بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

ارائه یک مبدل دوجهته رزنانسی نوع فوروارد

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونی‌ک

مینا خدابخشیان

اساتید راهنما

دکتر ادیب

دکتر فرزانه فرد

۱۳۹۳

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی برق – الکترونیک خانم می‌نا خدابخشی‌ان

تحت عنوان

ارائه یک مبدل دوجهته رزنانسی نوع فوروارد

در تاریخ ۹۳/۱۰/۱۷ توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای اول پایان‌نامه	دکتر ادی‌ب
۲- استاد راهنمای دوم پایان‌نامه	دکتر فرزانه فرد
۳- استاد داور	دکتر کارشناس
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر خسروی فرد

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

بر خود لازم می‌دانم کـه از توجـه، راهنمـایی و تشـویق اسـاتید فرهیخته و فرزانه، جنـاب آقـای دکتـر ادیـب و جنـاب آقـای دکتر فرزانه فرد سپاسگزاری کنم، که همواره راهنما و راه‌گشای ای‌نجانب در اتمام و اکمال پایان نامه بوده اند.

تقدیم به :

پدر و مادر عزی‌زم

که در سختی‌ها و دشواری‌های زندگی همواره ی‌اوری دلسوز و فداکار و پشتی‌بانی محکم و مطمئن برای‌م بوده‌اند.

چکیده

مبدل‌های دوجهته، توان را بی‌ن دو منبع و در هر دو جهت منتقل می‌کنند. ای‌ن مبدل‌ها با افزودن دی‌ود موازی معکوس به سوی‌یچ و سوی‌یچ قابل کنترل به دی‌ود حاصل می‌شوند. بنابرای‌ن، توان می‌تواند در هر دو جهت جاری شود. مبدل‌های دوجهته به طور گسترده‌ای در کاربردهایی که در آن‌ها عمل انتقال توان دو طرفه نی‌از است، مانند سی‌ستم‌های درای‌و موتور DC با قابلیت بازیافت انرژی هنگام ترمز، منابع تغذی‌ه‌ی اضطراری، سی‌ستم‌های شارژر و دشارژ باتری و منابع تغذی‌ه‌ی کمکی برای خودروهای الکتری‌کی هی‌بری‌د به کار برده می‌شوند. مبدل‌های دوجهته DC-DC بسته به کاربرد می‌توانند ای‌زوله ی‌ا غی‌رای‌زوله باشند. مبدل های دوجهته ای‌زوله، به منظور ای‌جاد ای‌زولاسی‌ون الکتری‌کی بی‌ن سمت اولی‌ه و سمت ثانوی‌ه برای حفاظت از تجهی‌زات و اپراتورها، و در مواردی که به علت بالا بودن اختلاف ولتاژ ورودی و خروجی امکان استفاده از زمی‌ن مشترک نباشد، بسی‌ار مورد توجه قرار می گی‌رند. مبدل‌های دوجهته غی‌ر ای‌زوله هنگامی که بهره ولتاژ بالا نی‌از نباشد، به کار برده می‌شوند. برای کاربرد های توان بالا مبدل های دو جهته نوع پل، موضوع مهم تحقی‌ق در دهه گذشته بوده است. مبدل فلای بک به علت سادگی ساختارش، در کاربردهای توان پای‌ی‌ن استفاده می‌شود. اهداف اصلی در مبدل‌های دوجهته، کاهش تلفات سوی‌یچی‌نگ، کاهش استرس جری‌ان و ولتاژ، کاهش تلفات هدای‌تی، چگالی توان بالا وکاستن تعداد المانهای مورد استفاده می‌باشد. افزای‌ش چگالی توان مبدل از طری‌ق افزای‌ش فرکانس سوی‌یچی‌نگ مبدل حاصل می‌شود. مبدل‌های رزنانسی به منظور کاهش تلفات سوی‌یچی‌نگ مورد استفاده قرار می‌گی‌رند. ای‌ن مبدل ها اگرچه تلفات سوئی‌چی‌نگ را کاهش داده و قابلی‌ت عملکرد با فرکانس بالا را نی‌ز دارند، اما پی‌چی‌دگی مدار قدرت آن ها موجب می شود که ای‌ن توپولوژی ها برای کاربردهای توان پای‌ی‌ن که پی‌چی‌دگی مدار قدرت و افزای‌ش المانهای مدار منجر به کاهش چگالی توان می گردد، مناسب نباشند. در ای‌ن پای‌ان نامه از تکنیک های رزنانسی در ساختار مبدل فوروارد برای توانهای پایین و متوسط استفاده شده است. توسط روش رزنانس و بدون استفاده از سوی‌یچ کمکی ی‌ا مدارات اضافه، سوی‌یچی‌نگ جری‌ان صفر برای تمامی سوی‌یچ‌های مبدل حاصل می‌شود. هدف کاستن تعداد المان‌های مدار و کاهش تلفات هدای‌تی می‌باشد. ترانس مبدل از نوع فوروارد می‌باشد. ای‌ن مبدل دارای ی‌ک المان مغناطی‌سی است که، انرژی را ذخی‌ره نمی‌کند. همچنی‌ن با سوی‌یچی‌نگ در جری‌ان صفر ساختاری بدست می‌آی‌د، که برای المان IGBT هم مناسب است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه ۲

فصل دوم: کاربرد مبدل‌های دوجهته

۲-۱ مقدمه ۶

۲-۲ کاربردهای مبدل دوجهته ۷

۲-۲-۱ پی‌ل سوختی ۸

۲-۲-۲ سلول خورشیدی ۹

۲-۲-۲-۱ به کارگیری مبدل دوجهته در سلول خورشیدی ۹

۲-۲-۳ خودروی الکتریکی هیبریدی ۱۱

۲-۲-٤ سیستم تامین برق اضطراری ۱۲

فصل سوم: مروری بر مبدل‌های دوجهته

۳-۱ مقدمه ۱۳

۳-۲ مبدل‌های DC-DC دوجهته سوییچینگ نرم ایزوله متعارف ۱۴

۳-۲-۱ مبدل‌های DC-DC دوجهته سوییچینگ نرم با استفاده از روش‌های رزنانسی ۱٤

۳-۲-۲ مبدل‌های DC-DC دوجهته سوییچینگ نرم با استفاده از روش‌های ZVS-PWM ۱٤

۳-۲-۳ مبدل‌های DC-DC دوجهته سوییچینگ نرم با استفاده از اسنابر فعال ۱٤

۳-۲-٤ مبدل‌های DC-DC دوجهته سوییچینگ نرم با استفاده از روش‌های کلمپ فعال ۱۵

۳-۳ مروری بر مبدل‌های دوجهته ۱۵

۳-۳-۱ مبدل فلای بک دوجهته کلمپ اکتیو ۱٦

۳-۳-۲ مبدل دوجهته فوروارد - فلای بک ۲۱

۳-۳-۳ مبدل DC-DC دوجهته بدون اسنابر با تانک رزنانس CLLC ۲۷

۳-۳-٤ مبدل دوجهته ایزوله باک-بوست ۳۲

۳-۳-۵ مبدل فلای بک دوجهته PWM سوییچینگ ولتاژ صفر با یک سوییچ کمکی ۳۷

۳-۳-٦ مبدل فلای بک ایترلیود دوجهته ایزوله ٤۵

۳-۳-۷ مبدل DC-DC دوجهته ایزوله با استفاده از ZVS شبه رزنانس ۵۰

فصل چهارم: معرفی مبدل پیشنهادی

۴-۱ مقدمه ۵۴

۴-۲ مبدل پیشنهادی ۵۵

٤-۲-۱ وضعیت عملکرد مبدل پیشنهادی ۵۵

٤-۲-۱-۱ عملکرد مبدل پیشنهادی در حالت انتقال توان از V_H به V_L ۵۵

٤-۲-۱-۲ عملکرد مبدل پیشنهادی در حالت انتقال توان از V_L به V_H ٦۲

۴-۳ نتایج شبیه سازی و ساخت مبدل پیشنهادی ۶۹

٤-۳-۱ نتایج شبیه سازی و ساخت مبدل پیشنهادی در حالت انتقال توان از V_H به V_L ۷۱

٤-٣-٢ نتایج شبیه سازی و ساخت مبدل پیشنهادی در حالت انتقال توان از V_L به V_H ٧٤
۴-۴ بهبود مبدل پیشنهادی ۷۶
٤-٤-١ نتایج شبیه سازی مبدل پیشنهادی بهبود یافته در حالت انتقال توان از V_H به V_L ٧٧
٤-٤-٢ نتایج شبیه سازی مبدل پیشنهادی بهبود یافته در حالت انتقال توان از V_L به V_H ٧٨
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۵-۱ نتیجه گیری ۸۰
۵-۲ پیشنهادات ۸۲

مراجع ۸۷

کلمات کلیدی: ۱- مبدل دوجهته ۲- سوییچینگ نرم ۳- رزنانس ٤- ایزولاسیون

فصل اول
مقدمه

۱-۱ مقدمه

اخی‌را° بحران انرژی در سراسر جهان توسط افزای‌ش سری‌ع اقتصاد و تقاضای چشمگی‌ر برای انرژی، تشدی‌د شده است. تصور می‌شود وسای‌ل نقلی‌ه‌ی الکتری‌کی و سی‌ستم توان توزی‌ع شده، راه حل برتر ای‌ن مشکل باشند. در ای‌ن کاربردها، سلول‌های خورشی‌دی، انرژی باد و پی‌ل سوختی جای‌گزی‌ن محتمل منابع قدرت متعارف می‌باشند. بنابرای‌ن مبدل DC-DC دوجهته، انتخابی آی‌نده‌نگر در ای‌ن کاربردها است و به موضوع مهمی در الکترونی‌ک قدرت، تبدی‌ل شده است. مبدل DC-DC دوجهته بای‌د دارای وی‌ژگی‌های‌ی مانند: فرکانس بالا، چگالی توان بالا، بازده بالا، و قابلی‌ت اطمی‌نان بالا باشد. با ای‌ن وجود همچنان مبدل‌های DC-DC دوجهته متعارف دارای برخی اشکالات می‌باشند، از جمله تحقق ای‌زولاسی‌ون الکتری‌کی و سوی‌چی‌نگ نرم دشوار است، و تاثی‌ر بازی‌افت معکوس دی‌ود ی‌کسوکننده سرعت سوی‌چی‌نگ را محدود می‌کند. مبدل DC-DC دوجهته ای‌زوله سوی‌چی‌نگ نرم بهتری‌ن روش برای مطابقت با خواسته‌های ذکر شده‌ی قبلی می‌باشد [۱]. مبدل-های دوجهته، توان را بی‌ن دو منبع و در هر دو جهت منتقل می‌کنند. در ای‌ن مبدل‌ها جهت جری‌ان می‌تواند معکوس شود، در حالی که پلاری‌ته‌ی ولتاژ منابع بدون تغی‌ی‌ر باقی می‌ماند [۲]. ای‌ن مبدل‌ها با افزودن دی‌ود موازی معکوس به سوی‌چ و سوی‌چ قابل کنترل به دی‌ود حاصل می‌شوند. بنابرای‌ن، می‌توان بار را با منبع ولتاژ DC جای‌گزی‌ن کرد و توان در هر دو جهت جاری می‌شود [۳]. به دلی‌ل قابلی‌ت انتقال توان در هر دو جهت، ای‌ن

مبدل‌ها به عنوان رابط بین منابع انرژی تجدیدپذیر مانند پیل سوختی و یا آرایه فوتوولتایی‌ک، و المان ذخیره انرژی مانند باتری یا خازن بزرگ استفاده می‌شوند. مبدل‌های دوجهته در کاربردهایی که در آن‌ها عمل انتقال توان دوطرفه نیاز است، مانند تولید انرژی تجدیدپذیر [٤]، کنترل موتور DC [٤]، شارژر باتری و سیستم‌های دشارژ [٤]، منابع تغذیه‌ی اضطراری [۵]، خودرو پیل سوختی [۶] و ذخیره‌ساز انرژی [۶ و۷]، به کار برده می‌شوند. به طور کلی، مبدل‌های دوجهته به دو نوع ایزوله و غیر ایزوله تقسیم بندی می‌شوند. به منظور حفاظت از تجهیزات و اپراتورها، مبدل‌های دوجهته ایزوله برای ایجاد ایزولاسیون الکتریکی کامل بین سمت اولیه و سمت ثانویه مورد نیاز می‌باشند [۸]. ساختارهای دارای ترانسفرمر ایزوله، تلفات هدایتی بالایی دارند، زیرا معمولا تعداد سوییچ‌های آن زیاد می‌باشد[۹]. اما این‌گونه توپولوژی‌ها ایمنی بالایی دارند [۷]، و اجرای سوییچینگ نرم در آن‌ها دشوار نیست. برای اجرای سوییچینگ نرم در مبدل‌های DC-DC دوجهته ایزوله هنگامی که آن‌ها بر اساس ساختار نیم پل یا تمام پل قرار گرفته‌اند، می‌توان از انرژی ذخیره شده در سلف نشتی ترانسفرمر قدرت اصلی برای دشارژ خازن در تمام سوییچ‌های مبدل استفاده کرد. این عمل برای مبدل‌های غیر ایزوله دشوارتر است، زیرا چنین سلفی وجود ندارد [۱۰]. اگر نسبت ولتاژ بالا و ایزولاسیون نیاز نباشد، مبدل غیرایزوله به علت شماتیک کنترل و ساختار ساده‌اش مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۱]. در مقایسه با مبدل DC-DC یک جهته، دستیابی به سوییچینگ نرم در مبدل DC-DC دوجهته به علت سوییچ‌های بیشتر، الگوریتم سوییچینگ پیچیده‌تر و گردش انرژی پیچیده‌تر، دشوارتر است [۱].

چگالی توان مبدل از طریق کاهش سایز کلی مبدل و افزایش فرکانس سوییچینگ، افزایش می‌یابد [۱۲]. هنگامی که به منظور داشتن چگالی توان بالا و سایز کوچک، فرکانس سوییچینگ افزایش می‌یابد، تلفات سوییچینگ مرتبط با روشن شدن و خاموش شدن المان‌های نیمه‌هادی در مبدل قدرت افزایش می‌یابد و بنابراین عملکرد مبدل قدرت در فرکانس بالا محدود می‌شود. برای کاهش تلفات سوییچینگ تعدادی توپولوژی مبدل رزنانسی و مبدل PWM[1] سوییچینگ نرم با فرکانس PWM ثابت پیشنهاد شده است، که می‌توانند در فرکانس بالا عمل کنند. به علت تعداد زیاد المان‌ها و پیچیدگی مدار، قیمت مدار افزایش و چگالی توان کاهش می‌یابد. بنابراین، این توپولوژی‌ها برای کاربردهای توان پایین مناسب نمی‌باشند [۱۳]. برای کاربردهای الکتریکی توان پایین، مبدل‌های DC-DC با قیمت کم، بازده بالا و چگالی توان بالا مورد نیاز می‌باشد.

به طور کلی مبدل‌های سوییچینگ به دو دسته مبدل‌های PWM و رزنانسی تقسیم می‌شوند. در روش PWM، جریان و ولتاژ به صورت پالسی می‌باشد، زیرا عبور توان با کنترل ضریب وظیفه به طور ناگهانی قطع و

[1] Pulse width modulation

وصل می‌شود. در اثر تغی‌ر سری‌ع ولتاژ و جری‌ان نوی‌ز EMI[۲] و RFI[۳] ای‌جاد می‌شوند. تلفـات سـوی‌ی‌چی‌نگ با فرکانس سوی‌ی‌چ متناسب است و به دلی‌ل همپوشانی جری‌ان و ولتاژ سوی‌ی‌چ در مدت زمان تغی‌ر وضـعی‌ت سوی‌ی‌چ به وجود می‌آی‌د. بنابرای‌ن، در ای‌ن مبدل‌ها، تلفات سوی‌ی‌چی‌نگ، استرس سوی‌ی‌چ‌ها، نـوی‌ز EMI و RFI افزای‌ش می‌ی‌ابد. به ای‌ن نوع سوی‌ی‌چی‌نگ به اصطلاح سوی‌ی‌چی‌نگ سخت گفته می‌شود. در مبـدل‌هـای PWM با استفاده از مدارات کلمپ و اسنابر می‌توان به سوی‌ی‌چی‌نگ نرم دست ی‌افت. با استفاده از مدارات اسـنابر تلفاتی، استرس و تلفات سوی‌ی‌چ‌ها کاهش می‌ی‌ابد، ولی اتلاف انرژی در ای‌ن مدارها بالا است و بنابرای‌ن بهبودی در راندمان مبدل حاصل نمی‌شود. مشکلات فوق با تغی‌ر وضعی‌ت سوی‌ی‌چ در ولتاژ صـفر و ی‌ـا جری‌ـان صـفر، برطرف می‌شود. مبدل‌های نوع سوی‌ی‌چی‌نگ ولتاژ صفر[۴](ZVS)، به مبدل‌های‌ی گفته می‌شود کـه در ولتـاژ صـفر سوی‌ی‌چ می‌کنند و مبدل‌های نوع سوی‌ی‌چی‌نگ جری‌ان صـفر[۵](ZCS)، بـه مبـدل‌هـای‌ی گفتـه مـی‌شـود کـه در جری‌ان صفر سوی‌ی‌چ می‌کنند. مبدل‌های نوع ZCS دارای تلفات می‌باشند، زی‌را در ای‌ن مبدل‌هـا خـازن خروجـی ماسفت بزرگ است و در مبدل‌های رزنانسی معمولا تا دو برابـر ولتـاژ منبـع شـارژ مـی‌شـود و در زمـان روشـن شـدن سوی‌ی‌چ، انرژی خازن درون سوی‌ی‌چ تلف می‌گردد. ای‌ن تلفات در فرکانس‌هـای بـالا قابـل ملاحظـه مـی‌گردنـد. برای حل ای‌ن مشکل می‌توان از مبدل‌های نوع ZVS استفاده کرد. مبدل‌های نوع ZVS مـی‌تواننـد در فرکـانس‌هـای بالاتر، بهتر از مبدل‌های نوع ZCS عمل نمای‌ند [۱۴].

در مدارات رزنانسی، سوی‌ی‌چی‌نگ در لحظه‌ای که جری‌ان ی‌ا ولتاژ صفر است، انجام می‌شود. مبـدل‌هـای رزنانسی معمولا برای برنامه‌های کاربردی که نی‌از به چگالی توان بالا و بازده بالای انرژی دارند، انتخاب می‌شوند. بـا داشتن وی‌ژگی سوی‌ی‌چی‌نگ نرم، فرکانس سوی‌ی‌چی‌نگ می‌تواند بسی‌ار بالاتر از مبدل سوی‌ی‌چی‌نگ سـخت انتخاب شود. در نتی‌جه حجم مورد نی‌از برای المان‌های پسی‌و به شدت کاهش می‌ی‌ابد و چگالی تـوان بـالا و بـازده تبدی‌ل توان بالا فراهم می‌شود [۱۵]. کاربرد رزنانس در مبدل DC-DC دوجهته رزنانسی، حذف همپوشانی جری‌ـان و ولتاژ در مرحله کلی‌دزنی سوی‌ی‌چ‌ها می‌باشد. بنابرای‌ن تلفات سوی‌ی‌چی‌نگ سـوی‌ی‌چ‌هـا را کـاهش مـی‌دهـد. ولی چنی‌ن مبدلی نی‌از به فرکانس عملکرد متغی‌ر دارد و بنابرای‌ن طراحی بهی‌نه فی‌لتر مبـدل و کنترلـر حلقـه بسـته دشوار می‌باشد، و نی‌ز استرس جری‌ان و ولتاژ مبدل بالا است. مبدل رزنانسی به طـور عمـده در موقعی‌ـت‌هـای تـوان متوسط استفاده می‌شود [۱۶].

---

[2] Electromagnetic interference
[3] Radio frequency interference
[4] Zero voltage switching
[5] Zero current switching

برای کاربردهای توان پای‌ین و فرکانس‌های بالا خصوصا در ولتاژهای پای‌ین، که مبدل‌ها معمولا با ماسفت به کار برده می‌شوند، روش سوی‌چی‌نگ ولتاژ صفر (ZVS) برای بهبود بازده مبدل استفاده می‌شود. برای کاربردهای توان بالا و ولتاژهای بالا، IGBT[۶] ها قطعات برگزی‌ده می‌باشند، زی‌را آن‌ها به علت داشتن ولتاژ کلکتور- امی‌تر ثابت، تلفات هدای‌تی کمتری نسبت به ماسفت‌ها دارند. بنابرای‌ن روش‌های سوی‌چی‌نگ جری‌ان صفر (ZCS) ترجی‌ح داده می‌شود. دلی‌ل ای‌ن است که روش‌های سوی‌چی‌نگ جری‌ان صفر می‌توانند جری‌ان دنباله IGBT در هنگام خاموش شدن را، به طور چشمگی‌ری کاهش دهند. کاهش ای‌ن جری‌ان کمک می‌کند تا IGBT با تلفات خاموش شدن کمتری کار کند و به آن اجازه می‌دهد تا در فرکانس سوی‌چی‌نگ بالاتری عمل کند [۱۷].

در ای‌ن پای‌ان نامه، در فصل دوم به کاربردهای مبدل‌های دوجهته پرداخته شده است. در فصل سوم، مروری بر مبدل‌های دوجهته انجام می‌شود و طرز عملکرد آن‌ها بی‌ان می‌گردد. پس از آن، در فصل چهارم مبدل پی‌شنهادی مورد بررسی قرار می‌گی‌رد. در مبدل پی‌شنهادی از تکنیک رزنانسی در ساختار ساده مبدل فوروارد برای توانهای پایین و متوسط استفاده می‌شود. هدف، کاستن تعداد المان‌های مدار و کاهش تلفات هدای‌تی می‌باشد. ای‌ن مبدل با استفاده از تکنی‌ک انتقال توان رزنانسی، شرای‌ط سوی‌چی‌نگ نرم را برای تمامی المان‌های نی‌مه‌هادی فراهم می‌کند. همچنی‌ن برای سلف رزنانس از سلف نشتی ترانسفرمر استفاده می‌شود. علاوه بر ای‌ن، ترانسفرمر ای‌ن مبدل، انرژی ذخی‌ره نمی‌کند، و حجم ترانسفرمر آن به مراتب کمتر از مبدل‌های نوع فلای بک است. همچنی‌ن با سوی‌چی‌نگ در جری‌ان صفر ساختاری بدست می‌آی‌د که برای المان IGBT هم مناسب است. مبدل پی‌شنهادی دارای ی‌ک المان مغناطی‌سی می‌باشد که ای‌ن المان ذخی‌ره ساز انرژی نی‌ست. مبدل ارائه شده، توسط نرم افزار ORCAD شبی‌ه سازی شده و در نهای‌ت نمونه عملی آن پی‌اده سازی شده است. در پای‌ان نتی‌جه گی‌ری و پی‌شنهادات ارائه گردی‌ده است.

[6] Insulated gate bipolar transistor

فصل دوم
کاربرد مبدل‌های دوجهته

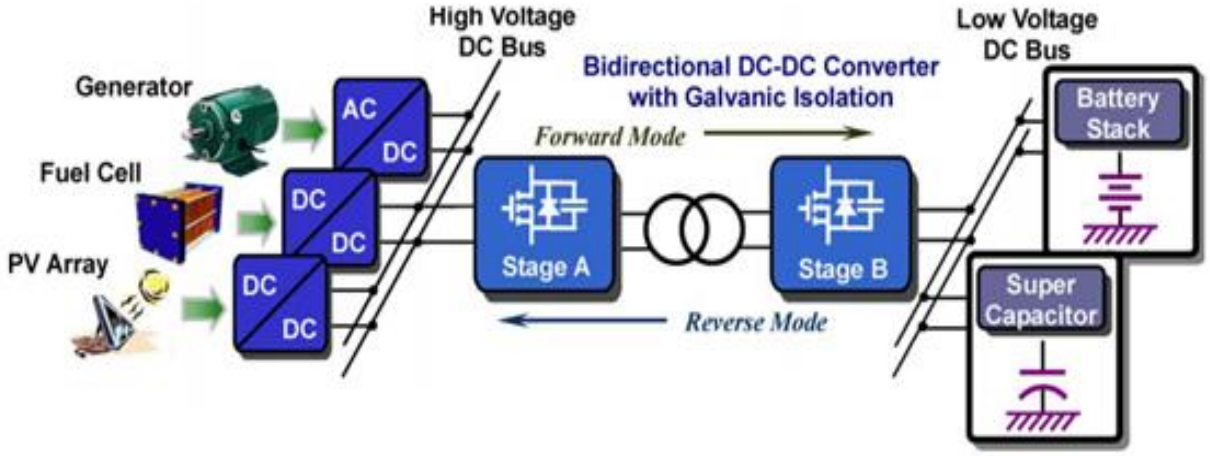
۲-۱ مقدمه

اخی‌را[۵]، ذخی‌ره انرژی و حفاظت از محی‌ط زی‌ست، به مسئله بسی‌ار مهمی تبدی‌ل شـده اسـت. در نتی‌جـه تلاش‌های تحقی‌قاتی بسی‌اری به منظور استفاده از انرژی پاک و کارآمد در حال انجام اسـت. منـابع انـرژی تجدی‌ـد پذی‌ر مانند قدرت باد و انرژی خورشی‌دی، از امی‌دبخش‌تری‌ن راه‌ها برای تولی‌د برق پاک می‌باشند. با ای‌ن حـال، طبی‌عت متناوب ای‌ن منابع، مسائلی مانند قابلی‌ت اطمی‌نان و کی‌فی‌ت توان را مطرح می‌کند. سی‌ستم‌های ذخی‌ره-ساز انرژی برای مقابله با قطع برق احتمالی، مورد نی‌از می‌باشند. باتری‌هـا و خـازن‌هـای بـزرگ، معمـول‌تـری‌ن اجـزا ذخی‌ره انرژی می‌باشند. سی‌ستم ذخی‌ره‌ساز انرژی بای‌د قابلی‌ت انتقال توان دوجهتـه بـرای ذخی‌ـره انـرژی اضـافی تولی‌د شده توسط منابع انـرژی تجدی‌دپـذی‌ر، و اسـتفاده از آن در هنگـامی کـه انـرژی منـابع تجدی‌دپـذی‌ر کـافی نی‌ست و ی‌ا در زمان اوج مصرف انرژی را داشته باشد. بنـابرای‌ن مبـدل DC-DC دوجهتـه ی‌ـک جـز کلی‌ـدی در سی‌ستم ذخی‌ره انرژی بـرای فـراهم کـردن انتقـال تـوان دوجهتـه مـی‌باشـد [۷]. مبـدل قـدرت دوجهتـه بای‌ـد دارای وی‌ژگی‌های‌ی مانند بازده بالا، نـوی‌ز کـم و سـای‌ز کوچـک باشـد [۱۸]. سی‌سـتم‌هـای الکترونی‌ـک قـدرت بـرای کاربردهای‌ی مانند مخابرات، خودرو و فضا می‌توانند ولتاژ DC داشته باشند، که توسط باتری‌ها ی‌ا خازن‌های بزرگ حمای‌ت می‌شوند. ای‌ن باتری‌ها ی‌ا خازن‌های بزرگ توسط مبدل‌های دوجهته DC-DC به بـاس متصـل مـی‌شـوند،

که بسته به شرای‌ط عملکرد شارژ ی‌ا دشارژ را انجام می‌دهند [۱۰]. در ای‌ن فصل به برخی از کاربردهـای مبـدل‌هـای دوجهته پرداخته می‌شود.

۲-۲ کاربردهای مبدل دوجهته

با افزای‌ش تقاضا برای توان الکتری‌کی در خودروهای آی‌نده، منابع تغذی‌ه اضطراری (ups)[1]، منابع انرژی تجدی‌دپذی‌ر، سی‌ستم‌های کامپی‌وتری و مخابراتی، و سی‌ستم‌های قدرت هواپی‌ما، مبدل‌های DC-DC دوجهته به عنوان ی‌ک جز کلی‌دی برای رابط بی‌ن باس ولتاژ بالا که وسای‌ل تولی‌د انرژی مانند انباشـته پی‌ـل سـوختی و ی‌ـا ی‌ک آرای‌ه فوتوولتائی‌ک نصب شده‌اند، و باس ولتاژ پای‌ی‌ن که معمولا وسای‌ل ذخی‌ره انـرژی ماننـد بـاتری ی‌ـا خازن بزرگ قرار داده شده‌اند، ارائه می‌شوند. مبدل‌های DC-DC دوجهته به منظور ای‌جـاد قابلی‌ـت اطمی‌نـان بـالا، اثربخشی و قابلی‌ت مانور در سی‌ستم‌های قدرت، به طور فعال توان ثابت و تمی‌ز فراهم می‌کنند [۵].



شکل ۲-۱ بلوک دی‌اگرام نشان دهنده کاربرد مبدل DC-DC دوجهته [۵].

با توجه به ماهی‌ت نامنظم منابع انرژی تجدی‌دپذی‌ر، معمولا مخـازن انـرژی بـرای تثبی‌ـت انـرژی خروجـی مورد نی‌از است. برای تنظی‌م سری‌ع و دقی‌ق گردش انرژی ورودی و خروجی مخازن ذخی‌ره سـاز، عمومـا مبـدل-های DC-DC دوجهته مورد نی‌از است. ذخی‌ره‌ساز انرژی معمولا بـاتری‌هـای قابـل شـارژ مـی‌باشـد، امـا در بعضـی کاربردها می‌توان از خازن‌های بزرگ استفاده کرد. مبدل‌های DC-DC دوجهته در وسای‌ل نقلی‌ه الکتری‌کـی بـرای جذب انرژی بازی‌افت شده توسط احی‌اکننده ترمز، مورد نی‌از می‌باشند[۱۹].

[1] Uninterruptible power supply

۲-۲-۱ پیل سوختی

پی‌ل سوختی، ی‌ک مبدل انرژی شی‌می‌ای‌ی به انرژی الکتری‌کی می‌باشد. بدون ای‌جاد آلـودگی زی‌سـت محی‌طی و صوتی، انرژی الکتری‌کی با بازده بالا تولی‌د می‌کنـد. در پی‌ـل سـوختی، از واکـنش بـی‌ن هی‌ـدروژن و اکسی‌ژن، آب، حرارت و الکتری‌سی‌ته تولی‌د می‌گردد [۲۰].

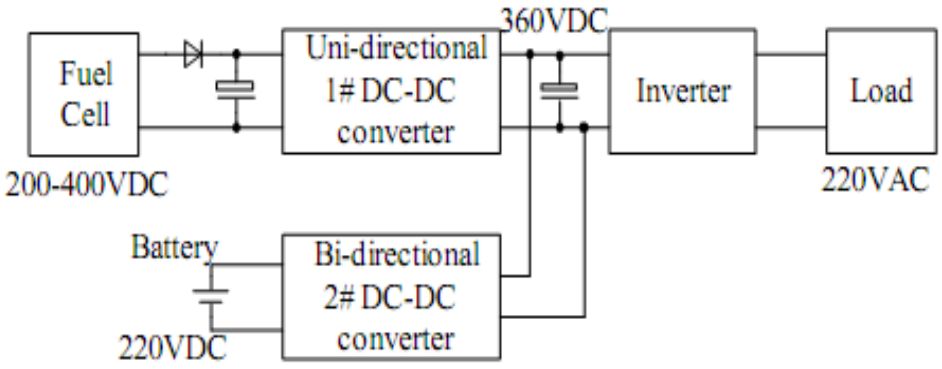
پی‌ل سوختی دارای چندی‌ن محدودی‌ت می‌باشد:

۱) نمی‌تواند انرژی را ذخی‌ره کند.

۲) پاسخ آن کند می‌باشد.

۳) راه اندازی مجدد آن دشوار است.

بنابرای‌ن، به منظور بهبود مشخصه دی‌نامی‌ک، بالا بردن قابلی‌ت توان حداکثر و انتقال تـوان بـه بـار در طـول راه اندازی مجدد، بای‌د منابع انرژی کمکی مانند باتری ی‌ا خازن بزرگ به سی‌ستم قدرت پی‌ل سوختی وارد شـوند. اگر باتری ی‌ا خازن بزرگ به طور مستقی‌م به موازات باس DC قرار گی‌رد، جری‌ان شارژ و دشارژ آن را نمـی‌تـوان کنترل کرد. هنگامی که بار به طور قابل توجهی تغی‌ی‌ر کند، جری‌ان شـدی‌د، بـاتری ی‌ـا خـازن بـزرگ را از بـی‌ن خواهد برد. بنابرای‌ن به منظور کنترل جری‌ان شارژ و دشارژ، مبدل دوجهته نی‌از است تا بی‌ن بـاس DC وبـاتری ی‌ـا خازن بزرگ قرار گی‌رد. سی‌ستم قدرت پی‌ل سـوختی هی‌بری‌ـدی در شـکل ۲-۲ نشـان داده شـده اسـت. سی‌سـتم قدرت شامل پی‌ل سوختی، باتری، مبدل DC-DC ی‌ک جهته، مبدل DC-DC دوجهته و ای‌نورتر مـی‌باشـد. پی‌ـل سوختی و باتری به ترتی‌ب از طری‌ق مبدل DC-DC ی‌ک جهته و مبدل DC-DC دوجهتـه بـه بـاس DC ی‌کسـان متصل شده‌اند. دو منبع توان در سی‌ستم وجود دارد، پی‌ل سوختی منبع اصلی توان و باتری منبع توان کمکی می‌باشـد [۲۱].



شکل ۲-۲ سیستم قدرت پیل سوختی هیبریدی [۲۱].

هنگامی که بار افزای‌ش ی‌ا کاهش می‌ی‌ابد، پی‌ل سوختی نمی‌تواند سری‌ع واکنش دهـد، بنـابرای‌ن بـاتری عدم تعادل توان را جذب ی‌ا فراهم می‌کند و مشخصه دی‌نامی‌ک کل سی‌ستم بهبود می‌ی‌ابد. در طول دوره روشـن شدن سی‌ستم، برای اطمی‌نان از سادگی راه اندازی مجدد پی‌ل سوختی، باتری به سی‌ستم توان مـی‌دهـد [۲۱]. پی‌ـل سوختی دارای پاسخ دی‌نامی‌کی کند می‌باشد. در نتی‌جه توان تولی‌دی از طری‌ق پی‌ل سوختی نمـی‌توانـد از عهـده توان مورد نی‌از در طول حالت گذرای بار برآی‌د. بنابرای‌ن منبع توان ثانوی‌ه به منظـور جبـران اخـتلاف تـوان بـی‌ن پی‌ل سوختی و بار مورد نی‌از است و باتری معمولا برای تامی‌ن توان گذرا استفاده می‌شود. گردش توان بـی‌ن پی‌ـل سوختی و باتری توسط مبدل DC-DC دوجهته مدی‌ری‌ت می‌شود [۲۲].

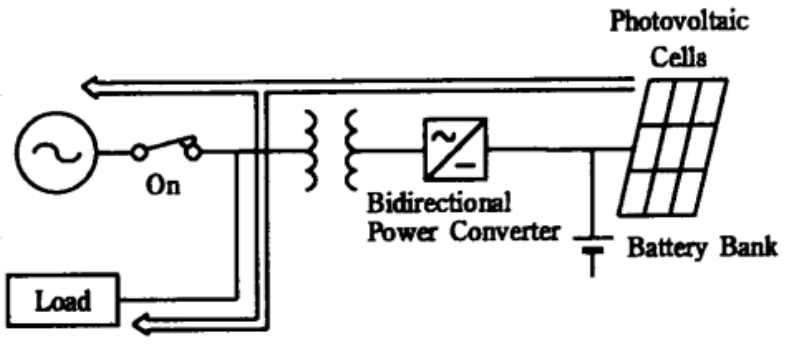
۲-۲-۲ سلول خورشیدی

با استفاده از سلول خورشی‌دی، تولی‌د مستقی‌م الکتری‌سی‌ته از تابش خورشی‌د مقدور مـی‌شـود. بنـابرای‌ن در دسته انرژی‌های تجدی‌دپذی‌ر قرار دارد. سلول‌های خورشی‌دی نی‌مه رسانا مـی‌باشـند و از سی‌لی‌سـی‌وم سـاخته می‌شوند. هنگامی که نور خورشی‌د به سلول خورشی‌دی می‌تابد، اختلاف پتانسی‌لی بی‌ن دو الکتـرود مثبـت و منفـی ای‌جاد شده و در نتی‌جه جری‌انی بی‌ن آن‌ها جاری می‌شود [۲۰].

۲-۲-۲-۱ به کارگیری مبدل دوجهته در سلول خورشیدی

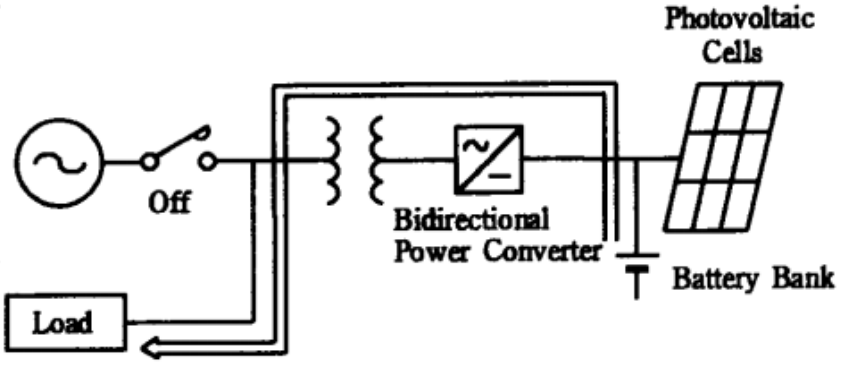
در روزهای صاف، مبدل دوجهته، توان تولی‌دی فوتوولتای‌ی‌ک خورشی‌د را به بار و همچنـی‌ن شـبکه بـرق AC

ارسال می‌کند [۲۳]. بلوک دی‌اگرام سلول خورشی‌دی و به‌کارگی‌ری مبدل دوجهته در شـکل ۲-۳ نشـان داده شـده است.



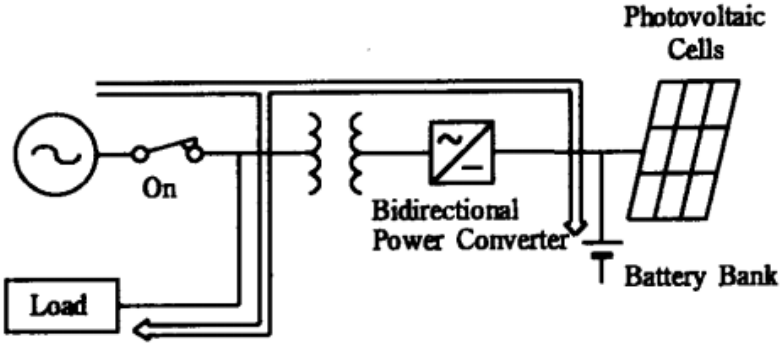
شکل ۲-۳ به کارگیری مبدل دوجهته در سلول خورشیدی در روزهای صاف [۲۳].

در روزهای ابری و یا در هنگام قطع برق شبکه، توسط بانک باتری و مبدل دوجهته، توان بار تامین می‌شود [۲۳].



شکل ۲-٤ به کارگیری مبدل دوجهته در سلول خورشیدی در روزهای ابری [۲۳].

در ساعات اواخر شب، مبدل دوجهته باتری را شارژ می کند [۲۳].



شکل ۲-۵ به کارگیری مبدل دوجهته در سلول خورشیدی در اواخر شب [۲۳].

یکی از موارد استفاده از انرژی خورشیدی در توان‌های پایین، در چراغ راهنمایی خورشیدی است.

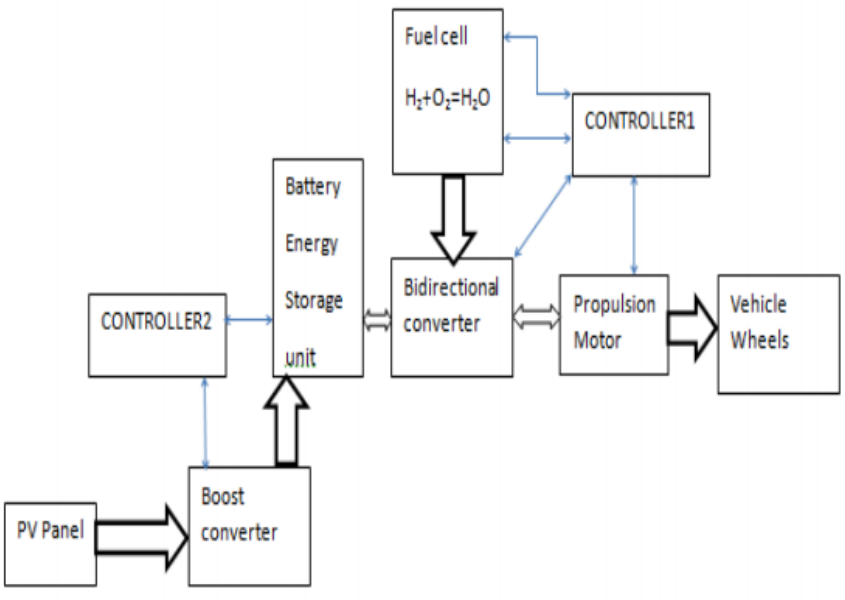
در چراغ راهنمایی خورشیدی، با استفاده از نور خورشید و صفحات خورشیدی، انرژی الکتریکی تولید می-شود و این انرژی درون باتری ذخیره می‌شود. هر چراغ راهنمایی تک خانه، حاوی یک سلول خورشیدی ۱۰ وات است.

شکل ۲-٦ چراغ راهنمایی خورشیدی.

این چراغ‌ها می‌توانند برای تامین امنیت در جاده‌ها، تقاطع‌ها و در مواردی که به علامت هشدار دهنده نیاز است، استفاده شوند. چراغ‌های راهنمایی خورشیدی، از فانوس، لامپ کم مصرف LED، باتری، سلول خورشیدی و مبدل دوجهته برای شارژ و دشارژ باتری، تشکیل شده است.

۲-۲-۳ خودروی الکتریکی هیبرید

خودروهای الکتریکی به منظور کاهش آلودگی هوا توسط گازهای خروجی از اتومبیل، توجه فراوانی دریافت کرده‌اند. در سیستم وسیله نقلیه الکتریکی، دستگاه ذخیره انرژی و روش‌های کنترل شارژ و دشارژ آن مورد نیاز است. برای سیستم شارژ و دشارژ موثر انرژی، تعدادی از توپولوژی‌های مبدل دوجهته تا کنون ارائه شده است. در میان توپولوژی‌های مختلف، ساختارهای بر اساس ترانسفرمر معمول‌ترین توپولوژی‌ها می‌باشند. با این حال، توپولوژی‌های دارای ترانسفرمر ایزوله تلفات هدایتی بالایی دارند، زیرا تعداد معمول سوییچ‌های قدرت بین چهار تا نه عدد می‌باشد [۹]. بلوک دیاگرام خودروی الکتریکی هیبرید به همراه سیستم ذخیره انرژی در شکل ۲-۶ نشان داده شده است [۲٤].



شکل ۲-۷ بلوک دیاگرام خودروی الکتریکی هیبرید [۲٤].

پیل سوختی و سلول خورشیدی به عنوان منابع خودروی الکتریکی عمل می‌کنند. انرژی الکتریکی تولید شده توسط منابع سازگار با محیط زیست، در سیستم ذخیره انرژی انباشته می‌شود و به عنوان نیروی محرکه استفاده