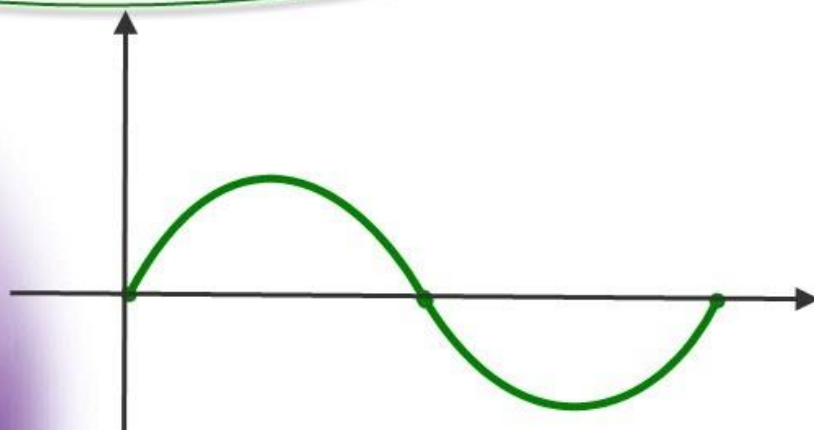


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

موضوع پروژه:

بررسی و مقایسه عملکرد انواع SVC نسبت به خازن در سیستم



توزیع و انتقال برق

برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

(شماره پروژه = ۲۸۵)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

«فهرست»

عنوان

چکیده

مقدمه

فصل اول

۱- معرفی جبران کننده ایستای توان راکتیو SVC

۱-۱- تعریف SVC

۲-۱- مزایای SVC

مزایای استفاده از SVC در سیستم توزیع

مزایای استفاده از SVC در سیستم انتقال

۳-۱- دسته بندی SVC ها

الف- SVC نوع امپدانس متغیر

ب- انواع SVC با استفاده از مبدل های الکترونیک قدرت

۴-۱- اصول و مدل SVC

فصل دوم

۲- انواع و ساختار SVC ها

۱-۲- انواع SVC امپدانس

الف) خازن سوئیچ شونده با تریستور TSC

ب) سلف کنترل شده با تریستور TCR

ج) سلف کنترل شده با تریستور همراه با خازن ثابت FC-TCR

د) سلف کنترل شده با تریستور همراه خازن سوئیچ شونده با تریستور

ه) خازن های سری با کنترل تریستور TCSC

۲-۲- انواع SVC با استفاده از مبدل های الکترونیک قدرت

الف) SVC با استفاده از مبدل مستقیم ac-ac

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- ب) SVC با استفاده از مبدل dc-ac ب-۱) SVC با استفاده از اینورتر منبع ولتاژ (VSI)
 ب-۲) SVC با استفاده از اینورتر منبع جریان CSI ب-۳) اینورتر منبع ولتاژ چندتاتی
 ۲-۳- معرفی ساختاری جدید

فصل سوم

- ۳- نمونه‌هایی از استفاده SVC در شبکه انتقال قدرت ۳-۱- نصب SVC از نوع STATCON با ظرفیت $\pm 100\text{MVAR}$
 ۳-۲- SVC ادی کانتی (EDDY COUNTY) ۳-۳- SVC کلایم (CLAPHAM)
 ۳-۴- SVC پروژه MMTU
 ۳-۵- نصب SVC در استرالیا

فصل چهارم

- ۴- چگونگی انتخاب و نصب SVC

۴-۱- مقایسه اجمالی SVCها

۴-۲- موارد مؤثر در انتخاب نوع SVC

۴-۳- مکان نصب SVC

۴-۴- جمع‌بندی

فصل پنجم

- ۵- انواع دیگر جبران‌کننده‌های توان راکتیو

۵-۱- جبران‌کننده از نوع ماشین گردان

۵-۲- جبران‌کننده‌های ساکن (جبران‌کننده‌های خازنی)

۵-۲-۱- طرز کار

۵-۲-۲- انواع جبران‌کننده‌های خازنی

۵-۲-۳- روش محاسبه خازن مورد لزوم برای حذف توان راکتیو

۵-۲-۴- رگولاتور چیست و چگونه کار می‌کند

۵-۳- جبران توان راکتیو در کارخانجات

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۴-۵- جبران توان راکتیو در شبکه انتقال انرژی

جایابی و تعیین ظرفیت خازن موازی در شبکه توزیع بکمک الگوریتم ژنتیک با هدف کاهش تلف توان اهمی

شبکه ۸۵

نتیجه گیری

مراجع



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چکیده

امروزه با توجه به گسترش روزافزون استفاده از انرژی الکتریکی، مسئله انتقال قدرت الکتریکی اهمیت زیادی یافته و روز به روز در حال گسترش است. گسترش خطوط انتقال نیرو با مشکلاتی روبرو است که برای رفع آن طرح‌های مختلفی مطرح گردیده است. یکی از این مشکلات، نوسانات ولتاژ و عدم تثبیت آن در طول شبکه می‌باشد.

برای رفع این مشکل از شیوه جبران توان راکتیو سیستم استفاده شده است و انواع جبران‌کننده‌های توان راکتیو به بازار عرضه شده‌اند. در این رساله به دنبال معرفی انواع جبران‌کننده‌های توان راکتیو و ویژگی‌های آنان می‌باشیم. از اصلی‌ترین انواع آنان می‌توان به بانک‌های خازنی، ماشین‌های گردان و جبران‌کننده‌های ایستای توان راکتیو (SVC) اشاره کرد. با توجه به کاربرد بیشتر SVCها در خطوط انتقال نسبت به دو نوع ذکر شده دیگر، تأکید خود را بر روی این نوع جبران‌کننده توان راکتیو معطوف داشته و مطالب بیشتری را در مورد SVCها بررسی خواهیم کرد.

کلمات کلیدی: توان راکتیو (Reactive Power)، جبران‌کننده ایستای توان راکتیو (Static var compensator خازن (Capacitor)، سلف (Reactor)، جبران‌کننده ایستای توان راکتیو پیشرفته (ASVC (Advance static Var compensator، کندانسور ایستا (Static STATCON (Condenser)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه

در عصر حاضر شاهد تحولی عمیق در سیستم‌های انتقال قدرت و همچنین گسترش خطوط انتقال

و توزیع در سراسر دنیا می‌باشیم. از علل این امر می‌توان به رشد صنعت، افزایش مصارف غیرصنعتی و

عدم امکان تولید انرژی در محل زندگی اشاره کرد.

از طرفی عواملی مانند مسائل زیست‌محیطی، بار سنگین مالی احداث خطوط جدید، مسائل زمین

در کشورهایی که دچار کمبود زمین می‌باشند جزو عوامل محدودکننده گسترش خطوط انتقال می‌باشند.

اما با توجه به همه عوامل ذکر شده شاهد گسترش روزافزون خطوط انتقال و پیشرفت فناوری مربوط

به آن می‌باشیم. از مشکلات فنی گسترش خطوط انتقال می‌توان، عدم قابلیت اعتماد بالا، بحث پایداری

ولتاژ و فرکانس در مکان‌های تغذیه و ... اشاره کرد.

در یک سیستم قدرت ایده‌آل، ولتاژ و فرکانس در هر نقطه تغذیه ثابت و عاری از هارمونیک است. از

آنجائی که امیدانس‌های اجزاء قدرت بطور غالب راکتیو می‌باشند، انتقال توان اکتیو مستلزم وجود اختلاف

زاویه فاز بین ولتاژ ابتدا و انتهای خط است. در حالی که برای انتقال توان راکتیو لازم است که اندازه این

ولتاژها متفاوت باشد. بنابراین ثابت نگهداشتن فرکانس توسط ایجاد توازن قدرت اکتیو بین منبع تولید و

مصرف‌کننده تحقق می‌یابد و کنترل ولتاژ به وسیله نظارت بر میزان توان راکتیو مصرفی توسط بار حاصل

می‌شود.

عدم توازن قدرت اکتیو از تأثیر آن بر سرعت یا فرکانس ژنراتور حس می‌شود. در صورت کاهش بار

و اضافه بودن تولید ژنراتور، ژنراتور تمایل به افزایش سرعت و فرکانس خود دارد و در صورت افزایش بار و

کمبود تولید، سرعت و فرکانس ژنراتور رو به کاهش است. انحراف فرکانس از مقدار نامی آن به عنوان

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیگنالی جهت تحریک سیستم کنترل دور ژنراتور انتخاب می شود. به این ترتیب با ایجاد توازن قدرت اکتیو بین منبع تولید و مصرف کننده، فرکانس سیستم ثابت نگه داشته می شود.

اما لازمه انتقال توان راکتیو وجود اختلاف در اندازه ولتاژ دو سر خط انتقال می باشد. بنابراین مصرف کننده های توان راکتیو عامل مهمی در ایجاد نوسان در اندازه ولتاژ هستند. به خصوص با سیستم های تغذیه با سطح اتصال کوتاه کوچک یا خطوط انتقال طولانی^۱ سطح ولتاژ به شدت تحت تأثیر بارهای راکتیو مثل خازن ها، راکتورها و ترانسفورماتورهاست. نیروگاه ها دارای سیستم کنترل ولتاژ هستند که کاهش ولتاژ را حس کرده و فرمان کنترل لازم برای بالا بردن تحریک ژنراتورها و در نتیجه افزایش ولتاژ ژنراتور تا سطح نامی را صادر می کنند. با بالا بردن تحریک (در حالت فوق تحریک) قدرت راکتیو توسط ژنراتورها تولید می شود. لیکن قدرت راکتیو تولیدی ژنراتور به خاطر مسائل حرارتی سیم پیچ ها محدود بوده و ژنراتور نمی تواند به تنهایی تمام قدرت راکتیو مورد نیاز سیستم را تأمین کند. همچنین در شرایط بروز اضافه ولتاژ، ژنراتورها می توانند به صورت زیر تحریک به کار افتاده، مقداری از قدرت راکتیو اضافی سیستم را مصرف نمایند. لیکن به لحاظ ملاحظات پایداری، قدرت راکتیو مصرفی ژنراتورها نیز محدود بوده و نمی توانند به تنها مسئله اضافه تولید قدرت راکتیو و افزایش ولتاژ ناشی از آن را حل کنند.

بنابراین احتیاج به وسیله ای داریم که در حالت اول بتواند قدرت راکتیو به شبکه تزریق کند و در حالت دوم قدرت راکتیو اضافی سیستم را مصرف نمایند.

^۱ . Wcak System

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

وسایلی را که برای کنترل توان راکتیو و ولتاژ به کار می‌روند^۱ جبران‌کننده می‌نامیم. همانطوری که ملاحظه شد توازن قدرت راکتیو در سیستم، تضمینی بر ثابت بودن ولتاژ و کنترل قدرت راکتیو به منزله کنترل ولتاژ می‌باشد.

امروزه جبران‌کننده‌های توان راکتیو به عنوان یکی از ادوات FACTS^۲ جزء ضروری سیستم‌های قدرت به شمار می‌روند و نقش غیرقابل انکاری در افزایش دینامیک سیستم قدرت، پایداری، حمایت از ولتاژ و افزایش توان قابل انتقال به عهده دارند.

جبران‌کننده‌های توان راکتیو در حالت کلی به دو دسته غیرفعال و فعال تقسیم می‌شوند.

الف) جبران‌کننده‌های توان راکتیو غیرفعال: شامل سلف‌ها و خازن‌های سری و موازی می‌باشد

که قادر به تغییرات پیوسته نمی‌باشد و صرف‌نظر از قطع و وصل به مدار، غیرقابل کنترل می‌باشد.

ب) جبران‌کننده‌های توان راکتیو فعال: شامل جبران‌کننده‌های سنکرون و جبران‌کننده‌های

ایستای توان راکتیو SVC^۳ می‌باشد که قابل کنترل بوده و قادر به تغییرات سریع و پیوسته توان راکتیو

استفاده می‌شدند. با پیشرفت تکنولوژی ساخت نیمه‌هادی‌ها، برای جذب و تولید توان راکتیو خازن‌های

سوئیچ شونده با تریستور و راکتورهای کنترل شونده با تریستور مورد استفاده قرار گرفت.

SVC اولین بار در سال ۱۹۷۸ در شبکه قدرت مورد استفاده قرار گرفت و مزایای آن باعث شد

استفاده از آن سریعاً رو به رشد گذارد.

^۱ Compencator

^۲ . Flexible AC Traxsmisson System

^۳ . Static Var Campensator

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

امروزه در موارد کنترل ولتاژ با کیفیت بالا، SVC به دلیل دارا بودن مزیت‌های از قبیل کاهش هزینه کل، قابلیت اطمینان بالا تعمیر و نگهداری ساده‌تر و مناسب بودن مشخصه‌های کاری، جایگزین جبران‌کننده‌های سنکرون گردیده است.

از این رو در ادامه بحث به بررسی SVC به عنوان اصلی‌ترین عنصر جبران‌کننده توان راکتیو در عصر حاضر پرداخته و در انتها سایر جبران‌کننده‌های توان راکتیو را نیز معرفی خواهیم کرد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱- معرفی جبران کننده ایستای توان راکتیو SVC

یکی از مسائل بسیار مهم در سیستم‌های قدرت همانطور که در قبل ذکر شد، این امر است که ولتاژ در نقاط مختلف ثابت بوده و جریان‌ها و ولتاژها عاری از هارمونیک باشند. به غیر از این موارد به دلایل اقتصادی و فنی می‌خواهیم ضریب توان تا حد امکان و با حداقل هزینه در نقاط مختلف شبکه به یک نزدیک شود.

اما با توجه به گستردگی سیستم‌های قدرت مخصوصاً در بخش انتقال و فوق توزیع، دستیابی به شرایط مذکور به طور ایده‌آل غیرممکن می‌باشد.

همانطور که ذکر شد یکی از روش‌های دستیابی به اهداف بالا کنترل توان راکتیو می‌باشد. یکی از پیشرفته‌ترین ادوات که با پیشرفت ساخت ادوات نیمه هادی با توان بالا به بازار عرضه شده است، SVCها می‌باشد.

اولین حضور SVC در دنیای صنایع الکتریکی به سال‌های ۱۹۶۰ باز می‌گردد. که برای جبران کوره‌های قوس الکتریکی و جلوگیری از چشم‌زدن ولتاژ استفاده شد. اما به دلیل مزایای زیاد بسیار زود برای کاربردهای دیگر مورد توجه قرار گرفت. SVC اولین بار در سال ۱۹۷۸ بطور عملی در شبکه قدرت مورد استفاده قرار گرفت. به علت مزایای بسیار SVC و همچنین پیشرفت در امر فن‌آوری نیمه هادی‌های قدرت با توان بالا و ولتاژ بالا و کاهش قیمت آنان، همچنین ارائه روش‌های کنترل جدید، SVCها توسعه فراوانی یافته‌اند. به عنوان مثال تا سال ۱۹۸۸ در کانادا و آمریکا ظرفیت نصب شده از این نوع جبران‌کننده ۹۷۱۰ مگاوار برای خطوط انتقال و ۱۷۶۰ مگاوار برای مصارف صنعتی بوده است.

یا طبق آماری دیگر تا سال ۱۹۹۰ در حدود ۱۹۵ مورد SVC که کل ظرفیت آنها بالغ بر ۳۱۰۰۰ مگاوار می‌باشد، در شبکه قدرت نصب و راه‌اندازی شده که بیش از ۹۵ درصد از این ظرفیت سهم SVCهای قابل کنترل با تریستور می‌باشند.

۱-۱- تعریف SVC

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

SVC یک وسیله یا سیستم الکتریکی ساکن است که می تواند جریان راکتیو خازنی یا سلفی از سیستم قدرت بکشد و به این ترتیب توان راکتیو تولید یا جذب کند. این منبع تولید توان راکتیو بایستی به صورت موازی به شبکه متصل شود و خروجی آن بگونه ای تغییر کند که پارامترهای مشخصی از سیستم قدرت را کنترل کند.

مفهوم استاتیک در SVC به این معنی است که برخلاف جبران کننده های سنکرون دارای اجزاء چرخنده و متحرک نمی باشد و این ویژگی سبب می شود پاسخ سریع تری به تغییرات شبکه بدهد (پاسخ گویی در ۳ سیکل به جای ۳۰ سیکل در کندانسورهای سنکرون). در ضمن نداشتن جزء گردان باعث کاهش خرابی و کم شدن هزینه تعمیرات می شود.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۱- مزایای SVC

موارد زیر را می توان از مزایای کاربرد SVC در مقابل سایر جبران کننده های توان راکتیو نام برد.

- ۱- پاسخ سریع
- ۲- قابلیت انعطاف زیاد
- ۳- قابلیت اطمینان خوب
- ۴- متعادل کردن فازها
- ۵- محدود کردن اضافه ولتاژ ماندگار و گذرا
- ۶- نداشتن اینرسی چرخان
- ۷- راه اندازی سریع با حداقل حالت گذرا
- ۸- هزینه کارکرد کم
- ۹- عدم تغذیه اتصال کوتاه (به علت اینکه SVC از عناصر پسیو تشکیل شده است)
- ۱۰- سادگی کنترل
- ۱۱- تأمین توان راکتیو برای مبدل های AC-DC
- ۱۲- میرانمودن نوسانات زیرسنکرون^۱
- ۱۳- افزایش حد پایداری گذرا

از SVC در هر دو سطح انتقال و توزیع می توان استفاده کرد که در هر کدام از این دو سطح

مزایای خاص خود را نیز داراست.

^۱. Sub Synchronous Resonances

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

مزایای استفاده از SVC در سیستم توزیع

- ۱- تنظیم و جلوگیری از فروپاشی ولتاژ
- ۲- بهبود ضریب توان
- ۳- متعادل کردن بار
- ۴- حذف هارمونیک

مزایای استفاده از SVC در سیستم انتقال

۱- تنظیم و جلوگیری از فروپاشی ولتاژ

۲- افزایش پایداری گذرا

۳- افزایش میرائی سیستم انتقال

۳-۱- دسته بندی SVC ها

SVC ها به دو دسته عمده تقسیم می شوند:

۱- SVC نوع امپدانس متغیر

در روش امپدانس متغیر که قدیمی تر می باشد با وارد یا خارج شدن عناصر ذخیره کننده انرژی که

قادر به تولید یا جذب توان راکتیو هستند یا با کنترل جریان عبوری از آنها توان راکتیو کنترل می شود.

از انواع SVC های امپدانس متغیر می توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) خازن سوئیچ شونده تریستوری (TSC)^۱

ب) سلف کنترل شده با تریستور (TCR)^۲

^۱ . Thyristor Switched Capacitor

^۲ . Thyristor Controlled Reactor

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ج) سلف کنترل شده با تریستور همراه با خازن (FC-TCR)^۱

۲- انواع SVC با استفاده از مبدل های الکترونیک قدرت

در این روش از عناصر ذخیره کننده انرژی مانند سلف یا خازن به طور واقعی و به منظور تولید توان راکتیو استفاده نمی شود، بلکه از یک مبدل الکترونیک قدرت و از خاصیت غیرخطی بودن آن برای تولید یا جذب توان راکتیو استفاده شده است و با کنترل نحوه کلیدزنی کلیدهای قدرت، توان راکتیو کنترل می شود. از انواع این قسم SVC می توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) با استفاده از مبدل مستقیم^۲ ac/ac

ب) با استفاده از مبدل dc/ac

ج) با استفاده از اینورتر منبع جریان

د) با استفاده از اینورتر منبع ولتاژ

که انواع SVC های ذکر شده در این قسمت در فصل بعد به طور تفصیلی مورد بحث قرار خواهند

گرفت.

^۱ . Fixed Capacitor- TCR

^۲ . Converter

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۴- اصول و مدل SVC

یک سیستم ایستای توان راکتیو SVS^۱ در حالت کلی دارای اجزاء زیر می باشد:

۱- ترانسفورماتور کاهنده بین شین ولتاژ بالای شبکه (HV) و شینه ولتاژ متوسط (MV) که محل

نصب SVC می باشد.

۲- SVC و اجزاء آن

۳- فیلترهای هارمونیک در فرکانس اصلی حالت خازنی دارند.

۴- خازن ها و سلف هائی که بطور مکانیکی قطع و وصل می شوند. (MSC)^۲، (MSR)^۳

۵- سیستم کنترل SVC

در شکل ۱ نمودار تک خطی یک SVC نشان داده شده است. SVC در این مدل از نوع جبران کننده

ترکیبی^۴ می باشد یعنی ترکیبی از TCR و TSC.

همچنین مشخصه نمودار ولتاژ- جریان SVC که در شکل ۲ نشان داده شده است، بیانگر نواحی کار

SVC در حالت ماندگار است.

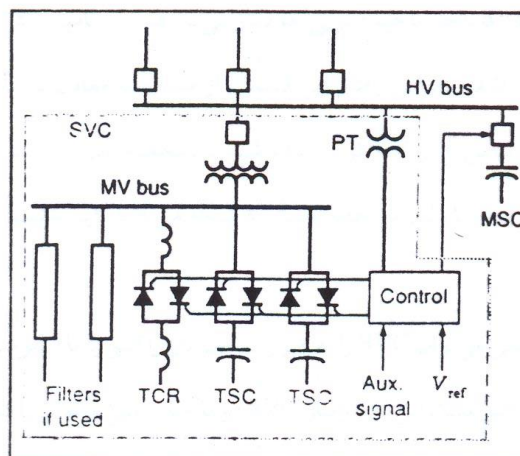
^۱ . Static Var System

^۲ . Mechanically- switched Capacitor

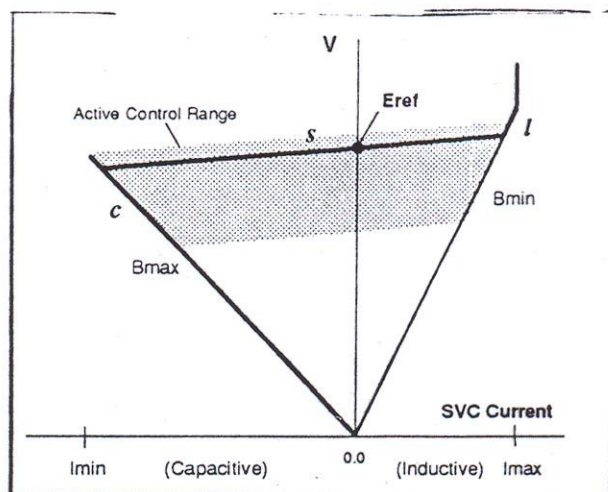
^۳ . Mechanically- Switched Reactor

^۴ . Hybrid compenstor

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱: نمودار تک خطی یک SVC



شکل ۲: نمودار ولتاژ- جریان یک SVC

زمانی که SVC داخل ناحیه کنترلی خودکار می‌کند قادر به تأمین ولتاژی تقریباً ثابت در پایانه خود می‌باشد، بنابراین رفتار این قسمت از مشخصه معادل با یک منبع ولتاژ ایده‌آل سری با راکتانس X و نمایش‌دهنده شیب مشخصه (در این ناحیه) و یا یک سوسپتانس کنترل شده با ولتاژ در نقطه اتصال به شبکه می‌باشد. این شیب در حدود ۱ الی ۵ درصد می‌باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در حالت کلی می توان SVC را به صورت یک بار راکتیو یا بار سوسپتانسی در نظر گرفت که توان

راکتیو مثبت این بار، رفتار SVC در ناحیه سلفی و توان راکتیو منفی، رفتار SVC در ناحیه خازنی را نشان

می دهد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲- انواع و ساختار SVCها

همانطور که در بخش قبل ذکر شد SVCها به دو گروه امپدانس متغییر و مبدل الکترونیک قدرت

تقسیم می شوند که در این فصل به تفکیک به بررسی انواع هر یک از آنان خواهیم پرداخت.

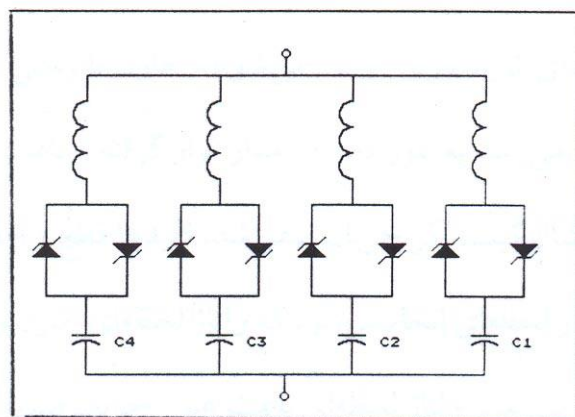
۲-۱- انواع SVC امپدانس متغییر

الف) خازن سوئیچ شونده با تریستور^۱ TSC

در شکل ۳ اصول کار یک TSC مشخص شده است. مدار TSC شامل یک خازن، دو تریستور به

عنوان کلید، یک سلفت کوچک می باشد. سوسپتانس جبران کننده توسط کنترل کردن تعداد خازن های در

حال هدایت تنظیم می شود.



شکل ۳: نمودار تک خطی TSC

همواره هر خازن برای مجموعه ای از نیم سیکل ها هدایت می کند. سوسپتانس کل ترکیبی از K

سوسپتانس تکی خواهد بود. بنابراین تغییرات توان راکتیو به صورت پله ای خواهد بود. حداکثر پله ها برای

^۱. Thyristor Switched Capacitor

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تعداد معین K سوسپتانس زمانی حاصل می‌شوند که تمامی آنها متفاوت باشند. البته کنترل این حالت بسیار پیچیده است. بنابراین از روش دوتایی که در آن $K-1$ سوسپتانس برابر β و یک سوسپتانس $\frac{\beta}{2}$

یعنی نصف سایرین است استفاده می‌شود. در این حال تعداد ترکیبها از K به $2K$ افزایش می‌یابد.

قراردادن سلف کوچک سری در این مجموعه به منظور محدود کردن اثر کلیدزنی گذرا و میرا نمودن

جریان هجومی و تشکیل یک فیلتر برای حذف هارمونیکها می‌باشد. تولید هارمونیک در TSC بسیار کم

است. بعبارتی جریان تقریباً سینوسی می‌باشد. ولی به دلیل وجود تشدیدهای خطرناک سری با سیستم

قدرت در فرکانسهای هارمونیکی، بایستی در انتخاب امپدانس سلف سری با توجه به ظرفیت βC

هماهنگسازی دقیق صورت گیرد.

هنگامیکه کلیدهای تریستوری روشن می‌شوند، خازن تا زمانی که سیگنال روشن شدن به گیت

تریستور می‌رسد به طور دائم در مدار قرار گرفته و باعث تولید توان راکتیو می‌شود، بعد قطع سیگنال گیت،

اگر جریان صفر شد، کلیدها قطع و خازن از مدار خارج می‌شود. وصل خازن در لحظه‌ای انجام می‌شود که

ولتاژ لحظه‌ای خازن و شبکه تقریباً برابر باشد. در غیر این صورت تغییر ولتاژ لحظه‌ای باعث عبور جریان

ضربه‌ای شدید می‌شود.

ویژگی‌های TSC

ساختمان و کنترل ساده و نسبتاً ارزان، کنترل مستقل فازها به سادگی، عدم تولید هارمونیک، داشتن

حالت گذرای نسبتاً کم و تلفات کمتر نسبت به سایر SVCها از مزایای TSC می‌باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پاسخ دینامیکی TSC سریع بوده و در حدود ۰/۵ تا ۱ سیکل می باشد که به دلیل تأخیر در

اندازه گیری و مدار کنترل، سرعت پاسخ تا ۳ تا ۱۰ سیکل فرکانس منبع، کاهش می باید. در مدار سه فاز TSC تأخیر بدون در نظرگیری تأخیر مدارات جانبی حداکثر $\frac{1}{3f}$ می باشد.

ولی تغییرات توان راکتیو در آن به صورت پله ای بوده و تنها قادر به تولید توان راکتیو پیش فاز است.

از دیگر معایب آن، این است که ولتاژ تحمل تریستور باید دو برابر ولتاژ پیک شبکه باشد و با توجه به آرایش شبکه ممکن است امکان تشدید با خازن یا خازن های TSC وجود داشته باشد.

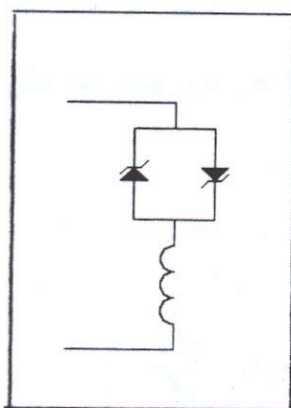
در عمل به منظور بدست آوردن مشخصه ولتاژ به جریان یکنواخت از یک جبران کننده ترکیبی که

با اضافه شدن یک TCR به TSC حاصل می شود، استفاده می شود که توضیح آن در ادامه خواهد آمد.

ب: سلف کنترل شده با تریستور^۱ TCR

مدار تک فاز آن در شکل ۴ نشان داده شده است. مدار TCR شامل یک سلف و دو تریستور به عنوان

کلید است و با کنترل زاویه آتش تریستورها می توان جریان سلف را از صفر تا بیشترین تعداد کنترل نمود.



شکل ۴: مدار یک TCR

^۱. Thyristor Controlled Reactor

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اگر در زمانی که ولتاژ بیشتر است تریستور روشن شود، جریان کاملاً از سلف عبور می کند. این جریان حالت سلفی دارد و فاز جریان از فاز ولتاژ 90° عقب است. جریان بدلیل تلفات سلف که در حدود $0/5$ تا 2 درصد توان راکتیو می باشد، دارای سلف کوچک هم فاز با ولتاژ می باشد.

اگر روشن شدن تریستورها به طور یکسان به تعویق افتد، شکل موج های مختلفی حاصل می شود که هر کدام متناظر با زاویه آتش مربوطه می باشند در اثر افزایش زاویه آتش یا کاهش زاویه هدایت (σ) مؤلفه اصلی هارمونیک جریان کاهش می یابد. به عبارت دیگر اندوکتانس سلف افزایش می یابد و در نتیجه جریان و توان راکتیو کاهش می یابد.

در اثر افزایش زاویه آتش تلفات توان در تریستور و سلف هم کاهش یافته و شکل موج به میزان بیشتری از شکل سینوسی خارج می شود. به عبارت دیگر TCR جریان هارمونیک تولید می کند. اگر زاویه های آتش در دوتریستور یکسان باشد، تمامی هارمونیک های ایجاد شده فرد می باشد. نامساوی بودن زاویه آتش برای دو تریستور علاوه بر آنکه منجر به تولید مؤلفه های هارمونیک زوج و مولفه dc می شود، منجر به تنش حرارتی نابرابر در زوج تریستورهای نیز می گردد.

شدت جریان لحظه ای می توان توسط رابطه زیر بیان نمود:

$$i = \begin{cases} \frac{\sqrt{2}v}{X_L}(\cos\alpha - \cos\omega t) & a < \omega < a + \sigma \\ 0 & a + \sigma < \omega < a + \pi \end{cases}$$

در رابطه فوق v مقدار متوسط ولتاژ (rms) و $X_L = \omega L$ را کتانس سلف در فرکانس اصلی بر حسب اهم، α زاویه آتش و σ زاویه هدایت تریستور می باشد که رابطه $\alpha + \frac{\sigma}{2} = \frac{\pi}{2}$ بین α زاویه آتش و σ زاویه هدایت، برقرار است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

از طریق تحلیل سری فوریه، مؤلفه اصلی جریان به شکل زیر بیان می شود:

$$I_r = B_L(\sigma)V(\text{rms})$$

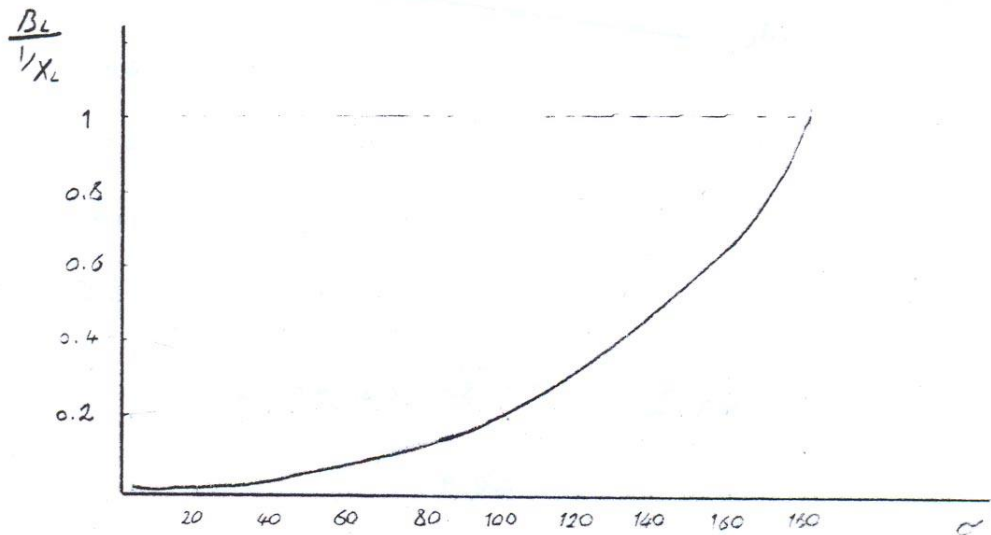
که $B_L(\sigma)$ سوسپتانس قابل کنترل SVC در فرکانس اصلی شبکه است که توسط زاویه هدایت به

شکل زیر کنترل می شود:

$$B_L(\sigma) = \frac{\sigma - \sin \sigma}{\pi X_L}$$

کنترل سوسپتانس توسط زاویه هدایت به کنترل فاز موسوم می باشد که در شکل (۵) داده شده

است:



شکل ۵- نمودار سوسپتانس بر حسب زاویه هدایت

با توجه به شکل بالا می توان گفت:

$$\begin{cases} \text{Max}(B_L) = \frac{1}{X_L} & \alpha = \pi \\ \text{Min}(B_L) = 0 & \sigma = 0 \end{cases}$$

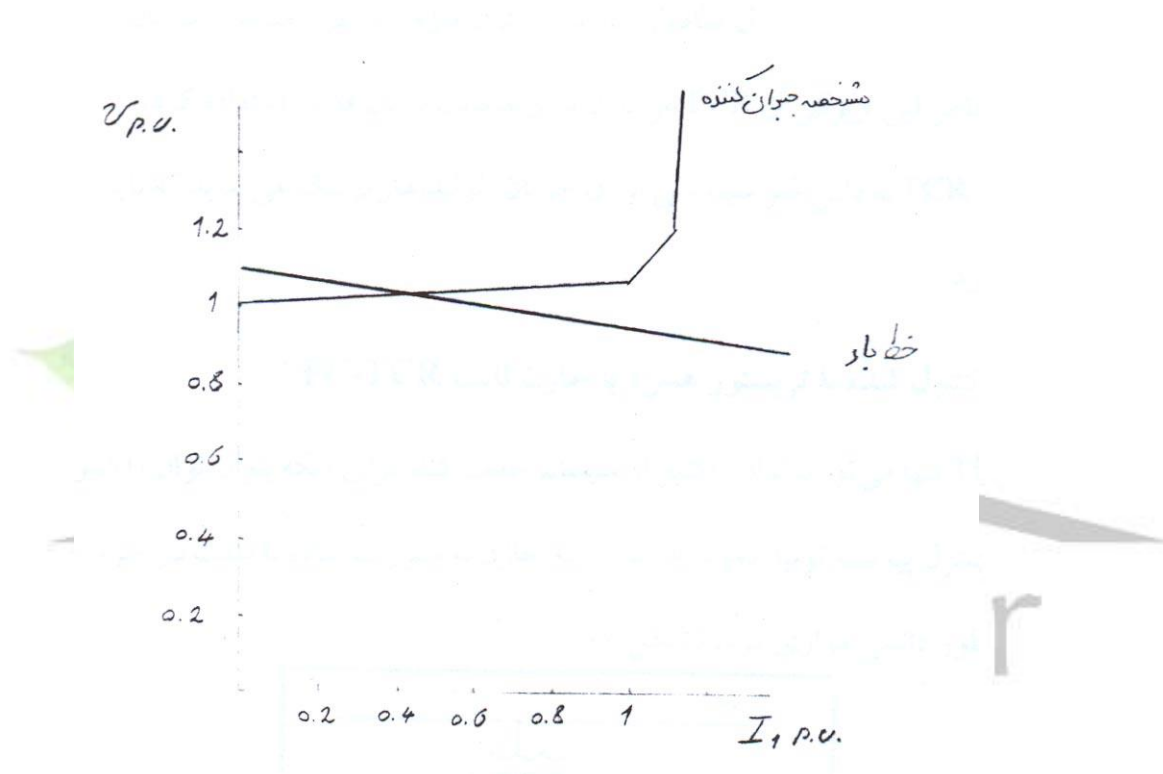
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برای بهره‌گیری از مشخصات TCR نیاز به کنترل کننده‌ای داریم که لحظه آتش تریستور را براساس

اهداف موردنظر و پردازش پارامترهای مختلف سیستم تعیین کند. پس از طراحی و اعمال چنین

کنترل کننده‌ای مشخصه ولتاژ به جریان TCR مطابق شکل (۶) می‌شود. توجه شود در حالت ماندگار نقطه

کار سیستم، محل تلاقی این مشخص با خط بار سیستم خواهد بود.



شکل ۶

رابطه مقابل بیانگر مشخصه کنترلی شکل بالاست:

$$V = V_R + jX_{SL}I_r \quad 1 < I_r < I_{max}$$

که X_{SL} نشان‌دهنده شیب مشخصه جریان کننده است.

ویژگی TCR:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دارای سرعت پاسخدهی سریع می باشد. بعد از دریافت سیگنال زمان برای تغییر توان راکتیو در مدار تکفاز TCR تأخیر حداکثر $\frac{1}{2f}$ یعنی نیم سیکل می باشد. البته تأخیر در سیستم اندازه گیری و مدار کنترل و امپدانس سیستم، باعث کاهش سرعت سیستم در حلقه کنترل تا حد ۳ تا ۱۰ سیکل فرکانس منبع می شود. در سیستم سه فاز حداکثر تأخیر $\frac{1}{2f}$ می باشد.

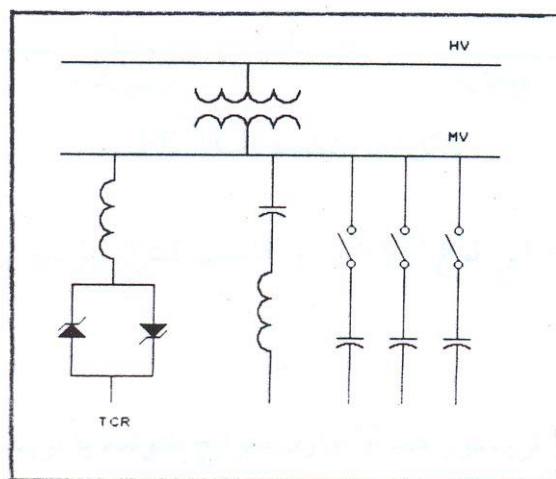
TCR ساختمان و کنترل ساده ای دارد و کنترل فازها به طور مستقل امکان پذیر است. به خاطر این ویژگی از TCR می توان برای متعادل کردن فازها استفاده کرد.

ولی TCR به دلیل غیر سینوسی بودن جریان، تولید هارمونیک می نماید که باید آن ها را فیلتر نمود.

ج: سلف کنترل شده با تریستور همراه با خازن ثابت FC-TCR^۱

TCR تنها می تواند توان راکتیو از سیستم جذب کند. برای آنکه بتوان توان راکتیو را با قابلیت کنترل پیوسته تولید نمود، می توان سه خازن به صورت ساده یا مثلث در خروجی TCR به طور دائمی موازی کرد.

(شکل ۷)



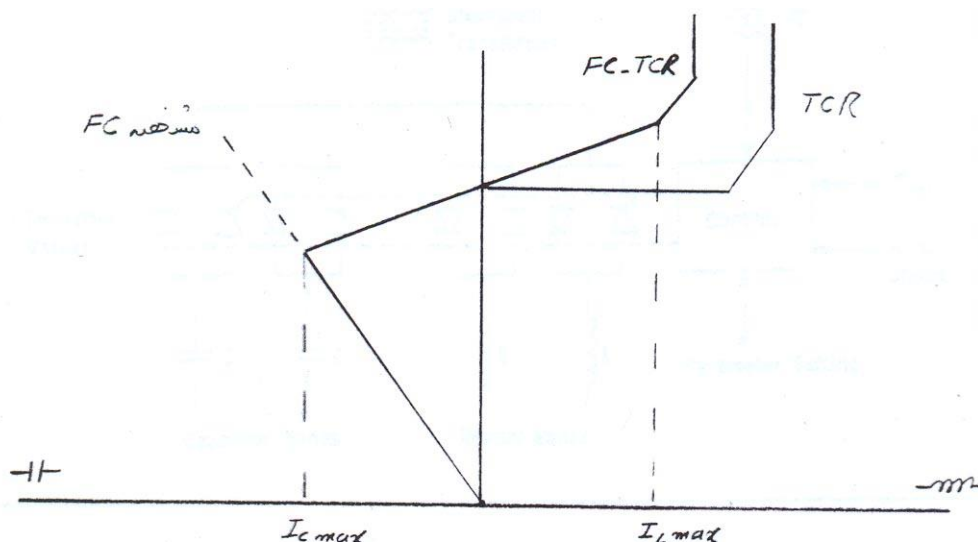
شکل (۷) مدار یک FC-TCR

^۱- Fixed Capacitor- TCR

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

با سری کردن یک سلف با خازن هر فاز، فیلتری حاصل می‌گردد که هارمونیک تولیدی TCR را حذف می‌کند برای اینکه TCR به همراه خازن ثابت بتواند جریان پس فاز تولید کند باید مقدار نامی توان راکتیو TCR از مقدار نامی توان راکتیو خازن‌های ثابت بیشتر باشد.

حد ظرفیت خازنی این مجموعه برابر حد ظرفیت خازن‌های ثابت و حد ظرفیت سلفی آن برابر تفاضل ظرفیت‌های TCR و خازن‌های ثابت می‌باشد. در شکل (۸) مشخصه ولتاژ جریان یک FC-TCR-TCR نشان داده شده است.



شکل (۸) مشخصه FC-TCR

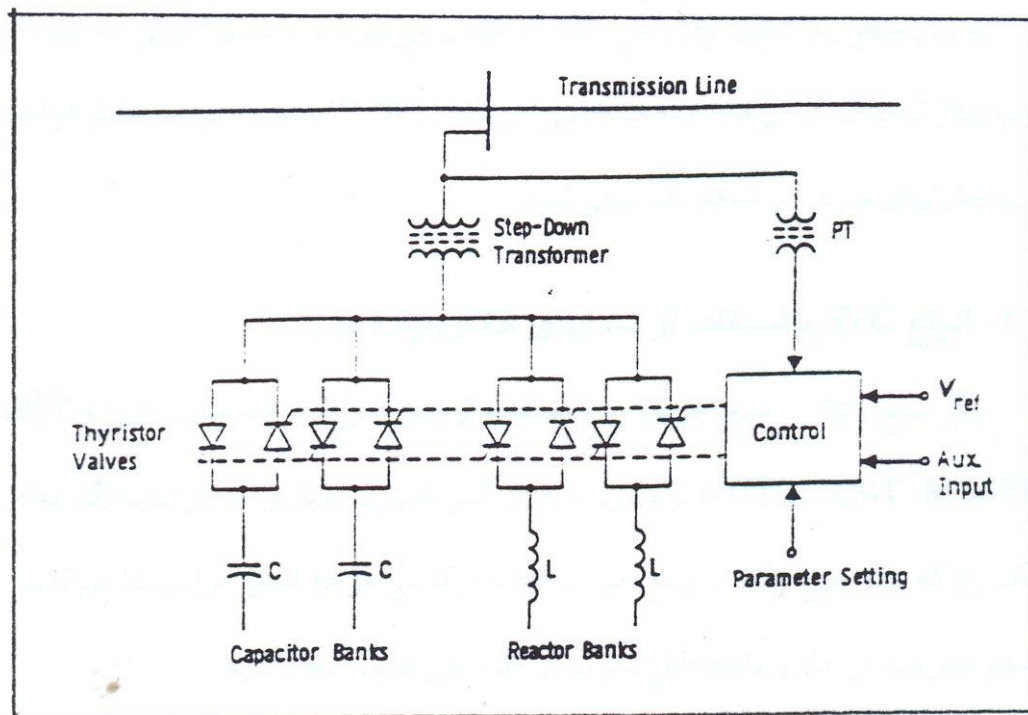
قابل ذکر است از این نوع SVC به دلیل قابلیت کنترل پیوسته توان راکتیو استفاده می‌شود.

(د) سلف کنترل شده با تریستور همراه خازن سوئیچ شونده با تریستور TSC-TCR

عیب عمده ترکیب FC-TCR آن است که توان نامی TCR بایستی برابر مجمع قدر مطلق توان راکتیو سلفی SVC و توان راکتیو خازن ثابت باشد. برای رفع این عیب می‌توان به جای خازن ثابت از یک خازن سوئیچ شونده یا بانک خازنی سوئیچ شونده استفاده کرد و به این ترتیب ظرفیت TCR را کاهش داد. این

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ساختار نسبت به ساختارهای قبلی کمی پیچیده تر است و کنترل مشکلی دارد. حداکثر تاخیر این سیستم بعد دریافت فرمان در سیستم تکفاز $\frac{1}{f}$ و در سیستم سه فاز ساده $\frac{1}{3f}$ است.



شکل ۹- نمودار مدار TSC-TCR

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۵) خازن های سری با کنترل تریستوری TCSC^۱ [۱۳]

خازن های سری سال ها بکار برده می شوند برای افزایش ظرفیت انتقال توان در خط های انتقال طولانی. نسل جدید خازن های سری که با کلیدهای تریستوری کنترل می شوند، ساخته و به کار برده شده اند.

TCSC یک جبران کننده راکتانس خازنی است که از یک بانک خازنی سری که با سلف کنترل شونده با تریستور موازی شده، تشکیل یافته است هدف اولیه طراحی آن بکارگیری برای تنظیم انتقال توان با تغییر راکتانس وارد شده به سیستم انتقال می باشد که این امر سبب تثبیت ولتاژ خواهد شد. به این منظور راکتانس خروجی TCSC کنترل می شود با سیستم کنترلی که شامل تنظیم ولتاژ ترمینال بار در محدوده مشخصی می باشد. TCSC به طور سری و طبق قواعد نصب خازن های سری در شبکه نصب می شود.

۲-۲- انواع SVC با استفاده از مبدل های الکترونیک قدرت

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 کلیک زد که یک منبع ولتاژ یا منبع جریان ac با فرکانس مولفه اصلی برابر با فرکانس سیستم قدرت ولی فاز و دامنه قابل کنترل در خروجی مبدل ایجاد شود.

حال اگر این منبع قابل کنترل از طریق یک فیلتر به شبکه قدرت وصل شود می توان با تنظیم دامنه منبع ایجاد شده و جریان کشیده شده از خط انتقال، توان راکتیو را کنترل نمود.

^۱- Thyristor- Controlled Series Capacitors

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

وظیفه اصلی این فیلتر حذف هارمونیک‌های اضافی ولتاژ یا جریان می‌باشد و در اینورترهای منبع ولتاژ، امپدانس سلفی فیلتر عاملی برای کنترل جریان راکتیو کشیده شده یا تزریق شده به باس بینهایت می‌باشد منبع مورد استفاده می‌تواند به صورت مستقل از سیستم قدرت مانند باطری بوده یا با استفاده از انرژی شبکه قدرت و توسط سلف و خازن ایجاد شود.

در شرایط ایده‌آل که تلفاتی وجود ندارد مبدل به‌گونه‌ای کنترل می‌گردد که جریان کشیده شده از سیستم قدرت 90° یا -90° نسبت به ولتاژ خط انتقال اختلاف فاز داشته باشد، ولی در شرایط واقعی که سیستم تلفات دارد، برای تأمین این تلفات اختلاف فاز 90° یا -90° نبوده و اندکی کمتر یا بیشتر است.

در SVC‌های امپدانس متغیر برای تولید توان راکتیو پیش فاز یا پس فاز، تجهیزات جداگانه مورد نیاز است یعنی برای تولید توان راکتیو پس فاز نیاز به سلف و کلید و... با مشخصات نامی متناسب با تعداد توان نامی راکتیو پس فاز و برای تولید توان راکتیو پیش فاز نیاز به خازن و کلید و سایر تجهیزات جداگانه متناسب با مقدار توان راکتیو نامی پیش فاز بود.

در حالی که در SVC‌های که از مبدل الکترونیک قدرت برای تولید توان راکتیو استفاده می‌شود توان راکتیو پس فاز و پیش فاز تنها با یک سری تجهیزات و تنها با تغییر نحوه کنترل کلیدها تولید و تنظیم می‌شود. البته ممکن است مقدار نامی تجهیزات به منظور تولید توان راکتیو پس فاز و پیش فاز اندکی افزایش یابد. به علاوه با اعمال کنترل متناسب، توان راکتیو به‌طور پیوسته از تعداد نامی پیش فاز تا مقدار نامی پس فاز کنترل می‌گردد.

در SVC‌های امپدانس متغیر توان راکتیو تولیدی متناسب با مجذور ولتاژ است. در حالیکه در SVC با استفاده از مبدل، به جای امپدانس، جریان خروجی به مقدار نامی خود محدود شده و لذا توان راکتیو

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تولیدی متناسب با ولتاژ است. بنابراین در شرایط اضطراری که ولتاژ کاهش می یابد و نیاز به تولید توان راکتیو حداکثر می باشد، SVC با استفاده از مبدل الکترونیک قدرت، توان راکتیو بیشتر نسبت به SVC های امپدانس متغیر به توان نامی مشابه، تولید می کند.

از مزایای دیگر این SVC ها، حداقل شدن عناصر ذخیره کننده انرژی است. زیرا در این نوع SVC ها توان راکتیو توسط سلف یا خازن تولید نمی شود و از آنان فقط به عنوان فیلتر برای حذف هارمونیک استفاده می شود.

به علاوه با افزایش فرکانس کلیدزنی اندازه سلف و خازن به کار رفته کوچک می شود. این امر سبب کاهش قیمت تجهیزات مورد نظر شده و باعث کوچک و مجتمع شدن SVC و اشغال فضای کمتر می شود. در این نوع SVC ها چون سلف و خازن به طور مستقیم در مدار قرار نمی گیرند، امکان تشدید با عناصر شبکه از بین خواهد رفت. در این جا برخلاف SVC های امپدانس متغیر که بسته به نوع آن ها دارای یک تأخیر ذاتی کوچک (حداقل نیم سیکل در TCR) در پاسخ به سیگنال فرمان بودند، SVC به طور لحظه ای قابل کنترل است و هرچه قدر فرکانس کلیدزنی بالا باشد، این قابلیت افزایش یافته و پاسخ آن ها سریع تر می شود.

در حالت کلی برای تولید توان راکتیو پیش فاز و پس فاز بایستی کلیدهای به کار رفته در این نوع مبدل ها از نوع کموتاسیون اجباری بوده و برای حداقل شدن هارمونیک ها، فرکانس کلیدزنی تا حد ممکن بالا باشد.

بنابراین در این نوع SVC ها هر نوع کلیدی را نمی توان استفاده کرد و قیمت و فرکانس کلیدزنی آن ها نقش تعیین کننده ای در اقتصادی یا غیراقتصادی شدن SVC ایفا می کند. با توجه به پیشرفت تکنولوژی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

نیمه هادی‌ها انتظار می‌رود که در آینده قیمت این نوع کلیدها کاهش بیشتر یابد و فرکانس کلیدزنی آنها افزایش یابد.

عیب عمده این SVCها در مقایسه با SVCهای امپدانس متغیر، کنترل پیچیده آنها می‌باشد، به خصوص اگر از آنها برای جبران عدم تعادل استفاده می‌شود. در حالت کلی SVC با کلیدهای الکترونیک قدرت به دو دسته تقسیم می‌شوند. در دسته اول SVC با استفاده از یک مبدل فرکانس ac-ac ساخته می‌شود و در دسته دوم با استفاده از یک مبدل dc-ac.

الف) SVC با استفاده از مبدل مستقیم^۱ ac-ac

مبدل‌های ac-ac توان را از یک سیستم ac به سیستم ac دیگر با دامنه، فرکانس متفاوت منتقل می‌کنند. سیستم ac می‌تواند تک‌فاز یا سه‌فاز باشد. در حالت کلی امکان انتقال توان راکتیو یا حقیقی وجود دارد. مبدل‌های ac-ac به دو گونه تقسیم می‌شوند. در نوع اول یک واسطه dc بین دو سیستم^۲ ac وجود دارد. در گونه دوم بین دو سیستم ac هیچ واسطه‌ای قرار ندارد که به آن سیکلو کانورتر^۳ گویند. هر یک از مبدل‌های نوع اول و دوم را می‌توان به‌طور مستقل کنترل نمود.

شکل (۱۰) انواع مختلف این مبدل را نشان می‌دهد. منبع ac اول می‌تواند مستقل باشد یا اینکه هر

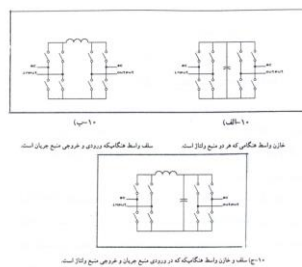
دو به یک شبکه ac اصلی متصل باشند. در هر صورت روش کنترل آنها مشابه SVCها با مبدل dc-ac است با این تفاوت که در این‌جا، دو مبدل وجود دارد که کنترل آنها از هم مستقل است.

^۱- converter

^۲- DC Link

^۳- cyclo converter

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



نحوه کلیدزنی سیکلو کانورترها به گونه‌ای انجام می‌شود که در خروجی ولتاژ یا جریان مورد نظر ایجاد شود، پس جریان یا ولتاژ خروجی، فیلتر شده و با کنترل دامنه ولتاژ یا جریان مؤلفه اصلی می‌توان توان راکتیو را کنترل نمود.

به دلیل مفصل تر بودن مدار و همچنین پیچیده تر بودن آن، این نوع SVCها در عمل استفاده چندانی نداشته و بیشتر SVCهای نوع dc-ac مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ب) SVC با استفاده از مبدل dc-ac

مبدل‌های dc-ac دسته‌ای از مبدل‌ها می‌باشند که توان dc را به توان ac تبدیل می‌نمایند. این عمل با کلیدزنی یک منبع dc به طور مناسب و تبدیل آن به یک منبع ac انجام می‌پذیرد. اگر اینورتر منبع ولتاژ باشد به آن اینورتر منبع ولتاژ (VSI)^۱ و اگر منبع جریان باشد به آن اینورتر منبع جریان (CSI)^۲ می‌گویند.

ب-۱) SVC با استفاده از اینورتر منبع ولتاژ (VSI)

^۱- Voltage source inverter

^۲- Current Source inverter

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

همانطور که ذکر شد با پیشرفت تکنولوژی نیمه هادیها، SVC جدید با نام اینورتر منبع ولتاژ (VSI)

به بازار عرضه شد. VSI جبران کننده توان راکتیو است که تنها یک خازن نسبتاً کوچک در طرف dc آن

وجود دارد و اخیراً VSI جهت کنترل توان راکتیو به طور جدی مطرح شده است.

نام دیگر این دسته از SVC، جبران کننده توان راکتیو ایستای پیشرفته (ASVC) یا کندانسور ایستا

(STATCON) می باشد، نام ASVC به این دلیل بر این دسته از SVCها اطلاق شده که نسبت به SVCهای

امپدانس متغیر جدیدتر و پیشرفته تر می باشند اما نام STATCON به این دلیل می باشد که این جبران کننده

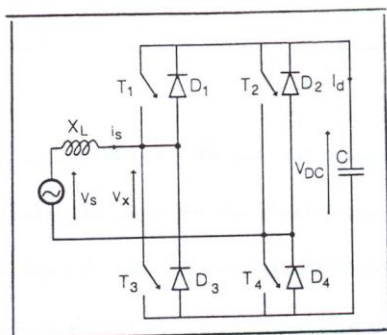
ایستا (فاقد جزء گردان) در حالت پایداری، مشخصه های خروجی اش بسیار شبیه کندانسور سنکرون که

دارای جزء گردان است، می باشد از این جهت به STATCON یا STATIC Condenser مشهور شده اند.

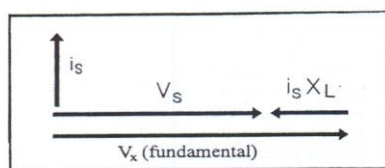
ASVCها در مقایسه با سایر SVC کم حجم تر و اجزاء ارزان تر دارند.

در شکل (۱۱) شکل تک فاز یک VSI نشان داده شده و در کنار آن نمودار فاز ورودی ولتاژهای VSI

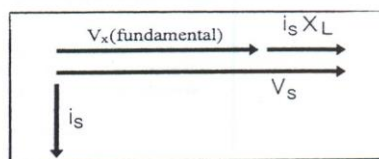
و ولتاژ خط به نمایش درآمده است.



شکل ۱۱-الف) مدار تک فاز ASVC



شکل ۱۱-ج) نمودار فازوری حالت پس فاز



شکل ۱۱-ب) نمودار فازوری حالت پیش فاز

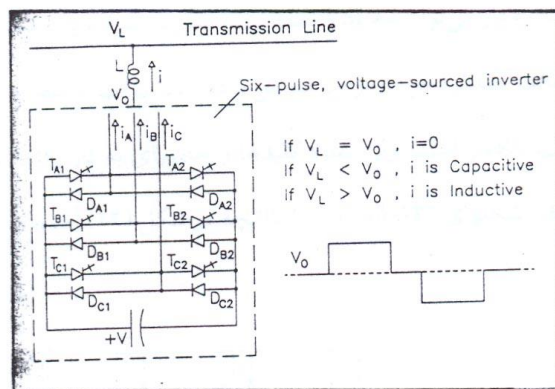
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

همانطور که مشاهده می شود VSI توسط یک سلف (X_C) به سیستم متصل شده است که جهت فیلتر کردن هارمونیک های اضافی بکار می رود. این سلف در مقابل هارمونیک های فرکانس بالا، امپدانس بزرگی از خود نشان می دهد و مانع جاری شدن آن هارمونیک ها می شود. اگر مدار بدون تلفات در نظر گرفته شود مؤلفه اصلی ولتاژ خروجی VSI (V_x) با ولتاژ نقطه اتصال به شبکه (V_S) هم فاز می شود و جریان کشیده شده یا تزریق شده به شبکه 90° با ولتاژها اختلاف فاز دارد.

همانطور که در شکل ۱۱- ب نشان داده شده است ولتاژ خروجی VSI از ولتاژ شبکه کمتر می باشد، توان راکتیو توسط ASVC یا VSI جذب می شود، در صورت دیگر مطابق شکل ۱۱- ج اگر ولتاژ شبکه از خروجی VSI کمتر باشد، توان راکتیو به شبکه تزریق می شود.

یا به تعبیر دیگر همانطور که در شکل (۱۲) یک VSI سه فاز نمایش داده شده، اگر دامنه ولتاژ خروجی بیشتر از دامنه ولتاژ شبکه باشد جریان سلفی به شبکه تزریق و اینورتر توان راکتیو تولید می کند و اگر دامنه ولتاژ خروجی کمتر از دامنه ولتاژ شبکه باشد جریان خازنی به شبکه تزریق و جریان سلفی از شبکه کشیده شده و توان راکتیو جذب می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فوت های لازمه



شکل ۱۲- مدار یک STATCON سه فاز- شش قطبی

اما به دلیل وجود تلفات خازن، سلف واسط و کلیدها، مقداری توان حقیقی باید از شبکه برای تأمین این تلفات جذب شود. به همین دلیل ولتاژ خروجی اینورتر کاملاً همفاز با ولتاژ شبکه نبوده و اندکی اختلاف فاز وجود دارد تا یک مؤلفه جریان حقیقی از شبکه به VSI جاری شود. با کنترل اختلاف فاز بین ولتاژ خروجی VSI و ولتاژ شبکه می توان میزان توان حقیقی دریافتی از شبکه را کنترل نمود و با تنظیم این توان می توان دامنه ولتاژ خازن dc را تنظیم کرد و در نتیجه مؤلفه اصلی ولتاژ خروجی VSI را به منظور کنترل توان راکتیو تغییر داد.

اگر ولتاژ خروجی VSI نسبت به ولتاژ شبکه پیش فاز باشد باعث تحویل توان راکتیو به شبکه و اگر پیش فاز باشد توان راکتیو از شبکه جذب می شود. [۱۴]

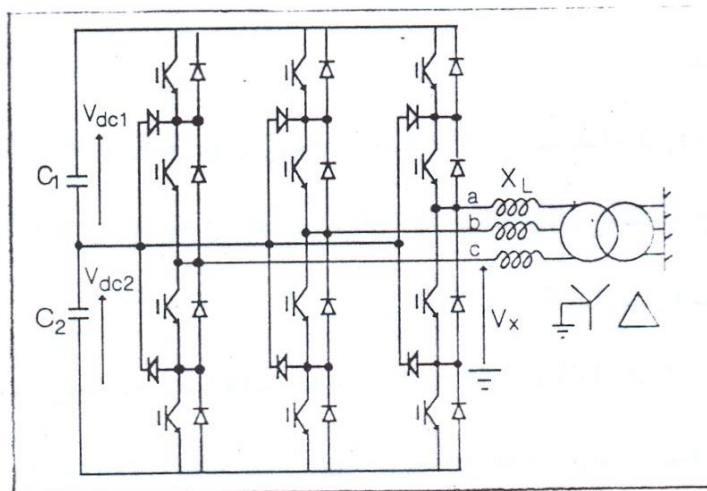
اگر کلیدها با کموتاسیون طبیعی باشند مدار قادر است تنها توان راکتیو سلفی ایجاد کند ولی اگر کلیدها با کموتاسیون اجباری باشند، مدار قادر به تولید توان راکتیو خازنی نیز خواهد بود.

در حالت سه فاز می توان سه VSI تکفاز را به صورت ستاره یک مثلث به هم وصل نمود. در این حالت عملکرد هر فاز از هم مستقل بوده و کنترل آن ها به منظور متعادل نمودن بارهای نامتعادل، ساده تر است. ولی تعداد کلیدها و خازن های به کار رفته زیاد می شود به همین دلیل از مدل شکل های (۱۳- الف و

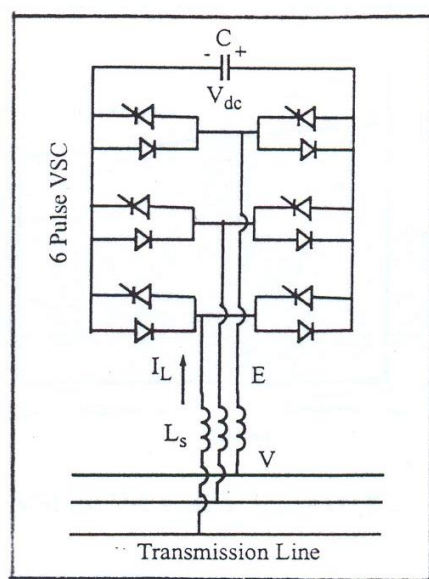
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

(ب) یا آنچه در شکل

(۱۲) آمده، استفاده می شود.



شکل ۱۳- الف- مدار سه فاز یک STATCON



شکل ۱۳- ب- مدار سه فاز یک STATCON

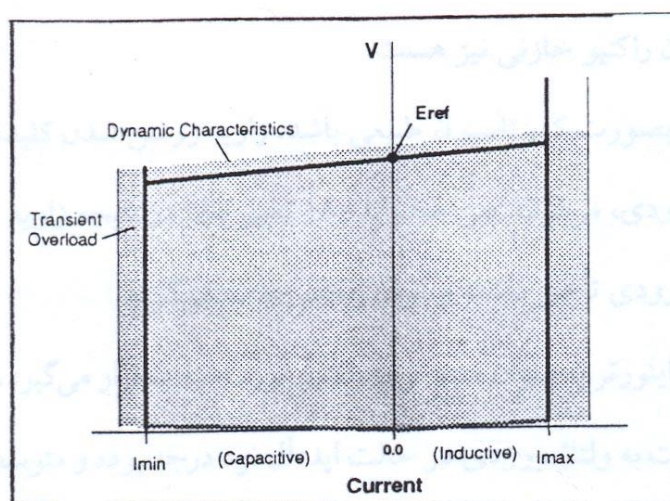
در این حالت تعداد خازن ها به یک یا دو عدد به عنوان منبع ولتاژ کاهش می یابد ولی در این حالت

کنترل VSI برای جبران عدم تعادل بارها، به علت مستقل نبودن فازها، پیچیده تر است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در مواردی که مانند شکل (۱۳- الف) از ترانس برای اتصال VSI به شبکه HV استفاده می شود راکتانس ناشی ترانس کار X_c موردنظر، را خواهد کرد و دیگر نیازی به قرار دادن سلف در بین اتصال به شبکه نمی باشد.

نمودار V-I یک VSI در شکل (۱۴) مشخص شده است. مشخص است که تغییر ولتاژ در حین تغییر جریان در محدوده کنترلی بسیار کم می باشد و با تقریب خوبی می توان آن را ثابت در نظر گرفت.

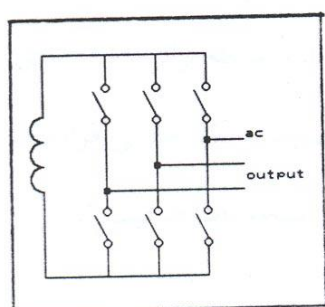


شکل ۱۴- نمودار م

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

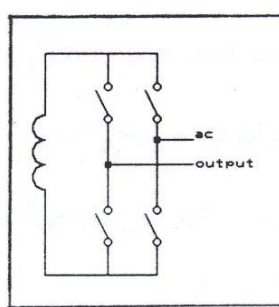
ب- ۲) SVC با استفاده از اینورتر منبع جریان CSI

در شکل مدار قدرت یک اینورتر تک فاز منبع جریان نشان داده شده است. در این مدار یک سلف در سمت dc مانع از تغییرات سریع جریان شده و عملاً به صورت یک منبع جریان کنترل شده کار می کند.



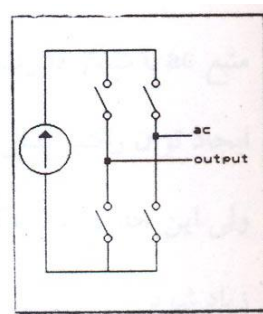
(ج-۱۵)

مدار سه فاز با سلف بعنوان منبع جریان



(ب-۱۵)

مدار تکفاز با سلف بعنوان منبع جریان



(الف-۱۵)

مدار معادل تکفاز

کلیده

به صورت کموتاسیون طبیعی باشد، مدار تنها قادر به جذب تنها راکتیو است، اما اگر کلیدها به صورت کموتاسیون اجباری باشد، علاوه بر توان راکتیو سلفی، مدار قادر به تولید توان راکتیو خازنی نیز هست.

اگر مقدار، به صورت کموتاسیون طبیعی باشد، زاویه روشن شدن کلیدها نسبت به ولتاژ متناوب ورودی، می تواند بین صفر تا 180° تغییر کند. در نتیجه زاویه جریان خط نسبت به ولتاژ ورودی تأخیر داشته و توان راکتیو جذب می گردد.

هنگامیکه اینورتر به عنوان منبع توان راکتیو مورد استفاده قرار می گیرد، زاویه روشن شدن کلیدها نسبت به ولتاژ ورودی در حالت ایده آل نود درجه بوده و متوسط ولتاژ dc از نظر تئوری صفر است در نتیجه منبع dc توانی مبادله نمی کند.

به منظور برقراری جریان دائمی در سلف لازم است که زاویه آتش اندکی کمتر از 90° باشد تا ولتاژ dc به اندازه کافی در دو سر سلف برای جبران افت ولتاژ مقاومتی و تلفات ایجاد گردد. واضح گردد. واضح

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

است که اندازه جریان dc و در نتیجه دامنه جریان dc و در نتیجه دامنه جریان ac با کنترل اختلاف فاز بین مؤلفه اصلی ولتاژ و جریان قابل تنظیم است. بنابراین در خروج اینورتر یک منبع ac با دامنه قابل کنترل ایجاد می شود. برای هم فرکانس شدن این منبع ac با شبکه قدرت لازم است که فرکانس کلیدزنی اینورتر و شبکه برابر باشد. برای ایجاد توان راکتیو پیش فاز می توان در خروجی اینورتر خازن یک بانک خازنی قرار داد. ولی این خازن ها باعث کاهش توان راکتیو پس فاز می گردد. در نتیجه باید ظرفیت اینورتر زیاد شود.

اگر مدار با کلیدهای کموتاسیون اجباری باشد، می توان زاویه روشن شدن کلیدها نسبت به ولتاژ شبکه را بین صفر تا 360° تغییر داد. برای تولید توان راکتیو پیشفاز در حالت ایده آل زاویه روشن شدن کلید باید نسبت به ولتاژ 90° جلوتر باشد و برای تولید توان راکتیو پس فاز در حالت ایده آل زاویه روشن شدن کلید باید 90° نسبت به ولتاژ عقب تر باشد.

ولی در هر حال متوسط ولتاژ dc صفر است. در حالت واقعی به دلیل وجود مقاومت سلفها و تلفات کلیدها و سایر اجزاء اختلاف فاز دقیقاً نود درجه نبوده است بلکه اندکی تفاوت دارد تا توان حقیقی لازم برای جبران تلفات از سیستم قدرت دریافت گردد.

اکنون مدار قابلیت تولید توان راکتیو پیش فاز و پس فاز را دارد. ولی به دلیل مربعی بودن شکل موج جریان، هارمونیک های آن زیاد است. به همین دلیل از روش مدولاسیون عرض پالس (PWM) استفاده می شود تا از هارمونیک های جریان کاسته شود. پس جریان خروجی را فیلتر می نمائیم.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کنترل PWM به گونه‌ای صورت می‌گیرد که مؤلفه اصلی جریان کشیده شده از خط تقریباً نود درجه

با ولتاژ اختلاف فاز داشته و تنها توان حقیقی کافی برای جبران تلفات اینورتر دریافت شود.

در حالت سه فاز می‌توان سه اینورتر تک‌فاز را به صورت ستاره یا مثلث به هم وصل نمود. در این

حالت هرچند کنترل فازها به طور مستقل بوده و در نتیجه کنترل ساده می‌باشد ولی تعداد کلیدها و

سلف‌های زیادی موجود استفاده قرار می‌گیرد. به همین منظور از مدار شکل (۱۵-ج) استفاده می‌گردد که

تعداد کلیدها نصف شده و تنها به یک سلف DC نیاز داریم. اما عیب آن مدار این است که کنترل فازها

به طور مستقل امکان ندارد.

ب- ۳) اینورتر منبع ولتاژ چندتایی^۱

ساختار اینورتر منبع ولتاژ چندتایی در شکل (۱۶) نمایش داده شده است. مدار دارای سه قسمت

اساسی منبع ولتاژ DC و تعدادی اینورتر و یک جمع‌کننده جریان یا ولتاژ است. برای ایجاد منبع DC می‌توان

از یک خازن منفرد و یا از یک خازن همراه یکسو کننده سه فاز قابل کنترل استفاده کرد.

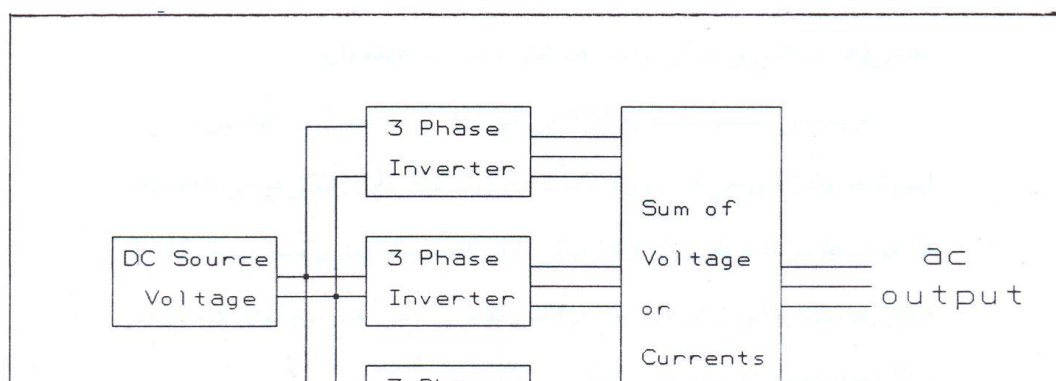
اگر خازن به تنهایی استفاده شود، تخلیه و شارژ خازن، تأمین تلفات خازن و اینورترها و همچنین

تنظیم ولتاژ با کنترل مناسب مجموعه اینورترها و کشیدن یک مؤلفه حقیقی جریان از شبکه تأمین می‌گردد.

اما اگر خازن به همراه یکسو کننده سه فاز قابل کنترل استفاده شود، وظیفه تنظیم ولتاژ خازن و تأمین

تلفات می‌تواند به عهده یکسو کننده سه فاز باشد، یا می‌توان از آن نقطه برای شارژ اولیه خازن هنگام

راه‌اندازی استفاده کرد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۱۶- اینورتر منبع ولتاژ چندتائی

هرکدام از اینورترهای به کار رفته یک اینورتر منبع ولتاژ سه فاز است که می تواند به صورت شش

پله ای یا PWM کنترل شود. همه آنها با استفاده از یک منبع ولتاژ dc، در خروجی، یک منبع ولتاژ سه

فاز مستقل از سایر اینورترها قابل کنترل است، ایجاد می کند.

برای جمع کردن ولتاژها یا جریان های خروجی اینورترها از یک ترانس استفاده می شود. اگر

سیم پیچی های اولیه ترانس به طور سری با هم قرار گیرند ولتاژ خروجی اینورترها با هم جمع شده و درست مانند این است که اینورترها با هم سری شده اند.

با اتصال مناسب سیم پیچ ها می توان اینورترها را موازی کرد. اما عموماً اینورترها سری قرار می گیرند

تا ولتاژهای جمع شده افزایش یابند که در موارد استفاده ولتاژ بالا به کار آید.

ترانس علاوه بر جمع ولتاژها، ولتاژ حاصل را نیز افزایش داده و آن را مطابق سیستم ac می کند.

امپدانس پراکندگی ترانس هم نقش فیلتر را برعهده دارد.

مزیت این سیستم نسبت به VSI این می باشد که با کنترل و کلیدزنی مناسب اینورترها، ولتاژ خروجی

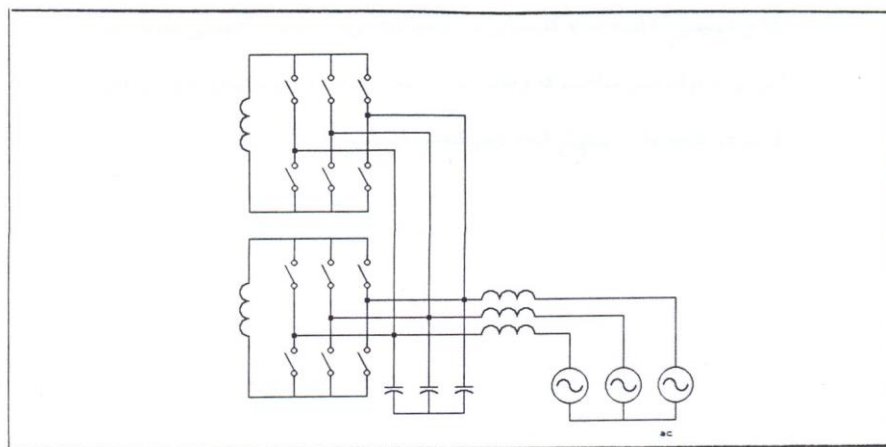
هر اینورتر نسبت به اینورتر دیگر دارای شکل موجی با اختلاف فاز موردنظر بوده، به طوری که ولتاژ نهائی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

دارای هارمونیک کمتری نسبت به هر کدام از اینورترهاست. به این ترتیب در یک فرکانس کلیدزنی پائین، هارمونیک های کمتری در ولتاژ ایجاد شده و نیاز به فرکانس کلیدزنی بالا نیست.

۱-۱ - ۲-۳ - معرفی ساختار جدید

به دلیل اینکه کلیدهای نیمه هادی دارای ولتاژ و جریان نامی محدودی هستند، یکی از راهها برای دستیابی به توان بالا، موازی کردن آنها می باشد، اما تقسیم مساوی جریان بین کلیدها مشکل است. به علاوه سوختن یک کلید سبب افزایش جریان بقیه کلیدها و در نتیجه سوختن آنها می شود. با توجه به این موارد می توان از چند اینورتر منبع جریان به صورت شکل (۱۷) استفاده کرد. در این ساختار اینورترها از هم مستقل بوده ولی فیلتر ac مشترک است.



شکل ۱۷: ساختاری برای موازی کردن دو اینورتر منبع جریان جهت ایجاد SVC با توان بالاتر

مزایای این ساختار عبارتند از:

۱- به دلیل مستقل بودن اینورترها سوختن یک کلید تنها یک اینورتر را از مدار خارج می کند. بنابراین

بقیه اینورترها در مدار مانده و SVC با توان کمتری به کار ادامه می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲- به دلیل اینکه همه اینورترها از یک فیلتر ac استفاده می کنند، مدار نسبت به حالتی که هر کدام

از اینورترها فیلتر ac جداگانه ای داشته باشد، فضای کمتری اشغال می کند.

۳- می توان کنترل دو یا چند اینورتر را به گونه ای انجام داد که با فرکانس کلیدزنی پائین،

هارمونیک های بیشتری را حذف یا تضعیف نمود و در نتیجه ابعاد و قیمت فیلتر کاهش می یابد.

۴- می توان با استفاده از کلیدهای جریان بالا، با فرکانس کلیدزنی پائین یک اینورتر با توان بالا و

همچنین با استفاده از کلیدهای با جریان کمتر ولی فرکانس کلیدزنی بالا، یک اینورتر با توان کمتر ساخت

که وظیفه اینورتر دوم حذف هارمونیک های اینورتر اول باشد، در نتیجه هارمونیک ها و ابعاد فیلتر کاهش

می یابد.



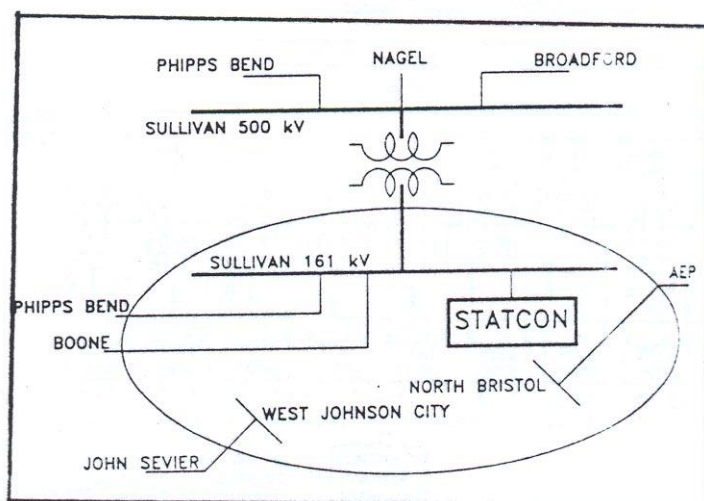
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳- نمونه‌هایی از استفاده SVC در شبکه انتقال قدرت

در این فصل جهت آشنائی بیشتر با ویژگی‌های SVC و کاربرد آن و همچنین نحوه طراحی و پیکربندی اجزاء SVC، چند نمونه از مواردی که از SVC در شبکه انتقال استفاده شده است بررسی خواهد شد.

۳-۱- نصب SVC از نوع STATCON با ظرفیت 100MVAR ±

شمال تنسی^۱ توسط ایستگاه فرعی^۲ سولیوان^۳ تغذیه می‌شود. خط انتقال ۵۰۰kV می‌باشد و ایستگاه سولیوان هفت شبکه توزیع و یک مصرف‌کننده صنعتی را تغذیه می‌کند. شکل (۱۸) بیانگر شماتیک خط و ایستگاه مذکور می‌باشد.



شکل ۱۸- خط انتقال ۵۰۰kV در ایستگاه فرعی سولیوان

همانطور که مشخص است چهار خط ۱۶۱kV به شین ایستگاه سولیوان وصل شده است. علت انتخاب

این نقطه برای نصب SVC این می‌باشد که این سایت از محدود نقاط این خط انتقال ۵۰۰kV است که

^۱- Tennessee

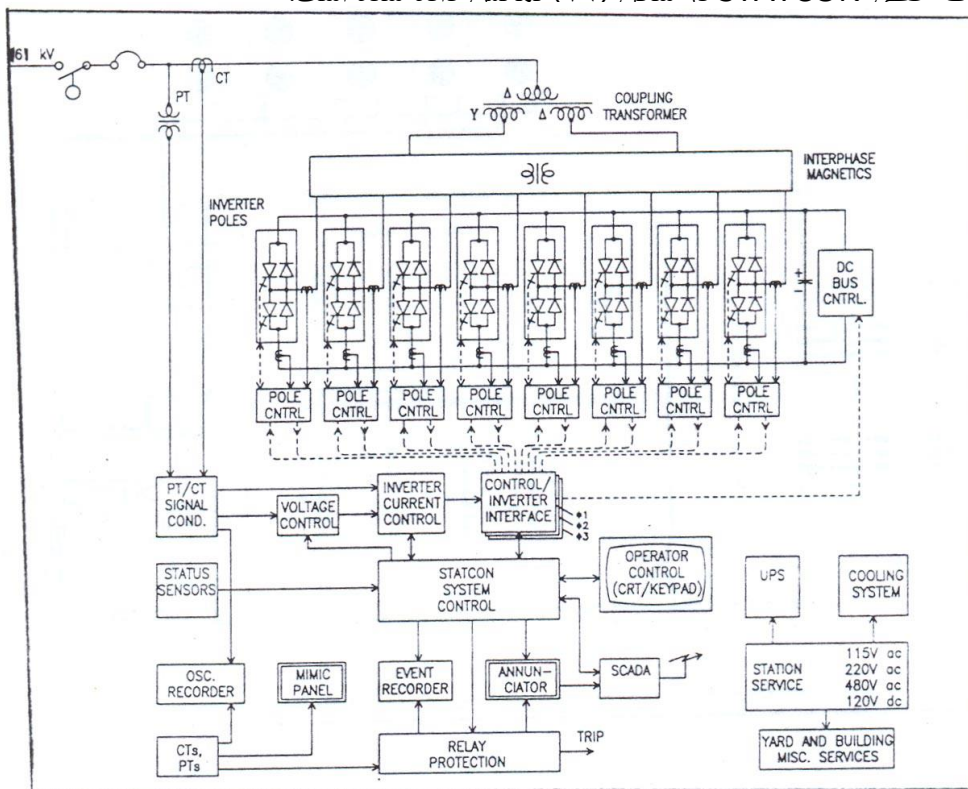
^۲- Substation

^۳- Sullivan

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

جميع مقادير توان راکتیویک STATCON از ظرفیت کامل خازنی تا ظرفیت کامل سلفی، می تواند مورد استفاده قرار گیرد بدون اینکه نیاز به استفاده از بانک خازنی یا بانک سلفی باشد. از طرفی آزمایشات نشان دادند که در شبکه مورد نظر بیشترین نوسانات ولتاژ در مکان منتهی به ایستگاه سولویوان رخ می دهد و از این رو بهترین مکان برای نصب STATCON جهت کنترل ولتاژ می باشد.

نمودار، تک خط، STATCON، د، شکا، (۱۹) نمایش داده شده است.



شکل ۱۹- نمودار تک خطی STATCON و $\pm 100\text{MVAR}$

این statcon شامل ۸ اینورتر سه فاز می باشد که هر کدام ظرفیت نامی برابر $12/5\text{ MVAR}$ را دارا

هستند و جمعاً شامل ۴۸ قطب می باشند.

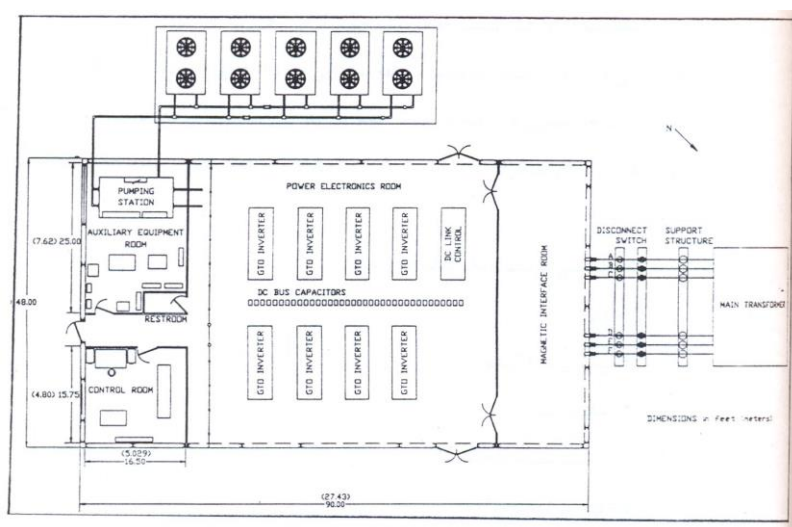
اینورترها توسط ترانسی که ثانویه مثلث- ستاره دارد به خط 161 kV وصل می شوند و ثانویه ترانس

$5/1\text{ kV}$ می باشند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

خازنی که به عنوان منبع DC به کار رفته است دارای ولتاژ نامی $6/6kV$ می باشد. در شکل (۲۰)، شکل

نصب STATCON و ساختمان آن نمایش داده شده است.



شکل ۲۰- پلان خارجی ساختمان STATCON

همانطور که در شکل مشاهده می شود ابعاد ساختمان آن $14/6m \times 27/4m$ می باشد که بسیار کمتر

از SVC های مدل امپدانس متغیر است که در مثال بعد بررسی خواهد شد.

البته از اجزاء این SVC فقط ترانس خارج از ساختمان و در ضلع غربی آن قرار دارد که ابعادش

$7/5m \times 5/2m$ می باشد و سایر اجزاء همه در داخل ساختمان قرار دارند. دیوارها و سقف ساختمان از فلز

ساخته شده اند و اتصال بین سخت افزارهای الکترونیک قدرت سیستم و مرکز کنترل ساختمان STATCON

توسط کابل های فیبرنوری که از داخل زمین کشیده شده اند برقرار است.

مجموعه دارای یک سیستم خنک کننده جهت گرفتن حرارت کلیدهای الکترونیک قدرت می باشد

این سیستم یک سیستم حلقه بسته آبی بوده که دمای ادوات الکترونیک قدرت را تا حد مطلوبی در سطح

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موردنظر حفظ می کند. این سیستم با ایجاد جریان آب ثابتی، گرما را از ادوات گرفته و در قسمت بالای

ساختمان و به کمک فن ها به محیط انتقال می یابد.

اجزاء اصلی سیستم خنک کننده عبارتند از:

۱- فن ها

۲- پمپ های سردکننده

۳- مخزن آب

۴- قسمت تصفیه ناخالصی ها

۵- قسمت تنظیم حرارت

برای قسمت پمپاژ، از موتورهای کم صدا استفاده شده است. حجم مایع این سیستم ۱۰۰۰ گالن

می باشد که مقداری الکل به آب افزوده شده تا در مواقعی که هوا سرد بوده و از STATCON استفاده

نمی شود، مایع یخ نزند.

تلفات اینورترها در قدرت کامل ۶۰۰KW می باشد و این طرح در سال ۱۹۹۴ اجرا گشته است.

۳-۲- SVC ادی کانتی (EDDY COUNTY)

مطالعات انجام شده بر روی شبکه برق (بین نیومکزیکو و تگزاس) توسط شرکت SPS نشان داد که

به یک جبران کننده توان راکتیو نیاز است تا توان راکتیوی بین ۵۰MVAR- (سلفی) تا ۱۰۰ MVAR+

(خازنی) تولید کند.

بنا شد این سیستم در ایستگاه ادی کانتی و بر روی خط انتقال ۲۳۰kv نصب شود.

علل نصب SVC در این سیستم، پشتیبانی از ولتاژ بهره وری کارائی ژنراتورهای سیستم بوده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مشخصات SVC عبارتند از:

قدرت سلفی نامی: $50 \text{ MVAR} - (1\text{p.uv})$

قدرت خازنی نامی: $100 \text{ MVAR} + (1\text{p.uv})$

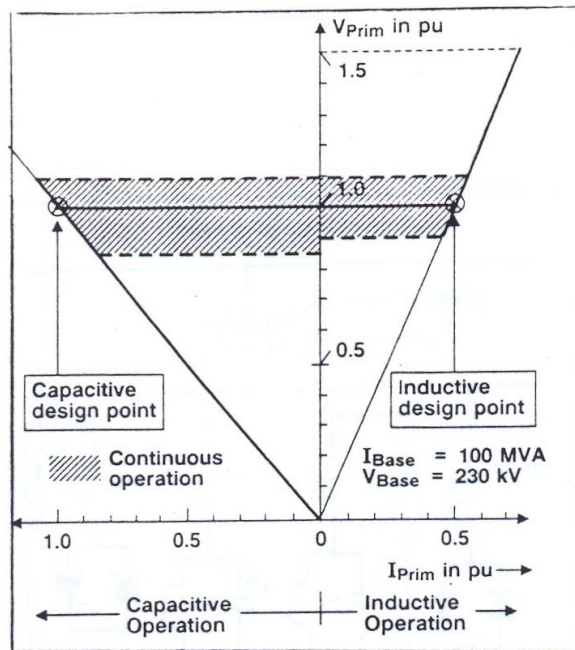
ناحیه پیوسته عملکرد سلفی: 0.9p.uv تا 1.1p.uv

ناحیه پیوسته عملکرد خازنی: 0.85p.uv تا 1.1p.uv

نمودار مشخصه خروجی SVC در شکل (۲۱) مشخص شده است.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲۱- نمودار V-I SVC، ادی کانتی

همچنین در شکل (۲۲) نمودار تک خطی SVC و اطلاعات آن مشخص شده است.

مدار SVC شامل یک TSC به ظرفیت $+۷۶\text{MVAR}$ ، یک TCR به ظرفیت -۷۴MVAR و دو فیلتر مجموعاً به ظرفیت ۲۴MVAR می باشد.

به این ترتیب حداکثر ظرفیت سلفی SVC برابر ۵۰MVAR و حداکثر ظرفیت خازنی آن برابر

۱۰۰MVAR می گردد.

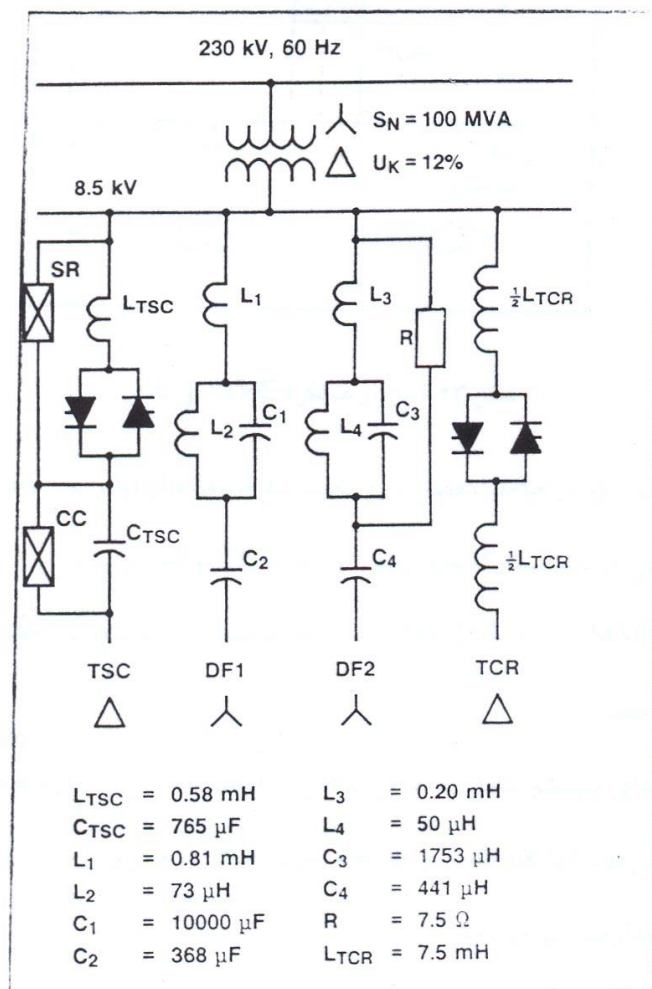
علت اینکه TCR با ظرفیت -۷۴MVAR انتخاب گشته این می باشد که با توجه به ظرفیت دو فیلتر

موجود که $+۲۴\text{MVAR}$ است، جمعاً در حالتی که TSC از مدار خارج است، جمع ظرفیت -۵۰MVAR

موردنظر شود.

با توجه به وجود فیلتر، نمودار عملکرد ناحیه های مختلف SVC در شکل (۲۳) آمده است.

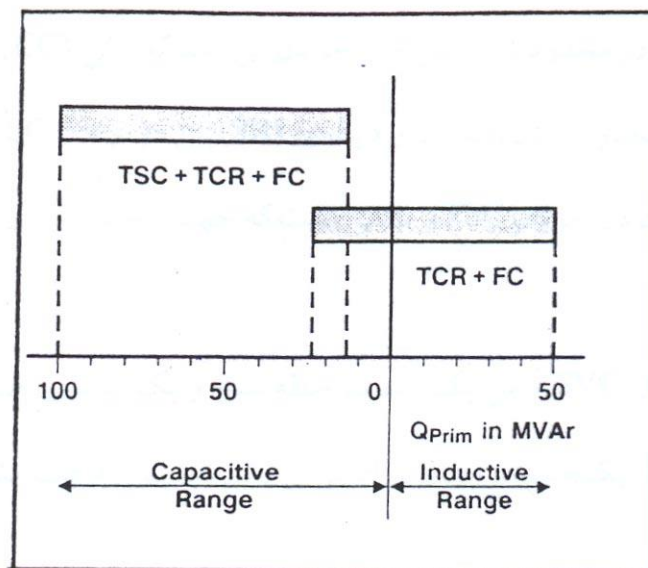
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲۲- نمودار تک خطی SVC ادی کانتی

به همراه فونت های لازمه

برای دریافت فایل Word



شکل ۲۳- نمودار عملکرد SVC ادی کانتی

همانطور که در مباحث فصل دوم بحث شد استفاده از فیلتر به خاطر کنار گذاشتن هارمونیک‌های

جریان است که به‌خصوص توسط TCR تولید می‌شود.

شین (MV) دارای ولتاژ 6.5kv است که توسط یک ترانس به خط اصلی

۲۳۰kv وصل شده است.

فیلترهای سیستم شامل دو فیلتر توافقی^۱ است که یکی با هارمونیک‌های ۳ و ۵ و دیگری با

هارمونیک‌های ۷ و ۱۱/۵ وفق یافته است. فیلتر دوم برای رسیدن به باند گذر بالا شامل چند مقاومت نیز

می‌باشد.

در شکل (۲۴) طرح شماتیک این SVC مشخص شده است. ابعاد این SVC برابر $۵۰\text{m} \times ۴۴/۵\text{m}$

می‌باشد که در مقایسه با STATCON سولیوان با توجه به ظرفیت تقریباً برابر، دارای حجم بسیار بزرگتری

در حدود ۴ برابر، می‌باشد.

^۱- Tuned filter

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

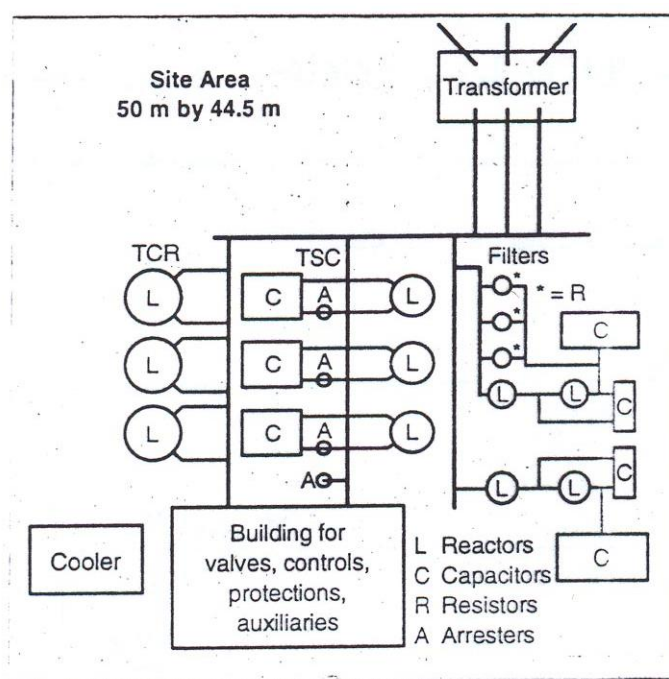
TSC شامل دو محدودکننده سریع^۱ جریان می باشد که یکی (CC) به دو سر خازن وصل است برای

محدود کردن ولتاژ آن و دیگری (SR) بین درجه^۲ TSC و سلفی است که جهت محدود کردن جریان TSC

به کار می رود.

سیستم کنترل SVC شامل یک سیستم حلقه بسته و یک سیستم حلقه باز می باشد.

SVC توسط یک سیستم حفاظت اصلی و یک سیستم حفاظت پشتیبان، حفاظت می شود.



شکل ۲۴- ساختمان SVC ادی کانتی

سیستم خنک کننده تریستورها سیستم تک خطی که از مخزن های فن دار آب و هوا در بیرون

ساختمان SVC تغذیه می شود. برای جلوگیری از یخ زدگی آب در هوای زیر ۵°F و شرایط کار نکردن SVC،

حدود ۳۰٪ الکل به آب اضافه شده است.

۳-۳- SVC کلاپام (CLAPHAM)

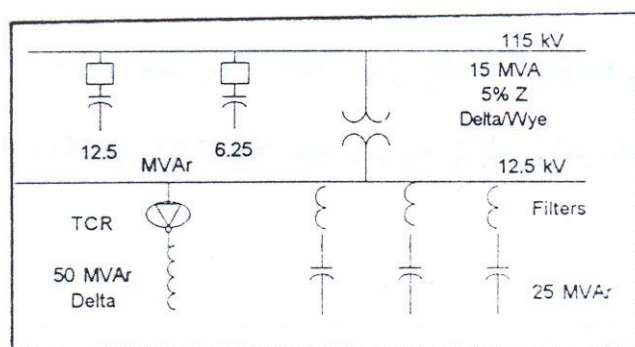
^۱. surgear/ester

^۲- Valve

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

این SVC بر روی خط ۱۱۵kV بین دو شهر اپیدنگر^۱ و کلامیم که طول آن ۶۷ مایل می باشد در سال ۱۹۸۴ نصب شده است. محل نصب در منطقه براوودام^۲ بوده که بار نامتعادل در آن حدوداً ۵۰MW گزارش شده بود.

نمودار تک خطی این SVC در شکل (۲۵) مشخص شده است. این یک SVC ساده می باشد که از یک TCR به ظرفیت ۵۰MVAr⁻ و سه خازن مجموعاً به ظرفیت ۲۵MVAR تشکیل شده است. البته دو بانک خازنی مجموعاً به ظرفیت ۱۹MVAR توسط دو کلید مستقیماً به شبکه وصل شده اند.



شکل ۲۵- مدار تک خطی SVC

علت نصب این SVC، پشتیبانی و نسب ولتاژ خط انتقال بوده و در سال ۱۹۹۴ سیستم کنترل این

SVC پیشرفته تر گردیده است.

۳-۴- SVC پروژه MMTU^۳

^۱- Bravo Dome

^۲- Bravo Dome

^۳- Manitoba-Minnesota Transmission Up grad

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

خط انتقال بین مانیتوبا و می نسوتا شامل یک خط ۵۰۰KV بین دورسی (Dorsey) و شیکاگو (Chicago) و دو خط ۲۳۰KV بین ریچر (Richer) و رانینگ (Runnig) و بین لتلیئر (Letellier) و پراری (Prairie) می باشد.

هدف از پروژه MMTU افزایش ظرفیت توان انتقالی توسط این شبکه از ۱۵۰۰MW به ۱۹۰۰M می باشد.

برای این منظور دو کار انجام شد:

۱- نصب دو خازن سری در نقاط روسیو^۱ و شیکاگو جهت کاهش امپدانس خط و در نتیجه افزایش

ظرفیت توان انتقالی خط ۵۰۰KV.

۲- نصب SVS^۲ در فوربس^۳ که شامل دو MSC^۴ هر کدام به ظرفیت ۳۰۰ MVAR و یک SVC

می باشد. به این طریق ظرفیت خط ۵۰۰KV از ۱۰۰۰MW به ۱۵۰۰MW افزایش می یافت.

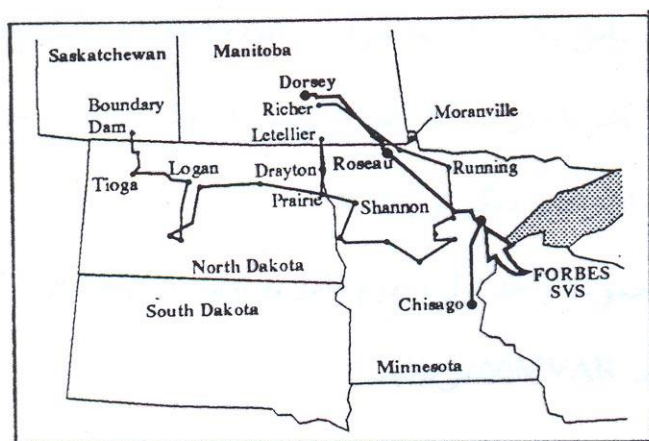
در اصل با نصب دو خازن سری امپدانس خط کاهش یافته و از طریق SVC علاوه بر انتقال توان

بیشتر، ولتاژ شبکه ۵۰۰KV تثبیت می شود.

این پروژه در جوولای ۱۹۹۰ آغاز گشت نقشه شبکه موردنظر در شکل (۲۶) نشان داده شده است

سیستم SVS همانطور که ذکر شد دارای دو MSC و یک SVC می باشد.

- ۱- Roseau
- ۲- Static Var Sys
- ۳- ForBES
- ۴- Mechanically

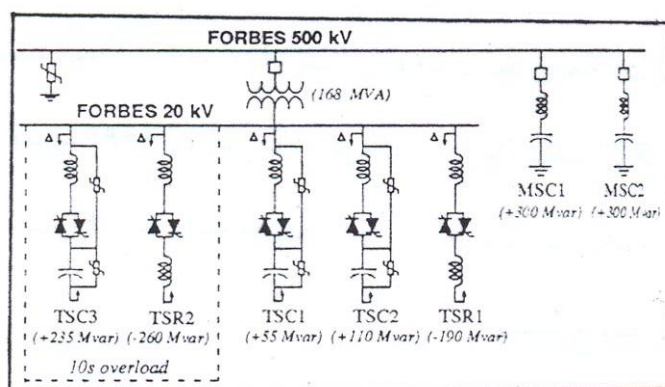


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۲۶- موقعیت جغرافیائی پروژه MMTU

SVC دارای ظرفیت بالای $-450 \text{ MVAR} / +400 \text{ MVAR}$ می باشد. نمودار تک خطی SVS در شکل

۲۷ مشخص شده است.



شکل ۲۷- نمودار تک خطی SVC فروبس

همانطور که در شکل مشخص است SVS شامل ۳ واحد می باشد.

واحد اول: شامل دو TSC جمعاً به ظرفیت $+165 \text{ MVAR}$ و یک TSR به ظرفیت (-190 MVAR)

این واحد در شرایط معمولی عمل کرده و قادر به تولید ۶ پله توان راکتیو می باشد.

واحد دوم: شامل یک TSC به ظرفیت $+235 \text{ MVAR}$ و یک TSR به ظرفیت -260 MVAR می باشد

که در شرایط اضافه ولتاژ در یک محدوده عملکرد ۱۰ ثانیه می توانند ۱۳ پله توان راکتیو دیگر تولید کنند.

در نتیجه مجموعه واحد اول و دوم قادر به تولید ۱۹ پله توان راکتیو می باشد که حداقل فاصله پله ها

55 MVAR می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

واحد سوم: دو MSC به ظرفیت هر کدام ۳۰۰MVAR که در شرایطی که اضافه ولتاژ زمان کوتاه

داشته باشیم به شبکه وصل می شوند. سوئیچینگ MSCها با سوئیچینگ SVC جهت می نیمم کردن

نوسانات شبکه ۵۰۰KV هماهنگ شده است.

۳-۵- نصب SVC در استرالیا

مشخصات SVCهای نصب شده در استرالیا در جدول ۱ آمده است.

SVC نوع SR (سلف قابل اشباع) برای اولین بار ۱۹۶۴ توسط فرد لندر معرفی گردید و کاربرد وسیعی

پیدا کرد. اما به مرور زمان به علت عدم قابلیت انعطاف پذیری کنترلی در شبکه های قدرت نسوخ گشت:

گرچه SR به اندازه TCR کارائی ندارد اما به دلیل سادگی سیستم و قابلیت اطمینان بیشتر در بعضی

از پروژه ها همانطور که در جدول مشاهده می شود، استفاده شده است.

جدول ۱

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کاربرد SVC در استرالیا از سال ۱۹۷۸ آغاز گشته و هر روز رو به گسترش دارد. با توجه به وسعت

خطوط انتقال استرالیا بیشترین کاربرد SVC در این کشور برای تثبیت و کنترل ولتاژ می باشد.

authority	location	year installed	quantity	type	primary purpose	voltage, kV	dynamic range, MVAR
Harris Da-shawa	Edrom-NSW	1979	1	SR	voltage control	11	0/+13
CEB	Blackwater	1979	2	SR	voltage control	66	0/+60
SECV	Rowville	1983	2	TSC/TCR	damping	220	+100/-60
SECWA	Merredin	1984	1	SR	voltage control	220	+50/-25
SECWA	Kalgoorlie	1984	2	SR	voltage control	220	+75/-25
ECNSW	Broken Hill	1986	2	TCR/FC	voltage control	275	+25/-25
SECV	Horsham	1986	1	TSC/TCR	voltage control	220	+50/-25
SECV	Kerang	1986	1	TSC/TCR	voltage control	220	+50/-25
QEC	Grantleigh	1986	1	TCR/FC	balance load	132	The range varies from +20MVAR per phase to -17MVAR per phase
	Dingo	1986	1	TCR/FC	balance load	132	
	Rangal	1986	1	TCR/FC	balance load	132	
	Oonooie	1986	1	TCR/FC	balance load	132	
	Copplabella	1986	1	TCR/FC	balance load	132	
	Moranbah	1986	1	TCR/FC	balance load	132	
	Gregory	1986	1	TCR/FC	balance load	132	
	Mt McLaren	1987	1	TCR/FC	balance load	132	
	Dysart	1987	1	TCR/FC	balance load	132	
QEC	Nebo	1987	1	TSC/TCR	voltage control	275	+260/-80
SWQEB	St. George	1987	1	TCR/FC	voltage control	66	+11/-4
ETSA	Para	1989	2	TSC/TCR	transient stability	275	+80/-80
ETSA	South East	1989	2	TSC/TCR	transient stability	275	+80/-50
ECNSW	Kemps Creek	1989	2	TSC/TSR	transient stability	330	-150/-100
SECWA	Merredin	1989	1	SR	voltage control	220	+50/-25

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۴- چگونگی انتخاب و نصب SVC

۴-۱- مقایسه اجمالی SVCها:

SVC های اینورتری نسبت به SVC های امپدانس متغیر مزایای مانند حجم کمتر و سرعت پاسخ بالاتر، متناسب بودن توان راکتیو تولیدی با ولتاژ به جای مجذور ولتاژ، دارند اما عیب عمده SVC های اینورتری استفاده از کلیدهایی با کموتاسیون اجباری است.

ولی با پیشرفت تکنولوژی و ساخت کلیدهای نیمه هادی کموتاسیون اجباری با توان بالا و قیمت های اقتصادی، این شکل در حال رفع شدن است.

اما در حال حاضر با توجه به قیمت بالای کلیدهای توان بالا در مصارفی که توان راکتیو نسبتاً زیادی مطلوب باشد از SVC های امپدانس متغیر استفاده می شود.

از دیگر مزایای VSI و CSI نسبت به سایر انواع SVC ها، ساختمان ساده تر، کنترل آسان تر و تعداد کم تر متغیرهای موردنیاز برای اندازه گیری و تعداد المان های کمتر می باشد.

۴-۲- موارد مؤثر در انتخاب نوع SVC:

موارد مؤثر در انتخاب یک SVC برای نصب در یک شبکه عبارتند از:

۱- ولتاژ شبکه

۲- توان نامی SVC

۳- هدف استفاده از SVC (جبران توان راکتیو، تثبیت ولتاژ، حذف هارمونیک و...)

۴- تعداد کمیات موردنظر برای اندازه گیری

۵- قیمت اقتصادی تجهیزات

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۶- پیچیدگی سیستم مورد استفاده

۷- هزینه تعمیرات

۸- اهمیت ضریب اطمینان SVC

۹- سرعت پاسخ SVC

۳-۴- مکان نصب SVC

بهبود میرائی نوسانات سیستم به عنوان یکی از کاربردهای مهم SVC در سیستم های قدرت، به طور موازی با محل نصب و موقعیت SVC در سیستم بستگی دارد.

بنابراین یافتن بهترین و مناسب ترین محل برای نصب SVC در سیستم قدرت به منظور دستیابی به بیشترین میزان میرائی نوسانات و حفظ پایداری سیستم قدرت، همزمان با صرف کمترین میزان توان راکتیو، که تحت عنوان جاپای بهینه SVC مطرح می گردد، نقش عمده ای در بهبود کارائی سیستم و کاهش هزینه ها خواهد داشت.

محل نصب و موقعیت SVC به میزان زیادی به کنترل پذیری مدهای نوسانی تأثیر دارد. به طور کلی بهترین محل جهت نصب SVC نقاطی از شبکه با بیشترین دامنه نوسان ولتاژ است. برای یافتن نقاط موردنظر، ابتدا نوسانات موجود در شبکه به نوسانات مستقل و پایه ای بنام مدهای نوسانی تفکیک می گردند. هر یک از این مدهای نوسانی دارای فرکانس ثابت و مشخصی می باشند که تابع ساختار شبکه است.

در مرحله بعد حساسیت مدهای فوق را به ولتاژ شیشه های غیر ژنراتوری به دست می آوریم و بدین وسیله مشخص می شود که کنترل ولتاژ کدامیک از شیشه ها، بیشترین اثر را روی مدهای نوسانی سیستم خواهد داشت.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۴-۴- جمع بندی

حال به جمع بندی مطالب ذکر شده می پردازیم و اجمالاً بررسی می کنیم که برای یک خط انتقال چگونه یک SVC انتخاب می شوند. در ابتدا باید محل نصب و میزان توان راکتیو لازم، مشخص شود. هنگامی که میزان توان راکتیو لازم مشخص شد حال نوبت به انتخاب نوع SVC می رسد.

اگر در محدوده توان راکتیو لازم، احتیاج به تغییرات پیوسته توان راکتیو داشته باشیم که قطعاً باید از SVC های نوع VSI یا ASVC یا STATCON استفاده کنیم که امکان تغییرات کاملاً پیوسته توان راکتیو تزریقی را از حداکثر سلفی تا حداکثر خازنی فراهم می سازند. حال اگر احتیاج به تغییرات کاملاً پیوسته توان راکتیو نبود، باید یک نوع از SVC های امپدانس متغیر یا VSI ها را انتخاب کرد. با توجه به مطالب ذکر شده در قسمت ۴-۱ در کل استفاده از انواع VSI بهتر می باشد زیرا ساختمان ساده تر و کنترل آسان تری دارند و دارای المان های کمتری نسبت به SVC های امپدانس متغیر می باشند. در ضمن حجم کمتری را هم اشغال می کنند.

ولی با توجه به داشتن کلیدهای الکترونیک قدرت در توان بالا، ممکن است از نظر اقتصادی به صرفه نباشد. برای همین بعضاً در توان های بالایی که تغییرات کاملاً پیوسته توان راکتیو مدنظر نیست، می توان از ترکیب TCR ها و TSC ها به همراه MSC استفاده کرد. همانطور که دیدیم در پروژه MMTU در توان راکتیو MVAR ۴۵۰-/+۴۰۰ از ترکیب آن ها استفاده شده است.

البته با پیشرفت روز به روز المان های الکترونیک قدرت ممکن است قیمت این ادوات رو به کاهش نهاده و این مشکل حل شود. در مواردی نیز که فقط نیاز به توان راکتیو سلفی یا خازنی می باشد، بهتر است از SVC امپدانس متغیر استفاده شود. یعنی در مواردی که احتیاج به توان راکتیو سلفی داریم از TCR و در

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

همفازکننده سنکرون، موتورهای سنکرونی هستند که می‌توانند در ضمن اینکه بار مکانیکی از آن‌ها گرفته می‌شود، قسمتی از انرژی الکتریکی خود را به صورت توان راکتیو به شبکه پس دهند، و یا موتورهای سنکرون بدون بار هستند که کلیه توان ظاهری خود را به صورت توان راکتیو در اختیار شبکه قرار می‌دهند. موتورهای سنکرونی که در ضمن بار گرفتن از آن جهت بهبود $\text{Cos}\phi$ بکار گمارده می‌شوند معمولاً دارای قدرت مکانیکی $1500-500 \text{KW}$ هستند و با ضریب توان ۱ تا $0/8$ کار می‌کنند. در صورتیکه به توان راکتیو زیادتری در شبکه احتیاج باشد، بهتر است از موتورهای سنکرون بدون بار جهت جبران توان راکتیو استفاده شود.

همفازکننده سنکرون بدون بار با $\text{Cos}\phi = 0$ کار می‌کند و از شبکه فقط آن مقدار توان راکتیو می‌گیرد که برای پوشاندن تلفات الکتریکی و مکانیکی خود لازم دارد. بطوریکه در ماشین‌های بزرگ از 2000KVA به بالا، توان اکتیو که از شبکه گرفته می‌شود در حدود ۲ تا ۳٪ توان ظاهری آنهاست و چون این ماشین‌ها به خصوص برای جبران توان راکتیو شبکه ساخته می‌شوند و از آن‌ها بار گرفته نمی‌شود، قطر محور آن‌ها خیلی کم است.

طرز کار همفازکننده سنکرون

همانطور که می‌دانیم موتور سنکرون نیز مثل ژنراتور سنکرون با جریان دایم تحریک می‌شود و همین تحریک خارجی با جریان دایم سبب می‌شود که بتوان از موتور سنکرون به عنوان یک دستگاه جبران‌کننده توان راکتیو استفاده کرد.

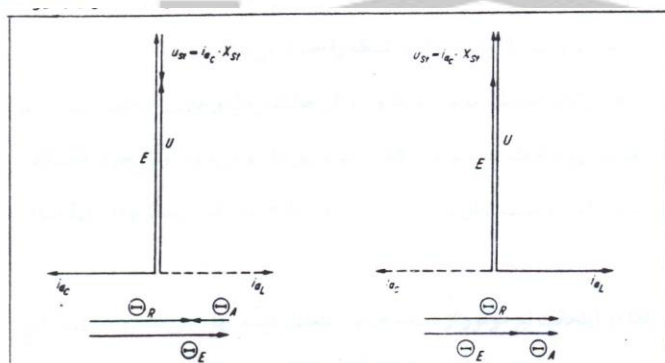
موتور سنکرون در $\text{Cos}\phi = 1$ کم‌ترین توان اکتیو و حداقل توان ظاهری را از شبکه می‌گیرد و در اینحالت مقدار معینی کار مکانیکی انجام می‌دهد. حال اگر در همین وضعیت تحریک موتور را کم یا زیاد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کنیم، در هر حال توان ظاهری موتور زیاد می شود، در ضمن اینکه توان اکتیو موتور تغییر چندانی محسوس نمی کند.

طرز کار موتور سنکرون بدون بار به عنوان جبران کننده توان راکتیو را می توان به کمک بردارهای شکل (۲۸) و (۲۹) به سادگی بیان کرد.

اگر جریان تحریک یک موتور سنکرون بدون بار را از مقدار نامی زیادتر کنیم، در این صورت بخاطر تقویت شدید حوزه مغناطیسی نیروی الکتروموتوری E بیشتر از اختلاف سطح U می شود (U اختلاف سطح شبکه است). اما این تفاوت ولتاژ چون نمی تواند باقی بماند توسط افت ولتاژ پراکنده V_{st} جبران شود. این افت ولتاژ پراکنده اضافی U_{st} فقط در صورتی می تواند به وجود آید که موتور از شبکه جریان بیشتری بگیرد.



شکل (۲۸)

شکل (۲۹)

لذا باید موتور جریان اضافی I_{ac} را به اسم جریان متعادل کننده از شبکه بگیرد و این جریان اضافی

I_{ac} در روی مقاومت اندوکتیو پراکنده موتور افت ولتاژ پراکنده U_{st} را به وجود آورد.

بطوریکه $U_{st} = I_{ac} \cdot X_{st}$ باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جریان I_{ac} از اختلاف سطح پراکنده U_{st} که خود به وجود آورده ۹۰ درجه عقب افتادگی دارد ولی نسبت به اختلاف سطح U که این جریان را می دهد ۹۰ درجه جلو افتادگی پیدا خواهد کرد (شکل ۲۸) یعنی این جریان نسبت به اختلاف U یک جریان کاپاسیتیو است و جریان کاپاسیتیو I_{ac} که از شبکه گرفته می شود تأثیرش در شبکه معادل دادن جریان اندوکتیو به شبکه است. (همین اثر را یک خازن دارد). لذا می بینیم جریان اندوکتیو شبکه را که می بایست در حالت عادی، ژنراتور نیروگاه تأمین کند، این موتور سنکرون بدون بار اضافه تحریک شده تأمین می کند. لذا می توان گفت که یک موتور سنکرون زیاد تحریک شده در شبکه مثل یک خازن رفتار می کند و کمبود جریان اندوکتیو یا توان اندوکتیو شبکه را جبران می کند.

در صورتیکه تحریک موتور سنکرون را از حالت نرمال و عادی آن کمتر کنیم چون حوزه مغناطیسی ضعیف شده نیروی الکتروموتوری E کم می شود. ولی چون اختلاف سطح شبکه U ثابت است، تفاوت این دو ولتاژ $U_{st} = U - E$ باید توسط $I_{aL} \cdot X_{st}$ جبران شود.

لذا در این حالت نیز موتور از شبکه جریان متعادل کننده I_{ac} را می کشد و چون در این حالت اختلاف سطح U_{st} نسبت به جریان I_{aL} نود درجه جلو افتادگی دارد، پس موتور در حالت زیر تحریک از شبکه جریانی می کشد که نسبت به اختلاف سطح شبکه ۹۰ درجه پس فاز دارد. به عبارت دیگر موتور سنکرون در این حالت مانند یک سلف و یا یک موتور آسنکرون که جریان اندوکتیو و یا توان راکتیو سلفی مصرف می کند رفتار می کند.

در شکل های (۲۸) و (۲۹) علاوه بر بردارهای اختلاف سطح و نیروی الکتروموتوری، بردار آمپر دورها نیز رسم شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

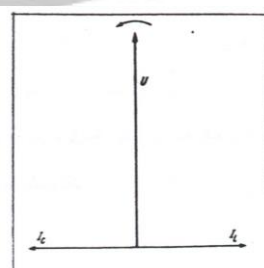
۲-۵- جبران کننده های ساکن (جبران کننده های خازنی)

۲-۵-۱- طرز کار

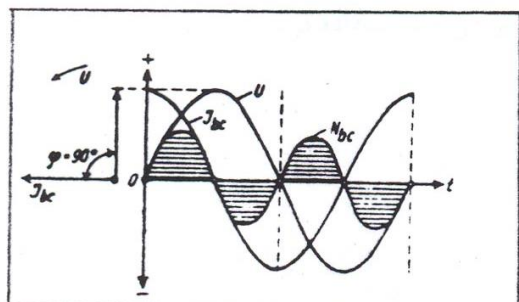
خازن های جریان زیاد که برای جبران توان راکتیو بکار برده می شوند اغلب همفاز کننده ساکن و یا جبران کننده ساکن نامیده می شوند. این خازن ها بخاطر ساکن بودنشان عاری از معایب بسیاری هستند که جبران کننده های دوار بخاطر دوار بودنشان ناگزیر آند (عدم مشکلات راه اندازی و تلفات بسیار ناچیز) از این جهت است که در این دهه آخر، جبران کننده های خازنی در اغلب شبکه ها و تأسیسات برقی جانشین جبران کننده های دوار شده است و روز به روز نیز مورد استعمال آنها فزونی می یابد.

خازن ها همانطور که می دانیم از شبکه جریانی می کشند که نسبت به ولتاژ 90° درجه جلوافتاگی

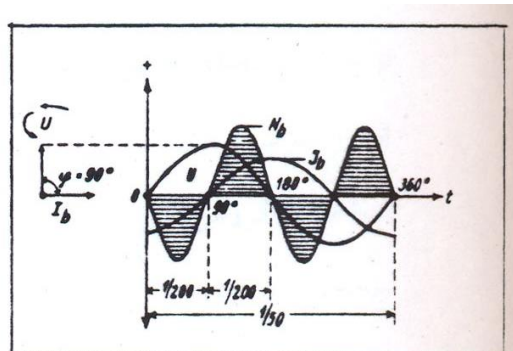
دارد. لذا این جریان کاپاسیتیو نسبت به جریان اندوکتیو 180° درجه اختلاف فاز دارد (شکل ۳۰).



شکل (۳۰)



شکل (۳۲)



شکل (۳۱)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۳۱ و ۳۲ گرفتن و پس دادن توان راکتیو را در مدار کاملاً سلفی (شکل ۳۱) و در یک مدار کاملاً خازنی (شکل ۳۲) نشان می دهد.

چنانچه دیده می شود این توان ها که هر یک به نوبه خود به عنوان یک منبع انرژی می باشند نسبت به هم درست به اندازه ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند. به عبارت دیگر پر شدن یکی (در مدار خازنی شکل ۳۲ در نیم پریود اول) درست همزمان با خالی شدن انرژی دیگری (در مدار سلفی شکل ۳۱ در همان نیم پریود اول) صورت می گیرد.

این پر و خالی شدن همزمان باعث می شود که توان راکتیو و با آن جریان های راکتیو بین مصرف کننده های کاپاسیتیو و اندوکتیو رفت و آمد نوسانی کنند و در نتیجه ژنراتورها و ترانسفورماتورها و سیم های نقل انرژی از این جریان راکتیو خالی گردند. اگر جریان کاپاسیتیو I_C درست برابر جریان اندوکتیو I_L باشد، نیروگاه فقط جریان وات و اکتیو مصرف کننده ها را تولید می کند. به طور مثال موازی بستن خازن با یک موتور تحت شرایط خاص ایجاد یک مدار نوسانی می کند و نتیجتاً سیم های جریان رسان به موتور فقط جریان اکتیو لازم را انتقال می دهند.

۵-۲-۲- انواع جبران کننده های خازنی

از جبران کننده های خازنی به سه طریق زیر می توان استفاده کرد.

الف- جبران انفرادی

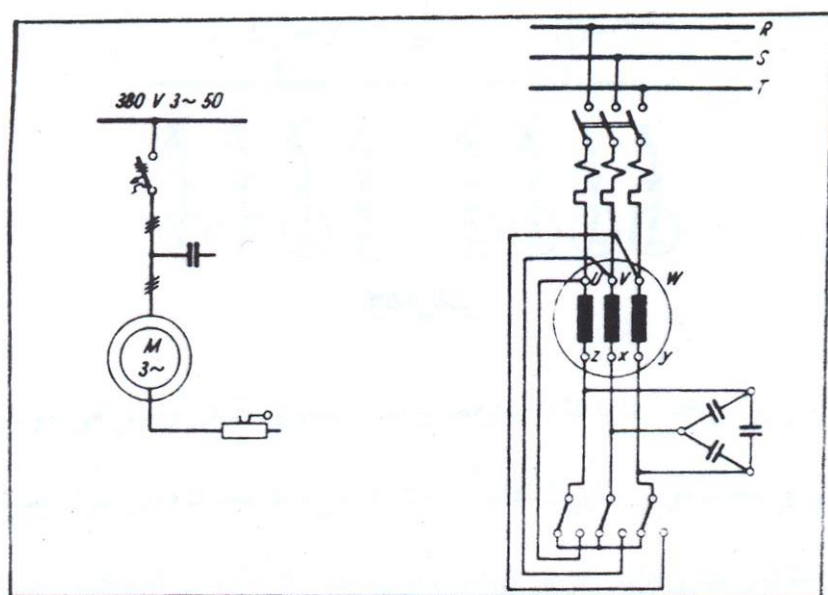
ب- جبران گروهی

ج- جبران مرکزی

الف- جبران انفرادی توان راکتیو

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در جبران انفرادی توان راکتیو در همان محل که به وجود می آید جبران می شود، لذا خازن های جبران کننده توان راکتیو در همان محل با موتور یا ترانسفورماتور موازی می شوند. جبران انفرادی باعث می شود که حتی سیم های نقل انرژی تا مصرف کننده نیز از جریان راکتیو خالی شوند و در نتیجه سیم های رابط مقاطع کمتر، افت ولتاژ کمتر و بالاخره افت توان کمتری پیدا کنند. در این طریق جبران بخاطر صرفه جوئی در وسائل الکتریکی معمولاً خازن و موتور هر دو با یک کلید قطع و وصل می شوند (شکل ۳۳) و قطع کننده حرارتی (رله بار زیاد) کلید محافظ موتور برای جبران $I_a = 1.1 \cdot I_n \cdot \cos\phi$ تنظیم می گردد. در موتورهای که دارای کلید ستاره مثلث می باشند خازن ها طبق شکل (۳۴) بسته می شوند. اگر در تمام قسمت های کارخانه از جبران انفرادی استفاده شود، تمام معایب انتقال جریان متناوب یکجا از بین می رود. ولی متأسفانه همیشه و در همه جا نمی توان از جبران انفرادی استفاده کرد زیرا اغلب تجمع آن ها در یک محل و استفاده از واحدهای بزرگتر از نظر اقتصادی بیشتر مقرون به صرفه خواهد بود.



شکل (۳۴)

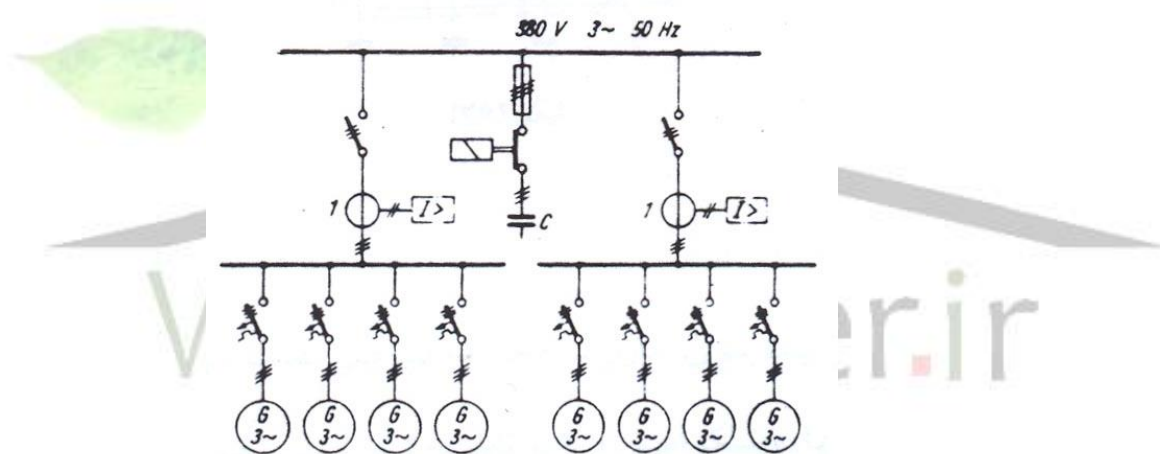
شکل (۳۳)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فوت های لازمه

در بیشتر مواقع نیز بخاطر نبودن محل مناسب و یا حرارت زیاد دستگاهها نمی توان خازن را در همان محل نصب کرد، مورد استعمال به جبران انفرادی به خصوص در موتورهای است که مدت زیادی از آنها بار گرفته می شود و یا در کوره های اندوکسیونی و ترانسفورماتورهای جوشکاری و ترانسفورماتور معمولی و لامپ های نئون و فلورسنت می باشد.

ب) جبران گروهی توان راکتیو

شکل (۳۵) جبران گروهی را برای هشت موتور نشان می دهد. این روش برای تأسیسات و کارخانجاتی که دارای چندین موتور کوچک هستند ولی همه آنها با هم کار نمی کنند مناسب می باشد.



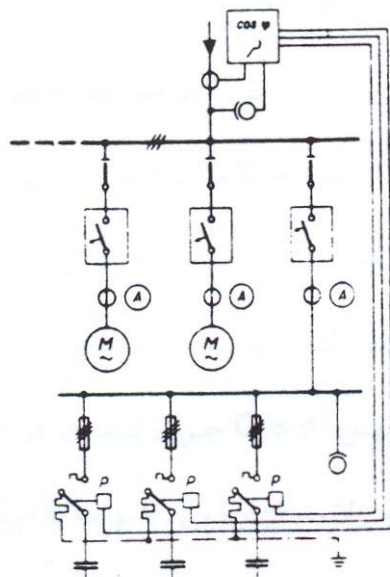
شکل (۳۵)

در این روش خازن ها با کلید محافظ به شین تابلوی اصلی وصل می شوند و قدرت راکتیو آن برای تعداد موتورهای که دائماً با هم کار می کنند محاسبه می شود. به طور مثال اگر فقط چهار موتور به طور دائم کار می کنند، خازن ها نیز برای قدرت اندوکتیو چهار موتور محاسبه می شوند و به محض اینکه دو موتور بکار افتاد خازن ها دستی و یا به طور خودکار وارد عمل می شوند.

شکل ۳۶ جبران گروهی به طریق خودکار و اتوماتیک را نشان می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برای حفاظت اتصال کوتاه خازن ها استفاده از فیوزهای با قدرت قطع زیاد ضروری است.



شکل (۳۶)

ج) جبران مرکزی توان راکتیو

در این روش یک سری خازن در محل مخصوصی نصب می شوند و برحسب احتیاج تعدادی از آنها به شبکه اصلی و یا در تابلو به شین اصلی وصل می گردند. در جبران مرکزی معمولاً خازن ها دارای شین و تابلوی جداگانه هستند و توسط کلید قدرت مخصوصی به شین اصلی کارخانه وصل می گردند.

در این روش تعدادی از خازن ها به طور دائم و همیشه به شین اصلی وصل هستند و تعداد دیگری متناسب با بار راکتیو به طور خودکار به شبکه اضافه می گردند.

۵-۲-۳- روش محاسبه خازن مورد لزوم برای حذف توان راکتیو:

برای حذف مصرف راکتیو، قدرت خازن باید به اندازه ای باشد که $\cos \phi$ را به حدود ۰/۹ تا ۱ برساند.

از لحاظ تئوری وقتی $\cos \phi = 1$ باشد مصرف راکتیو کاملاً از بین رفته است. بنابراین:

$$\tan \phi = \frac{\text{کیلو وار ساعت (مصرف راکتیو)}}{\text{کیلو وات ساعت (مصرف اکتیو)}}$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\cos\phi = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2\phi}}$$

$$P_w = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi$$

$$P_c = P_w \times F$$

ضریب F را از جدول مربوطه به دست می آوریم.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تعیین ضریب F و محاسبه قدرت خازن لازم (کیلووار) برای اصلاح ضریب قدرت

فاکتور F = کیلوولت آمپر مورد نیاز به صورت درصد بار مؤثر نصب شده به کیلووات																	
ضریب قدرت Cos ϕ_1 واقعی	ضریب قدرت مورد نیاز ($\cos \phi_2$)																
	۱	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۸۷۵	۰/۸۵	۰/۸۲۵	۰/۸	۰/۷۷۵	۰/۷۵	۰/۷	۰/۶۵	۰/۶	۰/۵۵	۰/۵
۰/۴	۲۳۰	۲۱۰	۲۰۱	۱۹۴	۱۸۷	۱۸۲	۱۷۵	۱۶۸	۱۶۱	۱۵۵	۱۴۹	۱۴۲	۱۲۸	۱۱۳	۹۶	۷۸	۵۷
۰/۴۵	۱۹۸	۱۷۷	۱۶۸	۱۶۱	۱۵۵	۱۴۹	۱۴۲	۱۳۶	۱۲۹	۱۲۳	۱۱۶	۱۱۰	۹۶	۸۱	۶۴	۴۶	۲۴
۰/۵	۱۷۳	۱۵۳	۱۴۴	۱۳۷	۱۳۰	۱۲۵	۱۱۸	۱۱۱	۱۰۴	۹۸	۹۲	۸۵	۷۱	۵۶	۴۰	۲۱	
۰/۵۵	۱۵۲	۱۳۲	۱۲۳	۱۱۶	۱۰۹	۱۰۴	۹۷	۹۰	۸۳	۷۷	۷۱	۶۴	۵۰	۳۵	۱۹		
۰/۶	۱۳۳	۱۱۳	۱۰۴	۹۷	۹۱	۸۵	۷۸	۷۱	۶۵	۵۸	۵۲	۴۶	۳۲	۱۶			
۰/۶۵	۱۱۷	۹۷	۸۸	۸۱	۷۴	۶۹	۶۲	۵۵	۴۸	۴۲	۳۶	۲۹	۱۵				
۰/۷	۱۰۲	۸۱	۷۳	۶۶	۵۹	۵۴	۴۶	۴۰	۳۳	۲۷	۲۰	۱۴					
۰/۷۲۵	۹۵	۷۵	۶۶	۵۸	۵۲	۴۶	۳۹	۳۳	۲۶	۲۰	۱۳	۷					
۰/۷۵	۸۸	۶۷	۵۹	۵۲	۴۵	۴۰	۳۳	۲۶	۱۹	۱۳	۶/۵						
۰/۷۷۵	۸۱	۶۱	۵۲	۴۵	۳۹	۳۳	۲۶	۱۹	۱۲	۶/۵							
۰/۸	۷۵	۵۴	۴۶	۳۹	۳۲	۲۷	۱۹	۱۳	۶								
۰/۸۲۵	۶۹	۴۸	۴۰	۳۳	۲۶	۲۱	۱۴	۷									
۰/۸۵	۶۲	۴۲	۳۳	۲۶	۱۹	۱۴	۷										
۰/۸۷۵	۵۵	۳۵	۲۶	۱۹	۱۳	۷											
۰/۹	۴۸	۲۸	۱۹	۱۲	۶												
۰/۹۲	۴۲	۲۲	۱۳	۶													
۰/۹۴	۳۶	۱۶	۷														
۰/۹۶	۲۹	۹															
۰/۹۸	۲۰																
۰/۹۹	۱۴																

قدرت خازن لازم (Kvar) برای تصحیح $\cos \phi_1$ به $\cos \phi_2$ برابر است با (قدرت آکتیو $F \times$)
 مثال: برای اصلاح ضریب قدرت ۰/۶ ($\cos \phi_1$) به ۰/۹۶ ($\cos \phi_2$) در کارخانه‌ای با ۲۰۰ کیلوولت آمپر بار مؤثر -
 طبق جدول فوق فاکتور $F = ۱۰۴\%$ درصد خواهد بود.
 $۲۰۰ \times ۰/۶ \times ۱۰۴\% = ۱۲۵ \text{ Kvar}$

۵-۲-۴- رگولاتور چیست و چگونه کار می‌کند؟

رگولاتور اصلاح ضریب قدرت یکی از اساسی‌ترین اجزاء بانک‌های خازنی با قدمتی تقریباً برابر با

قدمت خازن است. علی‌رغم کاربردهای این وسیله، به جرأت می‌توان گفت که مبهم‌ترین جزء یک بانک خازنی

است. طبق تعریف مرسوم «رگولاتور دستگامی است که با اندازه‌گیری ضریب توان بار، به مقدار مورد نیاز

خازن به مدار وارد می‌نماید.»

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نسبت $\frac{C}{K}$ چیست؟

نسبت $\frac{C}{K}$ در واقع تعیین کننده دقت یا خطای تنظیم است. معمولاً میزان خطا متناسب با ضریبی

بین ۰/۵ الی ۰/۶۵ کوچکترین پله بانک خازنی است. در رگولاتوری که مبنای خطا ۰/۶۵ کوچکترین پله

است. بجای ۵/۶۷ برابر کوچکترین پله، ۶ برابر کوچکترین پله به مدار وارد می گردد و بجای ۵/۴ برابر

کوچکترین پله، ۵ برابر کوچکترین پله وارد مدار می گردد.

$$\frac{C}{K} = 0.65 \frac{Q}{\sqrt{3UK}}$$

اگر $\frac{C}{K}$ به مقدار بزرگتری تنظیم گردد، خطا افزایش یافته و اگر $\frac{C}{K}$ به مقدار کوچکتری تنظیم

گردد خطا کمتر شده ولی امکان قطع و وصل متوالی یک پله وجود دارد.

توالی چیست؟

برای افزایش دقت و تنظیم دقت ضریب توان باید پله اول بسیار کوچک باشد که موجب افزایش

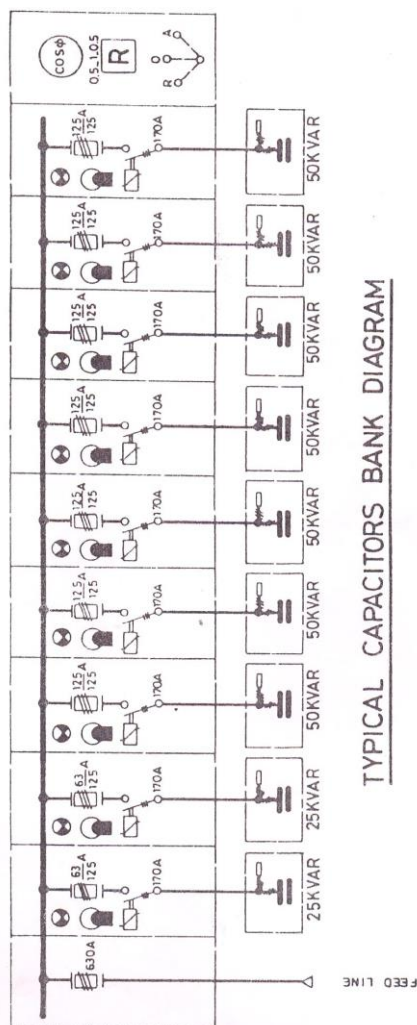
تعداد پلهها در بانک خازنی می گردد. مثلاً بانک خازنی ۴۰۰ کیلو واری با پلههای ۲۵ کیلو واری شامل ۱۶

پله است. توالی روشی است که بدون کاهش دقت، تعداد پلهها را کاهش می دهد. مثلاً برای بانک خازنی

۴۰۰ کیلوواری می توان پله اول و دوم را ۲۵ کیلوواری و هفت پله دیگر را ۵۰ کیلو واری قرار داد که تعداد کل

پلهها به ۹ تقلیل می یابد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



TYPICAL CAPACITORS BANK DIAGRAM

شماره پاور: ۲۸۵

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۵-۳- جبران توان راکتیو در کارخانجات

برای بهبود بخشیدن به وضع ضریب توان ($\cos\phi$) در کارخانجات همیشه و تقریباً بدون استثناء از خازن استفاده می شود.

کارخانجات عموماً دارای تأسیسات فشار ضعیف هستند، حتی کارخانجات بزرگ صنعتی نیز که دارای شبکه فشار متوسط (اغلب ۶ هزار ولت برای موتورهای سنگین و بزرگ) می باشند نیز دارای شبکه وسیع و گسترده فشار ضعیف هستند. انرژی این کارخانجات بزرگ اغلب توسط یک یا چند ترانسفورماتوری که در اختیاردارند تأمین می شود. لذا کافی است برای بهبود $\cos\phi$ جبران کننده ها در طرف فشار قوی و به طور مرکزی و یکجا نصب شوند (جبران، مرکزی) ولی با توجه به اینکه در این روش رساناهای انتقال انرژی بعد از خازن ها و کمپنراتورها از بار و جریان اندکتیو خالی نمی شوند لذا از مزایای دیگر جبران توان راکتیو که عبارت بود از کم شدن قدرت ترانسفورماتور و کم شدن مقاطع سیم های انتقال انرژی و توزیع و جلوگیری از افت ولتاژها و تلفات حرارتی بی مورد بار دواته بهره گرفته نشده است.

در ثانی جبران مرکزی در طرف فشار قوی احتیاج به کلیدهای فشار قوی بزرگ و گران قیمت دارد. در ثالث خود خازن ها نیز باید مقاوم در مقابل اختلاف سطح زیاد طرف اولیه ترانسفورماتور باشند.

از این جهت در کارخانجات بزرگ که دارای شبکه فشار قوی متوسط کارگاهی (داخلی) هستند، گاه از جبران مرکزی در طرف فشار قوی این شبکه محلی استفاده می شود و گاه موتورهای فشار قوی به طور انفرادی جبران می شوند و بقیه دستگاه ها که با فشار ضعیف کار می کنند برحسب نوع کار آنها از جبران انفرادی، گروهی و یا مرکزی توان راکتیو طرف فشار ضعیف بهره می گیریم.

۵-۴- جبران توان راکتیو در شبکه انتقال انرژی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این فقط کافی نیست که توان راکتیو در قسمت مصرف کننده ها و در طرف فشار ضعیف شبکه جبران شود. زیرا قسمت اعظم توان راکتیو مربوط به ترانسفورماتورها و یک قسمت کوچکی نیز مربوط به سیم های نقل انرژی می باشد. به طور مثال اگر ضریب توان متوسط در طرف شبکه فشار ضعیف ۰/۸۵ باشد، ضریب توان در نیروگاه به ۰/۷۵ خواهد رسید. لذا باید شبکه انتقال انرژی نیز توسط جبران کننده های از بار خالی شود.

خازن هایی که برای این منظور بکار برده می شوند به دو دسته تقسیم می شوند:

الف- خازن سری ب- خازن موازی

الف- استفاده از خازن سری

برای کوچک نگهداشتن افت اختلاف سطح خطوط انتقال انرژی امروزه بیشتر از خازن های سری استفاده می شود.

این خازن ها و یا به طور کلی این روش تصحیح ولتاژ، به خصوص برای شبکه های با تغییرات شدید و سریع بار، مثل شبکه های که تغذیه کارخانجات با مصرف زیاد جوشکاری و یا کوره های ذوب فلزات و از این قبیل را به عهده دارند بسیار مناسب است.

طبق روابط زیرافت ولتاژ طولی خط برابر است با:

$$\Delta U = I.r.\cos\phi I.x.\sin\phi \quad (1)$$

$$\Delta U = I.r.\cos\phi(1 + \frac{x}{r}.\text{tg}\phi) \quad \text{و یا}$$

این رابطه نشان می دهد که افت اختلاف سطح روی خط را می توان به طرق مختلف زیر کوچک کرد.

(۱) کم کردن جریان I توسط بالا بردن اختلاف سطح U.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این عمل موجب مخارج زیاد برای تعویض ایزولاسیون خط، نسبت تبدیل ترانسفورماتورهای افزایشنده ابتدای خط و کاهنده انتهای خط می شود و بدین جهت بسیار گران تمام خواهد شد.

۲) کوچک کردن مقاومت سیم (۲)

در این صورت باید مقاطع سیم را بزرگتر کرد. (سیم دو رشته‌ای یا چند رشته‌ای) و یا اینکه اصولاً سیم‌های نقل انرژی را بکلی تعویض نمود. در هر حال اثر این روش محدود است، زیرا حتی در مقاطع خیلی بزرگ سیم هم، افت اختلاف سطح در اثر جریان اندوکتیو روی مقاومت اندوکتیو سیم در خط باقی خواهد ماند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳) کم کردن جریان اندوکتیو توسط خازن های موازی

این خازن ها در بار کم شبکه باید از مدار خارج شوند تا از ازدیاد غیر مجاز ولتاژ جلوگیری شود.

۴) و بالاخره می توان مقاومت اندوکتیو خط را با استفاده از خازن سری در خط کوچک کرد.

در این حالت ولتاژ متناسب با بار خط خودبه خود تنظیم می شود و افت ولتاژ اهمی خط را نیز می توان

با بزرگ تر انتخاب کردن مقاومت کاپاسیتیو خازن های سری نسبت به مقاومت اندوکتیو خط جبران کرد.

۵) جبران افت ولتاژ خط توسط نصب اتو ترانسفورماتور در انتهای خط (مراجعه شود به کتاب های

تولید و بهره برداری) هزینه این روش شاید برابر روش خازن سری باشد ولی اتو ترانسفورماتور برعکس خازن

سری یک مصرف کننده قدرت اندوکتیو است و مصرف داخلی آن (تلفات آن) خیلی بزرگ تر از تلفات خازن

می باشد. در ضمن خازن سری افت ولتاژ را به طور یکنواخت و خطی و بدون تأخیر در زمان جبران می کند،

در صورتیکه اتو ترانسفورماتورها و یا حتی خازن های موازی قابل تنظیم فقط تغییرات آهسته بار را آن هم

بطور درجه ای و پله ای (غیر خطی) و با تأخیر زمانی می تواند تنظیم کنند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

روش استفاده از خازن سری

اگر طبق شکل ۳۷ خازنی با مقاومت کاپاسیتیو X_C با اندوکتیویته خط X_L به طور سری قرار

گیرد، رابطه (۱) به صورت زیر در می آید.

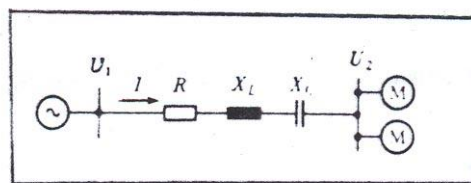
$$\Delta U = I.r.\cos\phi + I(X_L - X_C)\sin\phi$$

و یا

$$\Delta U = I.r.\cos\phi\left(1 + \frac{X_L - X_C}{r}\operatorname{tg}\phi\right)$$

در این رابطه افت ولتاژ ΔU صفر خواهد شد اگر: $X_C = (X_L + r)\cot\phi$ شود. چنانچه دیده

می شود هر چه ضریب توان کوچک تر باشد، ظرفیت بیشتری برای بهبود افت اختلاف سطح لازم است.



شکل ۳۷

شکل ۳۸ افت اختلاف سطح روی عناصر مختلف خط (افت اهمی - سلفی - خازنی) را با استفاده از

خازن سری برای حالتی که اختلاف سطح ابتدا و انتهای خط تقریباً یکسان است نشان می دهد.

شکل برداری ۳۸ نشان می دهد که خازن سری در ضمن اینکه باعث خوب شدن $\cos\phi$ در ابتدای

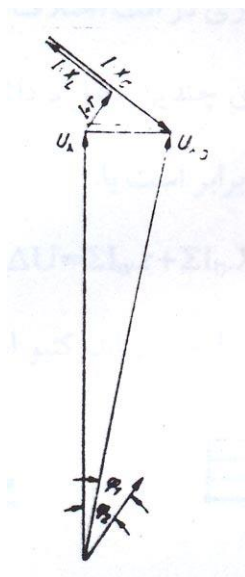
خط می شود. اثر جبران جریان سلفی را نیز دارد. در ضمن خازن سری وسیله حفاظتی بسیار خوبی در

مقابل امواج فشار قوی نیز می باشد زیرا این خازن ها به طور مؤثری باعث شکستن پیشانی موج سیار

فشار قوی می شوند.

رابطه فوق را می توان به طریق زیر نوشت:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



$$\Delta U = I_w \cdot r + I_b \cdot X_L (1 - K)$$

شکل ۳۸

در این رابطه $K = \frac{X_c}{X_L}$ ضریب جبران توان راکتیو نامیده می شود و $I_w = I \cdot \cos \phi$ و

$I_b = I \cdot \sin \phi$ می باشد.

در صورتیکه $K = 1$ باشد $X_c = X_L$ و منتهجه مقاومت راکتیو سیم صفر می شود در نتیجه افت راکتیو خط صفر شده و فقط افت اهمی خط باقی می ماند. در خطوط انتقال انرژی فشار قوی و خیلی زیاد، معمولاً $K = 0.3$ تا $K = 1$ ماکسیموم $K = 1$ انتخاب می شود. اگر $K < 0.5$ باشد فقط یک سری خازن در وسط خط نصب می گردد، در حالیکه در $K > 0.5$ خازن ها در چندین استاسیون در خطوط انتقال انرژی تقسیم می شوند.

ب- استفاده از خازن موازی

علاوه بر خازن های سری، خازن های موازی نیز در ضمن اینکه جریان سلفی خط را تأمین می کند و باعث جبران توان راکتیو شبکه می شود، در کوچک نگهداشتن افت اختلال سطح در انتهای خط نیز مؤثر است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

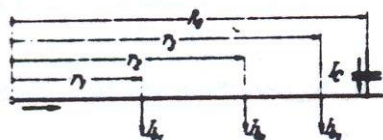
برای بررسی اثر خازن های موازی در افت اختلاف سطح، یک خط انتقال انرژی را که فقط از یکسو

تغذیه می شود و دارای چندین محل برداشت (شکل ۳۹) در نظر می گیریم. افت ولتاژ طولی خط در این

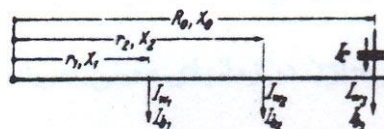
شبکه برابر است با:

$$\Delta U = \sum I_w . r + \sum I_b . X$$

به طوریکه I_w جریان اهمی و I_b جریان اندوکتیو است.



شکل ۴۰



شکل ۳۹

خازنی که در انتهای خط نصب شده است، جریان کاپاسیتیو جلو افتاده ای برای پر شدن (شارژ شدن)

از شبکه می گیرد و در ضمن جریان عقب افتاده I_c به سیم تزریق می کند. به عبارت دیگر این خازن های

موازی به صورت مولد جریان راکتیو در خط عمل می کنند. لذا می توان رابطه افت ولتاژ در انتهای چنین

شبکه ای را با در نظر گرفتن سهم جریان کاپاسیتیو I_c به طریق زیر نوشت:

$$\Delta U = \sum I_w . r + \sum I_b . X - I_c . X_0$$

و چنانچه دیده می شود با انتخاب صحیح I_c می توان افت اختلاف سطح در انتهای سیم را به صفر

رساند. در این صورت باید:

$$I_c . X_0 = \sum I_w . r + \sum I_b . X$$

$$I_c = \frac{\sum I_w . r + \sum I_b . X}{X_0} \quad \text{و یا}$$

باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بجای نصب خازن در انتهای سیم می توان آنرا در محل یکی از نقاط انشعاب میان خط نیز نصب کرد. واضح است که در این صورت X_0 در رابطه فوق رکتانس قطعه سیم از ابتدای سیم تا محل نصب کاپاسیته می باشد.

نصب خازن های موازی در شبکه انتقال انرژی در ضمن باعث کم شدن تلفات سیم نیز می گردد. برای اثبات این موضوع شکل (۴۰) را در نظر می گیریم که در انتها شامل خازن موازی می باشد. در این شکل فقط I_b جریان راکتیو انشعابها رسم شده است. از آنجا که این خازن در زمان های معینی جریان بداخل خط تزریق می کند، حکم یک مولد جریان راکتیو را پیدا می کند و باعث می شود که شبکه شعاعی از یک سو تغذیه، حداقل برای تأمین جریان سلفی انشعابها تبدیل به یک شبکه شعاعی از دو سو تغذیه می شود گردد.

تلفات این سیم توسط جریان راکتیو موقعی به حداقل می رسد که

$$I_c = \frac{I_{b1} \cdot r_1 + I_{b2} \cdot r_2 + I_{b3} \cdot r_3}{R_0} = \frac{\sum I_b \cdot r}{R_r}$$

باشد. لذا اگر کاپاسیته C طوری انتخاب شود که بتواند این جریان را به طور کامل تأمین کند، تلفات

خط به مینیموم می رسد و برای این حالت کاپاسیته هر فاز از رابطه $I_c = U_Y \cdot \omega C$ برابر می شود با:

$$C = \frac{I_c \cdot \sqrt{3}}{\omega \cdot U} \quad \text{Farad}$$

اگر خازن ها مستقیماً در انتهای خط نصب نشوند، بلکه پشت ترانسفورماتور نصب شوند، باید توجه داشت که اثر کاپاسیته C_U که در طرف فشار ضعیف وجود دارد، در روی طرف فشار قوی متناسب با عکس مجذور نسبت تبدیل ترانسفورماتور است. به عبارت دیگر کاپاسیته مؤثر در روی طرف فشار قوی برابر است با:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$C_0 = C_u \cdot \frac{1}{u^2}$$

اگر چه طبق رابطه $I_c = \frac{\sum I_b \cdot r}{R_0}$ تلفات خط توسط کاپاسیته موازی کوچک می شود ولی با این

همه این تلفات هنوز بزرگ تر از حالتی است که خط اصولاً فاقد جریان راکتیو باشد و فقط در آن جریان راکتیو جاری باشد. لذا باید تمام کوشش ما در پیدا کردن روشی باشد که خطوط از جریان راکتیو خالی شود و فقط حامل جریان اهمی (جریان اکتیو) باشد. ولی چون اغلب مصرف کننده ها بالاخره به جریان راکتیو نیز احتیاج دارند، باید جریان راکتیو مصرف کننده ها نیز به نحوی تأمین گردد. اگر بتواند جریان راکتیو مصرف کننده ها را در همان محل مصرف تولید کرد. شبکه نقل انرژی تبدیل به یک شبکه حامل بار اهمی می شود، چنین شبکه ای را شبکه جبران شده می نامیم.

شکل ۴۱ الف ترانسفورماتور یک مصرف کننده بزرگ (مجتمع صنعتی) را نشان می دهد که جریان

دواته مورد نیاز خورد را از سیم نقل انرژی می گیرد. به عبارتی دیگر تمام جریان های مورد نیاز مصرف کننده ها از نیروگاه تأمین می شود.

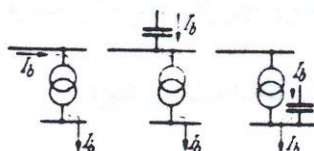
بار اضافی جریان اکتیو سیم نقل انرژی را می توان برداشت اگر این جریان دواته در طرف فشار قوی

و در محل نصب ترانسفورماتور توسط خازن بوجود آید (شکل ۴۱ ب). در این حالت سیم نقل انرژی از جریان

اکتیو I_c خالی می شود، ولی جریان راکتیو مورد نیاز مصرف کننده ها اینک توسط خازن های موازی تولید

می شود از سیم پیچی ترانسفورماتور عبور می کند و باعث تلفات حرارتی نسبتاً زیادی در ترانسفورماتور

می شود.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل (۴۱)

اگر مولد جریان راکتیو (در اینجا خازن موازی) طبق شکل ۴۱ ج در طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور نصب گردد. دیگر جریان راکتیو موردنیاز مصرف کننده ها لازم نیست که از ترانسفورماتور عبور کند. در نتیجه خط و ترانسفورماتور فاقد جریان راکتیو می شوند و تلفات حرارتی هر دو به حداقل ممکن پائین می آید. به عبارت دیگر در این حالت جبران توان راکتیو می توان از وسایل انتقال دهنده نیرو (سیم و ترانسفورماتور) جریان اکتیو بیشتری کشید و بازدهی آن ها را با ثابت بودن تلفات مجاز بالا برد. در ضمن باید خاطرنشان ساخت که چون بار مصرف کننده ها و با آن جریان موردنیاز آن ها به شدت متغیر است، لذا باید ظرفیت خازن ها نیز قابل تغییر و متناسب با جریان قابل تنظیم باشد.

برای اینکه مقدار ظرفیت خازن ها را متناسب با جریان راکتیو مورد لزوم شبکه با مصرف کننده بتوان تنظیم کرد، معمولاً ظرفیت خازن ها را در ۵ تا ۷ مرحله با درجه قابل تنظیم نصب می کنند. از نظر تئوری به محض وصل خازن (ظرفیت) به یک مولد (به یک شبکه پتانسیل دار) با توانائی و قدرت بینهایت بزرگ، خازن در زمان بینهایت کوچک شارژ می شود که لازمه آن کشیدن یک جریان بینهایت بزرگ خواهد بود. البته به علت وجود مقاومت های شبکه و محدودیت قدرت و توانائی مولد ولتاژ، نمی تواند جریان بینهایت بزرگ و در آن واحد جاری شود، ولی حتماً باعث عبور جریان ضربه ای شدید کوتاه مدت خواهد شد که افت ولتاژ زیاد و کوتاه مدتی را در شبکه باعث می شود.

به این جهت خازن ها همیشه توسط یک مقاومت بزرگ میراکننده به شبکه وصل می شوند تا از عبور جریان شار ضربه ای جلوگیری شود این مقاومت پس از شارژ خازن ها از مدار خارج می شود (اتصال کوتاه می شود) قطع و وصل خازن ها به وسیله دیژنکتور انجام می گیرد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جایابی و تعیین ظرفیت خازن موازی در شبکه توزیع بکمک الگوریتم ژنتیک با هدف کاهش تلف توان اهمی شبکه

سیستم توزیع الکتریکی به همراه مصرف کننده های عمده و جزئی از طریق سیستم انتقال به ولتاژ فشار قوی متصل است. سطح ولتاژ در سیستم توزیع پایین است و در نتیجه اندازه جریانها زیاد می باشد، بهمین دلیل تلفات اهمی در سیستم های توزیع در مقایسه با سیستم های انتقال از اهمیت بیشتری برخوردار است. مسئله کاهش تلفات و بهبود کارایی تحویل انرژی الکتریکی سیستم قدرت عمدتاً به بخش های توزیع الکتریکی برمی گردد.

اغلب تجهیزات قدرت از قبیل موتورها و ترانسفورماتورها بعنوان بارهای سلفی و اندوکتیو هستند که در نتیجه سبب پس فاز شدن ضریب قدرت می شوند و موجبات کاهش ظرفیت سیستم، افزایش تلفات سیستم و در نهایت کاهش ولتاژ را فراهم می سازند. برای رفع این مشکلات از عملکرد نصب خازن موازی استفاده می شود. کاربرد خازن موازی فوائد از قبیل امکان کنترل توان راکتیو، افزایش ظرفیت سیستم، کاهش تلف توان سیستم و کاهش هزینه توزیع و انتقال را بدنبال دارد. افزودن خازنهای موازی و جبران توان غیرفعال مورد نیاز سیستم سبب کاهش تلفات اهمی توان می شود. خازنهای موازی نه تنها باعث کاهش تلفات می شوند بلکه منحنی ولتاژ، ضریب توان و پایداری ولتاژ را در سیستم بهبود می بخشند.

اغلب راه حل های ارائه شده تنها بصورت محلی و موضعی عنوان شده اند و درحالیکه الگوریتم ژنتیک یک راه حل بهینه سازی مطلق است که برای حل هر مسئله ای کاربرد دارد. به این صورت که مقدار ظرفیت و موقعیت مناسب نصب خازن با بهره از این الگوریتم و برنامه پخش بار الکتریکی مورد جستجو و ارزیابی قرار می دهد. ابتدائاً موقعیت های قرار گرفتن خازنها شناسایی می شود سپس اندازه هر خازن برای هر انتخاب

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بهینه می شود. روش پیشنهادی روی سیستم توزیع شعاعی 40 شینه مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج مناسب و مطلوبی عاید شده است.

۱-۶- برنامه پخش بار مستقیم شبکه توزیع

برای حل مسئله پخش بار در شبکه توزیع الکتریکی شعاعی از روش حل پخش بار مستقیم، مبنی بر بکارگیری قاعده نویسندگان مقاله تهیه شده است. نتایج حاصل از کاربرد برنامه نوشته شده، نشان می دهد که این روش در حل شبکه های توزیع شعاعی بصورت بیان تکفاز متعادل، حلقوی ضعیف و سه فاز نامتعادل که مرکب از خطوط تکفاز، دو فاز و سه فاز می باشد موفق و کارآمد است. این برنامه برای تکمیل و انجام برنامه خازن گذاری در شبکه های توزیع به خدمت گرفته شده است و توسط الگوریتم ژنتیک بصورت یک زیر برنامه به تعداد زیاد فراخوانی و اجرا شده است. سرعت عمل این برنامه در حل مسئله پخش بار، منجر به تسریع در حل، روش پیشنهادی شده است.

۲-۶- الگوریتم ژنتیک (GA)

در الگوریتم های ژنتیک که بر پایه تحقیقات تولید مثل طبیعی حیوانات هوشمند استوار اند. نتایج حاصل از تحقیق در رویه تولید مثل موجودات طبیعی برای شرکت دادن و مطابقت آن با طراحی سیستم های هوشمند بکار گرفته شده است. GA بطور محاسباتی ساده است و یک تحقیق و جستجویی کارآمد در فضای ممکن و متفاوت حل مسئله انجام می دهد. رویه معقول به اینصورت است که بطور متقابل یک مجموعه از گروههای نمونه (جمعیت) با توجه به دامنه مسئله، انتخاب و نگهداری می شوند. مثلاً در مسائل

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بهینه سازی برخی از این جمعیت ها با استفاده از قضیه ارزیابی اتفاقی بنام عملگرهای ژنتیک، دستکاری و ارزیابی می شوند. در طول هر تکرار با توجه به تولیدات جمعیت اول در جمعیت و نسل جدید بدنبال دامنه مناسب حل مسئله بوده و عمل ارزیابی بر مبنای مقایسه مقادیر مناسب و برتر جمعیت جدید که از حل گروه های قبلی حاصل شده است انجام می شود. با استفاده از اپراتور ژنتیک تولید مثل انجام می شود تا نتیجه درخور عاید شود.

از ارزیابی سیستم طبیعی تولید موجودات زنده نتیجه می شود که آغاز حیات براساس آرایش ساختار کروموزم های آنها است. ارتباط بین کروموزم ها و عملکرد ساختار ترکیبی آنها یک انتخاب طبیعی است. متغیرهای طراحی GA یا عبارتی خصوصیتی که بطور منحصر به فرد بیان شده اند در یک رشته منظم و گردآوری می شوند. متغیرهای هر طرح یا همان مجموعه ژن (Gene) ها بصورت یک رشته متغیر با مفهوم کروموزم در سیستم حیات طبیعی مطابقت دارند. یعنی ژن ها کوچکترین عناصر تشکیل دهنده کروموزم ها هستند و هر کروموزم نماینده یک فرد در جمعیت است. حال در دنیای اعداد و محاسبات هر عدد یک عضو از جمعیت است و کوچکترین اعضای که می توانند یک عدد را تشکیل دهند، دسته های صفر و یک (بیت ها) هستند. رشته های صفر و یک طوری پیدا می شوند که بیانگر پهنای تغییرات اطلاعات در دامنه حل مسئله و ابزار ارزیابی توسط تابع بهینه سازی باشند.

۱-۲-۶- تابع ارزیابی

تابع ارزیابی، رویه ای برای تعیین بهترین ها در هر رشته یا جمعیت است که در عملکرد منظم کردن رشته ها کاربرد فراوان دارد. زمانیکه که GA برای ارزیابی مقادیر برتر در هر رشته (Fitness) پیش می رود، اطلاعات، فقط برای GA قابل دسترسی هستند و عملکرد الگوریتم براساس حساسیت روی مقادیر مناسب

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تر و برتر استوار است. زمانی الگوریتم بهینه سازی به ثمر می رسد که مقدار تابع هدف برای بهینه سازی همان مقدار مطلوب باشد. هر قیدی در ارتباط با مسئله بهینه سازی می تواند در تابع هدف گنجانده شود.

۲-۲-۶- عملگرهای ژنتیک

قضایای تحول اتفاقی که به وسیله الگوریتم ژنتیک به خدمت گرفته می شوند را عملگرهای ژنتیک می گویند. این عملگرها در حین انجام تولید نسلی جدید از نسل های گذشته در هر رشته بکار می آیند.

۳-۲-۶- عملگر تولید مثل (Reproduction)

تولید مثل یک برنامه تولید احتمالی است که در رشته ها برای زاد و ولد مبنی بر مقادیر مناسب و برترشان انتخاب شده است. این روش تضمین می کند که دفعات مورد انتظار انتخاب هر رشته بطور نسبی وابسته به مقادیر برتر رشته نسبت به سایر جمعیت باشد. رشته های با مقادیر برتر و یا اندازه بزرگتر دارای سهم احتمال بیشتری در تکثیر هستند و بطور ساده در تولید بعدی سهم هستند. در الگوریتم ژنتیک، تولید مثل معمولاً سه عملگر زیر را شامل می شود:

۱- انتخاب ۲- عملگر ضربداری (Cross over) ۳- عملگر تغییر ناگهانی (Mutation)

۴-۲-۶- انتخاب

در GA با مجموعه ای از رشته ها بجای یک رشته کار می شود. این مجموعه یا جمعیت از رشته ها از طریق انجام ارزیابی جهت تولید رشته های منحصر به فرد جدید ساخته می شود. برای شروع، جمعیت ابتدایی با انتخاب رشته ها بطور ابتکاری یا تصادفی در پهنای تغییرات دامنه مسئله تولید می شود. به عبارتی رشته هایی برای تولید مثل انتخاب می شوند که نقش مؤثرتری در بهبود جمعیت تولید شده و نهایی را دارا باشند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۵-۲-۶- عملگر ضربداری

عملگر ضربداری برنامه انتخاب وضعیت اتفاقی در یک رشته است و تعدادی از بیت‌های چپ یا راست این رشته را از یک محل مشخص با رشته دیگر معاوضه می‌کند. بعنوان مثال اگر $X1$ و $X2$ دو رشته باشند.

$$X1 = 0100:00$$

$$X2 = 1001:10$$

و اگر محل عملگر ضربداری بصورت نشان داده شده باشد و عملکرد تعویض از سمت راست این محل انجام شود آنگاه نتیجه تولید بصورت زیر خواهد شد.

$$Y1 = 0100:10$$

$$Y2 = 1001:00$$

۶-۲-۶- تغییر ناگهانی

تغییر ناگهانی، برنامه ای از اصلاح اتفاقی مقادیر در وضعیت هر رشته با احتمال حداقل است. این عملگر بعنوان نخستین عملگر نمی‌باشد ولی احتمال تحقیق و جستجو در تمام فضای غیر صفر مسئله را تضمین می‌کند و از طریق عملگر تولید مثل و ضربداری بطور کامل از ضایعات مواد ژنتیک جلوگیری می‌کند.

۷-۲-۶- مؤلفه های ژنتیک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مؤلفه های ژنتیک، موجودیت هایی هستند که به تنظیم عملکرد GA و انجام بهتر و حساب شده آن کمک می کنند و عبارتند از: تعداد جمعیت، نرخ عملگر ضربداری و نرخ عملگر جهش ناگهانی.

۸-۲-۶- جمعیت (N) :

اندازه جمعیت در کارآیی الگوریتم مؤثر است. اگر یک جمعیت کوچک داشته باشیم در یک عملکرد ضعیف نمی توان تمام نتایج فضای ممکن یک مسئله را پوشش داد و بررسی کرد. انتخاب یک جمعیت بزرگ سبب پوشش فضای بیشتری شده و از حل و همگرایی زود هنگام در نقاط محدود و محلی جلوگیری می کند ضمن اینکه جمعیت بزرگ نیاز به ارزیابی بیشتری در هر تولید دارد و به طبع سرعت نرخ همگرایی را آهسته تر می کند.

۹-۲-۶- نرخ عملگر ضربداری (C) :

نرخ عملگر ضربداری جزء تعیین کننده ای در عملکرد ضربداری است. در هر تولید جمعیت جدید، تعداد $C*N$ رشته در عملکرد ضربداری دستخوش تغییر می شوند. نرخ بالاتر عملگر ضربداری به این معناست که رشته های جدیدی با سرعت بیشتر وارد جمعیت می شوند. اگر نرخ عملگر ضربداری خیلی زیاد باشد، حذف رشته ها سریعتر از گزینش آنها برای بهبودی انجام می پذیرد و برعکس کم بودن این مقدار سبب یک حالت سکون می شود که مسبب کاهش نرخ شناسایی است.

۱۰-۲-۶- نرخ جهش ناگهانی (M) :

نرخ جهش ناگهانی عبارت از احتمال تغییر اتفاقی است که وضعیت هر بیت از هر رشته در یک جمعیت جدید پس از انجام هر مرحله انتخاب ممکن است به خود بگیرد. اساساً این مرحله دوم عملگر جستجو است که تنوع در جمعیت را افزایش می دهد. تقریباً جهش های ناگهانی به مقدار $M*N*L$ در هر تولید وجود

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

دارد که L طول رشته است. مقدار کم M برای جلوگیری از اینکه هر وضعیت بیت در مقدار مشخصی باقی بماند کمک می کند در حالیکه افزایش آن سبب جستجوی اتفاقی بطور مؤثرتری خواهد شد.

۳-۶- روش حل مسئله خازن گذاری

در ادامه کار حل مسئله پخش بار در شبکه های توزیع الکتریکی در این تحقیق روشی برای محاسبه ظرفیت خازن موازی و تعیین موقعیت نصب آن ارائه شده است. با این هدف که این خازنها بطور ثابت و با کلید زنی دستی در زمانهای پیک بار شبکه مورد بهره برداری قرار گیرند. در حالیکه کار نصب خازنهای موازی را در پستهای توزیع یا در محل بار می توان انجام داد. ولی مزایای حاصل از نصب خازنها با نزدیکتر شدن محل نصب به محل مصرف کننده افزایش می یابد، چون باعث کاهش تلفات و آزاد شدن ظرفیت سیستم از محل نصب به سمت منبع می شود و سطح ولتاژ را نیز بشکل مؤثرتری بهبود می بخشد. بر این اساس در این تحقیق بر آن شدیم تا خازنهای موازی را برای نصب در محل مصرف کننده و بار دنبال کنیم.

مراحل حل مسئله خازن گذاری در شبکه توزیع با هدف کاهش تلفات توان اهمی در شبکه. بصورت زیر انجام پذیرفته است. ابتدا موقعیت هایی از شبکه بعنوان محل کاندید نصب خازن انتخاب گردیده است. سپس مقدار ظرفیت خازن برای محلهای مشخص شده با یاری از الگوریتم ژنتیک و انجام پخش بار مستقیم جستجو شده است.

۱-۳-۶- تعیین موقعیت های کاندید نصب خازن

نخست با توجه به اطلاعات ماتریس امپدانس شبکه آزمون قبل از نصب خازن با اجراء برنامه پخش بار مستقیم، مقادیر ولتاژ و جریانها در تمام شاخه ها محاسبه می شود، سپس امپدانس $Z_L(i)$ مربوط به هر شین بار که شامل مجموع تک تک امپدانسهای از منبع تا محل شین بار می شود که جریان شین بار I ام

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از آنها عبور می کند، نیز محاسبه می گردد. با استفاده از رابطه زیر مقدار توان اهمی تلف شده (P_{loss}) ناشی از عبور جریان هر شین در شبکه محاسبه شده است.

$$P_{loss}(i) = \text{Real}(I(i) * Z_L(i)) \quad (1)$$

مقادیر تلفات اهمی شبکه ناشی از هر شین بار با کاربرد رابطه فوق بر حسب پریونیت قابل محاسبه است. پس از محاسبه توانهای تلف شده در تک تک شین های بار شبکه، این مقادیر بصورت نزولی منظم شده و سپس نیمی از شین های باری که بیشترین تلف توان اهمی را در شبکه توزیع ایجاد می کنند به عنوان موقعیت های نصب خازن انتخاب می گردند. به این ترتیب موقعیت های کاندید مشخص می شوند.

۲-۳-۶- تابع هدف

برای تعیین اندازه ظرفیت خازنها در نقاط کاندید، تابع هدف مؤثر از مجموع کل تلفات توان اهمی شبکه منظور شده است که رابطه زیر برای محاسبه این توان تلف شده پس از انجام هر دفعه، پخش بار در شبکه بکار رفته است.

$$P_{loss}(i) = \text{Real}\left(\sum_{i=1}^m I_b(i) * Z_L(i)\right) \quad (2)$$

که $P_{loss}(i)$ کل توان تلف شده بر حسب پریونیت پس از حل هر دفعه پخش بار و I_b جریان شاخه و Z_L امیدانس شاخه و m تعداد کل شاخه های شبکه است. چون GA حداکثر مقدار عددی تابع هدف را دنبال می کند و تابع هدف را در رویه بهینه سازی بسوی بیشینه شدن سوق می دهد ما مقدار عکس تلفات توان اهمی کل شبکه را بعنوان تابع هدف منظور کرده ایم با این دانش که مقدار عددی تلفات بر حسب پریونیت، قطعاً کمتر از یک می باشد، و هدفمان حداقل کردن تلفات است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$F = \frac{1}{P_{loss}} \quad (۳)$$

۴-۶- الگوریتم حل مسئله خازن گذاری

با توجه به مطالب مذکور در مورد الگوریتم ژنتیک و شیوه خازن گذاری در شبکه توزیع، روال حل این مسئله بصورت زیر است.

۱- شکل گیری جمعیت آغازین و تعیین مقادیر اولیه کیلووار هر خازن برای تعداد موقعیت های کاندید براساس اطلاعات پخش بار انجام شده.

۲- ارزیابی مقادیر برتر برای هر رشته و نیز ارزیابی تابع هدف، که روال انجام ارزیابی بشرح زیر است:

۲-۱- انجام پخش بار براساس مقادیر ظرفیت هر خازن بکمک پخش بار مستقیم برای هر رشته

۲-۲- محاسبه مقدار توان تلف شده کل شبکه برای هر نوع آرایش خازنها در هر رشته

۲-۳- تعیین مقادیر برتر در رشته ها

۳- مرتب سازی رشته ها در هر تولید براساس مقادیر برترشان و انتخاب رشته هایی با برترین مقادیر برای

انجام تولید مثل و عملگر ضربدری

۴- تکرار مراحل دوم و سوم تا رسیدن به حداکثر تعداد تولید مثل تعیین شده در برنامه الگوریتم ژنتیک

۵- تعیین مقدار ظرفیت خازنی ثابتی که برای هر موقعیت کاندید نیاز می باشد.

۵-۶- نتایج کاربرد روش خازن گذاری در شبکه توزیع

شعاعی

نتایج حاصل از یافتن محل مناسب نصب خازنهای ثابت در شبکه توزیع شعاعی 40 شینه با استفاده از

الگوریتم ژنتیک با هدف به حداقل رساندن تلفات کل شبکه در چهار حالت مورد ارزیابی قرار گرفته است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

شبکه شعاعی آزمون، همان شبکه شکل دو است که یک شبکه 40 شینه با 20 گره بار می باشد. مشخصات این شبکه از مرجع [1] اقتباس گردیده است. ولتاژ مبنای این شبکه 23 کیلوولت و توان مبنا 15 مگاوات آمپر منظور شده است.

۶-۶- مشخصات الگوریتم ژنتیک:

در این روش طول هر کروموزم برابر 100 بیت منظور شده است که با توجه به 10 گره کاندیدی که برای خازن گذاری انتخاب شده اند. حداکثر مقدار کیلووار هر خازن می تواند بصورت دودویی تا عدد 1024 تغییر کند. این در حالی است که مقادیر استاندارد خازن در محدوده ولتاژ شبکه آزمون از مقدار 600 کیلووار تجاوز نمی کنند، اندازه جمعیت 30، حداکثر تعداد تولیدات نسل جدید 400، احتمال جهش ناگهانی 0/01 و احتمال عملکرد ضربدری در الگوریتم ژنتیک 0/8 منظور شده است.

در هر چهار حالت مورد آزمایش که ذیلاً شرح داده می شود. آزمایش روی 10 شین اولی که بیشترین تلف توان اکتیو در شبکه را دارا می باشند، انجام شده است. بر این اساس شینه های نامزد برای خازن گذاری براساس پخش بار مستقیم انجام شده در شبکه توزیع انتخاب شده اند که عبارتند از گره های 3, 16, 19, 20, 15, 7, 13, 5, 17, 6 از شبکه آزمون می باشند. در جدول یک مقدار توان اهمی تلف شده ناشی از جریان هر گره، قبل از خازن گذاری گردآوری شده است که این اطلاعات به ترتیب نزولی براساس مقدار تلف توان هر گره مرتب شده اند.

همانطوریکه از جدول یک دیده می شود بیشترین تلف توان در گره 20 با 9/0212 کیلووات و کمترین مقدار تلف در گره 10 به مقدار 1/0369 کیلووات محاسبه شده است. در نهایت از خازنهایی استفاده شده است که با مقادیر عملی و مطابق با استاندارد تعیین شده توسط کارشناسان IEEE از مرجع [8]

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مطابقت دارد. همچنین با توجه به استاندارد وزارت نیروی برق ایران، یعنی استفاده از خازنهای 100 ، 150 و 200 کیلوواری در ولتاژهای توزیع 20 ، 11 و 33 کیلوولت در شبکه های توزیع از مرجع [7] مطابقت کامل دارد. ارزیابی انجام شده بوسیله الگوریتم ژنتیک در چهار حالت مختلف (الف، ب، ج، د) انجام شده است.

الف) یافتن مقدار ظرفیت کیلووار خازنهای بصورت سه فاز که اندازه آنها پیوسته تغییر می کند یعنی مقادیر بصورت سه فاز جستجو شده اند.

ب) یافتن مقدار ظرفیت کیلووار خازنهای بصورت سه فاز که اندازه آنها گسسته تغییر می کند یعنی مقادیر براساس کیلووار استاندارد سه فاز جستجو شده اند.

ج) یافتن مقدار ظرفیت کیلووار خازنهای بصورت تکفاز که اندازه آنها پیوسته تغییر می کند یعنی مقادیر بصورت تکفاز جستجو شده و در برنامه پخش بار نتایج بصورت سه فاز بکار گرفته می شود.

د) یافتن مقدار ظرفیت کیلووار خازنهای بصورت تکفاز که اندازه آنها گسسته تغییر می کند یعنی مقادیر بر اساس کیلووار استاندارد تکفاز جستجو شده در برنامه پخش بار نتایج بصورت سه فاز بکار برده می شود.

نحوه انجام شبیه سازی به این صورت است که در هر حالت پس از تعیین مقادیر کیلووار خازنهای، پخش بار با این مقادیر انجام شده است. با این هدف که ضمن محاسبه میزان تلفات اهمی شبکه، ولتاژها و ضریب توان جدید شبکه نیز مشخص و معین گردیده است.

چنانچه از جدول دو پیداست، در حالت (ج) که جستجوی الگوریتم ژنتیک براساس مقادیر تکفاز و پیوسته انجام گرفته است کمترین افت توان در شبکه پس از خازن گذاری عاید شده است، البته فقط حالتی (ب)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

و (د) که بصورت گسسته تعیین شده‌اند بطور عملی کاربرد خواهند داشت چون مقادیرشان با اندازه های استاندارد سازگار می باشد.

پس از انجام الگوریتم پیشنهادی و تعیین خازنها، پخش بار با وجود نصب خازنها انجام شده است. مقادیر کیلووار خازنهای یافته شده در حالات ارزیابی شده بروش GA در جدول سه گرد آمده است ضمن اینکه در این جدول مقادیر تکفاز یافته شده در ضریب سه برای کاربرد بصورت سه فاز ضرب شده اند.

چنانچه از جدول فوق پیداست، مقدار تکفاز خازن در حالت (د) برای گره های بار 6 و 16 برابر 50 کیلووار بدست آمده است که این مقدار استاندارد نمی باشد و به همین دلیل در محاسبات پخش بار فقط برای گره 6 که بار راکتیو بیشتری دارد از یک خازن 100 کیلوواری استفاده شده است و برای گره 16 ، خازنی در نظر گرفته نشده است. که با انجام پخش بار پس از خازن گذاری اضافه ولتاژ در گره 6 بررسی شده است و نگرانی از نظر محدوده ولتاژ وجود ندارد. از طرفی چون از خازنهای ثابت استفاده شده است و کلیدزنی این خازنها بصورت دستی انجام می شود احتمال افت بار و ایجاد اضافه ولتاژ پیش بینی نشده است ولی می توان از خازنهای با کلید اتوماتیک که به سطح ولتاژ حساس می باشند، استفاده کرد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول (۱) باندازه توانهای راکتیو هر گره بار از شبکه آزمون

شماره گره بار	توان راکتیو (پریونیت)	شماره گره بار	توان راکتیو (پریونیت)	شماره گره بار	توان راکتیو (پریونیت)
1	0/0116	8	0/012	15	0/015
2	0/008	9	0/015	16	0/0116
3	0/014	10	0/01	17	0/019
4	0/01	11	0/012	18	0/012
5	0/015	12	0/014	19	0/016
6	0/014	13	0/017	20	0/04
7	0/024	14	0/012		

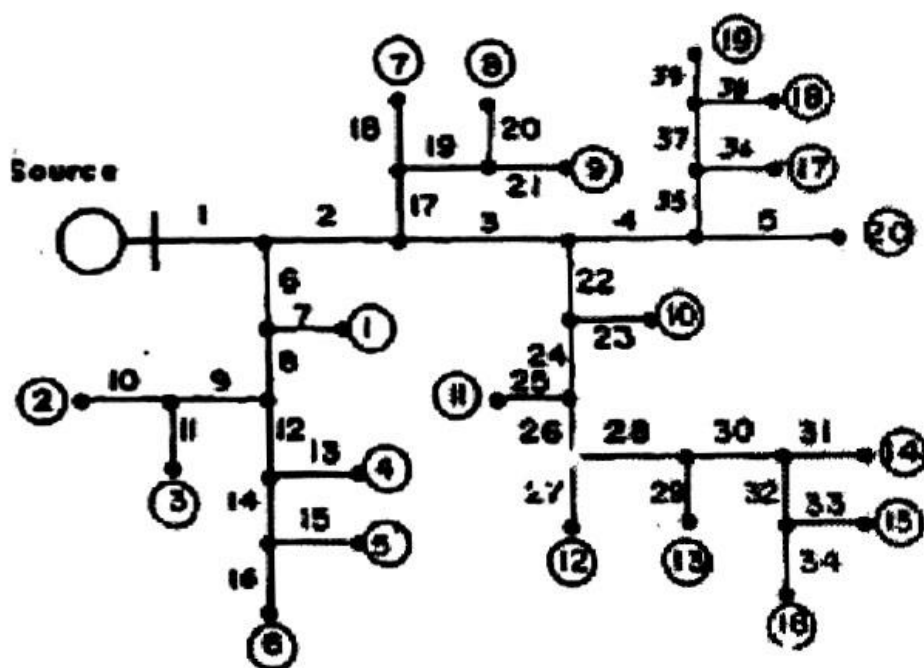
جدول (۲): میزان تلف توان اکتیو ناشی از هر گره به ترتیب بیشترین به کمترین

اُویت نامزد	گره	افت توان (kw)	اُویت نامزد	گره	افت توان (kw)	اُویت نامزد	گره	افت توان (kw)
1	20	9/0212	8	19	4/1879	15	8	1/9997
2	15	6/3122	9	16	3/7710	16	4	1/8768
3	7	5/7443	10	3	3/5570	17	11	1/8189
4	13	5/6096	11	14	3/4538	18	1	1/4745
5	5	5/0301	12	9	3/1273	19	2	1/1731
6	17	4/4622	13	12	2/9247	20	10	1/0369
7	6	4/3292	14	18	2/3529	-	-	-

جدول (۳): میزان کیلو وار خازنهای محاسبه شده با روش پیشنهادی در هر چهار حالت

شماره گره	حالت (الف) kvar	حالت (ب) Kvar	حالت (ج) Kvar	حالت (د) kvar
3	227	300	3×72	3×100
5	230	300	3×89	3×100
6	225	300	3×70	3×50
7	371	450	3×147	3×150
13	247	300	3×99	3×100
15	252	300	3×99	3×100
16	300	300	3×57	3×50
17	356	300	3×116	3×100
19	367	450	3×101	3×100
20	506	600	3×235	3×200

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شبكة توزیع شعاعی آزمون برای نصب خازن ثابت

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نتیجه گیری :

در این پروژه سعی شده تا حد بسیار زیادی اهمیت SVC ها و خازن ها در خط انتقال و توزیع بحث شود. SVC ها و خازن ها کار جبران سازی توان راکتیو را به منظور تثبیت ولتاژ انجام می دادند. دیدیم که ژنراتورها به تنهایی قادر به تأمین همه ی توان راکتیو مورد نیاز خطوط انتقال نمی باشند (چون ابعادشان بسیار بزرگ و هزینه بسیار بالا می رود) و همچنین اگر اضافه ولتاژی بوجود آید ژنراتورها به تنهایی قادر به دریافت تمامی توان راکتیو نمی باشند. در اینجاست که خازن ها و SVC ها (جزء یکی از ادوات FACTS می باشد) به یاری ژنراتورها می شتابند و کار جبران سازی توان راکتیو را انجام می دهند (البته فقط SVC هایی که دارای سلف سوئیچ شونده هستند قادر به دریافت و مصرف توان راکتیو دارند). در فصل ۱ و ۲ به تفصیل در مورد SVC ها پرداختیم و اجزای آن را معرفی کرده و انواع آن را مورد بررسی قرار دادیم آن را به دو نوع کلی:

۱- SVC نوع امپدانس متغیر ۲- انواع SVC با استفاده از مبدل الکترونیک قدرت تقسیم کردیم. که هر یک از انواع این SVC ها به زیرمجموعه هایی به شرح زیر تقسیم می شوند:

۱- SVC نوع امپدانس متغیر: الف) خازن سوئیچ شونده تریستوی (TSC) ب) سلف کنترل شده با تریستور (TCR) ج) سلف کنترل شده با تریستور همراه خازن (FC-TCR). در مورد الف، تولید توان راکتیو را داشتیم که با تریستور کنترل می شد و در حالت ب، مصرف توان راکتیو را داشتیم که باز هم با تریستور سوئیچ می شد. در حالت ج، هم سلف و هم خازن موجود هم به جبران سازی توان راکتیو هم به مصرف توان راکتیو کمک می کرد.

۲- انواع SVC با استفاده از مبدل های الکترونیک قدرت:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

الف) با استفاده از مبدل مستقیم ac/dc

ب) با استفاده از مبدل dc/ac

ج) با استفاده از اینورتر منبع جریان

د) با استفاده از اینورتر منبع ولتاژ

که در حالت های بالا 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 شود.

از حالت های پیشرفته SVC یعنی STATCON هم نیز در پروژه یاد شده است. که جزء SVC ها با استفاده از مبدل های الکترونیک قدرت می باشند.

در حالت کلی SVC های اینورتری نسبت به SVC های امپدانس متغیر مزایایی مانند حجم کمتر و سرعت پاسخ بالاتر، متناسب بودن توان راکتیو تولیدی با ولتاژ به جای مجذور ولتاژ، دارند اما عیب عمده SVC های اینورتری استفاده از کلیدهایی با کموتاسیون اجباری است. ولی با پیشرفت تکنولوژی و ساخت کلیدهای غیرهادی کموتاسیون اجباری با توان بالا و قیمت های اقتصادی، این مشکل در حال رفع شدن است.

اما در حال حاضر با توجه به قیمت بالای کلیدهای توان بالا در مصارفی که توان راکتیو نسبتاً زیادی مطلوب باشد از SVC های امپدانس متغیر استفاده می شود.

از مزایای اینورتر منبع ولتاژ (VSI) و اینورتر منبع جریان CSI نسبت به سایر انواع SVC ها ساختمان ساده تر، کنترل آسان تر و مقدار کمتر متغیرهای مورد نیاز برای اندازه گیری و تعداد المان های کمتر می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در فصل بعد اماکن نصب شده ی SVC ها مورد بررسی و گفتگو قرار گرفته است که بیانگر اهمیت SVC ها در خطوط انتقال و توزیع می باشد. البته همان گونه که دیده می شود در بسیاری از موارد از SVC ها و خازن استفاده شده است که نشان می دهد این دو در کنار هم برای جبران توان راکتیو و اصلاح ضریب قدرت استفاده می شوند.

در فصل چهارم ابتدا مشخص شد که محل نصب و میزان توان راکتیو لازم باید مشخص شود. هنگامی که میزان توان راکتیو لازم و مشخص شد حالا نوبت به انتخاب SVC می رسد. لازم دیده شد از جبران کننده ی گردان که یکی دیگر از اجزای جبران کننده توان راکتیو ولی دینامیکی است به صورت مختصری توضیح داده شود.

در فصل بعد به توضیح در مورد جبران کننده های ساکن (خازنی) پرداختیم.

انواع جبران کننده های خازنی به سه دسته ی عمده ی زیر استفاده می شوند:

الف) جبران انفرادی

ب) جبران گروهی

ج) جبران مرکزی

در جبران انفرادی توان راکتیو در همان محل که به وجود می آید جبران می شود. لذا در این حالت این خازن ها با ترانسفورماتور یا موتور موازی می شوند.

در جبران گروهی خازن ها با کلید محافظ فقط به شین و تابلوی اصلی وصل می شوند. و قدرت راکتیو را برای اجزای مورد نظر تأمین می کنند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در جبران مرکزی یک سری خازن در محل مخصوص نصب می شوند و برحسب احتیاج تعدادی از آن ها به شبکه اصلی و یا در تابلو به شین اصلی وصل می گردند.

همچنین در مورد خازن ها می بایست براساس فرمولهای ذکر شده و ضرایب نشان داده شده ظرفیت مورد نظر برای حذف توان راکتیو را مورد محاسبه و ارزیابی قرار داد. خازن ها نیز در شبکه انتقال به صورت سری و موازی وصل شده. استفاده از خازن سری برای کوچک نگه داشتن افت اختلاف سطح خطوط انتقال انرژی است و روش استفاده خاص خود را دارد در اصل دو باس را از نظر الکتریکی به یکدیگر نزدیک می کند. استفاده از خازن موازی علاوه بر اینکه جریان سلفی خط را تأمین می کند و باعث جبران توان راکتیو شبکه می شود و در کوچک نگه داشتن افت اختلاف سطح در انتهای خط نیز مؤثر می باشد.

در فصل بعد به اهمیت خازن گذاری در شبکه توزیع پرداخته شده است و برای برنامه حل مسئله پخش بار در شبکه های توزیع، مسئله خازن گذاری موازی در شبکه توزیع با هدف کاهش تلفات اسمی پرداخته شد روشی بدین منظور برای یافتن محل نصب اندازه بهینه خازن های ثابت و استاندارد ارائه گردیده است. این روش با توجه به میزان ولتاژ هر شبکه آزمون و مقادیر استاندارد ظرفیت های خازنی معادل و پیشنهادی وزارت نیرو به انجام رسیده است. بر روی یک شبکه شعاعی 40 شینه انجام گرفته است. بطوریکه نصب خازن ها در نقاط تعیین شده سبب کاهش مناسب افت توان اهمی در شبکه و در نتیجه بهبود ضریب قدرت آن شده است.

در مقایسه ی کلی بین SVC ها و خازن ها می توان از مزایای بسیار زیاد این نوع جبران کننده به صورت زیر نام برد:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- ۱- پاسخ سریع ۲- قابلیت انعطاف زیاد ۳- قابلیت اطمینان خوب ۴- متعادل کردن فازها ۵- محدود کردن اضافه ولتاژ ماندگار و گذرا ۶- نداشتن جزء متحرک و ۷- راه اندازی سریع با حداقل حالت گذرا ۸- هزینه کارکرد کم (اقتصادی) ۹- عدم تغذیه اتصال کوتاه (به علت اینکه SVC از عناصر تشکیل شده است ۱۰- سادگی کنترل ۱۱- تأمین توان راکتیو برای مبدل های ACD افزایش حد پایداری گذرا.
- همچنین SVC تغییرات توان راکتیو را به صورت نسبتاً پیوسته انجام می دهد ولی خازن ها به صورت پله ای وارد می شوند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مراجع

- ۱- تجهیزات نیروگاه، مسعود سلطانی
- ۲- کنترل توان راکتیو در سیستم های الکتریکی، رضا قاضی
- ۳- گزارشات شرکت توانیر در مورد خازن گذاری در شبکه های توزیع
- ۴- مقاله رگولاتور، شرکت فراکوه.
- ۵- مقاله خازن های اصلاح ضریب قدرت، شرکت فراکوه.
- ۶- رساله کارشناسی ارشد با موضوع «طراحی و شبیه سازی جبران کننده ایستای توان راکتیو اینورتری منبع جریان برای شبکه توزیع»، ناصر ریخته گران، دانشگاه صنعتی شریف.
- ۷- رساله کارشناسی ارشد با موضوع «بهبود پایداری گذرای سیستم قدرت با استفاده از STATCON»، علی آگاه، دانشگاه صنعتی شریف.
- ۸- رساله کارشناسی با موضوع «جبران توان راکتیو با SVC»، مرتضی رضایی، دانشگاه صنعتی شریف.
- ۹- مقاله نهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق.