دانشگاه زنجان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه برق

گرایش قدرت

عنوان پروژه

بررسی اثرات جبران سازها در شبکه انتقال و شبیه سازی یک مورد از جبران سازها

استاد راهنما : دکتر سعید جلیل زاده

نگارنده : مهدی آزمون

شماره دانشجویی : ۸۸۴۴۲۱۰۲

تابستان ۹۲

فهرست مطالب **صفحه**

فصل اول

مقدمه ۱

فصل دوم

کنترل کننده هایFACTS ۴
انواع متعارف ادوات FACTS ۵
گروه سنتی ۵
گروه خاموش شونده به صورت الکترونیکی ۷
گروه پیشرفته ۱۱
انواع اصلی کنترل کننده های FACTS ۱۲
کنترل کننده های سری ۱۳
الف-جبران ساز سنکرون استاتیکی به صورت سری (SSSC) ۱۳
ب-جبران ساز سری با کنترل تریستوری (TCSC) ۱۴
ج-خازن سری قابل کلید زنی با تریستور (TSSC) ۱۸
د-راکتور سری با کنترل تریستوری (TCSR) ۱۹
ه-راکتور سری قابل کلیدزنی با تریستور(TSSR) ۲۰
کنترل کننده های موازی ۲۰

الف-جبران ساز سنکرون استاتیکی (STATCOM) ۲۱
ب-جبران ساز توان راکتیو استاتیکی (SVC) ۲۲
ج-راکتور قابل کنترل با تریستور(TCR) ۲۴
د-راکتور قابل کلیدزنی با تریستور (TSR) ۲۵
ه-خازن قابل کلیدزنی با تریستور (TSC) ۲۶
و-مولد یا جذب کننده توان راکتیو (SVG) ۲۷
ی-سیستم توان راکتیو استاتیکی (SVS) ۲۷
ح-ترمز مقاومتی با کنترل تریستوری (TCBR) ۲۷
کنترل کننده های ترکیبی سری – سری ۲۸
کنترل کننده های ترکیبی سری – موازی ۲۹
الف-کنترل کننده یکپارچه سیلان توان (UPFC) ۳۰
ب-ترانسفورماتور تغییر دهنده فاز با کنترل تریستوری (TCPST)..... ۳۱

فصل سوم

کاربردهای ادوات FACTS درافزایش پایداری سیستم های قدرت..... ۳۲
دو کاربرد مهم ادوات FACTSدر شبکه های قدرت..... ۳۲
الف-افزایش ظرفیت انتقال توان خطوط در شبکه انتقال انرژی الکتریکی..... ۳۲
ب-افزایش پایداری شبکه ۳۳

فصل چهارم

نتایج شبیه سازی ۳۳

فصل پنجم

نتیجه گیری ۳۶

مراجع ۳۹

از راهنمایی ها و الطاف استاد عزیز و گرانقدرم

جناب آقای دکتر سعید جلیل زاده صمیمانه سپاسگذارم .

فصل اول

مقدمه

گسترش شهرنشینی در جهان همراه با تمایل به سمت کلان شهرهایی با بیش از ۱۰میلیون جمعیت ساکن، چالش های جدیدی را مطرح می کند. با توجه به مطالعات آماری سازمان ملل در هر کشوری از جهان، فعالیت های اقتصادی شهر های بزرگ، بیش از نیمی از تولید ناخالص داخلی آن کشور را تأمین می کند. یکی از مهم ترین عوامل پویایی اقتصادی کلان شهر ها، وجود زیر ساخت های مؤثر است.

ناگفته پیداست که اساس این زیر ساخت ها وجود یک شبکه برق کار آمد و قابل اطمینان می باشد. صنعت برق در دنیا به سرعت در حال تغییر و تحول است که عواملی چون بازار، کمبود منابع طبیعی و تقاضای رو به افزایش الکتریسیته موارد مهمی در ایجاد این تغییرات و تحولات سریع و پیش بینی نشده هستند .

با وجود این در خواست رو به رشد، خیلی از برنامه های توسعه توسط فشارهای ناشی از گروه های حامی مسائل زیست محیطی در رابطه با عدم اعطاء مجوز ساخت خطوط انتقال جدید و نیرو گاه ها محدود شده اند.

اخیراً ساخت شبکه های قدرت که به طور الکتریکی قابل کنترل هستند، با ایجاد تغییر در روش طراحی و ساخت تجهیزات نیروگاهی، مشابه همان روش هایی که در طراحی شبکه های انتقال و توزیع به کار می روند آغاز شده است. پخش توان در کل شبکه مستقل از ساختار سیستم قدرت و تابعی از امپدانس خط انتقال می باشد. خط انتقال با امپدانس پایین توانایی پخش توان بیشتری نسبت به خط انتقال با امپدانس بالا دارد. اما این نتیجه همیشه درست نیست. زیرا مسائل عملی زیادی وجود دارند که باید آن ها را در نظر گرفت.

کار اپراتور سیستم کمک به سیستم و تلاش برای توزیع مجدد پخش توان تا رسیدن به هدف مورد نظر می باشد . نمونه هایی از مشکلات عملی که پخش توان های اکتیو و راکتیو کنترل نشده ممکن است بوجود بیاورند عبارتند از : کاهش پایداری سیستم، ایجاد حلقه های پخش توان، تلفات بالای انتقال، تجاوز از حد ولتاژ مورد نظر و عدم بهره برداری از ظرفیت کامل خطوط انتقال به علت محدودیت دمایی و فرمان قطع پشت سر هم رله ها .

این قبیل مشکلات معمولاً به وسیله ساخت نیروگاه ها و خطوط انتقال جدید حل می شوند، اما این راه حل دارای هزینه اجرایی بالا، زمان بر و در تضاد با گروه های حامی محیط زیست می باشد.

راه حل جدیدی که برای حل این قبیل مشکلات می توان در نظر گرفت مربوط به استفاده از جدیدترین روش ها و تجهیزات الکترونیک قدرت تحت عنوان $FACTS$ می باشد.

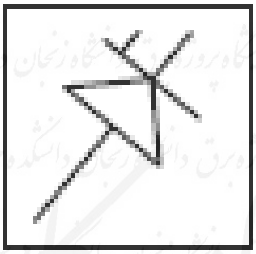
شبکه های انتقال نیروی انعطاف پذیر ($FACTS$) فن آوری جدید مبتنی بر الکترونیک قدرت، فرصتی را برای کنترل کردن، پایدار نمودن و افزایش قابلیت توان در سیستم های قدرت جریان متناوب فراهم می کند. موضوع انتقال و توزیع انرژی الکتریکی از جنبه های فعال و رو به رشد مهندسی قدرت به شمار می آید.

مبحث قابل توجه دیگر در فن آوری $FACTS$ و ادوات آن، مسائل مربوط به اصلاح توان مصرف کنندگان یا مبحث کیفیت توان است. جوامع متکی بر اطلاعات نمی توانند بر انرژی ناپایدار و غیرواقعی تکیه کنند. در این جوامع کیفیت توان باید در بالاترین سطح به مصرف کننده عرضه شود.گاهی تنها چند سیکل افت ولتاژ بیش از حد یا تغییر فرکانس در حد نامطلوب می تواند ضررهای عظیمی را متوجه مصرف کنندگان نماید.

کنترل کننده های $FACTS$ با ایجاد درجات آزادی مضاعف برای کنترل پخش توان و کنترل ولتاژها در مکان های کلیدی شبکه، فاصله بین عملکرد سیستم قدرت در حالت های کنترل شده و کنترل نشده را کم می کنند.

- **سیستم های انتقال انعطاف پذیر $FACTS$**

سیستم های انتقال انعطاف پذیر اولین بار توسط موسسه $EPRI$ در سال ۱۹۸۶ تحت نام $FACTS$ مطرح گردید. بعد از آن دو موسسه $IEEE$ و $CIGRE$ به صورت مشترک تعریف زیر را برای سیستم های انتقال انعطاف پذیر ارائه دادند :" افزایش ظرفیت انتقال توان خطوط و بهبود کنترل پذیری سیستم های قدرت با مشارکت الکترونیک قدرت و دیگر کنترل کننده های استاتیکی ". شکل زیر نماد عمومی یک کنترل کننده $FACTS$ را نشان می دهد که به صورت یک پیکان تریستور در داخل یک جعبه است .



شکل (۱-۱) نماد عمومی یک کنترل کننده $FACTS$

کاربرد ادوات $FACTS$ درشبکه انتقال کشورهای مختلف دنیا از جمله آمریکا، ژاپن، چین، اندونزی، برزیل و... به بهره برداری بهینه و درست از شبکه انتقال برق در این کشورها منجر شده و ثمرات و فواید فراوانی به دنبال داشته است. دریک عبارت کلی، مفهوم $FACTS$ عبارت است از بکارگیری ادوات الکترونیک قدرت با استفاده از یک سری روش ها در طرف فشار قوی شبکه که از نظر الکتریکی قابل کنترل می باشند. پایه و اساس بسیاری از نظریات داده شده درباره $FACTS$ به چندین دهه قبل بر می گردد.

از طرفی $FACTS$ یک مفهوم جدیدی است که نتایج مفیدی را در سال ۱۹۸۰ در موسسه تحقیقات الکترونیک قدرت $EPRI$ داشت. ($EPRI$ آرم مورد استفاده در بهره برداری های الکتریکی آمریکای شمالی می باشد.) $FACTS$ به معنی استفاده از روش های خاصی برای توسعه و استفاده از تجهیزات الکترونیک قدرت در راستای افزایش کنترل پخش توان در سمت فشار قوی شبکه در هر دو حالت کاری گذرا و ماندگار است .

به همین دلیل است که انتقال توان های زیاد در فواصل طولانی از اهمیت بیشتری برخوردار می شود. بعلاوه راندمان و قابلیت اطمینان برق در برنامه ریزی ها خصوصاً در مواجهه با افزایش بهای انرژی و مخاطرات تقریباً بی حساب ناشی از قطع برق، نقش اساسی را بازی می کند.

بنابراین جهت حداکثر کردن ظرفیت انتقال خطوط موجود به همراه بالا بردن پایداری و قابلیت اطمینان سیستم های قدرت استفاده از ادوات الکترونیک قدرت اجتناب ناپذیر است و به طور کلی استفاده از تجهیزات و تکنیک های جدید الکترونیک قدرت می تواند جانشین خوبی برای راه حل های مرسوم باشند.

فرصت هایی که الکترونیک قدرت عرضه می کند در همه زمینه ها مانند هزینه ها، اندازه تجهیزات و میزان تلفات کاهش چشمگیری بوجود آورده است.

فصل دوم

➢ کنترل کننده های $FACTS$

کنترل پخش توان معمولاً به کنترل ژنراتور، تنظیم ولتاژ توسط ترانسفورماتورهای تغییردهنده تپ و تراسفورماتورهای تغییردهنده فاز و جبران توان راکتیو نیروگاه مربوط می شود. ترانسفورماتور تغییردهنده فاز، برای تنظیم توان راکتیو شبکه های انتقال متناوب به کار می رود که عملاً برخی از آنها با زاویه ثابت کار می کنند اما در اغلب حالت ها، انواع وسایل و امکانات تغییر تپ در شبکه استفاده می شوند.

راکتورهای سری با هدف کاهش پخش توان و سطوح اتصال کوتاه در مکان های مورد نظر شبکه قرار می گیرند، برعکس خازن های سری به منظور کاهش طول خط و در نتیجه افزایش پخش توان استفاده می شوند. به طور کلی جبران سازی سری با توجه به وضعیت بار و ولتاژ به شبکه اعمال می شود.

به عنوان مثال در سیستم های طولی، جبران سازی سری توسط خازن در مدتی که سیستم دارای مینیمم بار است بایپس می گردد تا بتواند از اضافه ولتاژ بوجود آمده در خط انتقال که به علت اثرات شدید خازنی در سیستم ایجاد می شود جلوگیری نماید اما این نوع جبران سازی در مدتی که سیستم دارای ماکزیمم بار است در شبکه حضور دارد، زیرا هدف آن محفوظ قرار دادن خطوط انتقال در معرض اضافه بار است. تاکنون این راه حل ها نیازهای صنعت برق را برآورده کرده اند .

در هر حال نبود قوانین منظم در صنعت و وجود معضلات در قوانین جدید، باعث شده است که به دنبال روش های دیگری باشیم، پیشرفت های تکنولوژی رادیکال بر پایه کنترل کننده های حالت جامد با ولتاژ و جریان بالا نمونه ای از این روش های نوین هستند . این قبیل پیشرفت ها در هر سه زمینه تجارت شامل تولید ، انتقال و توزیع خیلی موثر بودند.

اولین پیشرفت های $FACTS$ در الکترونیک قدرت و در انواع مختلف ترانسفورماتورهای تغییردهنده تپ و ترانسفورماتورهای تغییردهنده فاز آغاز شد، این کنترل کننده ها همراه با جبران سازی سری به عنوان اولین تجهیزات $FACTS$ شناخته شدند.

➢ انواع متعارف ادوات $FACTS$

جدول زیر مهمترین تجهیزات $FACTS$ مورد استفاده در سیستم های انتقال را نشان می دهد، طبق این جدول تجهیزات $FACTS$ به سه گروه زیر تقسیم بندی شده اند:

- **گروه سنتی**
- **گروه خاموش شونده به صورت الکترونیکی**
- **گروه پیشرفته**

- **گروه سنتی**

در گروه سنتی از عناصر الکترونیک قدرت استفاده نشده است. المان های به کار رفته در تجهیزات این گروه عبارتند از : مقاومت ، خازن ، برق گیر ، ترانسفورمرهای تنظیم و جابجاگر فاز . در این گروه، کنترل توان تنها به کمک سیستم مکانیکی صورت می گیرد. به عبارتی می توان این ادوات را نسل سنتی نام گذاری کرد.

دانشجویان محترم:

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

فصل پنجم

- **نتیجه گیری**

شبکه های انتقال نیروی انعطاف پذیر (FACTS) فن آوری جدید مبتنی بر الکترونیک قدرت، فرصتی را برای کنترل کردن، پایدار نمودن و افزایش قابلیت توان در سیستم های قدرت جریان متناوب فراهم می کند. موضوع انتقال و توزیع انرژی الکتریکی از جنبه های فعال و رو به رشد مهندسی قدرت به شمار می آید.

مبحث قابل توجه دیگر در فن آوری FACTS و ادوات آن، مسائل مربوط به اصلاح توان مصرف کنندگان یا مبحث کیفیت توان است.

فن آوری FACTS یک فن آوری منفرد و پرتوان نیست، بلکه مجموعه ای از کنترل کننده هاست، که هر یک می تواند به تنهایی یا با هماهنگی دیگرکنترل کننده ها یک یا چند پارامتر ذکر شده در سیستم را کنترل کند.

یک کنترل کننده FACTS که به طور مناسبی انتخاب شده باشد، می تواند محدودیت های خاص یک خط مشخص یا یک کریدور را بر طرف نماید ازآن جایی که کنترل کننده های FACTS کاربردهایی از یک فن آوری پایه را عرضه می کنند، تولید آن ها در نهایت می تواند از مزیت فن آوری های مبنا بهره ببرد.

فن آوری FACTS همچنین قابلیت آن را دارد که بتوان با استفاده از آن حد انتقال قابل بهره برداری را بصورت گام به گام و با سرمایه گذاری های مرحله ای در مواقع ممکن و لازم انجام داد. طراح سیستم می تواند پیش بینی خود را بر اساس یک سناریوی گسترش یابنده متشکل از ادوات کلیدزنی مکانیکی و کنترل کننده های FACTS بنا نهد، به گونه ای که خطوط انتقال نیروی درگیر با ترکیبی از کنترل کننده های مکانیکی و FACTS، اهداف مورد نظر را در یک سرمایه گذاری مرحله ای و مناسب، کسب نماید.

ادوات FACTS در سیستم های انتقال انرژی AC انعطاف پذیر با افزودن سیستم های کنترلی قوی به شبکه انتقال انرژی الکتریکی و قابل کنترل نمودن پارامترهای سیستم، این امکان را ایجاد می کنند تا از قابلیت های بالقوه سیستم، حداکثر استفاده شود.

آنچه برای برنامه ریزان انتقال جالب است، آن است که فن آوری FACTS، فرصت های جدیدی را برای کنترل توان و افزایش ظرفیت قابل بهره برداری خطوط موجود و همچنین خطوط جدید و ارتقا یافته، فراهم می کند.

امکان کنترل جریان در داخل یک خط انتقال با هزینه ای منطقی، افزایش ظرفیت خطوط موجود را به شکل خطوطی با هادی های بزرگتر و استفاده از یکی از ادوات کنترل کننده FACTS سیلان توان را در درون چنین خطوطی تحت شرایط عادی و پیش بینی نشده ممکن می سازد.

این فرصت ها از قابلیت کنترل کننده های FACTS در کنترل پارامترهایی ناشی می شود که در ارتباط با یکدیگر عملکرد سیستم انتقال را کنترل کنند. پارامترهایی از قبیل امپدانس سری ، امپدانس موازی ، جریان ، ولتاژ ، زاویه فاز و میرا شدن نوسانات در فرکانس های مختلف زیر فرکانس نامی سیستم.

کنترل کننده های FACTS می توانند با تامین انعطاف پذیری اضافی، یک خط انتقال را قادر به منتقل کردن توان تا نزدیکی حد حرارتی آن بنماید. کلید زنی مکانیکی نیازمند آن است که با پاسخ گویی سریع الکترونیک قدرت تکمیل گردد.

بایستی تاکید نمود که فن آوری FACTS یک فن آوری توانمند سازانه است نه یک جایگزین مناسب برای کلیدهای مکانیکی. مزایایی که کنترل کننده های FACTS می توانند ایجاد کنند عبارتند از : کاهش هزینه اجرایی و سرمایه گذاری در انتقال توان، افزایش قابلیت انتقال سیستم، افزایش ظرفیت انتقال توان و بهبود کیفیت انرژی الکتریکی که به مشتری تحویل داده می شود.

شکل (۴-۱) پست پورنه آ گوراخ پور در کشور هندوستان

مراجع:

{۱} مدل سازی و شبیه سازی عناصر FACTS در شبکه های قدرت.تألیف : انریکو آچا، کلودیو آر.فورت-اسکوئل، هوگو امبریز – پرز، سزار انگلز-کاماچو

{۲} مقاله " فن آوری شبکه های انتقال نیروی انعطاف پذیرFACTS"

{۳} مجله الکترا شماره ۲۲۹ (استفاده از ادوات FACTS در پست پورنه آ گوراخ پور هندوستان)