

بررسی بهبود کیفیت توان در سیستم های توزیع با استفاده از ادوات

CUSTOM POWER

نعمت مشتاقیان

برق منطقه ای آذربایجان

(nemat1977@yahoo.com)

چکیده

بکارگیری ادوات الکترونیک قدرت برای بهبود سیستم های انتقال انرژی، تحت مفهوم سیستم های انتقال انعطاف پذیر (FACTS) تقریباً امری فراگیر شده است. اما کاربرد این ادوات در سیستم های توزیع بعلاوه گستردگی سیستم های توزیع و عدم احساس نیاز به آنها تا این اواخر مدنظر نبوده است. در دو دهه اخیر، بعلاوه گسترش روزافزون تجهیزات الکترونیک در کلیه مراتب مصرف کنندگان (صنعتی، تجاری و خانگی) و حساسیت زیاد این ادوات به انواع اغتشاشات توان، لزوم داشتن توان با کیفیت بالا احساس شده است. یکی از راه حلهای بهبود کیفیت توان، استفاده از ادوات FACTS در سیستم های توزیع با کاربرد و استراتژی کنترل متفاوت است که تحت عنوان CUSTOM POWER مطرح می شود. این مقاله عهده دار بررسی ادوات CUSTOM POWER می باشد.

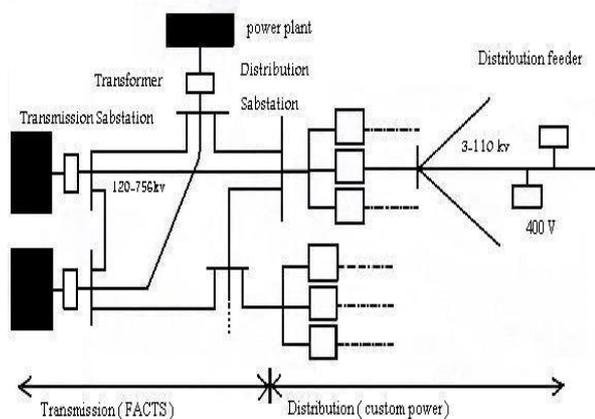
کلمات کلیدی : ادوات FACTS ، فیلترهای فعال ، کیفیت توان ، Custom Power

۱- مقدمه

بکارگیری کلیدهای الکترونیک در سطح ولتاژ و توان سیستم قدرت موجب استفاده از ادواتی در سیستم قدرت شد که مفهوم سیستم های انتقال انعطاف پذیر AC (FACTS) را فراهم آورد. این ادوات از قبیل TCR, TCPS, TCSC, SVC و اخیراً SSSC, UPFC, STSTCOM در حالت مانا برای افزایش ظرفیت خطوط انتقال توان در حد ظرفیت حرارتی آنها، کنترل انتقال توان، تثبیت سطح ولتاژ و در حالت دینامیکی برای بهبود پایداری گذرا و نوسانات خفیف در سیستم های انتقال مورد بررسی و استفاده قرار گرفته اند.

استفاده از این ادوات در سیستم های توزیع بخاطر گستردگی آن و عدم نیاز آنها تا این اواخر مدنظر نبوده

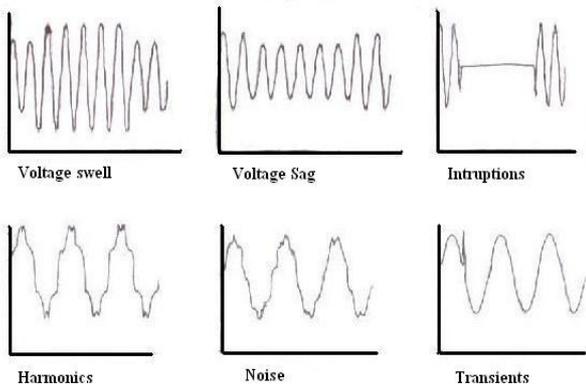
است. با گسترش روزافزون دستگاههای الکترونیک و سیستم های کنترل در گستره وسیعی از مصرف کنندگان، چه صنعتی و چه غیرصنعتی، آنها را مواجه با پدیده های مختلفی نموده است که تا قبل از آن چندان اهمیتی برایشان قائل نبودند. توجه به این پدیده ها بیشتر بخاطر حساس بودن عملکرد تجهیزات الکترونیک به آنهاست. لذا مسئله بالا بردن کیفیت توان و ارائه یک توان عاری از هرگونه اغتشاش، از خواسته های مصرف کنندگان کنونی است. برای بالا بردن کیفیت توان راه حلهای متعددی وجود دارد که کارآمدترین آنها بکارگیری ادوات FACTS در سیستم های توزیع می باشد. البته باید به این نکته توجه شود که هرچند از لحاظ آرایش فیزیکی همان ادوات FACTS در سیستم های توزیع بکار برده می شوند، ولی کاربرد و نحوه کنترل آنها کاملاً متفاوت از بکارگیری و کنترل ادوات FACTS در سیستم های انتقال خواهد بود. لذا بکارگیری ادوات الکترونیک قدرت برای بهبود کیفیت توان در سیستم های توزیع تحت عنوان CUSTOM POWER معرفی می شود که به بررسی آنها خواهیم پرداخت. (شکل ۱)



شکل ۱ - بکارگیری ادوات FACTS و Custom Power در سیستم قدرت و توزیع

تغذیه با کیفیت توان بالا میباشد. کمبودها (Sags) و بیش بودها (Swells) ی ولتاژ خط، قطعی های موقتی، گذرها و اعوجاجات هارمونیکي بعنوان پدیده های مخل عملکرد اینگونه بارها بشمار می روند. این مصرف کنندگان یک قطعی کوتاه مدت (چند سیکل) ناشی از خطای اتصال کوتاه خط انتقال که شامل بازست یا وصل مجدد (reclosing) کلیدها یا کلیدزنی فیدرها میشود را نمی توانند تحمل کنند.

تعداد مصرف کنندگان شاکی از گذرها، هارمونیکها و قطعی های موقتی در سالهای اخیر رو به افزایش گذاشته است و شرکتهای توزیع بایستی برای رفع این مشکلات پاسخگو باشند. شکل ۳ اکثر اغتشاشات موثر در کیفیت توان را نشان می دهد. علاوه بر این اغتشاشات می توان به موارد دیگری که موثر در کیفیت توان هستند از قبیل فلیکر، نامتعادلی بار نیز اشاره کرد. حضور این اغتشاشات موجب عملکرد غلط و بهره برداری نامناسب و در بعضی از مواقع موجب عدم بهره برداری از بار خواهد شد.



شکل ۳ - اغتشاشات سیستم توزیع مخل کیفیت توان

۴- راه حل های افزایش کیفیت توان

راه حل های عمده افزایش کیفیت توان از لحاظ قرار گرفتن موقعیت آنها در سیستم توزیع در شکل ۴ نشان داده شده است .

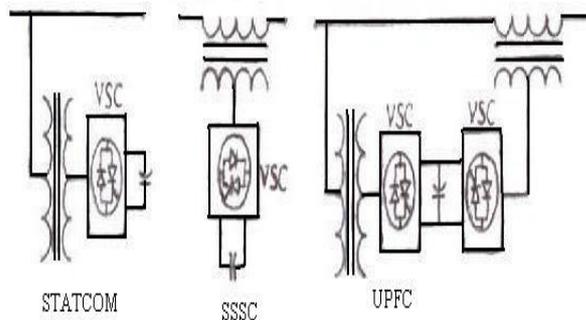
در سطح یک، تجهیزات خریداری شده طوری انتخاب می شوند که دارای مقاومت در برابر اغتشاشات توان باشند و یا اینکه در کنار هر ایستگاه یک وسیله حفاظت از اغتشاشات هم بکار گرفته شود (سطح ۲). در سطح ۳ کل مجموعه کارخانه تحت حفاظت قرار می

۲- ادوات FACTS

کاربرد عمده ادوات FACTS در سیستم های انتقال انرژی، برای بالا بردن ظرفیت انتقال خطوط انتقال، کنترل توان و تثبیت ولتاژ در حالت مانا می باشد. در اکثر ادوات بکار گرفته شده تاکنون از عنصر تریستور استفاده شده است که بخاطر عدم کنترل در خاموش کردن آن، مشکلات و محدودیت هایی در کاربرد بوجود آورده است. اما با بکارگیری قطعات نیمه هادی با قابلیت خاموش شدن از قبیل GTO در ادوات FACTS برجستگی های عمده ای در رفتار آنها شناسایی شد که می توان از آنها بعنوان نسل جدید ادوات FACTS نام برد. این ادوات را بطور عمده می توان به سه دسته تقسیم نمود :

(a) ادواتی که بطور سری به سیستم متصل می شوند.
(b) ادواتی که بطور موازی به سیستم متصل می شوند.
(c) ادواتی که بصورت ترکیب سری-موازی به سیستم متصل می شوند.

شکل ۲ انواع سه گانه نسل جدید ادوات FACTS را که در ساختار آنها از مبدلهای منبع ولتاژ (VSC) استفاده شده است نشان می دهد .



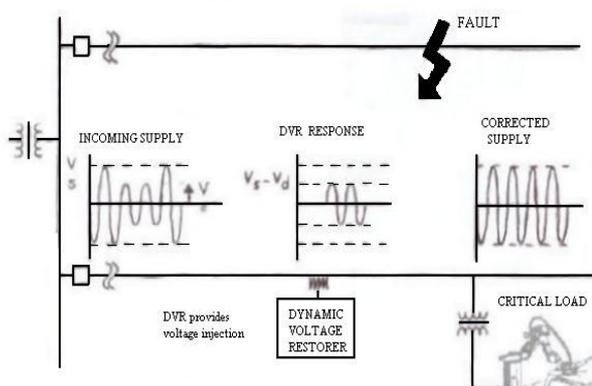
شکل ۲ - انواع سه گانه نسل جدید ادوات FACTS

۴- کیفیت توان، پارامتر مورد توجه سیستم

های توزیع کنونی

شرکت های توزیع متعهدند که مصرف کنندگان را با یک توان قابل اطمینان تغذیه کنند. مصرف کنندگان کنونی بعلا بکارگیری از کامپیوترها، با نرخ غیرقابل تصور، برای پروسه های کنترل خودکار، مدیریت اطلاعاتی و روباتها، تغییراتی اساسی در احتیاجات خود احساس می کنند. یکی از این تغییرات لزوم داشتن یک سیستم

گیرد. این دستگاه قابلیت جبران سازی خازنی و راکتور را داراست. شکل موج تزریقی توسط کلیدزنی سریع منبع dc با استفاده از الگوی مودولاسیون پهنای باند، ایجاد می شود. هنگام عملکرد D-STATCOM پارامترهای خط بطور دائم نظارت می شوند و با سیگنال مطلوب مقایسه می گردد، سپس مقدار جریان و ولتاژ لازم برای حذف اغتشاش ایجاد شده توسط بار، تولید می گردد. بنابراین، این دستگاه اجازه ورود اغتشاشات ایجاد شده توسط بار را به سیستم توزیع نمی دهد. بازیاب دینامیکی ولتاژ از لحاظ ساختار کاملا مشابه D-STATCOM می باشد با این تفاوت که ترانسفورماتور آن بصورت سری با خط وصل می شود که وظیفه اصلی آن تزریق دینامیکی ولتاژ به سیستم برای جبران سازی و بهبود شکل موج ولتاژ می باشد. عملکرد آن بسیار سریع و در حد میلی ثانیه است. بعنوان مثال هنگام وقوع کمبود ولتاژ که عمدتاً ناشی از خطای اتصال کوتاه در فیدهای مجاور یا راه اندازی بارهای سنگین می باشد، DVR میتواند با پاسخگویی سریع، افت ولتاژ را جبران کرده و مصرف کننده انتهای خط هیچ گونه کمبودی را احساس نکند. شکل ۵ نمونه ای از این واقعه را نشان می دهد. کمبود ولتاژ ناشی از اتصال کوتاه در فیدر مجاور توسط DVR جبران گشته و ربات حساس به اینگونه اغتشاشات را از عملکرد نامطلوب باز می دارد.

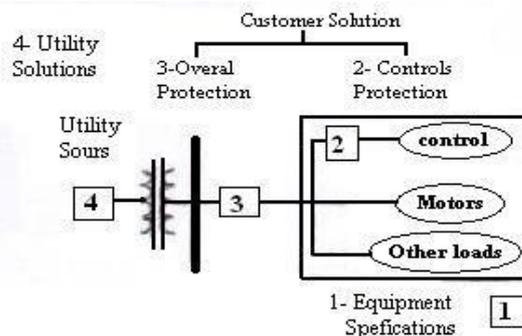


شکل ۵- پاسخ یک DVR به اغتشاش کمبود ولتاژ در اثر خطای اتصال کوتاه در فیدر مجاور

هزینه این ادوات به حداکثر جبران سازی ولتاژ و دامنه جریان بار بستگی دارد. با ۳۰ درصد جبران سازی ولتاژ (به

گیرد. در سطح ۴، سیستم توزیع مورد اعمال تجهیزات بهبود کیفیت توان قرار می گیرند.

استفاده از منابع تغذیه پیوسته UPS، ترانسفورماتورهای فرورزونانس، جمع کننده های مغناطیسی و مجموعه های موتور- ژنراتور می توانند در سطح ۳ و ۲ بعنوان عوامل بهبود کیفیت مورد استفاده قرار گیرند. ضعف عمده این ادوات دارا بودن تلفات زیاد، افزایش هزینه در صورت استفاده در سطح وسیع و مشکلات هماهنگ کردن سیستم های حفاظت می باشد.

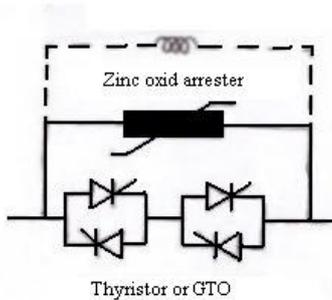


شکل ۴- مکانهای بکارگیری راه حلهای بهبود کیفیت توان

۵- ادوات Custom Power

همانند ادوات FACTS ادوات Custom Power را به سه دسته عمده تقسیم نمود که از لحاظ آرایش ساختمانی شبیه STATCOM, SSSC, UPFC می باشند ولی از لحاظ قدرت و روشهای کنترلی و نحوه بکارگیری کاملاً متفاوت از ادوات مذکور می باشند. این ادوات را بترتیب جبران ساز استاتیک توزیع (D-STATCOM)، بازیاب دینامیکی ولتاژ (DVR) و به ساز یکپارچه کیفیت توان (UPQC) نام نهادند. در تمامی این ادوات از کلیدهایی با قابلیت خاموش شدن در آرایش مبدل منبع ولتاژ (VSC) استفاده شده است. استفاده از این ادوات براساس فلسفه بهبود کیفیت توان در سطح سیستم توزیع است که دارای هزینه کمتر و کاهش قابل توجه تلفات با استفاده از کنترلرهای الکترونیک قدرت می باشد که در نتیجه بازدهی سیستم را بالا می برد. جبران ساز استاتیک توزیع وسیله ای است سه فاز که دارای قابلیت جبران سازی موازی دینامیک بصورت پیوسته با تزریق جریان به سیستم توزیع می

علاوه بر این ادوات که بین FACTS و Custom Power مشترک می باشد از مدارشکن های نیمه هادی (SSB) بعنوان عنصر دیگر Custom Power می توان نام برد. شکل ۷ آرایش یک SSB را نشان می دهد. در این آرایش تریتورها بصورت پشت به پشت در تعداد زیاد بهم متصل شده اند تا سطح ولتاژ مورد نیاز را تحمل نمایند. در ترکیب تریتوری، SSB می تواند مدار را در اولین لحظه ای که جریان مدار از صفر میگذرد قطع نماید. در این صورت شاهد تاخیر چند میلی ثانیه خواهیم بود که برای بیشتر کاربردها قابل قبول است. اما اگر از GTO در آرایش SSB استفاده شود، جریان را می توان در هر زمان که باشد کاملاً قطع نمود.



شکل ۷- آرایش یک مدارشکن نیمه هادی (SSB) با مدار محافظ اضافه ولتاژ

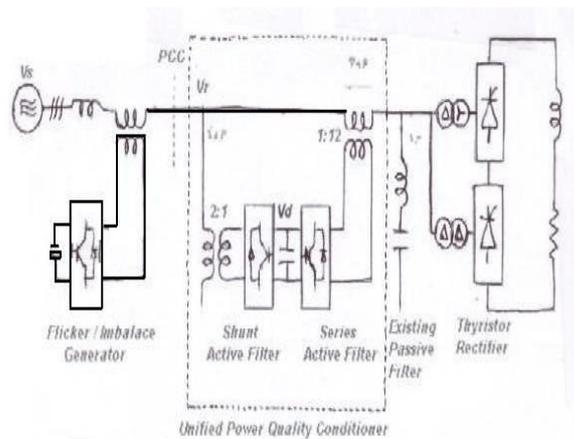
استفاده از SSB در مساله کیفیت توان بخاطر سرعت عملکرد آن است. این کلید می تواند بارهای حساس را بهنگام وقوع اغتشاش روی فیدر، سریعاً آنرا به فیدر دیگری که سالم است انتقال دهد بدون اینکه مصرف کننده شاهد وقفه ای باشد.

نکته ای که ذکر آن برای رفع ابهام لازم است این است که عملکرد Custom Power شبیه عملکرد فیلترهای فعال می باشد که مدت مدیدی است که بکار گرفته می شوند و چیز جدیدی نیستند. برای رفع ابهام ذکر این نکته لازم است که فیلترهای فعال فقط محدوده کوچکی از مسائل کیفیت توان را پوشش می دهند که همان حذف نویزها یا هارمونیک ها می باشد در حالیکه تنوع اغتشاشات سیستم های توزیع همانطور که ذکر شد گستره وسیعی را شامل می شوند که برای حل کلیه این پدیده ها باید چاره جست. لذا سیاست های کنترلی و

این معنی که DVR دارای ولتاژ ۳۰ درصد ولتاژ نامی بار باشد) می توان بیشتر از ۹۵ درصد اغتشاشات را از بین برد.

ظرفیت خازن ذخیره ساز در این ادوات، معین کننده تداوم عملکرد آنها می باشد. برای بهبود قابلیت تامین بار می توان از یک بانک باتری بصورت موازی با خازن استفاده کرد. همچنین از آنجا که این میدلها بصورت سه فاز کار می کنند در صورت اخلال در یک فاز، این میدلها می توانند توان را از فازهای دیگر گرفته و به فاز معیوب تزریق کنند. دستگاه UPQC که از ترکیب سری-موازی میدلهای منبع ولتاژ که توسط یک خازن DC بهم متصل شده اند بعنوان راه حل قوی برای رفع تقریباً کلیه اغتشاشات کیفیت توان می تواند مورد استفاده قرار گیرد. این دستگاه قابلیت جبران سازی فلیکر، عدم تعادل، توان راکتیو، جریان توالی منفی و هارمونیک ها را دارد. وظیفه اصلی مولفه سری، ایزوله سازی هارمونیکی بین سیستم توزیع و فوق توزیع می باشد. علاوه بر این دارای قابلیت جبران سازی فلیکر، نامتعادلی، تنظیم ولتاژ و هارمونیک در نقطه اتصال به شبکه می باشد. وظیفه اصلی مولفه موازی جذب جریان هارمونیک ها، جبران سازی توان راکتیو، جبران توالی منفی و تنظیم ولتاژ خازن DC می باشد.

شکل ۶ استفاده از UPQC را برای جبران سازی فلیکر و عدم تعادل بار و همچنین حذف هارمونیکی بار دیگر (یک یکسوساز تریتوری ۱۲ پالسی) نشان می دهد.



شکل ۶- مثالی از کاربرد UPQC برای بهبود کیفیت توان و حذف اغتشاشات سیستم توزیع



بکارگیری ادوات Custom Power در حالت کلی متفاوت از فیلترهای فعال خواهد بود. بنابراین فیلترهای فعال جزو زیرمجموعه ادوات Custom Power قرار می‌گیرند و این یک مفهوم فراگیر می‌باشد. در ادامه لازم به ذکر است که مسئله چگونگی سیاست کنترل کلیدزنی مبدلها برای رفع بعضی یا کلیه اغتشاشات کیفیت توان از نوع مسائلی است که باب آن مفتوح است و می‌تواند تلاشهای فراوانی را به خود جذب نماید.

۶- نتیجه

در این مقاله به بررسی بکارگیری عناصر الکترونیک قدرت در سیستم های انتقال انرژی و سیستم های توزیع پرداخته شد و کاربرد این ادوات در مورد اخیر برای بهبود کیفیت توان که از موضوعات مورد توجه مصرف کنندگان کنونی است بررسی شد. بکارگیری این ادوات در سیستم های توزیع جهت بالابردن کیفیت توان تحت مفهوم Custom Power از تلاشهای اخیر محققان و دست اندرکاران سیستم های توزیع بهره می‌گیرد.

منابع

- ۱- یونگ هوا سونگ و آلن تی جانز سیستم های انتقال انعطاف پذیر AC (FACTS) جلد اول ترجمه دکتر محمودرضا حقی فام مهندس مهدی رسول زاده حقیقی . انتشارات دانشگاه هرمزگان
- ۲- س.ع. نبوی نیکی و ر. ایروانی " تحلیل رفتار نسل جدید ادوات FACTS بر اساس روش نواحی توان مختلط " مجموعه مقالات ششمین کنفرانس مهندسی برق ایران -

۱۳۷۷

3- G.A.Tagor, "Power Quality Hardware Solution for distribution systems " , IEE Symposium on the reliability , security and Power Quality distribution systems , 1995, pp11/1-11/9