



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش کنترل

عنوان: کنترل مبدل باک بوست به وسیله کنترلر PID فازی

استاد راهنما: دکتر اصغر طاهری

نگارش: محمد ثقفی زنجانی

تابستان ۹۶

دانشگاه زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق و انشعاب زنجان و انستیتو مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق و انشعاب زنجان

۵ فصل اول/ مبدل های DC به DC سوییچی

۶ ۱-۱ مقدمه

۸ ۱-۲ انواع رگولاتور ها

۸ ۱-۳ مزایای رگولاتورهای خطی

۸ ۱-۴ معایب رگولاتور های خطی

۸ ۱-۵ مزایای منابع سوییچینگ

۹ ۱-۶ معایب منابع سوییچینگ

۹ ۱-۷ مبدل های dc به dc سوییچی

۱۰ ۱-۸ کنترل مبدل های dc به dc

۱۳ ۱-۹ رگولاتور باک (buck)

۱۶ ۱-۱۰ رگولاتور بوست

۱۷ ۱-۱۱ رگولاتور باک بوست

۲۴ فصل دوم/ تابع تبدیل و بدست آوردن آن

۲۵ ۲-۱ روش پایه مدل سازی AC مبدل Buck-Boost

۲۶ ۲-۲ میانگین گیری شکل موج های القاگر

۲۷ ۲-۳ میانگین گیری شکل موجهای خازن

۲۷ ۲-۴ جریان ورودی میانگین

۲۹ ۲-۵ ساخت یک مدل مداری معادل سیگنال کوچک

۳۰ ۲-۶ نرخ تغییرات در جریان سلف

۳۱ ۲-۷ تحلیل توابع انتقال مبدل

۳۱ ۲-۸ محاسبه تابع انتقال $Gvd(s)$ و $Gvg(s)$

۳۱ ۲-۹ مدار معادل باک بوست

۳۳ ۲-۱۰ تحلیل برای روشن ساختن و بدست آوردن خروجی خط تابع انتقال:

۳۴ ۲-۱۱ بدست آوردن تابع انتقال کنترل به خروجی $Gvd(s)$

۳۷ فصل سوم/ کنترل کننده های PID و تنظیم آن ها

۳۸	۱-۳ طراحی، تنظیم و پیاده سازی کنترل کننده PID
۳۹	۲-۳ ترم تناسبی کنترل کننده PID
۴۱	۳-۳ ترم انتگرال گیر
۴۲	۴-۳ ترم مشتق گیر
۴۴	۵-۳ در چه فرآیندهایی کنترل کننده PID کافی است؟
۴۸	۶-۳ قواعد تنظیم کنترل کننده های PID
۴۹	۷-۳ قواعد زیگلر - نیکولس برای تنظیم کننده های PID
۵۵	۸-۳ رسم پاسخ پله با استفاده از مقادیر بدست اماده
۵۷	۱۰-۳ رسم نمودار های Bod و مکان هندسی
۵۹	فصل چهارم/ کنترل کننده فازی
۶۰	۱-۴ کمی در مورد منطق فازی
۶۱	۲-۴ ساختار يك کنترل کننده فازی
۶۲	۳-۴ پیش پردازش (Preprocessing)
۶۳	۴-۴ فازی کننده (Fuzzifier)
۶۳	۵-۴ پایگاه قواعد (Rule base)
۶۴	۶-۴ قالبهای قواعد (Rule formats)
۶۶	۷-۴ مجموعه جهانی (Universe)
۶۶	۸-۴ طراحی توابع عضویت
۶۷	۹-۴ طراحی کنترل مد لغزشی (SMC)
۶۹	۱۰-۴ طرح کنترل مد لغزشی فازی
۷۲	فصل پنجم/ شبیه سازی ها و نتایج آن ها
۷۳	۱-۵ نتایج شبیه سازی
۸۲	۲-۵ نتیجه گیری
۸۳	مراجع

پایان نامه کارشناسی

فصل اول

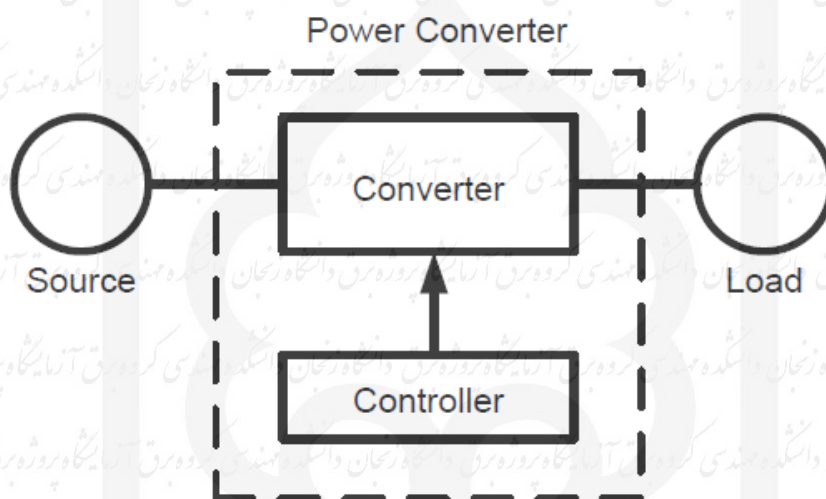
مبدل های DC به DC سوئیچی

۱-۱ مقدمه

نقش تبدیل توان، آسان کردن انتقال توان از منبع به بار، با تبدیل ولتاژها و جریان ها از یک دامنه ویا فرکانس، به دامنه ها و فرکانس های دیگری باشد. این عملیات پردازش توان، با استفاده از یک مدار آنالوگ

به نام مبدل توان، انجام می پذیرد (به شکل ۱-۱ توجه کنید). در نتیجه فرآیند انتقال توان، نیازمند به یک کنترل کننده می باشد. هدف نهایی کل فرآیند تبدیل، داشتن بازدهی هر چه بیشتر (در حالیکه به نزدیک ترین مقادیر تبدیلی و عملیات کنترلی مطلوب ممکن، دست می یابیم) می باشد.

مبدل های dc به dc، مدارهای الکترونیک قدرتی هستند که ولتاژها یا جریان های ورودی dc را دریافت کرده، و ولتاژها یا جریان های خروجی dc تولید می کنند. معمولاً، دامنه خروجی با دامنه ورودی متفاوت می باشد. همچنین، مبدل های dc به dc گاهی برای آرایه عایق نویز، عایق گالوانیکی و تنظیم (رگولاسیون) پخش بار، بکار می روند. بخش زیر، بحثی چکیده در مورد توپولوژی های مداری مختلف از مبدل های dc به dc ارائه می دهد.



شکل ۱-۱ مبدل توان

مبدل های dc به dc باید در خروجی خود ولتاژ ثابتی را تحویل دهند حتی اگر بار، ولتاژ ورودی و یا هر دو تغییر کند با استفاده از دو پارامتر مهم مد جریان و مد ولتاژ می توان مبدلهای PWM، dc به dc کنترل کرد و مزیت مهم کنترل مد ولتاژ، اجرای سخت افزاری ساده و انعطاف پذیری آن می باشد.

عموماً راه حل های کنترل خط متعارف اعمال شده به سیستم الکترونیک قدرت مخصوصاً برای مبدل های

باک بوست مقاوم تحت شرایط غیر خطی تغییرات پارامتر اغتشاش بار و تغییر ولتاژ ورودی را با شکست روبه

رو می کند به عنوان مثال طرح کنترل کننده PID مبتنی بر طرح های بود یا بر اساس تنظیم مطابق روش

های زیگلر نیکولس است.

با توجه به مشخصه های غیر خطی مبدل‌های dc به dc کنترل کننده PID اغتشاشات را حذف و پاسخ زمانی گذرای سریع را نمی دهد در نتیجه توجه بیشتری برای توسعه کنترل مقاوم برای بهبود عملکرد مبدل‌های dc به dc دارد. کنترل کننده های مد لغزشی به خاطر مقاوم بودن و پایداریشان شناخته شده اند. کاربرد این نوع کنترل کننده ها در فرکانس های سوئیچینگ نا محدود را به اصطلاح پدیده چاترینگ (CHATTERING) گویند اما سوئیچینگ با سرعت بالا در مبدل های قدرت تلفات سوئیچینگ اضافی و مسائل تداخل الکترومغناطیسی را معرفی می کند. به طور کلی فرکانس سوئیچ ثابت در مدارات الکترونیک قدرت برای حذف آسان تر این تداخل الکترومغناطیسی و استفاده بهتر اجزای مغناطیسی ترجیح داده میشود. در این پایان نامه روش کنترل مبدل باک بوست dc به dc را با توجه به تمام جزئیات یک مدار قدرت مشغول به کار در فرکانس ثابت pwm را بر اساس کنترل مد لغزشی فازی و pid بررسی می شود

۱-۲ انواع رگولاتور ها

رگولاتور ها قطعات بسیار مهمی هستند که می توان از آن ها برای تامین انرژی و توان دستگاه ها و وسایل دیگر استفاده کرد رگولاتور ها به دو نوع عمده تقسیم می شوند ۱-خطی ۲-سوئیچینگ که در ادامه مزایا و معایب

منابع تغذیه خطی و سوئیچینگ را بررسی می کنیم

۱-۳ مزایای رگولاتورهای خطی

۱-سادگی مدار(طراحی مدار بسیار ساده و به راحتی پایدار می شود)

۲-قابلیت تحمل بار زیاد نوبز ناچیز در خروجی و زمان پاسخ دهی بسیار کوتاه

۳-برای توان های کمتر از ۱۰ وات، ارزانتر از مدار های مشابه سوئیچینگ تمام می شوند

۱-۴ معایب رگولاتور های خطی

۱-تنها به صورت رگولاتور کاهنده به کار می روند (ورودی باید حداقل ۲ تا ۳ ولت بیشتر از خروجی باشند)

۲-قابلیت انعطاف کم و افزودن هر خروجی به مدار مستلزم اضافه کردن قطعات اضافی است

۳-بهره کم و در حدود ۳۰ درصد تا ۴۰ درصد می باشد

این تلفات توان، در ترانزیستور خروجی تولید حرارت می نماید و نیاز به ترانزیستور قوی تری تا حدود ۱۵ وات است

۴-راندمان مدار هنگامی خوب است که مقفدار ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی نزدیک باشد

۱-۵مزایای منابع سوئیچینگ

تمام معایب رگولاتور های خطی در رگولاتور های سوئیچینگ رفع شده است

۱-افزایش راندمان در حدود ۶۸ درصد تا ۹۰ درصد این موضوع کارکرد ترانزیستور در نواحی قطع و اشباع را

به انتخاب حرارت گیر یا خنک کننده و ترانزیستور کوچک تر منوط کرده است

۲- به دلیل اینکه قدرت خروجی از یک ولتاژ DC بریده شده که به شکل AC در یک قطعه مغناطیسی ذخیره می شود، تامین می گردد با اضافه کردن تنها یک سیم پیچ می توان خروجی دیگری را به دست آورد که در مقایسه با رگولاتورهای خطی بسیار ارزان تر و ساده تر تمام می شود

۳- به دلیل افزایش فرکانس کاری به حدود ۵۰ تا ۶۰ کیلو هرتز، اجزای ذخیره کننده انرژی می توانند خیلی کوچکتر انتخاب شوند بدین دلیل از نظر سایز و اندازه کوچک است

۴- برخلاف منابع خطی در توان های خیلی بالا قابل استفاده هستند

۵- قابل تغییر بدون افزایش و کاهش هزینه و تلفاتی و افزایش بهره دهی و انعطاف پذیری منجر می شود

همه موارد ذکر شده در بالا به کاهش هزینه و توان تلفاتی و افزایش بهره دهی و انعطاف پذیری منجر می شود

۱-۶ معایب منابع سوئیچینگ

۱- طرح چنین منابعی اصولاً مشکل و پیچیده است

۲- نویز قابل ملاحظه ای ایجاد می کنند و البته می توان با کمک فیلتر آن را کاهش داد

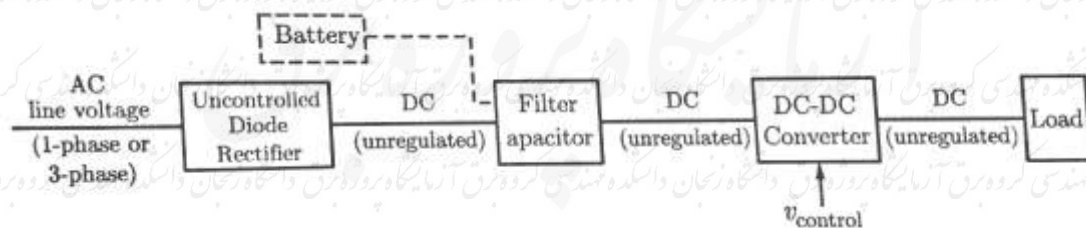
۳- ماهیت کار این منابع بر اساس برش یک ولتاژ DC است، باعث می شود که زمان رسیدن ولتاژ خروجی به مقدار مطلوب در مقایسه با منابع خطی زیاد باشد این زمان را اصطلاحاً زمان پاسخ گذرا گویند

۴- شامل ترکیبات اضافی خارجی از جمله خازن ها و سلف ها می باشند

۱-۷ مبدل های dc به dc سوئیچی

مبدل های dc به dc اکثراً در منابع تغذیه dc سوئیچی در راه اندازی موتورهای dc به کار می رود همانطور

که در شکل ۱-۲ مشاهده می گردد، معمولاً ورودی این مبدل ها ولتاژ تنظیم نشده dc است که از یکسو سازی ولتاژ خط به دست می آید و به دلیل تغییرات دامنه ولتاژ خط دارای نوسان می باشد.



شکل ۱-۲ سیستم مبدل DC به DC

مبدل های سوپچی dc به dc برای تبدیل ولتاژ dc تنظیم نشده ورودی به ولتاژ کنترل شده خروجی با مقدار مطلوب به کار می رود .

با نگاهی به کاربردهای این نوع مبدل می بینیم که اکثرا در کنار ترانسفورمر های جداساز در منابع تغذیه سوپچی dc استفاده می شوند و نیز بدون استفاده از ترانسفورمر های جداساز برای راه اندازی موتورهای dc به

کار گرفته می شوند. به همین دلیل برای عمومیت دادن به موضوع در این پایان نامه فقط مدارهای بدون

جداسازی در نظر گرفته می شود، زیرا جداسازی تغییری است که باید بعدا به مدار اعمال گردد در ادامه انواع

مبدلهای dc به dc زیر مورد بررسی قرار می گیرد

۱- مبدل کاهنده (باک)

۲- مبدل افزایشنده (بوست)

۳- مبدل کاهنده افزایشنده (باک بوست)

در میان این سه نوع مبدل فقط مبدل باک و مبدل بوست جزو انواع اصلی به حساب می آیند و مبدلهای باک-

بوست و مبدل کاک ترکیبی از دو نوع اصلی هستند مبدل پل نیز از مبدل کاهنده مشتق می شود

در این پایان نامه مبدل ها در حالت ماندگار بررسی می شوند سوپچ ها ایده آل فرض شده و تلفات سلفی و

خازنی صرف نظر می گردد این تلفات می تواند باعث محدود شدن ظرفیت کار مبدل ها شوند

فرض بر این است که ورودی dc به مبدل ها دارای مقاومت داخلی صفر است این ورودی می تواند یک باتری

باشد اما در اغلب اوقات، این ورودی ولتاژ خط است که با استفاده از دیود یکسو شده است و یک خازن صافی

بزرگ که برای کوچک شدن امپدانس داخلی و ایجاد ولتاژ dc با ریبیل کم به آن اضافه شده است

در ورودی مبدل یک فیلتر کوچک وجود دارد که به عنوان بخش انتگرال گیر در مبدل dc به dc عمل می کند

کنند فرض بر این است که بار تغذیه شده را می توان با یک مقاومت معادل نمایش داد یعنی حالتی که قالبا

در منابع تغذیه سوپچی dc به وجود می آید . با موتور dc (کار برد دیگر این مبدل ها) را می توان با یک ولتاژ

dc نمایش داد که با مقاومت و سلف سیم پیچ موتور، سری شده است

۱-۸ کنترل مبدل های dc به dc

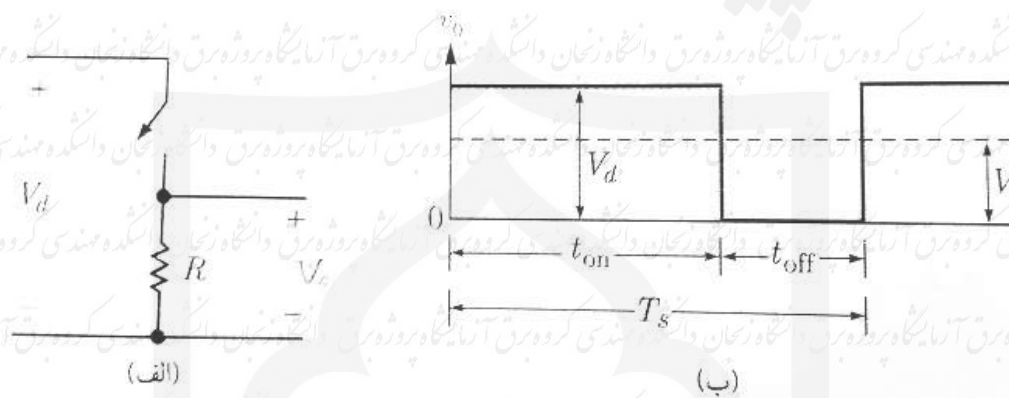
در مبدل های dc به dc حتی در صورت نوسان ولتاژ ورودی و بار خروجی، متوسط ولتاژ dc خروجی باید

کنترل شده و در مقدار مطلوب تنظیم گردد. در مبدلهای سوپچی dc به dc یک یا دو سوپچ برای تبدیل به

مقدار dc از یک سطح به سطح دیگر مورد استفاده قرار می گیرند. برای مبدل های dc به dc با ولتاژ ورودی معلوم، برای کنترل مقدار متوسط ولتاژ خروجی از کنترل زمان قطع و وصل سوئیچ ها (t_{off}, t_{on}) استفاده می شود برای توضیح بیشتر شکل ۱-۳ را در نظر بگیرید مقدار V_0 ولتاژ خروجی V_0 در شکل ۱-۳

ب t_{off}, t_{on} بستگی دارد.

یکی از روش های کنترل ولتاژ خروجی عبارت است از سوئیچ کردن بایک فرکانس ثابت یا به عبارت دیگر دوره زمانی ثابت ($t_s = t_{off} + t_{on}$) و با تنظیم زمان وصل بودن سوئیچ می توان ولتاژ متوسط خروجی را کنترل کرد



شکل ۱-۳ مبدل سوئیچی dc به dc

در این روش که به روش مدولاسیون پهنای پالس (PWM) معروف است نسبت بازدهی سوئیچ (نسبت زمان وصل بودن به کل زمان سوئیچینگ) تغییر می کند

در روش کلی تر دیگر هم فرکانس سوئیچینگ (یا به عبارت دیگر دوره زمانی) و هم زمان وصل بودن سوئیچ تغییر می کند. این روش فقط با یک شرط در مبدل های dc به dc استفاده می شود که دارای ترانزیستورهای تحریک شونده باشند به همین دلیل روش دوم در این پایان نامه مورد بحث قرار نمی گیرد

در سوئیچینگ PWM با فرکانس ثابت، سیگنال کنترل کننده سوئیچ که حالت قطع و وصل آن را کنترل می کند از طریق مقایسه ولتاژ کنترل $V_{control}$ با شکل موج تکرار شونده شکل ۱-۴ الف و ۱-۴ ب تولید می شود معمولا سیگنال کنترل ولتاژ با تقویت سیگنال خطا (تفاوت بین ولتاژ خروجی واقعی و ولتاژ مطلوب) به دست می آید فرکانس شکل موج تکرار شونده دندان اره ای که دارای پیک ثابت است تعیین کننده فرکانس سوئیچینگ است.

مراجع

- [1] تالیف ک.ه.اوگاتا، ترجمه م.دیانی، مهندسی کنترل، انتشارات نص، چاپ یازدهم، ۱۳۸۹
- [2] تالیف ه.رشید، ترجمه ا.افجعی و م.مهاجر، الکترونیک قدرت مدارها، عناصر و کاربردها، انتشارات نور پردازان چاپ چهارم، ۱۳۸۲
- [3] تالیف ن.موهان ت.ا.آندلند و رابینز ترجمه ج.سلطانی، ج. فاطمی ن. اجدی انتشارات نیاز دانش چاپ دوم، ۱۳۹۴
- [4] A.Sahbani, K.Ben Saad, M.Benrejeb, Chattering phenomenon supression of buck boost DC_DC Converter with fuzzy Sliding Modes Control, World Academy of Science, Engineering and Technology 46 2008.