

پدیده آشوب در ماشین‌های الکتریکی و الکترونیک قدرت

دکتر سید محمد شریعتمداری

مهندس نوید حریت

www.ketab.ir



انتشارات نشریه فرهنگ جاویدان

۱۴۰۰

www.ketab.ir

سرشناسه: شریعتمدار، سیدمحمد، ۱۳۵۲-

عنوان و نام پدیدآور: پدیده آشوب در ماشین‌های الکتریکی و الکترونیک قدرت / سیدمحمد شریعتمدار، نوید حریت.

مشخصات نشر: قم: اندیشه و فرهنگ جاویدان، ۱۴۰۰.

مشخصات ظاهری: ۲۵۰ ص.: مصور، نمودار.

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۰۵۲-۷۱-۹

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا

موضوع: رفتار آشوبناک در سیستم‌ها؛ رفتار آشوبناک در سیستم‌ها- مسائل، تمرین‌ها و غیره

شناسه افزوده: حریت، نوید، ۱۳۶۴-

رده‌بندی کنگره: Q۱۷۲/۵

رده‌بندی دیویی: ۰۰۳/۸۵۷

شماره‌ی کتابشناسی ملی: ۸۵۲۶۶۷۱

عنوان کتاب: پدیده آشوب در ماشین‌های الکتریکی و الکترونیک قدرت

نویسندگان: دکتر سید محمد شریعتمدار، مهندس نوید حریت

نوبت چاپ: اول / پاییز ۱۴۰۰ شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۰۵۲-۷۱-۹

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۱,۱۰۰,۰۰۰ ریال

© «همه حقوق چاپ و نشر برای مؤلف محفوظ است»

مراکز فروش:

• دفتر تهران: خیابان آیت الله کاشانی، بین عقیل و حسن آباد، پلاک ۳۹۶.

دفتر کانون فرهنگی طه اهری از بهشت / تلفکس: ۰۲۱-۴۴۰۳۸۸۰۹

• بخش در مراکز استان‌ها: شرکت باتوق کتاب، تلفن: ۰۲۵-۳۱۰۷۷

• فروش اینترنتی: www.alfehrest.com ، www.ketabeqom.com ، www.eafj.ir

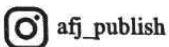
دفتر مرکزی:

• قم: خیابان امام، کوچه ۵۹، پلاک ۹۴، طبقه همکف، واحد ۱

کدپستی: ۳۷۱۸۶۶۵۸۳۵ / تلفکس: ۰۲۵-۳۶۵۰۰۴۰۳

• قم: بلوار فردوسی، ۵۵ متری رسالت، نبش کوچه سیزدهم شهرک ولایت

کد پستی: ۳۷۱۵۹۸۴۶۰۰



اشارات انجمن فرهنگ چاپ ایران

فهرست

۱۱	پیشگفتار.....
۱۵	فصل ۱: آشوب چیست؟.....
۱۵	۱-۱. آشوب چیست؟.....
۱۹	۲-۱. ویژگی‌های آشوب.....
۲۳	۳-۱. آشوب در طبیعت.....
۲۷	فصل ۲: آشوب لی-یورک، آنتروپی توپولوژیک و عدد لیاپانوف.....
۲۷	۱-۲. نظریه $Li-Yorke$ و نظریه $Sharkovski$
۲۷	۱-۱-۲. نظریه $Li-Yorke$
۲۹	۲-۱-۲. نظریه $Sharkovski$
۳۰	۲-۲. نمودارهای پریودیک.....
۳۰	۱-۲-۲. تعداد نمودارهای پریودیک.....
۳۴	۲-۲-۲. پایداری نمودارها.....
۳۶	۳-۲. ادامه نظریه $Li-Yorke$
۳۷	۴-۲. مجموعه بههم ریخته و رویت پذیری آشوب $Li-Yorke$
۳۷	۱-۴-۲. نمونه $Nathanson$
۳۹	۲-۴-۲. رویت پذیری آشوب $Li-Yorke$
۴۰	۵-۲. آنتروپی توپولوژیک.....

۴۹	۶-۲. تراکم نمودارها.....
۴۹	۱-۶-۲. آشوب رویت‌پذیر و عدد <i>Lyapunov</i>
۵۰	۲-۶-۲. تراکم نمودارها.....
۵۳	۷-۲. معیار نامتغیر.....
۵۵	۸-۲. عدد <i>Lyapunov</i>
۵۷	۹-۲. خلاصه.....
۵۹	فصل ۳: مسیرهای منتهی به آشوب.....
۵۹	۱-۳. دوشاخه چنگال مانند و نمودار <i>Feigenbaum</i>
۶۷	۲-۳. شرطی برای دوشاخه چنگال مانند.....
۷۷	۳-۳. آشوب گذرا.....
۸۳	فصل ۴: آشوب در سیستم‌های واقعی.....
۸۳	۱-۴. سیستم ماندگار و سیستم افلاکی.....
۸۸	۲-۴. جذب‌کننده و مقطع پوانکاره.....
۹۱	۳-۴. اعداد <i>Lyapunov</i> و تغییر ظرفیت.....
۹۴	۴-۴. ساختار جذب‌کننده.....
۹۷	۵-۴. ارزیابی دیمانسیون همبستگی.....
۱۰۳	۶-۴. ارزیابی عدد <i>Lyapunov</i>
۱۰۸	۷-۴. طیف گسترده-روش $R(\alpha)$
۱۱۹	فصل ۵: مقدمه‌ای بر مدل‌سازی و تحلیل غیرخطی در سیستم‌های الکتریکی.....
۱۱۹	۱-۵. مقدمه.....
۱۲۳	۲-۵. عوامل غیرخطی و یا نامتقارن‌کننده دینامیک ماشین‌های الکتریکی.....
۱۲۳	۱-۲-۵. اشباع.....
۱۲۴	۲-۲-۵. خطاهای داخلی در ماشین‌های الکتریکی.....
۱۲۵	۳-۵. سیستم‌های خطی.....
۱۲۶	۱-۳-۵. حل معادلات حالت متغیر با زمان پریودیک (تئوری فلوکه).....
۱۲۹	۴-۵. تحلیل سیستم‌های غیرخطی پریودیک.....
۱۳۰	۱-۴-۵. سیستم‌های خودگردان و غیرخودگردان.....

۱۳۰	۲-۴-۵. سیستم های پررودیک
۱۳۱	۵-۵. برخی رفتارهای سیستم های غیرخطی
۱۳۱	۱-۵-۵. نقاط تعادل چندگانه (<i>Limit Points</i>)
۱۳۱	۲-۵-۵. پاسخ های پررودیک
۱۳۲	۳-۵-۵. پاسخ شبه پررودیک
۱۳۲	۴-۵-۵. دوشاخگی
۱۳۲	۵-۵-۵. پاسخ آشوبناک
۱۳۳	۶-۵. روش های تحلیل سیستم های پررودیک غیرخطی
۱۳۳	۱-۶-۵. تحلیل صفحه فازی
۱۳۴	۲-۶-۵. روش خطی شده لیاپانوف
۱۳۴	۳-۶-۵. روش مستقیم لیاپانوف
۱۳۵	۴-۶-۵. نگاشت پوانکاره
۱۴۱	۵-۶-۵. مولفه های لیاپانوف
۱۴۷	۷-۵. مثال هایی از الکترونیک قدرت و کاربرد نگاشت
۱۵۳	۸-۵. جمع بندی
۱۵۵	فصل ۶: تحلیل غیرخطی پررودیک ماشین های الکتریکی
۱۵۵	۱-۶. مدل <i>Phase Coordinated</i>
۱۵۷	۲-۶. مدل سازی ژنراتور خودتحریک اتصال سری سنکرون با نگرشی جدید به اشباع
۱۵۸	۱-۲-۶. مدل ریاضی ماشین
۱۶۲	۲-۲-۶. اشباع و جریان مغناطیس کنندگی
۱۶۵	۳-۲-۶. مدل دینامیکی آگومنته ماشین <i>SESESG</i>
۱۶۶	۴-۲-۶. نگاشت پوانکاره در سیستم های پررودیک
۱۶۸	۵-۲-۶. نگاشت پوانکاره <i>SESCSG</i>
۱۷۰	۶-۲-۶. آزمایش ها و شبیه سازی های <i>SESCSG</i>
۱۷۸	۳-۶. مولفه های لیاپانوف و دوشاخگی در ماشین سنکرون با خطای داخلی
۱۷۸	۱-۳-۶. مقدمه
۱۷۹	۲-۳-۶. اندوکتانس های ماشین سنکرون با خطای داخلی
۱۸۷	۳-۳-۶. معادلات ولتاژ ماشین سنکرون خطادار

پیشگفتار

در سال ۱۹۶۰، ادوارد لورنر روی مسئله پیش‌بینی وضع هوا کار می‌کرد و روی کامپیوترش ۱۲ معادله برای پیش‌بینی وضع هوا در نظر گرفته بود. ولی این معادله‌ها وضع هوا را پیش‌بینی نمی‌کرد بلکه بطور نظری پیش‌بینی کرده که هوا می‌تواند چگونه باشد. او می‌خواست دنباله مشخصی را به ازای هر بار اجرا کردن برنامه کامپیوتری مشاهده نماید و در این راستا برای کاهش زمان، وی به جای شروع از اول، در ابتدای ساعت کاری روز بعد خروجی برنامه در روز قبل را وارد برنامه کرده و تحلیل را ادامه می‌داد. او عددی را وارد کرد که دفعه قبل از دنباله در دست داشت و کامپیوتر را برای پردازش رها نمود و رفت. وقتی یک ساعت بعد برگشت، دنباله به صورتی متفاوت از روز قبل پیش‌سرفت کرده بود. به جای حالت قبلی، الگوری جدید آن واگرا می‌شد و در آخر شکلی کاملاً به هم ریخته نسبت به اولی پیدا می‌کرد. تحلیل این پدیده باعث شناسایی پدیده آشوب شد. سیستم‌های آشوب‌زده به ورودی بشدت حساس هستند. این نظریه سپس در حیطه تمام علوم و مباحث تجربی، ریاضی، رفتاری، مدیریتی و اجتماعی وارد شده و اساس تغییرات بنیادی در علوم به ویژه هواشناسی، نجوم، مکانیک، فیزیک، ریاضی، زیست‌شناسی، اقتصاد و مدیریت را فراهم آورده است.

برخی از سیستم‌هایی که قطعی هستند رفتار آشوبی دارند، عبارتند از: سیستم‌های جوی، منظومه شمسی، صفحات زمین‌شناسی، جریان توربولانس، رشد جمعیت، مدارهای الکترونیک قدرت و... اما آشوب در بسیاری از زمینه‌های دیگر مانند زیست‌شناسی، علوم رایانه، اقتصاد، مهندسی، امور مالی، ریاضیات، هواشناسی، فلسفه، فیزیک، سیاست، روانشناسی، بازار سهام و رباتیک و... نیز وجود دارد. انگاره اصلی و کلیدی آن این است که "در هر بی نظمی، نظم نهفته است". به این معنا که نباید نظم را تنها در یک مقیاس جستجو کرد، پدیده‌ای که در

مقیاس محلی، کاملاً تصادفی و غیرقابل پیش بینی به نظر می رسد چه بسا در مقیاس بزرگ تر، کاملاً پایا و قابل پیش بینی باشد. این تئوری به طور اخص ادعا دارد که هیچ چیز در این جهان تصادفی نیست و بی نظمی و غیرقابل پیش بینی بودن ظاهری امور حاصل و نتیجه طبیعی تفکر قطعی گرا و اثباتی ماست.

زمینه ساز بروز آشوب در سیستم ها غیر خطی بودن سیستم ها می باشد. لذا بدیهی است که آشوب در سیستم خطی رخ نخواهد داد. ویژگی سیستم های آشوبناک را می توان در موارد زیر خلاصه نمود:

نسبت به شرایط اولیه حساس هستند. چرخش متناوب آن ها متراکم است. از نظر توپولوژیکی باهم ترکیب می شوند. حساسیت به شرایط اولیه به این معنی است که یک اغتشاش کوچک در مسیر فعلی ممکن است منجر به رفتار بسیار متفاوت در آینده شود. ترکیب توپولوژیکی نیز بدین معناست که با گذشت زمان، سیستم به طوری تکامل می یابد که هر ناحیه یا مجموعه از فضای فاز آن، در نهایت با هر ناحیه معین دیگری همپوشانی داشته باشد.

الکترونیک قدرت، بهره گیری نیمه رساناها برای کنترل و تبدیل توان الکتریکی است. به عبارت دیگر، الکترونیک قدرت به بررسی استفاده از نیمه رساناها در مهندسی قدرت می پردازد. محدوده جریان ها و ولتاژها در الکترونیک قدرت می تواند تا هزاران ولت و یا هزاران آمپر باشد. الکترونیک قدرت باعث صرفه جویی بسیار خوبی در انرژی (Saving Energy) می شود. از آنجایی که رفتار مبدل های الکترونیک قدرت به گونه ای است که سریعاً و دائماً توپولوژی مدار تغییر می کند و رفتار سیستم غیر خطی است، مبدل های الکترونیک قدرت بسیار مستعد آشوب زدگی می باشند و تحلیل این سیستم ها در حالت آشوب زده مورد نیاز محققین و صنایع می باشد.

مبدل های مذکور سیستم های قطعی هستند که ظاهراً در برخی حالات رفتار غیر قابل پیش بینی از خود بروز می دهند یعنی به ازای تغییر بسیار کوچکی در ورودی مبدل جریان یا ولتاژ خروجی مدار بشدت تغییر می کند و بدنبال آن باعث بروز خطا و یا خرابی در سیستم خواهد شد. در نتیجه شناسایی و کنترل دقیق آشوب در مبدل های الکترونیک قدرت بایستی صورت پذیرد. از آنجایی که تحلیل آشوب، کاری پیچیده و سنگین از نظر محاسباتی می باشد، ناگزیر به استفاده از کامپیوترها و نرم افزارهای شبیه ساز ریاضی می باشد.