



# پایان نامه کارشناسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

مدلسازی و کنترل DSTATCOM با استفاده از الگوریتم Icos $\phi$

استاد راهنما:

دکتر رضا نوروزیان

نگارش:

محمدحسین عابدی

شهریور ۸۹

فهرست مطالب	۱
مقدمه	۱
فصل اول : جبرانسازها	۳
۱-۱) اهداف جبرانسازیهای موازی	۴
۲-۱) جبرانسازی ایستای توان راکتیو SVC	۶
۳-۱) جبرانساز ایستای شبکه توزیع D-STATCOM	۱۵
۴-۱) کاربرد D-STATCOM در نقاط مختلف جهان	۱۷
فصل دوم : ادوات Custom Power	۱۸
۱-۲) مقدمه	۱۹
۲-۲) سیستم های انتقال انعطاف پذیر (FACTS)	۲۰
۳-۲) انواع متعارف ادوات FACTS	۲۱
۴-۲) تجهیزات مورد استفاده در سیستم های توزیع جهت بهبود کیفیت توان	۲۳
۵-۲) دسته بندی ادوات Custom Power	۲۵
۶-۲) مقایسه توانایی های تجهیزات Custom Power	۵۳

دانشگاه زنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاعوزنجان و اسکندرمهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاعوزنجان	۵۵
<b>فصل سوم : ساختمان، نحوه عملکرد و سیستم کنترلی D-STATCOM</b>	
۱-۳) مقدمه	۵۶
۲-۳) معرفی تئوری توان لحظه‌ای	۵۶
۳-۳) اجزای اصلی D-STATCOM	۶۳
۳-۴) سیستم کنترلی D-STATCOM	۶۵
۳-۵) کنترل مبدل‌های الکترونیک قدرت	۷۲
۳-۶) سیستم کنترل ولتاژ DC	۷۶
<b>فصل چهارم: الگوریتم Icosφ</b>	
۴-۱) مقدمه	۷۹
۴-۲) مشخصات سیستم	۸۰
۴-۳) الگوریتم کنترل	۸۱
<b>مراجع و منابع:</b>	
۸۲	۸۶

## مقدمه

تأمیل طراحان و مهندسان برق بر آن است که در سیستم قدرت، ولتاژ در نقاط مختلف ثابت بوده، جریانه‌ها و ولتاژها متعادل و عاری از هارمونیک باشند. بعلاوه بنا به دلایل اقتصادی و فنی ضریب توان تا حد ممکن با حداقل هزینه در نقاط مختلف شبکه به یک نزدیک گردد. اما به دلیل اینکه شبکه قدرت یک سیستم گسترده برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه تهران است، دستیابی به شرایط بالا بصورت ایده‌آل غیر ممکن می‌باشد، با کنترل توان راکتیو به نحو مناسب می‌توان شرایط اشاره شده را به طور نسبی به دست آورد. یکی از پیشرفته‌ترین وسایل کنترل توان راکتیو که در دو دهه اخیر به مدد پیشرفت ساخت ادوات نیمه‌هادی با توان بالا ارائه شده است، جبران کننده ایستای توان راکتیو (SVC) می‌باشد. این نوع جبران کننده‌ها در مقایسه با جبران کننده‌های دیگر مزایایی نظیر قابلیت انعطاف بیشتر و سرعت پاسخ بالاتر دارد. یکی از آخرین انواع SVC، نوع اینورتری آن معروف به STATCOM در شبکه قدرت و D-STATCOM در شبکه توزیع می‌باشد که نسبت به انواع SVCها مزایایی مانند استفاده از حداقل عناصر ذخیره کننده انرژی، فضای کمتر مورد نیاز و سرعت بالاتر دارد در این فصل پس از مروری بر انواع جبران کننده‌های موازی با ساختمان آنها آشنا شده و جبران‌سازهای ایستای شبکه توزیع (D-STATCOM) مفصلاً مورد بحث قرار می‌گیرد و در نهایت به مقایسه‌ای اجمالی تعدادی از جبران کننده‌های موازی با D-STATCOM پرداخته خواهد شد. از نظر مصرف کننده انرژی الکتریکی یک سیستم قدرت ایده‌آل باید تحت هر شرایطی خصوصیات زیر را دارا باشد.

۱- فرکانس ثابت

۲- دامنه ولتاژ ثابت

۳- ولتاژ متعادل و عاری از هارمونیک و اغتشاشات  
از لحاظ فنی و اقتصادی و بنا بر دلایلی که در فصل قبلی به آن اشاره شد، تولید کننده انرژی الکتریکی نیز تمایل دارد دو شرط زیر برقرار باشد:

۱- مصرف کننده ضریب توان واحد داشته باشد.

۲- جریان مصرف کننده متعادل، سینوسی و عاری از هارمونیک باشد.  
در شرایط واقعی دستیابی به شرایط بالا نه امکان پذیر و نه اقتصادی است. زیرا سیستم قدرت یک شبکه گسترده متغیر با زمان است. این تغییر پذیری با زمان هم در ساختار شبکه و هم در میزان مصرف بار وجود







دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان  
به جز فرکانس که به طور مستقیم در نیروگاه و با استفاده از گاورنر، با تنظیم توان حقیقی کنترل میگردد، بقیه موارد مانند ثابت نگه داشتن دامنه ولتاژ، متعادل سازی و بهبود ضریب توان را میتوان با استفاده از اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
تنظیم توان راکتیو به صورت موثری کنترل نمود. دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
با پیشرفت ساخت ادوات نیمه هادی و تولید کلیدهای نیمه هادی با ولتاژ و جریان بالا و با قیمت کم مناسب، استفاده از آنها در شبکه های فشار قوی و ضعیف آغاز شد. در نتیجه نوع جدیدی از جبران کننده ها برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان  
یعنی جبران کننده توان راکتیو (SVC) ساخته و به بازار عرضه شد. در ابتدا از SVC برای جبران کوره های قوس الکتریکی و جلوگیری از چشمک زدن SVC گروه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
ولتاژ استفاده میشد ولی به دلیل مزایای زیادی مانند پاسخ بسیار سریع، قابلیت اطمینان و انعطاف پذیری زیاد، بسیار زود برای کاربرد های دیگر نیز مورد توجه قرار گرفت. امروزه به دلیل پیشرفت های زیاد در زمینه دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
نیمه هادیهای قدرت با توان و ولتاژ بالا و کاهش قیمت آنها و همچنین ارائه روش های کنترل جدید، اینگونه جبران کننده ها توسعه فراوانی یافته اند و در اثر رشد تقاضا برای انرژی الکتریکی با تمرکز بار در نواحی زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان  
پرجمعیت، رشد استفاده از کابل های زیر زمینی و استفاده از خطوط انتقال طولانی استفاده از این جبران اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
کننده ها هر روز افزایش میابد. اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
به عنوان مثال تا سال ۱۹۹۸ در کانادا و آمریکا کل ظرفیت نصب شده از این نوع جبران کننده ها ۹۷۱۰ مگاوا مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
مگاوا برای خطوط انتقال و ۱۷۶۰ مگاوا برای مصارف صنعتی بوده است. اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
یک وسیله یا یک (SVC) بنابر تعریف جبران کننده توان راکتیو استاتیک اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
سیستم ساکن است که میتواند جریان راکتیو خازنی یا راکتوری از سیستم قدرت بکشد و به این ترتیب توان راکتیو تولید یا جذب نماید. اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
این منبع تولید توان راکتیو بایستی به صورت موازی به شبکه متصل شده و خروجی آن به گونه ای تغییر کند که پارامتر های مشخصی از سیستم قدرت را کنترل نماید. اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه  
زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشاه



## ۱-۲) جبران سازی ایستای توان راکتیو SVC

SVC ها به دو طریق توان راکتیو جذب و یا تولید می کنند. در روش امپدانس متغیر که قدیمی تر می باشد، با وارد و یا خارج شدن عناصر ذخیره کننده انرژی که قادر به تولید یا جذب توان راکتیو هستند، یا با کنترل

جریان عبوری از آنها کنترل می شود. در روش دوم از عناصر ذخیره کننده انرژی مانند راکتور یا خازن به طوری که واقعی و به منظور تولید توان راکتیو استفاده نمی شود بلکه از یک مبدل الکترونیک قدرت و از خاصیت غیر خطی بودن آن برای تولید یا جذب توان راکتیو استفاده شده است و با کنترل نحوه کلیدزنی کلیدهای قدرت، توان راکتیو کنترل می گردد. هر کدام از این جبران کننده ها معایب و مزایای خاص خود را دارد. در روش اول

یک امپدانس متغیر در نقطه ای از شبکه قدرت به صورت موازی متصل می شود. انواع مختلفی از این نوع جبران سازه ها وجود دارد که در قسمتهای بعدی با ساختمان و ویژگیهای هر یک از آنها آشنا می شوید.

## ۱-۲-۱) خازن سوئیچ شونده تریستوری<sup>۱</sup> Thyristor Switched Capacitor (TSC)

مدار تکفاز خازن سوئیچ شونده با تریستور در شکل (۱-۱-الف) نشان داده شده است. مدار شامل یک خازن، دو تریستور به عنوان کلید و یک راکتور نسبتاً کوچک برای محدود کردن جریان ضربه ای خازن در حالت گذرا می باشد. هنگامی که کلیدهای تریستوری روشن می شوند خازن تا زمانیکه سیگنال روشن شدن به گیت

تریستور می رسد، به طور دائم در مدار قرار گرفته و باعث تولید توان راکتیو می شود. اگر سیگنال گیت قطع

شود پس از صفر شدن جریان، کلیدها قطع شده و خازن از مدار خارج می گردد. وصل خازن تنها در لحظه ای انجام می شود که ولتاژ شبکه و ولتاژ اولیه خازن تقریباً برابر باشند. در غیر اینصورت تغییر ولتاژ لحظه ای خازن باعث عبور جریان ضربه ای شدید می گردد. با توجه به پله ای بودن تغییرات توان راکتیو، برای این که

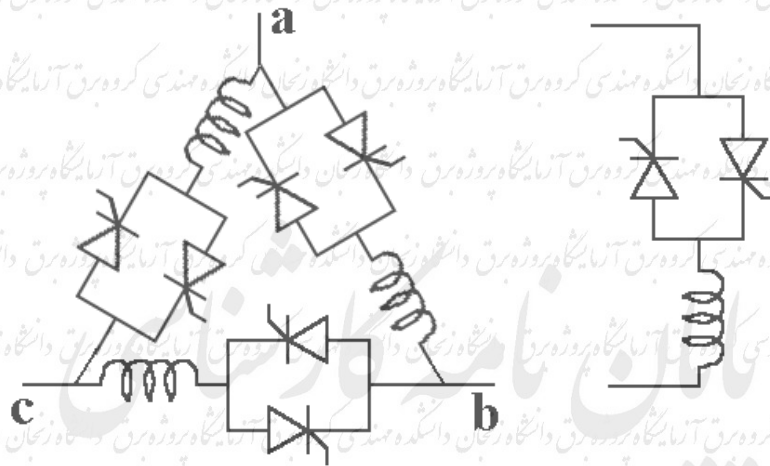
دامنه تغییرات پله ای نسبتاً کم باشد، از یک بانک خازنی متشکل از چند پله مطابق شکل (۱-۱-ب) استفاده می شود.

اگر ظرفیت یکی از خازنها نصف ظرفیت هر کدام از بقیه خازنها باشد، دامنه تغییرات پله ای توان راکتیو کمتر می شود. ساختمان و کنترل ساده و نسبتاً ارزان، کنترل مستقل فازها به سادگی، عدم تولید هارمونیک، نگاه پروره

داشتن حالت گذرای نسبتاً کم از جمله مزایای TSC می باشد. ولی در TSC تغییرات توان راکتیو به صورت پله ای بوده و تنها قادر به تولید توان راکتیو پیش فاز است. بعلاوه پس از دریافت سیگنال فرمان برای در مدار

<sup>۱</sup> Thyristor Switched Capacitor





الف

ب

شکل (۱-۲) مدار قدرت TCR (الف) TCR تکفاز (ب) سه فاز TCR

و بنابراین با کنترل زاویه آتش می توان توان راکتیو جذب شده از شبکه را کنترل نمود. برای حذف

هارمونیکهای مرتبه سوم TCR معمولاً سه مدار تکفاز را مطابق شکل (۱-۲) به صورت مثلث مورد استفاده قرار می دهند. ساختمان و کنترل نسبتاً ساده، کنترل فازها به طور مستقل، حالت گذرای نسبتاً کم و کنترل پیوسته توان راکتیو از جمله مزایای TCR می باشد. ولی TCR به دلیل غیرسینوسی بودن جریان،

تولید هارمونیک می نماید که باید آنها را فیلتر نمود. به علاوه بعد از دریافت سیگنال فرمان برای تغییر توان راکتیو در مدارهای تکفاز تأخیر حداکثر  $\frac{1}{2f}$  و در مدارهای سه فاز تأخیر حداکثر  $\frac{1}{6f}$  ایجاد می گردد.

۱-۲-۳) راکتور کنترل شده با تریستور همراه با خازن ثابت<sup>۳</sup> (FC-TCR)

TCR تنها می تواند توان راکتیو از سیستم قدرت جذب نماید. برای اینکه بتوان توان راکتیو را با قابلیت

کنترل پیوسته تولید نمود، می توان سه خازن به صورت ستاره یا مثلث را در خروجی TCR به طور دائمی آرمیچر موازی کرد. حد ظرفیت خازنی این مجموعه برابر ظرفیت خازنهای ثابت و حد ظرفیتی راکتوری آن برابر تفاضل ظرفیتهای TCR و خازن ثابت خواهد بود

۳ Fixed capacitor-Thyristor Controlled Reactor

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

### ۱-۲-۴) راکتور کنترل شده با تریستور همراه با خازن سوئیچ شونده با تریستور (TSC-TCR)

مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

عیب عمده ترکیب FC-TCR آن است که توان نامی TCR بایستی برابر مجموع قدر مطلق توان راکتیو راکتوری SVC و توان راکتیو خازن ثابت باشد. برای رفع این عیب می توان بجای خازن ثابت از یک خازن یا بانک خازنی سوئیچ شونده استفاده کرد و به این ترتیب ظرفیت TCR را کاهش داد. این ساختار نسبت به ساختارهای قبلی قدری پیچیده تر و کنترل آن مشکل تر است. حداکثر تأخیر این سیستم بعد از دریافت فرمان در سیستمهای تکفاز  $\frac{1}{f}$  و در سیستمهای سه فاز ساده  $\frac{1}{3f}$  می باشد.

پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

### ۱-۲-۵) انواع جبرانسازهای ایستا با استفاده از مبدل‌های الکترونیک قدرت

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

همانطور که در بخشهای قبلی بیان شد جبرانساز ایستا امپدانس متغیر با تغییر امپدانس اتصالی به سیستم قدرت میزان توان راکتیو تولید یا جذب شده را کنترل می نماید. در این نوع SVC ها توان راکتیو مستقیماً توسط عناصر ذخیره کننده انرژی یعنی راکتور و خازن جذب یا تولید می گردد و میزان آن به طور مستقیم به اندازه راکتور و خازن رابطه دارد. در جبرانسازهای ایستا جدیدتر، از مبدل‌های الکترونیک قدرت و خاصیت غیرخطی بودن آنها برای تبادل توان راکتیو استفاده می گردد.

مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

یک منبع ولتاژ یا منبع جریان را با استفاده از کلیدهای قدرت مانند انواع BJT, MOSFET, IGBT, GTO یا تریستور با مدار کموتاسیون اجباری می توان به گونه ای کلید زد که یک منبع ولتاژ یا منبع جریان ac با فرکانس مؤلفه اصلی برابر با فرکانس سیستم قدرت ولی فاز و دامنه قابل کنترل در خروجی مبدل ایجاد شود.

پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

حال اگر این منبع قابل کنترل از طریق یک فیلتر به شبکه قدرت متصل شود، می توان با تنظیم دامنه منبع ایجاد شده جریان کشیده شده از خط انتقال و در نتیجه توان راکتیو را کنترل نمود. وظیفه اصلی این فیلتر حذف هارمونیکهای اضافی ولتاژ یا جریان می باشد و در اینورترهای منبع ولتاژ امپدانس راکتوری فیلتر عاملی

برای کنترل جریان راکتیو کشیده شده یا تزریق شده به باس بینهایت می باشد. منبع مورد استفاده می تواند بصورت مستقل از سیستم قدرت مانند باتری بوده، و یا با استفاده از انرژی شبکه قدرت و توسط راکتور و خازن ایجاد گردد.

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

در شرایط ایده آل که تلفاتی وجود ندارد مبدل به گونه ای کنترل می گردد که جریان کشیده شده از سیستم قدرت نود یا منهای نود درجه نسبت به ولتاژ خط انتقال یا توزیع اختلاف فاز داشته باشد. ولی در شرایط

دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، بهار ۱۳۹۶

واقعی که سیستم تلفات دارد برای تأمین این تلفات، اختلاف فاز، نود یا منهای نود درجه نبوده و اندکی کمتر

یا بیشتر می‌باشد. دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، بهار ۱۳۹۶

در جبران‌سازهای ایستا امیدانس متغیر برای تولید توان راکتیو پیش‌فاز و پس‌فاز، تجهیزاتی جداگانه مورد نیاز است، یعنی برای تولید توان راکتیو پس‌فاز نیاز به راکتور، کلید و ... با مشخصات نامی متناسب با مقدار توان

نامی راکتیو پس‌فاز و برای تولید توان راکتیو پیش‌فاز نیاز به خازن، کلید و سایر تجهیزات جداگانه متناسب

با مقدار نامی توان راکتیو پیش‌فاز بود. در حالیکه در SVC هایی که از مبدل الکترونیک قدرت برای تولید

توان راکتیو استفاده می‌کنند، توان راکتیو پیش‌فاز و پس‌فاز تنها با یک سری تجهیزات و فقط با تغییر نحوه

کنترل کلیدها تولید و تنظیم می‌گردد. البته ممکن است مقدار نامی تجهیزات به منظور تولید توان راکتیو

پیش‌فاز و پس‌فاز اندکی افزایش یابد. بعلاوه با اعمال کنترل مناسب، توان راکتیو به طور پیوسته از مقدار

نامی پیش‌فاز تا مقدار نامی پس‌فاز کنترل می‌گردد. دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، بهار ۱۳۹۶

در جبران‌سازهای ایستا امیدانس متغیر توان راکتیو تولیدی متناسب با مجذور ولتاژ است، در حالیکه در

جبران‌سازهای ایستا با استفاده از مبدل، به جای امیدانس، جریان خروجی به مقدار نامی خود محدود شده و

لذا توان راکتیو تولیدی متناسب با ولتاژ است. بنابراین در شرایط اضطراری که ولتاژ کاهش می‌یابد و نیاز به

تولید توان راکتیو حداکثر می‌باشد، جبران‌سازهای ایستا با استفاده از مبدل الکترونیک قدرت توان راکتیو

بیشتری نسبت به جبران‌سازهای ایستا امیدانس متغیر با توان نامی مشابه تولید می‌کند. از مزایای دیگر این

نوع جبران‌سازهای ایستا حداقل شدن عناصر ذخیره‌کننده انرژی است زیرا در این نوع جبران‌سازهای ایستا

توان راکتیو توسط راکتور یا خازن تولید نمی‌شود و از آنها به عنوان فیلتر برای حذف هارمونیکها استفاده

می‌گردد. بعلاوه با افزایش فرکانس کلیدزنی اندازه راکتور و خازن به کار رفته کوچکتر می‌گردد. این امر سبب

کاهش قیمت تجهیزات مورد استفاده شده و باعث کوچک و مجتمع شدن جبران‌سازهای ایستا و اشغال فضای

کمتر می‌شود. در این نوع جبران‌سازهای ایستا چون راکتور و خازن به طور مستقیم در مدار قرار نمی‌گیرند

امکان تشدید با عناصر شبکه از بین خواهد رفت. در اینجا بر خلاف جبران‌سازهای ایستا امیدانس متغیر که

بسته به نوع آنها دارای یک تأخیر ذاتی کوچک در پاسخ به سیگنال فرمان بودند، این نوع جبران‌ساز ایستا به

طور لحظه‌ای قابل کنترل است و هر چقدر فرکانس کلید زنی بیشتر باشد این قابلیت افزایش یافته و پاسخ

آنها سریعتر می‌گردد. به طوریکه از آنها می‌توان به عنوان فیلتر فعال برای حذف هارمونیکها و یا حالت‌های

گذرای بسیار سریع و نامشخص استفاده کرد. در حالت کلی برای تولید توان راکتیو پیش‌فاز بایستی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، بهار ۱۳۹۶

دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، بهار ۱۳۹۶



دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

## مراجع و منابع:

- [1] D. Graovac, V. Kati, A. Ruf, "Unified Power Quality Conditioner Based on Current Source Converter Topology", EPE 2001–Graz.
- [2] Hingorani, N.G. (1991). FACTS Flexible AC Transmission System. IEEE Fifth International Conference on AC and DC Power Transmission, September 1-7.
- [3] IEEE FACTS WG and CIGRE FACTS WG (1995). FACTS Overview. IEEE, 95TP 108, April
- [4] J.H. Akagi, Y. Kanazawa and A. Nabae. "Instantaneous Reactive Power Compensators Comprising Switching Devices Without Energy Storage Components." IEEE Trans. Ind. Applicat., Vol. IA - 20, No.3, pp. 625 - 630, May/June 1984.
- [5] L. Gyugyi, "Power Electronics in Electric Utilities: Static Var Compensator," Proceedings of the IEEE, Vol, 76, No.4, pp. 483-493, April 1988.
- [6] L. Gyugyi, "Reactive Power Generation and Control by Thyristor Circuits," IEEE Trans. Ind. Appl, Vol. IA - 15, No.5, pp- 521-532, Sep. 1979.
- [7]. H. Akagi, Y. Kanazawa and A. Nabae, "Generalized Theory of the Instantaneous Reactive Power in Three-Phase Circuits", IPEC'83 - Int. Power Electronics Conf., Tokyo, Japan, 1983, pp. 1375-1386
- [8]. M.Aredes, "Active Power Line Conditioner" Dr.-Ing.Thesis, Technische Universität Berlin, Berlin, Germany, March 1996.
- [9] J. Afonso, Carlos Couto, J. Martins. "Active Filters with Control Based on the p-q Theory" IEEE Industrial Electronics Society Newsletter, vol. 47, no. 3, September 2000.
- [10] Singh, B.; Kumar, S "Control of DSTATCOM using Icos $\Phi$  algorithm" Industrial Electronics, 2009. IECON '09. 35th Annual Conference of IEEE