ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۲۹۸۰-۷۷۸۶ISSN

شماره مجوز مجله:۸۰۴۰۰ زمان چاپ:۱۴۰۲/۱۱/۲۰

بررسی و تحلیل جبران هارمونیک (مولفه فرکانس بالا) و توان راکتیو (ولتاژ و جریان بدون فاز) توسط سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه

امیر شاطری[۱]

[۱]فارغ التحصیل مقطع کارشناسی پیوسته مهندسی برق موسسه آموزش عالی آپادانا شیراز؛ ایران

Amir.sh197799@gmail.com

چکیده

در این تحقیق و مقاله پیش‌بینی می‌شود که تولید پراکنده نقش مهمی در سیستم قدرت الکتریکی در آینده نزدیک ایفا کند. به طور گسترده پذیرفته شده است که تولید فتوولتائیک در حال حاضر توجه کاربران را در بازار تولید پراکنده جلب کرده است. به منظور بررسی توانایی واحدهای فتوولتائیک در سیستم‌های توزیع، مدل‌سازی کارآمد آنها مورد نیاز است. این تحقیق و مقاله یک مدل پویا از یک سیستم تولید فتوولتائیک ارائه می‌کند. افزایش اعمال بارهای غیرخطی ممکن است باعث مشکلات کیفیت برق سیستم توزیع شود. به منظور استفاده از مبدل های رابط واحد تولید پراکنده برای جبران فعال هارمونیک ها، این تحقیق و مقاله یک رویکرد کنترل پیشرفته را پیشنهاد می کند. در این تحقیق و مقاله، استراتژی قاب مرجع سنکرون انتخاب شده است و یک سیستم تولید فوتوولتائیک متصل به شبکه می تواند توان اکتیو را به شبکه ارسال کند، هارمونیک ها را جبران کند و توان راکتیو تولید شده توسط بارهای محلی را جذب کند. مدل های کنترل کننده مبدل در نرم افزار متلب و ابزار سیمیولینک پیاده سازی شده اند. عملکرد مدل فتوولتائیک پیاده‌سازی شده با بار ایزوله بررسی می‌شود. استراتژی چارچوب مرجع همزمان برای تولید مرجع فعلی برای جبران و کنترل کننده های انتگرال متناسب معمولی برای کنترل استفاده می شود. این استراتژی از تحولات هماهنگ برای جداسازی محتوای راکتیو و هارمونیک در جریان بار استفاده می کند. طراحی کنترل‌کننده‌های حلقه بسته با مدل‌سازی آن‌ها به عنوان سیستم‌های مرتبه اول ساده نگه داشته می‌شود. مطالعات شبیه‌سازی نتایج خوبی را با جبران جریان راکتیو نشان داد که تقریباً نتیجه ایده‌آل ضریب توان نزدیک به واحد و جریان‌های هارمونیک را به میزان بیشتری جبران می‌کند.

کلمات کلیدی: تولید پراکنده، سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه، کیفیت توان، جبران توان راکتیو، استراتژی چارچوب مرجع همزمان

۱- مقدمه

تولید پراکنده را می توان به عنوان تولید برق در شبکه های توزیع یا در سمت مصرف کننده شبکه تعریف کرد. برای استفاده از مبدل های رابط برای جبران هارمونیک ها، یک رویکرد کنترل جریان افزایش یافته در [۱] معرفی شده است. با کنترل

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۲۹۸۰-۷۷۸۶ISSN

اینورتر، توان اکتیو و راکتیو مورد نیاز بار را می توان برآورده کرد [۲]. واحدهای تولید پراکنده که با اینورترهای استاتیک رابط دارند، به طور فزاینده ای به کار گرفته می شوند و به دلیل این واقعیت که سیستم های برق معمولی روز به روز بیشتر و بیشتر می شوند، به کار گرفته می شوند. تحت فشار افزایش تقاضای برق، محدودیت قابلیت تحویل برق، عوارض در ساخت خطوط انتقال جدید و خاموشی [۵-۹]. کیفیت برق، ایمنی و نگرانی های زیست محیطی و انگیزه های تجاری منابع انرژی جایگزین [۳-٤] را محبوب کرده است. تکنیک های کنترل مختلفی در [۱۰] ارائه شده است. این مقاله به مدل‌سازی، شبیه‌سازی و هارمونیک‌ها و جبران توان راکتیو تولید پراکنده مبتنی بر فتوولتائیک متصل به شبکه می‌پردازد. در این تحقیق و مقاله، استراتژی چارچوب مرجع همزمان برای تولید مرجع فعلی برای جبران و از کنترل‌کننده‌های انتگرال متناسب معمولی برای کنترل استفاده می‌شود. استراتژی چارچوب مرجع سنکرون از تبدیل هماهنگی برای جداسازی محتوای راکتیو و هارمونیک در جریان بار استفاده می کند. تکنیک های کنترل پیشنهاد شده در [۱۱] تعداد اندازه گیری ها و حسگرها را به حداقل می رساند [۱۲]. عملکرد سیستم تولید پراکنده متصل به شبکه را ارائه می دهد که توسط مبدل افزایش دهنده جریان مسقیم به جریان مستقیم و یک اینورتر منبع ولتاژ جریان مستقیم به جریان متناوب هدایت می شود و طراحی، مدل سازی و کنترل مبدل های قدرت برای بهبود کیفیت توان در یک سیستم تولید پراکنده متصل به شبکه در ارائه شده است [۱۳].

۲- پیشینه تحقیق و پژوهش

تولید پراکنده، تولید نامتمرکز، انرژی نامتمرکز یا انرژی پراکنده که در زبان انگلیسی به اختصار (DG) نامیده می‌شود که مخفف (Distributed Generation) است به تولید برق از منابع کوچک انرژی گفته می‌شود. تولید پراکنده به مواردی گفته می‌شود که برق در همان محل مصرف یا در نزدیکی محل مصرف تولید می‌شود. تولید پراکنده نیروگاه‌های مقیاس کوچکی هستند که ظرفیت حداکثری تولید آنها ۲۵ مگاوات می‌باشد. تولید پراکنده به آن دلیل به وجود آمد که در برخی از نقاط افت جریان و ولتاژ مشاهده می‌شد. این طرح جهت پرکردن این نقایص مطرح شد. تولید پراکنده به دو دسته تولید همزمان برق و حرارت و نیز برق، سرما و حرارت (CCHP) که مخفف (Combined Cooling Heat And Power) تقسیم می‌شود. منظور از تولید همزمان، تولید برق در کنار صور دیگر انرژی و استفاده از همه موارد به‌طور همزمان است. مولد تولید همزمان مولدی است که اتلاف حرارت آن مستقیماً مورد استفاده قرار گرفته یا برای تولید آب گرم، بخار یا کاربردهای دیگر بازیافت می‌شود. از مزایای مهم تولید همزمان این است که بازده الکتریکی مؤثر آن بیش از ۱،۵ برابر بازده نیروگاه‌های حرارتی است. در حال حاضر، کشورهای صنعتی بیشتر برق خود را در تأسیسات بزرگ متمرکز مثل سوخت فسیلی (زغال سنگ، گاز)، هسته‌ای یا برق‌آبی تولید می‌کنند. این نیروگاه‌ها هزینه‌ها را به خوبی کاهش می‌دهند، اما برق را معمولاً به مسافت‌های دور منتقل می‌کنند و محیط زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تولید پراکنده روش دیگر است. این روش حجم تلفات انرژی در برق منتقل شده را کم می‌کند زیرا برق بسیار نزدیک جایی که در آن مصرف می‌شود، یا حتی در همان ساختمان، تولید می‌شود. این کار اندازه و تعداد خطوط قدرتی که باید ساخته شوند را کم می‌کند. تولید پراکنده اگرچه مفهومی نوین در ادبیات اقتصادی صنعت برق است ولی ماهیت واقعی آن چندان جدید نیست. در روزهای نخستین تولید برق، تولید پراکنده یک اصل فراگیر بود، به این گونه که اولین نیروگاه‌های برق تنها مشترکان نزدیک و همسایه خود را تغذیه می‌کردند. با توجه به این‌که شبکه‌های جریان مستقیم اولین شبکه‌های برق بودند به منظور ایجاد تعادل بین تولید و مصرف از منابع ذخیره موجود در محل مانند باتری‌ها استفاده می‌شد. بعدها و بر اثر پیشرفت فناوری (مانند به وجود آمدن شبکه‌های جریان متناوب) این امکان پیدا شد که برق در مسافت‌های طولانی انتقال پیدا کند. اندک اندک سیستم‌های

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۲۹۸۰-۷۷۸۶ISSN

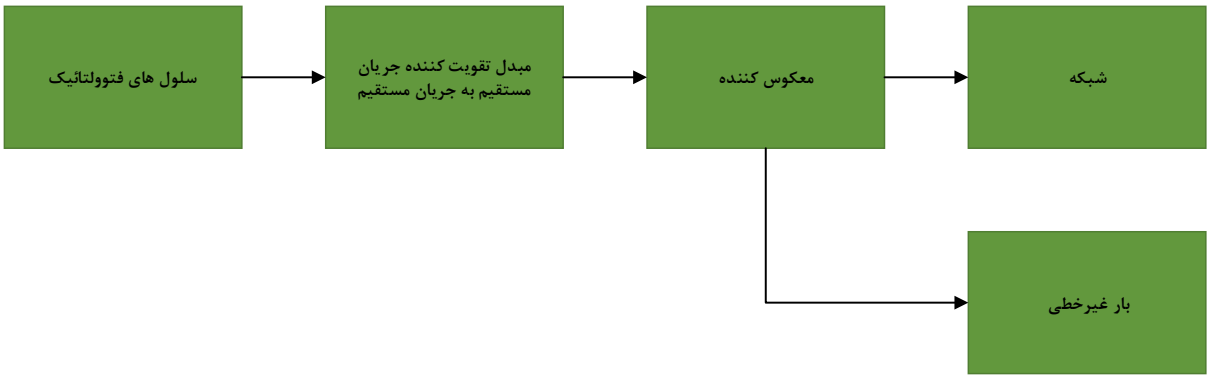
عظیم الکتریکی شامل نیروگاه هاو شبکه‌های بزرگ انتقال و توزیع به وجود آمد. تعادل بین تولید و مصرف از طریق میانگین اثر تعداد زیادی از بارهای لحظه‌ای انجام شد و امنیت این شبکه‌های بزرگ افزایش پیدا کرد به این صورت که در صورت وقوع خطا و از مدار خارج شدن یکی از منابع، دیگر منابع موجود به شبکه وظیفه جبران تولید را بر عهده می‌گرفتند. در دهه‌های اخیر، پیشرفت‌های فناوری، تغییرات اقتصادی و مقررات زیست‌محیطی سبب شده که نسبت به مفهوم تولید پراکنده علاقه‌مندیهای فراوانی به وجود آید. آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۰۲ اعلام کرد که این ۵ عامل اساسی در فراگیر شدن مفهوم تولید پراکنده نقش داشته‌است: توسعه فناوریهای تولید پراکنده، محدودیت در ساخت خطوط انتقال، افزایش تقاضای انرژی پایدار از سوی مشترکان، خصوصی‌سازی بازار برق و نگرانی‌های تغییرات آب و هوا. در واقع اگر مالک تولید پراکنده شرکت توزیع باشد، اهداف مورد نظر می‌تواند آزادسازی ظرفیت شبکه توزیع، بهبود قابلیت اطمینان سیستم، تولید همزمان برق و حرارت، بهبود کیفیت توان و پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات باشد. اگر مالکیت تولید پراکنده در اختیار مشترک باشد، این اهداف می‌تواند فروش برق و شرکت در بازار انرژی، فروش برق به عنوان سرویس جانبی، بهبود قابلیت اطمینان خود یا تشویق‌های دریافتی از شرکت توزیع و ... باشد. متأسفانه چون مالکیت بیشتر تولیدات پراکنده در اختیار مشترکین می‌باشد، لذا شرکت‌های توزیع کنترل کمتری روی اندازه و محل نصب تولیدات پراکنده دارند. در نتیجه برای جلوگیری از تأثیرگذاری منفی تولیدات پراکنده بر پارامترهای مختلف سیستم، باید یک استاندارد کلی و جامع برای کنترل، نصب و جایابی این تولیدات وجود داشته باشد. به‌طور کلی هدف از استفاده از منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع، تأمین تمام یا قسمتی از توان مصرفی شبکه به‌صورت تمام وقت یا پاره وقت می‌باشد که در این میان هدف اصلی تولید توان اکتیو است. در ساختار قدیم صنعت برق در کشورهای پیشرفته و وضعیت موجود بسیاری از کشورها، وظایف تولید، انتقال و توزیع توان بر عهده شرکت‌های برق مجتمع بود. افزایش میزان تقاضای توان در چند سال اخیر، در بسیاری از کشورها موجب شد که این شرکت‌ها نتوانند به صورت مؤثر، جوابگوی این میزان تقاضای زیاد باشند. در نتیجه خاموشی، قطع برق و معیوب شدن تجهیزات و ... در بسیاری از کشورها، به ویژه ایالات متحده صورت گرفت و به تبع آن قیمت‌ها در دوره‌های پیک به شدت بالا رفت. این در حالی بود که همراه با رشد اقتصادی کشورها که منجر به افزایش میزان انرژی مورد نیاز آن‌ها بود، مسئله کیفیت توان و قابلیت اطمینان آن نیز اهمیت پیدا نمود. علاوه بر این، بحران نفت در سال ۱۹۷۳ موجب شد که بسیاری از کشورهایی که در صنعت خود به سوخت‌های فسیلی وابسته بودند، در پی یافتن جایگزینی مناسب برای این سوخت‌ها باشند. همچنین با افزایش آگاهی عمومی در مورد مسائل زیست‌محیطی، یافتن جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی اهمیت بیشتری پیدا کرد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انرژی خورشید، باد، آب، بیوماس، زمین گرمایی و ... که از نظر زیست‌محیطی مناسب بوده، می‌توانند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی باشند. بدین ترتیب عواملی مانند تجدید ساختار صنعت برق، نیاز به افزایش ظرفیت سیستم و پیشرفت تکنولوژی‌ها به طور همزمان، پایه و اساس معرفی تکنولوژی‌های تولید پراکنده می‌باشند.

۳- معماری و طراحی سیستم پیشنهادی

سیستم تولید پراکنده مبتنی بر فتوولتائیک متصل به شبکه، انرژی الکتریکی را به همان دامنه، فرکانس و فاز با شبکه برق تبدیل می کند و همچنین انرژی الکتریکی را برای بارهای محلی تامین می کند. نمایش بلوک دیاگرام سیستم پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده شده است.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۲۹۸۰-۷۷۸۶ISSN



شکل ۱. نمایش بلوک دیاگرام (فلوچارت) سیستم پیشنهادی.

عنصر اساسی سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه، اینورتر سه فاز است. اینورترها جزء مهمی از سیستم متصل به شبکه هستند که نقش آنها تبدیل جریان مستقیم به جریان متناوب با دامنه، فرکانس و هم فاز با شبکه است. علاوه بر این، اینورترها باید از اعتبار و قابلیت اطمینان بالایی برخوردار باشند و از امنیت بارهای محلی و شبکه برق اطمینان حاصل کنند. با استفاده گسترده از بارهای محلی غیر خطی، منابع هارمونیک بیشتر و بیشتر می شوند و تاثیر آنها بر کیفیت توان را نمی توان نادیده گرفت. کنترل سیستم متصل به شبکه عمدتاً موجود برای به دست آوردن ضریب توان واحد، کاهش ولتاژ و تورم است که می تواند کارایی انتقال انرژی را تضمین کند، اما نیاز به جبران توان راکتیو و هارمونیک با اصل مجاورت را نادیده گرفت. در این تحقیق و مقاله، بر اساس استراتژی قاب مرجع سنکرون، تشخیص توان راکتیو و جریان هارمونیک و استراتژی کنترل اینورترها، یک سیستم جدید متصل به شبکه تولید پراکنده مورد بررسی قرار گرفته است که نه تنها توان اکتیو را انتقال می دهد، بلکه جریان هارمونیک را جبران می کند. تولید شده توسط بارهای محلی و توان راکتیو جذب شده توسط آنها.

۴- سیستم متصل به شبکه

اصل عملیاتی اساسی سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه به شرح زیر است:

ولتاژ شبکه و جریان بارهای غیر خطی محلی را تشخیص می دهد. این سیگنال جریان فرمان شامل مولفه هارمونیک و مولفه راکتیو جریان بار و همچنین جزء فعال انتقال به شبکه برق را محاسبه و دریافت می کند. جریان جبرانی واقعی را که جریان فرمان برانگیخته است ردیابی می کند و جزء هارمونیک و راکتیو جریان شبکه را جبران می کند و هارمونیک ها و مولفه راکتیو جریان بار را جبران می کند و جزء فعال جریان شبکه را جبران می کند و توان اکتیو بار و توان را فراهم می کند. توری. این تحقیق و مقاله یک سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه را پیشنهاد می‌کند. این عمدتا از دو بخش تشکیل شده است، یکی مدار تشخیص مؤلفه هارمونیک و راکتیو، دیگری مداری است که جریان جبران را تولید می کند. در اینجا جریان بار دارای سه جزء فعال، راکتیو و هارمونیک است. ایده اصلی این است که اینورتر منبع ولتاژ را به گونه ای کنترل کنیم که جریان های راکتیو و هارمونیک مورد نیاز بار را تحویل دهد. از این رو کنترل کننده باید مرجع جریان تولید کند که شامل محاسبه جریان راکتیو و هارمونیک جذب شده توسط بار است.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۲۹۸۰-۷۷۸۶ISSN

۴-۱- نسل مرجع فعلی

این تحقیق و مقاله بر اساس استفاده از تبدیل مختصات برای جداسازی محتوای راکتیو و هارمونیک جریان بار است. استراتژی مورد استفاده استراتژی چارچوب مرجع همزمان است. هنگامی که مرجع جریان تولید شد، کار بعدی طراحی کنترلر است و وظیفه کنترلر این است که جریان خروجی اینورتر منبع ولتاژ را مطابق با مرجع جریان قرار دهد. استراتژی چارچوب مرجع همزمان یک روش محبوب است که در تولید مرجع فعلی استفاده می شود. از تبدیل های مختصات برای تولید مرجع فعلی استفاده می کند. برای این منظور از تبدیل آلفا-بتا و تبدیل مستقیم-عمود-صفر یا تبدیل پارک استفاده می کند. تبدیل آلفا-بتا فقط با دو معادله به جای سه معادله سروکار دارد. بنابراین، در تلاش محاسباتی زیادی صرفه جویی می کند. دگرگونی پارک چیزی نیست جز یافتن اجزای جریان بار در جهت بردار فضای ولتاژ و در چهارچوب آن.

۴-۲- تولید جریان مرجع در صفحه مستقیم-عمود

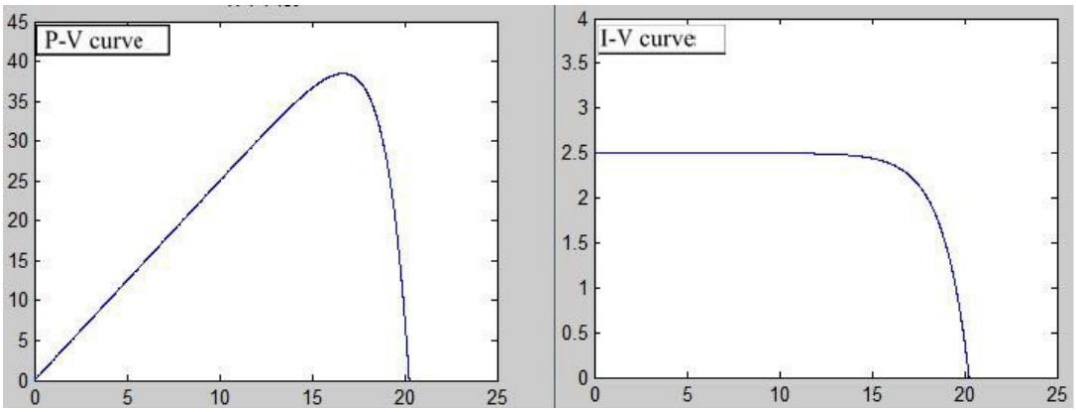
در روش جبران سازی فوق، تنها جایی که از فیلتر استفاده می شود، فیلتر بالاگذر در محور مستقیم است. این به عنوان یک فیلتر پایین گذر اجرا می شود که خروجی آن از سیگنال اصلی کم می شود. از آنجایی که فیلتر بالا گذر باید فقط مولفه جریان مستقیم را مسدود کند، فرکانس قطع فیلتر پایین گذر مثلاً ۱۰ هرتز تنظیم می شود. در حال حاضر، خروجی فیلتر پایین گذر جریان مستقیم است، هیچ قدر یا انحراف فاز نخواهد داشت. بنابراین، لازم نیست هیچ جا جبران کننده ای وجود داشته باشد. بنابراین، تحول پارک پیچیدگی اجرا را کاهش می دهد.

۵- شبیه سازی و نتایج

شکل ۲ مشخصات توان-ولتاژ و جریان-ولتاژ ماژول فتوولتائیک را با تابش ثابت و دمای ثابت با ولتاژ مدار باز ۲۰ ولت و جریان اتصال کوتاه ۲,۵ آمپر نشان می دهد. برای شبیه سازی سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه، یک مدار معادل یک سلول خورشیدی به عنوان منبع جریان موازی با یک دیود در نظر گرفته شده است. خروجی منبع جریان مستقیماً با انرژی خورشیدی متناسب است. در این شبیه سازی، آرایه فتوولتائیک حداکثر توان ۵۲,۵ وات را در ولتاژ مدار باز ۲۰ ولت و جریان اتصال کوتاه ۲,۵ آمپر تولید می کند. این سلول های فتوولتائیک به تقویت جریان مستقیم به جریان مستقیم تغذیه می شود. مبدلی که ولتاژ را افزایش می دهد. یکپارچه سازی شبکه سلول فتوولتائیک از طریق اینورتر انجام می شود. اینورترها تمام توان اکتیو تولید شده توسط سیستم فتوولتائیک را به شبکه برق تزریق می کنند. رفتار اینورتر توسط واحد کنترل کننده فرمان داده می شود که کنترل توان راکتیو و کیفیت توان بالا را انجام می دهد. اتصال بین آرایه فتوولتائیک و اینورتر توسط یک خازن پیوند جریان مستقیم کار می کند. کنترل ولتاژ لینک ولتاژ-جریان مستقیم؛ جریان مستقیم؛ جریان برق را در سیستم متعادل می کند. اینورتر فتوولتائیک در نقطه اتصال مشترک به شبکه متصل است.

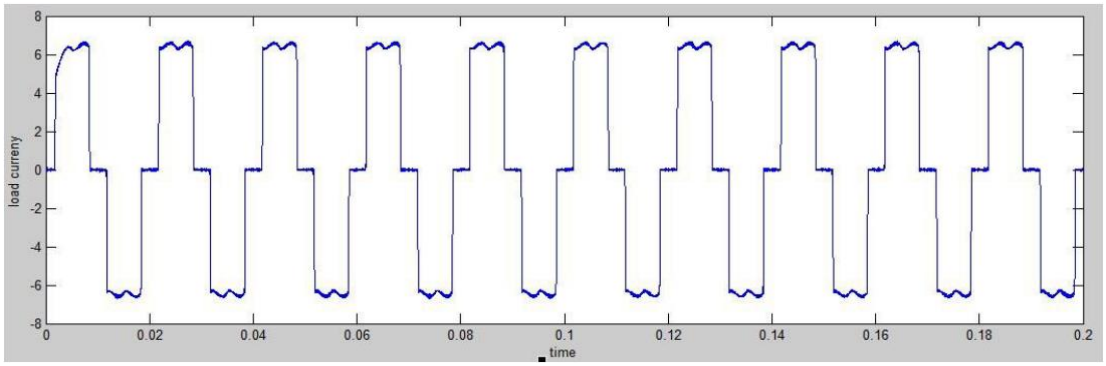
ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۲۹۸۰-۷۷۸۶ISSN

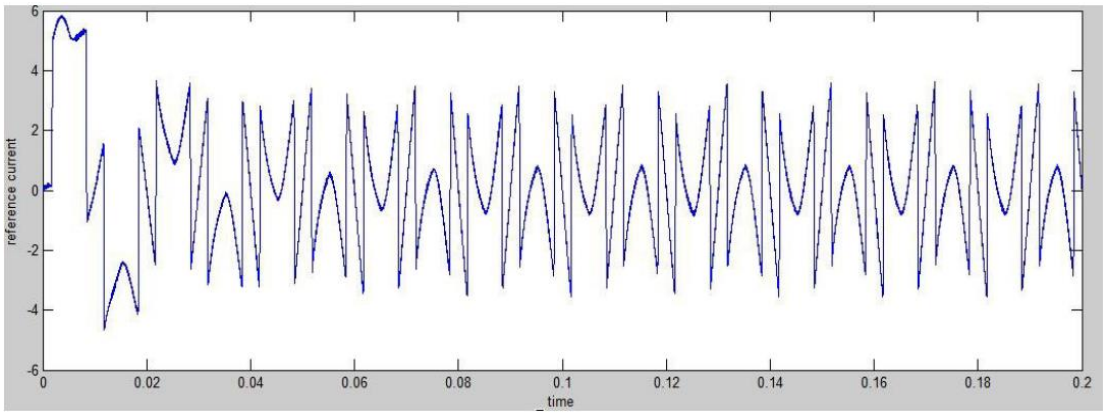


شکل ۲. نمودارهای توان-ولتاژ و جریان-ولتاژ حاصل از شبیه سازی آرایه فتوولتائیک.

مدل کامل سیستم تحت محیط نرم افزار متلب و ابزار سیمیولینک شبیه سازی شده است. شکل موج خروجی مبدل تقویت کننده جریان مستقیم به جریان مستقیم با فتوولتائیک به عنوان ورودی به مبدل به دست می آید و این ولتاژ در زمان ۰,۰۵ ثانیه به ۸۰ ولت می رسد. یکسو کننده دیود بار اهمی-سلفی را در هر فاز تامین می کند. این بار غیر خطی جریان های هارمونیک را از شبکه به طور پیوسته می کشد و این جریان در شکل ۳ نشان داده شده است. شکل ۴ جریان مرجع را که باید توسط مدار کنترل ردیابی شود و شکل ۵ جریان ردیابی را نشان می دهد.



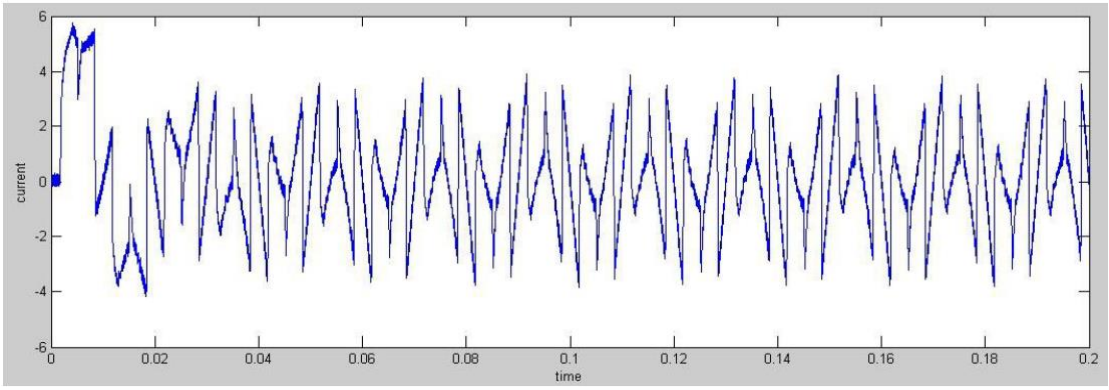
شکل ۳. جریان بار یک فاز.



شکل ۴. جریان منبع.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۲۹۸۰-۷۷۸۶ISSN



شکل ۵. جریان ردیابی.

نتایج نشان می‌دهد که توان راکتیو (Q) گرفته‌شده از شبکه از زمان ۰,۰۵ ثانیه به بعد در صفر حفظ می‌شود. نشان دادن جبران توان راکتیو بار. ولتاژ باس جریان مستقیم ثابت است. همچنین مشاهده می شود که ولتاژ و جریان شبکه پس از جبران، اینفاز هستند و شبکه نیازی به تامین جریان های راکتیو و هارمونیک برای بار ندارد.

۶- نتیجه گیری

کنترل کننده مبتنی بر چارچوب مرجع سنکرون برای یک سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه شبیه سازی شد و نتایج مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار گرفت. این تحقیق و مقاله نشان می دهد که سیستم عملکرد دینامیکی خوبی را تحت شرایط بار متفاوت ارائه می دهد. در حالی که جبران جریان راکتیو نتایج بسیار مطلوبی می دهد، عملکرد هارمونیک تا حد زیادی به بار بستگی دارد. هارمونیک ها ممکن است به دلیل محدودیت های ایجاد شده توسط اینورتر که می تواند ولتاژ را فقط به معنای میانگین زمانی تولید کند، به طور کامل جبران نشود. وجود حلقه قفل فاز از مشکلات همگام سازی بین تولید پراکنده و شبکه جلوگیری می کند.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

۲۹۸۰-۷۷۸٦ISSN

منابع و مراجع

[۱] Jinwei He,Yun Wei Li,Frede Blaabjerg and Xiongfei Wang , Active Harmonic Filtering Using Current Controlled, Grid-Connected DG Units With Closed-Loop Power Control, IEEE Transactions on Power Electronics.vol.۲۹,no ۲, p ٦٤۲-٦٥۳,February.۲۰۱٤.

[۲] Edris Pouresmaeil,Carlos Miguel-Espinar,Miquel Massot-Campos,Daniel Montesinos-Miracle and Oriol Gomis-Bellmunt , A control Technique for Integration of DG Units to the Electrical Networks, IEEE Transactions on Industrial Electronics,vol. ٦۰,no ۷,p ۲۸۸۱- ۲۸۹۳,July.۲۰۱۳.

[۳] Si-Hun Jo,Seo Eun Son and Jung-Wook Park ,On improving Distortion Power Quality Index in Distributed Power Grids, IEEE Transactions on Smart Grid.,vol. ٤,no ۱,p ٥۸٦-٥۹٥,March.۲۰۱۳.

[٤] Prakash K . Ray, Soumya R. Mohanty, and Nand Kishor , Classification of Power Quality Disturbances Due to Environmental Characteristics in Distributed Generation System, IEEE Transactions on Sustainable energy.,vol. ٤,no ۲, p ۳۰۲-۳۱۳,April ۲۰۱۳.

[٥] Rafael Amral Shayani and Macro Aurelio Goncalves de Oliveira , Photovoltaic Generation Penetration Limits in Radial Distribution Systems, IEEE Transactions on Power Systems.vol.۲٦,no. ۳,p ۱٦۲٥-۱٦۳۱,August.۲۰۱۱.

[٦] T. Zhou and B. François, Energy management and power control of a hybrid active wind generator for distributed power generation and grid integration, IEEE Trans. Ind. Electron., vol. ٥۸, no. ۱, p. ۹٥–۱۰٤, Jan. ۲۰۱۱.

[۷] M Singh, V. Khadkikar, A. Chandra, and R. K. Varma, Grid interconnection of renewable energy sources at the distribution level with power quality improvement features, IEEE Trans. Power Del., vol. ۲٦, no. ۱, p. ۳۰۷–۳۱٥, Jan. ۲۰۱۱.

[۸] M. F. Akorede, H. Hizam, and E. Pouresmaeil, Distributed energy resources and benefits to the environment, Renewable Sustainable Energy Rev., vol. ۱٤, no. ۲, p. ۷۲٤–۷۳٤, Feb. ۲۰۱۰.

[۹] C. Mozina, Impact of green power distributed generation, IEEE Ind. Appl. Mag., vol. ۱٦, no. ٤, p. ٥٥–٦۲, Jun. ۲۰۱۰.

[۱۰] E. Pouresmaeil, D. Montesinos-Miracle, O. Gomis-Bellmunt, and J. Bergas-Jané, A multi-objective control strategy for grid connection of DG (distributed generation) resources, Energy, vol. ۳٥, no. ۱۲, p. ٥۰۲۲–٥۰۳۰, Dec. ۲۰۱۰.

[۱۱] Milka Salo and Heikki Tuusa , A Novel open-Loop Control Method for a Current Source Active power Filter, IEEE Transactions on Industrial Electronics,vol. ٥۰,no ۲,p ۳۱۳-۳۲۱,April.۲۰۰۳.

[۱۲] Giovani Guarienti Pozzebon, Amilcar Flamarion Querubini Goncalves,Guido Gomez Pena, Nilton Eufrazio Martino Mocambique and Ricardo Quadros Machado ,Operation of a Three-Phase Power Converter Connected to a Distribution System, IEEE Transactions on Industrial Electronics,vol. ٦۰,no ٥,p ۱۸۱۰-۱۸۱۸,May.۲۰۱۳.

[۱۳] V. Hima Leela and S Thai Subha , Control of Power Converter for Power Quality Improvement in a Grid Connected PV system, ICCPCT, IEEE, ۲۰۱۳, p. ۲٦-۳۰.