بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی برق گرایش قدرت

عنوان پایان نامه :

بررسی و مطالعه اثر TCSC بر روی پایداری شبکه قدرت تک ماشینه در حضور انواع PSS

استاد راهنما :

دکتر عارف درودی

نگارش :

حسن نظری دانشمند

زمستان ۱۳۸۸

توجه :

کلیه حقوق این اثر متعلق به مولف ودانشگاه شاهد می باشد.

کوچکترین دخل وتصرف اعم از نسخه برداری وتکثیر توسط شخص

حقیقی یا حقوقی باید با اجازه مولف صورت پذیرد .

تقدیر وتشکر :

با حمد وثنای خداوند یکتا و سلام بر یگانه منجی عالم بشریت، مهدی منتظر (عجل الله فرجه)

در ابتدا از استاد گرامی، جناب آقای دکتر درودی که در طی دوره و قبل از آن، با تذکرات و نکات ارزنده شان مرا راهنمایی کردند، تشکر و قدردانی می کنم؛ همچنین از دیگر عزیزانی که هر یک سهمی در پیشرفت اینجانب داشته اند، مخصوصاً اساتید بزرگوارم صمیمانه قدردانی می کنم.

امیدوارم مطالب این پاین نامه که در جمع آوری آن از منابع مختلفی استفاده شده، مفید حال خوانندگان محترم واقع شود.

با آرزوی موفقیت برای تمام دانش پژوهان در عرصه های علم و دانش، و سربلندی هرچه بیشتر کشور عزیزمان ایران اسلامی و سپردن پرچم مقدسمان بدست آخرین ذخیره خداوند در روی زمین حضرت صاحب الزمان (عجل الله فرجه).

چکیده :

در این پایان نامه اثر TCSC بر روی پایداری سیستم قدرت بررسی شده است. TCSC یکی از مهمترین ادوات FACTS می باشد که بصورت سری در خط انتقال نصب می گردد و عمل جبران سازی را انجام می دهد.

با توجه به گسترش کاربرد این ادوات در صنعت برق و همچنین جنبه های اقتصادی و مزایای دیگر این ادوات، لزوم انجام مطالعه‌ای برای بررسی اثر این ادوات روی پایداری سیستم قدرت و دیگر فواید آنها ضروری می باشد.

پایداری سیستم قدرت در حضور PSS و همچنین در عدم حضور PSS بر روی سیستم قدرت تک ماشینه متصل به شینه بی نهایت مطالعه شده است. برای بررسی این اثر معادلات حالت غیر خطی سیستم قدرت شامل ژنراتور سنکرون که از طریق خط انتقال به شینه بی نهایت متصل شده است به دست آمده اند. برای جبران سازی خط انتقال یک بار از خازن ثابت و بار دیگر از TCSC استفاده شده است. معادلات حالت غیر خطی ژنراتور سنکرون شامل معادلات بخش الکتریکی، بخش مکانیکی، سیستم تحریک و کنترل ولتاژ، توربین و گاورنر می باشد. برای بخش مکانیکی از شش معادله حالت استفاده شده است. همچنین معادلات حالت غیر خطی مربوط به PSS نیز در نظر گرفته شده است.

این معادلات در نرم افزار MATLAB تحلیل شده و نتایج شبیه سازی نشان می دهند که:

استفاده از TCSC موجب حذف مخاطرات مربوط به تشدید زیر سنکرون، بهبود پایداری در شرایط پس از اغتشاش و پایداری بهتر سیستم می گردد. همچنین استفاده از PSS نیز موجب کاهش نوسانات در شبکه های قدرت می گردد. اما استفاده همزمان از این دو عنصر در شرایطی موجب از دست رفتن پایداری سیستم می گردد. در صورت استفاده همزمان این دو عنصر باید دقت گردد که هماهنگی لازم در طراحی کنترلر آنها صورت گیرد در غیر اینصورت نه تنها به پایداری سیستم قدرت کمک نکرده که سبب وخامت اوضاع نیز می گردد

فهرست مطالب

فصل اول : پایداری در سیستم های قدرت

۱-۱) مقدمه ---------- ۲
۱-۲) پایداری و تعریف آن در سیستم های قدرت ---------- ۳
۱-۳) انواع پدیده ها و انواع پایداری در سیستم قدرت ---------- ۴
۱-۴) پایداری دینامیکی در سیستم های قدرت---------- ۶
۱-۵) پایداری گذرا در سیستم های قدرت---------- ۷

فصل دوم : ادوات FACTS

۲-۱) مقدمه ---------- ۱۰
۲-۲) کنترل کننده های FACTS ---------- ۱۲
۲-۳) انواع اصلی کنترل کننده های FACTS ---------- ۱۳
۲-۳-۱) کنترل کننده های سری ---------- ۱۳
۲-۳-۲)کنترل کننده های موازی ---------- ۱۵
۲-۳-۳) کنترل کننده های ترکیبی سری-سری ---------- ۱۵
۲-۳-۴) کنترل کننده های ترکیبی سری-موازی ---------- ۱۵
۲-۴) شرح مختصرکنترل کننده های FACTS ---------- ۱۶
۲-۵) منافع محتمل از فن آوری FACTS ---------- ۲۰

فصل سوم: مدلسازی سیستم قدرت

۳-۱) مقدمه ---------- ۲۴
۳-۲) مدل درجه پنج برای بخش الکتریکی یک ماشین سنکرون ---------- ۲۵
۳-۳) مدلسازی بخش مکانیکی (دینامیک روتور) ---------- ۳۴
۳-۴) نمایش ژنراتور سنکرون در فضای حالت ---------- ۳۷
۳-۵) مدلسازی کامل بخش مکانیکی (دینامیک رتور)---------- ۳۹
۳-۶) مدل سیستم تحریک ---------- ۴۱
۳-۷) مدل سیستم کنترل ولتاژ ---------- ۴۲

۳-۸) مدل توربین و گاورنر در یک نیروگاه بخار ---------- ۴۶
۳-۸-۱) مدل توربین بخار ---------- ۴۷
۳-۸-۲) مدلسازی گاورنر در توربین بخار ---------- ۵۲
۳-۹) مدلسازی دینامیکی یک خط انتقال با خازن سری ---------- ۵۴
۳-۱۰) پایدار ساز سیستم قدرت ---------- ۵۶
۳-۱۱) مدلسازی کامل سیستم قدرت ---------- ۵۹
۳-۱۲) محاسبه شرایط اولیه ---------- ۶۱
۳-۱۳) نوسانات پیچشی و تشدید زیر سنکرون ---------- ۶۴
۳-۱۳-۱) نوسانات پیچشی ---------- ۶۴
۳-۱۳-۲) تداخل نوسانات پیچشی با خازن سری ---------- ۶۸
۳-۱۳-۳) تشدید زیر سنکرون ---------- ۶۹
۳-۱۴) یک نمونه از استفاده از معادلات کامل ژنراتور سنکرون در بررسی پدیده SSR --------- ۷۰

فصل چهارم : استفاده از TCSC برای بهبود پایداری گذرا

۴-۱) مقدمه ---------- ۷۶
۴-۲) دلیل بررسی TCSC ---------- ۷۶
۴-۳) نگاهی به برخی از مطالعات انجام شده در زمینه TCSC ---------- ۷۷
۴-۴) مدلسازی TCSC و طرح اصلی کنترل آن ---------- ۷۸
۴-۵) طراحی کنترل خارجی ---------- ۸۲
۴-۶) حلقه کنترل پخش بار ---------- ۹۵
۴-۷) معادلات حالت مربوط به TCSC ---------- ۹۶
۴-۸) شبیه سازی معادلات کامل سیستم بدون حضور PSS ----------- ۹۶
۴-۹) شبیه سازی معادلات کامل سیستم با وجود PSS ----------- ۱۰۲

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهاد

۵-۱) نتیجه گیری ---------- ۱۰۹
۵-۲) پیشنهادات ---------- ۱۱۱

مراجع

پیوست

مقدمه :

پیشرفت سریع تکنولوژی الکترونیک قدرت امکانات شگفت انگیزی برای توسعه تجهیزات جدید به منظـور بهـره بـرداری بهتر از سیستم های موجود فراهم آورده است. در خلال دهه گذشته، تجهیزات کنترلی متعددی تحت عنـوان تکنولـوژی سیستم های انتقال انعطاف پذیر AC (FACTS) طراحی و تکمیل شده اند. تجهیزات FACTS را می توان به طور موثری برای کنترل عبور توان، کنترل توان گردشی، تنظیم ولتاژ ، افزایش پایداری گذرا و تعدیل نوسانات سیسـتم بکـار برد. گزارش ها و مقالات بسیاری در این زمینه انتشار یافته اند. موضوع بحث این پایان نامه، بررسی و مطالعه اثر TCSC بر روی پایداری سیستم قدرت می باشد.

فصل اول بر موضوع پایداری در سیستم های قدرت متمرکز شده است تا پیش زمینه لازم برای درک مسایل فصول بعـد فراهم گردد. در فصل دوم، ادوات FACTS به صورت کلی بررسی میگردند. در فصل سوم سیستم قدرت مدلسازی شده است و معادلات حالت سیستم به دست آمده اند. همچنین پدیده نوسانات پیچشی در ایـن فصـل بررسـی شـده اسـت و بالاخره طراحی کنترلر TCSC و تاثیر این عنصر بر پایداری سیستم قدرت با حضور PSS در فصل چهارم آمـده اسـت. فصل پنجم نیز به بیان نتایج و پیشنهادات می پردازد.

فصل اول

پایداری در سیستم های قدرت

۱-۱) مقدمه

در این فصل ابتدا به بیان پایداری و تعریف آن در سیستم های قدرت، انواع پدیده ها و انواع پایداری در یک سیستم قدرت پرداخته می شود. سپس تقسیم بندی پدیده ها و پایداری در یک شبکه قدرت از دو جهت شدت اغتشاش و مدت زمانی که در شبکه باقی می مانند (ثابت زمانی)، صورت می گیرد.

در تقسیم بندی اول، پایداری در یک سیستم قدرت به مانا، دینامیکی و گذرا تقسیم می شود.

در تقسیم بندی دوم ، پدیده های یک شبکه قدرت را، بسته به مدت زمانی که در شبکه باقی می مانند، به صورت زیر تقسیم می نمایند.

الف – پدیده های موجی ب – پدیده های الکترو مغناطیسی ج – پدیده های الکترو مکانیکی د – پدیده های ترمودینامیکی :

تقسیم بندی دوم (بر حسب ثابت زمانی) به صورت دیگری نیز انجام گرفته است:

الف – دینامیک کوتاه مدت ب – دینامیک بلند مدت ج – دینامیک میان مدت

در ادامه پایداری دینامیکی و پایداری گذرا (سیگنال بزرگ) در سیستم های قدرت بررسی می شوند.

۱-۲) پایداری و تعریف آن در سیستم های قدرت[۱]

پایداری از مهمترین مشخصه ها و ملزومات در سیستم های دینامیکی است. پایداری تعاریف مختلفی دارد؛ پایداری به مفهوم لیاپانف و پایداری بر مبنای ورودی خروجی از جمله آنها هستند. در تعریف پایداری بر مبنای ورودی خروجی گفته می شود که: سیستمی پایدار است که به ازای هر ورودی محدود، خروجی محدود نتیجه دهد. به عبارت دیگر سیستم BIBO (Bounded input, Bounded output) باشد.

تعریف فوق کاملا تئوریک است بدین معنی که چنانچه خروجی یک سیستم به ازای هر ورودی محدود(مثلا تابع پله) در هیچ لحظه ای بی نهایت نشود سیستم پایدار است. با این تعریف هیچ سیستم فیزیکی ای وجود ندارد که به بی نهایت برسد. ولی باید توجه داشت که بی نهایت فیزیکی با بی نهایت تئوریک کاملا متفاوت است.

در مسائل فیزیکی وقتی می گوئیم سیستم ناپایدار است که خروجی سیستم از یک حد قابل قبول خارج شود به طوری که بازگشت به حالت اولیه بدون دخالت انسان امکان پذیر نباشد. مثلا یک پاندول معکوس با کوچکترین ضربه از حالت تعادل خارج می شود و بر روی زمین می افتد و یا یک ژنراتور سنکرون وقتی از حالت تعادل خارج شود ناپایدار است.

نکته دیگر اینکه با تعریف فوق از ناپایداری BIBO تمام سیستمهای قدرت ناپایدار هستند، زیرا چنانچه در یک شبکه قدرت یک اتصال کوتاه سه فاز (که یک اغتشاش با دامنه محدود است) به وجود آید و رله ها عمل نکنند، کلیه ژنراتورها یکی پس از دیگری از از حالت سنکرون خارج می شوند و از نظر تئوریک چنانچه محدودیت های فیزیکی بر داشته شود، دور روتورها تا بی نهایت زیاد می شود. البته عملا به دلیل محدودیت های فیزیکی چنانچه دور از حدی بیشتر شود، به بلبرینگ ها آسیب می رسد و ممکن است رتور از جا کنده شود.

هر چند ژنراتورها و توربین ها سیستم های حفاظتی بسیار مطمئنی دارند که هیچ گاه اجازه چنین اتفاقی را نمی دهند، ولی از نظر یک مهندس کنترل، که مسئول پایداری یک شبکه قدرت است، سیستم قدرت وقتی ناپایدار است که سیستم های کنترلی از عهده اغتشاش بر نیایند و برای حفظ سلامت سیستم، سیستم های حفاظتی وارد عمل شوند.

۱-۳) انواع پدیده ها و انواع پایداری در سیستم قدرت

پدیده ها و پایداری در یک شبکه قدرت از دو جهت شدت اغتشاش و مدت زمانی که در شبکه باقی می مانند(ثابت زمانی)، تقسیم بندی شده اند.

در تقسیم بندی اول، پایداری در یک سیستم قدرت به مانا، دینامیکی و گذرا تقسیم می شود. هر چند مرز روشنی بین این تقسیم بندی ها وجود ندارد ولی، در کتاب ها و مقالات مختلف، پایداری شبکه تحت اغتشاشات بسیار کوچک را پایداری مانا، پایداری شبکه تحت اغتشاشات بسیارشدید را پایداری گذرا و پایداری شبکه تحت اغتشاشاتی که توسط کنترل کننده های نیرو گاهها، مثل کنترل کننده ولتاژ و گاورنر، برطرف می شوند را پایداری دینامیکی می نامند.

در تقسیم بندی دوم ، پدیده های یک شبکه قدرت را، بسته به مدت زمانی که در شبکه باقی می مانند، به صورت زیر تقسیم می نمایند.

الف – پدیده های موجی: این پدیده ها به اتفاقاتی مثل رعد و برق، کلید زنی، و یا هر تغییر دیگر در خطوط انتقال از یک نقطه به نقطه ای دیگر(مانند انتقال اثر کلید زنی در یک نقطه از شبکه به سر ژنراتور)، مر بوطند. سرعت این امواج بسیار زیاد و محدوده زمانی آنها در حدود میکرو ثانیه است.

ب – پدیده های الکترو مغناطیسی: وقتی تاثیر یک رخداد به ژنراتور می رسد، تا بب سیم پیچ استاتور و فلوی فاصله هوایی روی رتور و گشتاور الکتریکی اثر بگذارد، زمانی طول می کشد. این زمان از مدت پدیده های موجی بیشتر است و در فاصله میلی ثانیه تا ثانیه است.

ج – پدیده های الکترو مکانیکی: ایجاد تغییرات روی گشتاور الکتریکی باعث تغییر دور رتور و سپس، از طریق گاورنر، باعث تغییر در گشتاور مکانیکی می شود. مثلا در یک نیروگاه بخار، در اثر زیاد شدن بار مصرف کننده و تغییر دور رتور و سپس با باز شدن بیشتر دریچه بخار ورودی به توربین فشار بالا، گشتاور مکانیکی توربین زیاد می شود تا بار اضافی را جبران نماید. این تغییرات آهسته تر از دو پدیده قبلی و در محدوده زمانی یک تا چند ثانیه(ده ثانیه) است. پدیده های نوسانات فرکانس پایین و تشدید زیر سنکرون در این دسته قرار می گیرند. زمان این پدیده ها یک تا چند ثانیه است.

د – پدیده های ترمودینامیکی : تغییر در گشتاور مکانیکی، باید منجر به تغییر در نقطه کار سیستم تامین کننده انرژی (مانند بویلر) گردد. این تغییر معمولا بسیار آهسته و در حد چندین دقیقه است.

تقسیم بندی دوم (بر حسب ثابت زمانی) به صورت دیگری نیز انجام گرفته است:

الف – دینامیک کوتاه مدت : این دسته شامل پدیده هایی است که از صفر تا چند ثانیه در سیستم قدرت باقی می مانند و در مقایسه با تقسیم بندی قبلی تمام پدیده های موجی، الکترو مغناطیسی و الکترو مکانیکی (SSR،LFO) را شامل می شود. شبیه سازی ها در اکثر مقالات، و همچنین نرم افزارهایی که برای شبیه سازی سیستم های قدرت نوشته شده اند، عمدتا برای بررسی این نوع پدیده ها بوده اند.

ب – دینامیک بلند مدت : در این قسمت فرض می شود که پس از قرار گرفتن سیستم در یک اغتشاش شدید پدیده های کوتاه مدت مانند نوسانات فرکانس از بین رفته است و در نتیجه فرکانس در کل سیستم یکنواخت است. در این حالت، به دلیل عدم تعادل بین تولید و مصرف(چه از نظر توان حقیقی و چه واکنشی) پدیده هایی مانند عکس العمل دینامیکی دیگ های بخار واحد های بخاری، عکس العمل دینامیکی آبگذر در واحد های آبی، کنترل خودکار تولید، عملکرد سیستم های حفاظتی نیرو گاهها، عکس العمل تپ چنجر در ترانسفورماتور ها و تاثیرات فرکانس غیر نامی بر بارها اتفاق می افتند که باید بررسی گردند. این پدیده ها تا چندین دقیقه بعد از اغتشاش شدید حضور دارند.

بررسی این نوع پدیده ها، به ویژه وقتی در تجهیزات نقصی وجود داشته باشد و یا بین سیستم های حفاظتی و کنترل هماهنگی درستی برقرار نباشد و یا ذخیره های توان حقیقی و یا غیر حقیقی کم باشد، بسیار با اهمیت است. این نواقص ممکن است به فروپاشی ولتاژ، فرو پاشی فرکانس و یا تبدیل سیستم به چند زیر سیستم منجر گردد.

ج – دینامیک میان مدت : همان طور که قبلا نیز اشاره شد، مرز دقیقی بین تقسیم بندی های مختلف وجود ندارد. آنچه که دینامیک میان مدت تعریف می شود فاصله بین دینامیک کوتاه مدت و بلند مدت است. یعنی پدیده هایی در فاصله زمانی چندین ثانیه تا چندین دقیقه. این پدیده ها عمدتا شامل نوسانات توان بین واحد ها تا رسیدن به یک فرکانس ثابتند.

مرز بین دینامیک کوتاه مدت و میان مدت تقریبا روشن است. ولی مرز بین دینامیک بلند مدت و میان مدت مبهم است. لذا در بعضی مطالعات فقط به دو دسته دینامیک کوتاه مدت وبلند مدت اکتفا می گردد. آنچه که در چندین ثانیه اول اغتشاش اتفاق می افتد، یعنی پدیده های موجی، الکترو مغناطیس، فرکانس پایین و تشدید زیر سنکرون، را جزو دینامیک کوتاه مدت می شمرند و آنچه بعد از آن اتفاق می افتد، یعنی تغییرات آهسته فرکانس(بعد از نوسانات شدید)، که در اثر تبادل توان بین خطوط برای رسیدن کل شبکه (یا یک جزیره) به یک فرکانس ثابت صورت می گیرد که سپس به عکس العمل(Automatic Generation Control) AGC منجر می شود و باعث عکس العمل بویلرها یا عملکرد بعضی رله ها می شود، را در دینامیک بلند مدت تقسیم بندی می کنند.

۱-۴) پایداری دینامیکی در سیستم های قدرت

برای بررسی پایداری دینامیکی یک سیستم قدرت خاص، پس از خطی سازی و محاسبه ماتریس سیستم A، می توان به بررسی پایداری دینامیکی پرداخت.

به طور خلاصه در مطالعات دینامیکی سیستم های قدرت، مراحل زیر طی می شود:

- برای یک سیستم خاص(تک ماشینه و یا چند ماشینه)، یک مدل خطی انتخاب می شود.
- عوامل سیستم تعریف می شود.
- نقطه کار مطلوب(که سیستم حول آن خطی می شود) انتخاب می شود.
- مدل خطی سیستم به صورت ماتریس های فضای حالت (A,B,C) به دست می آید.
- مقادیر ویژه ماتریس A محاسبه می شود.

چنانچه قسمت حقیقی تمام مقادیر ویژه منفی باشد، از پایداری دینامیکی آن سیستم قدرت خاص، در حول و حوش آن نقطه کار، اطمینان حاصل می شود.

قبلا اشاره شد که در مطالعات دینامیک یک سیستم، صرف اطمینان از پایداری آن، برای اطمینان از عملکرد مناسبش، کافی نیست. پایداری دینامیکی بدان معنی است که نوسانات این سیستم، پس از یک اغتشاش کوچک،

میرا می شوند. حال باید دید این نوسانات چگونه میرا می شوند. سرعت میرا شدن در یک سیستم قدرت اهمیت بسیار زیادی دارد؛ چنانچه زمان میرا شدن زیاد باشد، کلیه واحد ها صدمه می بینند.

۱-۵) پایداری گذرا (سیگنال بزرگ) در سیستم های قدرت

پایدار گذرا، پایداری سیستم قدرت پس از یک اغتشاش شدید می باشد. در یک سیستم قدرت پایداری گذرا یعنی توانایی سیستم در حفظ پایداری و میرا کردن نوسانات پس از یک اغتشاش شدید.

یک سیستم موقعی در صورت اعمال خطا پایدار است که متغیرهای آن، وقتی که زمان به سمت بی نهایت میل می کند، به مقادیر حالت مانا نزدیک شوند. بررسی پایداری بعد از یک اغتشاش شدید مطالعات پایداری گذرا نامیده می شود.

در مطالعات پایداری گذرا، برای شبیه سازی یک اغتشاش بزرگ، معمولا از خطا، اتصال کوتاه(سه فاز) استفاده می کنند.

ساده ترین روش برای بررسی پایداری گذرا روش قدم به قدم حل معادله دیفرانسیل است. در این روش، معادلات حالت قبل از خطا، حین خطا و پس از خطای سیستم با یک روش عددی مناسب حل می شوند و تغییرات زوایای بار واحد های مختلف به دست می آیند. اگر تمام زوایای بار پایدار باشند، سیستم پایدار است.

می توان معادلات دیفرانسل حاکم بر سیستم در اثر بروز خطا را به سه دسته تقسیم بندی نمود: اول، معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم قبل از خطا؛ دوم، معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم حین خطا و سوم، معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم پس ازرفع خطا. از آنجا که معمولا اغتشاش وارد شده به سیستم بزرگ است، ممکن است رفع خطا با عمل کردن رله های حفاظتی همراه باشد. بنابراین ممکن است شکل شبکه پس از رفع خطا با قبل از خطا متفاوت باشد. این امر موجب می گردد، در حالت کلی، نقطه تعادل پایدار سیستم، پس از رفع خطا با قبل از خطا متفاوت باشد.

یکی از مهمترین عواملی که در بحث پایداری گذرا تعریف می شود، زمان رفع خطای بحرانی t_{cr}، زمانی که اگر رله ها در آن عمل نکنند سیستم حالت سنکرونیزم خود را از دست می دهد، است. تعیین زمان بحرانی از دو نظر مهم است:

الف: در تنظیم زمان عملکرد رله ها پس از خطا(t_{cl})؛ زمان عملکرد رله ها باید از زمان رفع خطای بحرانی کوچکتر باشد.

ب: در تعیین امنیت عملکرد یک سیستم قدرت، از عاملی به نام اندیس امنیت ($t_{cl} - t_{cr}$)، استفاده می شود. هر چقدر این زمان بزرگتر باشد، عملکرد سیستم در زمان خطا ایمن تر است. با روش قدم به قدم حل معادلات دیفرانسیل سیستم نمی توان این عامل را مستقیما محاسبه کرد و برای محاسبه t_{cr} باید برای هر حالت خطا چندین بار برنامه شبیه سازی را اجرا نمود.

روشهای مختلفی برای تعیین پایداری سیستمهای قدرت و زمان بحرانی وجود دارد که از جمله آنها توابع لیاپانف می باشد. روش تابع انرژی یک روش مستقیم جهت تعیین پایداری سیستم های قدرت است. در این روش ابتدا انرژی بحرانی "V_{cr}" سیستم محاسبه می شود و با استفاده از آن، زمان رفع خطای بحرانی t_{cr} به دست می آید. انرژی بحرانی مقدار انرژی ذخیره شده مجاز برای پایداری سیستم است. تعیین V_{cr} مشکل ترین قدم استفاده از روش تابع انرژی در تعیین پایداری سیستم های قدرت است. چنانچه انرژی سیستم کمتر از انرژی بحرانی باشد، پایداری سیستم حفظ می شود. در این حالت اصطلاحا گفته می شود که مسیر حالت در فضای حالت، در ناحیه جذب قرار دارد.

اگر ناحیه جذب مشخص گردد، مسئله پایداری گذرا در سیستم های قدرت این است که آیا برای یک اغتشاش وارد شده به سیستم، مسیر حالت حین خطای سیستم، تا لحظه رفع خطا، در داخل ناحیه جذب باقی می ماند یا خیر؟

فصل دوم

ادوات *FACTS*

۲-۱) مقدمه

پیشرفت بی سابقه فن آوری پس از جنگ جهانی دوم و رشد سریع صنعت به افزایش شدید تقاضا برای برق منجر شد و ظرفیت صنایع از ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ ده برابر گردید. به این تقاضای عظیم با افزایش تولیدو انتقال و بهم پیوستن سیستم های قدرت مستقل پاسخ داده شد. در ابتدای سالهای ۱۹۷۰ مشکلات زیادی پدید آمد: قطع صدور نفت در اواسط دهه ۱۹۷۰، مخالفت عمومی با نیروگاههای اتمی و توجه به محیط زیست موجب دخالت بیشتر دولت و افزایش هزینه ها گردید و قوانین محدود کننده ای وضع شد. در این سالها استفاده از انرژیهای جایگزین مانند انرژی خورشیدی و زمین گرمایی مطرح شد. در کارخانه ها و صنایع کشورهای مختلف نیز تغییرات عمده ای روی داد:کارخانه های متمرکز و بزرگ جای خود را به کارخانه های کوچک در نقاط مختلف جغرافیایی دادند. این امر به همراه تغییرات دموگرافیک (مردم از مناطق سرد به گرمتر نقل مکان کردند) باعث تغییر جغرافیایی قابل ملاحظه ای در تقاضای برق گردید.

در نتیجه می بایست خطوط انتقال و نیروگاههای جدیدی برای تامین برق مورد نیاز احداث شوند اما شرکت ها به خاطر مسائل اقتصادی قادر به هماهنگ سازی نبودند. در واقع توجه عمومی به محیط زیست و سلامتی و قوانین متعدد در مورد "حریم" ها موجب تاخیر زیادی در ساخت نیرو گاه و احداث خطوط انتقال گردیده است.

مشکلات اجتماعی جدید موجب بهم پیوستگی بیشتر سیستم های مجاور و تشکیل یک شبکه ملی گردید. از علل این یکپارچگی می توان لزوم بهره برداری از بارهای پراکنده، تغییر پیک بدلیل شرایط آب و هوایی و زمانی مختلف و امکان استفاده از ظرفیت رزرو مناطق دیگر، تغییر قیمت سوخت و تغییرات قوانین را نام برد.

با این همه، سیستم های قدرت فاقد انعطاف لازم برای مقابله با تغییرات تقاضای ناشی از تغیرات محیطی و اقتصادی بود. در سیستم های بهم پیوسته، توان فروخته شده باید از نقطه تولید دوردست ارسال شده و از طریق سیستم های انتقال چندین شرکت عبور کرده تا به نقطه مورد نظر برسد. این امر موجب عبور توان گردشی (زیرا مقداری از جریان ارسالی متناسب با ادمیتانس مسیرهای موازی در آنها جاری می شود) و در نتیجه اضافه بار خطوط و ایجاد تغییرات ولتاژ و مسائل حرارتی می گردید. نقطه ای که توان ارسالی به آن می رسید ، نیز بدلیل احتمال بالای وقوع خطا و از دست رفتن توان و در نتیجه باردهی سنگین در معرض خطر فروپاشی ولتاژ قرار می گرفت. این مسائل و مشکلات موجب افزایش استفاده از جبران گرهای خازنی گردید. در سیستم های بهم پیوسته رو به رشد، بدست آوردن حاشیه پایداری مناسب بدون تقویت انتقال تقریبا ناممکن بود.

لزوم تقویت ولتاژ و پایداری گذرا در شبکه های بهم پیوسته رو به رشد و محدودیت های احداث خطوط جدید و تنگناهای مالی موجب بکار گیری فزاینده جبران گر های قابل کنترل از اواخر دهه هفتاد میلادی شده است.

راه حل سنتی این مشکلات تقویت خط انتقال از طریق احداث خطوط جدید است اما این کار بنا به دلایل زیست محیطی و اقتصادی عملی نیست. بنابراین تنها راه عملی استفاده از تکنولوژیهای پیشرفته مثلا ادوات FACTS، می باشد. در این سیستمها ، جبران گرها و کنترل کننده ها بوسیله تجهیزات الکترونیک قدرت و کامپیوتر ها کنترل شده و امکان بهره برداری از سیستم های انتقال فراهم می گردد[۲].

مطالب این فصل شامل تعریف کلی از کنترل کننده های FACTS، انواع کنترل کننده های FACTS و منافع احتمالی از این کنترل کننده ها می باشد که در ادامه آورده شده اند.