بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده مهندسی برق و الکترونیک گروه کنترل

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق گرایش کنترل

طراحی کنترل کننده Repetitive به منظور تنظیم پارامتر های STATCOM در جهت بهبود کیفیت توان

نگارش:

علیرضا سلطانی مهر

استاد راهنما:

دکتر علیرضا روستا

استاد مشاور:

دکتر محسن گیتی زاده حقیقی

آبان ماه ۱۳۹۲

بسمه تعالی

طراحی کنترل کننده Repetitive به منظورتنظیم پارامتر های STATCOM در جهت بهبود کیفیت توان

پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی

نگارش:

علیرضا سلطانی مهر

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

گروه کنترل دانشکده مهندسی برق و الکترونیک
دانشگاه صنعتی شیراز

ارزیابی پایان نامه توسط هیات داوران با درجه: بسیار خوب

دکتر علیرضا روستا استادیار در رشته مهندسی برق گرایش کنترل (استاد راهنما)

دکتر محسن گیتی زاده استادیار در رشته مهندسی برق گرایش قدرت (استاد مشاور)

دکتر محمدحسین شفیعی استادیار در رشته مهندسی برق گرایش کنترل (داور)

دکتر جمشید آقایی استادیار در رشته مهندسی برق گرایش قدرت (داور)

مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

اینجانب علیرضا سلطانی مهر دانشجوی رشته مهندسی برق گرایش کنترل مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد به شماره دانشجویی ۹۰۱۱۴۰۴۹ تأیید می نماید کلیه نتایج این پایان نامه/رساله، بدون هیچگونه دخل و تصرف ، حاصل مستقیم پژوهش صورت گرفته توسط اینجانب است. در مورد اقتباس مستقیم و غیر مستقیم از سایر آثار علمی، اعم از کتاب، مقاله، پایان نامه با رعایت امانت و اخلاق علمی، مشخصات کامل منبع مذکور درج شده است.

در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص مقامات ذی صلاح دانشگاه صنعتی شیراز، مطابق قوانین و مقررات مربوط و آئین نامه های آموزشی، پژوهشی و انضباطی عمل خواهد شد و اینجانب حق هرگونه اعتراض و تجدیدنظر را، نسبت به رأی صادره، از خود ساقط می کند. همچنین، هرگونه مسئولیت ناشی از تخلف نسبت به صحت و اصالت نتایج مندرج در پایان نامه/رساله در برابر اشخاص ذی نفع (اعم از حقیقی و حقوقی) و مراجع ذی صلاح (اعم از اداری و قضایی) متوجه اینجانب خواهد بود و دانشگاه صنعتی شیراز هیچ گونه مسئولیتی دراین زمینه نخواهند داشت.

تبصره ۱- کلیه حقوق مادی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تبصره ۲- اینجانب تعهد می نماید بدون اخذ مجوز از دانشگاه صنعتی شیراز دستاوردهای این پایان نامه/ رساله را منتشر نکند و یا در اختیار دیگران قرار ندهد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: علیرضا سلطانی مهر

تاریخ و امضاء

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج پایان نامه متعلق به دانشگاه و انتشار نتایج نیز تابع مقرارت دانشگاهی است و با موافقت استاد راهنما به شرح زیر، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد راهنما: دکتر علیرضا روستا

تاریخ:

امضا:

تقدیم به:

چشمه‌های جوشان محبت

جلوه‌های مهر و عطوفت الهی

لبخندهای پرمهر زندگی ام

پدر و مادر عزیزم

که در تمام مراحل زندگی، به من راه و رسم درست زیستن را آموختند.

تشکر و قدردانی:

اکنون که به فضل الهی این رساله به پایان رسیده است بر خود فرض می‌دانم که از زحمات بزرگوارانه جناب آقای دکتر روستا و جناب آقای دکتر گیتی زاده که با راهنمایی‌هایشان حامی‌من بودند، تشکر نمایم.

چکیده

طراحی کنترل کننده Repetitive به منظور تنظیم پارامتر های STATCOM در جهت بهبود کیفیت توان

نگارش:

علیرضا سلطانی مهر

به تدریج و با پیشرفت صنعت نیمه هادی ها و استفاده از آن ها در سیستم های قدرت، مفهوم سیستم های انتقال متناوب انعطاف پذیر و یا به اختصار FACTS مطرح گردید که مزیت آنها نسبت به جبران کننده های موجود قابلیت کنترل لحظه ای آن ها است. یکی از انواع این ادوات STATCOM است که در ساختار مداری آن از مبدل منبع ولتاژ برای تحقق بخشیدن به ایجاد یک منبع ولتاژ با قابلیت کنترل سریع استفاده شده است. در این پایان نامه با طراحی یک کنترل کننده تکرار کننده، عملکرد STATCOM و در نتیجه پایداری شبکه بهبود یافته است. کنترل کننده مورد نظر یک کنترل کننده Repetitive است. ویژگی خاص این کنترل کننده در ردیابی ورودی مرجع پریودیک حتی در حضور اغتشاش و عدم قطعیت پریودیک است. از آنجا که در مسائل مهندسی اکثر سیگنالها یا پریودیک هستند و یا با یک سیگنال پریودیک قابل تخمین هستند؛ طراحی چنین کنترل کننده ای در جهت ردیابی ورودی مرجع و کاهش تلفات بسیار مفید خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: STATCOM،کنترل کننده Repetitive، پایداری.

فهرست مطالب

۱.فصل اول: مقدمه **۱**

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- محدودیت های انتقال توان در سیستم های قدرت ۳

۱-۳- هدف تحقیق و اهمیت آن ۴

۱-۴- بیان کلیات مساله ۴

۱-۵- بخش‌های پایان نامه ۵

۲.فصل دوم: جبران ساز سنکرون استاتیک (STATCOM) **۶**

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- عملکرد جبران ساز سنکرون استاتیک ۱۱

۲-۲-۲- اصول عملکرد STATCOM ۱۳

۲-۲-۳- کاربردهای خاص STATCOM ۱۴

۲-۳- مبدل منبع ولتاژ ۱۵

۲-۳-۱- تنظیمات مبدل چندپالسه ۱۶

۲-۳-۲- جبرانگر سنکرون استاتیکی بر اساس مبدل منبع ولتاژ شش پالسه ۱۷

۲-۴- مبادله توان راکتیو ۱۸

۲-۵- مدولاسیون پهنای باند (PWM) ۱۹

۲-۵-۱- روش کلید زنی مدولاسیون عرض پالس سینوسی ۱۹

۲-۶- شمای کلی کنترل کننده های مرسوم جبران ساز سنکرون استاتیکی ۲۱

۲-۶-۲- شرح عملکرد کنترل کننده: ۲۴

۳.فصل سوم: کنترل کننده Repetitive **۲۷**

۳-۱- مقدمه ۲۸

۳-۲- خلاصه تاریخچه کنترل کننده Repetitive ۲۹

۳-۳- روش طراحی مطلوب ۳۱

۳-۴- تحلیل ریاضی ساختار کنترل کننده ۳۳

۳-۵- مراحل طراحی کنترل کننده Repetitive ۴۲

۳-۶- بررسی پایداری کنترل کننده طراحی شده از دیدگاهی دیگر ۴۵

۴.فصل چهارم: تنظیم ضرائب کنترل کننده PID **با استفاده از الگوریتم تکاملی** **۴۷**

۴-۱- کنترل کننده PID ۴۸

۴-۱-۱- ساختار کنترل کننده PID ۴۸

۴-۲- الگوریتم بهینه سازی تراکم ذرات ۵۰

۴-۲-۱- قوانین حاکم بر تراکم‌های جانوری از ذرات در طبیعت ۵۲
۴-۳- حل مسائل بهینه سازی بدون قید با استفاده از الگوریتم PSO ۵۵
۴-۳-۲- نسخه بهبودیافته الگوریتمPSO ۵۷

۵.فصل پنجم: نتایج شبیه سازی **۵۹**
۵-۱- سیستم مورد مطالعه ۶۰
۵-۲- روش پیشنهادی برای طراحی کنترل کننده ۶۲
۵-۳- سیستم مورد بررسی در حضور کنترل کننده Repetitive ۶۶
۵-۴- شبیه سازی در فرکانس های دیگر اغتشاش ۶۷

۶.فصل ششم : جمع بندی و پیشنهادات **۷۴**
۶-۱- مقدمه ۷۵
۶-۲- جمع بندی ۷۵
۶-۲-۱- ضعف کنترل کننده های موجود مورد استفاده در جبران ساز سنکرون ۷۶
۶-۲-۲- کنترل کننده Repetitive ۷۶
۶-۲-۳- نوآوری ۷۷
۶-۲-۴- پیشنهادها ۷۷

مراجع **۷۸**

پیوست‌ها **۸۲**

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱: دیاگرام جبران ساز سنکرون استاتیک ۱۱
شکل ۲-۲ مبدل سه فاز ۱۳
شکل ۲-۳ جایگاه VSI در STATCOM ۱۳
شکل ۲-۴ شکل موج ولتاژ چند پالسه ۱۷
شکل ۲-۵ مبدل منبع ولتاژ شش پالسه یک جبرانگر سنکرون استاتیکی ۱۸
شکل ۲-۶ مفهوم اصلی مدولاسیون پهنای پالس نمونه گیری عادی ۲۰
شکل ۲-۷ مدولاسیون پهنای پالس نمونه گیری عادی (نیم سیکل) ۲۰
شکل ۲-۸ شمای کلی کنترل کننده های مرسوم جبران ساز های سنکرون استاتیک ۲۲
شکل ۲-۹ نمایش جزئیات کنترل کننده های مرسوم به کار رفته در جبران سازهای سنکرون استاتیکی ۲۲
شکل ۲-۱۰ کنترل کننده ولتاژ ۲۴
شکل ۲-۱۱ کنترل کننده جریان ۲۵
شکل ۳-۱ بلوک دیاگرام یک سیستم کنترل Repetitive ۲۸
شکل ۳-۲ سیستم کنترل مورد نظر ۳۳
شکل ۳-۳ ساختار ساده کنترل کننده Repetitive ۳۴
شکل ۳-۴ جبران ساز تکرار شونده ۳۶
شکل ۳-۵ جبران ساز تکرار شونده در حضور فیلتر پایین گذر ۳۶
شکل ۳-۶ بلوک دیاگرام کنترل کننده Repetitive اعمال شده به سیستم ۴۵
شکل ۳-۷ سیستم مورد نظر جهت تحلیل پایداری ۴۵
شکل ۳-۸ بلوک دیاگرام ساده شده ۴۶
شکل ۴-۱ ساختار کنترلر PID ۴۹
شکل ۴-۲ حرکت دسته‌جمعی ماهی‌ها ۵۳
شکل ۴-۳ حرکت دسته‌جمعی پرندگان ۵۳
شکل ۵-۱ شمای کلی شبکه مورد مطالعه ۶۰
شکل ۵-۲ محل اعمال نویز به جبران ساز سنکرون استاتیک ۶۱
شکل ۵-۳ ولتاژ خطوط در صورت اعمال نویز ۶۰ هرتز ۶۱
شکل ۵-۴ طریقه قرار گرفتن کنترل کننده و محل اعمال نویز القایی ۶۶
شکل ۵-۵ شکل موج ولتاژ خطوط پس از اعمال نویز ۶۰ هرتز به سیستم دارای کنترل کننده Repetitive ۶۷
شکل ۵-۶ ولتاژ خطوط در صورت اعمال نویز ۵۰ هرتز ۶۸

شکل ۵-۷ شکل موج ولتاژ خطوط پس از اعمال نویز ۵۰ هرتز به سیستم دارای کنترل کننده Repetitive ۶۸
شکل ۵-۸ ولتاژ خطوط در صورت اعمال نویز با فرکانس های متفاوت به هر فاز..... ۶۹
شکل ۵-۹ شکل موج ولتاژ خطوط پس از اعمال نویز با فرکانس های مختلف به سیستم دارای کنترل کننده Repetitive..... ۷۰
شکل ۵-۱۰ ولتاژ خطوط در صورت اعمال هارمونیک سوم به سیگنال های ورودی PWM... ۷۰
شکل ۵-۱۱ شکل موج ولتاژ خطوط پس از اعمال هارمونیک سوم به عنوان نویز به سیستم دارای کنترل کننده Repetitive..... ۷۱
شکل ۵-۱۲ شکل موج ولتاژ خطوط پس از اعمال نویز ۶۰ هرتز به سیستم دارای کنترل کننده PID تنظیم شده توسط PSO ۷۱
شکل ۵-۱۳ شکل موج ولتاژ خطوط پس از اعمال نویز ۵۰ هرتز به سیستم دارای کنترل کننده PID تنظیم شده توسط الگوریتم PSO..... ۷۲
شکل ۵-۱۴ ولتاژ خطوط در صورت اعمال نویز با فرکانس های متفاوت به هر فاز در حضور کنترل کننده PID تنظیم شده توسط الگوی PSO..... ۷۲
شکل ۵-۱۵ شکل موج ولتاژ خطوط پس از اعمال هارمونیک سوم به عنوان نویز به سیستم دارای کنترل کننده PID تنظیم شده توسط الگوریتم PSO..... ۷۳
شکل پیوست – ۱ : شبکه مورد نظر در شبیه سازی..... ۸۳
شکل پیوست – ۲ : طرز استفاده از PLL در طراحی STATCOM..... ۸۴
شکل پیوست –۳ : نحوه تولید جریان مرجع کنترلی در STATCOM..... ۸۴
شکل پیوست –۴ : جایگاه کنترل کننده Repetitive در مسیر سیگنال های ورودی PWM. ۸۶
شکل پیوست –۵ : ساختار کنترلی درنظر گرفته شده..... ۸۷
شکل پیوست – ۶ : ساختار کلیدهای IGBT در VSC..... ۸۸

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱ فهرست جبران سازهای سنکرون استاتیک نصب شده در دنیا..... ۹
جدول ۲-۲ ضرائب کنترل کننده های تناسبی انتگرال گیر..... ۲۵

فهرست نشانه‌های اختصاری

دوره تناوب ورودی	τ
کنترل کننده	C
تابع تبدیل	G
فرکانس ورودی	ω_i
فرکانس اغتشاش	ω_d
اغتشاش ورودی	d
ورودی تناوبی	r
خروجی تناوبی	y

فهرست کلمات اختصاری

FACTS	Flexible AC Transmission Systems
GTO	Gate Turn-Off thyristor
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
PLL	Phase-Locked Loop
PWM	Pulse Width Modulation
STATCOM	Static Synchronous Compensator
VSI	Voltage Source Invertor
VSC	Voltage Source Convertor

فصل اول: مقدمه

۱-۱-مقدمه

با رشد روز افزون مصرف در سیستم های قدرت، سیستم های انتقال انرژی با بحران محدودیت انتقال توان مواجه هستند. این محدودیت عملا به خاطر حفظ پایداری گذرا در خطوط طویل و نیز تامین سطح مجاز ولتاژ در خطوط با طول متوسط به وجود می آید. بنابراین ظرفیت بهره برداری عملی خطوط انتقال، بسیار کمتر از ظرفیت واقعی خطوط که همان حد حرارتی آن ها است می باشد. این امر موجب عدم بهره برداری بهینه از سیستم های انتقال انرژی می شود.

در این راستا یکی از راه حل های افزایش ظرفیت انتقال توان، احداث خطوط جدید است که این امر با مشکلات اقتصادی و قانونی همراه می باشد.با پیشرفت روز افزون صنعت نیمه هادی ها و استفاده از آن ها در سیستم های قدرت، مفهوم سیستم انتقال متناوب انعطاف پذیر[1] مطرح گردید.

هدف اولیه این سیستم ها بر این اساس بنا نهاده شده است که بدون احداث خطوط جدید بتوان از ظرفیت واقعی و موجود سیستم های انتقال استفاده کرد. پیشرفت های اخیر صنعت الکترونیک قدرت در طراحی کلیدهای نیمه هادی با قابلیت خاموش و روشن شدن سریع و استفاده از آنها در مبدل های منبع ولتاژ در سطح توان و ولتاژ سیستم قدرت، علاوه بر معرفی ادوات پیشرفته تر، تحولی در مفهوم ادوات سیستم انتقال متناوب انعطاف پذیر بوجود آورده و سیستم های انتقال را بسیار کارآمد تر و موثرتر از قبل کرده است.

یکی از انواع ادوات ذکر شده، جبران ساز سنکرون استاتیک[2] است که در ساختار مداری آن از مبدل منبع ولتاژ[3] و یا منبع ولتاژ سنکرون[4] برای تحقق بخشیدن به ایجاد یک منبع ولتاژ با قابلیت کنترل سریع استفاده شده است. در این پایان نامه سعی بر آن شده است که با طراحی یک کنترل کننده تکرار کننده[5] کارایی جبران ساز سنکرون ایستا بهبود یافته و در نتیجه پایداری شبکه بهبود یابد که میتواند باعث اعتماد بیشتر در استفاده از جبران ساز سنکرون ایستا و ایجاد اطمینان بیشتر به پایداری شبکه قدرت در

[1] FACTS (flexible AC transmission systems)

[2] STATCOM (static synchronous compensator)

[3] VSC (voltage source convertor)

[4] SVS (synchronous voltage source)

[5] Repetitive controller

هنگام بروز خطا بر روی شبکه و یا نوسانات بار شود.

۱-۲-محدودیت های انتقال توان در سیستم های قدرت

یک سیستم قدرت الکتریکی از سه بخش عمده تشکیل شده است که شامل مراکز تولید، شبکه های انتقال و مراکز مصرف می شود. هدف مهندس بهره بردار سیسیتم قدرت این است که توان مورد تقاضای مصرف کننده را تحت ولتاژ و فرکانس مطلوب تعیین نماید. از لحاظ کنترلی نمی توان بر روی مصرف کننده محدودیت زیادی اعمال نمود، زیرا او خریدار برق است و خواسته هایش خصوصا در بازار خصوصی سازی شده برق باید تامین شود. در نتیجه کنترل ممکن بر روی بخش های تولید و انتقال می باشد.

در سیستم های قدرت معمول، کنترل بر روی میزان توان تولیدی (همچنین ولتاژ و فرکانس) در نیروگاه ها اعمال می شود و حالت مطلوب در سیستم قدرت این است که تعادل بین تولید و مصرف بر قرار شده و بخش انتقال نیز به طور موثری توان را منتقل نماید.

معمولا در طراحی اولیه سیستم این خواسته ها در نظر گرفته می شود. ولی به مرور زمان و با گسترش سیستم قدرت و ایجاد تغییراتی در سیستم قدرت از قبیل افزایش ظرفیت به دلیل رشد مصرف، اتصال شبکه های دیگر به شبکه قبلی، تاسیس نیروگاه ها و خطوط جدید و غیره، این تعادل بر هم خورده و محدودیت هایی در بهره برداری از سیستم قدرت به وجود می آید. از طرفی مسئله پایداری گذرا در خطوط طویل و افت ولتاژ غیر مجاز در خطوطی با طول های متوسط بسیار حائز اهمیت می باشند. به این معنی که برای حفظ پایداری شبکه و تثبیت سطح ولتاژ مجاز، توان عبوری در سیستم انتقال باید محدود شود. این محدودیت ها باعث می شوند که توان عبوری از خطوط در حدی بسیار پایین تر از حد حرارتی خطوط قرار گیرند. بر این اساس می توان حالت ایده آل سیستم انتقال انرژی الکتریکی را تحت شرایط زیر دانست:

الف – کنترل توان در مسیر های مورد نظر صورت پذیرد.

ب – ظرفیت بهره برداری عملی از خطوط در حد ظرفیت حرارتی آن ها قرار داشته باشد.

بنا بر این عبور توان در مسیر های نا خواسته و عدم بهره برداری از ظرفیت سیستم های انتقال در حد

ظرفیت حرارتی آن ها مشکلات عمده ای هستند که در بهره برداری از سیستم قدرت وجود دارد.

۱-۳-هدف تحقیق و اهمیت آن

با توجه به مشکلاتی که به اختصار در قسمت قب ذکر شد، استفاده از ادوات FACTS مانند جبران ساز سنکرون استاتیک راه حلی مناسب به منظور دست یابی به بهبود پایداری شبکه به شمار میرود. اما در چند سال اخیر تنها تعداد کمی از این جبران ساز در کشور های پیشرفته ای همچون ژاپن و ایالات متحده آمریکا و چند کشور دیگر نصب و راه اندازی شده اند. یکی از دلایل استقبال کم از این نوع جبران ساز قیمت بالای آن است که یک نکته منفی در برابر توانایی این نوع جبران ساز تلقی می شود. هدف از این تحقیق طراحی یک کنترل کننده تکرار کننده به گونه ای است که کارایی این نوع جبران ساز بهبود یابد و در نتیجه باعث بهبود پایداری شبکه گردد و از طرفی دیگر با توجه به بهبود کارایی این نوع جبران گر و افزایش قابلیت اطمینان از کارکرد هرچه بهتر آن، بهره برداران شبکه را به استفاده از آن علی رغم قیمت بالای آن ترغیب کند.

۱-٤-بیان کلیات مساله

در این پایان نامه هدف اصلی نگاهی نو هم از لحاظ مکان قرارگیری کنترل کننده در جبران ساز سنکرون استاتیک و هم به لحاظ تاثیر پذیری این نوع جبران ساز از نویز در محل قرار گیری آن بوده است.

هدف اصلی پایان نامه طراحی یک نوع کنترل کننده Repetitive و قرار دادن آن در ورودی قسمت مدولاسیون پهنای باند[۱] به منظور حذف نویز القایی در محل نصب قرارگیری جبران ساز سنکرون استاتیک بر روی آن خواهد بود.

علت انتخاب مکان ذکر شده به منظور قرار دادن کنترل کننده مورد نظر به این دلیل است که در تمامی کنترل کننده های موجود پس از کنترل ولتاژ و جریان و اعمال روش های کنترلی رایج، هیچ

[۱] PWM (Pulse Width Modulation)

توجهی به سیگنال های ورودی مدولاسیون پهنای باند نشده است و این در حالی است که در صورت نویز پذیری سیگنال ورودی قسمت فوق الذکر، تمامی زحمات کنترلی بیهوده بوده و نتیجه مطلوب به دست نخواهد آمد.

بنا بر نکات ذکر شده و به دلیل قرار گیری جبران ساز سنکرون استاتیک در پست های فشار قوی، در این پایان نامه فرض بر آن گزاشته شده است که ممکن است ولتاژ خطوط فشار قوی موجود در پست های قدرت به صورت نویز بر روی سیگنال های ورودی مدولاسیون پهنای باند القا شده و کارایی آن را دچار اختلال کنند.

در ادامه یک نوع کنترل کننده Repetitive طراحی شده و در محل این سیگنال ها قرار داده شده است. با توجه به خصوصیت این نوع کنترل کننده نویز از بین خواهد رفت و خروجی کنترل کننده ورودی را بدون خطای حالت ماندگار دنبال خواهد کرد که نتیجه آن از بین رفتن نویز القایی و دست یابی به هدف مطلوب این پایان نامه است.

به طور خلاصه میتوان گفت هدف نهایی مقاوم سازی سیگنال های ورودی مدولاسیون پهنای باند از نویز های القایی در پست های فشار قوی می باشد که نتایج شبیه سازی این مطلب را به خوبی نشان می دهند.

۱-۵-بخش‌های پایان نامه

در ادامه پایان نامه موجود،در فصل دوم؛ ابتدا به ارائه توضیح در مورد جبران ساز سنکرون ایستا خواهیم پرداخت. در این قسمت با ساختار آن آشنا شده و اساس عملکرد آن ذکر خواهد شد. سپس به توضیح در مورد مرسوم ترین ساختار کنترلی آن با بیانی ساده خواهیم پرداخت.

در فصل سوم به معرفی کنترل کننده مورد نظر خواهیم پرداخت و با ساختار این نوع کنترل کننده آشنا خواهیم شد. در ادامه فصل یک روش طراحی با اثبات های ریاضی کامل به منظور آشنایی هر چه بیشتر با ساختار این نوع کنترل کننده و همچنین آشنایی با طراحی آن ارائه خواهد شد و در نهایت روش و گامهای طراحی به ترتیب و مدون ارائه خواهند شد.

نهایتا در فصل چهارم شبیه سازی ها و نتایج همراه با نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات آورده شده اند.