کاهش هزینه و حجم بهسازهای یکپارچه کیفیت توان مبتنی بر سیستم‌های فتوولتائیک با استفاده از مبدل‌های یکپارچه

اسماعیل موحدی اصل*[۱]، علی اصغر شجاعی[۲]

*۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی برق، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران.esmaiil1372@gmail.com
۲- استادیار، گروه مهندسی برق، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران.shojaei2012@gmail.com

چکیده:در این مقاله با هدف بهبود هر چه بیشتر مشکلات کیفیت توان با استفاده از بهساز یکپارچه کیفیت توان (UPQC) و همچنین کاهش هزینه و حجم به منظور ترغیب هر چه بیشتر شرکت‌های توزیع در سرمایه‌گذاری در این زمینه، به ارائه یک مبدل الکترونیک قدرت یکپارچه با تعداد سوئیچ کاهش یافته و همچنین ارائه سیستم‌های فتوولتائیک محلی به عنوان پشتیبان اکتیو لینکDC در UPQCها پرداخته می‌شود. به همین منظور ضمن مدلسازی سیستم تحت بررسی و طراحی کنترل‌کننده‌های لازم برای فیلترهای سری و موازی در غیاب و در حضور سیستم فتوولتائیک،به معرفی مبدل نه‌سوئیچه برای استفاده در UPQCها پرداخته می‌شود. نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده در نرم‌افزار MATLAB/Simulinkبرای سناریوهای مختلف نشان می‌دهد که با استفاده از UPQCهای دارای سیستم‌های فتوولتائیک، ضمن تثبیت ولتاژ لینکDC در حضور کمبود ولتاژ سمت منبع، کیفیت توان سیستم بهبود می‌یابد به گونه‌ای که ولتاژ سمت بار در حضور ۵۰ درصد کمبود ولتاژ در سمت منبع، دامنه‌ای برابر با ۱ پریونیت خواهد داشت. علاوه بر این به دلیل استفاده از مبدل یکپارچه با تعداد سوئیچ کمتر، هزینه و حجم سیستم نیز کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: بهساز یکپارچه کیفیت توان، سیستم فتوولتائیک، فیلتر سری- موازی، مبدل یکپارچه، ولتاژ لینکDC

۱- مقدمه

کیفیت توان از اواخر دهه ۱۹۸۰ برای شرکت‌های برق و مشترکین مصارف فشار ضعیف و متوسط اهمیت زیاد پیدا کرده است، به‌طوری که با توجه به درخواست مشترکین، شرکت‌های برق درصدد بهبود کیفیت برق در شبکه‌های توزیع می‌باشند. عنوان کیفیت توان یا کیفیت برق به‌صورت یک مفهوم کلی برای تمام اغتشاشات موجود در شبکه‌های توزیع بکار برده می‌شود. می‌توان دلایل عمده توجه روزافزون به این مسئله را به‌صورت زیر برشمرد[۱]:

- بروز اشکال و به وجود آمدن تبعات نامطلوب در صورت معیوب بودن یک عنصر.
- افزایش روزافزون هارمونیک در سیستم‌های قدرت.
- توجه بیشتر شرکت‌های برق به موضوع کیفیت توان به خاطر آگاهی روزافزون مشتریان.
- افزایش حساسیت تجهیزات الکتریکی امروزی در مقابل انواع اغتشاشات موجود در شبکه‌های توزیع.

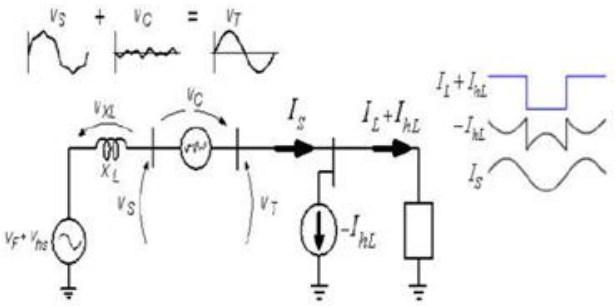
انگیزه اصلی پشت این دلایل، افزایش بهره‌وری مشترکین است. کارخانجات تولیدی خواستار ماشین‌های سریع‌تر، با بهره‌وری و راندمان بیشتر هستند. شرکت‌های برق هم خواستار سوق دادن کارخانجات تولیدی به این مسئله هستند؛ زیرا این عمل اولاً موجب بهره‌وری بیشتر برای مشترکین و ثانیاً موجب صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در سرمایه‌گذاری مراکز تولید و پست‌ها به خاطر استفاده کردن مشترکین از وسایل پربازده خواهد شد. با توجه به وجود غیرقابل‌انکار هارمونیک‌ها

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1394.4.1.4.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 4 -No. 1- spring & summer 2015

در سیستم‌های قدرت و در نتیجه مشکلات کیفیت توان مرتبط با آن نیاز به راه‌حل‌هایی برای بهبود این مشکلات کیفیت توان می‌باشد.
در سال‌های اخیر با توجه به انعطاف‌پذیری فیلترهای اکتیو، افزایش قابل توجهی در استفاده از آن‌ها برای کاهش هارمونیک در سیستم قدرت مشاهده می‌شود. در [۴] از یک بهساز یکپارچه کیفیت توان (UPQC) مبتنی بر یک اینورتر منبع ولتاژ دو ساق تکفاز برای اصلاح ولتاژ سمت بار، حذف هارمونیک‌های منبع و همچنین اصلاح ضریب توان استفاده نموده است. علاوه بر این سه روش کنترلی مبتنی بر تکنیک بردار واحد (UVT)، تئوری d-q تکفاز و همچنین آنالیز فوریه برای کنترل پیشنهادی، ارائه و مقایسه گردیده است. هر کدام از روش‌های پیشنهادی به جای استفاده از ولتاژ و جریان پالسی فیلترهای اکتیو براساس مؤلفه اصلی ولتاژ و جریان منبع پیاده‌سازی شده‌اند که این موضوع باعث افزایش سرعت پاسخگویی سیستم کنترلی به خاطر کاهش تأخیر ناشی از انجام محاسبات می‌شود. در [۵] یک روش کنترلی جدید برای UPQC سه فاز چهار سیمه به‌منظور بهبود کیفیت توان ارائه شده است. در روش کنترلی پیشنهادی، کنترل ولتاژ و جریان به جای اعمال به ولتاژها و جریان‌های پالسی با تغییر زیاد به مؤلفه اصلی ولتاژ و جریان منبع اعمال می‌گردد. از این‌رو حجم محاسبات و همچنین سنسورهای لازم برای این منظور کاهش می‌یابد. در [۶] یک روش غیرخطی لغزشی براساس استراتژی کنترلی برای کنترل ولتاژ لینک DC ارائه شده است. الگوریتم پیشنهادی فراجهش پائین و زمان نشست کم را برای ولتاژ لینک DC بهساز یکپارچه کیفیت توان به دنبال داشته و از این‌رو جبرانسازی مناسب‌تری به دست خواهد آمد. یک الگوریتم کنترلی جدید بر مبنای روش کنترل زاویه قدرت یکی از این روش‌های کنترلی UPQC می‌باشد که در سال‌های اخیر به آن پرداخته شده است. با استفاده از این روش امکان جبرانسازی نامتعادلی ولتاژ به‌همراه تغییر در زاویه فاز ولتاژهای ورودی توسط فیلترهای اکتیوسری در فیدرهای مجاور، همزمان با تقسیم توان راکتیو بار بین فیلترهای اکتیو سری و موازی فراهم می‌گردد [۷-۸].
بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که در حضور کمبود ولتاژهای شدید به دلیل محدودیت انرژی لینک DC، امکان جبرانسازی سری و موازی به نحو احسنت توسط UPQC وجود ندارد[۹]. به همین منظور در این مقاله استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک محلی به عنوان پشتیبان لینک DC در ساختار UPQCها به‌منظور ثابت نگهداشتن ولتاژ لینک DC و در نتیجه جبرانسازی بهتر مشکلات کیفیت توانی مانند هارمونیک‌های جریان بار، هارمونیک‌های ولتاژ منبع، کمبود ولتاژ و بیشبود ولتاژ پیشنهاد می‌گردد. علاوه بر این به منظور کاهش هزینه و حجم UPQCها و در نتیجه ترغیب شرکت‌های توزیع به سرمایگه‌گذاری برروی UPQCها، به ارائه یک مبدل یکپارچه پرداخته می‌شود. این مبدل‌ها که برای اولین برای استفاده در منابع تغذیه اضطراری مورد استفاده قرار گرفته است[۱۰]، به دلیل کاهش ۳۳ درصدی تعداد سوئیچ‌ها در مقایسه با مبدل‌های پشت به پشت، در کابردهای مختلف دیگر نیز مورد استفاده و جایگزین مبدل پشت به پشت شده است[۱۱]. در بخش دوم ساختار بهساز یکپارچه توان معرفی می‌شود. سپس در بخش سوم ضمن معرفی مبدل یکپارچه تحت بررسی، مدولاسیون برداار فضایی برای آن استخراج می‌گردد. در بخش چهارم بخش‌های مختلف شبیه‌سازی شامل UPQC مبتنی بر سیستم فتوولتائیک و مبدل یکپارچه مدلسازی می‌گردند. در بخش پنجم نتایج شبیه‌سازی برای سناریوهای مختلف تحلیل گردیده و در نهایت در بخش ششم جمع‌بندی در مورد کار انجام شده در این مقاله ارائه شده است.

۲- بهساز یکپارچه توان

به طور کلی بهساز یکپارچه کیفیت توان شامل اتصال پشت‌به‌پشت فیلترهای اکتیو موازی و سری است که به‌طور همزمان جبرانسازی ولتاژ و جریان را به عهده دارد به‌گونه‌ای فیلتر اکتیو سری و موازی از طریق لینک DC به هم مرتبط هستند. فیلترهای اکتیو به سه دسته سری، موازی و سری - موازی تفسیم می‌شوند. UPQC قادر است تا جریان‌های هارمونیکی و عدم تعادل ولتاژ بارهای غیرخطی را جبران کرده و علاوه بر آن ولتاژهای هارمونیکی و عدم تعادل منبع تغذیه را نیز برطرف نماید. بدیهی است که با انجام این امور، کیفیت توان برای بارهای حساس به هارمونیک‌ها بهبود می‌یابد. در شکل (۱) شمای کلی نحوه عملکرد UPQCبه عنوان یک فیلتر اکتیو سری – موازی نشان داده شده است[۱۲].همانطور که مشاهده می‌شود UPQC ترکیبی از فیلتر اکتیو سری (منبع ولتاژ قابل کنترل V_c) و فیلتر اکتیو موازی (منبع جریان قابل کنترل I_h) می‌باشد. در صورت وجود هارمونیک‌های جریانی بار با مقدار I_{hl} و در صورت عملکرد مناسب بخش کنترلی، فیلتر موازی با تولید این جریان هارمونیکی $-I_{hl}$، جریان سمت منبع را خالص می‌کند. به همین صورت اگر منبع دارای اغتشاشی با مقدار V_{hs} باشد، فیلتر اکتیو سری با تزریق ولتاژی برابر با $-V_{hs}$ ولتاژ بار را سینوسی خالص می‌کند.



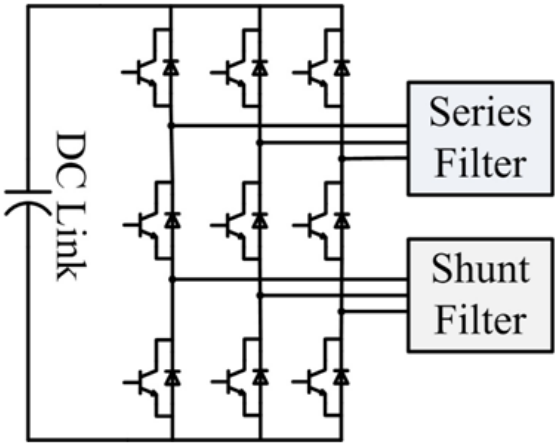
شکل (۱): اساس جبرانسازی اکتیو سری – موازی توسط UPQC[۱۲]

[1] Unified Power Quality Conditioner

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1394.4.1.4.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 4 -No. 1- spring & summer 2015

۳- معرفی مبدل یکپارچه

در این مبدل که در شکل (۲) نشان داده شده است، برخلاف مبدل‌های پشت‌به‌پشت سه فاز دارای دو اینورتر که به‌طور معمول از ۱۲ سوییچ تشکیل شده‌اند،از ۹ سوییچ استفاده شده است. این مهم‌ترین برتری این مبدل نسبت به سایر مبدل‌هامی‌باشد. در این سیستم، دو سوییچ بالایی هر پایه با یکدیگر تشکیلیک مبدل و دو سوییچ پایین هر پایه، تشکیلیک مبدل دیگر را می‌دهند. مشاهده می‌شود که سوییچ‌های وسط هر پایه برای هر دو مبدل مشترک می‌باشند، بنابراین نسبت به سایر مبدل‌های سه فاز، از ۳ سوییچ کمتر تشکیل می‌شود و تقریباً۳۳٪ از هزینه و تلفات کاسته شده است[۱۰]. از طرف دیگر با توجه به نیاز هر سوئیچ بکار رفته در ساختارهای الکترونیک قدرت به گرماگیر و با توجه به کاهش سه سوئیچ در این ساختار، سه گرماگیر نیز از ملزومات موردنیاز برای طراحی این مبدل کاسته و لذا حجم آن نیز کاهش می‌یابد. این مبدل را می‌توان به‌صورت دو مبدل معمول سه ساق با سه سوئیچ مشترک در نظر گرفت. با توجه به عدماستقلال دوخروجی در این مبدل یکپارچه نحوه مدولاسیون آن از اهمیت بسیار بالای برخوردار خواهد بود.



شکل (۲): ساختار مبدل یکپارچه یکپارچه پیشنهادی

۳-۱- مدولاسیون بردار فضایی برای مبدل یکپارچه

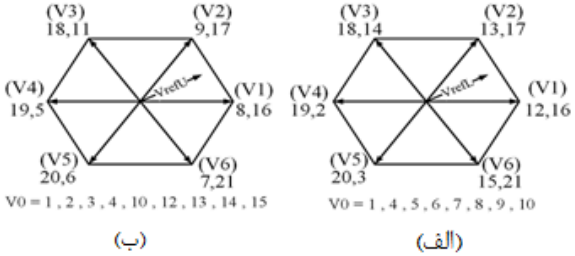
همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، هر وضعیت سوئیچینگ که برای بردار رفرنس بار اول ایجاد شود روی بار دوم نیز تأثیر خواهد گذاشت و بالعکس. در واقع وضعیت سه سوئیچ مشترک مانع از استقلال دو بار خواهد شد. با توجه به اینکه در هر ساق دو (و نه سه یایک) سوئیچ باید روشن باشند، حالات مختلف قابل تصور برای سوئیچ‌های یک ساق در جدول (۱) نشان داده شده است. که در آن U، M و L به ترتیب به سوئیچ‌های بالا، وسط و پایین در هر ساق اشاره دارند. با در نظر گرفتن این حالت‌های مجاز برای هر ساق، ۲۱ وضعیت سوئیچینگ مجاز برای این مبدل قابل تصور است که در جدول (۲) آورده شده‌اند. مطابق با شکل (۳)، این ۲۱ وضعیت سوئیچینگ مجاز، ۲۱ بردار را در مختصات قطبی برای هر کدام از خروجی‌ها ایجاد می‌کند[۱۱].

جدول (۱): وضعیت خاموش و روشن شدن سوئیچ‌های هر ساق

S_{IL}	S_{IU}	S_{IM}	
ON	ON	OFF	۱
ON	OFF	ON	۲
OFF	ON	ON	۳

جدول (۲): وضعیت‌های سوئیچینگ مجاز در مبدل یکپارچه

شماره وضعیت سوئیچینگ	ساق A	ساق B	ساق C	بردار بار اول	بردار بار دوم
۱	۳	۳	۳	صفر	صفر
۲	۳	۳	۱	صفر	فعال
۳	۳	۱	۱	صفر	فعال
۴	۱	۱	۱	صفر	صفر
۵	۱	۱	۲	فعال	صفر
۶	۱	۲	۲	فعال	صفر
۷	۱	۲	۱	فعال	صفر
۸	۲	۲	۱	فعال	صفر
۹	۲	۱	۱	فعال	صفر
۱۰	۲	۲	۲	صفر	صفر
۱۱	۲	۱	۲	فعال	صفر
۱۲	۱	۱	۳	صفر	فعال
۱۳	۱	۳	۳	صفر	فعال
۱۴	۱	۳	۱	صفر	فعال
۱۵	۳	۱	۳	صفر	فعال
۱۶	۲	۲	۳	فعال	فعال
۱۷	۲	۳	۳	فعال	فعال
۱۸	۲	۳	۲	فعال	فعال
۱۹	۳	۳	۲	فعال	فعال
۲۰	۳	۲	۲	فعال	فعال
۲۱	۳	۲	۳	فعال	فعال



شکل (۳): بردارهای مجاز در مختصات قطبی، الف) خروجی بالایی و ب) خروجی پائینی

حالت‌های ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۱ شش بردار فعال برای خروجی اول و به طور همزمان بردارهای صفر را برای خروجی دوم تولید می‌کنند. در تمام این حالت‌ها سوئیچ پایین هر پایه همواره روشن می‌باشد. حالت‌های ۲، ۳، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ نیز شش بردار فعال برای خروجیدوم و به‌طور همزمان بردار صفر را برای خروجی اول تولید می‌کنند. در تمام این حالت‌ها سه سوئیچ ردیف بالا همواره روشن

[DOR: 20.1001.1.23222468.1394.4.1.4.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 4 -No. 1- spring & summer 2015
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]

می‌باشند. حالت‌های ۲۰، ۱۹، ۱۸، ۱۷، ۱۶ و ۲۱ شش بردار فعال را برای خروجی‌های اول و دوم به طور همزمان تولید می‌کنند. حالت‌های ۴، ۱ و ۱۰ نیز بردارهای صفر را به طور همزمان برای هر دو خروجی تولید می‌کنند. همانند مبدل‌های سه ساق معمول منظور از بردارهای فعال در مبدل یکپارچه نیزیعنی اینکه خروجی توسط لینکDC تغذیه شده و به عبارت دیگر بین لینکDC و خروجی‌های بالا و پایین تبادل توان صورت می‌گیرد. بردارهای صفر نیزیعنی حالاتی که بین خروجی‌ها و لینکDC تبادل توانی صورت نمی‌گیرد. در شکل ۳(الف) و شکل ۳(ب) بردارهای که هر حالت سوئیچینگ برای بار اول و دوم ایجاد می‌کند به همراه شماره حالت نشان داده شده است.

با توجه به وابسته بودن دو خروجی بالا و پائین بخاطر وجود سه سوئیچ مشترک بین آن‌ها، از روش سوئیچینگ متوالی برای مدولاسیون استفاده می‌شود. در سوئیچینگ متوالی برای استقلال نسبی دو خروجی،یک بخش از دوره تناوب سوئیچینگ را به خروجی اول و باقی آن را به خروجی دوم اختصاص می‌دهیم. در صورت تکمیل نشدن و یا به عبارتی پرنشدن دوره تناوب سوئیچینگ توسط بردارهای اکتیو دو خروجی، برای ثابت نگهداشتن فرکانس سوئیچینگ نیاز به سوئیچ کردن بردارهای صفر برای دو خروجی به طور همزمان می‌باشد. می‌توان بردارهای صفر را بسته به هدف سوئیچینگ که می‌تواند کاهش محتوای هارمونیکی کل (THD)یا کاهش تلفات سوئیچینگ باشد، به ترتیب بین بردارهای فعال قرار داد یا اینکه در ابتدای هر توالی گذاشت[۱۱].در این مقاله از حالت اول استفاده شده است. زمانی که به هر یک از بردارها اختصاص می‌یابد نیز توسط روابط (۱) تا (۴) محاسبه می‌شود.

$$t_1 = \sqrt{3}/2m_U t_s \sin\left(\pi/3-\alpha_U\right) \quad (۱)$$

$$t_2 = \sqrt{3}/2m_U t_s \sin\left(\alpha_U\right) \quad (۲)$$

$$t_3 = \sqrt{3}/2m_L t_s \sin\left(\pi/3-\alpha_L\right) \quad (۳)$$

$$t_4 = \sqrt{3}/2m_L t_s \sin\left(\alpha_L\right) \quad (۴)$$

که در آن t_1، t_2، t_3 و t_4 به ترتیب مدت زمان سوئیچینگ برداری همسایه بردار مرجع خروجی‌های بالایی و پائینی، t_s دوره تناوب سوئیچ و α_U و α_L زاویه ولتاژهای مرجع برای خروجی بالایی و پائینی می‌باشد. m_U و m_L نیز اندیس‌های مدولاسیون برای دو خروجی بوده و به صورت (۵) و (۶) قابل محاسبه می‌باشند:

$$m_U = 2V_{refU}/V_{dc} \quad (۵)$$

$$m_L = 2V_{refL}/V_{dc} \quad (۶)$$

که در آن V_{refU} و V_{refL} دامنه ولتاژهای مرجع خروجی بالایی و پائینی بوده و V_{dc} نیز دامنه ولتاژ لینک DC است. زمان لازم برای سوئیچ کردن بردار صفر برای دو خروجی را نیز می‌توان به صورت (۷) نوشت.

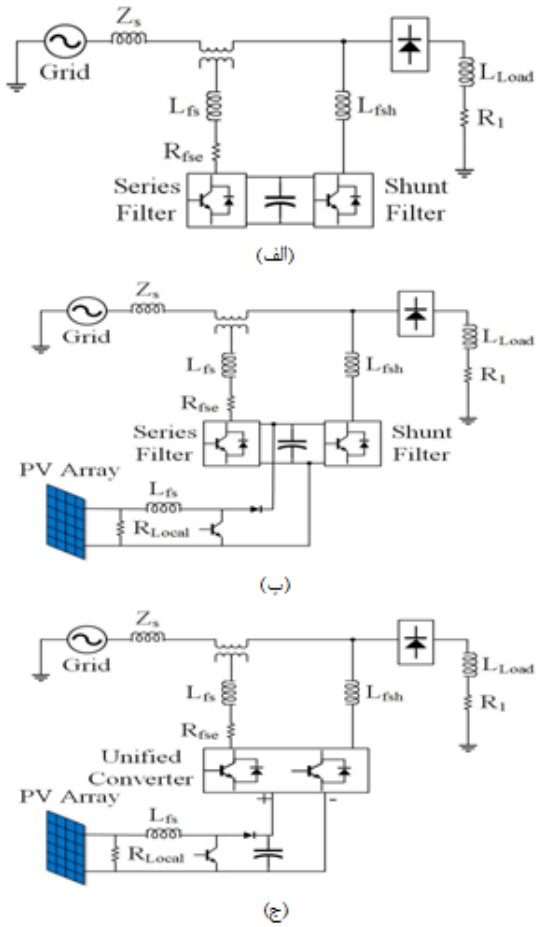
$$t_0 = t_s - t_1 - t_2 - t_3 - t_4 \quad (۷)$$

[1]Total Harmonic Distortion

۴- مدلسازی سیستم تحت بررسی

۴-۱- سناریوی اول

در این مقاله سیستمی به عنوان سیستم تحت بررسی در نظر گرفته می‌شود که کلیه مشکلات کیفیت توان شامل حضور بار هارمونیک‌زا (و در نتیجه غیرسینوسی بودن جریان سمت شبکه)، وجود هارمونیک‌های ولتاژ در سمت ولتاژ شبکه (و در نتیجه غیرسینوسی بودن ولتاژ سمت بار و به دنبال آن کاهش بازدهی بار)و حضور کمبود ولتاژ در سمت شبکه (و در نتیجه تغذیه بار با ولتاژی خارج از محدوده تعیین شده توسط استانداردهای کیفیت توان سیستم‌های توزیع) را که بایستی توسط UPQC برطرف گردد را به‌صورت همزمان شامل شود. شکل ۴(الف) بلوک دیاگرام سیستم تحت بررسی را در حضورUPQC فاقد سیستم‌های فتوولتائیک نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود شبکه تحت بررسی از یک منبع ولتاژ بعضاً هارمونیک‌زا و دارای کمبود ولتاژ، یک بار غیرخطی دارایکسوساز دیودی و یکUPQC تشکیل شده است. همانطور که قبلاً نیز اشاره شده است، خود UPQC نیز از دو اینورتر شش سوئیچه متصل به لینکDC مشترک به‌صورت پشت‌به‌پشت، خازن لینکDC و ترانسفورماتورهای سری و فیلترهای پسیو متناظر با فیلترهای اکتیو موازی و سری تشکیل شده است.



شکل (۴): سیستم تحت بررسی، الف) سناریوی اول، ب) سناریوی دوم و ج) سناریوی سوم

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1394.4.1.4.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 4 -No. 1- spring & summer 2015

۴-۲- سناریوی دوم

در حضور سیستم‌های فتوولتائیک محلی به عنوان پشتیبان لینکDC، وظیفه تأمین توان اکتیو مورد نیاز شبکه توزیع مدنظر در مواقع لزوم بر عهده سیستم فتوولتائیک می‌باشد. به عبارت دیگر با وقوع کمبود ولتاژ، توان اکتیو از لینکDC برای ترمیم آن از طریق فیلتر سری به شبکه تزریق می‌شود. در این حالت خازن لینکDC دشارژ و ولتاژ لینکDC کاهش می‌یابد. از طرف دیگر از آنجا که وظیفه کنترل ولتاژ لینکDC بر عهده سیستم فتوولتائیک محلی می‌باشد، لذا سیستم فتوولتائیک با تزریق توان اکتیو جاری شده به سمت شبکه، ولتاژ لینکDC را بازیابی کرده و به مقدار مرجع از پیش تعیین شده می‌رساند. شکل ۴(ب) شبکه تحت بررسی را در حضور UPQC مبتنی بر سیستم فتوولتائیک نشان می‌دهد.

۴-۳- سناریوی سوم

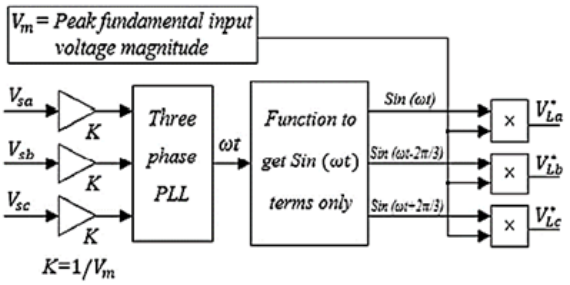
همانطور که قبلا نیز اشاره گردید، در این مقاله با هدف کاهش هزینه، حجم و تلفات UPQCهای استفاده شده در شبکه‌های توزیع و در نتیجه ترغیب شرکت‌های توزیع در سرمایه‌گذاری در این زمینه،به جایگذاری مبدل‌های پشت‌به‌پشت استفاده شده برای فیلترهای موازی و سری با دوازده سوئیچ با مبدل یکپارچه نه‌سوئیچه پرداخته می‌شود. شکل ۴(ج) شبکه تحت بررسی را حضور مبدل یکپارچه مدنظر نشان می‌دهد.

۴-۴- مدلسازی بخش کنترلی فیلتر سری

وظیفه فیلتر اکتیو سری حذف مشکلات کیفیت توان مانند کمبود ولتاژ و اغتشاشات هارمونیکی سمت شبکه برای تحویلیک ولتاژ استاندارد به بار می‌باشد. از آنجا که این فیلتر تأثیری برروی جریان ندارد، لذا کنترل‌کننده آن از نوع کنترل ولتاژ می‌باشد که بلوک دیاگرام آن در شکل (۵) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در سیستم کنترلی استفاده شده برای مبدل سری، ابتدا با اندازه‌گیری ولتاژ نرمالیزه شده سه فاز منبع (که می‌تواند دارای هارمونیک، کمبود یا بیشبود ولتاژ نیز باشد) و با استفاده از بلوک PLL، فاز ولتاژ منبع استخراج و با استفاده از بلوک Function ولتاژهای سه‌فاز مرجع با دامنه واحد استخراج می‌شود. حال با ضرب دامنه مدنظر ولتاژ در این ولتاژهای واحد، ولتاژهای مرجع واقعی سه‌فاز استخراج می‌گردد[۱۳].

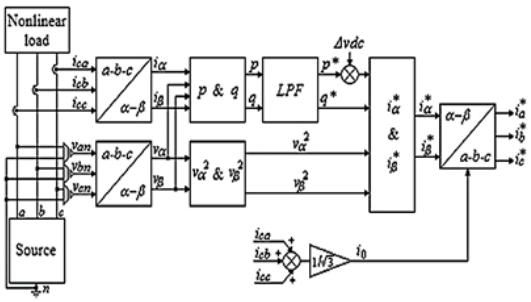
۴-۵- مدلسازی بخش کنترلی فیلتر موازی

کنترل استفاده شده برای این مبدل از دو بخش تشکیل شده است. برای مشخص‌کردن جریان‌های مرجع مورد نیاز برای کلیدزنی مبدل موازی، از تئوری توان راکتیو لحظه‌ای که توسط Akagi برای کنترل فیلترهای فعال ارائه‌گردیده است، استفاده‌می‌شود[۱۳].

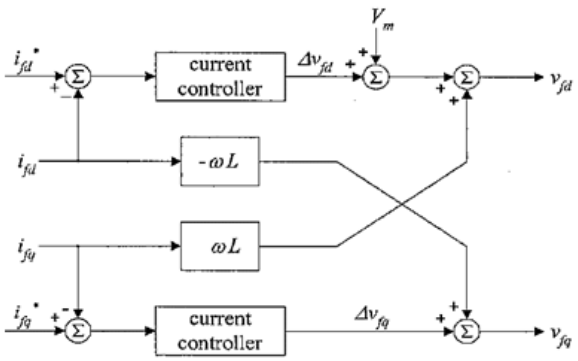


شکل (۵): کنترل‌کننده فیلتر سری[۱۳]

در این‌سیستم، جریان‌های‌مرجع،جریان‌هایی‌هستندکه اگرتوسط مبدل موازی‌تولیدشوند، بخش هارمونیکی جریان بار به همراه توان راکتیو موردنیاز بار توسط این مبدل تأمین گردیده و جریان سمت منبع فاقد هارمونیک و همچنین بخش راکتیو خواهد شد. شکل ۶ نحوه کنترل فیلتر موازی را در غیاب سیستم فتوولتائیکنشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در سمت فیلتر موازی با اندازه‌گیری جریان و ولتاژ سمت بار و با استفاده از تبدیل کلارک، جریان و ولتاژ در قاب مرجع αβ محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از روابط موجود به‌صورت زیر، توان اکتیو و راکتیو لحظه‌ای بدست آمده و با عبور آن‌ها از فیلتر پائین گذر، توان اکتیو و راکتیو مرجعی که بایستی توسط مبدل موازی برای حذف هارمونیک‌ها تزریق شود، بدست می‌آید. در سمت دیگر با هدف ثابت نگه داشتن ولتاژ لینکDC، توان اکتیو موردنیاز برای این منظور به توان اکتیو مرجع بدست آمده اضافه گردیده و به همراه ولتاژها در قاب مرجع αβ به بلوک محاسبه‌گر جریان‌های مرجع در این قاب با استفاده از روابط زیر داده می‌شوند. در نهایت با تبدیل معکوس کلارک، جریان‌های مرجع سه‌فاز بدست می‌آیند.



شکل (۶):تئوریp-qلحظه‌ای برای کنترل فیلتر اکتیو موازی [۱۳]



شکل (۷):کنترل‌کننده جریان استفاده شده برای تولید ولتاژهای مرجع[۱۴].

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1394.4.1.4.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 4 -No. 1- spring & summer 2015

تئوری توان راکتیو لحظه‌ای براساس انتقال متغیرهای ولتاژ و جریان به مختصات αβ بنا نهاده‌شده است. مقادیر لحظه‌ای متغیرهای ولتاژ و جریان در مختصات αβ را می‌توان به‌صورت (۷)-(۸) محاسبه نمود.

$$\begin{bmatrix} V_\alpha \\ V_\beta \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (۷)$$

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} \quad (۸)$$

که در آن ماتریس تبدیلA به‌صورت (۹) قابل تعریف است:

$$[A] = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \quad (۹)$$

توان اکتیو و راکتیو لحظه‌ای در مختصات βα را می‌توان به‌صورت (۱۰) و (۱۱) محاسبه نمود:

$$p(t) = v_\alpha(t) i_\alpha(t) + v_\beta(t) i_\beta(t) \quad (۱۰)$$

$$q(t) = -v_\alpha(t) i_\beta(t) + v_\beta(t) i_\alpha(t) \quad (۱۱)$$

با استفاده از دو رابطه فوق، i_α و i_β را می‌توان برحسب مقادیر توان لحظه‌ای به‌صورت (۱۲) نوشت:

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \frac{1}{{v_\alpha}^2 + {v_\beta}^2} \begin{bmatrix} v_\alpha & v_\beta \\ v_\beta & -v_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} \quad (۱۲)$$

مقادیرp و q در می‌توان به‌صورت حاصل جمع مؤلفه DCو مؤلفه ACآن‌ها به‌صورت (۱۳) و (۱۴) در نظر گرفت:

$$p = \tilde{p} + \bar{p} \quad (۱۳)$$

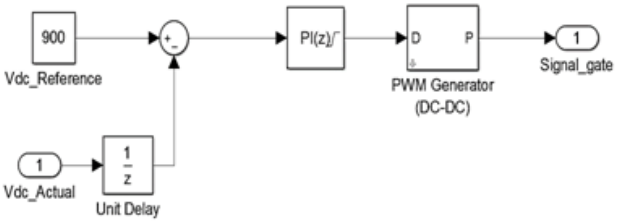
$$q = \tilde{q} + \bar{q} \quad (۱۴)$$

از میان این توان‌های معرفی شده، توان اکتیو dcمورد نیاز بار ($\bar{p}$) بایستی توسط منبع یا همان شبکه تأمین گردد. ولی به‌منظور حذف هارمونیک‌های جریان بار و همچنین بهبود ضریب توان دیده شده از سمت شبکه به خاطر تأمین توان راکتیو موردنیاز بار توسط مبدل موازی، بایستی جریان‌های مرجع به دست آمده توسط بخش کنترلی شامل توان اکتیو AC($\tilde{p}$)، توان راکتیو DC($\bar{q}$) و توان راکتیو AC($\tilde{q}$) باشد. با کلیدزنی مناسب مبدل موازی و تولید این جریان‌ها و تزریق آن‌ها به شبکه، جریان سمت منبع فاقد این بخش‌ها که باعث ایجاد هارمونیک و همچنین کاهش ضریب توان شبکه می‌گردد، شود. از طرف دیگر با توجه به هدف ثانویه مبدل موازی در کنترل ولتاژ لینک DC، علاوه بر نیاز به تأمین توان اکتیو ACموردنیاز بخش هارمونیکی بار، بایستی توان اکتیو موردنیاز برای کنترل ولتاژ لینک DCنیز توسط بخش موازی با شبکه مبادله شود.

مطابق با شکل (۷)، بعد از بدست آوردن جریان مرجع و با توجه به استفاده از مدولاسیون بردار فضایی برای مبدل‌های بکار رفته در ساختار UPQC، نیاز به استفاده از یک کنترل‌کننده جریان برای تولید ولتاژهای مرجع سمت مبدل موازی می‌باشد. به همین منظور با استفاده از قاب مرجع سنکرون، جریان مرجع بدست آمده به قاب dq0منتقل می‌شوند. از طرف دیگر جریان‌های خروجی فیلتر موازی اندازه‌گیری و به قاب dq0 منتقل می‌شود. حال با مقایسه جریان‌های مرجع با مقادیر اندازه‌گیری شده، خطای جریان بدست خواهد آمد. با عبور این جریان‌های خطا از دو کنترل‌کننده PI (یکی برای جریان محور d و دیگری برای جریان محور q)، ولتاژهای مرجعی که بایستی در خروجی فیلتر موازی ایجاد شد تا به ازای آن جریان مرجع به شبکه تزریق و به دنبال آن جبرانسازی صورت پذیرد، ایجاد می‌شود. از آنجا که مدولاسیون بردار فضایی در قاب αβ انجام می‌شود، مجدداً با تبدیل قاب سنکرون به کلارک، ولتاژهای مرجع در قاب جدید بدست می‌آیند.

۶-۴- مدلسازی بخش کنترلی فیلتر موازی در حضور سیستم فتوولتائیک

در حضور سیستم فتوولتائیک محلی وظیفه کنترل ولتاژ لینکDC بر عهده سیستم فتوولتائیک خواهد بود. این مهم با کنترل نسبت وظیفه مبدل افزاینده که واسط بین خروجی سیستم فتوولتائیک و لینکDC است، بدست می‌آید. دلیل استفاده از مبدل افزاینده به عنوان واسط محدود بودن تعداد ماژول‌ها خورشیدی قابل استفاده در سیستم فتوولتائیک محلی است. به عبارت دیگر با استفاده از مبدل افزاینده صرف‌نظر از ولتاژ خروجی سیستم فتوولتائیک، می‌توان ولتاژ لینکDCرا به مقدار مرجع رساند. شکل (۸) سیستم کنترلی استفاده شده برای مبدل بوست را نشان می‌دهد.



شکل (۸):سیستم کنترلی استفاده شده برای مبدل بوست سمت سیستم فتوولتائیک

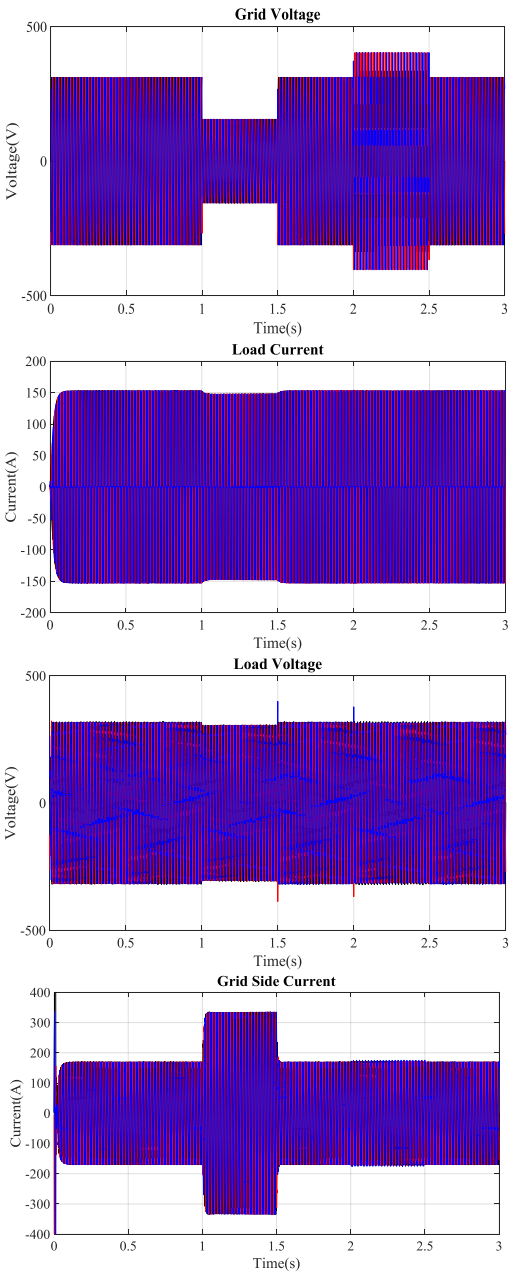
۵- نتایج شبیه‌سازی

۵-۱- سناریوی اول

شکل (۹) ولتاژ سمت شبکه، ولتاژ بار، جریان بار و جریان سمت منبع را در حضور کمبود ولتاژ و همچنین هارمونیک‌های ولتاژ و جریان بار در نظر گرفته شده نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود شبکه در لحظات بین ۱ تا ۱/۵ ثانیه دچار ۵۰ درصد کمبود ولتاژ و همچنین در لحظات ۲ تا ۲/۵ ثانیه دارای هارمونیک‌های ولتاژی می‌باشد. این

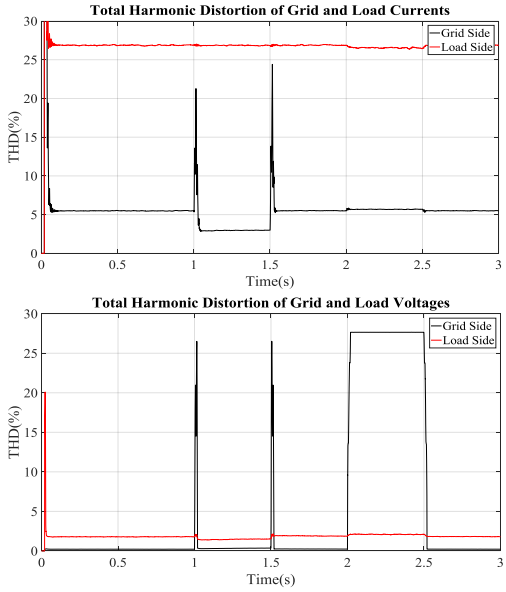
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1394.4.1.4.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 4 -No. 1- spring & summer 2015

در حالیست که جریان بار به طور دائم از وجود مولفه‌های هارمونیکی رنج می‌برد. با این حال، ولتاژ سمت بار و همچنین جریان سمت منبع عاری از این مشکلات کیفیت توان هستند.

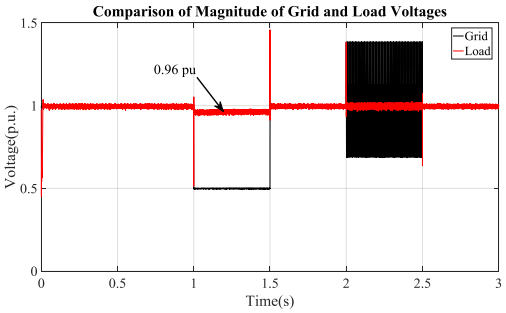


شکل (۹): نتایج شبیه‌سازی سناریوی اول

برای درک بهتر نحوه بهبود مشکلات کیفیت توان با استفاده از UPQC، محتوای هارمونیکی جریان بار و جریان شبکه و همچنین محتوای هارمونیکی ولتاژ منبع و ولتاژ بار در شکل (۱۰) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با اینکه جریان بار دارای THD برابر با ۲۷ درصد می‌باشد، ولی به خاطر عملکرد مناسب فیلتر موازی محتوای هارمونیکی به جریان شبکه سرایت نکرده و این جریان دارای THD قابل قبولی برابر با ۵ درصد است. از طرف دیگر با وجود داشتن محتوای هارمونیکی برابر با ۲۸ درصد برای ولتاژ شبکه در بازه زمانی ۲ تا ۲/۵ ثانیه که هارمونیک‌های ۵ ام و ۷ام را شامل می‌شوند، ولتاژ بار دارای THD کمتر از ۵ درصد می‌باشد.از نقطه نظر دامنه ولتاژ سمت بار نیز می‌توان به شکل (۱۱) استناد نمود. همانطور که مشاهده می‌شود با رخداد کمبود ولتاژ ۵۰ درصدی در سمت شبکه، ولتاژ سمت بار در محدوده استاندارد قرار دارد. در غیاب منبع پشتیبان برای لینک DC میزان توانایی فیلتر سری به درصد کمبود ولتاژ، ظرفیت شبکه و بار متصل به شبکه بستگی دارد. به عبارت دیگر در شرایطیکسان (ثابت بودن ظرفیت شبکه و بار متصل به آن) در صورت رخداد کمبود ولتاژهای بیشتر، درصد جبرانسازی فیلتر سری به دلیل محدودیت توان اکتیو تزریقی، محدود خواهد شد. اغتشاشات نشان داده شده در شکل (۱۱) در بازه زمانی ۲ تا ۲/۵ ثانیه ناشی از هارمونیک‌های اعمالی به ولتاژ منبع می‌باشد. با این حال همانطور که مشاهده می‌شود این هارمونیک‌ها در ولتاژ سمت بار دیده نمی‌شوند. ولتاژ لینک DC در این سناریو در شکل (۱۲) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با اعمال کمبود ولتاژ، ولتاژ لینک DC کاهش یافته و به دلیل همین کاهش و البته نبود پشتیبان توان اکتیو برای آن نمی‌توان انتظار جبرانسازی صددرصدی را داشت.

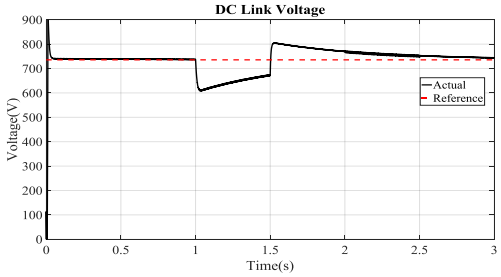


شکل (۱۰): نتایج شبیه‌سازی سناریوی اول

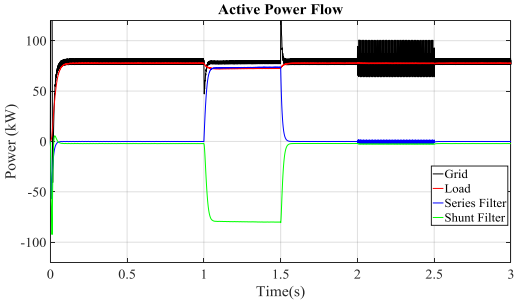


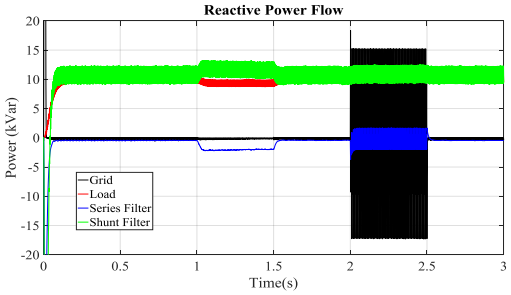
شکل (۱۱): مقایسه دامنه ولتاژ بار و منبع در سناریوی اول

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1394.4.1.4.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 4 -No. 1- spring & summer 2015

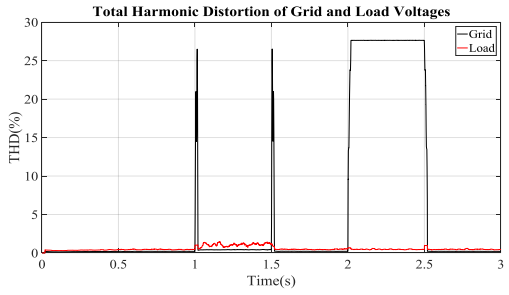


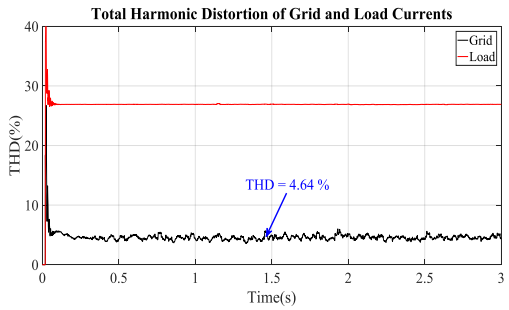
شکل (۱۲): ولتاژ لینک DCدر سناریوی اول





شکل (۱۳): نحوه شارش توان اکتیو و راکتیو در سناریوی اول





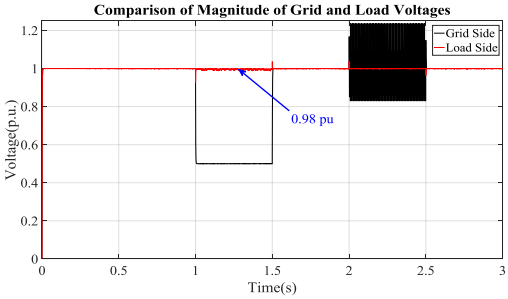
شکل (۱۴): محتوای هارمونیکی کل در سناریوی دوم

شکل (۱۳) نیز نحوه شارش توان اکتیو و راکتیو بین بخش‌های مختلف شامل شبکه، بار، فیلتر سری و فیلتر موازی را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود فیلتر سری با تزریق توان اکتیوی متناسب با کمبود ولتاژ رخ داده، ضمن بهبود ولتاژ بار، توان دریافتی از آن را نیز ثابت نگه می‌دارد. از طرف دیگر فیلتر موازی برای ثابت نگهداشتن ولتاژ لینکDC توانی برابر با توان تزریقی به شبکه توسط فیلتر سری به آن تزریق می‌کند. هر چند این توان به اندازه‌ای نیست که علاوه بر جبرانسازی توان اکتیو، دینامیک خازن را برای بازیابی ولتاژ آن تأمین نماید. همانطور که در شکل (۱۴) مشاهده می‌شود شارش توان راکتیو میان بخش‌های مختلف نیز متناسب با توان راکتیو درخواستی توسط بار است. لذا توان راکتیو تأمین شده توسط شبکه صفر و لذا ضریب توان دیده شده از سمت آن واحد می‌باشد.

۲-۵- سناریوی دوم

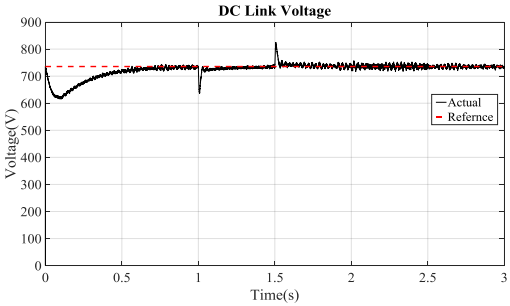
در حضور سیستم فتوولتائیک به عنوان پشتیبان لینکDC، بخش بیشتر توان اکتیو موردنیاز برای بازیابی ولتاژ لینکDC توسط سیستم فتوولتائیک تأمین می‌گردد. لذا در این سناریو با اصلاح کنترل‌کننده‌های استفاده شده در سناریوی اول، به شبیه‌سازیUPQC مبتنی بر سیستم فتوولتائیک پرداخته می‌شود.

همانطور که در شکل (۱۴) مشاهده می‌شود در حضور سیستم فتوولتائیک عملکرد UPQC در جبرانسازی محتوای هارمونیکی ولتاژ بار و جریان شبکه بهبود یافته است. هر چند به دلیل پیشتیابی اکتیو سیستم فتوولتائیک، این بهبود نتایج در جبرانسازی توان راکتیو چندان محسوس نمی‌باشد. شکل (۱۵) دامنه ولتاژ بار را در حضور سیستم فتوولتائیک نشان می‌دهد. شکل (۱۶) ولتاژ لینکDC را در سناریوی دوم نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود به دلیل پشتیبانی انجام شده توسط سیستم فتوولتائیک ولتاژ لینکDC بر روی مقدار مرجع خود قرار دارد. این موضوع نشان می‌دهد که در این حضور سیستم فتوولتائیک با تزریق بخش بیشتر توان اکتیو مورد نیاز برای جبرانسازی کمبود ولتاژ توسط سیستم فتوولتائیک، ولتاژ لینکDC تثبیت می‌گردد.شکل (۱۷) نحوه شارش توان اکتیو را در سناریوی دوم نشان می‌دهد. همانطور مشاهده می‌شود در این سناریو بخش بیشتر توان اکتیو تزریقی توسط فیلتر سری، توسط سیستم فتوولتائیک تأمین گردیده بگونه‌ای که با وجود کاهش توان اکتیو تزریقی توسط شبکه به دلیل کمبود ولتاژ در بازه زمانی ۱ تا ۱/۵ ثانیه، توان اکتیو مصرفی توسط بار بدون تغییر باقی خواهد ماند. این تأمین توان توسط سیستم فتوولتائیک مانع از افزایش جریان شبکه برای ثابت نگهداشتن توان مصرفی بار می‌گردد.

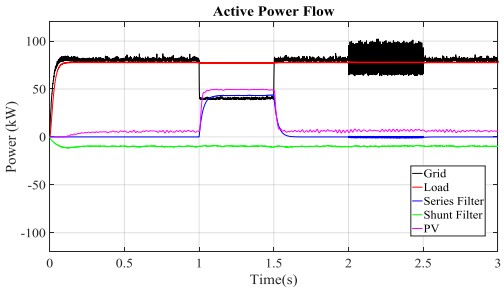


شکل (۱۵): دامنه ولتاژ سمت بار در سناریوی دوم

[DOR: 20.1001.1.23222468.1394.4.1.4.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 4 -No. 1- spring & summer 2015
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]



شکل (۱۶): ولتاژ لینک DCدر سناریوم دوم



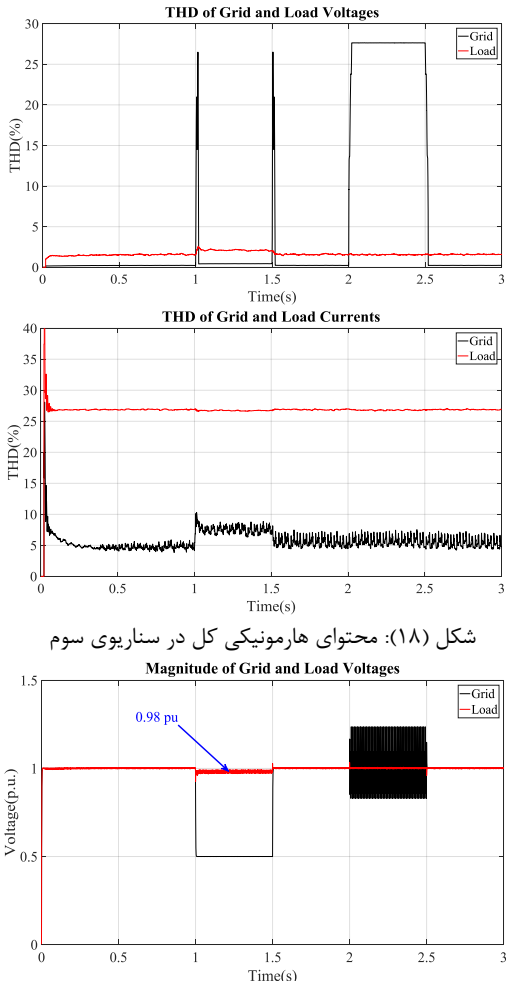
شکل (۱۷): نحوه شارش توان اکتیو در سناریوی دوم

۳-۵- سناریوی سوم

با جایگذاری مبدل یکپارچه معرفی شده و در حضور کنترل‌کننده‌های یکسان، ضمن کاهش هزینه، حجم و همچنین تلفات سیستم به خاطر کاهش تعداد سوئیچ‌های استفاده شده، می‌توان جبرانسازی توان‌های اکتیو و راکتیو را توسط فیلترهای سری و موازی انجام داد. با این حال بایستی توجه داشت که در حضور این مبدل یکپارچه به دلیل تقسیم بازه زمانی کلیدزنی بین دو فیلتر، تنها در بخشی از دوره تناوب سوئیچینگ لینکDC به هر کدام از فیلترها متصل می‌گردد. به عبارت دیگر برخلاف مبدل پشت‌به‌پشت که در آن به دلیل مستقل بودن دو خروجی، انرژی خازن در هر دوره تناوب سوئیچینگ به طور کامل می‌تواند در اختیار دو فیلتر قرار گیرد، انرژی خازن در مبدل یکپارچه طراحی شده بین دو خروجی تقسیم می‌شود. به همین منظور برای داشتن پاسخ دینامیکی مناسب برای هر دو فیلتر نیاز به بالاتر بردن ولتاژ لینکDC می‌باشد. لذا در این سناریو ولتاژ لینکDC برابر با ۹۰۰ ولت در نظر گرفته شده است در حالی که سایر پارامترهای سیستم بدون تغییر باقی مانده‌اند.همانطور که شکل (۱۸) نشان داده شده است، در حضور مبدل یکپارچه نیز فیلترهای سری و موازی به خوبی از عهده وظایف محول شده به آن‌ها برمی‌آیند بگونه‌ای که با وجود هارمونیک در سمت ولتاژ منبع و جریان بار، ولتاژ سمت بار و جریان سمت منبع دارای محتوای هارمونیکی قابل قبولی می‌باشند. با توجه به شکل (۱۹) نیز می‌توان عملکرد فیلتر سری در جبرانسازی کمبود ولتاژ در حضور سیستم فتوولتائیک و مبدل یکپارچه را تائید نمود. همانطور که مشاهده می‌شود ولتاژ سمت منبع به خوبی بازیابی گردیده به گونه‌ای که ولتاژ سمت بار به مقدار ۱ پریونیت نزدیک گردیده است. با توجه به شکل (۲۰)، در سناریوسوم نیز ولتاژ لینکDC با عملکرد مناسب کنترل‌کننده بوست در کنترل نسبت وظیفه از مقدار مرجع خود تبعیتنموده و در نتیجه جبرانسازی مناسب سری تضمین می‌گردد.

۴-۵- مقایسه نتایج

برای مقایسه هرچه بهتر نتایج بدست آمده در سه سناریو، نتایج مربوط به محتوای هارمونیکی جریان منبع، محتوای هارمونیکی ولتاژ بار و دامنه ولتاژ بار برای سه سناریو به ترتیب در شکل (۲۱)، شکل (۲۲) و شکل (۲۳) در یک فریم آورده شده است. همانطور که در شکل (۲۱) مشاهده می‌شود، از نقطه نظر محتوای هارمونیکی ولتاژ سمت بار سناریوی دوم کمترین هارمونیک را دارا می‌باشد که در مقایسه با سناریوی اول به لطف حضور سیستم فتوولتائیک و در مقایسه با سناریوی سوم به لطف مستقل بودن دو فیلتر از یکدیگر می‌باشد. با این حال با توجه به این شکل می‌توان این‌گونه استنباط نمود که حضور سیستم فتوولتائیک باعث بهبود محتوای هارمونیکی سمت بار می‌گردد. با توجه به شکل (۲۲)، از نقطه نظر محتوای هارمونیکی جریان سمت منبع نیز سناریوی دوم و سوم شرایط بهتری را دارا هستند. همانطور که در شکل (۲۳) مشاهده می‌شود،به خاطر پشتیبانی اکتیو لینکDC توسط سیستم فتوولتائیک، سناریوی دوم و سوم از شرایط بهتری برای جبرانسازی سرینیز برخوردارند.

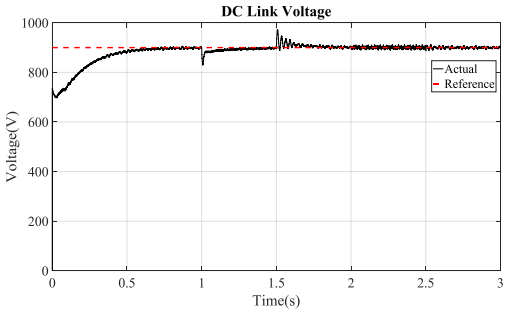


شکل (۱۸): محتوای هارمونیکی کل در سناریوی سوم

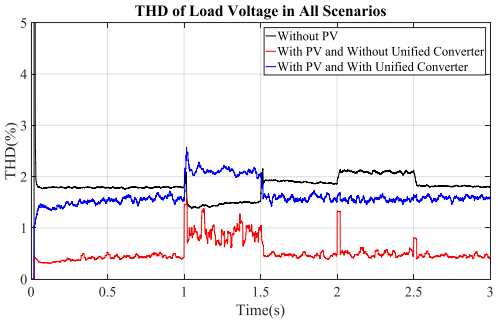
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1394.4.1.4.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 4 -No. 1- spring & summer 2015

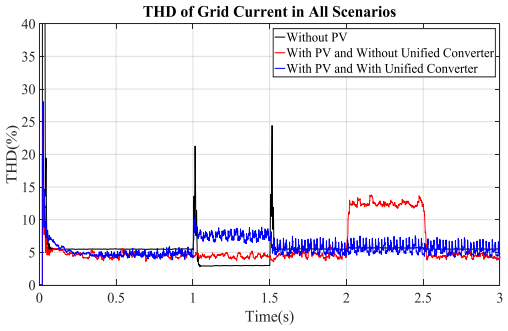
شکل (۱۹): دامنه ولتاژ بار در سناریوی سوم



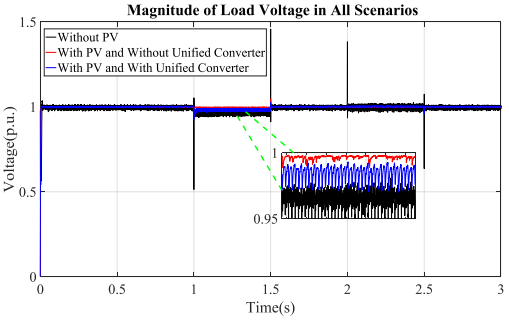
شکل (۲۰): ولتاژ لینک DCدر سناریوی سوم



شکل (۲۱): مقایسه محتوای هارمونیکی ولتاژ بار در سه سناریو



شکل(۲۲): مقایسه محتوای هارمونیکی جریان منبع در سه سناریو



شکل(۲۳): مقایسه دامنه ولتاژ بار در سه سناریو

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله با هدف بهبود هر چه بیشتر مشکلات کیفیت توان در شبکه‌های توزیع، استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک به عنوان پشتیبان اکتیو لینکDC معرفی گردید. علاوه بر این به منظور کاهش هزینه و حجم کلی سیستم، یک مبدل یکپارچه با تعداد سوئیچ کمتر برای استفاده در UPQCها ارائه شد. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که در حضور سیستم فتوولتائیک ضمن کنترل مناسب ولتاژ لینکDC، مشکلات کیفیت توان بهبود بیشتری را از خود نشان داده به گونه‌ای که ولتاژ سمت بار در حضور ۵۰ درصد کمبود ولتاژ در سمت منبع، ۱ پریونیت خواهد بود.علاوه بر این با استفاده از مبدل نه‌سوئیچه ضمن بهبود مشکلات کیفیت توان، به دلیل کاهش ۳۳ درصدی سوئیچ‌های استفاده شده، هزینه و حجم سیستم نیز ۳۳ درصد کاهش می‌یابد.

مراجع

[1] شیخ‌الاسلامی، عبدالرضا، **کیفیت توان سیستم‌های الکتریکی**، چاپ اول، انتشارات دانشگاه مازندران، ۱۳۷۸.

[2] E. Fuchsand M.AM. Masoum, "*Power Quality in Power Systems and Electrical Machines*, Second Edition, Elsevier/Academic Press,2015.

[3] Institute of Electrical and Electronics Engineers,"*IEEE standard 519-1992:Recommended practices and requirements for harmonic control in electronic power systems*", IEEE, 1993.

[4] P. Yash, A. Swarup and B. Singh,"*Comparison of three control algorithms for single-phase UPQC*", International Conference on Energy, Automation and Signal, pp. 1-5, 2011.

[5] R.A. Modesto, S.A.O. Silva and A.A. Júnior, "*Power quality improvement using a dual unified power quality conditioner/uninterruptible power supply in three-phase four-wire systems*", IET Power Electronics, Vol. 8, No. 9, pp. 1595-1605, 2015.

[6] R.K. Patjoshi, and K. Mahapatra, "*Non-linear sliding mode control with SRF based method of UPQC for power quality enhancement*", 9th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS), pp. 1-6, 2014.

[7] F. Hosein-Zdeh, A. Edrisian and M.R. Naseh,"*Power Quality Improvement in Distributed Generation Resources using UPQC*", International Journal of Renewable Energy, Vol. 4, No. 3, pp. 795-801, 2014.

[8] P.K. Ray, S.K. Dash, S. Mishra and G.H. Beng, "*UPQC-PV Solving Power Quality Issues based on System Generator FPGA Controller*", 1stIEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES), pp. 1-6, 2016.

[9] S. Patra, M. Narayana, S. R. Mohanty and N. Kishor, "*Power Quality Improvement in Grid-connected Photovoltaic–Fuel Cell Based Hybrid System Using Robust Maximum Power Point Tracking Controller*", Electric Power Components and Systems Journal, Vol. 43, No. 20, pp. 2235-2250, 2015.

[10] C. Liu, B. Wu, N. Zargari and D. Xu, "*A novel three-phase threeleg AC/AC converter using nine IGBTs*," IEEE Transaction on Power Electronic,Vol. 24, Vo. 5, pp. 1151–1160, 2009.

[11] A. Khodadoost and A. Radan, "*Novel comparative study between SVM, DTC and DTC-SVM in Five-Leg Inverter to drive two motors independently*," Power Electronics, Drive Systems and Technologies Conference (PEDSTC), 2013, pp. 294-301.

[12] L. Motta and N. Faúndes,"*Active/passive harmonic filters: Applications, challenges & trends*", 17th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), pp. 657-662, 2016.

[13] S. Poongothai and S. Srinath,"*LS-UPQC for simultaneous voltage and current compensation*", International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT), pp. 220-226, 2016.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1394.4.1.4.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 4 -No. 1- spring & summer 2015
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]

[14] Y. Bouzelata, E. Kurt, R. Chenni and N. Altın, "*Design and simulation of a unified power quality conditioner fed by solar energy*", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 40, No. 44, pp. 15267-15277, 2015.



اسماعیل موحدی اصل در کشور عربستان سعودی و در شهر مکه مکرمه متولد شده است (۱۳۷۲). وی تحصیلات خود در مقطع کارشناسی را در رشته مهندسی برق-قدرت و در سال ۱۳۹۲ سپری کرده و از سال ۱۳۹۴ مشغول تحصیل در مقطع کارشناسیارشدمهندسیبرق- قدرتدر گروه مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور می‌باشد. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینها دوات FACTS، کیفیت توان، و استفاده از تولیدات پراکنده مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختار اداوت FACTS می‌باشد.



علی اصغر شجاعیتحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق-قدرت در دانشگاه آزاد اسلامی (۱۳۸۵)، کارشناسی‌ارشد مهندسی برق-قدرت در دانشگاه صنعتی مالزی (۱۳۸۷) و دکتری مهندسی برق-قدرت دردانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی مالزی (۱۳۹۲) سپری کرده است.همچنین ایشان از سال ۱۳۸۸ به مدت چهار سال به عنوان محقق در مرکز پژوهشی هوش مصنوعی و رباتیک دانشگاه صنعتی مالزی مشغول به فعالیت بودند. ایشان از سال ۱۳۹۴تاکنون استادیار گروه مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور می‌باشد. فعالیت‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان پایداری و قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت و کنترل‌کننده‌های مبتنی بر شبکه‌های عصبی می‌باشد.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1394.4.1.4.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 4 -No. 1- spring & summer 2015
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]