١٠٨٣٣٧

۸۷/۱/۱۰۰۶۲۷
۸۷/۱۰/۱۴

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

عنوان پایان نامه

روش نوین الکترونیکی جهت جبران سازی سری در خطوط انتقال

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق

گرایش الکترونیک

محمود امیری

۱۳۸۷/۱۰/۰۶

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر سید ابراهیم افجه ای

شهریور ۸۷

۱۰۸۳۳۷

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

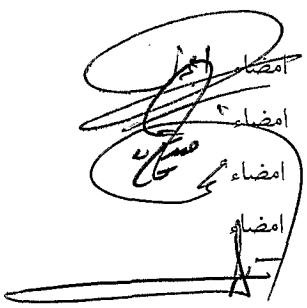
پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق- گرایش الکترونیک

تحت عنوان:

روش نوین الکترونیکی جهت جبران سازی سری در خطوط انتقال

در تاریخ ۸۷/٦/۲۷ پایان نامه دانشجو، محمود امیری، توسط کمیته تخصصی داوران مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱- استاد راهنما اول:	دکتر سید ابراهیم افجه ای
۲-استاد داور (داخلی)	دکتر مصطفی صدیقی زاده
۳- استاد داور (خارجی)	دکتر مصطفی محمدیان
٤- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر فرح ترکمنی آذر



"سپاس خدایی را که به من فهماند هیچ نمی‌دانم و یاریم نمود تا بیشتر بدانم که هیچ نمی دانم."

از **پدر** و **مادر** و **خانواده** عزیزم که با صبر و حمایت بی دریغ خویش مرا یاری نمودند تا مراحل زندگی را با موفقیت پشت سر بگذارم سپاسگذارم.

از استاد ارجمند، جناب آقای دکتر سید ابراهیم افجه ای که با راهنمایی های ارزنده اشان مرا در این مهم یاری نمودند و همچنین از تمامی عزیزان بالاخص جناب آقای دکتر مصطفی صدیقی زاده کمال تشکر و قدردانی را دارم.

کلیه حقوق مادی مرتبط بر نتایج مطالعات،

ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع

این پایان نامه متعلق به دانشگاه شهید بهشتی

می باشد.

به نام خدا

نام ونام خانوادگی: محمود امیری

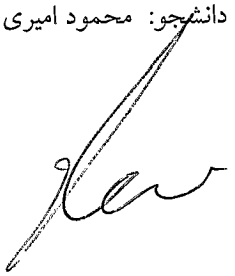
عنوان پایان نامه: روش نوین الکترونیکی جهت جبران سازی سری در خطوط انتقال

استاد/اساتید راهنما: جناب آقای دکتر سید ابراهیم افجه ای

اینجانب محمود امیری تهیه کننده پایان نامه کارشناسی ارشد حاضر خود را ملزم به حفظ امانت داری و قدردانی از زحمات سایر محققین و نویسندگان بنا بر قانون Copyright می دانم. بدین وسیله اعلام می نمایم که مسئولیت کلیه مطالب درج شده با اینجانب می باشد و در صورت استفاده از اشکال؛ جداول، و مطالب سایر منابع، بلافاصله مرجع آن ذکر شده و سایر مطالب از کار تحقیقاتی اینجانب استخراج گشته است و امانتداری را به صورت کامل رعایت نموده ام. در صورتی که خلاف این مطلب ثابت شود، مسئولیت کلیه عواقب قانونی با شخص اینجانب می باشد.

نام ونام خانوادگی دانشجو: محمود امیری

امضاء وتاریخ:



تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

فهرست

فصل اول مفاهیم تکنولوژی FACTS ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ شبکه های انتقال نیرو ۲

۱-۳ سیلان توان در یک سیستم AC ۵

۱-٤ مفهوم تکنولوژی FACTS ۵

۱-۵ محدودیت های قابلیت باربری در انتقال توان ۷

۱-٦ انواع اصلی کنترل کننده های FACTS ۹

۱-٦- ۱ کنترل کننده های سری ۱۰

۱-٦-۲ کنترل کننده های موازی ۱۰

۱-٦-۳ کنترل کننده های ترکیبی ۱۱

۱-٦-۳-۱ کنترل کننده های ترکیبی سری- سری ۱۱

۱-٦-۳-۲ کنترل کننده ترکیبی سری- موازی ۱۱

۱-۷ اهمیت انواع کنترل کننده های FACTS ۱۲

۱-۸ مزایای تکنولوژی FACTS ۱٦

فصل دوم جبران سازهای استاتیکی سری ۱۹

۲-۱ مقدمه ۲۰

۲-۲ دلایل استفاده از جبران سازی سری ۲۰

۲-۳ مفهوم جبران سازی خازنی به صورت سری ۲۱

۲-٤ اهداف جبران سازی سری ۲٤

۲-٤-۱ پایداری ولتاژ ۲٤

۲-٤-۲ اصلاح پایداری گذرا ۲۵

۲-٤-۳ میرایی نوسانات توان ۲۷

۲-٤-٤ میرایی نوسانات زیر سنکرون ۲۸

۲-۵ جبران ساز های سری نوع امپدانس متغیر ۳۰

۲-۵-۱ خازن سری کنترل شده با تریستور GTO(GCSC) ۳۰

۲-۵-۲ خازن سری سوئیچ شده با تریستور (TSSC) ۳۲

۲-۵-۳ خازن سری کنترل شده با تریستور (TCSC) ۳٤

۲-۵-٤ کنترل جبران سازهای سری نوع امپدانس متغیر ۳٦

۲-٦ جبران سازهای سری، نوع کنورتور سوئیچ شونده ۳۸

۲-٦-۱ جبران ساز استاتیکی سنکرون (SSSC) ۳۹
۲-٦-۲ مشخصه توان انتقال یافته در برابر زاویه انتقال ٤۱
۲-٦-۳ محدوده کنترلی و مقدار نامی ولت آمپر (VA) ٤۲
۲-٦-٤ قابلیت تامین جبران سازی توان حقیقی ٤۳
۲-٦-٥ ایمنی در برابر تشدید زیر سنکرون..... ٤٤
۲-٦-٦ کنترل داخلی..... ٤٥
۲-۷ مقایسه بین انواع جبرن سازهای سری..... ٤٦
فصل سوم ادوات FACTS توزیع شده ٥۰
۳-۱ مقدمه ٥۱
۳-۲ خصوصیات و محدودیت های ادوات FACTS ٥۱
۳-۳ جبران کننده سری استاتیک توزیع شده (DSSC) ٥۲
۳-٤ عملکرد DSSC در سیستم های قدرت ٥٦
۳-٥ راه حل توزیع شده در مقایسه با راه حل مجموع..... ٥۸
۳-٦ مزایای اقتصادی و اجرایی راه حل توزیع شده..... ٦۰
فصل چهارم معرفی یک عنصر FACTS توزیع شده ٦۲
٤-۱ مقدمه ٦۳
٤-۲ روش پیشنهادی ٦۳
٤-۳ ساختار مدول DSSC مرکب(مدول پیشنهادی) ٦٤
٤-٤ اصول کارکرد مدول DSSC مرکب..... ٦۷
٤-٥ عملکرد مدار کنترلی مدول DSSC مرکب..... ٦۸
فصل پنجم شبیه سازی عنصر FACTS توزیع شده جدید ۷۲
٥-۱ شبیه سازی مدول DSSC مرکب ۷۳
٥-۲ نتایج شبیه سازی ۷٦
٥-۳ طراحی فیلتر برای مدول DSSC مرکب ۸٦
٥-۳-۱ طراحی فیلتر پایین گذر ۹۱
٥-٤ استفاده از کنترل MSPWM در مدول DSSC مرکب..... ۹٤
فصل ششم نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۰۱
مراجع ۱۰٤

چکیده

ادوات FACTS برای کنترل سیلان توان در شبکه های انتقال جهت کاهش ازدحام و محدود نمودن جریان های حلقه استفاده می شوند. هزینه های بالا و نگرانی های قابلیت اطمینان، استفاده های ما را در کاربرد این ادوات در مضیغه قرار می دهد. مفهوم FACTS توزیع شده راهی برای از بین بردن این مشکلات در کنترل سیلان توان را نشان می دهد. این پایان نامه یک کنترلر FACTS توزیع شده نوین را معرفی می کند که هزینه این کنترلر نسبت به کنترلر های FACTS توزیع شده اخیر کمتر می باشد.

همان گونه که می دانیم مدول DSSC(جبران ساز سری استاتیک توزیع شده)، یک کنترلر سیلان توان با هزینه موثر می باشد که بر پایه اینورتور تمام پل می باشند. در این جا ما برای کاهش هزینه این کنترلرها، آنها را پایه اینورتور نیمه پل بنا نهادیم و برای از بین بردن ضعف اینورتور نیمه پل ،آنها را با هم ترکیب نمودیم. بدین صورت به جای استفاده از دو مدول FACTS توزیع شده مجزا بر پایه اینورتور تمام پل، از ترکیب دو مدول FACTS توزیع شده بر پایه اینورتور نیمه پل استفاده نمودیم.

کنترلر های DSSC مجزا و مرکب(نوین) در نرم افزار PSCAD شبیه سازی شده اند. نتایج بدست آمده از شبیه سازی دو کنترلر FACTS توزیع شده مجزا و مرکب(نوین) برای یک جبران سازی مشخص ، یکسان بودن عملکرد هر دو آنها را نشان می دهد که با توجه به ساختار هر دو آنها، FACTS توزیع شده مرکب(نوین) از هزینه کمتری نسبت به FACTS توزیع شده مجزا برخوردار است.

کلید واژه ها : FACTS، FACTS توزیع شده، DSSC، دو اینورتر نیمه پل مرکب

فصل اول

مفاهیم تکنولوژی FACTS

۱-۱ مقدمه

شبکه های انتقال نیروی انعطاف پذیر (FACTS[۱])، یکی از جنبه های کاربرد الکترونیک قدرت در سیستم های انرژی الکتریکی می باشد که در بسیاری از سیستم های انرژی الکتریکی در حال استفاده می باشند. ادوات الکترونیک قدرت با توجه به امکان کلید زنی سریع و قابل اطمینان، با تکیه بر مفاهیم جدیدی از مدارها فرصت هایی را برای استفاده بهتر از انرژی الکتریکی فراهم می کند. در حالی که فن آوری هایی همچون ترانزیستور و میکرو الکترونیک بسیاری از جنبه های زندگی ما را دچار تحول کرده اند، تاثیر حائز اهمیت ادوات الکترونیک قدرت در زمینه های انرژی و به دنبال آن بر مسایل روزمره زندگی را نیز بی تردید نمی توان نادیده انگاشت. بدیهی است که انقلاب الکترونیک قدرت در حال وقوع است، و کاربرد الکترونیک قدرت به گسترش خود ادامه خواهد داد[۱].

در این فصل به بررسی تکنولوژی FACTS پرداخته می شود تا با مفهوم تکنولوژی FACTS و کنترل کننده های آن آشنا گردیم که در نهایت از مزایا و دلایل استفاده از این تکنولوژی در سیستم های انتقال ac مطلع گردیم.در انتهای فصل نیز به بررسی انواع کنترل کننده های FACTS و اهمیت آنها پرداخته می شود.

۱-۲ شبکه های انتقال نیرو

اغلب سیستم های تامین نیروی برق در جهان به صورت گسترده ای به هم پیوسته اند.این به هم پیوستگی شامل ارتباطات داخلی قلمرو شرکت های برق بوده که در حد اتصالات بین شبکه ای گسترده شده

---

[۱] Flexible AC Transmission Systems

و در نهایت به شبکه های فرا منطقه ای و بین المللی توسعه یافته است.این کار به دلایل اقتصادی انجام می شودتا هزینه برق کاهش یافته و قابلیت اطمینان آن افزایش یابد[۱].

شبکه انتقال نیروی به هم پیوسته قادر است که با بهره گیری از پراکندگی بارها ،در دسترس بودن منابع و قیمت سوخت، انرژی الکتریکی را با حداقل قیمت و قابلیت اطمینان مورد نیاز به مصرف کننده برساند.به طور کلی اگر یک سیستم تحویل انرژی الکتریکی از خطوط شعاعی تشکیل شده باشد که از مولدهای منفرد محلی منشعب شده باشند،بدون اینکه بخشی از یک شبکه به هم پیوسته باشند،منابع تولید بسیار بیشتری لازم خواهد بود که باری را با همان قابلیت اطمینان تامین نماید؛ و بدین ترتیب هزینه برق به مراتب بالاتر خواهد رفت.با چنین دیدگاهی خط انتقال نیرو همیشه جایگزینی برای یک منبع تولید جدید خواهد بود. قابلیت انتقال کمتر به معنای آن است که به منابع تولیدی بیشتری نیاز خواهد بود،صرف نظر از اینکه سیستم از نیروگاه های کوچک یا بزرگ تشکیل شده باشد.در واقع ،مولد های کوچک پراکنده هنگامی از نظر اقتصادی به صرفه خواهند بود که از یک شبکه انتقال مستحکم برخوردار باشند[۲].

کسی نمی تواند به درستی بهینه بودن تعادل میان تولید و انتقال را در یابد، مگر طراحان سیستم که از روش های پیشرفته تحلیلی استفاده می کنند و در این روش ها ،برنامه ریزی شبکه انتقال را با یک برنامه اقتصادی یکپارچه تولید و انتقال انجام می دهند.هزینه خطوط انتقال نیرو و تلفات،همچنین مشکلات فرا روی احداث خطوط جدید اغلب محدود کننده ظرفیت شبکه انتقال است.به نظر می رسد موارد زیادی وجود داشته باشد که در آن ها تامین انرژی اقتصادی یا مشارکت در منابع ذخیره یا محدودیت ظرفیت انتقال مواجه باشد و چشم اندازی برای بهبود وضعیت وجود نداشته باشد.در محیطی تغییر ساختار یافته برای ارایه خدمات برق،شبکه برق کارآمد از اهمیت حیاتی برای رقابتی کردن فضا در تامین این خدمات برخوردار است.

از طرف دیگر با رشد میزان انتقال توان ،سیستم قدرت به صورت فزاینده ای از نظر بهره برداری پیچیده تر شده و برای گذر از قطعی های عمده از ایمنی کمتری برخوردار می گردد.این امر ممکن است به سیلان مقادیر زیاد توان،بدون کنترل مناسب ،منجر شود؛توان راکتیو اضافی در بخش های مختلف سیستم ایجاد

نماید؛نوسانات دینامیکی بزرگی بین بخش های مختلف سیستم و گلوگاه ها ایجاد کند؛به صورتی که از همه ظرفیت ها و قابلیت های شبکه انتقال بهره برداری به عمل نیاید[۲].

به طور کلی سیستم های قدرت ،امروزه به صورت مکانیکی کنترل می شوند.هر چند در شبکه انتقال امروزی استفاده گسترده ای از میکرو الکترونیک،کامپیوترها و مخابرات سریع برای کنترل و حفاظت به عمل میآید،لیکن،هنگامی که سیگنال های عملیاتی به مدارها ارسال میشوند،یعنی همان جایی که آخرین عمل کنترلی انجام می شود،تجهیزات کلید زنی به صورت مکانیکی هستند و کنترل سریع در این مرحله وجود ندارد.مشکل دیگر دستگاه های مکانیکی آن است که کنترل با این تجهیزات نمی تواند مکرراً انجام شود؛زیرا این ادوات مکانیکی در مقایسه با تجهیزات استاتیکی در معرض فرسودگی سریع قرار دارند.در نتیجه هم از دیدگاه حالت های گذرا و هم از دیدگاه بهره برداری در حالت پایدار سیستم در واقع کنترل نشده است[۲].

طراحان سیستم های قدرت ،بهره بردارن و مهندسین،آموخته اند که با بهره گیری از مجموعه متنوعی از روش های ابتکاری، با این محدودیت ها زندگی کنند تا بتوانند سیستم را به طور موثرتری به کار وا دارند.

در سال های اخیر ،بار تحمیلی به شبکه های انتقال افزایش یافته است و این افزایش هم چنان به دلیل ازدیاد تعداد مولدهای منفرد و جدا از شرکت های برق و همچنین افزایش رقابت میان خود شرکت ها،ادامه خواهد یافت.به این امر باید این مسئله را نیز افزود که بدست آوردن حریم های جدید برای عبور خطوط انتقال نیرو بسیار مشکل شده است.افزایش بار انتقالی ،نبود طراحی بلند مدت و نیاز به دسترسی آزادانه شرکت ها و مشترکین به موسسات تولید کننده،همه با هم موجب پدیدار شدن تمایلاتی در جهت ایمنی کمتر و کیفیت پائین تر تولید و تامین نیرو شده اند.تکنولوژی FACTS ،با قادر کردن شرکت ها به بهره گیری حداکثر از امکانات انتقال خود و با افزایش قابلیت اطمینان شبکه ؛از عوامل اساسی در برطرف نمودن پاره ای از این مشکلات می باشد[۲].

هر چند ،باید تاکید کرد که در بسیاری از ضرورت های افزایش ظرفیت شبکه،احداث خطوط جدید،یا افزایش ظرفیت جریان و ولتاژ خطوط موجود در یک کریدور،ضرورت دارد.

۱-۳ سیلان توان در یک سیستم AC

در حال حاضر بسیاری از امکانات انتقال علاوه بر آن که قادر به هدایت توان در جهت دلخواه نیستند،با یک یا چند پارامتر محدود کننده شبکه مواجه هستند.

در سیستم های قدرت ac،اگر ذخیره تولید قابل توجهی وجود نداشته باشد،تولید و مصرف برق بایستی در تمام مدت دارای تعادل باشند.تا حدودی ،سیستم های الکتریکی حالت "خود- تنظیم" دارند.اگر تولید کمتر از بار مصرفی باشد، ولتاژ و فرکانس کاهش می یابند، و در نتیجه تا حد برابر شدن با تولید ،منهای تلفات انتقال،کاسته می شود.با این وجود،برای چنین "خود- تنظیم" کنندگی فقط درصد مختصری حاشیه تغییرات وجود دارد.اگر ولتاژ با حمایت توان راکتیو پابرجا بماند،مقدار بار افزایش خواهد یافت و در نتیجه فرکانس به کاهش خود ادامه خواهد داد و نهایتاً سیستم ساقط خواهد شد.بر همین منوال اگر بار راکتیو نا مناسب باشد،سیستم دچار فروپاشی ولتاژ خواهد شد[۱].

اگر مقدار متناسب باشد،مقداری توان اکتیو از مناطقی که مازاد تولید دارند به مناطقی که کمبود دارند جریان می یابد، و این جریان از همه مسیرهای موازی و در دسترس که شامل خطوطی در همه سطوح ولتاژ از متوسط تا زیاد است،عبور می نماید.اغلب خطوط طولانی در مسیر خود از نیروگاه ها و مناطق بار متعددی گذر می کنند[۳].

۱-٤ مفهوم تکنولوژی FACTS

سیستم های انعطاف پذیر انتقال AC (FACTS)، یک مفهوم جدید بر اساس ترکیب کنترل کننده های مبتنی بر الکترونیک قدرت و کنترل کننده های استاتیکی دیگر برای افزایش قابلیت کنترل و افزایش قابلیت انتقال توان می باشد[٤].

کنترل کننده FACTS، یک سیستم مبتنی بر الکترونیک قدرت و دیگر تجهیزات استاتیکی است که کنترل یک یا چند پارامتر سیستم انتقال ac را میسر می سازد[٤].

آن چه که برای برنامه ریزان انتقال جالب است،آن است که تکنولوژی FACTS ،فرصت های جدیدی را برای کنترل و افزایش ظرفیت قابل بهره برداری خطوط موجود و هم چنین خطوط جدید و ارتقاء 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 درون چنین خطوطی تحت شرایط عادی و پیش بینی نشده ممکن می سازد[٥].

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

غلبه بر این محدودیت ها ،ضمن حفظ قابلیت اطمینان سیستم با استفاده از عوامل مکانیکی،بدون کاستن از ظرفیت قابل بهره برداری انتقال،مقدور نیست.کنترل کننده های FACTS می توانند با تامین انعطاف پذیری اضافی ، یک خط انتقال را قادر به منتقل نمودن توان تا نزدیکی حد حرارتی آن بنماید.کلید زنی مکانیکی نیازمند آن است که با پاسخگویی سریع الکترونیک قدرت تکمیل شود.بایستی تاکید نمود که FACTS یک فن آوری توانمند سازانه است نه یک جایگزین متناظر برای کلید های مکانیکی می باشد [٣].

تکنولوژی FACTS یک کنترل کننده منفرد و پر توان نیست، بلکه مجموعه ای از کنترل کننده هاست،که هر یک می تواند به تنهایی یا با هماهنگی دیگر کنترل کننده ها یک یا چند پارامتر ذکر شده را در سیستم کنترل نماید.یک کنترل کننده FACTS که به طرز مناسبی انتخاب شده باشد،می تواند محدودیت های خاص یک خط مشخص یا یک کریدور را بر طرف نماید[٤].

از آن 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.همان گونه که ترانزیستور جزء پایه برای طیف

وسیعی از تراشه های میکروالکترونیکی و مدارات است، تریستور یا ترانزیستور قدرت بالا نیز جزء اصلی برای مجموعه ای از کنترل کننده های الکترونیکی قدرت بالا است.

تکنولوژی FACTS همچنین قابلیت آن را دارد که بتوان با استفاده از آن حد انتقال قابل بهره برداری را به صورت 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 براساس یک سناریوی گسترش یابنده متشکل از ادوات کلید زنی 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 برنامه سرمایه گذاری مرحله ای و مناسب،کسب نماید[٤]

۱-۵ محدودیت های قابلیت باربری در انتقال توان

با فرض اینکه مالکیت شبکه مطرح نباشد و هدف، بهترین استفاده از دارایی های شبکه انتقال و به حداکثر رساندن قابلیت باربری آن (با در نظر داشتن شرایط اضطراری) باشد،عواملی که باعث محدودیت قابلیت باربری شبکه می شوند به صورت زیر می باشند[۵]:

- حرارتی
- عایقی
- پایداری

حد حرارتی- قابلیت حرارتی یک خط انتقال هوایی تابعی از درجه حرارت محیط،شرایط باد،شرایط هادی و فاصله تا زمین است.مقدار آن شاید به نسبت ۲به ۱ در اثر تغییرات محیطی و نحوه بارگیری خط در گذشته تغییر نماید.عموماً ظرفیت نامی یک خط انتقال بر اساس مبانی محافظه کارانه ای اختیار می شود که در آن بدترین سناریو برای شرایط محیطی –که طبق آمار بروز می نماید–در نظر گرفته می شود.

این شرایط در واقعیت به ندرت اتفاق می افتد و به معنای آن است که در اغلب موارد،ظرفیت لحظه ای زیادتری نسبت به آن چه که فرض می شود در خط وجود دارد.بعضی شرکت ها مقادیر زمستانی و تابستانی برای حد انتقال شبکه خود در نظر می گیرند اما باز هم حاشیه قابل توجهی برای بازی کردن باقی می ماند.برنامه های کامپیوتری غیر هم زمانی هم وجود دارند که می توانند ظرفیت باربری خط را بر اساس شرایط محیطی قابل حصول و تاریخچه بار گیری کوتاه مدت محاسبه کنند.

در مقابل ،تجهیزات پایش[1] هم زمان هم وجود دارد که می توانند مبنایی برای تعیین ظرفیت باربری لحظه ای باشند.این روش ها در طول چندین سال تکامل یافته اند.با در نظر گرفتن سن فن آوری اتوماسیون(که شاخص آن سیستم های GPS و سرویس های مخابراتی پیچیده ولی ارزان هستند)،مطمئناً کسب اطلاعات روزانه یا ساعتی یا لحظه ای در مورد ظرفیت باربری انتقال،منطقی خواهد بود.گاهی اوقات شرایط محیطی می تواند در عمل بدتر از آنی باشد که فرض شده است و لذا داشتن ابزاری برای تعیین ظرفیت واقعی خط می تواند مفید باشد.

در مراحل برنامه ریزی و طراحی ،غالباً ظرفیت باربری خط برای کار در حالت عادی بر مبنای ارزش گذاری مقذار تلفات و با مفروضاتی که بنا به دلایل متفاوت ممکن است عوض شوند،تعیین می شود.با این حال مقدار تلفات می تواند در تعیین ظرفیت اضافی باربری خط به صورت هم زمان،به حساب آورده شود.

البته افزایش ظرفیت یک مدار انتقال شامل ملاحظات مربوط به ظرفیت لحظه ای ترانسفورماتورها و سایر تجهیزات نیز می شود،به طوری که احتمالاً بعضی از آنها بایستی تغییر یابند تا ظرفیت بارگیری خط افزایش یابد. ظرفیت بارگیری لحظه ای ترانسفورماتور با خنک تر شدن بیشتر، افزایش می یابد.

امکان دیگر برای ارتقاء ظرفیت باربری خط انتقال،تعویض هادی آن با هادی دیگری است که مقدار جریان نامی آن بیشتر است و این امر به نوبه خود ممکن است نیاز به افزایش استحکام سازه های خط داشته باشد.در نهایت احتمال دارد که یک خط تک مداره به یک خط دو مداره تبدیل شود.

---

[1] Monitoring

حد عایقی_از دیدگاه عایق بندی ،اغلب خطوط انتقال نیرو بسیار محافظه کارانه طراحی شده اند.برای یک ولتاژ نامی مشخص،اغلب امکان پذیر است که ولتاژ کارکرد خط را ده درصدو حتی بیشتر افزایش داد.در این حالت بایستی دقت شود که اضافه ولتاژهای دینامیک و گذرا در محدوده معینی باقی بمانند.برق گیرهای جدید بدون فاصله، یا مقره های خط که برق گیر بدون فاصله در داخل آن ها تعبیه شده،یا بازدارنده قدرتمند اضافه ولتاژ که در پست ها با تریستور کنترل می شود،می توانند افزایش قابل ملاحظه ای در سطح ولتاژی خط و پست ایجاد نمایند.فن آوری FACTS می تواند به منظور حصول اطمینان از شرایط اضافه ولتاژی و سیلان قابل قبول به کار گرفته شود.

حد پایداری- برخی از مطالب مربوط به پایداری،ظرفیت انتقال را محدود می کنند.این مطالب شامل موارد زیر هستند:

- پایداری در حالت های گذرا
- پایداری در حالت های دینامیکی
- پایداری در حالت های کار عادی
- فروپاشی فرکانس
- فروپاشی ولتاژ
- تشدید زیر سنکرون

۱-٦ انواع اصلی کنترل کننده های FACTS

به طور کلی،انواع اصلی کنترل کنده های FACTS را می توان به سه دسته تقسیم کرد[۵]:

- کنترل کننده های سری

- کنترل کننده های موازی

- کنترل کننده های ترکیبی

۱- سری- سری

۲- سری- موازی

شکل ۱-۱ الف نماد عمومی برای یک کنترل کننده FACTS را نشان می دهد که به صورت یک پیکان،تریستور در داخل یک جعبه است.

۱-۶-۱ کنترل کننده های سری

کنترل کننده سری می تواند یک امپدانس متغیر باشد،مثل خازن،راکتوروغیره،یا یک منبع متغیر فرکانس اصلی یا زیر سنکرون و فرکانس های هارمونیکی مبنی بر الکترونیک قدرت باشد،(یا ترکیبی از آن ها)که نیاز مورد نظر را بر آورده نماید،[شکل ۱-۱ ب].در اصل همه کنترل کننده های سری ولتاژ را به صورت سری به خط تزریق می کنند.حتی یک امپدانس متغیر ضرب در جریان داخل آن ،نماینده یک ولتاژ سری است که در خط تزریق شده است.تا زمانی که ولتاژ بر جریان خط عمود است ،کنترل کننده سری فقط مقادیری توان راکتیو تامین یا مصرف می کند.هر اختلاف فاز دیگری ،جابه جایی توان واقعی را نیز درگیر خواهد نمود.

۱-۶-۲ کنترل کننده های موازی

مثل کنترل کننده های سری،کنترل کننده موازی می تواند امپدانس متغیر،منبع متغیر یا ترکیبی از آن ها باشد.در اصل همه کنترل کننده های موازی در نقطه اتصال خود جریان به سیستم تزریق می کنند، [شکل۱-۱ ج].حتی یک امپدانس متغیر که به ولتاژ خط متصل شده باشد موجب سیلان جریان متغیری شده و لذا نماینده تزریق جریان به داخل خط است.تا زمانی که جریان تزریق شده و ولتاژ خط عمود باشند،کنترل کننده موازی ففقط مقادیری توان راکتیو تامین یا مصرف می کند.هر اختلاف فاز دیگری ،جابه جایی توان واقعی را نیز درگیر خواهد کرد.