسته در سمت راست محور موهومی سیستم پایدار

نیست . به همین دلیل و همچنین ردیابی مسیر مطلوب نیاز داریم که از کنترل کننده هم برای سیستم استفاده کنیم .

در فصل بعد نشان می دهیم که سیستم یک قطب در سمت راست دارد وهمچنین راجع به این که سیستم راچگونه می خواهیم کنترل کنیم صحبت می کنیم .

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

منابع و مؤاخذ

منابع فارسی

دکتر محمد باقر منهاج ، مبانی شبکه های عصبی (جلد اول) ، نشر امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) ۱۳۷۹،

علی اصغری ، مرتضی : طراحی کنترلر عصبی _ فازی لغزشی با استفاده از روش FEL ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات ، ۱۳۸۵

شاه امیری ، رضا :شبکه های عصبی مصنوعی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد ، ۱۳۸۵

قابچلو ، رضا : طراحی وساخت سیستم تعلیق مغناطیسی ، خواجه نصیرالدین طوسی ،

منابع انگلیسی

Barie Walter , Chiasson John ,Linear and nonlinear state_space controllers for magnetic levitation , International Journal of Systems Science ۲۷ (۱۹۹۶), no. ۱۱, ۱۱۵۳–۱۱۶۳.

Ying Shing SHIAO , Design and implementation of a controller for a magnetic levitation system , *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(D)* , Vol. ۱۱, No. ۲, ۲۰۰۱. pp. ۸۸-۹۴

H_ D_ Taghirad and M_ Abrishamchian and R_ Ghabcheloo , Electromagnetic Levitation System : An Experimental Approach, K_ N_ Toosi University of Technology Department of Electrical Engineering Tehran_ Iran ,ice۱۹۹۹

Ahmed El Hajjaji and M Ouladsine , Modeling and Nonlinear Control of Magnetic Levitation Systems , IEEE Transactions on Industrial Electronics ۴۸ (۲۰۰۱), no. ۴, ۸۳۱–۸۳۸

Martin T. Hagan and Howard B. Demuth , Neural Networks for Control

Neural Networks Algorithms, Applications, and rogrammingTechniques , James A. Freeman and David M. Skapura , California, ۱۹۹۱.

Neura network design , Martin T.Haghan and Howard B.Dcmuth and Mark Beale , china ۲۰۰۲ .

Sebastian Seung , Multilayer perceptrons and backpropagation learning , ۹,٦٤۱ Lecture ٤: September ۱۷, ۲۰۰۲

Muhammad Shafiq and Sohail Akhtar , Inverse Model Based Adaptive Control of Magnetic Levitation System, College of Computer Science & Systems Engineering King Fahd University of Petroleum and Minerals Dhahran ۳۱۲٦۱, Saudi Arabia