



دانشگاه زنجان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه برق

طراحی و شبیه سازی مبدل DC-DC با استفاده از FPGA و شبیه سازی کد

VHDL در نرم افزار متلب

پایان نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک

استاد راهنما:

آقای دکتر اصغر طاهری

نگارش:

فرزاد جمالی

## چکیده:

مبدل های قدرت DC-DC، نقش مهمی در تأمین انرژی مخابراتی، سیستمهای مخابراتی و همچنین ذخیره سازی انرژیهای طبیعی ایفا می کنند. نکته ی بسیار مهم و قابل توجهی که در عملکرد تمام مبدل های DC-DC باید رعایت گردد، کنترل ولتاژ و جریان خروجی، هنگام تغییرات ناگهانی بار و یا ولتاژ منبع ورودی است. کنترل مبدل های DC-DC در حوزه دیجیتال، سرعت بالا، دقت بالا و هزینه مقرون به صرفه را به ارمغان می آورد. امروزه طراحی کنترل کننده دیجیتال مبدل های DC-DC به یک رقابت تبدیل شده است، رقابتی که در آن علاوه بر نظارت بر موارد دیجیتالی، باید مدیریتی نسبت به زمان اجرا، کارآمد بودن روش کنترلی و همچنین هزینهی پیاده سازی روش پیشنهادی صورت گیرد.

هدف اصلی در این پژوهش طراحی کنترل کننده دیجیتال مناسب مبدل باک است که در ادامه کنترل کننده طراحی شده بر روی FPGA پیاده سازی میشود و برای اطمینان از صحیح بودن فیلتر پیاده شده بر روی FPGA کد نوشته شده در متلب شبیه سازی می شود.

در این پژوهش ابتدا تابع تبدیل سیگنال کوچک مبدل به دست می آید سپس با توجه به تابع تبدیل کنترل کننده PID مناسب طراحی میشود سپس با استفاده از یکی از روش های نگاشت S به Z، تابع تبدیل کنترل کننده در حوزه Z به دست می آید.

واژه های کلیدی: مبدل DC-DC، مبدل باک، FPGA، کنترل کننده PID دیجیتال

## فصل ۱: مبدل های DC-DC

۱

۱-۱- مقدمه ..... ۲

۱-۲- مبدل های DC-DC سوئیچینگ ..... ۲

۱-۳- مبدل باک ..... ۳

۱-۴- کنترل مبدل های DC-DC ..... ۵

## فصل ۲: مدل میانگین فضای حالت مبدل باک

۷

۲-۱- مقدمه ..... ۸

۲-۲- مدل میانگین فضای حالت مبدل ..... ۸

۲-۳- طراحی مدل مبدل باک ..... ۹

## فصل ۳: طراحی کنترل کننده دیجیتال مبدل DC-DC با استفاده از پاسخ فرکانسی

۱۴

۳-۱- قالب کلی کنترل کننده ..... ۱۵

۳-۲- طراحی کنترل کننده PI مبدل باک ..... ۱۷

۳-۳- روش های انتقال از حوزه آنالوگ به دیجیتال ..... ۱۸

۳-۴- انتقال کنترل کننده طراحی شده به حوزه Z ..... ۱۹

## فصل ۴: شبیه سازی کنترل دیجیتال مبدل باک

۲۰

۴-۱- مقدمه ..... ۲۱

۴-۲- شبیه سازی مبدل باک با کنترلر در حوزه S ..... ۲۱

۴-۳- شبیه سازی مبدل باک با کنترلر در حوزه Z ..... ۲۳

۴-۴- شبیه سازی مبدل باک با کد VHDL ..... ۲۵



# پایان نامه کارشناسی

## فصل ۱:

### مبدل های DC-DC



منابع تغذیه DC-DC یک منبع ولتاژ DC تنظیم نشده را به یک ولتاژ DC تنظیم شده مورد نیاز تبدیل می کنند. منابع تغذیه دو نوع منابع تغذیه خطی و منابع تغذیه سوئیچینگ هستند.

منابع تغذیه خطی با تلف کردن توان اضافی به شکل حرارت قادر هستند ولتاژ یا جریان خروجی را تنظیم کنند بنابراین حداکثر بازده توان آن با نسبت ولتاژ خروجی به ولتاژ ورودی برابر است. در گذشته از منابع خطی به طور گسترده استفاده میشد اما با مرور زمان و نیاز به ولتاژ تثبیت شده و جریان های بالا منابع تغذیه سوئیچینگ به وجود آمدند.

منابع تغذیه سوئیچینگ دارای راندمان بالایی می باشند. این منابع در سال ۱۹۷۰ هنگامی که ترانزیستورهای سوئیچینگ سرعت بالا با ظرفیت زیاد در دسترس قرار گرفت، ابداع شدند. ولتاژ خروجی منابع تغذیه با فرکانس سیگنال ترانزیستورهای کلید زنی یا به وسیله تغییر چرخه کار (Duty Cycle) کنترل می شود. البته می توان با تغییر هم زمان هر دوی آنها نیز ولتاژ خروجی را کنترل نمود.

دو نوع مبدل باک و بوست از مبدل های مهم سوئیچینگ می باشند که بقیه مبدل ها از مشتقات این دو نوع مبدل می باشند.

طرح کنترل مبدل های DC-DC در طول چند دهه گذشته بسیار متحول گردیده است. با توجه به برتری هایی که کنترل دیجیتال نسبت به کنترل آنالوگ ارائه می کنند، توجه بسیار زیادی را، از سوی طراحان به خود جلب کرده است. از جمله مزایای کنترل دیجیتال نسبت به کنترل آنالوگ می توان به عملکرد پایدار، انعطاف پذیری بیشتر با تغییر در نرم افزار، پایداری نسبت به تغییرات محیطی از قبیل دما و عمر اجزا و امکان پیاده سازی تکنیکهای کنترلی پیشرفته در چرخه های زمانی کوتاه تر، اشاره کرد.

در سالهای اخیر با پیشرفت در زمینه مدارهای مجتمع امکان کنترل مبدل های DC-DC به صورت دیجیتال فراهم آمده است. از جمله سخت افزارهایی که میتوان با آنها کنترل دیجیتالی انجام داد DSP و FPGA ها هستند. این دو نوع پردازنده با توجه به سرعت بالای پردازش و ساختارشان امکان پیاده سازی انواع مختلف الگوریتم های کنترلی را دارند.

در این پروژه الگوریتم های کنترلی را بر روی FPGA پیاده سازی و شبیه سازی می کنیم.

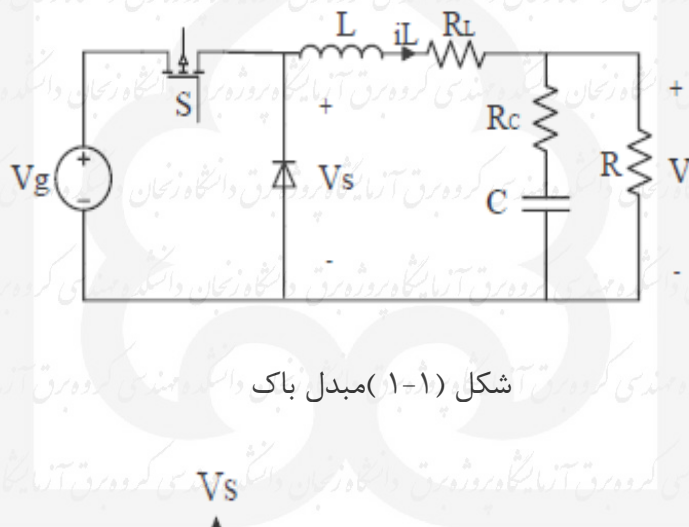
## ۱-۲ مبدل های DC-DC سوئیچینگ

مبدل های DC-DC سوئیچینگ، برای تبدیل ورودی DC تنظیم نشده به خروجی DC کنترل شده در سطح ولتاژ مد نظر، در سیستم های الکترونیک قدرت مورد استفاده قرار می گیرند. مدار اصلی سیستم های بسیار حساس مانند سیستم های نظامی، به یک ولتاژ تنظیم شده ی پایدار نیاز دارند. استفاده و عدم استفاده

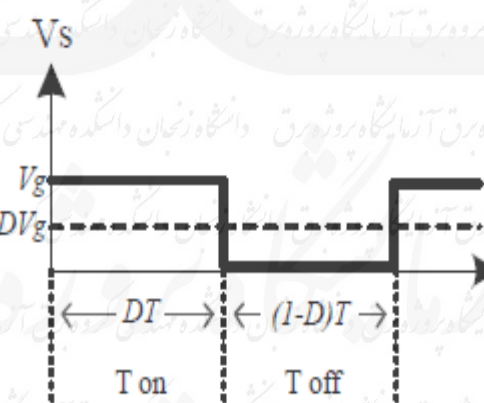
از ترانسفورماتور در خروجی مبدل های DC-DC ، آن ها را به دو دسته ایزوله و غیر ایزوله تقسیم می کند . مبدل های غیر ایزوله، ورودی و خروجی دارای زمی مشترک هستند . مبدل های غیر ایزوله شامل مبدل باک، مبدل بوست، مبدل باک بوست، مبدل کاک و مبدل های ایزوله شامل مبدل تمام پل، مبدل نیم پل، مبدل پوش پول ، مبدل فوروارده، مبدل فلائی بک می باشند . در بین این ها، مبدل های باک و بوست توپولوژی های پایه می باشند . مبدل های باک و بوست و کاک ترکیبی از توپولوژی های پایه هستند . مبدل تمام پل از مبدل باک مشتق شده است .

### ۱-۳ مبدل باک

مبدل باک سطح ولتاژ تنظیم نشده  $V_g$  را به سطح ولتاژ تنظیم شده  $V_o$  با مقدار کمتر تنظیم می کند. مسافت کانال N در شکل (۱-۱) به عنوان سوئیچ عمل می کند. نسبت زمان روشن بودن سوئیچ به کل زمان سوئیچینگ دوره کار تعریف می شود. سیگنال PWM مربوط در شکل (۱-۲) نمایش داده شده است.



شکل (۱-۱) مبدل باک



شکل (۱-۲) سیگنال فرمان PWM





## ۴-۱ کنترل مبدل های DC-DC

در سیستم هایی که از مبدل های DC-DC استفاده می کنند هدف تنظیم ولتاژ خروجی در یک مقدار ثابت با وجود ناپایداری در ولتاژ ورودی و تغییرات جریان بار است. ایده اصلی در کنترل مبدل های DC-DC استفاده از فیدبک منفی برای ایجاد یک ساختار خودکار جهت تولید یک سیگنال PWM برای فرمان دهی به عناصر سوئیچینگ است. دو روش کنترل حالت ولتاژ و کنترل حالت جریان برای کنترل مبدل های DC-DC وجود دارد.

کنترل حالت جریان مبدل های DC-DC یک سیستم دو حلقه ای است. حلقه کنتر جریان داخلی به حلقه کنترل ولتاژ اضافه شده است. حلقه کنترل جریان بر جریان سلف نظارت میکند و آن را با جریان مرجع که از حلقه کنترل ولتاژ به دست می آید، مقایسه می کند.

در کنترل حالت ولتاژ، ولتاژ خروجی مبدل با یک ولتاژ مرجع مقایسه می شود و سیگنال خطا تولید می گردد. دوره کار بر اساس سیگنال خطا، خروجی را دنبال می کند. روش های طراحی کنترل کننده بر اساس پاسخ فرکانسی معمولاً در کنترل حالت ولتاژ صورت می گیرند. مدل سیگنال کوچک مبدل های DC-DC با خطی سازی تابع تبدیل مبدل در اطراف نقاط فرکانسی خاص صورت می پذیرد و پس از آن جبران ساز بر اساس مدل سیگنال کوچک مبدل به دست می آید. معمولاً در جبران سازی از جبران سازهای PI، PD و PID استفاده می شود. در کنترل آنالوگ جبران ساز با استفاده از تقویت کننده های عملیاتی (Op-amp) پیاده سازی می شوند و مقادیر لازم برای سلف ها و خازن ها با توجه به تابع تبدیل سیستم مشخص می شوند. در کنترل دیجیتال جبران ساز با استفاده از میکروکنترلر، DSP یا FPGA پیاده سازی می شود.

روش های طراحی کنترل کننده خطی اساساً شامل پاسخ فرکانسی و تکنیک رسم مکان هندسی ریشه ها است. امروزه چند راه برای پیاده سازی کنترل دیجیتال وجود دارد که در تمام این روش ها پردازنده های DSP یا FPGA ها یا از IC های سفارش استفاده می شود. ویژگی های استفاده از این سه روش در زیر آمده است.

DSP:

سرعت کمتر نسبت به IC ها

پیاده سازی بسیار پیچیده برای برنامه های مورد نظر

هزینه DSP ها بیشتر از طراحی IC است

مبدل های قدرت فرکانس بالا را با استفاده از DSP ها می توان با بازده بالا کنترل کرد.



دانشجویان محترم:

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

## ۴-۵ جمع بندی

همانطور که در این پروژه مشاهده گردید با شبیه‌سازی مرحله به مرحله اقدامات صورت گرفته برای طراحی

کنترلر توانایی آن به دست آمد که ایرادات در همان مرحله اول مشخص گردد و توانایی رفع ایرادها بالا رود.

همچنین روش استفاده شده برای ارتباط برقرار کردن بین دو نرم‌افزار متلب و نرم‌افزار AHDL یک روش و

ابزار جدید می‌باشد که با استفاده از آن به راحتی می‌توان کدهای نوشته شده به زبان‌های سخت‌افزار (

VHDL یا Verilog) با کمک نرم‌افزار متلب و باقی‌مانده‌های موجود در پروژه شبیه‌سازی کرد و ایرادهای

آن را رفع کرد و درستی آن را بررسی کرد.