

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه سیران

دانشکده فنی

گروه مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی برق گرایش الکترونیک

عنوان

طراحی کنترل کننده PID مرتبه کسری برای مبدل DC به DC

پژوهشگر

رسول نادم

استاد راهنما

دکتر حامد مجللی

زمستان ۱۳۹۲

تقدیم ہے:

پدر و مادر عزیزم، یگانہ تجلی نشانِ رحمت، محبت، صداقت و رفاقت در زندگی،
آنان کہ آفتابِ مہرشان در سراسر وجودم، ہمیشہ پابرجاست و ہرگز غروب نخواہد کردہ.

سپاسگذارم از:

خداوند بزرگ که همه چیز با وجود او ن ممکن شد،

خانواده عزیزم، حامیان اصلی و همیشگی ام در زندگی،

استاد و آموزگاران بزرگی که کلیدهای زندگی شان را در اختیارم قرار دادند، بویژه استاد اهنمای محترم جناب دکتر محبتی،

و همه دوستان و عزیزانی که به هر نحو، در مراحل مختلف دست یاری و امید رسانیدند...

چکیده

طراحی کنترل کننده PID مرتبه کسری برای مبدل DC به DC

کنترل کننده‌های PID مرتبه کسری، نوع تعمیم یافته‌ای از کنترل کننده‌های PID اند که مرتبه مشتق-گیر و انتگرال‌گیر آنها از مرتبه کسری است. از طرف دیگر مبدل‌های DC-DC مدارهای الکترونیک قدرتی هستند که یک ولتاژ DC را به سطح دیگری از ولتاژ DC تبدیل می‌کنند. در این پایان‌نامه، طراحی کنترل کننده PID مرتبه کسری برای یک مبدل افزایشده ولتاژ DC به DC (۱۲ ولت به ۴۸ ولت) ارائه می‌شود. بدین منظور سه الگوریتم تکاملی شامل الگوریتم‌های ژنتیک (GA) و حرکت جمعی ذرات (PSO) و تفاضلی (DE) برای بهینه‌سازی پارامترهای کنترلی و ضرایب اصلی (موجود در تابع هزینه) موردنظر استفاده می‌شوند. همچنین تابع هزینه‌ای که به عنوان تابع معیار در نظر گرفته می‌شود، از پارامترهای مهمی شامل فراجاهش، زمان نشست، انتگرال مربع خطا در زمان (ITSE) و خطای حالت دائمی (e_{ss}) تشکیل شده است.

نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که جهت بهبود عملکرد مبدل DC به DC، کنترل کننده PID مرتبه کسری بهینه شده توسط الگوریتم‌های تکاملی، پاسخ‌های مطلوبی را نسبت به کنترل کننده PID متداول به همراه دارد.

کلید واژه‌ها:

کنترل کننده PID و PID مرتبه کسری، بهینه‌سازی، مبدل افزایشده ولتاژ، الگوریتم‌های تکاملی.

فهرست مطالب

شماره‌ی صفحه

عنوان

۱	فصل ۱: مقدمه
۴	۱-۱- مروری بر تحقیقات گذشته.....
۵	۲-۱- اهداف پایان‌نامه.....
۶	۳-۱- ساختار پایان‌نامه.....
۷	فصل ۲: مبدل DC-DC افزایش‌دهنده ولتاژ
۸	۱-۲- نحوه عملکرد مبدل افزایش‌دهنده ولتاژ.....
۹	۲-۲- تحلیل DC مبدل افزایش‌دهنده ولتاژ.....
۹	۱-۲-۲- تجزیه و تحلیل در حالت سوئیچ بسته.....
۱۰	۲-۲-۲- تجزیه و تحلیل در حالت سوئیچ باز.....
۱۱	۳-۲-۲- تحلیل در حالت ماندگار.....
۱۴	۳-۲- تعریف حالت‌های جریان پیوسته و ناپیوسته.....
۱۴	۱-۳-۲- محاسبه مقدار سلف.....
۱۵	۲-۳-۲- محاسبه مقدار خازن.....
۱۵	۴-۲- تحلیل ac مبدل افزایش‌دهنده ولتاژ.....
۱۶	۱-۴-۲- تابع تبدیل ac مبدل افزایش‌دهنده ولتاژ.....
۱۷	۲-۴-۲- تابع تبدیل ac بر مبنای فرکانس و ضریب کیفیت.....
۱۹	فصل ۳: محاسبات کسری و کنترل‌کننده‌های مرتبه کسری
۲۰	۱-۳- عملگرهای مشتق‌گیر و انتگرال‌گیر کسری.....
۲۱	۲-۳- خواص محاسبات کسری.....
۲۲	۳-۳- تعاریف مشتق‌گیر و انتگرال‌گیر مرتبه کسری.....
۲۲	۱-۳-۳- تعریف ریمان-لیوویل.....
۲۳	۲-۲-۳- تعریف گرانوالد-لتنیکوف.....
۲۳	۳-۲-۳- تعریف کاپوتو.....
۲۳	۴-۳- تبدیل لاپلاس تعاریف محاسبات کسری.....
۲۴	۱-۴-۳- تبدیل لاپلاس عملگر کسری ریمان-لیوویل.....
۲۴	۲-۴-۳- تبدیل لاپلاس عملگر کسری گرانوالد-لتنیکوف.....
۲۴	۳-۴-۳- تبدیل لاپلاس عملگر کسری کاپوتو.....
۲۴	۵-۳- تابع تبدیل و تحلیل حوزه فرکانسی معادلات مرتبه‌های کسری.....

۲۶	۳-۶- تقریب عملگرهای کسری.....
۲۷	۳-۷- کنترل کننده‌های مرتبه‌های کسری.....
۲۸	۳-۸- ویژگیهای تابع کسری s^b در حوزه زمان و فرکانس.....
۲۹	۳-۸-۱- تحلیل s^b در حوزه زمان.....
۲۹	۳-۸-۲- تحلیل s^b در حوزه فرکانس.....
۳۱	۳-۸-۳- تقریب تابع تبدیل s^b

۳۲ فصل ۴: الگوریتم‌های تکاملی

۳۳	۴-۱- برخی ویژگی‌های عمومی و مشترک در الگوریتم‌های تکاملی.....
۳۵	۴-۲- الگوریتم ژنتیک.....
۳۶	۴-۲-۱- عملگرهای انتخاب، تقاطع و جهش.....
۳۶	۴-۲-۲- مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک.....
۳۸	۴-۲-۳- فلوجارت الگوریتم ژنتیک.....
۳۸	۴-۳- معرفی الگوریتم بهینه‌سازی حرکت جمعی ذرات.....
۳۹	۴-۳-۱- پارامترهای مهم در الگوریتم بهینه‌سازی حرکت جمعی ذرات و اثرات آنها.....
۴۲	۴-۳-۲- مراحل اجرای الگوریتم بهینه‌سازی حرکت جمعی ذرات.....
۴۳	۴-۳-۳- فلوجارت الگوریتم بهینه‌سازی حرکت جمعی ذرات.....
۴۳	۴-۴- الگوریتم تفاضلی.....
۴۴	۴-۴-۱- معرفی پارامترهای مهم در الگوریتم تفاضلی و اثرات آنها.....
۴۷	۴-۴-۲- مراحل اجرای الگوریتم تفاضلی.....
۴۷	۴-۴-۱- فلوجارت الگوریتم تفاضلی.....

۴۹ فصل ۵: نتایج و شبیه‌سازی

۵۰	۵-۱- طراحی مبدل DC-DC افزایشنده ولتاژ.....
۵۱	۵-۲- تحلیل توابع تبدیل حلقه‌باز مبدل افزایشنده ولتاژ.....
۵۵	۵-۳- سیستم حلقه‌بسته مبدل DC-DC افزایشنده ولتاژ.....
۵۶	۵-۴- چگونگی تنظیم و بهینه‌سازی پارامترها توسط الگوریتم‌های تکاملی.....
۵۷	۵-۵- مشخصه‌های الگوریتم‌های تکاملی جهت تنظیم و بهینه‌سازی پارامترها.....
۵۹	۵-۶- طراحی کنترل کننده PID برای مبدل افزایشنده ولتاژ.....
۵۹	۵-۶-۱- طراحی GA-PID برای مبدل افزایشنده ولتاژ.....
۶۰	۵-۶-۲- طراحی PSO-PID برای مبدل افزایشنده ولتاژ.....
۶۱	۵-۶-۳- طراحی DE-PID برای مبدل افزایشنده ولتاژ.....
۶۲	۵-۷- طراحی کنترل کننده PID مرتبه کسری برای مبدل افزایشنده ولتاژ.....
۶۲	۵-۷-۱- طراحی GA-FOPID برای مبدل افزایشنده ولتاژ.....
۶۴	۵-۷-۲- طراحی PSO-FOPID برای مبدل افزایشنده ولتاژ.....

۶۵	۳-۷-۵- طراحی DE-FOPID برای مبدل افزایشده ولتاژ.....
	۴-۶-۵- مقایسه الگوریتم‌های مختلف در طراحی مبدل افزایشده ولتاژ تحت کنترل کننده
۶۶	PID مرتبه کسری.....
۷۰	۸-۵- مقایسه پاسخهای مربوط به کنترل کننده PID و PID مرتبه کسری.....
۷۰	۹-۵- تحلیل PSO-FOPID با افزایش تکرار الگوریتم.....
۷۰	۱-۹-۵- تحلیل PSO-FOPID با افزایش تکرار الگوریتم.....
۷۲	۲-۹-۵- تحلیل PSO-FOPID به ازای مقادیر مختلف ولتاژ منبع تغذیه Vin
۷۳	۳-۹-۵- تحلیل PSO-FOPID به ازای مقادیر بارهای مختلف خروجی
۷۶	فصل ۶: نتیجه گیری و پیشنهادات
۷۷	۱-۶- نتیجه گیری.....
۷۸	۲-۶- پیشنهادات برای ادامه کار.....

پیوست

مراجع

واژه‌نامه

فهرست شکل‌ها

شماره‌ی صفحه	عنوان
۸	شکل (۱-۲): مبدل افزایشنده ولتاژ: (الف) مدار؛ (ب) مدار معادل سوئیچ بسته؛ (ج) مدار معادل سوئیچ باز
۸	شکل (۲-۲): عملکرد سلف در افزایشنده ولتاژ: ولتاژسلف (الف) و جریان سلف (ب) با باز و بسته شدن سوئیچ
۹	شکل (۳-۲): شکل موج‌های عملکرد افزایشنده ولتاژ: (الف) سوئیچ بسته، (ب) سوئیچ باز، (ج) شکل موجها در دو دوره تناوب
۱۳	شکل (۴-۲): معادل‌سازی خطی سوئیچینگ ترانزیستور و دیود در عملکرد مبدل افزایشنده ولتاژ
۱۶	شکل (۵-۲): معادل‌سازی خطی مبدل افزایشنده ولتاژ
۱۸	شکل (۶-۲): اثرات قطبها (نمودار بالا) و صفر سمت راست (نمودار پایین) در دیاگرام بود
۲۸	شکل (۱-۳): گستردگی محدوده عملکردی کنترل‌کننده PID مرتبه کسری
۲۹	شکل (۲-۳): عملکرد انتگرال‌گیر کسری $s^{-\nu}$ در حوزه زمان
۲۹	شکل (۳-۳): عملکرد مشتق‌گیر کسری s^{ν} در حوزه زمان
۳۰	شکل (۴-۳): نمودار دیاگرام بود تابع تبدیل s^{ν}
۳۱	شکل (۵-۳): نمودار دیاگرام نیکولز تابع تبدیل s^{ν}
۳۴	شکل (۱-۴): چرخه عملکردی الگوریتم‌های تکاملی جهت بهینه‌سازی
۳۴	شکل (۲-۴): فلوجارت الگوریتم‌های تکاملی
۳۸	شکل (۳-۴): فلوجارت الگوریتم ژنتیک
۴۰	شکل (۴-۴): توصیف سرعت و موقعیت به‌روز رسانی در بهینه‌سازی حرکت جمعی ذرات
۴۳	شکل (۵-۴): فلوجارت الگوریتم بهینه‌سازی حرکت جمعی ذرات
۴۶	شکل (۶-۴): جهش تفاضلی: تفاضلی وزنی $F \cdot (X_{r1,g} - X_{r2,g})$ با بردار پایه $X_{r0,g}$ جمع می‌شود
۴۸	شکل (۷-۴): فلوجارت الگوریتم تفاضلی
۵۱	شکل (۱-۵): ولتاژ خروجی نسبت به دو ورودی منبع تغذیه (V_{in}) و سوئیچینگ (d) در افزایشنده ولتاژ
۵۲	شکل (۲-۵): پاسخ پله حلقه‌باز سیستم مبدل افزایشنده ولتاژ نسبت به ورودی ۱۲ ولت منبع تغذیه
۵۳	شکل (۳-۵): نمودار بود سیستم حلقه‌باز خروجی نسبت به ورودی واحد سوئیچینگ ترانزیستور
۵۳	شکل (۴-۵): پاسخ پله سیستم حلقه‌باز خروجی نسبت به ورودی واحد سوئیچینگ ترانزیستور
۵۴	شکل (۵-۵): طراحی پالس‌های مناسب برای سوئیچینگ ترانزیستور مبدل افزایشنده ولتاژ
۵۵	شکل (۶-۵): ساختار سیستم کنترل‌شده حلقه‌بسته مبدل DC-DC افزایشنده ولتاژ
۵۵	شکل (۷-۵): بلوک دیاگرام مربوط به کنترل حلقه‌بسته مبدل افزایشنده ولتاژ
۵۹	شکل (۸-۵): نمودارهای بود و پاسخ پله در سیستم حلقه‌بسته مبدل افزایشنده ولتاژ توسط GA-PID

- شکل (۵-۹): نمودارهای بود و پاسخ پله در سیستم حلقه‌بسته مبدل افزایشده ولتاژ توسط PSO-PID ۶۰
- شکل (۵-۱۰): نمودارهای بود و پاسخ پله در سیستم حلقه‌بسته مبدل افزایشده ولتاژ توسط DE-PID ۶۱
- شکل (۵-۱۱): نمودارهای بود و پاسخ پله در سیستم حلقه‌بسته مبدل افزایشده ولتاژ
توسط GA-FOPID ۶۳
- شکل (۵-۱۲): نحوه همگرایی و کمینه شدن تابع هزینه، به ازای استفاده از GA-FOPID ۶۴
- شکل (۵-۱۳): نمودارهای بود و پاسخ پله در سیستم حلقه‌بسته مبدل افزایشده ولتاژ
توسط PSO-FOPID ۶۴
- شکل (۵-۱۴): نحوه همگرایی و کمینه شدن تابع هزینه به ازای استفاده از PSO-FOPID ۶۵
- شکل (۵-۱۵): نمودارهای بود و پاسخ پله در سیستم حلقه‌بسته مبدل افزایشده ولتاژ
توسط DE-FOPID ۶۶
- شکل (۵-۱۶): نحوه همگرایی پاسخ بهینه را در ازای به‌کارگیری روش DE-FOPID ۶۷
- شکل (۵-۱۷): مقایسه الگوریتم‌های تکاملی مختلف جهت تنظیم کنترل‌کننده PID مرتبه کسری ۶۸
- شکل (۵-۱۸): نمای نزدیک برای مقایسه الگوریتم‌های تکاملی مختلف با کنترل‌کننده PID مرتبه کسری
۶۹
- شکل (۵-۱۹): نمای نزدیک خطای حالت ماندگار الگوریتم‌های تکاملی با کنترل‌کننده PID مرتبه کسری
۶۹
- شکل (۵-۲۰): روند بهبود پاسخ پله مبدل افزایشده ولتاژ با افزایش تعداد تکرار در الگوریتم PSO ۷۱
- شکل (۵-۲۱): پاسخ‌های پله حلقه‌بسته سیستم افزایشده ولتاژ توسط کنترل‌کننده PID مرتبه کسری
در ازای به‌کارگیری ولتاژهای مختلف در ورودی منبع تغذیه ۷۲
- شکل (۵-۲۲): نمای نزدیک شکل ۲۱-۵ ۷۳
- شکل (۵-۲۳): پاسخ‌های پله حلقه‌بسته سیستم افزایشده ولتاژ توسط کنترل‌کننده PID مرتبه کسری
در ازای به‌کارگیری بارهای مختلف در خروجی ۷۴
- شکل (۵-۲۴): نمای نزدیک شکل ۲۳-۵ ۷۵

فهرست جدول‌ها

شماره‌ی صفحه	عنوان
۳۱	جدول (۱-۳): توابع تقریبی مختلف را به ازای تابع انتگرال‌گیر s^{-v}
۵۰	جدول (۱-۵): پارامترهای اصلی طراحی مبدل افزایشنده ولتاژ و معادلات آنها
۵۱	جدول (۲-۵): مقادیر مشخصه‌های طراحی شده مبدل DC-DC افزایشنده ولتاژ
۵۱	جدول (۳-۵): مقادیر مشخصه‌های اصلی پاسخ پله حلقه‌باز افزایشنده ولتاژ به ازای ورودی واحد سوئیچینگ
۵۴	جدول (۴-۵): پارامترها و ضرایب مهم تعیین شونده توسط الگوریتم‌های تکاملی و محدوده آنها.
۵۷	جدول (۵-۵): مشخصه‌های در نظر گرفته شده برای الگوریتم ژنتیک برای اجرای بهینه‌سازی
۵۸	جدول (۶-۵): مشخصه‌های در نظر گرفته شده برای الگوریتم PSO برای اجرای بهینه‌سازی
۵۸	جدول (۷-۵): مشخصه‌های در نظر گرفته شده برای الگوریتم تفاضلی برای اجرای بهینه‌سازی
۵۹	جدول (۸-۵): تعیین پارامترهای اصلی تابع هزینه و کنترل‌کننده PID توسط الگوریتم ژنتیک
۵۹	جدول (۹-۵): مقادیر پارامترهای اصلی سیستم حلقه بسته مبدل افزایشنده ولتاژ، تحت کنترل GA-PID
۶۰	جدول (۱۰-۵): تعیین پارامترهای اصلی تابع هزینه و کنترل‌کننده PID توسط الگوریتم PSO
۶۰	جدول (۱۱-۵): مقادیر پارامترهای اصلی سیستم حلقه بسته مبدل افزایشنده ولتاژ، تحت کنترل PSO-PID
۶۱	جدول (۱۲-۵): تعیین پارامترهای اصلی تابع هزینه و کنترل‌کننده PID توسط الگوریتم تفاضلی
۶۱	جدول (۱۳-۵): مقادیر پارامترهای اصلی سیستم حلقه بسته مبدل افزایشنده ولتاژ، توسط کنترل‌کننده DE-PID
۶۲	جدول (۱۴-۵): تعیین پارامترهای اصلی تابع هزینه و کنترل‌کننده PID مرتبه کسری توسط الگوریتم ژنتیک
۶۲	جدول (۱۵-۵): مقادیر پارامترهای اصلی سیستم حلقه بسته مبدل افزایشنده ولتاژ، توسط کنترل‌کننده GA-FOPID
۶۳	جدول (۱۶-۵): تعیین پارامترهای اصلی تابع هزینه و کنترل‌کننده PID مرتبه کسری توسط الگوریتم PSO
۶۴	جدول (۱۷-۵): مقادیر پارامترهای اصلی سیستم حلقه بسته مبدل افزایشنده ولتاژ، توسط کنترل‌کننده PSO-FOPID
۶۴	جدول (۱۸-۵): تعیین پارامترهای اصلی تابع هزینه و کنترل‌کننده PID مرتبه کسری توسط الگوریتم تفاضلی
۶۵	جدول (۱۹-۵): مقادیر پارامترهای اصلی سیستم حلقه بسته مبدل افزایشنده ولتاژ، توسط کنترل‌کننده DE-FOPID
۶۶	جدول (۲۰-۵): مقادیر پارامترهای اصلی سیستم حلقه بسته مبدل افزایشنده ولتاژ، توسط کنترل‌کننده PSO-FOPID

- جدول (۵-۲۰): مقایسه مقایسه کیفی الگوریتم‌های ژنتیک، PSO و تفاضلی ۶۸
- جدول (۵-۲۱): مقایسه کنترل‌کننده های PID و PID مرتبه کسری با استفاده از الگوریتم‌های مختلف ۷۰

فصل اول:

مقدمه

فصل اول:

مقدمه^۱

مبدل‌های DC-DC^۲ از جمله مهم‌ترین و پرکاربردترین سیستم‌های مورد استفاده در الکترونیک قدرت هستند که عموماً برای تبدیل ولتاژ ورودی DC به سطحی دیگر از ولتاژ DC در خروجی، تنظیم ولتاژ DC در برابر تغییرات بار، کاهش دادن ریپل ولتاژ AC در ولتاژ خروجی DC، ایزوله کردن^۳ بین منبع ورودی و بار، حفاظت از سیستم تغذیه و منبع ورودی در برابر تداخل‌های الکترومغناطیسی EMI به‌کارگرفته می‌شوند^[۱]. نمونه‌های مختلفی از مبدل‌های DC-DC وجود دارد که در این میان، مبدل افزایش‌دهنده ولتاژ^۴ نمونه مهم و پرکاربردی از آنهاست که می‌تواند باعث افزایش ولتاژ (یا کاهش جریان) خروجی DC نسبت به ولتاژ (یا جریان) ورودی DC شود. برای ایجاد چنین تبدیلی‌هایی چند نوع روش مختلفی از قبیل روش‌های الکترونیکی، خطی، سوئیچینگ، مغناطیسی و خازنی وجود دارد^[۲]. سوئیچینگ این مبدل‌ها عموماً به‌وسیله ترانزیستورهای BJT، MOSFET، GTO و یا IGBT و معمولاً توسط منبع موج مربعی ساز یا مدولاسیون پهنای پالس PWM^۵ انجام می‌گیرد^[۳].

ولتاژ خروجی این مبدل‌ها در محدوده‌های مختلفی می‌تواند طراحی و به‌کار گرفته شود (از یک ولت در مدارهای VLSI مخصوص تا دهها کیلوولت در لامپ‌های اشعه ایکس^۶). عمومی‌ترین ولتاژهای خروجی عبارتند از: ۳.۳ ولت برای میکرو پروسورهای مدرن، ۵ ولت یا کمتر برای مادربورد کامپیوترهای شخصی و چیپهای CPU آنها، ۵ و ۱۲ ولت برای مدارهای منطقی، ۴۸ ولت برای تجهیزات مخابراتی^۷، ۲۷۰ ولت برای باس DC اصلی هواپیما^[۱].

انتخاب توپولوژی مناسب یک مبدل DC-DC تنها با توجه به ولتاژهای ورودی/خروجی و تنظیم پارامترهای آن انجام نمی‌شود بلکه در نظر گرفتن سطوح مناسب توان کاربردی همراه با تحمل فشار ولتاژ و جریانی که سوئیچ نیمه هادی می‌تواند نیز حائز اهمیت است، مثلاً مبدل‌های فلای بک در زیر سطوح توانی ۲۰۰ وات مورد استفاده قرار می‌گیرند. از این مبدل‌ها همچنین می‌توان در احیا و صرفه‌جویی انرژی برای سیستم‌های حمل و نقلی^۸

¹ Introduction

² DC-DC converter

³ Isolation

⁴ Boost converter

⁵ Pulse-width modulator

⁶ X-ray lamps

⁷ telecommunication equipment

⁸ Transportation system

شامل موتورهای DC با توقف و ترمزهای مکرر مانند اتومبیل‌های برقی، آسانسور دریایی^۱، لودرها^۲ نیز بهره برد. همچنین از این مبدل‌ها جهت تنظیم ولتاژ DC و نیز تولید یک منبع جریان DC خصوصاً جهت استفاده برای اینورترهای منبع جریان^۳ نیز استفاده می‌شود [۴]. از طرفی برای ایجاد چند ولتاژ DC همزمان و مختلف، برای تغذیه بارهای مختلف در بسیاری از سیستم‌های تغذیه‌ای توزیع قدرت همچون سیستم‌های موجود در ایستگاههای فضایی، کشتی‌ها و هواپیماها، و همچنین در کامپیوترها و تجهیزات مخابراتی نیز از این مبدل‌ها استفاده می‌شود [۱]. دور از انتظار نیست که بگوئیم بزودی سیستم‌های پردازش سیگنال مدرن جهت کم کردن مصرف توان و همچنین افزایش عمر باتریهایشان از ولتاژهای تغذیه چندگانه DC استفاده خواهند کرد. از طرفی از مبدل‌های DC-DC همچنین به عنوان واسطه تبدیل انرژی در بسیاری از سیستم‌های الکترونیک قدرت استفاده می‌شود. مثلاً در مرحله بعدی یکسوکننده‌هایی که به هارمونیک‌های فرد آلوده شده اند، قبل از استفاده از طبقه‌های پایانی و به‌عنوان یک مرحله واسطه میانی ممکن است از مبدل‌های DC-DC استفاده کنند. مبدل افزایش ولتاژ در چنین کاربردهایی برای تصحیح ضریب فاکتور توان^۴ بسیار مورد توجه است. و یا مثلاً چنین مبدلی را می‌توان به‌عنوان رابط ولتاژ DC به تجهیزات ac جهت استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند سلولهای خورشیدی^۵ و آرایه‌های فوتوولتائیک^۶ یا توربین‌های بادی^۷ مورد استفاده قرار داد. مبدل‌های کاهش‌دهنده ولتاژ نیز در بسیاری از سیستم‌های درایو DC با عملکرد بالا از قبیل کشش الکتریکی^۸، وسایل برقی و ماشین‌آلات استفاده می‌شوند. البته به‌طور ویژه از این مبدل‌ها در سیستم‌های جرقه‌زنی^۹ و سیستم‌های رادار استفاده می‌شود [۱].

از طرف دیگر دهها سال است که کنترل بسیاری از سیستم‌های خطی، بویژه در فرآیندهای کنترلی صنعتی، به کمک کنترل‌کننده‌های PID انجام می‌پذیرد، دلیل آن هم ساختار ساده و عملکرد قدرتمند این کنترل‌کننده‌ها می‌باشد و البته اینکه در محدوده شرایط وسیعی به آسانی قابل تنظیم هستند. کنترل‌کننده‌های PID هنوز هم برای بسیاری از کاربردهای صنعتی مانند کنترل فرآیند^{۱۰}، درایو موتور^{۱۱}، کنترل پرواز^{۱۲} و ابزار دقیق^{۱۳} استفاده می‌شوند [۶]. با این حال در سال‌های اخیر علاقه‌مندی به کنترل‌کننده‌های مرتبه کسری از جمله کنترل‌کننده‌های PID مرتبه کسری (FOPID)^{۱۴} در زمینه‌های علمی و مهندسی به صورت چشمگیر و روزافزونی افزایش یافته است. کنترل‌کننده‌های PID مرتبه کسری به‌وسیله معادلات دیفرانسیلی مرتبه کسری توصیف می‌شوند. در

¹ Marine Hoists

² Forklift trucks

³ Current source inverter

⁴ PFC - power factor correction

⁵ fuel cells

⁶ photovoltaic arrays

⁷ wind turbines

⁸ electric traction

⁹ ignition systems

¹⁰ Process controls

¹¹ Motor drivers

¹² Flight control

¹³ Instrumentation

¹⁴ Fractional-order PID

حقیقت این کنترل‌کننده‌ها با ایجاد انعطاف‌پذیری بیشتر در عملگرهای مشتق‌گیر و انتگرال‌گیر، کمک می‌کنند تا پاسخ فرکانسی سیستم کنترلی بهتر، مناسب‌تر و قدرتمندتر تنظیم شوند [۶]. کنترل‌کننده‌های مرتبه کسری در کاربردهای صنعتی زیادی استفاده شده‌اند، زمینه‌های متنوعی از مباحث الکترونیک قدرت، شناسایی سیستم^۱، کنترل رباتیک^۲، سیستم‌های مکاترونیک^۳، سیستم‌های نفوذ گرما^۴ از جمله این کاربردها هستند [۶]. بسیاری از سیستم‌هایی که رفتار ناپایدار، غیرخطی و یا با تاخیر زمانی دارند در صورت استفاده از کنترل‌کننده‌های مرتبه کسری پاسخ بهتری خواهند داد [۶]. قابل توجه است که البته جنبه‌های مختلف و کمی پیچیده‌تری برای طراحی این کنترل‌کننده‌ها وجود دارد که می‌بایست مورد ملاحظه قرار داد. از جمله اینکه در کنترل‌کننده PID مرتبه کسری علاوه بر سه پارامتر مهم کنترلی بهره‌تناسبی، بهره مشتق‌گیر و بهره انتگرال‌گیر^۵، دو مولفه دیگر به عنوان پارامتر توانی مشتق‌گیر و پارامتر توانی انتگرال‌گیر^۶ نیز در نظر گرفته می‌شوند که می‌بایست مورد تنظیم یا بهینه‌سازی قرار گیرند.

۱-۱- مروری بر تحقیقات گذشته

تاکنون برای کنترل سیستم‌های مهم و گوناگون بسیاری، از کنترل‌کننده‌های PID مرتبه کسری استفاده شده است، که معمولاً بهینه‌سازی و تنظیم ضرائب آنها با استفاده از روش‌های مختلفی صورت گرفته است. مفهوم کنترل‌کننده‌های PID مرتبه کسری اولین بار توسط پودلوبنی^۷ در سال ۱۹۹۹ مطرح شد [۷]. طبق استدلال وی، این نوع کنترل‌کننده‌ها وقتی که روی کنترل سیستم‌های مرتبه کسری^۸ عمل نمایند، در شرایط مشابه در مقایسه با کنترل‌کننده‌های PID کلاسیک عملکرد بهتری خواهند داشت. سپس تحلیل حوزه فرکانسی کنترل‌کننده‌های PID مرتبه کسری در [۸ و ۹] و طراحی فضای حالت این کنترل‌کننده‌ها نیز در [۱۰] بررسی شده است. در [۱۱] از روش تنظیمی زیگلر-نیکولز^۹ برای تنظیم و طراحی کنترل‌کننده‌های PID مرتبه کسری استفاده شده است. کنترل سیستم‌های مرتبه کسری به‌وسیله کنترل‌کننده PID مرتبه کسری در [۱۲] مورد بحث قرار گرفت. کنترل موتورهای DC به‌وسیله کنترل‌کننده‌های PID مرتبه کسری در مقاله‌های [۱۳ و ۱۴ و ۱۵] مورد تحلیل قرار گرفته است. استفاده از کنترل‌کننده‌های PID مرتبه کسری در سیستم‌های مرتبه بالا و استفاده از فرآیند تبدیل FOPDT^{۱۰} در حوزه‌های زمانی و فرکانسی در مقاله [۱۶] بررسی شد. خسوس و ماچادو در [۱۷] کنترل سیستم-

¹ System identification

² Robotic manipulators

³ Mechatronics systems

⁴ Heat diffusion systems

⁵ Proportional, Integrator, Derivative Gains

⁶ Derivative, Integrator orders

⁷ Podlubny

⁸ fractional order systems

⁹ Ziegler-Nichols

¹⁰ First-order plus dead time

های نفوذ حرارتی^۱ با کنترل کننده PID مرتبه کسری را مورد تحقیق قرار داده و روش‌های تنظیمی مختلفی را به کار بستند. کنترل کانال‌های آبیاری^۲ [۱۸] و ردیابی دما^۳ [۱۹] به کمک کنترل کننده PID مرتبه کسری در سال ۲۰۰۹ مورد بررسی قرار گرفتند. تهرانی و همکارانش در [۲۰] کنترل مبدل افزایشنده ولتاژ توسط کنترل کننده PID مرتبه کسری که به کمک روش‌های پارتو^۴ تنظیم می‌شوند را ارائه کردند. در [۲۱] با استفاده از پاسخ ضربه، روشی برای طراحی PID مرتبه کسری ارائه شد. در [۲۲] با استفاده از بسط سری تیلور، پارامترهای کنترل کننده-های PID مرتبه کسری طراحی و تنظیم شد.

اما روش‌های مهم دیگری نیز به نام الگوریتم‌های تکاملی^۵ برای تنظیم^۶ و بهینه‌سازی^۷ پارامترهای کنترل کننده PID مرتبه کسری وجود دارد که در سال‌های اخیر به طرز چشمگیری در تنظیم و طراحی پارامترهای کنترل کننده PID مرتبه کسری نقش عمده‌ای ایفا کرده و پاسخ‌های بسیار مطلوبی را در این خصوص تعیین کرده‌اند. درحقیقت در سال‌های اخیر بسیاری از محققین، از الگوریتم‌های تکاملی و ترکیب مناسب و دقیق این الگوریتم‌ها برای تنظیم و بهینه‌سازی پارامترهای کنترلی PID مرتبه کسری استفاده کرده‌اند. از جمله اینکه [۲۳ و ۲۴] تنظیم پارامترهای کنترل کننده PID مرتبه کسری با استفاده از الگوریتم PSO را مورد بررسی قرار دادند، زمانی و همکارانش در [۲۵] الگوریتم PSO جهت کنترل سیستم AVR توسط کنترل کننده PID مرتبه کسری را به کار گرفتند. محققین دیگری نیز به وسیله دیگر روش‌های تکاملی، روی طراحی و استفاده از این کنترل کننده‌ها برای سیستم‌های AVR تحقیق کرده‌اند [۲۶ و ۲۷]. مقاله‌های [۲۸ و ۲۹] از این کنترل کننده در موتورهای سنکرون PMSM استفاده کرده‌اند. مرجع [۳۰] کنترل کننده‌های PID مرتبه کسری در سیستم‌های SISO و MIMO را مورد مطالعه و بررسی قرار داده است. استفاده از این کنترل کننده برای کنترل فرآیند سطح مخزن^۸ با بهینه‌سازی توسط الگوریتم PSO، در [۶] مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۲- اهداف پایان نامه

با توجه به اینکه تاکنون از کنترل کننده‌های PID مرتبه کسری از طریق روش‌های مبتنی بر الگوریتم‌های تکاملی (به کار گرفته شده در این پایان‌نامه) برای بهبود عملکرد مبدل‌های DC به DC استفاده نشده است، لذا هدف این پایان‌نامه به‌طور کلی، استفاده و طراحی مناسب این کنترل کننده‌ها به کمک الگوریتم‌های تکاملی، برای یک نمونه مبدل افزایشنده ولتاژ DC به DC است. در این راستا توابع تبدیل کنترلی سیستم مبدل DC به DC افزایشنده ولتاژ، به صورت دقیق ارائه می‌شود. علاوه بر آن پاسخ‌های بدست آمده توسط کنترل کننده PID مرتبه کسری با

¹ heat diffusion system

² irrigation canal

³ temperature tracking

⁴ pareto

⁵ evolutionary algorithms

⁶ tuning

⁷ optimization

⁸ tank level process

پاسخ‌های مربوط به کنترل‌کننده PID برای سیستم مبدل افزایشده ولتاژ مورد مقایسه قرار می‌گیرند. ضمن اینکه در طراحی صورت گرفته به کمک الگوریتم‌های تکاملی، ضرائب توابع هدف تحت بهینه‌سازی نیز به عنوان مجهول فرض شده و با در نظر گرفتن چند مولفه مهم کنترلی به نام‌های فراجش^۱، زمان نشست^۲ و انتگرال زمانی مربع خطا^۳ (ITSE) و خطای حالت دائمی^۴ (e_{ss}) در یک سیستم حلقه‌بسته، همراه با سایر پارامترهای مهم کنترل‌کننده، به صورت مطلوب و مناسب تعیین خواهند شد.

۱-۳- ساختار پایان نامه

این پایان‌نامه از فصول زیر تشکیل شده است:

فصل دوم این پایان‌نامه به بررسی و معرفی مبدل‌های DC به DC از نوع مبدل افزایشده ولتاژ می‌پردازد. در ابتدا نحوه عملکرد و تشکیل شکل موج‌های مرتبط با مبدل افزایشده ولتاژ مورد بررسی قرار می‌گیرد، سپس معادلات DC ناشی از تغییرات انرژی در ورودی-خروجی آنها تعیین و پس از آن، معادلات حالت و توابع تبدیل ac این مبدل نیز به کمک معادلات مربوطه آنها در حوزه لاپلاس و فرکانس مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فصل سوم این پایان‌نامه، ابتدا به معرفی محاسبات کسری می‌پردازد و سپس مباحث مرتبط با کنترل‌کننده PID مرتبه کسری را مورد تحلیل و بررسی قرار می‌دهد.

فصل چهارم به الگوریتم‌های تکاملی مورد استفاده جهت بهینه‌سازی توابع هدف اختصاص دارد. الگوریتم‌های تکاملی استفاده شده در این پایان‌نامه عبارت‌اند از: الگوریتم ژنتیک، الگوریتم بهینه‌سازی حرکت جمعی ذرات، الگوریتم تکاملی تفاضلی.

فصل پنجم به طراحی کنترل‌کننده و ارائه نتایج شبیه‌سازی‌های حاصل از آن می‌پردازد. مقایسه کنترل‌کننده‌های PID و PID مرتبه کسری به ازای تنظیم و بهینه‌سازی پارامترهای آنها به کمک روش‌های مبتنی بر الگوریتم‌های تکاملی از جمله مباحث اصلی در نظر گرفته شده برای این فصل است.

فصل ششم، به نتیجه‌گیری و پیشنهادات می‌پردازد.

¹ Overshoot

² Settling time

³ ITSE-integral time-square error

⁴ e_{ss} - steady state error

فصل دوم:

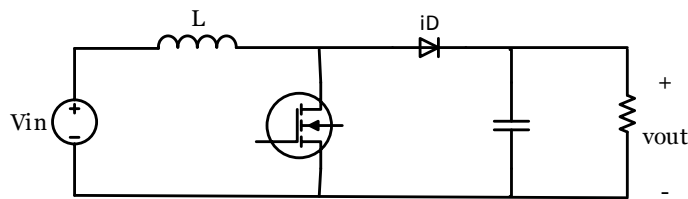
مبدل افزایشده ولتاژ DC به DC

فصل دوم:

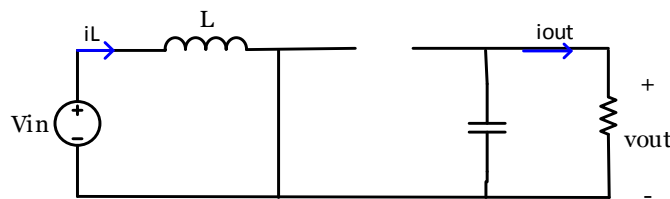
مبدل افزایشده ولتاژ DC به DC

۱-۲ - نحوه عملکرد مبدل افزایشده ولتاژ

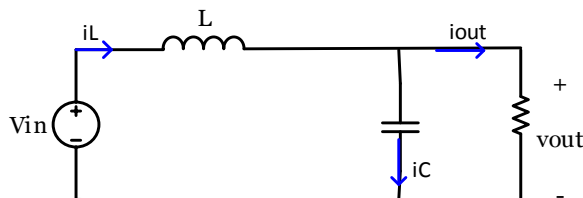
نمونه یک مبدل افزایشده ولتاژ متداول در شکل ۱-۲ نمایش داده می‌شود. به کمک ذخیره سازی و تزریق انرژی از طریق خازن و سلف موجود، این مدار به عنوان یک مبدل سوئیچینگ افزایشده ولتاژ DC در خروجی نسبت به ولتاژ ورودی عمل می‌کند [۲ و ۳ و ۴].



حالت الف



حالت ب



حالت ج

شکل ۱-۲: مبدل افزایشده ولتاژ: (الف) مدار؛ (ب) مدار معادل برای سوئیچ بسته؛ (ج) مدار معادل برای سوئیچ باز