



دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان:

استفاده از خازن های سری و موازی جهت بهبود پروفیل ولتاژ در شبکه توزیع

استاد راهنما: دکتر سعید جلیل زاده

نگارش: بهزاد حیدری

بهار ۹۶

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه

- ۱-۱- مقدمه ۲
- ۱-۲- خازن گذاری در خطوط توزیع ۲
- ۱-۲-۱- روش های سنتی در تعیین اندازه و جایابی خازن ها ۳
- ۱-۲-۲-۱- کلید زنی خازن ها ۴
- ۱-۲-۲-۳- اثر هارمونیک در خازن گذاری ۴
- ۱-۳- نحوه ی عملکرد خازن ۵
- ۱-۴- مزایای استفاده از خازن ۶

فصل دوم : خازن های موازی و دلیل به کار بردن آن در شبکه های توزیع

- ۲-۱- مقدمه ۸
- ۲-۲- کاربرد خازن های موازی در شبکه های توزیع ۸
- ۲-۳- منافع اقتصادی نصب خازن در شبکه های توزیع ۱۰
- ۲-۴- بهینه سازی توان راکتیو در شبکه های توزیع به منظور دست یابی به حداکثر کاهش تلفات ۱۱
- ۲-۵- جایابی بهینه خازن های موازی در شبکه های شعاعی به منظور کاهش تلفات ۱۲

فصل سوم : تاثیر استفاده از خازن گذاری سری در شبکه های توزیع

- ۳-۱- مقدمه ۱۵
- ۳-۲- استفاده از خازن سری به منظور کاهش تغییرات ولتاژ شبکه ۱۵
- ۳-۳- بهبود پروفیل ولتاژ در شبکه جبران شده با خازن سری ۱۹
- ۳-۴- کاهش تلفات شبکه در شبکه جبران شده با خازن سری ۲۰
- ۳-۵- جایابی بهینه خازن سری در شبکه های توزیع ۲۱
- ۳-۶- مشکلات بهره برداری از شبکه در شرایط استفاده از خازن های سری ۲۱
- ۳-۶-۱- عدم کارایی در بار پیش فاز ۲۱
- ۳-۶-۲- بروز پدیده ی فرو رزونانس در ترانسفورماتورها یا دیگر مبدل ها ۲۲
- ۳-۶-۳- نوسانات زیر سنکرون در زمان راه اندازی موتور ها ۲۲
- ۳-۶-۴- مشکلات حفاظت از خازن سری در مقابل جریان اتصال کوتاه ۲۳

فصل چهارم: نتایج شبیه سازی

۱-۴- مقدمه ۲۵

۲-۴- نتایج شبیه سازی شبکه ی ۳۵ باس ۲۵

۱-۲-۴- نتایج شبیه سازی در بار نامی ۲۹

۲-۲-۴- نتایج شبیه سازی در حالت کم باری ۳۰

۳-۲-۴- نتایج شبیه سازی در حالت پر باری ۳۱

۳-۴- نتایج شبیه سازی شبکه ۳۳ باس استاندارد IEEE ۳۲

۱-۳-۴- نتایج شبیه سازی در بار نامی ۳۳

۲-۳-۴- نتایج شبیه سازی در حالت کم باری ۳۴

۳-۳-۴- نتایج شبیه سازی در حالت پر باری ۳۵

فصل پنجم: نتیجه گیری

۱-۵- نتیجه گیری ۲۸

منابع و مآخذ ۳۹

این فصل شامل نتایج شبیه سازی و تحلیل عملکرد سیستم در شرایط بار نامی، کم بار و پر بار است. همچنین به بررسی تأثیر تغییر بار بر پارامترهای مختلف سیستم پرداخته شده است. در ادامه، نتایج شبیه سازی برای سیستم استاندارد IEEE 33 مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان، منابع و مآخذ مورد استفاده در این فصل ذکر شده است.

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱) منحنی نحوه به کارگیری خازن های ثابت و سوئیچینگ ۲
- شکل ۱-۲) تاثیر افزودن خازن موازی به منظور افزایش ضریب توان شبکه ۶
- شکل ۱-۳) دیاگرام تک خطی یک شبکه‌ی بدون جبران‌سازی ۱۵
- شکل ۲-۳) دیاگرام فازوری برای بار سلفی در شبکه‌ی بدون جبران‌سازی ۱۶
- شکل ۳-۳) دیاگرام فازوری برای بار مقاومتی در شبکه‌ی بدون جبران‌سازی ۱۶
- شکل ۳-۴) دیاگرام فازوری برای بار خازنی در شبکه‌ی بدون جبران‌سازی ۱۷
- شکل ۳-۵) دیاگرام تک خطی یک شبکه‌ی جبران شده با خازن سری ۱۷
- شکل ۳-۶) دیاگرام فازوری برای بار سلفی در شبکه‌ی جبران شده با خازن سری ۱۸
- شکل ۳-۷) دیاگرام فازوری برای بار مقاومتی در شبکه‌ی جبران شده با خازن سری ۱۸
- شکل ۳-۸) دیاگرام فازوری برای بار خازنی در شبکه‌ی جبران شده با خازن سری ۱۹
- شکل ۳-۹) پروفیل ولتاژ در شبکه‌ی جبران شده با خازن سری ۲۰
- شکل ۳-۱۰) ولتاژ ابتدای خط برای بار خازنی در حالت بدون جبران و در حالت جبران شده با خازن سری ۲۲
- شکل ۴-۱) دیاگرام شبیه سازی شبکه‌ی ۳۵ باس در نرم افزار DIGSILENT ۲۵
- شکل ۴-۲) پروفیل ولتاژ شبکه‌ی مورد مطالعه در بار نامی ۲۹
- شکل ۴-۳) پروفیل ولتاژ شبکه‌ی مورد مطالعه در حالت کم باری ۳۰
- شکل ۴-۴) پروفیل ولتاژ شبکه‌ی مورد مطالعه در حالت پرباری ۳۱
- شکل ۴-۵) دیاگرام شبیه سازی شبکه‌ی ۳۳ باس استاندارد IEEE در نرم افزار DIGSILENT ۳۲
- شکل ۴-۶) پروفیل ولتاژ شبکه‌ی مورد مطالعه در بار نامی ۳۳
- شکل ۴-۷) پروفیل ولتاژ شبکه‌ی مورد مطالعه در حالت کم باری ۳۴
- شکل ۴-۸) پروفیل ولتاژ شبکه‌ی مورد مطالعه در حالت پر باری ۳۵

چکیده:

بیشترین سهم تلفات در یک سیستم قدرت مربوط به بخش توزیع می‌باشد. از عوامل مهم افزایش تلفات در شبکه توزیع مصرف جریانی راکتیو می‌باشد. معمول ترین روش جبران توان راکتیو به علت سادگی و ارزان بودن استفاده از خازن‌ها می‌باشد. علاوه بر کاهش تلفات، اصلاح ضریب توان و بهبود پروفیل ولتاژ را می‌توان از مزایای خازن گذاری به شمار آورد. شاخص پروفیل ولتاژ به عنوان یکی از شاخص‌های مهم بهره برداری در تامین برق با کیفیت مطلوب به مشترکان برق می‌باشد، که با روش‌های متعددی از جمله استفاده از منابع تولید پراکنده و خازن گذاری بهبود بخشیده است. در این پروژه با استفاده از خازن‌های سری و موازی، با شبیه سازی در نرم افزار DIGSILENT به بهبود پروفیل ولتاژ شبکه ۳۵ باس و شبکه ۳۳ باس استاندارد IEEE و نتیجه گیری از آن‌ها خواهیم پرداخت.

کلمات کلیدی: خازن، خازن‌های سری و موازی، بهبود پروفیل ولتاژ

خازن تجهیزی است که به منظور کنترل ولتاژ و توان راکتیو در شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. خازن‌ها به صورت تک فاز و سه فاز قابل استفاده هستند. خازن‌ها به دو شکل سری و موازی در شبکه استفاده می‌شوند. خازن سری به طور مستقیم موجب کاهش راکتانس سلفی مدار می‌شود. خازن موازی هم موجب تغییر ضریب قدرت بار می‌شود. یکی از دلایلی که موجب می‌شود تا یک شبکه قدرت از لحاظ برق رسانی دارای قابلیت اطمینان مناسب نباشد و در نقاطی از شبکه کمبود ولتاژ یا خاموشی رخ دهد، وجود عدم تعادل بین تولید و تقاضای توان راکتیو است [۱]. کمبود توان راکتیو یکی از دلایلی است که می‌تواند موجب ناپایداری ولتاژ شود. اگر ناپایداری ولتاژ به موقع تشخیص داده نشود و کنترل نگردد باعث خروج پی در پی بارها و ژنراتورها از مدار گردیده و به خاموشی سراسری منجر می‌شود. تاکنون خاموشی‌های سراسری^۱ متعددی در شبکه‌های قدرت مختلف به وقوع پیوسته است که برای مثال می‌توان به خاموشی شبکه برق آمریکای شمالی (شبکه به هم پیوسته ایالات متحده و کانادا) در تاریخ ۱۱ آگوست ۲۰۰۲ [۲] و هم چنین خاموشی شبکه برق سراسری ایران در تاریخ ۳۰ اردیبهشت ۱۳۸۰ و ۱۲ فروردین ۱۳۸۲ اشاره نمود. یکی از دلایل عمده وقوع خاموشی، کمبود توان راکتیو و در نتیجه ی آن کمبود ولتاژ و ناپایداری ولتاژ است. به همین دلیل لزوم تشخیص کمبود توان راکتیو و کنترل آن برای حفظ پایداری شبکه ضروری می‌باشد. بنابراین برای حل این موضوع ضروری است که منابع تولید توان راکتیو (از جمله خازن‌های موازی) در شبکه موجود بوده و به درستی کنترل گردد.

۲-۱ خازن گذاری در خطوط توزیع

خازن‌هایی که در شبکه توزیع استفاده می‌شوند معمولاً در خطوط توزیع و یا پست‌های فشار قوی نصب می‌شوند. بیشتر بانک‌های توزیع شامل تعدادی واحد خازن با اتصال سه فاز ستاره زمین شده، ستاره زمین نشده و یا اتصال مثلث می‌باشند [۷]. از آنجایی که این خازن‌ها نزدیک به بار می‌باشد، خازن‌های نصب شده روی خطوط توزیع، توانایی موثری برای تقاضای توان راکتیو نشان می‌دهند. بانک‌های خازنی در خطوط توزیع شامل خازن‌های ثابت و یا سوئیچینگ می‌باشند. به طور کلی تعیین نوع بانک خازنی مورد نیاز با توجه به موارد زیر صورت می‌گیرد:

¹ Black-out

۱- برای بارهای توزیع شده یکنواخت، خازن باید در فاصله دو سوم از پست قرار داده شود.

۲- برای بارهایی که به طور یکنواخت کاهش می‌یابند، خازن در نصف فاصله از پست نصب شود.

۳- برای افزایش حداکثر ولتاژ، خازن بایستی در نزدیکی نقطه انتهایی خط نصب شود.

به ویژه بانک‌های خازنی در نقاطی با ضریب توان و یا ولتاژ پایین نصب می‌شوند. این اطلاعات را می‌توان به صورت زیر به دست آورد:

۱- با اندازه گیری ولتاژ تحت شرایط بار کامل و بار سبک در نقاط مختلف خط.

۲- با اندازه گیری کیلووات و کیلوولت آمپر خط تحت شرایط حداکثر و حداقل بارگذاری بارهای روزانه و طی یک دوره ۲۴ ساعته [۷].

۱-۲-۲ کلیدزنی خازن‌ها

خازن‌های سوئیچ شونده، انعطاف پذیری سیستم در جهت کنترل ولتاژ، ضریب توان و تلفات سیستم را بالا می‌برند. این خازن‌ها معمولاً از چند نوع کنترل کلید زنی خودکار استفاده می‌کنند. کنترل کننده‌های خودکار خازن‌های سوئیچینگ شامل موارد زیر هستند:

- ۱- ولتاژ: هنگامی که بهبود و یا کنترل تنظیم ولتاژ بسیار مورد توجه باشد.
- ۲- جریان: هنگامی که اندازه جریان به طور مستقیم مرتبط با تقاضای توان راکتیو بار گردد.
- ۳- کنترل توان راکتیو: هنگامی که تقاضای توان راکتیو بسیار مورد توجه باشد.
- ۴- زمان کلید زنی: تقاضای توان راکتیو وابستگی بالایی به زمان دارند.
- ۵- دما: پیش بینی افزایش توان راکتیو با تغییر دما

بانک‌های خازنی پیوسته معمولاً در شرایط بار پایه استفاده می‌شوند. در مناطق با تغییر فصلی و مشخص بار، این بانک‌های خازنی به طور دستی قطع و وصل می‌شوند.

۱-۲-۳ اثر هارمونیک در خازن گذاری

مساله آلودگی هارمونیکی شبکه ممکن است سبب ترکیدن فیوزها، خرابی واحدهای خازنی، آسیب ترانسفورماتورها و عملکرد اشتباه رله‌ها شود. تجهیزات به کار گیرنده قوس الکتریکی (کوره‌های قوس-زبان)

الکتریکی دستگاه های جوش قوس الکتریکی) مبدل های الکترونیکی و الکترونیک قدرت که دارای ادوات نیمه هادی می باشند منابع عمده هارمونیکی موجود در شبکه به حساب می آیند. با افزایش تولید- پراکنده^۲ و ذخیره سازی در سیستم های توزیع و نیز استفاده گسترده از مبدل های الکترونیک قدرت برای دیگر مصارف، بایستی مساله آلودگی هارمونیکی بررسی و تحلیل گردد.

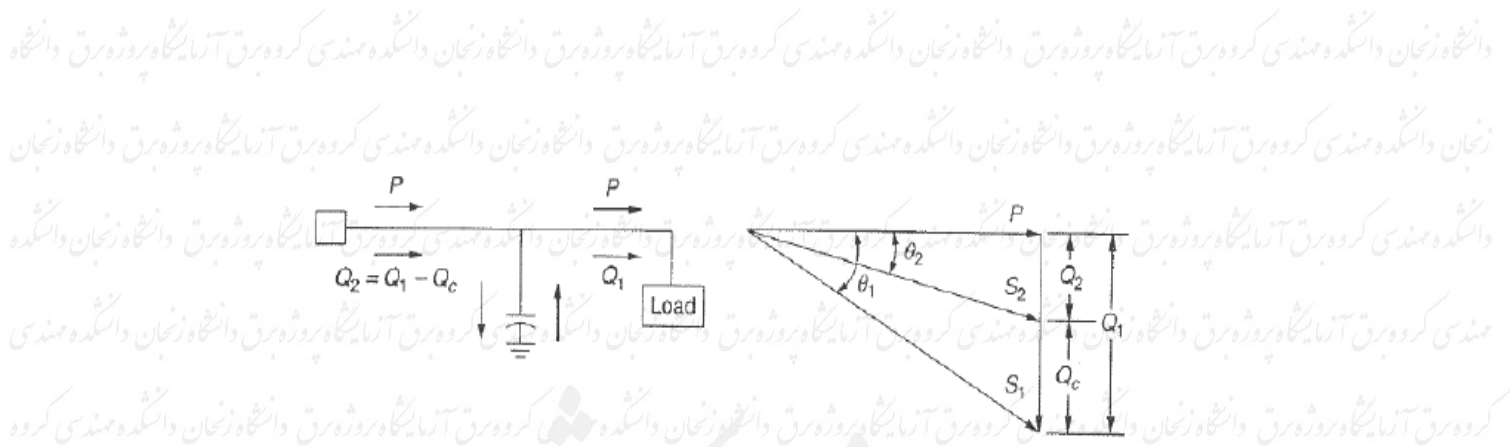
استاندارد IEEE std 19-1992 محدوده اعوجاج هارمونیکی ولتاژ را برای تمامی سیستم های قدرت تا سطح ولتاژ ۶۹ کیلوولت برابر ۰.۵٪ معرفی می کند [۷].

کاربرد خازن های موازی برای بهبود بازده عملکرد سیستم، می تواند تاثیر قابل توجهی روی سطوح هارمونیکی شبکه داشته باشد. خازن ها مولد هارمونیک نیستند، اما مسیر شبکه را برای شرایط تشدید کلی یا موضعی فراهم می کنند. اگرچه خازن ها مولد هارمونیک نیستند، اما می توانند بر دامنه ولتاژها و جریان های هارمونیکی (که بر روی سیستم های کاربردی و نیز بارهای مشترکین واقع می شوند) تاثیر داشته باشند. تغییر اندازه و یا موقعیت بانک های خازنی، اضافه کردن یک راکتور به بانک خازنی موجود، می تواند راه حل مناسبی جهت کاهش سطح هارمونیکی شبکه در اثر خازن گذاری نادرست باشد [۷].

۳-۱ نحوه ی عملکرد خازن

خازن موازی به صورت موازی با خط نصب می شود. استفاده از خازن های موازی به عنوان تولید کننده بار راکتیو به منظور تنظیم و کنترل ولتاژ و جلوگیری از نوسانات قدرت در شبکه ها و تصحیح ضریب قدرت در مصرف کننده ها به علت ارزانی و سادگی سیستم آن، بسیار متداول است. در یک مصرف کننده غیراهمی بین ولتاژ و جریان اختلاف فازی وجود دارد. جریانی که مصرف کننده از شبکه می کشد دو مولفه ی حقیقی و موهومی دارد، حال اگر خازنی را به دو سر بار متصل کنیم جریانی که از شبکه کشیده می شود در خلاف جهت جریان راکتیو بار است. لذا جریانی که از شبکه کشیده می شود کاهش می یابد. در این شرایط زاویه جدید بین جریان و ولتاژ کاهش می یابد. به عبارت دیگر در شرایط جدید ضریب توان افزایش خواهد یافت.

² Disprsed Generation and Storage (DGS)



شکل ۱-۲: تاثیر افزودن خازن موازی به منظور افزایش ضریب توان شبکه

شکل ۱-۲ کاربرد خازن های موازی با هدف کاهش جریان راکتیو عبوری از شبکه، افزایش سیستم و

کاهش تلفات سیستم را نشان می دهد که در آن بار راکتیو سیستم با افزودن بانک خازنی Q_c از Q_1 به Q_2 مایه گاه پروژه برق کاهش یافته است.

۴-۱ مزایای استفاده از خازن

خازن های مورد استفاده در شبکه های برق دارای اثرات مختلفی هستند که از جمله می توان به این موارد اشاره کرد:

- ۱- کاهش مولفه پس فاز جریان مدار
- ۲- تنظیم ولتاژ و ثابت نگه داشتن آن به منظور جلوگیری از وارد آمدن خسارت به دستگاهها
- ۳- کاهش تلفات سیستم به دلیل کاهش جریان
- ۴- کاهش توان راکتیو در سیستم به دلیل کاهش جریان
- ۵- بهبود ضریب توان شبکه
- ۶- به تعویق انداختن و یا به طور کلی حذف کردن هزینه های لازم برای ایجاد تغییرات در سیستم
- ۷- افزایش درآمد ناشی از افزایش ولتاژ و جبران بار راکتیو

۵-۱ نتیجه گیری

در این پروژه با بررسی و مطالعه روی دو شبکه‌ی توزیع انرژی در بحث خازن گذاری بهینه به نتایج زیر دست پیدا کردیم:

اولا این که با خازن گذاری بهینه، پروفیل ولتاژ شبکه در هر سه حالت بار نامی اوج بار و کم باری بهبود پیدا کرد و با این کار در واقع مشترکین سیستم، دیگر با خطر افت ولتاژ یا اضافه ولتاژ که منجر به آسیب دیدگی تجهیزات می‌شود رو به رو نخواهند بود.

ثانیا این که با خازن گذاری بهینه در شبکه مشاهده کردیم که تلفات سیستم به میزان قابل توجهی کاهش پیدا می‌کند که این عامل ناشی از تزریق جریان توسط خازن‌ها به بار و کاهش جریان در سیم‌های کابلی بوده است.

همچنین مشاهده شد که با خازن گذاری در شبکه، میزان قابل توجهی از هزینه‌های سالیانه شرکت توزیع کاهش پیدا می‌کند که عامل اصلی این مورد را می‌توان در همان بحث کاهش تلفات جست و جو کرد.

شاید سوال پیش بیاید که چگونه ممکن است با هزینه‌هایی که خازن گذاری در پی دارد، با کاهش هزینه‌های شرکت توزیع روبه رو شویم؟

پاسخ این سوال بسیار واضح است چرا که هزینه‌های خازن گذاری در مقابل کاهش هزینه‌ها ناشی از کاهش تلفات بسیار اندک است و به همین دلیل است که خازن گذاری یکی از رایج ترین شیوه‌ها برای

منابع و مأخذ

[1] Katherine M. Rogers, Ray Klump, Himanshu Khurana, Angel A. Aquino-Lugo and Thomas J. Overbye. "An Authenticated Control Framework for Distributed Voltage Support on the Smart Grid," IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID, VOL. 1, NO. 1, JUNE 2010

[2] U.S.–Canada Power System Outage Task Force, Final Report on the August 14, 2003 Black_out in the United States and Canada: Causes and Recommendations Apr. 2004 .

[۳] اروانه ، محسن " جایابی بهینه خازن در سیستم های توزیع "

[۴] محمدیان ، مهدی " اثرات خازن سری "

[۵] نظیمی ، بهزاد " خازن گذاری و کنترل توان راکتیو در سیستم های توزیع "

[۶] نظری، محمود " خازن گذاری بهینه در شبکه های فشار ضعیف "، نهمین کنفرانس شبکه های توزیع ۱۳۸۳

[۷] افاق زاده، هادی " جایابی بهینه خازن در شبکه توزیع به منظور کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ با استفاده

از الگوریتم PSO"، دانشگاه محقق اردبیلی، ۱۳۹۰

[۸] رنجبر علی محمد، شیرانی علیرضا، فتحی امیر فرشاد " استفاده از خازن سری در خطوط طویل ایران "، مرکز

تحقیقات نیرو