



دانشگاه زنجان

دانشکده فنی مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

عنوان:

معرفی و کاربرد راکتورها در شبکه های فشار قوی و نحوی طراحی ،ساخت و آزمایش آنها

استاد راهنما:

دکتر نظامی زاده

نگارش:
حسن سلیمی الیزئی

اردیبهشت ۸۷

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول

۱-۱ مقدمه

۲-۱ اهداف در جبران بار

۳-۱ منجبران کننده ایده آل

۴-۱ ملاحظات عملی

۴-۱-۱ بارهایی که به جبران نیاز دارند

۴-۱-۲ استانداردهای مورد قبول برای کیفیت تغذیه

۴-۱-۳ مشخصات یک جبران کننده بار

۵-۱ نیازمندی های اساسی در انتقال توان AC

فصل دوم

۱-۲ خلاصه

۲-۲ راکتورهای جبران کننده (شنت)

۳-۲ راکتورهای سری

۳-۲-۱ راکتورهای اتصال کوتاه سری

۳-۲-۲ کاربرد راکتور اتصال کوتاه

۱۳

۱۴

۱۶

۱۶

۱۸

فصلنامه علمی-تخصصی

۲-۳-۳ راکتورهای سری شونده در اتصال موازی ترانسفورماتورهای کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۲-۴ راکتورهای اتصال زمین مرکز ستاره پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۲-۵ راکتورهای خشی کننده (خاموش کننده قوس) جریان اتصال زمین آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۲-۵-۱ قابلیت تنظیم جریان خاموش شونده کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۲-۵-۲ ارتباط بین اندوکتیویته (L) و جریان راکتور کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۲-۵-۳ دیگرام برداری جریان خطوط با اتصال زمین خط L1 و حفاظت سیستم با راکتور کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۲-۶ خشی کننده راکتورهای راه انداز کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۲-۶ راکتورهای راه انداز کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

فصل سوم کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۳-۱ لزوم استفاده از راکتورهای شنت در خطوط انتقال انرژی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۳-۲ استفاده از راکتورهای شنت با قدرت ثابت در خطوط انتقال انرژی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۳-۳ شرایط بهره برداری ایده آل خطوط کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۳-۴ ساختمان و اصول کار راکتورهای شنت قابل کنترل کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۳-۵ مشخصه الکتریکی خط مجهز به راکتور شنت قابل کنترل کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۳-۶ استفاده از راکتورهای شنت قابل تنظیم در شبکه 400 KV در ایران کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

فصل چهارم کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۴-۱ اشکال رانسی های بدون هسته کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

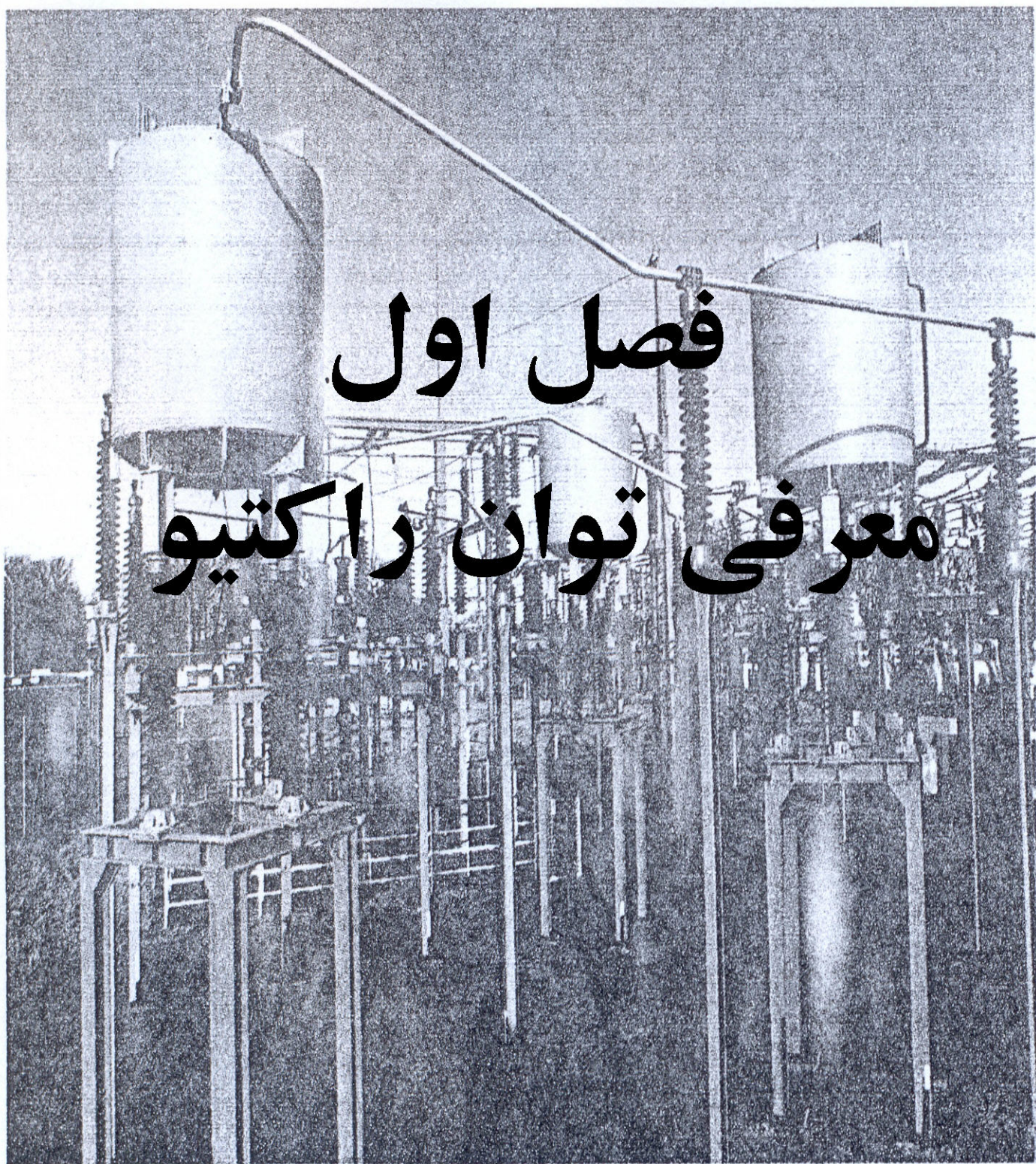
۴-۲ طراحی راکتور سری کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی کوه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

فصل اول

معرفی توان راکتیو



۱-۱ مقدمه: ضرورت جبران سازی

در یک سیستم قدرت الکتریکی AC ایده آل، ولتاژ و فرکانس در هر نقطه تغذیه ثابت و عاری از هارمونیک و ضریب توان واحد خواهد بود. مخصوصاً این پارامترها مستقل از اندازه و مشخصات بارهای مصرفی خواهند بود. در یک سیستم ایده آل هر بار مصرفی طوری طراحی می شود که به جای آنکه در یک محدوده وسیعی از ولتاژ غیر قابل پیش بینی رفتار و عملکرد مناسبی داشته باشد، در یک ولتاژ معین تغذیه بهترین عملکرد را داشته باشد. به علاوه، تداخلی بین بارهای مختلف که می تواند از تغییرات جریان هر بار ناشی شود وجود نداشته باشد.

از کیفیت تغذیه، بر حسب اینکه چگونه ولتاژ و فرکانس در نقطه تغذیه تقریباً ثابت است و چگونه ضریب توان به یک نزدیک است، می توان تصویری داشت. در سیستمهای سه فاز بایستی میزان متعادل بودن ولتاژها و جریان های سه فاز نیز در این تصور منظور شود. تعریف «کیفیت تغذیه» در عبارت عددی مشخص کردن میانگین حداکثر تغییرات مقدار موثر ولتاژ در یک فاصله زمانی است. این مشخص کردن می تواند با استفاده از مفاهیم آماری با دقت بیشتری انجام گیرد و این روش مخصوصاً در مواردی که تغییرات ولتاژ به طور سریع انجام می گیرد (مثلاً در تغذیه کوره های الکتریکی) مفید خواهد بود.

۱-۲ اهداف در جبران بار

جبران بار عبارتست از مدیریت توان راکتیو که به منظور بهبود بخشیدن به کیفیت تغذیه در سیستم های قدرت AC انجام می گیرد. اصطلاح جبران بار در جایی استعمال می شود که مدیریت توان راکتیو برای یک بار تنها (یا گروهی از بارها) انجام می گیرد و وسیله جبران کننده معمولاً در محلی که در تملک مصرف کننده قرار دارد، در نزدیک بار نصب می شود. در جبران بار اهداف اصلی سه گانه زیر مورد نظر است:

۱- اصلاح ضریب توان

۲- متعادل کردن بار

۳- بهبود تنظیم ولتاژ

اصلاح ضریب توان و متعادل کردن بار حتی در مواقعی که ولتاژ تغذیه فوق

العاده «محکم» است (یعنی ثابت و مستقل از بار است) مطلوب خواهند بود. اصلاح ضریب توان

به این معناست که توان راکتیو مورد نیاز بار به جای آنکه از نیروگاه دور تامین گردد، در محلی

نزدیک بار تولید گردد. اغلب بارهای صنعتی دارای ضریب توان پس فاز هستند یعنی توان

راکتیو جذب می کنند. بنابراین جریان بار مقدارش از آنچه که برای تامین توان ضروری است

بیشتر خواهد بود. تنها توان واقعی است که سر انجام در تبدیل انرژی مفید بوده و جریان

اضافی نشان دهنده اتلاف است که مشتری نه تنها بایستی بهای هزینه اضافی کابلی که آن را

انتقال می دهد بپردازد، بلکه تلفات ژولی اضافی ایجاد شده در کابل تغذیه را نیز

انگاشته می پردازد. موسسات تولید کننده همچنین دلیل کافی برای عدم ضرورت انتقال توان راکتیو

غیر ضروری از ژنراتورها به بار را دارند و آن این است که ژنراتورها و شبکه های توزیع قادر

نخواهند بود در ضریب بهره کامل کار کنند و کنترل ولتاژ در سیستم تغذیه بسیار مشکل

خواهد شد. تعرفه های برق همواره مشتریان صنعتی را به واسطه بارهای با ضریب توان پایین

مهندسی گروه برق آنها جریمه می کنند و این عمل سالیان متمادی انجام گرفته و در نهایت منجر به توسعه

گسترده کاربرد سیستمهای اصلاح ضریب توان در مراکز صنعتی شده است.

تنظیم ولتاژ در حضور بارهایی که توان راکتیو مصرفی آنها تغییر می کند، یک موضوع مهم و در

مواردی یک مساله بحرانی خواهد بود. توان راکتیو مصرفی کلیه بارها تغییر می کند، گرچه

مقدار و میزان تغییرات آنها کاملاً متفاوت است. این تغییرات توان راکتیو در تمامی موارد منجر

به تغییرات ولتاژ در نقطه تغذیه می گردد و این تغییرات ولتاژ بر عملکرد مفید و موثر کلیه

وسایل متصل به نقطه تغذیه مداخله نموده و منجر به امکان تداخل در بارهای مصرف کننده

های مختلف می گردد. به منظور جلوگیری از این مساله موسسات تولید کننده برق معمولاً

موظف می شوند که ولتاژ تغذیه را در یک حد قانونی نگاه دارند. وسایل جبران کننده نقش

اساسی را در نگاه داشتن ولتاژ در محدوده مورد نظر بازی می کنند.

بدیهی ترین روش بهبود ولتاژ، قوی تر کردن سیستم قدرت به کمک افزایش اندازه و تعداد واحد های تولید کننده برق و با هر چه متراکم کردن شبکه های به هم پیوسته می باشد. این

روش عموماً غیر اقتصادی بوده و منجر به افزایش سطح اتصال کوتاه و مقادیر نامی کلیدها می شود. راه عملی وبا صرفه تر این است که اندازه سیستم قدرت بر حسب ماکزیمم تقاضای توان واقعی طراحی شود و توان راکتیو به وسیله جبران کننده ها- که دارای قابلیت انعطاف بیش از مولدها بوده و در تغییر سطح اتصال کوتاه دخالت ندارند- فراهم گردد.

مساله سومی که در جبران بار مد نظر است متعادل کردن بار است. اکثر سیستمهای قدرت AC سه فاز بوده و برای عملکرد متعادل طراحی می شوند. عملکرد نامتعادل منجر به ایجاد مولفه

انگشتی توالی منفی و صفر می گردد. این گونه مولفه های جریان اثرات نامطلوبی چون ایجاد تلفات اضافی در موتورها و مولدها، گشتاور نوسانی در ماشین های AC، افزایش ریبیل در یکسوکننده ها، عملکرد غلط انواع تجهیزات، اشباع ترانسفورماتورها و جریان اضافی سیم زمین را به دنبال خواهند داشت. تعدادی از انواع جبران کننده ها در عملکرد متعادل هارمونیک سوم را کاهش

می دهند. در شرایط کار نامتعادل این هارمونی نیز در سیستم قدرت ظاهر می شود. نیازگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

محتوی هارمونیک در شکل موج ولتاژ تغذیه پارامتر مهمی در کیفیت تغذیه محسوب می شود. هارمونیک ها معمولاً به وسیله فیلترها- که دارای اصول طراحی متفاوتی با جبران کننده ها هستند- حذف می گردند. با این وجود مسائل هارمونیک اغلب با مسائل جبران پیش

می آیند و همواره مساله هارمونیک و فیلتر کردن مورد توجه خواهند بود. به علاوه، تعداد زیادی از جبران کننده ها ذاتاً هارمونیک تولید می کنند که بایستی به روش داخلی و یا فیلتر خارجی

تضعیف شوند.

جبران کننده ایده آل ۱-۳

با معرفی اجمالی اهداف اصلی در جبران بار، هم اکنون می توان مفهوم جبران کننده ایده آل را بیان کرد. جبران کننده ایده آل وسیله ای است که در نقطه تغذیه (یعنی به موازات بار) متصل

شده و وظایف سه گانه زیر را بر عهده می گیرد:

۲- تنظیم (تغییر) ولتاژ را حذف یا تا سطح قابل قبولی کاهش می دهد.

۳- جریانهای سه فاز یا ولتاژهای سه فاز را متعادل می کند

جبران کننده ایده آل در حذف اعوجاج ناشی از هارمونیک که در جریان یا ولتاژهای تغذیه موجود است، نقشی ندارد (این عمل به عهده فیلتر مناسب می باشد). لیکن جبران کننده

ایده آل خودش نبایستی تولید هارمونی اضافی نماید. از خواص دیگر جبران کننده ایده آل

توانائیش در پاسخ لحظه ای است که می تواند نقش سه گانه فوق را انجام دهد. جبران کننده ایده آل همچنین توان متوسط مصرف نمی کند، یعنی بدون تلفات در نظر گرفته می شود.

عملیات اصلی سه گانه جبران کننده ایده آل مستقل از یکدیگر هستند. البته اصلاح ضریب

توان و متعادل کردن فازها خود به خود منجر به بهبود در وضعیت تنظیم ولتاژ می گردد. جبران

کننده ایده آل را می توان با بیان موارد زیر دقیق تر معرفی کرد و آن اینکه جبران کننده

بایستی:

(۱) بر طبق نیازمندی بار، مقدار متغیر و قابل کنترل توان راکتیو را بدون تاخیر فراهم

نماید.

(۲) در ترمینال خودش مشخصه ولتاژ ثابتی را ارائه نماید.

(۳) قادر باشد که در سه فاز به طور مستقل عمل نماید.

۱-۴ ملاحظات عملی

۱-۴-۱ بارهایی که به جبران سازی نیاز دارند

مسئله اینکه آیا یک بار معین در شرایط ایده آل نیاز به اصلاح ضریب توان دارد یا خیر، یک

مسئله اقتصادی است که جواب به عوامل مختلفی از آن جمله تعرفه برق، اندازه بار و ضریب

توان جبران نشده بستگی دارد. برای بارهای صنعتی بزرگ با ضریب توان جبران نشده کمتر از ۰.۸، اصلاح ضریب توان از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه خواهد بود.

بارهایی که منجر به تغییرات سریع ولتاژ تغذیه می شوند بایستی برای اصلاح ضریب توان و

همچنین تنظیم ولتاژ جبران شوند. نمونه بارهایی که مستلزم جبران هستند عبارتند از: کوره

های الکتریکی، کوره های القایی، دستگاه جوش الکتریکی، دستگاه جوش القایی، دستگاه هایی

که در کندن معدن و حفاری به کار می روند، موتورهای بزرگ (بخصوص آنهایی که به کرات

خاموش و روشن می شوند)، دستگاه چوب بری، دستگاه هایی مثل سینکروترون که نیاز به منبع

تغذیه با قدرت بالای پالسی دارند. این بارها را می توان به بارهایی که ذاتا رفتار غیر خطی دارند

و بارهایی که با قطع و وصل آنها ایجاد اغتشاش می شود، طبقه بندی کرد. بارهای غیر خطی

معمولا علاوه بر تولید هارمونیک باعث تغییرات ولتاژ فرکانس پایه می گردند. به عنوان مثال

جبران کننده های به کار گرفته شده در کوره های الکتریکی، همیشه همراه با فیلتر هستند که

معمولا برای حذف هارمونی های ۳ و ۵ و ۷ و همچنین برای حذف هارمونی های ۲ و ۴ و ۱۱ و ۱۳

طراحی شده اند.

در صورتی که تعدادی از محرکهای موجود در مراکز به جای موتور القایی از نوع موتور سنکرون

باشند، در ضریب توان و تنظیم ولتاژ بهبود حاصل می شود. زیرا که موتور سنکرون قادر است که

مقدار قابل کنترل توان راکتیو را وارد شبکه و یا از آن جذب نماید. موتور سنکرون همچنین به

واسطه داشتن قسمت گردان، انرژی جنبشی را در خود ذخیره کرده و می تواند سیستم تغذیه را

در هنگام افزایش ناگهانی بار حمایت کند. در موارد زیادی می توان فرورفتگی هایی که در ولتاژ

تغذیه در اثر راه اندازی موتور ایجاد می شود را با راه اندازی آن از طریق یک ترانسفورماتور

قابل تنظیم یا به وسیله یک محرک الکترونیکی توام با وسایل مربوط به راه اندازی تدریجی

جلوگیری کرد.

بزرگ که در وضعیت روشن و DC روند جدید در به کارگیری کنترل با تایرستور در محرکهای

خاموش استعمال می شوند، خود به خود مستلزم جبران هستند، زیرا تولید هارمونیک نموده و

برای عمل کموتاسیون به توان راکتیو نیاز دارند و فاقد قسمت متحرک گردان هستند.

دانشجویان محترم:

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

نتیجه گیری

توان راکتیو یکی از پارامترهای مهم در انتقال انرژی الکتریکی بوده و عدم توجه به کنترل

آن می تواند کار انتقال انرژی را با مشکل مواجه نماید. در خطوط انتقال انرژی که توان بالا

و طول زیادی دارند توان راکتیو نقش مهمی را در کیفیت انتقال دارا می باشد. با کنترل

بهینه این توان می توان انتقال انرژی الکتریکی را به بهترین صورت ممکن انجام داد. این

وظیفه مهم بر عهده جبران کننده ها (راکتورها) می باشد. در خطوط طویل کار انتقال انرژی

بدون نصب راکتور عملاً امکان پذیر نمی باشد. با استفاده از راکتور ها همچنین می توان

ولتاژ خط را هم از لحاظ اندازه و هم پایداری سیستم کنترل نمود. لذا نقش راکتورها در

شبکه های فشار قوی بسیار تعیین کننده بوده لازم است که کارخانه های تولید کننده

ترانسفورماتور توجه بیشتری را به تولید این محصول و کیفیت آن مبذول فرمایند.

منابع و مآخذ

[۱] رضا قاضی؛ کنترل توان راکتیو؛ انتشارات دانشگاه تبریز-۱۳۶۷

[۲] ابراهیم مرتضوی؛ سمینار تخصصی ایران ترانسفو (راکتورها) زنجان-۱۳۶۹

[۳] احمد کاظمی؛ بررسی سیستم های قدرت؛ انتشارات دانشگاه علم و صنعت-۱۳۸۲

[۴] ایران ترانسفو؛ لزوم استفاده از راکتورهای شنت قابل کنترل

[5] Shunt reactor catalog; IRAN TERANSFO