دانشکده مهندسی
گروه برق

پایان‌نامه کارشناسی

گرایش: کنترل

عنوان :

مدارات آشوبی RC

استاد راهنما:

دکتر صالح مبین

نگارش:

منصور منصوری نصفچی

تابستان ۱۳۹۶

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانیتان را سپاس نتوانم بگویم .

از استاد گرامیم جناب آقای دکتر مبین بسیار سپاسگزارم چرا که بدون راهنمایی های ایشان تامین این پایان‌نامه بسیار مشکل می نمود .

چکیده

تئوری آشوب[1] شاخه ای از نظریه سیستمهای غیرخطی است و در چهار دهه گذشته به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است . در آغاز توسط محققان ریاضی و سپس توسط طراحان مدار و مهندسین برق مطالعه شده است . در گذشته این پدیده به عنوان نویز و رفتاری بی قاعده و غیر قابل پیش بینی مورد توجه قرار میگرفت و اغلب آنرا به تاثیرات خارجی تصادفی نسبت می دادند . مطالعات بیشتر نشان داد که پدیده های آشوبگون، معین و مخصوص به سیستم های غیرخطی میباشند . این مطالعات پرسشهایی را درباره کاربردهای عملی آشوب مطرح کردند . با پیشرفت در تکنولوژی مدار و پردازش سیگنالهای دیجیتال در چند دهه گذشته ، استفاده از پدیده آشوب در محصولات مهندسی امکان پذیر شده است . چگونه طراحی کردن مدارهایی برای نمایش رفتار آشوبی هم برای دانشجویان و هم برای مهندسین از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است . از مزیت های آن میتوان به آموختن دو نکته اشاره کرد این که چگونه آشوب نداشته باشیم و هم این که در مدارات اختلالی نداشته باشیم . هم چنین موجب بهره برداری از پدیده های واقعا کاربردی می شود . در این پایان نامه به دو مدار خودگردان و غیر خود گردان که رفتارهای آشوبی دارند اشاره می گردد . مدارات الکترونیکی بسیاری برای شبیه سازی و نشان دادن آشوب بکار رفته است . ساختار این مدارها به همراه شکل های اسیلوسکوپ آورده شده است . برای ده ها سال دانشجویان مهندسی دوره لیسانس بر روی مدارها و طراحی هایی که به طور عمده دارای مدل های خطی هستند کار کرده اند زیرا که مدل های خطی به طور کامل گسترش پیدا کرده اند و ابزار های ریاضی کافی برای آنالیز چنین سیستم هایی وجود دارند . این فلسفه دانشمندان و محققان بسیاری را به نادیده گرفتن بسیاری از مشاهدات هدایت کرده است چون در تئوری سیستم های خطی خیلی از آن ها قابل توضیح و تفسیر نیست . در دهه گذشته علاقه شدیدی درکاوش سیستم هایی است که شکل موج های پیچیده و غیر عادی را نشان داده اند که به جذب کننده های عجیب معروف هستند . این جذب کننده در سیستم های غیر خطی قطعی به وفور نمایان شده اند . در نتیجه برای دانشجویان امروز بسیار مهم است که پدیده آشوب کامل را در معرض نمایش قرار دهند . از نقطه نظر آموزشی دانشجویان نیاز به آموختن دارند که نه تنها آشوب را چگونه کنترل و از بین ببریم بلکه برنامه های کاربردی را گسترش دهیم که در چنین پدیده هایی اکتشاف صورت گیرد . برای فهماندن ارج وقدر آموزشی به منظور معرفی به دانشجویان لیسانس لونگرن[2] [1] آزمایش الکترونیکی جالبی برای توصیف وجود آشوب توضیح می دهد . برای بهبود در رسیدن به چنین هدفی همیل[3] [2] مجموعه ای از ده مدار آشوبی شبیه سازی شده با پی اسپایس را ارائه می دهد .

[1] chaos
[2] Lonngren
[3] Hamill

فهرست

فصل اول مقدمه ۱
۱-۱ آشوب و دینامیک‌های آشوبگونه ۱
۱-۲ حوزه های بروز آشوب ۶
۱-۳ لزوم بررسی پدیده آشوب ۷
۱-۴ موارد استفاده از آشوب ۷
۱-۵ تعریف سیستم‌های آشوبگونه ۸
۱-۶ روشهای شناسایی آشوب ۱۰
۱-۷ حوزه زمان ۱۰
۱-۸ حوزه فرکانس ۱۱
۱-۹ صفحه فاز ۱۱
۱-۱۰ نمای لیاپانوف ۱۲
فصل دوم مدار آشوبی خودگردان ۱۳
۲-۱ مدار چووآ ۱۳
فصل سوم مدار آشوبی غیر خود گردان ۱۷
۳-۱ مدار دیودی RL ۱۷
۳-۲ مدار آشوبی غیرخودگردان از خانواده چووآ ۱۸
فصل چهارم توصیف سیستم آشوبی سه بعدی ۲۰
۴-۱ خواص سیتم آشوبی سه بعدی ۲۴
۴-۲ نماهای لیاپانوف و دیمانسیون کاپلان - یورک ۲۷
فصل پنجم کنترل تطبیقی ۲۹
۵-۱ کنترل تطبیقی سیستم سه بعدی آشوبی ۳۰
فصل ششم همگام سازی تطبیقی سیستم آشوبی سه بعدی ۳۵
فصل هفتم پیاده سازی عملی ۴۲
منابع و مآخذ ۴۸

فصل اول

مقدمه

۱-۱ آشوب و دینامیک‌های آشوبگونه

فلاسفه در یونان قدیم معتقد بودند که تمامی حرکت ها را میتوان بصورت مجموعه هایی از حرکتهای کاملا دوار تجزیه نمود . این گفتار نسبت به آن زمان و علم آن روز خیلی متجددانه به حساب می آمد و بیان آن به زبان علم کلاسیک امروزی چنین می باشد ، که تمامی حرکتها شبه پریودیک هستند و لذا تبدیل فوریه آنها مجموعه هایی از پیک های تیز در برخی از فرکانسها خواهد بود . این نظریه تا انتهای قرن پیش همچنان پا برجا ماند .در آن زمان هانری پوانکاره ضمن بررسی حرکت های آشوبگون ، آن را رد کرد . وی نشان داد که پاره ای از حرکتها دارای طیف پیوسته هستند و لذا نمی توان آنها را بصورت مجموعه ای از فرکانسها بیان نمود . او اینگونه حرکتها را غیر انتگرال پذیر نام نهاد .

برای روشن شدن موضوع چنین فرض نمایید که دو قطعه چوب پنبه ، در یک سیال که حرکتی منظم و آرام دارد ، نزدیک به هم قرار گرفته اند . آنگاه فاصله بین آن دو بصورت خطی و متناسب با اختلاف سرعت آنها تغییر می نماید . در حالی که اگر جریان آشفته باشد ، فاصله بین آنها به طور سریع و با رابطه ای که عموما نمایی است زیاد خواهد شد . لازم به ذکر است که حساسیت حرکت نسبت به شرایط اولیه و غیر قابل پیش بینی بودن که از ویژگی های یک سیستم آشوبی می باشد در این سیستم کاملا مشهود است .

سیستمهای آشوبگونه و مساله سنکرون سازی آنها در سالهای اخیر کانون توجه دانشمندان در شاخه های مختلف علوم قرار گرفته است . روشهای گوناگونی مانند کنترل پسخورد خطی و غیر خطی و کنترل تطبیقی برای نیل به هدف سنکرون سازی به کار گرفته شده اند . بسیاری از این روشها سنکرون کردن در سیستم آشوبگونه با ساختار دینامیکی یکسان به کار رفته اند و کار کمی در زمینه سنکرون کردن دو سیستم آشوبگونه با ساختار دینامیکی متفاوت انجام شده است . تا قبل از قرن بیستم معادلات دیفرانسیلی خطی، مدل ریاضی اصلی برای سیستم‌های الکتریکی، مکانیکی و غیره بودند . سپس مدل‌های نوسانی خطی ارائه شدند که آنها نیز مانند معادلات دیفرانسیلی خطی ، قادر به توصیف فرایندها و پدیده‌های مهندسی و فیزیکی جدید نبودند . اساس مدل‌های ریاضی جدید و نظریه نوسانات غیرخطی توسط هانری پوانکاره ، ون در پل ، اندرونوف ،کریلوف و بوگولیوبوف پایه‌گذاری شد . یکی از مهمترین مفاهیم این نظریه، چرخه محدود پایدار[۴] می‌باشد .

[4] Limit cycle

حتی ساده‌ترین مدل‌های غیرخطی قادر به توصیف نوسانات غیرخطی پیچیده و نوساناتی که وابستگی شدید به شرایط اولیه دارند (سیستم‌هایی با چندین چرخه محدود) هستند . مدل‌های نوسانی خطی و مدل‌های غیرخطی با چرخه‌های محدود نیاز مهندسین را برای چندین دهه براورده کردند . آنها بر این باور بودند که این مدل‌ها تمامی انواع نوسانات ممکن یک سیستم قطعی را توصیف می‌کنند . این اعتقاد به وسیله یافته‌های ریاضی حمایت می‌شد . برای مثال تئوری معروف پوانکاره – بندیکسون ادعا می‌کرد که حالت تعادل و چرخه محدود تنها موارد ممکن حرکات پایدار محدود شده در یک سیستم درجه دوم پیوسته است .

لازم به ذکر است همان طور که سیستم های موجود به دودسته غیر خطی و خطی تقسیم بندی می شوند خواهیم داشت :

$$\dot{X} = f(x, t) \qquad (۱-۱)$$

حال سیستم های خطی حالت خاصی از سیستم های غیرخطی می باشند که به فرم زیر هستند

$$\dot{X} = A(t)\, X \qquad (۱-۲)$$

که A در آن ماتریسی n*n می باشد . با توجه به ماتریس A سیستم خطی تغییر ناپذیر با زمان و یا تغییر پذیر با زمان خواهد بود . در سیستم های غیر خطی این ویژگی به نام سیستم های خود گردان و غیر خود گردان خوانده می شود .

سیستم خود گردان به سیستمی گفته می شود که به طور صریح وابسته به زمان نباشد در غیر این صورت سیستم غیر خود گردان است .

تئوری آشوب کاربردهای گسترده ای دارد و اهمیت آن در نشریه ها به طور مفصل دیده می شود در شاخه هایی مانند مهندسی ، کنترل و ردیایی ، رباتیک ، نوسان سازها ، رآکتورهای شیمیایی ، محیط زیست ، رمز گشایی ، مخابرات ایمن ، شبکه های عصبی ، همزمانی در انواع سیستم آشوبی . هم چنین در زمینه خواص کیفی و کنترل سیستم های آشوبی بحث های گسترده ای شده است . سیستم های آشوبی به عنوان سیستم هایی دینامیکی غیر خطی که خیلی حساس به شرایط اولیه هستند تعریف می شود . مطالعات بسیاری در زمینه کنترل سیستم های آشوبی برای طراحی فیدبک و پایداری محلی و یا تنظیم خروجی صورت گرفته است . مشکلی که سیستم های آشوبی دارند در زمینه همزمانی دو سیستم که راهبر[5] و پیرو[6] نامیده می شود پدید می آید . برای حل این مشکل قوانین کنترل طوری طراحی می شوند که خروجی راهبر به طور صحیح و دقیق با زمان خروجی پیرو را ردیابی کند . اولین سیستم سه بعدی آشوبی به صورت آزمایشی با سیستم لورنز تعریف شد . اصول نظریه لیاپانوف عمومی ترین و مفید

[5] master
[6] slave

ترین روش برای مطالعه پایداری سیستم های کنترل غیر خطی ، تئوری است که در اواخر قرن نوزده میلادی (سال ۱۹۸۲) توسط ریاضی دانی روسی بنام الکساندر میخائیلوویچ لیاپانوف در مطالعه ای تحت عنوان مسائل کلی از پایداری حرکت[7] ارائه شد . این مطالعه شامل دو روش به نام های روش خطی سازی و روش مستقیم بود . حساسیت به شرایط اولیه در سیستمهای آشوبی با استفاده از نمای لیاپانوف مثبت نشان داده می شود .

اگر مجموع نماهای لیاپانوف منفی باشد ، سیستم آشوبی سیستم تسریع کننده[8] نامیده می شود یعنی

$$\frac{dV(x(t))}{dt} \leq u(t).y(t) \qquad (۳-۱)$$

که در این نامعادله x متغیر حالت ، u ورودی ، y خروجی و V انرژی ذخیره شده در سیستم است . حاصل ضرب u در y که کمیتی اسکالر است نرخ منبع نامیده می شود .

مدل ها و سیستم های آشوبی سه بعدی بسیاری مانند سیستم های راسلر ، رابینوویچ ، اسپرات ، چن ، و لو.... در نشریه های مختلف آمده است . نکته ای که قابل ذکر است سیستم هایی با ویژگی ماورای سیتم آشوبی[9] است . در این گونه از سیستم ها حداقل دیمانسیون برای سیستم های زمان پیوسته خود گردان چهار می باشد . در سال ۱۹۷۹ اولین سیستم با چنین ویژگی ای توسط راسلر کشف شد . سیستم های بسیاری مانند سیستم های ونگ ، نیوتن- لایپنیک بعد از این سال کشف و مورد بررسی قرار گرفتند .

در این پایان نامه ما به طور جزئی خواص سیستم های آشوبی سه بعدی که شامل چهار عبارت درجه دوم غیر خطی است را بررسی می کنیم . ابتدا ما خواص پایه ای کیفی این سیستم را بررسی و سپس نشان می دهیم که این سیستم تسریع کننده است و ما نماهای لیاپونوف و دیمانسیون کاپلان – یورک را از سیستم آشوبی استخراج می کنیم . در مرحله بعد ، روش پسگام کنترل تطبیقی که سیستمهای آشوبی را زمانی که پارامترها نامعلوم هستند را پایدار می سازد . نتیجه های اصلی این پایان نامه با استفاده از تئوری کنترل تطبیقی و نمای لیاپانوف پایداری تخمین زده شده است . در تئوری کنترل، روش پسگام تکنیکی است که در طی سال‌های ۱۹۹۰ توسط پیتر کوتوویچ و همکارانش برای طراحی کنترل‌های پایدارکننده جهت کلاس خاصی از سیستم‌های پویای غیرخطی توسعه یافته است . این سیستم‌ها از زیرسیستم‌هایی ساخته شده‌اند که از یک زیرسیستم غیر قابل تقلیل که می‌تواند با استفاده از متدهای دیگر پایدار شود ، ایجاد می‌شوند . به دلیل وجود این ساختار بازگشتی، طراح می‌تواند فرایند طراحی را از سیستمی که می‌داند پایدار است شروع کند و بعد به کنترل‌کننده‌های جدیدی که هر زیر سیستم بیرونی را پایدار می‌کنند بپردازد (بازگشت به عقب) . این فرایند زمانی که به کنترل نهایی برسیم ، به پایان

[7] General Problem of motion stability
[8] dissipative
[9] hyperchaotic

می‌رسد . بنابراین این فرایند را با نام پسگام نامگذاری می‌کنند . روش پسگام یک متد بازگشتی برای پایدارسازی مبدا یک سیستم در قالب بازخوردی صریح[10] ارائه می‌کند . شبیه سازی های متلب برای به نمایش در آوردن شکل فاز سیستم های آشوبی آورده شده است . هم چنین تحقق الکترونیکی مدار آشوبی سه بعدی با استفاده از شبیه سازی های اسپایس که تایید کننده امکان پذیر بودن مدل تئوری است ، آورده شده است .

به هر حال در اواسط قرن گذشته ریاضیدانانی چون کارترایت ، لیتلوود و اسمیت اسمال نشان دادند که این موارد برای سیستم‌های درجه سه کافی نیستند و حرکات پیچیده‌ای مانند نوسانات غیر متناوب محدودشده برای اینگونه سیستم‌ها ممکن است . در سال ۱۹۶۳ فیزیکدانی به نام ادوارد لورنز با مقاله خود انقلابی ایجاد کرد . وی نشان داد که طبیعت کیفی تلاطم جوی که از معادلات دیفرانسیلی پاره‌ای پیچیده پیروی می‌کند، به وسیله یک مدل غیر خطی درجه سه قابل نمایش است :

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \sigma(y-x) \\ \dot{y} &= \rho x - y - xz \\ \dot{z} &= -\beta z + xy \end{aligned} \qquad (۱-۴)$$

برای بعضی از مقادیر پارامترها (برای مثال $\sigma=10$، $\beta=8/3$ ، $\rho=28$) حل این سیستم یک سری نوسانات نامنظم را نتیجه می‌دهد . این سیستم از معادلات دیفرانسیل را می توان به سادگی توسط حل کننده های معادلات دیفرانسیل معمولی[11] در نرم افزار متلب حل کرد . هدف این است که این معادلات را با شرایط اولیه معین حل کرده و جواب رارسم کنیم .

با جایگذاری ضرایب در معادله (۱ – ۴) خواهیم داشت

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= 10y - 10x \\ \frac{dy}{dt} &= 28x - y - xz \\ \frac{dz}{dt} &= -\frac{8}{3}z + xy \end{aligned} \qquad (۱-۵)$$

[10] strict feedback
[11] ODE

دانشجویان محترم:

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

نتیجه گیری

سیستم آشوبی جدید با نه ترم در این پایان نامه مورد مطالعه قرار گرفت . ویژگی های دینامیکی این سیستم با استفاده از تصاویر فاز ، نمای لیاپانوف و دیمانسیون کاپلان - یورک شرح داده شد . علاوه بر این ، ایده های کنترل تطبیقی برای پایدار سازی و سنکرون سازی برای دو سیستم آشوبی پیشنهاد شد . هم چنین نتایج مداری را با استفاده از مدارات الکترونیکی بدست اوردیم که با نتایج تئوری ها معتبر شده است . به دلیل امکان پذیری و رفتار آشوبی ، سیستم آشوبی می تواند در کاربرد های مختلف بر مبنای رمز گذاری ، تولید اعداد تصادفی و یا رباط های خود گردان مورد استفاده قرار گیرد .

منابع و مآخذ

[1] K. E. Lonngren, “Notes to accompany a student laboratory experiment on chaos,” IEEE Transactions on Education, Vol. 34, No.1, February 1991.

[2] D. C. Hamill, “Learning about chaotic circuits with Spices,” IEEE Transactions on Education, Vol. 36, No.1, pp. 123-128, February 1993.

[3] R. Madan, Chua’s Circuit: A Paradigm for Chaos. Singapore: World Scientific, 1993.

[4] M.P. Kennedy, “Three Steps to chaos-Part I: Evolution,"IEEE Transaction on Circuits and Systems, Vol.40, no.10, pp.640-656, October 1993.

[5] M.P. Kennedy, ``Three Steps to chaos-Part II: A Chua's Circuit Primer," IEEE Transaction on Circuits and Systems, Vol.40, no.10, pp.657-674, October 1993.

[6] L.O. Chua and G.N. Lin, “Canonical realization of Chua's circuit family,” IEEE Transaction on Circuits and Systems, Vol.37, no.7, pp.885-902., 1990.

[7] L.O. Chua, et Al, "A Universal Circuit for Studying and Generating Chaos -Part I : Routes to Chaos," IEEE Transaction on Circuit and Systems, Vol.40, no10, October 1993, pp.732-744.

[8] L.O. Chua, et Al, “A Universal Circuit for Studying and Generating Chaos -Part II : Strange Attractors," IEEE Transaction on Circuit and Systems, Vol.40, no10, October 1993, pp.745-762.

[9] R. Brown, “Generalization of the Chua's Equations," International Journal of Bifurcation and Chaos, Vol.2, no.4, pp.889-909, 1992.

[10] M.P. Kennedy, “Chaos in the Colpitts Oscillator,” IEEE Transaction on Circuits and Systems, Vol.41, pp.771-774., 1994.

[11] M.P. Kennedy, “On the relationship Between the Chaotic Colpitts Oscillator and Chua's Oscillator,” IEEE Transaction on Circuits and Systems-I, Vol.42, pp.376-379., June 1995.

[12] T. Matsumato, L. Chua and S. Tanaka, “Simplest Chaotic Nonautonomous Circuit,” Phys. Rev A, Vol. 30, pp. 1155-1157, August 1984.

[13] A. Azzouz and M. Hasler, “Orbits of the R-L-Diode Circuit,” IEEE Transaction on Circuits and Systems, Vol.37, pp.1330-1339, November 1990.

[14] K. Murali, M. Lakshmanan and L.O. Chua, “The Simplest Dissipative Nonautonomous Chaotic Circuit,’” IEEE Transaction on Circuits and Systems I, Vol.41, no.6, June 1994, pp. 462-463.

[15] S. Vaidyanathan, Ch. K. Volos and V.T. Pham, Global chaos control of a novel nine-term chaotic system via sliding mode control, Studies in Computational Intelligence, vol. 576, pp. 571-590 (2014).

[16] S. Vaidyanathan, Ch. K. Volos and V.T. Pham, Global chaos control of a novel nine-term chaotic system via sliding mode control, Studies in Computational Intelligence, vol. 576, pp. 571-590 (2014).

[17] H.K. Khalil, Nonlinear System, 3rd ed., Prentice Hall, New Jersey, USA (2002).

[18] S. Vaidyanathan, Ch. Volos, V.T. Pham, K. Madhavan, and B.A. Idowu, Adaptive backstepping control, synchronization and circuit simulation of a 3-D novel jerk chaotic system with two hyperbolic sinusoidal nonlinearities, Archives of Control Sciences, vol. 24, pp. 257-285 (2014).

[19] I. Pehlivan, I.M. Moroz, and S. Vaidyanathan, Analysis, synchronization and circuit design of a novel butterfly attractor, Journal of Sound and Vibration, vol. 333, pp. 5077-5096 (2014).

[20] V.T. Pham, C. Volos, S. Jafari, Z. Wei and X. Wang, Constructing a novel no-equilibrium chaotic system, International Journal of Bifurcation and Chaos, vol. 24, 1450073(2014)