ارائه الگوریتم نوین کنترلی در اصلاحگر دینامیکی ولتاژ (DVR) به منظور بهبود کیفیت توان و اصلاح ولتاژ در شبکه های توزیع

عبدالرضا ربیعی*[۱]، بهنام اصغریان دستنائی [۲]

*۱- استادیار گروه برق و الکترونیک، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شهرکرد rabiee@iust.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه برق، دانشکده فنی مهندسی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک ، asgharyan774@gmail.com

تاریخ دریافت:۹۳/۱۲/۰۱ تاریخ پذیرش:۹۴/۰۱/۲۵

چکیده: یکی از مهمترین مسائل در بارهای حساس امروزی، کیفیت ولتاژ می باشد. راهکار حل این مساله استفاده از تجهیزات توان سفارشی (Custom Power Devices) در شبکه های توزیع می باشد. یکی از تجهیزات توان سفارشی اصلاحگر دینامیکی ولتاژ (DVR) است. DVR با اهداف اصلاح ولتاژ، اصلاح اعوجاجات توان و حذف هارمونیک های مزاحم و ایجاد تعادل بین DG ها در شبکه های توزیع و فشار ضعیف مورد استفاده قرار می گیرد. سیستم کنترلی جدید DVR به کمک دو PI کنترلر خطاها را به مؤلفه های D و Q ولتاژ بار اعمال می کند و با ولتاژ مرجع در حالت D و Q مقایسه کرده و اختلاف آن را در زمان خطا و وجود تفاوت میان دو ولتاژ، به گین تقویت سیگنال می دهد و سپس پالس موردنیاز اینورتر منبع ولتاژی (VSI)را ایجاد می کند. گین تقویت سیگنال موجب افزایش کیفیت و تداوم پالس ایجاد شده می شود و این قابلیت را به DVR می دهد که در مدت زمان طولانی نیز بتواند جبران سازی افت و اضافه ولتاژ را انجام دهد

واژه‌های کلیدی: اصلاحگر دینامیکی ولتاژ (DVR)، افت و اضافه ولتاژ، کیفیت توان، تئوری قاب مرجع سنکرون(SRF)

۱- مقدمه

سیستم های توزیع قدرت ایده آل باید یک توان ثابت و بدون اعوجاج با یک شکل موج ولتاژ سینوسی صاف با دامنه ی ولتاژ مطلوب در فرکانس نامی، به مصرف کننده تحویل دهد. اگر چه در سیستم های قدرت بویژه سیستم های توزیع تعداد زیادی بار غیر خطی وجود دارد که روی کیفیت توان و ولتاژ ارسالی منبع به آنها، تاثیر می گذارند اینگونه بارها موجب ایجاد اعوجاج در شکل موج ولتاژ شده و اختلالاتی در شبکه بوجود می آورند. با این وجود اگر در این سیستم توزیع یک بار حساس به تغییرات و نوسانات ولتاژ به صورت دینامیکی قرار گرفته باشد، باید تدابیری اندیشید که این نوسانات به بار حساس ارسال نشود چون موجب خاموش سازی مقطعی و یا دائمی بار شده و تبعات جبران ناپذیر بعدی را به همراه خواهد داشت. البته به غیر از بارهای غیر خطی، وجود خطاها، وارد شدن یک خازن بزرگ به مدار و همچنین روشن شدن موتورهای بزرگ موجب ایجاد نوسانات در ولتاژ شبکه می گردد. همپنین خطاها در سطح توزیع یا انتقال موجب ایجاد افت ولتاژ و یا اضافه ولتاژ در شبکه و یا محدوده ی وسیعی از سیستم قدرت می شوند البته وجود بارهای سنگین در شبکه نیز موجب ایجاد افت ولتاژ در سیستم قدرت می شوند[۱].

وقوع وقفه های موقتی و اغتشاشات ولتاژ یا اعوجاج شکل موج ولتاژ تا چند سال پیش برای مشترکان بی اهمیت بود ولی امروزه برای بارهای مدرن و حساس به تغییرات ولتاژ، نقش مخربی ایجاد می کنند. از این رو مهندسین سیستم توزیع، اقدام به طراحی تجهیزاتی نمودند که به صورت دینامیکی این مشکلات را برطرف نمایند و یک توان و ولتاژ با کیفیت به مصرف کننده تحویل دهند، به این تجهیزات، تجهیزات توان سفارشی (custom power devices) می گویند [۴].

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.8.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

از ادوات توان سفارشی به منظور رفع کمبود توان راکتیو، جبران سازی هارمونیکی، کمبود و بیشبود ولتاژ، نوسانات ولتاژ (فلیکر)، کاهش ولتاژ، افزایش ولتاژ و نامتعادلی ولتاژ استفاده می شود. تجهیزات جبرانساز توان سفارشی به سه دسته اصلاحگر دینامیکی ولتاژ (DVR[۱])، جبرانساز استاتیکی در سیستم توزیع (D-STATCOM) و بهساز یکپارچه توان (UPQC) تقسیم می‌شوند[۳].

یکی از راهکارهای مقابله با رسیدن نامتعادلی و تغییرات ولتاژ به بار استفاده از اصلاحگر دینامیکی ولتاژ DVR می باشد. یکی از مهمترین قسمت های DVR سیستم کنترل آن می باشد که تا امروز راهکارهای زیادی برای آن ارائه شده است.

تئوری قاب مرجع سنکرون (SRF[۲]) با توجه به انعطاف پذیری‌ایی که در ساده‌سازی ولتاژها بوجود می‌آورد، این امکان را می‌دهد که از کنترلرهای دیگر به همراه پارامترهای دیگر کنترلی نیز در سیستم کنترلی DVR، استفاده کرد، از جمله ی این کنترلرها می توان به PI کنترلر اشاره نمود[۵].

تبدیل جریان‌ها به‌کمک تئوری SRF و اعمال خطا به آنها[۶]، [۷]، تبدیل ولتاژها به‌کمک تئوری SRF و اعمال خطا به آنها از طریق روش ابداعی[۸]، تبدیل ولتاژها به‌کمک تئوری SRF و مقایسه با ولتاژ مرجع[۱۰]، از جمله روشهای متعددی می باشد که به کمک تئوری قاب مرجع سنکرون SRF برای سیستم‌های کنترلی ادوات توان سفارشی بویژه DVR استفاده می‌شود.

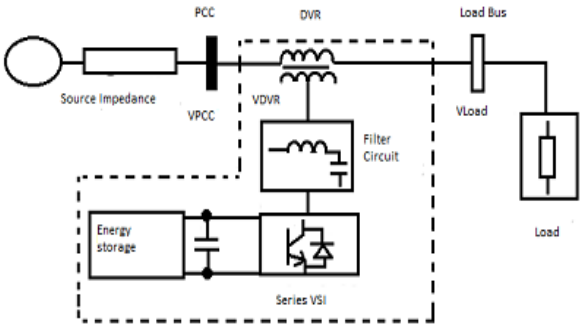
در این مقاله از یک روش کنترلی بر مبنای تئوری SRF استفاده شده است. PI کنترلرها به منظور ایجاد ولتاژهای Vd و Vq مرجع استفاده شده‌اند. حلقه‌ی قفل شونده‌ی فاز به منظور هماهنگی سیگنالها با ولتاژ بار استفاده شده است. علاوه بر این از گین تقویت سیگنال خطا به منظور پاسخ دینامیکی مناسب استفاده شده است.

این مقاله در سه بخش انجام گرفته است. بخش اول روش کنترلی مرسوم DVR مطرح شده است در بخش دوم روش اعمال خطا به تئوری SRF مطرح شده است و در بخش سوم روش ترکیبی که حاصل روش مرسوم و روش اعمال خطا است را مطرح می‌کنیم

۲- اصلاحگر دینامیکی ولتاژ DVR

این تجهیز به صورت سری با بار قرار می‌گیرد و در صورت نیاز بار، کمبود ولتاژ را به بار ار سال می‌نماید و در صورت ایجاد ا ضافه ولتاژ روی بار با تولید یک موج به اندازه‌ی اضـــافه ولتاژ و با فاز ۱۸۰ آن، اقدام به اصـلاح این اضـافه ولتاژ نموده و یک ولتاژ صـاف با دامنه‌ی مشـــخص و نامی به بار تحویل می‌دهد. البته یکی از فعالیت‌های مهمی که DVR می تواند انجام دهد، پایداری بین DG[۳] ها در یک شـبکه که مجموعه‌ایی DG دارد می‌باشـد که در صـورت نامتعادلی بین DG ها با تولید یک ولتاژ تعادل، آن ها را به ســـمت تعادل می‌کشاند.

شکل (۱) ساختار DVR را نشان می دهد[۱].



شکل (۱): ساختار DVR

مطابق شکل (۱) DVR به شش قسمت تقسیم می‌شود[۱]:

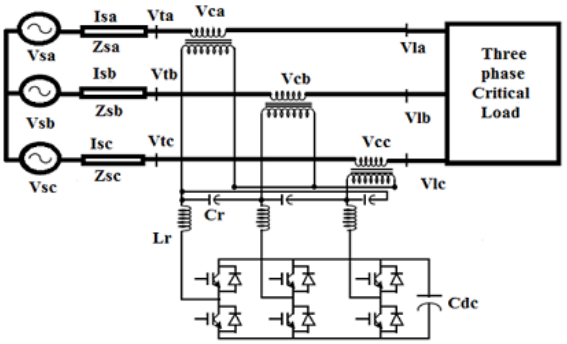
(۱) ترانسفورماتور تزریق : این ترانسفورماتور وظیفه ی ارسال انرژی از DVR به سمت شبکه و همچنین نمونه برداری برای قسمت کنترلی را برعهده دارد. (۲)فیلترهای هارمونیک : به منظور تبدیل شکل موج PWM اینورتر به یک شکل موج سینوسی و حذف مولفه های هارمونیکی ناخواسته ی تولید شده بوسیله ی اینورتر منبع ولتاژی، به کار گرفته می شوند. (۳)اینورتر : یک اینورتر منبع ولتاژی (VSI[۴]) که از تجهیزات الکترونیک قدرت در آن استفاده شده است، به منظور تامین ولتاژ سینوسی در هر فرکانس دامنه و زاویه فاز در DVR مورد استفاده قرار می گیرد. قسمت ذخیره کننده انرژی DC وظیفه ی تامین افت توان و ولتاژ را برای DVR انجام می دهد که همین امر باعث می شود که DVR متناسب با میزان افت و اضافه ولتاژ، ولتاژ اصلاحی را تولید نماید. IGBT، MOSFET، GTO و تریستور چون سویچ های قابل کنترلی هستند که در اینورتر منبع ولتاژی (VSI) استفاده می شوند. در این پایان نامه از قطعه IGBT به منظور سویچینگ VSI استفاده شده است که قابلیت تحمل ۴۵۰۰ولت، ولتاژ و عبور ۱۲۰۰ آمپر جریان را دارد. (۴) واحد ذخیره سازی انرژی : DVR یک خازن بزرگ جهت اعمال ولتاژ مطمئن به اینورتر دارد که در زمان اصلاح ولتاژ، افت منبع بوجود نیاید. (۵)کلید بای پس: برای حفاظت DVR در مقابل جریان خطای احتمالی بار و همچنین جریان های زیاد هجومی از کلید بای پس استفاده می کنند، این کلید DVR را از شبکه مجزا می کند و اجازه ی عبور این جریان های بالا را از DVR نمی دهد. (۶) سیستم کنترلی: به منظور کنترل ولتاژ بار و ارسال پالس مورد نیاز برای اینورتر در زمان خطا استفاده می‌شود.

۳- اصول عملکرد DVR

شکل (۲) ساختار یک نوع DVR خودپشتیبانی شده را نشان می دهد[۱]. ولتاژ ســه فاز (Vsa,Vsb,Vsc) از طریق امپدانس ســری (Za, Zb, Zc) و ترانسفورماتور سری در هر فاز، به بار متقارن سه‌فاز متصـل شـده‌اسـت. مسـأله‌ی کیفیت ولتاژ روی ولتاژهای ترمینال (Vta, Vtb, Vtc) بوجود آمده اســت و DVR با تزریق ولتاژهای (VCa, VCb, VCc) یک ولتاژ صـاف و با دامنه‌ی مناسـب به بار ارسال می‌کند. DVR با کمک سه بازو IGBT به خازن DC (Cdc)

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.8.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

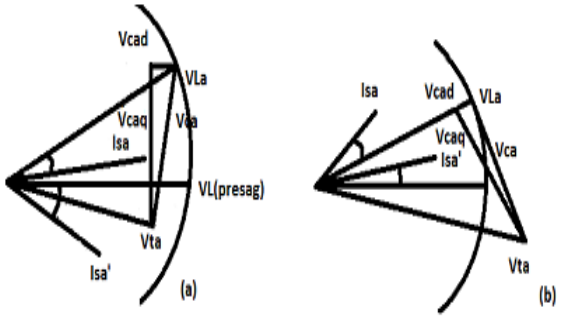
متصل شده‌است. از فیلتر ریپل (Cr,Lr) به منظور حذف ریپل ولتاژ سویچینگ تزریق شده به شبکه استفاده می‌شود. با متصل شده به شبکه یک بار متقارن سه فاز با ضریب قدرت پس‌فاز می‌باشد.



شکل (۲): ساختار DVR خودپشتیبانی‌شده

عملکرد DVR در جبرانسازی افت و اضافه ولتاژ در شکل (۳) نشان داده شده است. شکل (a-۳) ولتاژ و جریان بار را قبل از افت با توجه به ولتاژ و جریان مرجع VL و 'Isa، نشان می‌دهد. بعد از بوجود آمدن افت ولتاژ، ولتاژ ترمینال از دامنه‌ی ولتاژ مرجع کمتر می‌شود و چند درجه‌ایی از ولتاژ مرجع پس‌فازتر می‌شود. در این حالت DVR ولتاژ (VCa) را به منظور جبرانسازی ولتاژ بار VL متناسب با دامنه‌ی ولتاژ نامی، به سیستم تزریق می‌کند. Vca دارای دو مؤلفه Vcad و Vcaq می‌باشد. به منظور جبرانسازی تلفات توان در زمان خطا و ایجاد جریان موردنیاز بار در زمان خطا به Vcad در هر فاز نیاز است. همچنین به منظور تنظیم ولتاژ بار با دامنه‌ی یکسان به مؤلفه‌ی Vcaq در هرفاز نیاز است تا از طریق اینورتر منبع ولتاژی و ترانسفورماتور تزریق به بار ارسال شوند. شکل (b-۳) دیاگرام ولتاژ و جریان بار را در حالت اضافه ولتاژ نشان می‌دهد.

DVR خودپشتیبانی‌شده به دلیل محدودیت‌هایی از قبیل ولتاژ تزریقی و خازن ذخیره‌کننده انرژی توانایی جبران‌سازی محدودی دارد.



شکل(۳): ولتاژ و جریان بار درحالت(a) افت ولتاژ(b) اضافه ولتاژ

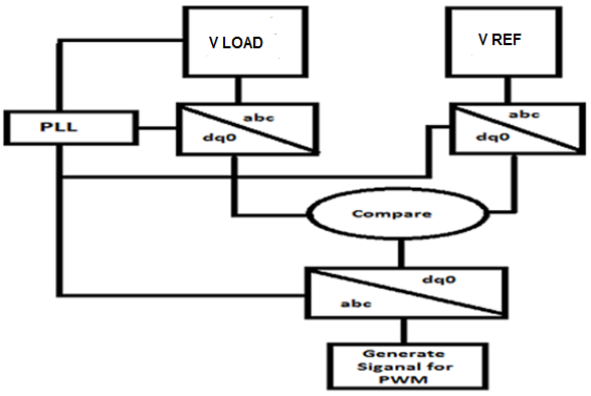
۴-سیستم کنترلی DVR

وظیفه‌ی سیستم کنترلی DVR تشخیص خطا و ارسال فرمان برای اینورتر می‌با شد. سیستم کنترلی در زمان وقوع افت یا ا ضافه ولتاژ، به‌سرعت آنرا تشخیص داده و به کمک PWM Generator پالس مورد نیاز برای اینورتر را فراهم می‌کند. اینورتر ولتاژ DC حس شده دوسر خازن را به صورت سینوسی تبدیل کرده و به فیلتر و سپس به ترانسفورماتور تزریق می‌فرستد.

جبران‌سازی توسط DVR به‌وسیله‌ی تزریق و یا جذب توان حقیقی صورت می‌گیرد. زمانی که ولتاژ تغذیه با جریان آن در فرکانس اصلی اختلاف ۹۰ درجه دارند، جبران‌سازی با تزریق توان راکتیو صورت گرفته است، در این حالت DVR خودپشتیبانی‌شده با خازن باس DC می‌باشد. اما اگر ولتاژ تزریقی همفاز با جریان بار باشد DVR توان راکتیو به بار ارسال می‌کند و در این حالت برای جبران‌سازی نیاز به باطری در دو سر اینورتر منبع ولتاژی VSI می با شد. ترکیب دو روش می‌تواند یک DVR مقاوم در برابر خطاها با مدت زمان طولانی بسازد.

۴-۱-روش کنترلی مرسوم

شکل (۴) روش کنترلی مرسوم برمبنای تئوری SRF را نشان می‌دهد در این روش ولتاژ بار با یک ولتاژ مرجع در حالت d و q مقایسه شده و در صورت وجود اختلاف بین ولتاژ بار و ولتاژ مرجع تفاوت بین دو ولتاژ به abc تبدیل شده و پالس موردنیاز اینورتر برای جبران‌سازی ایجاد می‌شود. این سیستم کنترلی به منظور جبران‌سازی DVR با تزریق توان راکتیو استفاده می‌شود.



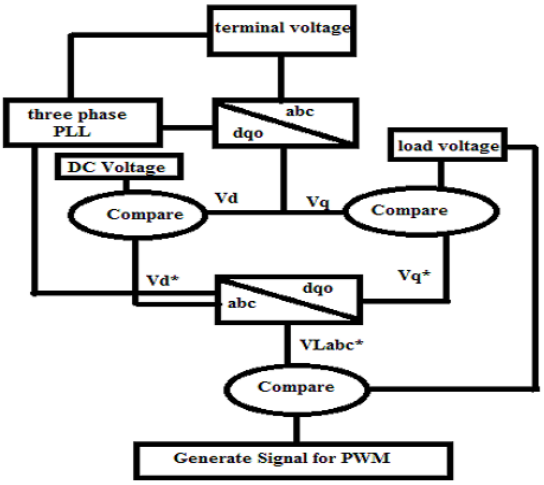
شکل(۴): سیستم کنترلی مرسوم برمبنای تئوری SRF

۴-۲-روش کنترلی با اعمال خطا

شکل (۵) سیستم کنترلی با اعمال خطا برای DVR خودپشتیبانی‌شده برمبنای تئوری SRF را نشان می‌دهد. در این سیستم کنترلی خطای موجود در دامنه‌ی ولتاژ بار و همچنین خطای موجود در ولتاژ DC دوسر خازن که به به اینورتر DVR متصل شده ، توسط PI کنترلر به مؤلفه‌های q و d ولتاژ ترمینال، به‌ترتیب اعمال می شود. در صورت وجود خطا ولتاژ ترمینال به abc تبدیل شده و با ولتاژ با مقایسه می شود و در نهایت پالس مورد نیاز برای جبران‌سازی را ایجاد می‌کند.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.8.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

این سیستم کنترلی به منظور جبران‌سازی DVR با تزریق توان راکتیو می‌باشد که در صورت افزایش افت و یا اضافه ولتاژ به بیش از حدتوان DVR جبران‌سازی با مشکل روبرو می‌شود زیرا در این حالت تزریق توان راکتیو دیگر مشکل را حل نمی‌کند و نیاز به تزریق توان اکتیو هم می‌باشد.

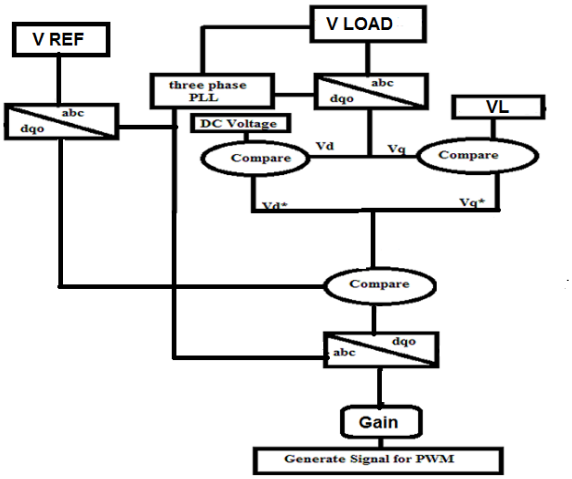


شکل(۵): سیستم کنترلی DVR خودپشتیبانی‌شده با اعمال خطا

۴-۳-روش کنترلی پیشنهادی

شکل(۶) سیستم کنترلی پیشنهادی برای DVR ترکیبی با قابلیت تزریق توان اکتیو و راکتیو را نشان می‌دهد. این سیستم کنترلی برمبنای تئوری SRF و برگرفته از دو روش فوق می‌باشد.

در این سیستم کنترلی ولتاژ بار ابتدا به dq0 تبدیل شده، سپس خطای دامنه‌ی ولتاژ بار به کمک یک PI کنترلر با تنظیمات جدید به مؤلفه‌ی q آن اعمال می‌شود. همچنین خطای ولتاژ DC دو سر خازن اینورتر نیز به کمک یک PI کنترلر به مؤلفه‌ی d ولتاژ بار اعمال می‌شود. در زمان نبود خطا هیچ پارامتری به ولتاژ بار در حالت dq اعمال نمی‌شود. بلافاصله بعد از ایجاد خطا پارامترهای فوق به ولتاژ بار در حالت dq اعمال می‌شوند. ولتاژ بار در زمان خطا با ولتاژ مرجع در حالت dq مقایسه شده و اختلاف آنها به abc توسط تبدیلات پارک، تبدیل شده و سپس به گین تقویت سیگنال خطا جهت افزایش قابلیت DVR در زمان جبران‌سازی رفته و در نهایت برای تولید پالس به PWM Generator ارسال می‌شود.



شکل(۶): سیستم کنترلی پیشنهادی

دامنه‌ی ولتاژ بار به کمک رابطه‌ی (۱) بدست می‌آید که در آن V_L دامنه‌ی ولتاژ بار و V_{la} , V_{lb} , V_{lc} ولتاژ اندازه‌گیری شده فازها می‌باشند:

$$V_L = \sqrt{\frac{2}{3}}\sqrt{V_{la}{}^2 + V_{lb}{}^2 + V_{lc}{}^2} \qquad (۲)$$

و همچنین روابط ولتاژهای Vq^* و Vd^* بصورت زیر می‌باشند:

$$Vq^* = Vq + Vq_r \qquad (۲)$$

$$Vd^* = Vd - V_{cap} \qquad (۳)$$

که در روابط (۲) و (۳) Vq_r مؤلفه‌ی اعمالی در زمان خطا در دامنه‌ی ولتاژ بار می‌باشد و V_{cap} مؤلفه‌ی اعمالی در زمان خطا در ولتاژ خازن دو سر اینورتر می‌باشد.Vd مؤلفه‌ی مستقیم ولتاژ بار و Vq مؤلفه‌ی عمود ولتاژ بار می‌باشد. Vq_r به عنوان مؤلفه‌ی رأکتیو ولتاژ برای تنظیم ولتاژ بار به کارگرفته شده‌است. V_{cap} برای محاسبه‌ی ولتاژ باس DC به ولتاژ با اعمال می‌شود. حلقه‌ی قفل شونده فاز (PLL°) به منظور همزمان سازی همه‌ی سیگنالها با ولتاژ بار استفاده شده‌است. گین تقویت سیگنال کمک می‌کند که پالس ایجاد شده کیفیت مطلوب‌تری داشته‌باشد و درنتیجه جبران سازی کامل‌تری صورت گیرد. رابطه‌ی (۴) سیگنال ارسالی به PWM Generator جهت تولید پالس اینورتر را نشان می‌دهد.

$$V_{pwm} = GAIN*(V_{ref} - V_{load}) \qquad (۴)$$

که در این رابطه V_{pwm} سیگنال ولتاژ ساخته‌شده برای PWM Generator می‌باشد و همچنین گین مقدار ضریب می‌باشد، V_{ref} سیگنال ولتاژ مرجع و V_{load} سیگنال ولتاژ بار است.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.8.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

روابط (۵) و (۶) میزان ولتاژ بار در زمان جبرانسازی را نشان می‌دهد که رابطه‌ی (۵) ولتاژ بار جبران‌شده در حالت افت ولتاژ را نشان می‌دهد و رابطه‌ی (۶) ولتاژ بار جبران‌شده در حالت اضافه ولتاژ را نشان می‌دهد.

$$V_{load} = V_{pcc} + V_{inj} \quad (۵)$$

$$V_{load} = V_{pcc} - V_{inj} \quad (۶)$$

که در این روابط V_{load} ولتاژ بار، V_{pcc} ولتاژ نقطه اتصال مشترک[۱] (ولتاژ ترمینال) و V_{inj} ولتاژ تزریقی از طریق DVR به بار می‌باشد.
رابطه‌ی (۷) توان تزریقی به شبکه در زمان خطا می‌باشد

$$Pinj_{DVR} = P_{dc} + Q_{cap} \quad (۸)$$

در این رابطه P_{dc} توان اکتیو تزریقی توسط منبع ولتاژ DC می‌باشد و Qcap توان رأکتیو تزریق/جذب شده توسط خازن متصل به اینورتر می‌باشد[۱]. اگر افت ولتاژ زیاد نباشد با تزریق/جذب توان رأکتیو توسط DVR می‌توان آنرا جبران کرد.
جدول (۱) تبدیل abc به dq0 و جدول (۲) تبدیل dq0 به abc را نشان می‌دهد. این تبدیلات معروف به تبدیلات پارک هستند. تبدیلات پارک مؤلفه‌ی سه فاز abc با ۱۲۰ درجه اختلاف را به dq0 با ۹۰ درجه اختلاف، بین مؤلفه های d و q و مؤلفه‌ی 0 تبدیل می‌کند. مؤلفه های d و q به علت ساده‌تر بودن برای اعمال تغییرات و خطاها بکار می‌روند و در پایان به کمک تبدیل دیگر پارک می‌توان dq0 را به abc تبدیل کرد.

جدول (۱): تبدیل abc به dq0

مؤلفه‌ی d	Vd = 2/3 (Va*sinwt + Vb*sin(wt-2pi/3) + Vc*sin(wt+2pi/3)
مؤلفه‌ی q	Vq =2/3 (Va*coswt + Vb*cos(wt-2pi/3) + Vc*cos(wt+2pi/3)
مؤلفه‌ی0	V0=1/3 (Va + Vb + Vc)

جدول (۲): تبدیل dq0 به abc

سیگنال فاز a	Va= Vd*sinwt + Vq*cos(wt) + Vo
سیگنال فاز b	Vb= Vd*sin(wt-2pi/3) + Vq*cos(wt-2pi/3) + Vo
سیگنال فاز c	Vc= Vd*sin(wt+2pi/3) + Vq*cos(wt+2pi/3) + Vo

۵-شبیه‌سازی در نرم افزار متلب

DVR مقاله فوق در قسمت سیمولینک نرم افزار متلب و جعبه ابزار Sim Power System شبیه‌سازی شده‌است. منبع سه‌فاز برنامه‌پذیر از طریق DVR به بار متقارن سه فاز متصل شده است. به کمک منبع می‌توان افت و اضافه ولتاژ روی یک‌فاز و هر سه‌فاز ایجاد کرد. بار موردبرر سی دارای ضریب‌قدرت پس‌فاز می‌باشد. DVR شامل مدار اینورتر PWM و منبع ولتاژ DC متصل شده به اینورتر، به همراه خازن و مقاومت سری می باشد. اینورتر از یک بلوک Universal Bridge شامل سه بازو و شش IGBT به‌همراه دیود می‌باشد. علاوه‌براین فیلتر ریپل به منظور حذف ریپل ولتاژ تزریقی به بار شامل سلف سری با ترانسفورماتورتزریق و خازن سری با مقاومت، به ترانسفورماتورتزریق مطابق شکل(۲) متصل شده است. خازن DC متصل‌شده به اینورتر به منظور جبران‌سازی گذرا و افزایش کیفیت جبران‌سازی متصل شده‌است. منبع ولتاژ DC به منظور تأمین سطح ولتاژ مورد نیاز جبران‌سازی در زمان نسبتاً طولانی به‌کار گرفته شده‌است.
سیستم کنترلی DVR مطابق بلوک دیاگرام شکل(۶) می‌باشد که در قسمت سیمولینک نرم افزار متلب شبیه سازی شده‌است. ولتاژ مرجع توسط یک منبع جداگانه ایجاد می‌شود. ولتاژهای بار و DC حس شده در DVR توسط بلوک‌های اندازه‌گیری سه‌فاز و تکفاز اندازه‌گیری شده و برای سیستم کنترلی ار سال می شود. در زمان وقوع خطا سیستم کنترلی از طریق تجهیزات اندازه‌گیری خطا را حس کرده و بلافاصله اقدام به جبران‌سازی آن می‌کند.

۶-عملکرد سیستم DVR

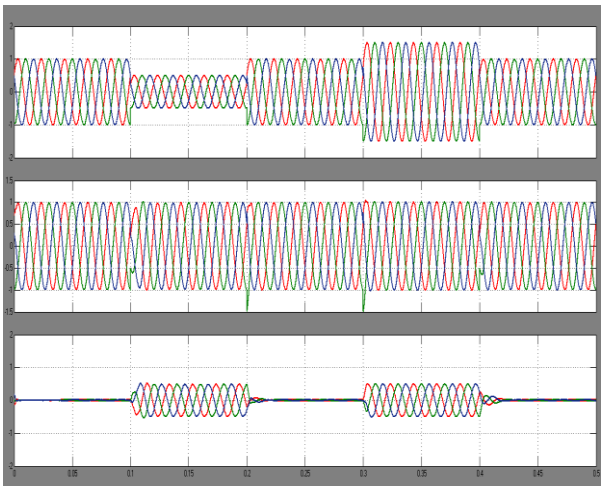
DVR در صورت وجود اختلاف ولتاژ بین ولتاژ مرجع و ولتاژ بار اقدام به جبران‌سازی می‌نماید. برای مثال وجود افت ولتاژ نیم پریونیتی در ولتاژ بار موجب می‌شود که سیستم کنترلی DVR تفاوت آنرا با ولتاژ مرجع حس می‌کند و پالس جبران‌سازی را برای اینورتر ارسال می‌کند. اینورتر ولتاژ DC را به AC تبدیل کرده و بعداز عبور از فیلتر ریپل توسط ترانسفورماتور تغذیه به بار جهت جبران سازی افت ولتاژ ارسال می‌کند. برای اضافه ولتاژ نیز به همین روش سیستم کنترلی خطا را حس کرده و ولتاژی برابر با میزان اضافه ولتاژ ولی با فاز مخالف به بار ارسال می‌کند. DVR موجود در این مقاله این ویژگی را دارد که افت و اضافه ولتاژ روی یک یا دوفاز را نیز تشخیص داده و مطابق مراحل ذکر شده اقدام به جبران سازی ولتاژ بار روی فازهایی که خطا دارند، می‌کند. در زمان ۰/۱ ثانیه ولتاژ بار ۵۰٪ ولتاژ نامی می شود و به میزان ۰/۱ ثانیه طول می‌کشد در این مدت DVR اقدام به اصلاح ولتاژ بار می‌کند. همچنین در زمان ۰/۳ ثانیه ولتاژ بار ۱۵۰٪ ولتاژ نامی می‌شود و ۰/۱ ثانیه طول می‌کشد و DVR در این زمان نیز اقدام به اصلاح ولتاژ می‌کند. این خطاها و جبران سازی را در شکل(a -۷) مشاهده می‌کنید. شکل -(۷b) جبران‌سازی افت و اضافه ولتاژ روی فاز A را نشان می‌دهد. در زمان ۰/۱ ثانیه ولتاژ فاز A ۱۶۰٪ ولتاژ نامی می شود و ۰/۱ ثانیه طول می‌کشد که DVR اقدام به اصلاح آن می‌کند. همچنین در زمان ۰/۳ ثانیه ولتاژ فاز A بار ۴۰٪ ولتاژ نامی می‌شود و ۰/۱ ثانیه طول می‌کشد، DVR بلافاصله اقدام به جبران‌سازی آن می‌کند. شکل(c -۷) جبران‌سازی افت و اضافه ولتاژ بیش از نیم پریونیت روی سه فاز را نشان می‌دهد. در زمان ۰/۱ ثانیه افت ولتاژ ۶۰٪ ولتاژ نامی روی ولتاژ بار اتفاق می‌افتد و ۰/۱ ثانیه طول می‌کشد، DVR

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.8.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

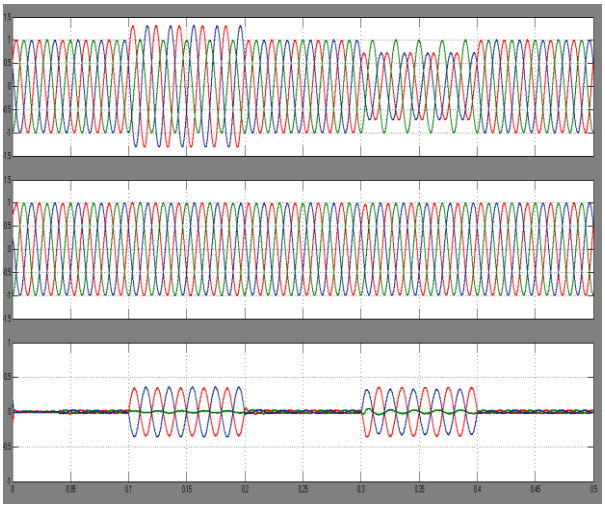
اقدام به جبران‌سازی آن می‌کند. در زمان ۰/۳ ثانیه اضافه ولتاژ ۷۰٪ روی ولتاژ بار رخ می‌دهد و ۰/۱ ثانیه طول می‌کشد، DVR بلافاصله اقدام به اصـــلاح آن می‌کند و ولتاژ بار را روی یک پریونیت نگه می‌دارد.

یکی از قابلیت‌های DVR خودپشتیبانی شده نوین این ا ست که در زمان اتصال کوتاه بتواند ولتاژ بار را در حالت مطلوب نگه دارد.

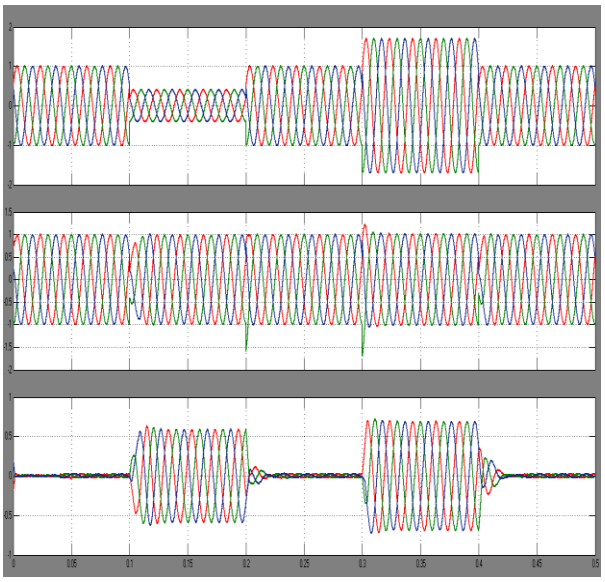
شکل(a -۸) این اتصالی بدون DVR و شکل(b -۸) عملکرد DVR در جبران سازی اتصال کوتاه را نشان می‌دهد. مقاومت خطا در زمان اتصالی ۰/۳ اهم می‌باشد و اتصالی مدت ۰/۲ ثانیه طول می‌کشد. در شـــکل (۹) ولتاژ نامتعادل و نامتقارن روی ســـه فاز ورودی در زمان ۰/۱ ثانیه تا ۰/۳ ثانیه اتفاق می‌افتد و DVR اقدام به اصلاح و صاف کردن شکل موج می‌کند. شکل (۹) عملکرد DVR در تأمین توان با کیفیت به بار را نشان می‌دهد.



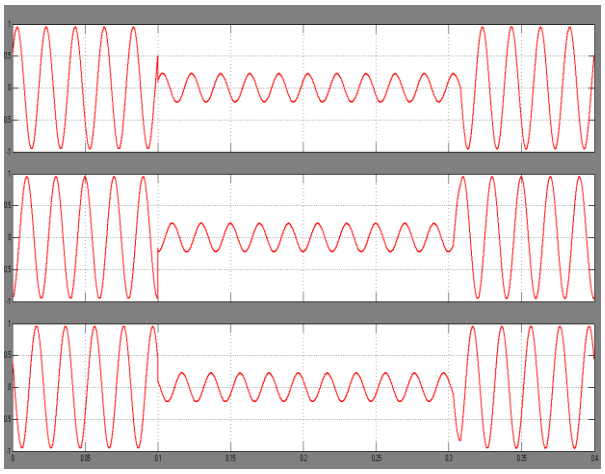
شکل(a -۷): جبران‌سازی خطای افت و اضافه ولتاژ ۵۰٪ روی سه‌فاز ولتاژ بار



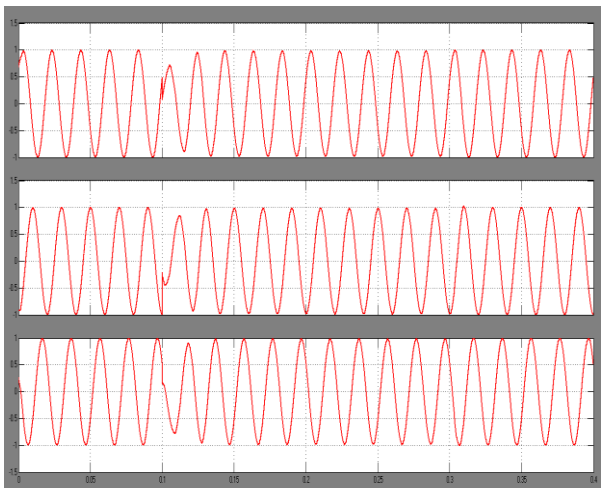
شکل(b -۷): جبران‌سازی خطای افت و اضافه ولتاژ روی فاز A، ولتاژ بار



شکل(c -۷): جبران‌سازی خطای افت ۶۰٪ و اضافه ولتاژ ۷۰٪ روی ولتاژ بار

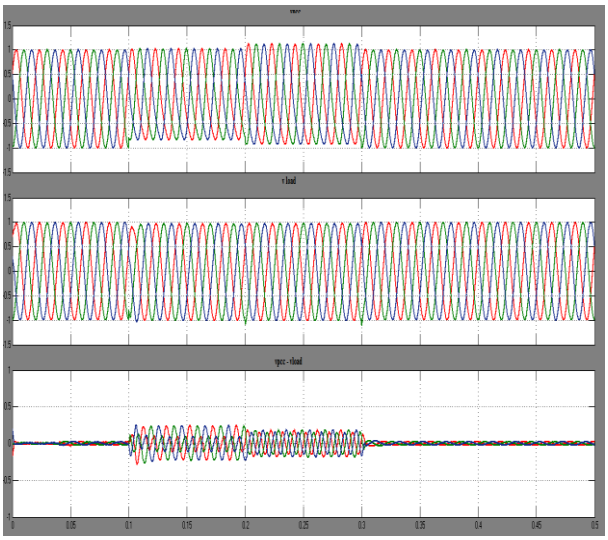


شکل(a -۸): اتصالی روی ولتاژ بار بدون حضور DVR



شکل(b -۸): اتصالی روی ولتاژ بار در حضور DVR

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.8.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]



شکل (۹): اصلاح نامتعادلی شکل موج ولتاژ اعمالی به بار توسط DVR

جدول (۳) مقایسه ولتاژ بار، ولتاژ نقطه اتصال مشترک و جریان بار در سه روش کنترلی بیان شده در این مقاله را در فرکانس ۵۰ هرتز نشان می‌دهد.

جدول (۳): مقایسه سه روش کنترلی مطرح شده در این مقاله

	VPCC (V)	I LOAD (A)	V LOAD
روش مرسوم	۲۸۰/۸	۲۲/۱۵	۳۸۰/۸
روش با اعمال خطا	۲۸۰/۸	۲۰/۱۲	۴۱۰/۸
روش پیشنهادی	۲۸۰/۸	۲۰/۰۷	۴۱۱/۸

۷-نتیجه گیری

وجود وقفه ها و خطاها در زمانهای کوچک اگر پاسخ دینامیکی مناسبی داده نشوند می توانند مضرات جبران ناپذیری را به بار های حساس وارد کنند. مروری بر نتایج بدست آمده در حالت های مختلف شبیه سازی نشان می دهد که به کمک DVR خودپشتیبانی شده نوین که با سیستم کنترلی و ساختار جدیدی طراحی شده است می توان در زمان بروز خطا پاسخ مناسب به آن در کمترین زمان ممکن داده شود. قابلیت جبران‌سازی در حالت‌های مختلف خطا از ویژگی‌های مهم DVR خودپشتیبانی‌شده نوین می‌باشد که در نتایج بدست آمده مشخص است. روش کنترلی جدید که برگرفته از دو روش ذکر شده می‌باشد می‌تواند قابلیت‌های هردو روش را داشته باشد. نتایج بدست آمده، جبران‌سازی مناسب دینامیکی در زمان وقوع خطا را نشان می‌دهد. ترکیب جبران سازی بصورت تزریق توان رأکتیو و اکتیو بصورت همزمان در لحظه‌ی خطا این قابلیت را به DVR می‌دهد که میزان جبران‌سازی بیشتر از ۰/۵ پریونیت در زمان افت و اضافه‌ولتاژ داشته‌باشیم. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که DVR این مقاله به همراه فیلتر صاف کننده ولتاژ اینورتر توانایی کنترل ولتاژ بار حساس متقارن را در شرایط مختلف دارد و اجازه‌ی رسیدن ولتاژ بی‌کیفیت به بار را نمی‌دهد و موجب افزایش کیفیت توان ارسالی به بار می‌شود.

ضمایم

ولتاژ خط AC : ۴۱۵ ولت با فرکانس ۵۰ هرتز

بار : ۱۰ کیلو ولت آمپر و ۰/۸ پس فاز

ولتاژ DC اینورتر DVR : ۳۰۰ ولت

فرکانس PWM Generator : ۱۰۸۰ هرتز

ترانسفورماتور تغذیه : نسبت تبدیل ۱:۱

خازن دوسر اینورتر DVR : ۱۰۰۰ میکروفارد

مراجع

[1] Himadri Ghosh, Pradip Kumar Saha, Goutam Kumar Panda, “Design and Simulation of a Novel Self Supported Dynamic Voltage Restorer (DVR) for Power Quality Improvement, ” International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 3, Issue 6, June-2012.

[2] B. Ferdi, C. Benachaiba, S. Dib, R. Dehini, “Adaptive PI Control of Dynamic Voltage Restorer Using Fuzzy Logic,” Journal of Electrical Engineering, Vol.1, Iss.3, 2010.

[3] Stayaveer Gupt, Ankit Dixit, Nikhil Mishra, S.P.Singh, “custom power devices for power qulity improment : a review, ” IJREAS, volume2, issue 2, february 2012, pp . 1646-1659.

[4] S. Deepa, S. Rajapandian, “Harmonic Reduction Technique Using Flying Capacitor Based Z Source Inverter for a DVR,” International Journal of Engineering, 2012.

[5] Rohini Telu, Balamurali Surakasi, Prasad Chongala, Nalini Telu, “Sliding Mode Controller And Its Application To Dynamic Voltage Restorer (DVR),” International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), Vol. 2, Issue 3, May-Jun 2012, pp.562-567.

[6] Divyajyothi Kethavarapu, Arjuna Rao A, “Power Quality Enhancement through Dynamic Voltage Restorer using SRF Theory for Balanced and Unbalanced Loads,” International Journal of Engineering Research and Development, Volume 10, Issue 11 (November 2014), PP.20-29.

[7] B.Shivashankar,B.Satyavani,“NEUTRALCURRENTCOMPENSATIONUSING ZIG-ZAG TRANSFROMERWITH D-STATCOM, ” International Journal of Mathematical Sciences, 2014, ISSN 2249 – 5460.

[8] S.F. Torabi, D. Nazarpour, Y. Shayestehfard, “COMPENSATION OF SAGS AND SWELLS VOLTAGE USING DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR) DURING SINGLE LINE TO GROUND AND THREE-PHASE FAULTS, ” International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering, September 2012, Issue 12, Volume 4, Number 3, Pages 126-132.

[9] Shazly A. Mohammed, Aurelio G. Cerrada, Abdel-Moamen M. A1, B. Hasanin, “CONVENTIONAL DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR) FOR

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.8.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

MITIGATION OF VOLTAGE SAG IN POWER DISTRIBUTION SYSTEMS, " International Journal of Advances in Engineering & Technology, Mar. 2013, Vol. 6, Issue 1, pp. 415-425.

[10] Rosli Omar, Nasrudin Abd Rahim, "Modeling and Simulation for Voltage Sags/Swells Mitigation Using Dynamic Voltage Restorer (DVR), " Australasian Universities Power Engineering Conference, 2008.

[11] ROSLI OMAR, NASRUDIN ABD RAHIM, MARIZAN SULAIMAN, "MODELING AND SIMULATION FOR VOLTAGE SAGS/SWELLS MITIGATION USING DYNAMIC VOLTAGE RESTORER.

[12] Prafull A. Desale, Vishvadeep J.Dhawale, Ranjeet M.Bandgar, "Brief Review Paper on the Custom Power Devices For Power Qulity Improment, " IJREAS, volume7, Number7 (2014), pp. 723-733.

[13] Paisan Boonchiam, Nadarajah Mithulananthan, "Understanding of DynamicVoltage Restorers Through MATLAB Simulation, " ThammasatInt. J. Sc.Tech.,Vol. 11,No. 3,July-September2006.

[14] Bhim Singh, P. Jayaprakash, D. P. Kothari, "Adaline-Based Control of Capacitor Supported DVR for Distribution System, " Journal of Power Electronics, Vol. 9, No. 3, May 2009.

[15] Pradip Kumar Saha, Gautam Kumar Panda, " By Dynamic Voltage Restorerfor Power Quality Improvement, " International Journal Of Engineering And Computer Science, ISSN:2319-7242, Volume 2, Issue 1, Jan 2013, Page No. 234-239.

[16] Hadi Ezoji, Abdol Reza Sheikhaleslami, Masood Shahverdi, Arash Ghatresamani and Mohamad Hosein Alborzi, "Hysteresis Voltage Control of DVR Based on Unipolar PWM, " Applications of MATLAB in Science and Engineering, September, 2011, pp. 83-96.

[17] Himali. S. Chaudhari, Deepak. P. Kadam, "Voltage Sag Mitigation Using Smes Based DVR Technology, " INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH, VOLUME 3, ISSUE 3, MARCH 2014.

رزومه



عبدالرضا ربیعی در شهر فرادنبه واقع در شهرستان بروجن متولد شده است (۱۳۵۷). تحصیلات دانشگاهی خود را در دوره‌ی کار شنا سی در دا شگاه شهید چمران اهواز (۱۳۸۰)، دوره‌ی کارشناسی ارشد (۱۳۸۳) و نیز دکترا (۱۳۸۸) را در دانشگاه علم و صنعت ایران، هر سه مقطع در ر شته مهندر سی برق قدرت گذرانده ا ست. ایشان از سال ۱۳۹۰ تاکنون، هیات علمی دانشگاه شهرکرد می باشد. فعالیت های پژوهشی و علاقه مندی ایشان در زمینه دینامیک سیستم های قدرت، بهره برداری، بازار برق و نیز حفاظت سیستمهای قدرت می باشد.



بهنام اصغریان دستنائی متولد شهرکرد است (۱۳۶۷). تحصیلات دانشگاهی خود را در دوره‌ی کاردانی آموزشکده فنی شهرکرد در رشته‌ی برق صنعتی (۱۳۸۷) ، دوره‌ی کارشناسی در دانشگاه غیرانتفاعی پیام گلپایگان در رشته‌ی مهندسی برق-قدرت گرایش شبکه های انتقال و توزیع (۱۳۸۹) گذرانده است و در سال جاری دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اراک رشته‌ی مهندسی برق قدرت می‌باشد. فعالیت های پژوهشی و علاقه مندی ایشان در زمینه ادوات FACTS و همچنین ادوات CUSTOM POWER می‌باشد.

.

---

۱ Dynamic Voltage Restorer
۲ Synchronous Reference Frame theory
۳ Distributed Generation
۴ Voltage Source Inverter
۵ Phase lock loop
۶ Point of Common Coupling

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.8.7]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013