دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی برق

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته‌ی مهندسی برق- قدرت

عنوان

طراحی، مدلسازی و ساخت یک مبدل DC/DC با ساختار جدید و بهره ولتاژ بالا

استاد راهنما

دکتر علی عجمی

استاد مشاور

دکتر سید حسین حسینی

پژوهشگر

حسین آردی

شهریور ۹۳
تبریز- ایران

بسم الله الرحمن الرحیم

... و حقیقتی که از پنجره "لا حول و لا قوه الا بالله " می‌تابد. حقیقتی که ما تنها آیینه جلوه اوییم.

برگی دیگر از این حقیقت ورق خورده و رد پای دستی در واژه واژه‌هایم آشکار است؛دستی که مرا آفرید. قسم به قلم و چیزی که می‌نویسند، او همان دستی است که نوشته‌ها را می‌آفریند همچنان که ما را.

خدای را شاکرم که فرصتی پیش آمده تا با قد قامت قلم سجده شکر به جای آورم و بندگی خود را با واژه‌هایی که تنها دستاویز منند به بارگارهش عرضه دارم. شاکر خداوندی هستم که همتی برای انجام این کوتاه نوشته به من مرحمت نمود. نوشته ای که پیش درآمدی است بر همتی بزرگ تر و تلاشی والاتر برای نیل که کمالی متعالی تر.

اینک که مجموعه کوچک من به پایان رسیده است، امید این دارم که این قطره ارزانی دریایی به وسعت علم شود .دریایی که دنیا هر روز دین خود را به آن ادا می‌کند.

در میان نوشته‌هایم، سفیدی میان کلمات، از آن واژه‌هایی است که رستاخیز تلاش‌های هر چند اندک من بوده و هست. این مجموعه کوچک را به همین واژه‌ها تقدیم می‌کنم. واژه‌هایی که سطر سطر وجود مرا لبریز کلامی‌کرده اند که از بیانش عاجزم.

پدرم و مادرم

ای آسمانی ترین نعماتی که خداوند به من داده..ورق ورق این مجموعه را خاک پای تان می‌کنم.

و حیف که این برگه‌ها لایق حتی خاک پای تو هم نیستند یا صاحب الزمان.....اما از من کمترین بیش از این بر نمی‌آید. این کمترین خاک آلوده را به نگاه آسمانی ات مهمان کن.

و کلام آخر بوسه به دست کسی می‌زند که پا جا پای همت و اندیشه والای او نهاده ام.

دکتر علی عجمی

کسی که دست مرا در جاده علم گرفت و راه رفتن آموخت.

چکیده

در این پایان‌نامه دو مبدل DC/DC با ساختار جدید و بهره ولتاژ بالا معرفی شده و سه مبدل بررسی و تحلیل می‌گردد. یک مبدل افزاینده تک ورودی-تک خروجی برای کاربردهای انرژی‌های تجدیدپذیر معرفی شده و تحلیل‌های ریاضی آن ارائه می‌شود. در مبدل پیشنهادی استرس ولتاژ روی کلید قدرت و دیود خروجی کاهش یافته و برخی از دیودها در جریان یا ولتاژ صفر یعنی به صورت کلید زنی نرم خاموش یا روشن می‌شوند. برای افزایش بازده مدار، از یک مدار کلمپ غیر فعال با سرعت بازیابی بالا استفاده شده است. مبدل پیشنهادی دارای ناحیه عملکرد پیوسته وسیع بوده که این مزیت، مدیریت توان در ناحیه وسیع تری را امکان پذیر می‌سازد.

برای اتصال چند منبع و استحصال حداکثر توان از هر یک از منابع به صورت مستقل، یک مبدل چند ورودی-تک خروجی با بهره ولتاژ بالا معرفی و بررسی می‌شود. مبدل پیشنهادی چند ورودی-تک خروجی از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار بوده و ناحیه مدیریت توان وسیعی دارد. به منظور بررسی دینامیکی مبدل، مدل سیگنال کوچک مبدل برای دو ورودی محاسبه شده و برای کنترل حلقه بسته آن از روش دکوپله سازی استفاده می‌شود.

برای هر یک از مبدل‌های پیشنهادی مقادیر عناصر مداری طراحی شده و عملکرد آن‌ها توسط شبیه سازی و نتایج نمونه آزمایشگاهی مبدل پیشنهادی ارزیابی گرفته اند. نتایج حاصل از نمونه آزمایشگاهی صحت عملکرد مبدل‌های پیشنهادی را نشان می‌دهند.

کلمات کلیدی: مبدل DC-DC؛ بهره ولتاژ بالا ؛ انرژی های نو

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۲

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- مقدمه ٦

۲-۲- مبدل‌های افزاینده ولتاژ تک ورودی-تک خروجی ۷

۲-۲-۱- مبدل‌های ایزوله شده ۷

۲-۲-۲- مبدل‌های ایزوله نشده ۱۱

۲-۲-۲-۱- مبدل‌های افزاینده مرسوم ۱۲

۲-۲-۲-۲- مبدل‌های با سلف تزویج شده ۱۵

۲-۲-۲-۳- مبدل‌های با خازن‌های کلیدزنی شده و سلف‌های کلیدزنی شده ۲۰

۲-۲-۲-٤- مبدل‌های با سلف تزویج شده و خازن‌های کلید زنی شده ۲۳

۲-۲-۲-۵- مبدل‌های چند فاز ۳۲

۲-۳- مبدل‌های افزاینده ولتاژ چند ورودی ۳۷

۲-۳-۱- مبدل‌های چند ورودی ایزوله شده ۳۸

۲-۳-۲- مبدل‌های چند ورودی ایزوله نشده ۳۹

۲-٤- نتیجه گیری ٤۷

فصل سوم: معرفی و بررسی مبدل‌های پیشنهادی

۳-۱- مقدمه ۵۰

۳-۲- بررسی مبدل افزاینده تک ورودی-تک خروجی با بهره ولتاژ بالا ۵۰

۳-۲-۱- بررسی ساختار مبدل افزاینده پیشنهادی ۵۱

۳-۲-۲- تحلیل حالت ماندگار مبدل در مد هدایت پیوسته ۵۲

۳-۲-۲-۱- معادلات حاکم بر مد هدایت پیوسته در حالت ماندگار ۵٤

۳-۲-۲-۲- تحلیل حالت ماندگار مبدل در مد هدایت نا پیوسته ۵۷

۳-۲-۲-۳- معادلات حاکم بر مد هدایت نا پیوسته در حالت ماندگار ۵۹
۳-۲-۲-٤- مرز بین مد هدایت پیوسته و مد هدایت نا پیوسته ٦۳
۳-۲-۳- طراحی عناصر مداری مبدل پیشنهادی ٦٤
۳-۲-۳-۱- استرس ولتاژ و جریان در عناصر نیمه‌هادی مبدل پیشنهادی در حالت عملکرد CCM ٦٤
۳-۲-۳-۲- طراحی عناظر ذخیره کننده انرژی ٦٦
۳-۲-٤- بررسی تلفات و بازده مبدل پیشنهادی ٦۷
۳-۳- بررسی مبدل افزاینده چند ورودی-تک خروجی با بهره ولتاژ بالا ۷۰
۳-۳-۱- بررسی ساختار مبدل پیشنهادی چند ورودی تک خروجی ۷۱
۳-۳-۲- تحلیل حالت ماندگار مبدل پیشنهادی ۷۲
۳-۳-۳- تحلیل دینامیکی و مدل سازی مبدل پیشنهادی ۷۷
۳-۳-٤- طراحی عناصر مداری مبدل پیشنهادی ۸۰
۳-۳-٤-۱- استرس ولتاژ و جریان در عناصر مداری مبدل پیشنهادی ۸۰
۳-۳-٤-۲- طراحی عناظر ذخیره کننده انرژی ۸۱
۳-۳-۵- بررسی تلفات و بازده در مبدل پیشنهادی ۸۱
۳-٤- مزایای مبدل‌های پیشنهادی ۸٤
۳-٤-۱- مبدل پیشنهادی تک ورودی-تک خروجی ۸٤
۳-٤-۲- مبدل پیشنهادی چند ورودی-تک خروجی ۸۵
۳-۵- نتیجه گیری ۸٦
فصل چهارم: نتایج شبیه سازی و عملی مبدل‌های پیشنهادی
٤-۱- مقدمه ۸۸
٤-۲- نتایج شبیه سازی مبدل پیشنهادی افزاینده تک ورودی-تک خروجی ۸۸
٤-۳- نتایج عملی مبدل پیشنهادی افزاینده تک ورودی-تک خروجی ۹٤
٤-٤- نتایج شبیه سازی مبدل پیشنهادی افزاینده چند ورودی-تک خروجی ۹۸
٤-۵- نتایج عملی مبدل پیشنهادی افزاینده چند ورودی-تک خروجی ۱۰۱
٤-٦- جمع بندی فصل ۱۰۳
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه‌گیری کلی ۱۰۵
۵-۲- پیشنهادات ۹۸
فصل ششم: مراجع ۱۰۰

فهرست شکل‌ها

شکل (۲-۱): مدار قدرت مبدل‌های باک-افزاینده ایزوله شده ۸
شکل(۲-۲): مبدل افزاینده ارائه شده در [۲]. ۹
شکل(۲-۳): مبدل افزاینده ایزوله ارائه شده در [۳]. ۹
شکل(۲-٤): مبدل افزاینده ایزوله ارائه شده در [٤]. ۱۰
شکل(۲-۵): مبدل افزاینده ایزوله بر اساس مبدل‌های Z-source با جریان ورودی پیوسته. ۱۰
شکل(۲-٦): مبدل افزاینده ایزوله ارائه شده در [٦]. ۱۱
شکل(۲-۷): مبدل افزاینده مرسوم. ۱۲
شکل (۲-۸): منحنی مشخصه بازده و بهره ولتاژ بر حسب سیکل کاری مبدل افزاینده مرسوم درتوان‌های متفاوت... ۱۲
شکل(۲-۹): مبدل افزاینده دو فاز مرسوم. ۱۳
شکل(۲-۱۰): مبدل افزاینده سه سطحی مرسوم. ۱۳
شکل(۲-۱۱): مبدل افزاینده سری ۱٤
شکل(۲-۱۲): مبدل افزاینده مجتمع شده. ۱٤
شکل(۲-۱۳): مبدل افزاینده با سلف تزویج شده. ۱۵
شکل (۲-۱٤): استرس ولتاژ روی کلید در مبدل افزاینده با سلف تزویج شده ۱۵
شکل(۲-۱۵): مبدل افزاینده دو فاز با سلف تزویج شده ۱٦
شکل(۲-۱٦): مبدل افزاینده دو فاز مرسوم ۱٦
شکل(۲-۱۷): مبدل افزاینده با سلف تزویج شده ارائه شده در [۱٦]..... ۱۷
شکل(۲-۱۸): مبدل افزاینده ارائه شده در [۱۷] ۱۷
شکل (۲-۱۹): استرس ولتاژ روی کلید در مبدل‌های دارای مدارات کلمپ ۱۸
شکل(۲-۲۰): شماتیک ساختار مبدل افزاینده-فلای بک ۱۹
شکل(۲-۲۱): مبدل افزاینده- فلای بک بهبود یافته ۱۹
شکل(۲-۲۲): مدار قدرت مبدل افزاینده-سپیک ۱۹
شکل (۲-۲۳): ساختار مبدل‌های افزاینده با خازن‌ها و سلف‌های کلید زنی شده ۲۰
شکل (۲-۲٤): مدار قدرت مبدل‌های با خازن‌های کلید زنی شده..... ۲۱

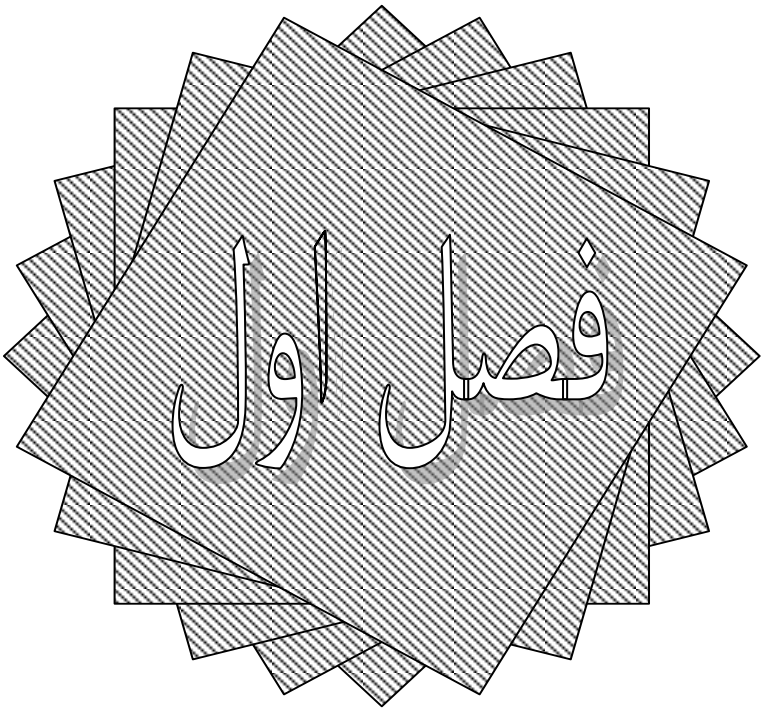
شکل(۲-۲۵): مدار قدرت مبدل افزاینده با سلول‌های ضرب کننده ولتاژ CW ۲۱
شکل(۲-۲۶): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۲۶] ۲۲
شکل(۲-۲۷): مدار قدرت مبدل افزاینده لو ۲۳
شکل(۲-۲۸): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۲۸] ۲۳
شکل(۲-۲۹): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۲۹] ۲۴
شکل(۲-۳۰): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۳۰] ۲۴
شکل(۲-۳۱): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۳۱] ۲۵
شکل(۲-۳۲): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۳۲] ۲۵
شکل(۲-۳۳): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۳۳] ۲۶
شکل(۲-۳۴): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۳۴] ۲۶
شکل(۲-۳۵): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۳۵] ۲۷
شکل(۲-۳۶): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۳۶] ۲۸
شکل(۲-۳۷): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۳۷] ۲۸
شکل(۲-۳۸): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۳۸] ۲۹
شکل(۲-۳۹): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۳۹] ۳۰
شکل(۲-۴۰): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۴۰] ۳۰
شکل(۲-۴۱): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۴۱] ۳۱
شکل(۲-۴۲): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۴۲] ۳۱
شکل(۲-۴۳): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۴۳] ۳۲
شکل(۲-۴۴): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۴۴] ۳۳
شکل(۲-۴۵): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۴۵] ۳۳
شکل(۲-۴۶): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۴۶] ۳۴
شکل(۲-۴۷): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۴۷] ۳۴
شکل(۲-۴۸): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۴۸] ۳۵
شکل(۲-۴۹): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۴۹] ۳۵
شکل(۲-۵۰): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۵۰] ۳۶

شکل(۲-۵۱): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۵۱]. ۳۶
شکل(۲-۵۲): مدار قدرت مبدل افزاینده ارائه شده در [۵۲]. ۳۷
شکل (۲-۵۳): مدار قدرت مبدل دو ورودی ایزوله ارائه شده در [۵۳] ۳۸
شکل (۲-۵٤): مدار قدرت مبدل دو ورودی ایزوله ارائه شده در [۵٤] ۳۹
شکل (۲-۵۵): مدار قدرت مبدل دو ورودی ایزوله ارائه شده در [۵۵] ۳۹
شکل (۲-۵٦): سیستم هیبرید با کوپل لینک DC [۵٦] ٤۰
شکل (۲-۵۷): سیستم هیبرید ارائه شده در [۵۷] ٤۰
شکل (۲-۵۸): سیستم هیبرید ارائه شده در [۵۸] ٤۱
شکل (۲-۵۹): سیستم هیبرید ارائه شده در [۵۹] ٤۱
شکل (۲-٦۰): سیستم هیبرید ارائه شده در [٦۰] ٤۲
شکل (۲-٦۱): سیستم هیبرید ارائه شده در [٦۱] ٤۲
شکل (۲-٦۲): مدار قدرت مبدل پیشنهادی ارائه شده در [٦۲] ٤۳
شکل (۲-٦۳): سیستم هیبرید ارائه شده در [٦۳] ٤٤
شکل (۲-٦٤): سیستم هیبرید ارائه شده در [٦٤] ٤۵
شکل (۲-٦۵): سیستم هیبرید ارائه شده در [٦۵] ٤٦
شکل (۲-٦٦): سیستم هیبرید ارائه شده در [٦٦] ٤٦
شکل(۳-۱): مدار شماتیک مبدل پیشنهادی تک ورودی-تک خروجی ۵۰
شکل(۳-۲): شکل موج‌های برخی از عناصر مدار در مد هدایت پیوسته ۵۲
شکل(۳-۳): جهت شارش جریان در بازه‌های مختلف در مد هدایت پیوسته ۵۳
شکل (۳-٤): منحنی مشخصه بهره ولتاژ بر حسب سیکل کاری ۵۷
شکل(۳-۵): مقایسه منحنی مشخصه بهره ولتاژ بر حسب سیکل کاری مبدل پیشنهادی با مبدل‌های ارائه شده در مراجع [۱۷]،[۳۲] و [۳۸] ۵۷
شکل(۳-٦): جهت شارش جریان در بازه‌های مختلف در مد هدایت نا پیوسته ٦۰
شکل(۳-۷): شکل موج‌های برخی از عناصر مدار در مد هدایت نا پیوسته ٦۱
شکل(۳-۸): منحنی مشخصه ثابت زمانی بر حسب سیکل کاری برای n=2 ٦۳
شکل (۳-۹): مقایسه ثابت زمانی بحرانی مبدل پیشنهادی و مبدل‌های ارائه شده در مراجع [۳۷] و [۳۸] برای n=2 ٦٤

شکل(۳-۱۰): مدار قدرت مبدل پیشنهادی چند ورودی-تک خروجی ۷۰
شکل(۳-۱۱): نحوه کلیدزنی کلیدهای قدرت مبدل پیشنهادی ۷۱
شکل(۳-۱۲): شکل موج‌های ولتاژ و جریان برخی از عناصر مداری مبدل پیشنهادی ۷۳
شکل(۳-۱۳): جهت شارش جریان در بازه‌های مختلف ۷٤
شکل(۳-۱٤):منحنی مشخصه‌های بهره ولتاژ و توان اخذ شده از منابع مبدل پیشنهادی و مبدل مرجع [٦۲] برحسب سیکل کاری ۷٦
شکل(۳-۱۵): سیستم کنترل سیگنال کوچک مبدل پیشنهادی ۷۹
شکل (٤-۱): جریان ورودی و سلف تزویج شده ۸۹
شکل (٤-۲): جریان عبوری از عناصر نیمه‌هادی ۹۱
شکل (٤-۳): ولتاژ دو سر عناصر نیمه‌هادی ۹۲
شکل (٤-٤): ولتاژ دو سر خازن‌ها ۹٤
شکل(٤-۵): نتایج عملی تحت بار ۳۰۰ وات ۹٦
شکل(٤-٦): نتایج عملی تحت بار ۵۰ وات ۹۷
شکل (٤-۷): جریان منابع ورودی (جریان سلف‌ها) ۹۹
شکل (٤-۸): ولتاژ روی عناصر نیمه‌هادی ۱۰۰
شکل (٤-۹): ولتاژ خازن‌ها ۱۰۱
شکل (٤-۱۰): نتایج آزمایش مبدل پیشنهادی چند ورودی-تک خروجی ۱۰۲

فهرست جداول

جدول (٤-١): پارامترهای شبیه سازی مبدل تک ورودی-تک خروجی ٨٨
جدول(٤-٢): پارامترهای مبدل آزمایش شده تک ورودی-تک خروجی ٩٥
جدول (٤-٣): پارامترهای شبیه سازی مبدل چند ورودی-تک خروجی ٩٨
جدول (٤-٤): پارامترهای مبدل آزمایش شده چند ورودی-تک خروجی ١٠٢



مقدمه

مقدمه

وابستگی تولید انرژی الکتریکی به استفاده از سوخت‌های فسیلی، باعث کاهش این منابع در چند دهه اخیر شده است. ذخایر رو به اتمام سوخت‌های فسیلی از یک طرف و آلودگی محیط زیست، در نتیجه استفاده از آن‌ها، از طرف دیگر، یافتن منابع جایگزین را به بحثی چالش بر انگیز برای محققین در سال‌های اخیر تبدیل کرده است. چرا که با توجه به تجدید ناپذیر بودن سوخت‌های فسیلی، ادامه روند تولید انرژی الکتریکی مستلزم منابع دیگری است؛ منابعی که در دسترس بوده و تجدیدپذیر باشند. به علاوه، منابع جایگزین می‌بایست راه حلی برای مشکل آلودگی محیط زیست و افزایش دمای کره زمین در نتیجه تخریب لایه ازون، که یکی از اثرات منفی استفاده از سوخت‌های فسیلی است، نیز باشند.

انرژی باد و انرژی خورشیدی از مهمترین منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر می‌باشند.این منابع در صورت استفاده انبوه از آن‌ها میتوانند جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی باشند.چرا که علاوه بر تجدیدپذیر و در دسترس بودن، هیچ گونه آلودگی برای محیط زیست در پی نخواهند داشت. تنها مشکل این منابع هزینه بالای پیاده سازی آن‌ها نسبت به منابع تجدیدناپذیر است. پیاده سازی و استفاده بهینه از این نوع منابع مستلزم داشتن دانش کافی در این زمینه می‌باشد. به دلیل سطح ولتاژ پایین سلول‌های خورشیدی و ناحیه تغییرات شدید آن در طول روز، یک مبدل با بهره ولتاؤ بالا و ناحیه عملکرد پیوسته وسیع نیاز است.

علاوه بر نیازهای سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به مبدل‌های افزاینده، سیستم‌های دیگری نیز به این نوع مبدل‌ها نیاز دارند که برخی از آن‌ها به صورت مکمل انرژی‌های تجدیدپذیر هستند؛ برخی به دلیل جایگزینی این منابع با منابع فسیلی به این مبدل‌ها نیاز پیدا می‌کنند و برخی نیز جدای از بحث انرژی‌های تجدیدپذیر به این مبدل‌ها نیاز دارند.

مبدل‌های افزاینده برای افزایش بهره ولتاژ باتری در خوردوهای برقی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه ولتاژ مورد نیاز خودروهای برقی ۵۰۰ ولت و یا بیشتر است، برای اتصال

باتری‌های موجود در خودرو به موتور، نیاز به یک مبدل افزاینده با بهره ولتاژ بالا خواهیم داشت. یکی از روش‌های افزایش ولتاژ باتری سری کردن آن‌ها با یکدیگر است. اما همانطور که از ساختار این روش مشخص است، با از کار افتادن یکی از باتری‌ها کل سیستم از کار خواهد افتاد که این امر قابلیت اطمینان سیستم را کاهش خواهد داد. مبدل‌های DC-DC با بهره ولتاژ بالا در بالاست لامپ‌های خودروها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

منابع تغذیه بی وقفه یکی دیگر از سیستم‌هایی است که به مبدل‌های افزاینده با بهره ولتاژ بالا نیاز دارد. برای یک خروجی DC، بعد از تبدیل برق AC به DC، یک باتری به عنوان پشتیبان مورد نیاز خواهد بود. به همین دلیل، یک مبدل افزاینده DC-DC با بهره ولتاژ بالا برای افزایش ولتاژ باتری به سطح ولتاژ مناسب مورد نیاز خواهد بود.

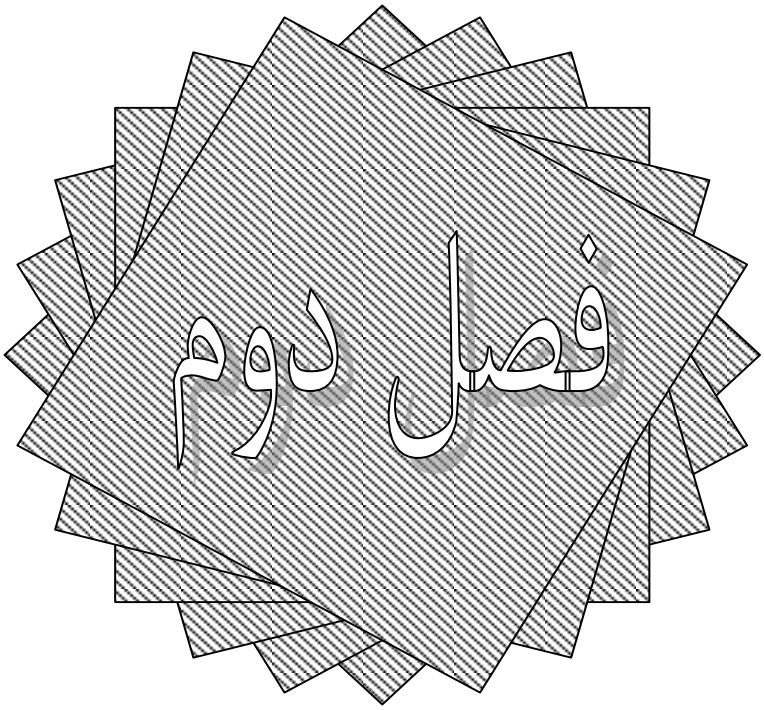
مبدل‌های افزاینده DC-DC با بهره ولتاژ بالا در کاربردهای جدید دیگری مانند انرژی هسته ای و فیزیک هسته ای مورد نیاز است. برای ایجاد یک میدان مغناطیسی قوی برای استفاده در نیروگاه‌های هسته ای به مبدل‌های افزاینده DC-DC با بهره ولتاژ بالا و با توانایی انتقال توان بالا نیاز خواهد بود.

بهره ولتاژ و بازده بالا همزمان با کاهش استرس ولتاژ روی نیمه‌های‌های قدرت وعناصر کمتر برای کاهش هزینه پیاده سازی و ناحیه وسیع CCM از مهمترین مشخصه‌های یک مبدل افزاینده است که باید در طراحی آن مورد توجه قرار گیرند. بدیهی است که تمام مزایای فوق الذکر را نمی‌توان در یک مبدل جای داد بلکه در هر مبدل با توجه به کاربرد آن در صنعت یک یا چند مشخصه بهبود داده شده و بقیه خصوصیات آن در حد قابل قبول باقی می‌ماند. در مورد سیستم کنترلی نیز این امر صادق است. معمولا فقط یک یا دو مشخصه مدار کنترل شده و بقیه مشخصه‌ها را در حد قابل قبول نگه داشته می‌شود.

در این پایان نامه نیز سعی بر آن خواهد بود که یک یا چند مبدل با ساختار جدید معرفی شود بطوریکه بعضی از مشخصه‌های مدار را نسبت به ساختارهای ارائه شده قبلی بهبود داده و بقیه مشخصه‌ها در حد قابل قبولی نگه دارد. همچنین سعی بر آن شده که مبدل DC/DC با بهره ولتاژ، بازده بیشتر و استرس ولتاژ کم روی نیمه‌هادی‌های قدرت با حداقل تعداد عناصر مدار نسبت به ساختارهای قبلی ارائه شود. از روش‌های مختلفی برای افزایش بهره ولتاژ استفاده شده است. این در حالی است که کاهش تعداد عناصر مدار و وسیع تر کردن ناحیه عملکرد CCM نیز مورد توجه

می‌باشد.در این پایان نامه علاوه بر ارائه ساختارهای جدید، به منظور طراحی سیستم‌های کنترلی به روش تحلیلی مدل سازی مبدل‌های ارائه شده نیز انجام گرفته است.

پایان نامه متشکل از ۵ فصل است. فصل اول مقدمه ای برای آشنایی و توجیه فعالیت‌های انجام شده در این پایان نامه می‌باشد. فصل دوم بررسی و مرور منابع و مراجع پیرامون مبدل‌های DC/DC است. در این فصل مزایا و معایب مبدل‌های مختلف بررسی شده است. در فصل سوم معرفی و بررسی عملکرد مبدل‌های پیشنهادی در این پایان نامه ارائه می‌گردد. در این فصل دو مبدل به صورت کامل بررسی شده است. در فصل چهارم نتایج شبیه سازی و نتایج عملی مبدل‌هایی که در فصل سوم به صورت تفصیلی بررسی شده اند آورده شده است. در این فصل سعی بر تصدیق تحلیل‌های تئوری ارائه شده در فصل سوم با استفاده از نتایج شبیه سازی و نتایج عملی شده است. فصل پنجم به نتیجه گیری و ارائه پیشنهاداتی در زمینه فعالیت‌های انجام شده در پایان نامه اختصاص داده شده است.



بررسی منابع

۲-۱- مقدمه

مبدل‌های الکترونیک قدرت از پرکاربرد ترین مدارات الکتریکی در سیستم‌های قدرت و تجهیزات صنعتی به شمار میروند. مبدل‌های DC/DC در این میان، اهمیتی ویژه در کاربردهای انرژی‌های تجدیدپذیر (بخصوص انرژی خورشیدی و سلول‌های سوختی) و کاربردهای دیگر مانند خودروهای برقی، بالاست لامپ‌ها، منابع تغذیه بی وقفه و فیزیک هسته ای و نیروگاه‌های هسته ای دارند. مبدل‌های DC/DC در حالت کلی به سه دسته افزاینده،کاهنده و افزاینده- کاهنده تقسیم می‌شوند که هر کدام کاربرد مخصوص به خود را دارند. مبدل‌های افزاینده نقش مهمی‌را در کاربردهای انرژی‌های تجدیدپذیر و اتصال به شبکه آن‌ها ایفا می‌کنند. برای اینکه انرژی‌های پاک و تجدید پذیر جایگزین انرژی‌های فسیلی شوند باید قادر به تزریق توان به شبکه قدرت باشند. به علت پایین بودن سطح ولتاژ خروجی بعضی از منابع تجدید پذیر، برای اتصال به شبکه، مبدل‌های افزاینده مورد نیاز خواهند بود.

مبدل‌های بسیاری با بهره ولتاژ بالا برای این کاربردها ارائه شده اند که هر کدام معایب و مزایایی دارند. معیارهای مشخصی برای مقایسه مبدل‌های DC/DC وجود دارد که از مهمترین آن‌ها می‌توان به بهره ولتاژ،بازده،ناحیه عملکرد CCM، استرس ولتاژ و جریان در عناصر نیمه‌هادی و هزینه پیاده سازی مبدل اشاره کرد. بهره ولتاژ بالا باعث می‌شود که مبدل در سیکل کاری کم بهره ولتاژ بالایی داشته باشد که این امر تلفات هدایتی کلیدهای قدرت را کاهش داده و بازده مدار را افزایش می‌دهد. همچنین استرس ولتاژ روی کلید نیز در بعضی از مبدل‌ها با تغییرات سیکل کاری تغییر میکند به گونه ای که با افزایش سیکل کاری استرس ولتاژ افزایش می‌یابد. با وسیع تر بودن ناحیه کاری پیوسته، مبدل در توان‌ها و سیکل‌های کاری وسیع‌تری می‌تواند در این ناحیه کار کند. به علاوه نیازی به افزایش بیش از حد فرکانس کلیدزنی نخواهد بود که این امر به نوبه خود باعث کاهش تلفات کلید زنی و افزایش بازده مدار خواهد شد. در مبدل‌های افزاینده که از سلف تزویج برای افزایش بهره ولتاژ استفاده شده است، برای کاهش استرس ولتاژ روی کلید قدرت و همچنین بازیابی انرژی ذخیره شده در سلف نشتی سلف مغناطیس کنندگی برای افزایش بازده مدار، از مدارهای کلمپ ولتاژ استفاده

می‌کنند. با استفاده از مدارهای کلمپ فعال می‌توان کلید قدرت را در ولتاژ صفر کلیدزنی کرد که این امر باعث افزایش بازده مدار می‌شود. اما در این مدارها از یک کلید اضافی استفاده می‌شود که هزینه پیاده سازی را افزایش می‌دهد. به علاوه به دلیل طولانی بودن زمان بازیابی، انرژی عبوری از این مدارها زیاد بوده و این امر نیز به نوبه خود هزینه بهره برداری را افزایش می‌دهد. مدارات کلمپ غیر فعال به دلیل استفاده از دیود به جای کلید، هزینه پیاده سازی پایین تری داشته و زمان بازیابی انرژی ذخیره شده در سلف نشتی کمتر است. بنابراین با استفاده از مدار کلمپ غیر فعال و کاهش زمان بازیابی می‌توان هزینه پیاده سازی را کاهش داد.

برای حصول حد اکثر توان از سلول‌های خورشیدی و سلول‌های سوختی، می‌بایست ولتاژ خروجی آن‌ها در سطح مناسبی نگه داشته شود. مبدل‌های افزاینده علاوه بر افزایش ولتاژ، وظیفه تثبیت ولتاژ خروجی این منابع در سطح مورد نیاز را بر عهده دارند. در یک نیروگاه خورشیدی لازم است پنل‌های خورشیدی به صورت مستقل از هم کنترل شوند. به علاوه باید ولتاژ خروجی به سطح مورد نیاز افزایش پیدا کند. بنابراین مبدلی لازم است که دارای چند ورودی بوده و هر ورودی به صورت مستقل از هم کنترل شود.

در ادامه این فصل ابتدا به بررسی مبدل‌های تک ورودی و تک خروجی و سپس به تحلیل و بررسی نحوه عملکرد مبدل‌های چند ورودی-تک خروجی پرداخته می‌شود.

۲-۲- مبدل‌های افزاینده ولتاژ تک ورودی-تک خروجی

در حالت کلی مبدل‌های افزاینده به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱- مبدل‌های ایزوله شده[1]

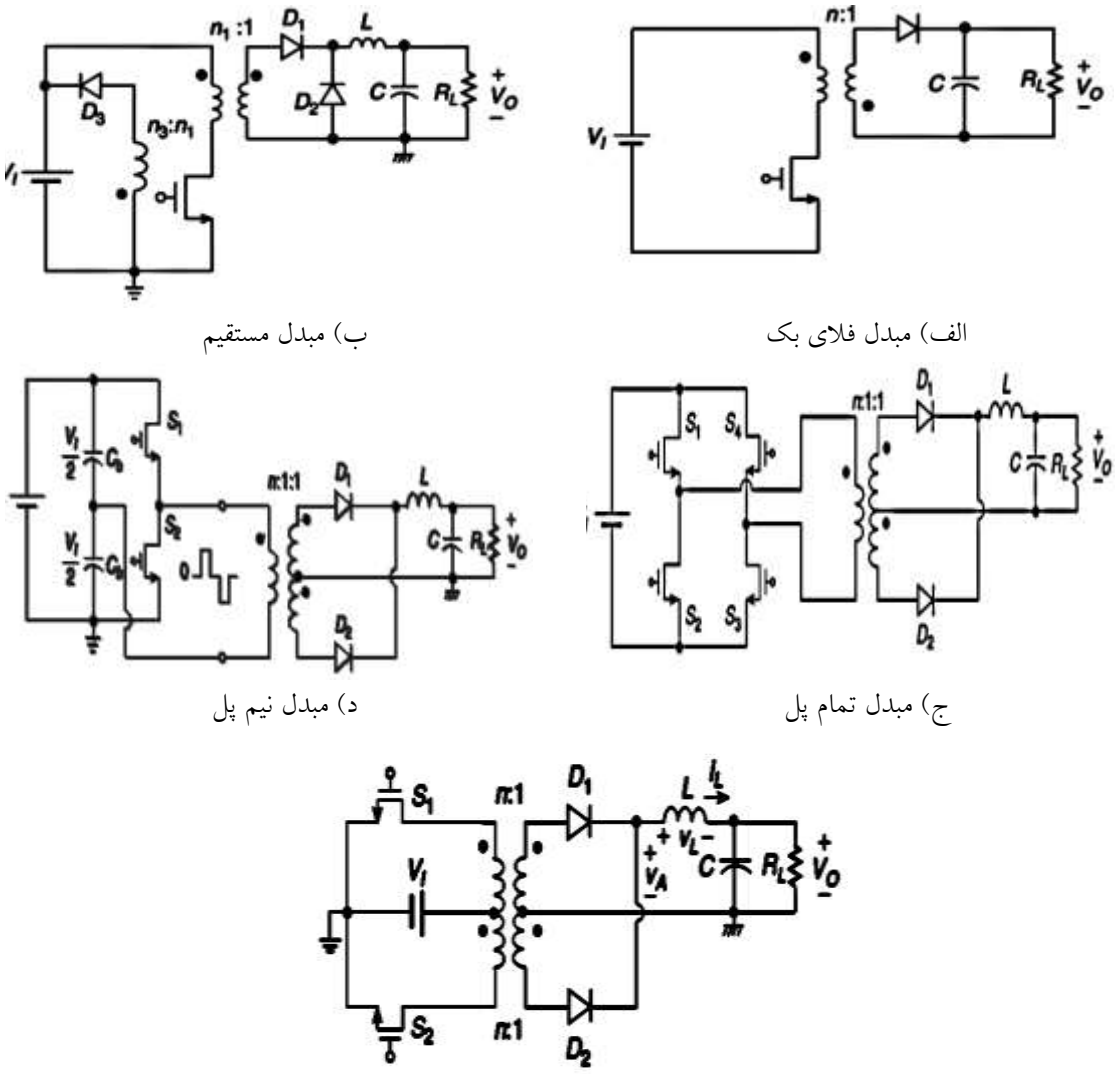
۲- مبدل‌های ایزوله نشده[2]

۲-۲-۱- مبدل‌های ایزوله شده:

در مبدل‌های ایزوله شده، توسط ترانسفورماتور، منبع ورودی از بار ایزوله می‌شود. این امر باعث می‌شود تا خطاهایی که در سمت بار اتفاق می‌افتد به سمت ورودی منتقل نشود. از مهمترین این نوع مبدل‌ها، می‌توان به مبدل‌های فلای بک[3]،مستقیم[4]،نیم پل[5]،تمام پل[1]،پوش پول[2] اشاره کرد. افزایش بهره

[1] Isolated converters
[2] Non-isolated converters
[3] Fly back
[4] Forward
[5] Half-bridge

ولتاژ در این مبدل‌ها بیشتر بر عهده ترانسفورماتور می‌باشد. در شکل(۲-۱) چند نمونه از این مبدل‌ها نشان داده شده است[۱]. این مبدل‌ها بیشتر به عنوان افزاینده-کاهنده استفاده می‌شوند. مشکل عمده این مبدل‌ها بازده پایین آن‌ها است که ناشی از به علت هدر رفتن انرژی ذخیره شده در سلف نشتی[۳] ترانسفورماتور می‌باشد. همچنین انرژی ذخیره شده در سلف نشتی باعث افزایش استرس جریان در کلید قدرت می‌شود.



الف) مبدل فلای بک

ب) مبدل مستقیم

ج) مبدل تمام پل

د) مبدل نیم پل

هـ) مبدل پوش پول

شکل (۲-۱): مدار قدرت مبدل‌های باک-افزاینده[۴] ایزوله شده

[1] Full-bridge
[2] Push-pull
[3] Leakage inductor
[4] Buck-boost