دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده مهندسی برق و الکترونیک گروه قدرت

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق گرایش قدرت

جایابی و تعیین اندازه بهینه جبرانساز راکتیو استاتیک برای تامین همزمان اهداف بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش هزینه جبرانساز و بهبود پایداری گذرای سیستم قدرت

نگارش:

سهند قویدل جیرسرائی

استاد راهنما:

دکتر محسن گیتی‌زاده

استاد مشاور:

دکتر جمشید آقایی

بهمن‌ماه ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

جایابی و تعیین اندازه بهینه جبرانساز راکتیو استاتیک برای تامین همزمان اهداف بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش هزینه جبرانساز و بهبود پایداری گذرای سیستم قدرت

پایان‌نامه ارائه‌شده به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی

نگارش:

سهند قویدل جیرسرائی

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

گروه قدرت دانشکده مهندسی برق و الکترونیک
دانشگاه صنعتی شیراز

ارزیابی پایان‌نامه توسط هیات داوران با درجه: خیلی خوب

دکتر محسن گیتی‌زاده استادیار در رشته مهندسی برق- قدرت (استاد راهنما)

دکتر جمشید آقایی استادیار در رشته مهندسی برق- قدرت (استاد مشاور)

دکتر محمد مردانه استادیار در رشته مهندسی برق- قدرت (داور)

دکتر طاهر نیکنام دانشیار در رشته مهندسی برق- قدرت (داور)

مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

اینجانب سهند قویدل جیرسرائی دانشجوی رشته مهندسی برق- قدرت مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد به شماره دانشجویی ۹۰۱۱۴۰۳۳

تأیید می‌نماید کلیه نتایج این پایان‌نامه/رساله، بدون هیچ‌گونه دخل و تصرف ، حاصل مستقیم پژوهش صورت گرفته توسط این‌جانب است. در مورد اقتباس مستقیم و غیرمستقیم از سایر آثار علمی، اعم از کتاب، مقاله، پایان‌نامه با رعایت امانت و اخلاق علمی، مشخصات کامل منبع مذکور درج شده است.

در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص مقامات ذی‌صلاح دانشگاه صنعتی شیراز، مطابق قوانین و مقررات مربوط و آئین نامه‌های آموزشی، پژوهشی و انضباطی عمل خواهد شد و این‌جانب حق هرگونه اعتراض و تجدیدنظر را، نسبت به رأی صادره، از خود ساقط می‌کند. همچنین، هرگونه مسئولیت ناشی از تخلف نسبت به صحت و اصالت نتایج مندرج در پایان‌نامه/رساله در برابر اشخاص ذی‌نفع (اعم از حقیقی و حقوقی) و مراجع ذی‌صلاح (اعم از اداری و قضایی) متوجه اینجانب خواهد بود و دانشگاه صنعتی شیراز هیچ‌گونه مسئولیتی در این زمینه نخواهند داشت.

تبصره ۱- کلیه حقوق مادی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تبصره ۲- این‌جانب تعهد می‌نماید بدون اخذ مجوز از دانشگاه صنعتی شیراز دستاوردهای این پایان‌نامه/ رساله را منتشر نکند و یا در اختیار دیگران قرار ندهد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: سهند قویدل جیرسرائی

تاریخ و امضاء

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج پایان‌نامه متعلق به دانشگاه و انتشار نتایج نیز تابع مقرارت دانشگاهی است و با موافقت استاد راهنما به شرح زیر، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد راهنما: دکتر محسن گیتی‌زاده

تاریخ:

امضا:

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدردانی:

اکنون که این رساله به پایان رسیده است بر خود فرض می‌دانم که از اساتید ارجمندم جناب دکترگیتی‌زاده و دکتر آقایی که با زحمات بی‌دریغ و راهنمایی‌های ارزشمندشان راه را برای اجرا و اتمام این پایان‌نامه فراهم نمودند، کمال تقدیر و تشکر را داشته باشم.

چکیده

جایابی و تعیین اندازه بهینه جبرانساز راکتیو استاتیک برای تامین همزمان اهداف بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش هزینه جبرانساز و بهبود پایداری گذرای سیستم قدرت

نگارش:

سهند قویدل جیرسرائی

هدف این پایان‌نامه انتخاب بهینه مکان، اندازه و تنظیم پارامترهای جبرانساز راکتیو استاتیک (SVC) در خطوط انتقال بلند و شبکه قدرت چند ماشینه بزرگ می‌باشد. در این پایان‌نامه چهار هدف بهبود پایداری گذرای سیستم قدرت، کاهش هزینه سرمایه‌گذاری SVC، بهبود پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات سیستم قدرت در نظر گرفته شده است. این مسئله به صورت یک تابع چند هدفه فرمول‌بندی شده و برای حل آن از بهینه‌سازی ازدحام ذرات چند هدفه (MOPSO) استفاده شده است. بخش اول پایان‌نامه مربوط به انتخاب بهینه مکان، اندازه و تنظیم پارامترهای SVC در خطوط انتقال بلند با دو هدف پایداری گذرای سیستم و کاهش هزینه سرمایه‌گذاری SVC می‌باشد. در این مطالعه، به منظور محاسبه دقیق مکان SVC در خطوط انتقال بلند، از مدل واقعی خط استفاده شده است. از دو شبکه دو ناحیه‌ای دو ماشینه و چهار ماشینه برای شبیه‌سازی و نشان دادن نتایج جایابی SVC در خطوط انتقال بلند استفاده شده است. بخش بعدی پایان‌نامه مربوط به انتخاب بهینه مکان، اندازه و تنظیم پارامترهای SVC در شبکه قدرت چند ماشینه می‌باشد. ابتدا جایابی با دو هدف پایداری گذرای سیستم و کاهش هزینه سرمایه‌گذاری SVC انجام شده است. سپس چهار هدف بهبود پایداری گذرای سیستم قدرت، کاهش هزینه سرمایه‌گذاری SVC، بهبود پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات سیستم قدرت در نظر گرفته شده است. در این بخش از پایان‌نامه برای به دست آوردن نتایج دقیق‌تر و عملی‌تر از سه سطح بار استفاده شده است. برای نشان دادن نتایج شبیه‌سازی جایابی SVC در شبکه چند ماشینه از شبکه‌ی ۱۰ ماشینه نیوانگلند استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که انتخاب بهینه مکان، اندازه و تنظیم پارامترهای SVC به طور قابل‌ملاحظه‌ای باعث بهبود پایداری گذرای سیستم، کاهش هزینه سرمایه‌گذاری SVC، بهبود پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات سیستم قدرت می‌شود. در این مطالعه نتایج به صورت یک مجموعه پاسخ ارائه‌شده تا به تصمیم‌گیرنده برای انتخاب پاسخ مناسب کمک شود.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی چند هدفه، پایداری گذرا، جایابی و تعیین اندازه، جبرانساز راکتیو استاتیک، پروفیل ولتاژ، خطوط انتقال بلند.

فهرست مطالب

۱.فصل اول: مقدمه **۱**

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- هدف تحقیق و اهمیت آن ۷

۱-۳- بخش‌های پایان‌نامه ۷

۲.فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام‌شده **۹**

۲-۱- مقدمه ۱۰

۲-۲- مروری بر ادبیات موضوع ۱۰

۳.فصل سوم: جبرانساز راکتیو استاتیک و طراحی کنترل‌کننده **۱۴**

۳-۱- مقدمه ۱۵

۳-۲- جبرانساز راکتیو استاتیک ۱۵

۳-۳- کنترل‌کننده SVC ۱۹

٤.فصل چهارم: بهینه‌سازی **۲۱**

۴-۱- مقدمه ۲۲

۴-۲- اصول عملکرد بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) ۲۲

۴-۳- اصول بهینه‌سازی چند هدفه ۲۳

۴-۴- الگوریتم به‌کاررفته در این پایان‌نامه ۲۴

۴-۴-۱- مخزن خارجی ۲۵

۴-۴-۲- استفاده از عملگر جهش ۲۸

۴-۵- بهترین پاسخ مصالحه شده ۳۱

۵.فصل پنجم: فرمول‌بندی مسئله جایابی SVC **۳۳**

۵-۱- مقدمه ۳۴

۵-۲- توابع هدف و قیود مسئله ۳۴

۵-۲-۱- توابع هدف ۳۴

۵-۲-۲- قیود مسئله ۳۷

٦.فصل ششم: نتایج شبیه‌سازی و تفسیر آن‌ها **۴۰**

۶-۱- مقدمه ۴۱

۶-۲- شبکه‌های چند ماشینه‌ی مورد مطالعه ۴۱
۶-۲-۱- شبکه‌ی چند ماشینه اول ۴۱
۶-۲-۲- شبکه‌ی چند ماشینه دوم ۴۳
۶-۲-۳- شبکه‌ی چند ماشینه سوم ۴۳
۶-۳- جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن مدل واقعی خط ۴۴
۶-۳-۱- مراحل کار جایابی SVC در خط بلند ۴۴
۶-۴- نتایج شبیه‌سازی جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن مدل واقعی خط ۵۱
۶-۴-۲- نتایج شبیه‌سازی جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن مدل واقعی خط در شبکه دو ماشینه ۵۳
۶-۴-۳- نتایج شبیه‌سازی جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن مدل واقعی خط در شبکه چهار ماشینه ۵۹
۶-۵- جایابی SVC در شبکه چند ماشینه با اهداف همزمان استاتیک و دینامیک ۶۴
۶-۵-۱- مراحل کار جایابی SVC در شبکه چند ماشینه با اهداف همزمان استاتیک و دینامیک ۶۴
۶-۵-۲- نتایج شبیه‌سازی جایابی SVC در شبکه چند ماشینه با اهداف همزمان استاتیک و دینامیک ۶۵
۶-۵-۳- نتایج شبیه‌سازی جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت دو هدفه ۶۵
۶-۵-۴- نتایج شبیه‌سازی جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت چند هدفه ۷۴

۷.فصل ششم: جمع‌بندی و پیشنهادها **۸۷**

۷-۱- مقدمه ۸۸
۷-۲- جمع‌بندی ۸۸
۷-۳- نوآوری‌ها ۸۹
۷-۴- پیشنهادها ۹۰

۸.مراجع **۹۱**

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱ شمای یک فاز TCR و TSC.....۱۶
شکل ۳-۲ نمای تک خطی جبرانساز راکتیو استاتیک ۱۷
شکل ۳-۳ مشخصه SVC V-I ۱۸
شکل ۳-۴ کنترل‌کننده SVC.....۱۹
شکل ۴-۱ سطح پارتو از یک مجموعه جواب در فضای دو هدفه.....۲۴
شکل ۴-۲ حالت‌های ممکن برای کنترل‌کننده آرشیو ۲۶
شکل ۴-۳ تشریح گرافیکی وارد کردن یک پاسج جدید وقتی آن در محدوده شبکه قرار گیرد.۲۷
شکل ۴-۴ تشریح گرافیکی وارد کردن یک پاسخ جدید وقتی آن در خارج از محدوده قبلی
شبکه قرار گیرد. ۲۷
شکل ۴-۵ رفتار عملگر جهش.....۲۸
شکل ۴-۶ کد MATLAB عملگر جهش. ۲۹
شکل ۴-۷ فلوچارت الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات چند هدفه (MOPSO) پیشنهادی.....۳۰
شکل ۴-۸ تابع عضویت خطی.....۳۱
شکل ۶-۱ سیستم دو ناحیه‌ای همراه با SVC.....۴۲
شکل ۶-۲ سیستم دو ناحیه‌ای چهر ماشینه کندور همراه با SVC.....۴۳
شکل ۶-۳ شبکه‌ی آزمایش ده ماشینه‌ی New England.....۴۴
شکل ۶-۴ مراحل پیاده‌سازی الگوریتم گروه ذرات را در جایابی SVC در خط بلند. ۵۰
شکل ۶-۵ سیستم دو ناحیه‌ای همراه با SVC.....۵۳
شکل ۶-۶ پاسخ پارتو به دست آمده از روش MOPSO به همراه بهترین پاسخ مصالحه شده برای
جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن مدل واقعی خط در شبکه دو ماشینه ۵۴
شکل ۶-۷ تغییرات تابع هدف پایداری گذرا نسبت به نصب SVC در تک‌تک نقاط طول خط با
مقادیر ظرفیت SVC و پارمترهای کنترل‌کننده آن ثابت و برابر پاسخ پارتو اول ۵۷
شکل ۶-۸ اختلاف تغییرات زاویه روتور دو ژنراتور برای جایابی SVC در خط بلند با در نظر
گرفتن مدل واقعی خط در شبکه دو ماشینه.....۵۷
شکل ۶-۹ اختلاف سرعت زاویه‌ای دو ژنراتور برای جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن
مدل واقعی خط در شبکه دو ماشینه ۵۸

شکل ۶-۱۰ پاسخ پارتو با و بدون استفاده از کنترل‌کننده بهینه برای جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن مدل واقعی خط در شبکه دو ماشینه ۵۹
شکل ۶-۱۱ سیستم دو ناحیه‌ای چهار ماشینه کندور همراه با SVC..... ۵۹
شکل ۶-۱۲ پاسخ پارتو به دست آمده از روش MOPSO به همراه بهترین پاسخ مصالحه شده برای جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن مدل واقعی خط در شبکه چهار ماشینه کندور ..۶۱
شکل ۶-۱۳ اختلاف سرعت زاویه‌ای دو ژنراتور برای جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن مدل واقعی خط در شبکه دو ماشینه ۶۳
شکل ۶-۱۴ پاسخ پارتو به دست آمده از روش MOPSO به همراه بهترین پاسخ مصالحه شده برای جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت دو هدفه ۶۷
شکل ۶-۱۵ تغییرات شاخص پایداری گذرای سیستم بر حسب قرارگیری SVC در تمامی شین‌ها با مقادیر ثابت متغیرهای بهینه‌سازی بدون کنترل‌کننده و همراه با کنترل‌کننده ۷۰
شکل ۶-۱۶ تغییرات سرعت ژنراتور ۸ همراه و بدون SVC و همراه و بدون مکان و کنترل‌کننده بهینه برای جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت دو هدفه..... ۷۱
شکل ۶-۱۷ تغییرات اختلاف زاویه روتور ژنراتور ۸ همراه و بدون SVC و همراه و بدون مکان و کنترل‌کننده بهینه برای جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت دو هدفه..... ۷۱
شکل ۶-۱۸ تغییرات سرعت ژنراتور ۵ همراه و بدون SVC و همراه و بدون مکان و کنترل‌کننده بهینه برای جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت دو هدفه..... ۷۲
شکل ۶-۱۹ تغییرات اختلاف زاویه روتور ژنراتور ۵ همراه و بدون SVC و همراه و بدون مکان و کنترل‌کننده بهینه برای جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت دو هدفه..... ۷۲
شکل ۶-۲۰ تغییرات سرعت ژنراتور ۸ همراه و بدون SVC و همراه و بدون کنترل‌کننده بهینه برای جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت دو هدفه ۷۳
شکل ۶-۲۱ تغییرات اختلاف زاویه روتور ژنراتور ۸ همراه و بدون SVC و همراه و بدون کنترل‌کننده بهینه برای جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت دو هدفه..... ۷۳
شکل ۶-۲۲ پاسخ پارتو به دست آمده از روش MOPSO به همراه بهترین پاسخ مصالحه شده برای جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت سه هدفه..... ۷۷
شکل ۶-۲۳ منحنی پروفیل ولتاژ در سطح بار اول..... ۸۳
شکل ۶-۲۴ منحنی پروفیل ولتاژ در سطح بار دوم ۸۳
شکل ۶-۲۵ منحنی پروفیل ولتاژ در سطح بار سوم..... ۸۴

فهرست جدول‌ها

جدول ۶-۱ پارامترهای تجهیزات شبکه دو ناحیه‌ای همراه با SVC ۴۲
جدول ۶-۲ اطلاعات اقتصادی مربوط به شبیه‌سازی جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن مدل واقعی خط ۵۲
جدول ۶-۳ پارامترهای مربوط به قیود مسئله جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن مدل واقعی خط ۵۲
جدول ۶-۴ اطلاعات مربوط به پارامترهای مورد استفاده الگوریتم MOPSO ۵۲
جدول ۶-۵ پارامترهای SVC و کنترل‌کننده آن ۵۳
جدول ۶-۶ پاسخ پارتو به دست آمده از روش MOPSO برای جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن مدل واقعی خط در شبکه دو ماشینه ۵۵
جدول ۶-۷ پاسخ پارتو به دست آمده از روش MOPSO برای جایابی SVC در خط بلند با در نظر گرفتن مدل واقعی خط در شبکه چهار ماشینه کندور ۶۱
جدول ۶-۸ پارامترهای مربوط به قیود مسئله جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت دو هدفه ۶۶
جدول ۶-۹ پاسخ پارتو به دست آمده از روش MOPSO برای جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت دو هدفه ۶۸
جدول ۶-۱۰ اطلاعات اقتصادی مربوط به شبیه‌سازی جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت چند هدفه با در نظر گرفتن سه سطح بار ۷۵
جدول ۶-۱۱ پارامترهای مربوط به قیود مسئله جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت چند هدفه با در نظر گرفتن سه سطح بار ۷۶
جدول ۶-۱۲ پاسخ پارتو به دست آمده از روش MOPSO برای جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به همراه بهترین پاسخ مصالحه شده به صورت سه هدفه (متغیرهای مسئله، هزینه کل و پایداری گذرا) ۷۷
جدول ۶-۱۳ پاسخ پارتو به دست آمده از روش MOPSO برای جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به همراه بهترین پاسخ مصالحه شده به صورت سه هدفه (تلفات سه سطح بار، هزینه کل تلفات، هزینه SVC و انحراف ولتاژ) ۷۹

جدول ۶-۱۴ مقادیر حداقل توابع هدف مختلف و مکان نصب SVC، شماره پاسخ پارتو و ظرفیت SVC در این توابع هدف ۸۱
جدول ۶-۱۵ مقادیر حداکثر توابع هدف مختلف و مکان نصب SVC، شماره پاسخ پارتو و ظرفیت SVC در این توابع هدف..... ۸۲
جدول ۶-۱۶ مقایسه بین هزینه تلفات و هزینه SVC در دو حالت در نظر گرفتن سه سطح و یک سطح بار در جایابی SVC در شبکه چند ماشینه به صورت سه هدفه ۸۵

فهرست کلمات اختصاری

FACTS	Flexible AC Transmission Systems
MOPSO	Multi Objective Particle Swarm Optimization
PSO	Particle Swarm Optimization
PSS	Power System Stabilizer
SSSC	Static Synchronous Compensator
STATCOM	Static Compensator
SVC	Static Var Compensator
TCRs	Tyristor Controlled Reactors
TCSC	Tyristor Controlled Series Capacitors
TSCs	Tyristor Switched Reactors

فصل اول: مقدمه

۱-۱-مقدمه

در دهه‌های گذشته ادوات سیستم های انتقال جریان متناوب انعطاف‌پذیر[1] (FACTS) برای اهداف مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است. برخی از این اهداف شامل بهبود پروفیل ولتاژ[2]، کاهش تلفات توان اکتیو[3]، بهبود پایداری گذرای سیستم قدرت[4] و افزایش بار پذیری خطوط[5] می‌باشند [۱]. همه این اهداف مهم بوده به خصوص بهبود پایداری گذرای سیستم قدرت که از اهمیت خاصی برخوردار است. اگر سیستم قدرت دارای پایداری گذرای ضعیفی باشد، در زمان خطا ممکن است شبکه دچار خاموشی سراسری[6] شود. حتی اگر خطا به اندازه‌ای نباشد که باعث خاموشی سراسری گردد، پایداری گذرای کم به روتور ژنراتورها آسیب وارد می‌کند. از این رو، از قابلیت پاسخ‌دهی سریع ادوات FACTS می‌توان در رفع این مشکل استفاده کرد. از جمله اهداف مهم دیگر در شبکه قدرت که می‌تواند با توجه به قابلیت‌های ادوات FACTS بهبود یابد، بهبود پروفیل ولتاژ است. حداقل سازی میزان انحراف ولتاژ باس‌ها از مقدار نامی یکی از مهم‌ترین مسائل در شبکه‌های قدرت انرژی الکتریکی می‌باشد به طوری که تمامی وسایل الکتریکی اعم از وسایل کنترلی در نیروگاه‌ها و پست‌ها و وسایل مصرف‌کننده انرژی الکتریکی برای کار در یک محدوده خاص طراحی‌شده‌اند و هرگونه انحراف از این مقدار باعث کاهش راندمان و حتی آسیب رساندن به این تجهیزات الکتریکی می‌شود. هدف کاهش تلفات نیز با توجه به تلفات زیاد و قابل‌توجه در شبکه‌های قدرت، از اهمیت خاصی برخوردار است و می‌تواند باعث افزایش هزینه‌های تولید و کاهش راندمان شبکه گردد.

کنترل‌کننده‌های FACTS با به‌کارگیری کنترل‌کننده‌های پرسرعت الکترونیک قدرت امکانات و قابلیت‌های زیر را برای سیستم قدرت ایجاد می‌نمایند:

[1] Flexible AC Transmission Systems (FACTS)
[2] Voltage Profile
[3] Active Power Loss
[4] Power System Transient Stability
[5] Loadability
[6] Blackout

- کنترل فلوی توان اکتیو به طوری که بتواند انتقال و مقدار آن را در مسیرهای دلخواهی کنترل نماید.
- کنترل بارگیری خطوط انتقال تا نزدیکی‌های ظرفیت حرارتی آن‌ها به طوری که در عین اینکه از حداکثر ظرفیت خطوط استفاده می‌گردد، مانع از اضافه‌بار آن‌ها می‌شود. این امر باعث می‌شود که به واسطه افزایش توانایی انتقال توان بین نواحی، بتوان حاشیه ذخیره تولید در سیستم را کاهش داد.
- میرایی نوسانات توان که در صورت عدم میرایی می‌توانند باعث صدمه دیدن تجهیزات و محدود نمودن ظرفیت انتقال خطوط گردند.
- جلوگیری از توسعه و گسترش حوادث و خروج پی در پی تجهیزات از طریق محدود نمودن اثر خطاها و معیوب شدن تجهیزات

ادوات FACTS علاوه بر کنترل پارامترهای شبکه قدرت به طور غیرمستقیم بر روی برخی از پدیده‌های موجود در سیستم قدرت تأثیرگذار است، چند نمونه از این پدیده‌ها را که در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرند در زیر بیان می‌شوند.

- کاهش هزینه تولیدی انرژی الکتریکی
- کاهش آلودگی ناشی از تولید انرژی الکتریکی
- افزایش بهبود شاخص پایداری ولتاژ
- کاهش انحراف ولتاژ[1] در شبکه‌های قدرت
- کاهش میزان تلفات انرژی الکتریکی

ادوات FACTS دارای انواع مختلف است. با توجه به تجهیزات به‌کاررفته در سی ستم‌های انتقال جریان متناوب انعطاف‌پذیر، این ادوات به سه گروه تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارت‌اند از:

- ادوات FACTS سنتی
- ادوات FACTS هدایت الکترونیکی

[1] Voltage Deviation

- ادوات FACTS پیشرفته

در گروه اول این ادوات از عناصر الکترونیک قدرت استفاده نشده است بلکه المان‌های به‌کاررفته در تجهیزات این گروه عبارت‌اند از: مقاومت، راکتور، خازن ، جابه‌جا گر فاز و ترانسفورماتورهای تنظیم. در گروه دوم ادوات FACTS از کلیدهای تریستوری به عنوان کلید نیمه‌هادی استفاده می‌شود، که تنها روشن شدن این کلیدها را می‌توان کنترل و یکی از معایب این گونه کلیدها این است که خاموش شدن آن‌ها را نمی‌توان کنترل کرد. با پیشرفت‌های اخیر در زمینه الکترونیک قدرت و پیدایش کلیدهای قدرت با قابلیت قطع و وصل مانند GTO، IGBT نسل جدیدی از ادوات FACTS معرفی شدند. این کلیدهای قدرت که قابلیت خاموش شوندگی قابل‌کنترل را دارند، برجستگی‌های عمده‌ای در رفتار ادوات FACTS ایجاد کردند.

با توجه به اطلاعات موجود در کنترل‌کننده‌های FACTS بر حسب نحوه قرارگیری در شبکه انتقال به چهار دسته تقسیم می‌شوند که به صورت زیر هستند:

- کنترل‌کننده‌های سری
- کنترل‌کننده‌های موازی (شنت)
- کنترل‌کننده‌های ترکیبی سری – سری
- کنترل‌کننده‌های ترکیبی سری – موازی

در این پایان‌نامه از یک نوع پیشرفته ادوات FACTS به نام جبرانساز راکتیو استاتیک[1] (SVC) استفاده شده است که به صورت موازی (شنت) به شبکه متصل می‌گردد. هدف اولیه کاربرد این جبرانساز در یک سیستم قدرت افزایش قابلیت انتقال توان در یک شبکه انتقال، از نیروگاه تا بار است. از آنجا که جبرانساز استاتیکی نمی‌تواند توان حقیقی تولید یا جذب کند، انتقال توان سیستم به صورت غیرمستقیم از این جبرانساز با کنترل ولتاژ تأثیر می‌پذیرد. این بدین معنی است که توان راکتیو خروجی (خازنی یا القایی) جبرانساز برای کنترل ولتاژ در پایانه‌های معین شبکه انتقال تغییر داده می‌شود تا سیلان توان مطلوب در سیستم حفظ شود.

[1] Static Var Compensator (SVC)

در سیستم‌های قدرت، خطوط بلند[1] برای انتقال توان بین دو ناحیه با مسافت طولانی مانند فاصله بین دو کشور مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این نوع خطوط، جبرانسازهای راکتیو قدرت مانند SVC برای بهبود پروفیل ولتاژ و پایداری گذرای سیستم‌های قدرت استفاده می‌شوند. در مطالعات قبلی روی این موضوع، ثابت شده بود که وقتی جبرانسازهای راکتیو قدرت در وسط خط بلند قرار می‌گیرند، بیش‌ترین کارکرد را از خود نشان می‌دهند [۱]. ولی وقتی در این خطوط از مدل واقعی خط[2] به جای مدل ساده‌شده استفاده می‌شود، نتایج کمی متفاوت است. جبرانسازهای راکتیو قدرت وقتی بیش‌ترین بازده را دارد که کمی از وسط خط به سمت ناحیه‌ای که مسیر حرکت توان اکتیو است، قرار گیرند [۲, ۳]. در این پایان‌نامه، مکان بهینه SVC در خطوط بلند که دارای مدل واقعی به دست آمده است.

وقتی SVC در یک سیستم قدرت برای تأمین ولتاژ شین استفاده می‌گردد، یک کنترل‌کننده اضافه[3] می‌تواند کمک به تنظیم ولتاژ شین کند که باعث میرایی بیشتر نوسانات می‌گردد [۴]. با این وجود، مقادیر پارامترهای این کنترل‌کننده تأثیر زیادی در عملکرد آن در میرایی نوسانات دارد. تنظیم بهینه کنترل‌کننده مسئله دشواری در سیستم قدرت بوده و روش‌های بسیاری برای حل آن توسعه یافته است [۵–۸]. در این پایان‌نامه، به منظور عملکرد بهتر SVC در بهبود پایداری گذرای سیستم قدرت، یک کنترل‌کننده اضافه استفاده و پارامترهای آن تنظیم شده است.

مسئله دیگری که وجود دارد این است که با وجود تمامی مزایایی که برای SVC موجود است، هزینه سرمایه‌گذاری[4] آن بسیار زیاد است. هزینه سرمایه‌گذاری این دستگاه با مقدار ظرفیت آن در ارتباط دارد. مکان بهینه و تنظیم پارامترهای SVC می‌تواند باعث بهبود عملکرد آن و کاهش نیاز به اندازه‌های بزرگ‌تر این دستگاه گردد. اندازه و ظرفیت کمتر، هزینه کمتری برای این دستگاه به دنبال دارد. در این پایان‌نامه، کاهش هزینه سرمایه‌گذاری SVC به عنوان یکی از اهداف مسئله مورد نظر قرار گرفته است.

[1] Long distant transmission lines
[2] Actual Line Model
[3] Extra Controller
[4] Investment Cost