منبع شبهz براساس مبدلهای عایقیdc/DC برای منابع تولید برق پراکنده

چکیده

این مقاله در باره عملکرد مبدلهایDC/DC بر اساس توپولوژی خواسته شده برای سیستمهای تولید برق پراکنده می باشد.توپولوژیها شامل یک اینورتر شبهZ تغذیه شده با ولتاژ به همراه یک جریان دایمی در سمت اولیه،یک ترانسفورمر ایزوله تکفاز و یک یکسوساز دوبرابرکننده ولتاژ(VDR)است.به منظور افزایش قدرت مبدل،یک حلقه سه فاز کمکی(یک معکوس کننده سه فاز و یک مبدل عایق سه فاز)ویکVDRسه فاز پیشنهاد شده اند تا مدار تکمیل گردد.این مقاله درباره اصول عملکرد توپولوژیهای پیشنهاد شده و تحلیل نظریه ها و نتایج تجربی بحث میکند.

کلمات کلیدی: .تبدیل منابعDCبه DC،سلولهای سوختی، مبدلهای مدولاسیون پهنای پالس، یکسوسازها.

1. مقدمه

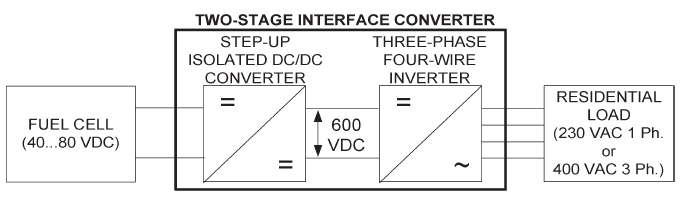
توزیع نیروی تولید شده،زمانی که اجزا تکمیل شده اند، باعث اطمینان ، ظرفیت بالا و هزینه کم تجهیزات الکتریکی میشود . به عنوان پیمانکار تولید نیروی الکتریکی دور از آخرین مصرف کننده، پیشنهاد ذخیره هزینه گزاف شبکه و اتلاف خط را میدهیم.

اگر به شبکه قدرت وصل شده باشد،مبادله دوسویه بین شبکه و تولید نیروی محلی به افزایش ظرفیت شبکه می انجامد،منابع واقعی پیوسته انرژی وهزینه بهینه انرزی ناشی از دسترسی به استفاده و خرید و فروش است.نیروی توزیع شده مفهومی است که طیف زیادی از نمایه های استفاده شده برای تولید نیروی الکتریکی محلی از منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر انرزی در یک راه معتبر محیطی را بوشش میدهد.طرحهای اصلی بر اساس نیروی خورشیدی،نیروی بادی،سلولهای سوختی و میکرو توربین ها هستند.

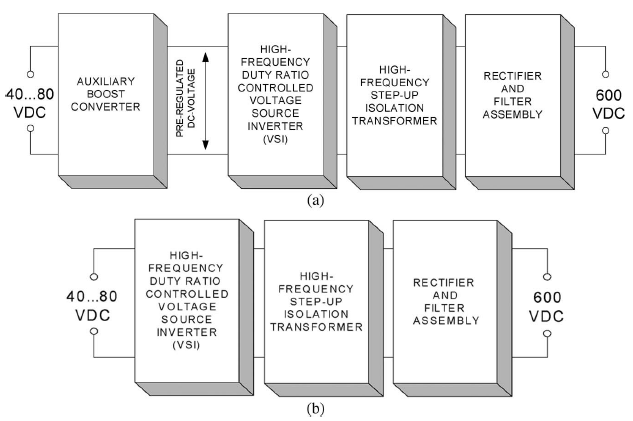
یکFC بالقوه موثرترین معبر مدرن برای نیروی تولیدی توزیع شده هست.تاثیر این تبدیل،نسبت الکتریسیته خروجی بهحجم گرمای ناشی از سوخت میتواند بیش از 65ـ75%باشد.در حقیقت تاثیر الکتریسیته میتواند در تئوری بیش از70%باشد.تکنولوزیهای کنونی به ظرفیتی حدود45%دست مي یابند.چرخه های ترکیب شده قصد داشته اند تا تاثیر انرزی الکتریکی را تا 60% برای نیروگاههایی که بر اساس سلولهای با دمای زیاد کار میکنند،بالا ببرندبرای بهم بیوستن ولتاژهای سطح بایین تولید کننده سلولهای سوختی برای بارهای محلی،یک مبدل ولتاژ مخصوص لازم است.یک نمونه سازه متشکل از مبدل دو جایگاه به هم بیوسته در شکل1 نشان داده شده است.

عوارض ایمنی و اجرای الزامات دینامیکی،مبدلهای مورد کاربری باید با مفهوم dc/dc/ac تجزیه و تحلیل شوند.این به معنای این است که ولتاژهای کم سلولهای سوختی در ابتدا به همراه عایقهای گالوانیزه از مبدلهای dc/dc عبور کرده،متعاقبا ولتاژ dc معکوس شده خروجی در یک معکوس کننده سه فاز معکوس شده و برای براوردن استانداردهای تحمیلی و تجهیزات فیلتر میگردد.

طراحی مبدلهای dc/dc عایق شده سختترین مرحله است زیرا این جایگاه شرکت اصلی در برابر تاثیر، وزن و همه ابعاد این مبدل است.ولتاژ سطح بایین تولید شده توسط سلولهای سوختی همیشه وابسته به جریانهای سطح بالا در سمت اولیه مبدلdc/dc است.این جریانهای سطح بالا به ابر رساناها هدایت شده وتلفات نیمه رساناها را تغییر میدهند و از این رو تاثیر گذاری را کاهش میدهند.به علاوه الزامات ترقی ولتاژهای سطح بالا یک مبارزه منحصربفرد را برای طراحی مبدلهای dc/dc فراهم می اورد.این الزامات ویزه میتواند در راههای دیگری نیز بکار رود:استفاده از مبدلهای کمکی افزایش دهنده قبل از مبدلهایDC/DC عایق شده یا استفاده از فرستنده های عایق شده به همراه یک افزایش دهنده ضریب برای بهبود عملکرد ولتاژ در مورد اول،بهبود عملکرد سلولهای سوختی با ولتاژ متغیر به سطح ولتاژ ثابت مطمئن و تولید یک مبدل عایق با پایانه ورودی DC/DC،معکوس کننده اولیه به همراه مبدل DC/DC به همراه یک چرخه با تلفات ثابت عمل میکنند،بنابراین سودمندی بهتر یک ترانسفورماتور ایزوله تضمین میشود.بعلاوه به عوارض افزایش ولتاژ اولیه ورودی،ترانسفورماتور عایق یک تغییر نسبت ملایم دارد،که یک ضریب مثبت در مورد اندوکتانس تراوشی و توان بکار میبرد.یک راه جالب در[5]پیشنهاد شده است،جایی که یک سلف قراردادی در یک ترقی کمکی مبدل با یک فیلتر موج دار مرتبه صفر((ZRF جابجا میشود.ZRF شامل یک جفت سلف فیلتر شده برای کوچک کردن فرکانس بالای تبدیل موج ویک فیلتر فعال قدرت برای افزایش موجهای کم فرکانس است.با وجود فایده مشهود استفاده از مبدلهای عایق DC/DC به همراه ترقی کمکی مبدلها،اشکال عمده در تبدیل انرزی سازه های چند جایگاهی،بیچیدگی حفاظت و کنترل الگوریتمها و کاهش قابلیت اطمینان جهت افزایش دستگاههای سوییچ کننده است.



شکل 1 . ساختار کلی نحوه عملکرد مبدل برای سیستم های قدرت محلی FC



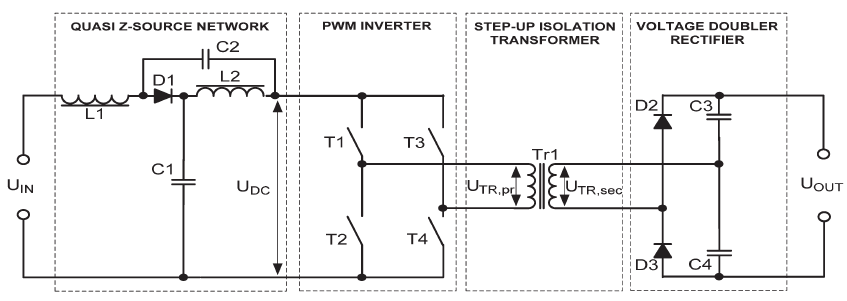
شکل2 . ساختار کلی رایج ترین نوع مبدل های dc/dc با عملکرد ایزوله برای سیستم های قدرت محلی FC

یک عملکرد مستقیم برای مبدلهای DC/DC بدون ولتاژ اولیه تنظیم شده کنترل و حفاظت ساده تر است.جهت کاهش تعداد دستگاههای سوییچ کننده،مبدل تمایل به داشتن توان و قابلیت اطمینان بهتر است.ولتاژ متغیر ناشی از سلولهای سوختی از مبدلهای فرکانس بالا گذشته و باعث عمل ترانسفورماتور عایق میشود. مقدار ولتاژ اولیه توسط چرخه های متغیر با تغییر معکوس کننده ها کنترل میشود و منطبق با بار و ولتاژ معکوس کننده ها است. ترانسفورماتور های ایزوله باید نسبت تبدیل بالایی داشته باشند(تقریباً 1:17) تا بتوانند ولتاژ تعیین شده در تمام مقادیر ولتاژهای ورودی و تغییرات بار را تامین کند. مبدل dc/dc در آن حالت می تواند به صورت push–pull یا مبدل تکفاز تمام موج مورد استفاده قرار بگیرد. بدلیل شار ترانسفورماتر متقارن وکاهش فشار اولیه روی کلیدهای اینورتر ، توپولوژی پل تمام موج برای دستیابی به فاکتور های قیمت و راندمان ، گاهی برای توانهای بالاتر از 3 کیلووات انجام می شود.

این مقاله به مدار یک مبدل dc/dc الکتریکی جدید برای تولید برق محلی اختصاص دارد. توپولوژی پیشنهادی ، یک فیدر ولتاژ اینورتر شبه منبع Z با ورودی پیوسته در سمت ورودی مبدل ، یک ترانسفورماتور محدود کننده فرکانس بالا ، و یک یکسوساز مضاعف کننده را شامل می شود. در نقطه عکس توپولوژی های قدیمی تر ، این مبدل شامل مزایایی از قبیل قابلیت اعتماد بالاتر، ترانسفورماتور محدود کننده با نسبت تبدیل کمتر، کاهش مصرف سوخت فسیلی بدلیل جریان ورودی پیوسته است. برای ارتقا تراکم قدرت در مبدل ، ،توپولوژی با یک لینک سه فاز فشار متوسط در آخرین بخش مقاله مورد بحث قرار گرفته است.

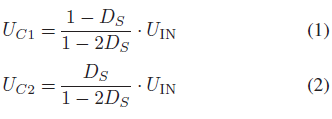
بخش 2 . جزئیات توپولوژی پیشنهادی

مبدل qZSI با جریان ورودی پیوسته در سمت ورودی مبدل خصوصیت منحصر به فردی دارد: این مبدل می تواند ولتاژ ورودی را از طریق ایجاد کردن یک حالت کلیدزنی اضافی و حالت شوت ترو افزایش دهد. حالت شوت ترو در اینجا با هدایت همزمان هر دو کلید موجود روی یک ساق فاز مبدل ایجاد می شود. این حالت از عملکرد در اینورترهای منبع ولتاژ (VSI) سنتی منع شده است ، چون باعث بروز اتصال کوتاه در خازن های dc می شود. گفته می شود که درqZSI ، حالت شوت ترو برای افزایش انرژی مغناطیسی ذخیره شده در سلف های سمت dc (*L*1 و *L*2 در شکل 3) بدون اتصال کوتاه شدن خازن های dc به کار می رود. این افزایش در اندوکتانس ، باعث افزایش ولتاژ در سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور در حین بروز حالت های فعال اینورتر می شود. لذا ولتاژ متغیر FC ابتدا از طریق تنظیم بازه فعالیت شوت ترو پیش تنظیم می شود، سپس ترانسفورماتور ایزوله با یک ولتاژ با دامنه ثابت تغذیه می شود. علی رغم اینکه qZSI روش کنترل از نمونه های سنتی پیچیده تر است، اما برای استفاده در سیستم قدرت FC بسیار ارزانتر ، قوی تر ، قابل اعتماد تر ، و با بازدهی بالاتر است .



شکل3 . دیاگرام ساده شده ای از مدار مبدل پیشنهادی

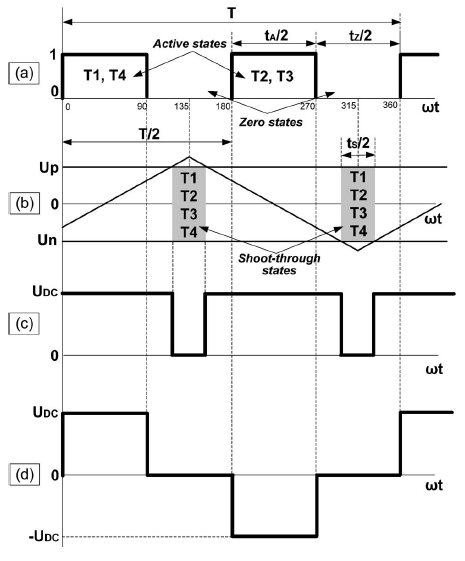
qZSI با تغذیه ولتاژی با جریان ورودی پیوسته ، اولین بار در (15) به عنوان یک نمونه اصلاح شده از اینورتر منبع Z که امروزه بسیار رایج شده است، معرفی شد . مشکل عمده روش سنتی ZSI این است که ، جریان ورودی ناپیوسته می تواند تاثیر نا مطلوبی روی FC بگذارد. qZSI مورد بحث با خصوصیات جریان پیوسته مربوط به FC همانند ولتاژ کار در خازن ، با توپولوژی ZSI مقایسه شده است و در شکل 3 آورده شده است. ولتاژهای dc خازن های *C*1 و *C*2 به روش زیر محاسبه می شود:



که در آن *DS* سیکل عملکرد حالت شوت ترو است



در این رابطه *tS* مدت زمان حالت شوت ترو و *T* دوره است.



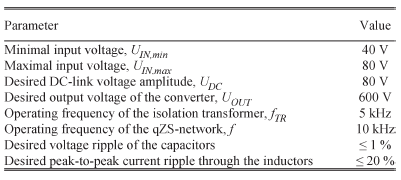
شکل 4 . نحوه عملکرد و ولتاژ های بدست آمده از qZSI تکفاز در حالت شوت ترو

زمانی که ولتاژ ورودی به اندازه کافی بزرگ باشد، حالت شوت ترو بروز می کند، و مبدل qZSI به همانند همان مبدل سنتی VSI شروع به فعالیت خواهد کرد. لذا فقط عملکرد باک را برای ولتاژ ورودی به انجام می رساند. در حالی که qZSI می تواند هر دو حالت باک و بوست را بدون افزودن هیچگونه کلید اضافی ، تنها با استفاده از الگوریتم کنترلی به انجام برساند.

*A .*  روش کنترل مبدل *qZSI* تکفاز *DC/DC* برای حالت بوست ولتاژ

شکل 4 (a) روش کنترل مبدل qZSI در حال تکفاز و در حالت عملکردی شوت ترو را نشان می دهد. شکل 4 حالت کلیدزنی در مبدل تکفاز VSI سنتی را نشان می دهد. اگر فقط یکی از کلیدها در هر کدام از ساق فازها هدایت کنند، این حالت های کلیدزنی با نام حالت های فعال شناخته می شوند. برای تولید حالت های شوت ترو ، دو سیگنال مرجع *Up و Un* در شکل 4 (b) معرفی شده اند. اگر شکل موج مثلثی بزرگتر از *Up* یا کوچکتر از *Un* باشند ، کلیدهای اینورتر به حالت شوت ترو تغییر حالت می دهند. در مدت فعالیت ، جریان در کلیدهای اینورتر به حداکثر می رسد. بسته به الگوریتم کنترل ، جریان شوت ترو ممکن است در یکی یا هر دو ساق های اینورتر منتشر شود. ولتاژ dc و شکل موج ولتاژ سیم پیچ اولیه ترانس ایزوله در مدت شوت ترو در شکل (c) 4 و 4 (d) به ترتیب آمده اند.

جدول 1 . پارامترهای لازم برای مبدل طراحی شده



با توجه به روش کنترل معرفی شده ، حالت های شوت ترو در حالت های صفر اینورتر تمام موج تولید می شوند. این امر در سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور ایزوله یا از بالا یا از پایین کلید های اینورتر را کوچک می کند. برای اینکه یک فرصت کافی برای تنظیم فراهم شود، زمان حالت صفر *tZ* باید همیشه از بیشترین زمان لازم برای حالت های شوت ترو *tS,*max در هر دوره کلیدزنی بیشتر باشد.



هر بازه در عملکرد qZSI در شوت ترو همیشه شامل یک زمان فعال *tA* ، حالت شوت ترو *tS* ، و حالت صفر *tZ* است.



معادله (5) به شکل زیر نیز قابل بیان است:



که درآن *DA* ضریب چرخه کار در حالت فعال ، *DS* ضریب چرخه کار در حالت شوت ترو ، و *DZ* ضریب چرخه کار در حالت صفر است. توجه شود که ضریب چرخه کار در حالی شوی ترو هرگز نباید از 0.5 بیشتر شود. باید توجه شود که ، در روش کنترل معرفی شده، بازه زمانی شوت ترو به دو قسمت مساوی که برابر با نصف زمان کل است تقسیم شده است. در آن حالت ، فرکانس فعالیت شبکه منبع شبه Z (qZS) دو برابر خواهد شد. در نتیجه فرکانس کلیدزنی در ترانزیستور قدرت 3 برابر بیشتر از هارمونیک مستقل فرکانس ترانسفورماتور ایزوله خواهد بود. این امر خیلی از فرکانسی که برای فعالیت سیستم و اجزا انتخاب شده است دور و بی ربط است.

در نقاط کار زمانیکه ولتاژ ورودی به اندازه کافی زیاد باشد، حالت های شوت ترو ایجاد نمی شوند و qZSI مانند یک VSI سنتی عمل خواهد کرد. بنابراین qZSI می تواند هر دو ولتاژ باک و بوست شده را با یک تبدیل ساده انرژی فراهم کند.

*B .*  بررسی طراحی مدار قدرت

این بخش یک بررسی بر روی روند ساخت مبدل dc/dc پیشنهادی را ارایه می دهد. پارامترهای عملگر موردنیاز در جدول 1 آورده شده اند.

در این تجهیز ولتاژ مورد نیاز برای ولتاژ *U*DC ، 80 ولت بود. تخمین زده شد که مبدل همیشه با بار مجاز و بین دو نقطه عملکرد مرزی ، که نقطه مینیموم *U*IN*,*min و نقطه ماکزیموم *U*IN*,*max ولتاژ های ورودی است عمل می کند. مورد اول ، حالت شوت ترو باید برای افزایش ولتاژ ورودی تا رسیدن به مقدار از پیش تعریف شده سطح ولتاژ dc به کار برده شود. در دومین مورد ، وقتی ولتاژ ورودی با ولتاژ dc مورد نیاز برابر است، استفاده از شوت ترو عملی نیست، و qZSI مانند VSI رایج سنتی عمل خواهد کرد.

طراحی مبدل قدرت باید بر اساس نقطه کار ؛با کوچکترین ولتاژ ورودی ممکن در توان مجاز، زمانی که چرخه کار شوت ترو به ماکزیموم میرسد، انجام شود. در نتیجه مقدار ولتاژ ابوست شده (افزایش یافته) از ولتاژ ورودی نیز به ماکزیموم خود میرسد.



برای دستیابی به بازدهی مناسب و عملکرد بهتر ترانسفورماتور، در طراحی اصلی ، باید تعادل بین مقدار بوست شده و نسبت تبدیل ترانسفورماتور ایجاد کرد. در این سیستم ، ماکزیموم مقدار چرخه کار در حالت شوت ترو به این صورت است :



در حالت های فعال ، سیم پیچ اولیه ترانس با ولتاژی با دامنه *U*TR*,*pr = *U*DC = 80 V ولت از اینورتر تغذیه می شود. برای کاهش نسبت تبدیل در ترانسفورماتور ایزوله ، در سمت دوم مبدل یک VDR قرار داده شد. بر خلاف یکسو کننده های تمام موج رایج ، به جای دو دیود روی یک ساق VDR ،خازن قرار داده شد. چون هر خازن تا پیک مقدار ثانویه ولتاژ شارژ می شود، ولتاژ خروجی مدار دو برابر ولتاژ ثانویه ترانس است. به دلیل دو برابر شدن ولتاژ ، VDR باعث راه اندازی ترانس ایزوله با نسبت تبدیل کمتر مثل 1 : 3.75 برای تجهیز مد نظر می شود. به علاوه VDR به دلیل افت ولتاژ کمتر در اجزا راندمان یکسو سازی را بهبود می دهد .

برای هر نقطه کار در مرزهای از قبل تعریف شده ، ولتاژ خروجی مبدل به صورت زیر تعریف می شود:



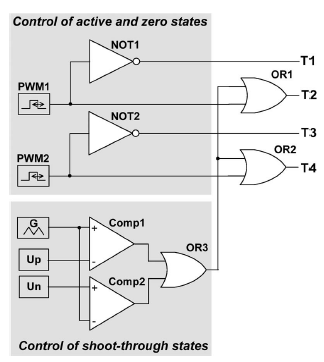
در این رابطه *n* نسبت تبدیل ترانس است. برای کاهش ریپل ولتاژ در خروجی خازنها (*C*3 و *C*4 ) با 1% (6ولت) در ماکزیموم توان *P* ، کاپاسیتانس (ظرفیت خازن) به این صورت است:



خازن ها و سلف ها در شبکه qZS باید متناسب با ریپل های جریان و ولتاژ در حالت های شوت ترو و فعال انتخاب شود. جزئیات طراحی در (19) و (20) آمده است.

بخش3 . شبیه سازی های کامپیوتری مبدل پیشنهادشده

حدس و گمانهای اولیه بیان شده ، با شبیه سازی کامپیوتری به در نقاط کار *U*IN*,*min و *U*IN*,*max به اثبات رسید. یک مدار مخصوص به تولید سیگنال گیتینگ برای کنترل ترانزیستور های قدرت در qZSI طراحی شد. حالت های فعال و صفر با دوتولید کننده مدولاسیون پهنای پالس با اختلاف فاز 180 درجه تولید می شوند.حالت های شوت ترو با استفاده از یک تولید کننده شکل موج مثلثی و دو مقایسه گر تولید می شوند. وقتی شکل موج مدولاسیون از مقدار سیگنال مرجع *Up* بزرگتر باشد، اولین حالت شوت ترو ظاهر می شود، و زمانیکه سیگنال مدولاسیون از سیگنال مرجع *Un* کوچکتر باشد، دومین حالت شوت ترو پدیدار می شود.

 شکل 5 . بلوک دیاگرام کلی یک تولید کننده سیگنال گیت

نرم افزارشبیه سازی مخصوص علم الکترونیک قدرت و کنترل موتور طراحی شده مدل شبیه سازی ازمبدل برنامه ریزی شده مطابق با شماتیکهای شکل 3 طراحی شده است. پارامترهای زیر برای سیستم ذکر شده در طی شبیه سازی ها در نظر گرفته شده است:*P* = 500 W, *C*1 = *C*2 =240 *μ*F, *L*1 = *L*2 = 50 *μ*H, and *C*3 = *C*4 = 10 *μ*F.

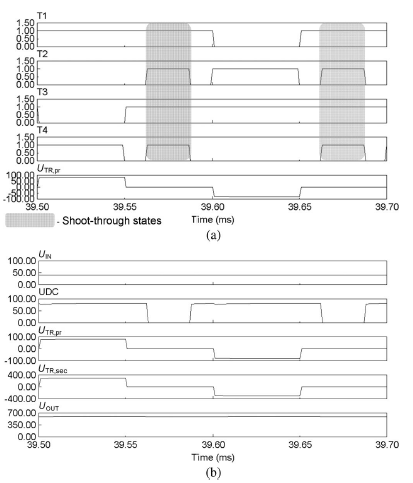
ترانس ایزوله نسبت تبدیل 1:3.75. دارد که با شکل موجهای اصلی نشان داده شده است،مبدل برای بار اول در هر دو نقطه کاری مینیمم ()40 و ماکزیمم 80 در ولتاژهای ورودی و بارهای مجاز مطالعه شد.بعد از ان شبیه سازی پاسخ گذرا انجام شد.وظیفه چرخه در ناحیه فعال در هر دوره تغییر درda=.5 در نظر گرفته شد و بدون تغییر برای تمام شبیه سازی ها باقی مانده است.نتیجه شبیه سازی ها در شکل 6 و7 نشان داده شده است.

اولین شبیه سازی (شکل6) با ولتاژ ورودی 40vو حداکثر وظیفه ساقه را از طریق چرخه( ds=.25 در هر دوره تغییر).برای ارائه یک تجسم خوب،شبیه سازی شکل موج با ارائه زمانبندی مربوط به یک دوره کامل از ولتاژ عامل از ترانسفورماتور ایزوله انجام میشود.فرکانس عامل از شبکه qzs دو برابر فرکانس عامل از ترانسفورماتور انزواست.صفر ناحیه ها به طور همزمان با تولید انتقال از ترانزیستورها از بالا به سمت t3,t1))است.بر اساس الگوریتم کنترل اجرا،فرکانس سوئیچینگ از ترانزیستورهای بالا در هر ساق برابر فرکانس عامل از ترانزیستور ایزوله است،در حالی که فرکانس سوئیچینگ از ترانزیستورهای پایین به سمت t4.t2))سه برابر بالاتر از t3.t1است.شکل 6(b) که qzsl با الگوریتم پیشنهادی، بهره ولتاژ ورودی (uin=40وudc=80v را تامین می کند. علاوه بر این،vdr ولتاژ پیک مورد نیاز در اثر دو برابر شدن ولتاژ در سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور ایزوله، یک ولتاژ خروجی600v بدون اعوجاج را در توان نامی فراهم میکند.

برای نقطه کار دوم (شکل7)،زمانی که ورودی dc ولتاژ مورد نظر،شوت ترو حذف می شود و مبدل به عنوان یک VSI سنتی عمل می کند.در صورتی که فرکانس حد پایین و بالا در ترانزیستورها باشد در ان صورت برابر با همان مقدار در ترانسفورماتور ایزوله است.

*B* . حاشیه پایداری و طراحی حلقه جبرانساز

از انجا که توپولوژی مبدل یک سیستم مرتبه بالاتر است، معیارهای ثبات و طراحی حلقه کنترل مسائل مهمی هستند.یک روش خوب برای تست پایداری سیستم و رفتار دینامیکی ، تجزیه و تحلیل پاسخ حالت گذرا است.در صورت تنظیم به طور همزمان، به عنوان مثال، زمانی که هم بار و ولتاژ ورودی به طور همزمان در حال تغییر باشند، دو آزمون می بایست انجام داد:ولتاژ ورودی و پاسخ گذرا.فرض بر این بود که ولتاژ ورودی و بار به طورهمزمان تغییر نکنند.در خصوص پاسخ گذرا ولتاژ ورودی ،منبع ولتاژ ورودی به عنوان یک تولید کننده سیگنال مربعی با ولتاژ خروجی 40-70 ولت عمل می کند، چرخه کار شوت ترو را با تنظیم در 05. فیکس می کند و بار به طوری انتخاب می شود که حداکثر ولتاژ ورودی،حداکثر قدرت خروجی را بتواند فراهم اورد. به منظور بدست اوردن یک بار حلقه باز در واکنش گذرا،ولتاژ ورودی درv80 شوت ترو و سیکل کار در صفر تنظیم میشود،و بار در فواصل معین بین 50% تا 100% تغییر میکند . نتایج شبیه سازی ولتاژ ورودی و پاسخ بار گذرا در شکل8 نشان داده شده است.



شکل6 .نتایج شبیه سازی مبدل پیشنهادی در حداقل ولتاژ ورودی و حداکثر سیکل کاری شوت ترو . (a) سیگنال های گیت ترانزیستورها و ولتاژ حاصله از سیم پیچ اولیه ترانس ایزوله (b) ولتاژهای ورودی (*U*IN) ، لینک dc (*U*DC) ، سیم پیچ اولیه (*U*TR*,*pr) ، سیم پیچ ثانویه (*U*TR*,*sec) و خروجی (*U*OUT)

شکل موج ولتاژ خروجی در شکل 8 یک خروجی ثابت با یک ورودی مناسب را نشان می دهد. همچنین یک واکنش حلقه بسته قابل پیش بینی است. در شبیه سازی پاسخ حالت گذرای بار ، سیستم پایداری خوب و پاسخ سریعی به تغییرات بار از خود نشان می دهد ، که نشان دهنده پایداری خوب مبدل پیشنهاد شده است.

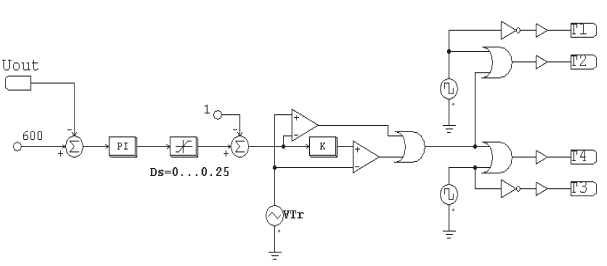
برای تنظیم ولتاژ خروجی ، یک جبران ساز نیاز داریم. توجه داشته باشد که ، با توجه به دو برابر کننده ولتاژ ، ولتاژ خروجی به حالت فعال سیکل کار بستگی ندارد. بنابراین سیکل کار حالت فعال در حداکثر مقدار ثابت باقی می ماند. با توجه به (9) ولتاژ خروجی با تغییر سیکل کار شوت ترو *DS* ، تغییر می کند. با بررسی همه پارامتر ها و حالت عملکرد سیستم، مثل ، ولتاژ ورودی در حد وسیع و تغییرات بار، افزایش نویز در حالت های شوت ترو، نبود سلف در خروجی، حالت کنترل ولتاژ (VMC) ، بهینه ترین الگوریتم کنترل به نظر می رسد. (VMC) یک روش کنترل با یک حلقه ساده است. مدل کنترل بوسیله کامپیوتر در شکل 9 نشان داده شده است. ولتاژ خروجی اندازه گیری شده است و با یک ست پوینت مقایسه شده است. جبران سازی نوع دوم برای تثبیت ولتاژ خروجی به کار رفته است. خروجی تنظیم کننده نیز محاسبه شده است و مستقیماً برای محاسبه سیکل کاری شوت ترو به کار می رود.

شبیه سازی ها در شرایط تنظیم ترکیبی انجام شده است.مقدار بار متناوباً بین 50% و 100% مقدار ماکزیموم خود تغییر می کند، در حالی که ولتاژ ورودی بین 40 ولت تا 80 ولت متغیر است. جبرانسازی نوع دوم و الگوریتم کنترلی پیشنهادی به خوبی عمل کردند، و در شکل 10 قابل رویت است. در شرایط تنظیم ترکیبی ولتاژ خروجی نامی تثبیت شده قابل دستیابی است.

بخش 4. اثبات های عملی مبدل پیشنهادی

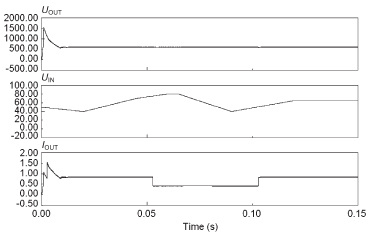
همه محاسبات و گمانه زنی های تئوری با یک نمونه آزمایشگاهی مبدل qZSI تکفاز dc/dc مورد بررسی قرار گرفت. همانگونه که نتایج نشان می دهد ، نتایج شبیه سازی ها و آزمایش ها با توجه به نقاط مرزی عملکرد مبدل با هم در هماهنگی هستند. همچنین بیان شد که مبدل مد نظر در حالت بوست یک جریان پیوسته را فراهم میکند، که باعث اثرگذاری منفی روی پروتون های ماژول FC می شود. جریان ریپل پیک به پیک با فعالیت سلف ها در شبکه qZS با مقدار اندوکتانس افزایش یافته، کاهش می یابد.

همچنین به اثبات رسید که VDR پیشنهادی (دو دیود سریع بازیاب اپیتاکسیال و دو خازن 10 میکرو فارادی) با یک ترانسفورماتور ایزوله فرکانس بالا تزویج شد (نسبت تبدیل 1 : 3.75 ) که ولتاژ فعال که بسیار روی اندازه، کاهش پراکندگی ولتاژ و با ریپل خیلی کم در پروفایل ولتاژ خروجی تاثیر دارد را تضمین می کند. شکل موج ترانس ایزوله dc/dc مربوط به مبدل پیشنهادی خیلی به همتای خود در همان مبدل رایج VSI شبیه است.

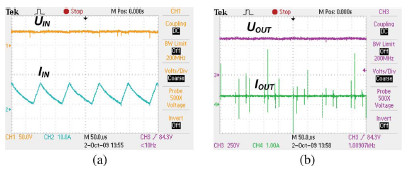


شکل9. الگوریتم VMC مربوط به مبدل

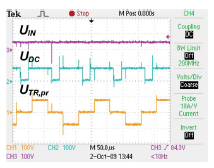
دومین گروه از آزمایش ها (شکل 14 - 16 ) با ولتاژ ورودی *U*IN*,*max = 80 V انجام شده است. در آن نقطه کار حالت شوت ترو کاملاً حذف شد. و مبدل qZSI همانند VSI رایج قدیمی بدون هیچ تغییری در ساختار عمل کرد. مانند نقطه کار در کمترین ولتاژ ورودی ، نیاز سیستم به تاثیر ولتاژ دوبرابر بدون ریپل و پروفیل ولتاژ بوسیله VDR تامین می شود.



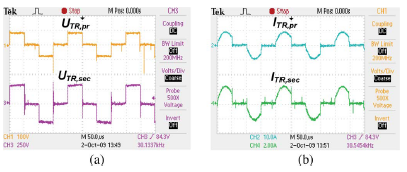
شکل 10 . پاسخ حلقه بسته مبدل تحت بارگذاری پالس و تغییر شرایط ولتاژ ورودی



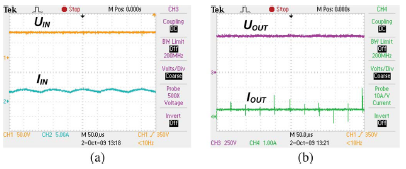
شکل 11. ولتاژ (a) ورودی (b) خروجی وجریان های مبدل در پایین تر ین ولتاژ ورودی و بالاترین سیکل کار شوت ترو (*DS* = 0*.*25)



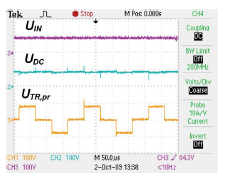
شکل 12 . شکل موج ولتاژ در پایین تر ین ولتاژ ورودی و بالاترین سیکل کار شوت ترو (*DS* = 0*.*25)



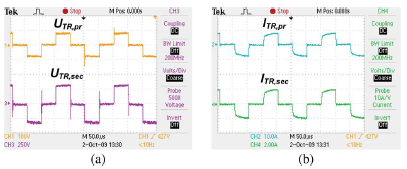
شکل 13 . (a)ولتاژ های کار و (b) جریان های ترانس ایزوله در پایین تر ین ولتاژ ورودی و بالاترین سیکل کار شوت ترو (*DS* = 0*.*25)



شکل 14. ولتاژ (a) ورودی (b) خروجی وجریان های مبدل در پایین تر ین ولتاژ ورودی و حالت بدون بوست (*DS* = 0).

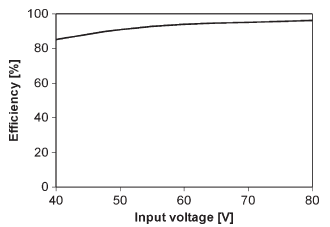


شکل 15 . شکل موج ولتاژ در پایین تر ین ولتاژ ورودی و حالت بدون بوست (*DS* = 0).



شکل 16 . (a)ولتاژ های کار و (b) جریان های ترانس ایزوله در پایین تر ین ولتاژ ورودی و حالت بدون بوست (*DS* = 0).

شکل 17 مقدار بازدهی مبدل که از طریق آزمایش بدست آمده است را نشان می دهد. بالاترین بازدهی در حدود95% در بار نامی 500 وات و حداکثر ولتاژ حاصل شد، که در ان حالت شوت ترو به کلی حذف شده بود. در حداقل ولتاژ و بار مجاز ، زمانی که سیکل کار ماکزیموم می شود ، بازدهی به 85% افت می کند. بیان شد که غالب پراکندگی توان در سلف های *L*1 و *L2* در شبکه qZS اتفاق می افتد. سلف های به کار رفته در نمونه اولیه دقیقاً با تئوری طراحی هماهنگی ندارد. عمل کردن با بیش از 80 % جریان ریپل پیک به پیک ، باعث افزایش تلفات هیسترزیس که به طور کلی روی بازدهی اثر منفی دارد، می شود.



شکل17. بازدهی اندازه گیری شده نسبت به ولتاژ ورودی برای توان نامی در مبدل آزمایشی

بخش 5 . مبدل QZSI، DC/DC سه فاز با لینک AC وVDR متوسط

روش های مدرن در سیستم های قدرت محلی به سمت افزایش بازدهی و تراکم قدرت مبدل های الکترونیکی برای امکان تحقق یافتن بهبود همه سیستم هدایت می شوند. برای تجهیز مورد بحث ، افزایش در تراکم قدرت با جایگزینی لینک ac سه فاز متوسط با تکفاز محقق می شود. اصلاحات در ادوات در شکل 18 آمده است. بر خلاف توپولوژی تکفاز ، ساختار سه فاز دارای یک ساق اضافه در اینورتر است. برای هر نقطه کار در مرزهای از پیش تعیین شده [*U*IN*,*min;*U*IN*,*max] ، ولتاژ خروجی مبدل با (9) محاسبه می شود.

علی رغم اینکه روش کنترل سه فاز در شوت ترو ، عملکرد پیچیده تری دارد، اما مزایای مبدل QZSI، DC/DC سه فاز با لینک AC متوسط نسبت به نمونه تکفاز واضح است:

1) جریان rms کمتر در کلیدهای اینورتر و یکسو ساز ( نرخ انتقال توان بیشتر در همان مدت زمان با فشار یکسان به کلیدها)

2) کاهش حجم و وزن ترانس ایزوله، از طریق کاهش کلی اندازه هسته سیم پیچ(یوغ)و کاهش فشارهای ولتاژ و مغناطیس

3) کاهش تعداد اجزای پسیو در شبکه از طریق افزایش در یکی از فاکتورهای سه گانه فرکانس کاری

4) سیم پیچ های ترانس ایزوله در حالت سه فاز که می توانند با پیکربندی های متفاوت برای تامین ولتاژ خروجی متصل شوند

شکل 19 نحوه عملکرد مبدل QZSI، DC/DC سه فاز با لینک ACدر حالت شوت ترو را نشان می دهد. SA ، SB و SC نشان دهنده نوع کلیدزنی در VSI رایج سنتی با سیگنال های کنترلی با 120 درجه شیفت را نشان میدهد. قاعده تولید حالت شوت ترو با qZSI تکفاز مشابه است. خط ولتاژ حاصله از سیم پیچ اولیه ترانس ایزوله در حالت های شوت ترو با *U*AB ، *U*BC و *U*CA در شکل 19 نشان داده شده اند. قابل مشاهده است که در حین شوت ترو ولتاژ خروجی اینورتر تا صفر کاهش می یابد، تقسیم شکل موج ولتاژ سیم پیچ اولیه و کاهش سیکل کاری ترانس ایزوله داریم:



که درآن *DA* و *DS* به ترتیب سیکل کاری حالت های فعال و شوت ترو هستند.

شکل 20 و 21 شکل موجهای حاصل از آزمایش های مبدل سه فاز را نشان می دهد.پارامترهای زیر برای مبدل در طول آزمایش ها تخمین زده شد. *P* = 500 W, *C*1 = *C*2 = 240 *μ*F, *L*1 = *L*2 = 50 *μ*Hو *C*3 = *C*4 = 10 *μ*F.ترانس ایزوله سه فاز نسبت تبدیل 1 : 1 دارد. در شکل 20 ، مبدل 3 فاز با جریان پیوسته کار می کند. فرکانس کاری شبکه qZSI 6 مرتبه از فرکانس مستقل هارمونیک ترانس ایزوله بیشتر است.

همانطور که درباره VDR تکفاز قبلاً بحث شد، VDR سه فاز طراحی شده ، ولتاژ خروجی را بدون ریپل محسوسی و مقداری معادل دو برابر ولتاژ در خروجی سیم پیچ ثانویه ترانس ایزوله در تمام نقاط کار مبدل فراهم می کند.

بخش 6 . نتیجه گیری

این مقاله دو نمونه جدید از مبدلهای dc/dc در حالت qZSI را معرفی می کند. این سیستم برای تجهیزات با رنج ولتاژ ورودی متغیر و ولتاژ خروجی تثبیت شده طراحی شده است. ترانسفورماتورهای فرکانس بالا برای فراهم آوردن نیاز گالوانیک ورودی/خروجی دراکثر تجهیزات مناسب است. نحوه عملکرد ، روش طراحی مبدل ، شبیه سازی و نتایج آزمایش ها بیان و تحلیل شدند. همچنین برای بهبود تراکم قدرت و قابلیت اعتماد ، توپولوژی به روز شده مبدل سه فاز با لینک کمکی و سه فاز مطرح و ساخته شد.

مبدل های پیشنهاد شده در مقایسه با روش های قدیمی تر دارای خصوصیات کلیدی زیر است:

1) qZSI می تواند در اولیه ترانس ولتاژ های باک و بوست را بدون نیاز به سخت افزار های اضافه و تنها با الگوریتم کنترلی مخصوص به خود فراهم کند

2) qZSI امنیت بالایی در برابر هدایت به صورت ضربدری در کلیدهای بالا و پایین اینورتر دارد. به علاوه qZSI می تواند با استفاده از حالت شوت ترو که در VSI قدیمی وجود ندارد ، ولتاژ ورودی را افزایش دهد

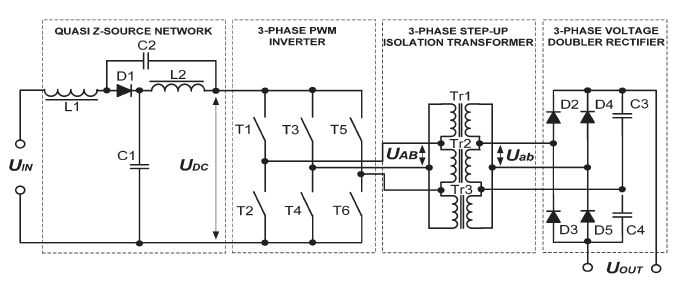
3) qZSI دارای جریان ورودی پیوسته در حالت شوت ترو است.

4) عملکرد ترانس ایزوله در فرکانس بالا بهره ولتاژ مورد نیاز به صورت input–output فراهم می کند.

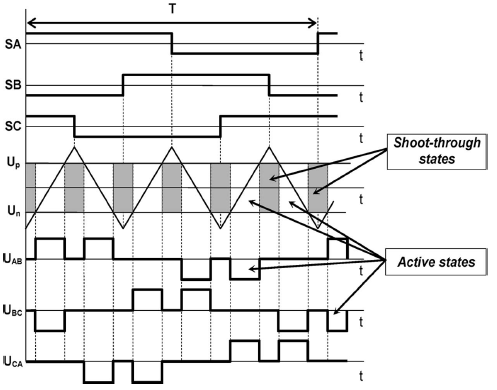
5) vdr ولتاژ پیک مورد نیاز در اثر دو برابر شدن ولتاژ در سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور ایزوله از طریق کم کردن افت ولتاژ بازدهی را بالا می برد

6) نسبت تبدیل در سیم پیچ ثانویه ترانس ایزوله به دلیل اثر افزایش دو برابری ولتاژ با VDR تا62 درصد کاهش می یابد.

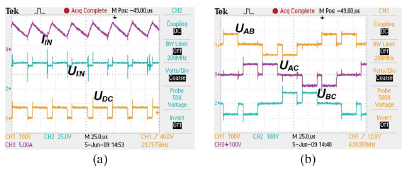
در نهایت که مبدل با ترانسفورماتور فرکانس بالا و یک VDR ، می تواند به عنوان یک مبدل مناسب برای سیستم های محلی با توان تا سقف 10 کیلو وات به کار گرفته شود. به علاوه مبدل های پیشنهادی می توانند در سیستم های فوتوولتایی و تجهیزات تولیدی FC و همچنین در تجهیزات مخابراتی، دریانوردی و هوا فضا استفاده شود.



شکل 18 مدار قدرت ساده شده مبدل dc/dc سه فاز با شبکه qZS و VDR



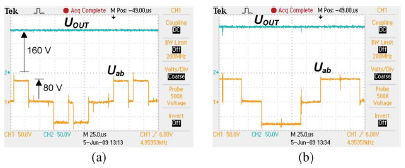
شکل 19 . نحوه عملکرد مبدل QZSI، DC/DC سه فاز با لینک ACدر حالت شوت ترو



شکل 20 . شکل موجهای حاصل از آزمایش های مبدل سه فاز در کمترین ولتاژ ورودی (*U*IN = 40 V)

و بیشترین سیکل کار شوت ترو (*DS* = 0*.*25*,DA* = 0*.*75).

(a) ولتاژ ورودی *U*IN ، جریان *I*IN و لینک dc ولتاژهای *U*DC . (b) ولتاژهای خط (*U*AB*, U*AC*, U*BC) در سیم پیچ اولیه ترانس ایزوله سه فاز



شکل 21 . شکل موجهای حاصل از آزمایش های مبدل سه فاز در ولتاژ های ورودی مختلف (a) ولتاژ ورودی *U*IN = 40 V ، *DS* = 0*.*25 و *DA* = 0*.*75 (b) ولتاژ ورودی *U*IN = 80 V و *DS* = 0 و *DA* = 1

REFERENCES

[1] J. Padulles, G.W. Ault, and J. R.McDonald, “An approach to the dynamic

modelling of fuel cell characteristics for distributed generation operation,”

in *Proc. IEEE Power Eng. Soc.Winter Meeting*, 2000, vol. 1, pp. 134–138.

[2] W. Choi, P. Enjeti, and J. W. Howze, “Fuel cell powered UPS systems:

Design considerations,” in *Proc. IEEE 34th PESC*, Jun. 15–19, 2003,

vol. 1, pp. 385–390.

[3] M. H. Todorovic, L. Palma, and P. N. Enjeti, “Design of a wide input

range DC–DC converter with a Robust power control scheme suitable for

fuel cell power conversion,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 3,

pp. 1247–1255, Mar. 2008.

[4] S. K. Mazumder, R. Burra, R. Huang, M. Tahir, K. Acharya,

G. Garcia, S. Pro, O. Rodrigues, and E. Duheric, “A high-efficiency universal

grid-connected fuel-cell inverter for residential application,” *IEEE*

*Trans. Power Electron.*, 2009, to be published.

[5] H. Xu, L. Kong, and X. Wen, “Fuel cell power system and high power

DC-DC converter,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 19, no. 5, pp. 1250–

1255, Sep. 2004.

[6] M. Nymand and M. Andersen, “High efficiency isolated boost DC-DC

converter for high-power low-voltage fuel cell applications,” in *IEEE*

*Trans. Ind. Electron.*, Feb. 2010, vol. 57, no. 2, pp. 505–514.

[7] F. Z. Peng, “Z-source inverter,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 39, no. 2,

pp. 504–510, Mar./Apr. 2003.

[8] Z. J. Zhou, X. Zhang, P. Xu, and W. X. Shen, “Single-phase uninterruptible

power supply based on Z-source inverter,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*,

vol. 55, no. 8, pp. 2997–3004, Aug. 2008.

[9] M. Shen and F. Z. Peng, “Operation modes and characteristics of the

Z-source inverter with small inductance or low power factor,” *IEEE Trans.*

*Ind. Electron.*, vol. 55, no. 1, pp. 89–96, Jan. 2008.

. 918–924.

[10] J.-H. Park, H.-G. Kim, E.-C. Nho, T.-W. Chun, and J. Choi, “Gridconnected

PV system using a quasi-Z-source inverter,” in *Proc. 24th*

*Annu. IEEE APEC*, Feb. 15–19, 2009, pp. 925–929.