



## دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان:

جایابی بهینه ی بانک خازنی در شبکه های توزیع

استاد راهنما: دکتر سعید جلیل زاده

نگارش: وحید بابائی

مهر ۱۳۹۴

تقدیم به

در اینجا لازم می دانم از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر جلیل زاده و همچنین دوستان عزیزم

آقایان مهدی جعفری و پویان اصغریان که مرا در نگارش این پایان نامه یاری نمودند تشکر نمایم.

زندگی صحنه ی یکتای هنرمندی ماست

هر کسی نغمه ی خود خواند و از صحنه رود

صحنه پیوسته به جاست

خرم آن نغمه که مردم بسپارند به یاد

## فهرست مطالب

چکیده	۵
فصل اول	۸
مفاهیم پایه و اساسی	۸
فصل دوم:	۱۶
ضرورت اصلاح ضریب توان در شبکه های توزیع	۱۶
فصل سوم	۲۷
بانک خازنی و تأثیر آن در شبکه های توزیع	۲۷
فصل چهارم	۵۱
خازن گذاری در شبکه های توزیع	۵۱
فصل پنجم	۶۲
اثرات منفی خازن گذاری در شبکه های توزیع	۶۲
فصل ششم	۷۳
شبه سازی	۷۳

## چکیده

موضوع کاهش تلفات و افزایش بهره وری همواره از موضوعات مورد توجه در سیستم های قدرت بوده

است. در شبکه های توزیع با توجه به اینکه بیشترین سهم تلفات را به خود اختصاص می دهند این

موضوع از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در سیستم های توزیع بالا بودن میزان جریان، علاوه بر اینکه

تلفات را به شدت افزایش می دهد سبب افزایش میزان توان ظاهری شده ، که این امر علاوه بر اشغال

ظرفیت خطوط ، سبب افزایش هزینه های ثابت تجهیزات می گردد. با توجه به تعداد زیاد مصرف کننده

های توان راکتیو از جمله ترانسفورماتور ها ، موتورها ، کوره های قوس الکتریکی ، صنایع و کارخانجات و ...

میزان توان راکتیو مصرفی بسیار بالا بوده و تأمین این میزان توان از طریق مولد ها صرفه ی اقتصادی

نداشته و باید به روش های دیگری جبران گردد. اما از روش هایی که امروزه به عنوان روش های جبران

سازی مطرح است می توان از کندانسورهای سنکرون، ادوات fact و بانک های خازنی نام برد. با استفاده از

این روش ها می توان با اصلاح ضریب توان به آثار مفید آن از جمله : کاهش تلفات، آزادسازی ظرفیت ،

بهبود پروفیل ولتاژ و کاهش هزینه ی ثابت تجهیزات دست یافت. در این پایان نامه در ابتدا به شرح برخی

از مفاهیم اساسی پرداخته شده و در ادامه در فصل دوم ضرورت اصلاح ضریب توان بیان گردیده است. در

فصل سوم به تاثیرات بانک خازنی بر میزان تلفات و توان ظاهری و سطح ولتاژ پرداخته می شود. فصل

چهارم مشتمل بر خازن گذاری در شبکه های توزیع بوده و از آنجایی که بحث و بررسی در مورد هر

موضوعی نیازمند یک نگاه همه جانبه و تحلیل نقاط ضعف و قوت موضوع می باشد در فصل پنجم به بررسی

اثرات منفی خازن گذاری در شبکه های توزیع پرداخته شده است. اما در فصل پایانی با استفاده از اطلاعات

یک شبکه ی واقعی که از برق منطقه ای دریافت شده شبیه سازی اثر اتصالات مختلف بانک خازنی بر

میزان اصلاح ضریب توان بار شبکه انجام شده و در پایان نتایج تحلیل ارائه شده است.

## مقدمه

موضوع تلفات در سیستم های قدرت همواره از اهمیت خاصی برخوردار بوده است. بخصوص که با

مراجعه به آمار تفصیلی صنعت برق می توان به میزان هدررفت انرژی در شبکه ایران و هزینه های تحمیلی

ناشی از آن و تفاوت زیاد آن با کشورهای پیشرفته و صنعتی پی برد. برطبق گزارشی که مرکز پژوهش

های مجلس به آن اشاره کرده: تلفات شبکه های توزیع برق بین ۶,۴۲ درصد (مربوط به استان سمنان) تا

۳۴,۲۳ درصد (مربوط به شهرستان اهواز) متغیر و در نوسان بوده و میانگین این تلفات نیز ۱۶,۷۵ درصد

است که در مقایسه با تلفات ۷ الی ۸ درصدی بخش توزیع در کشورهای پیشرفته یک نوع فاجعه

محسوب می شود. گسترش روزافزون شبکه های انتقال و فوق توزیع و توزیع و سرمایه گذاری اقتصادی در

جهت توسعه ی آن نیز اهمیت جلوگیری از هدرروی این سرمایه ملی را برای ما روز به روز روشن تر می

سازد. [۳،۱۱]

در راستای کاهش تلفات، روش ها و تکنیک های مختلفی وجود دارد اما آنچه در اینجا اهمیت دارد این

است که مناسب ترین نتایج زمانی بدست آمده است که قبل از اعمال هر روشی جهت کاهش تلفات شبکه

، بررسی های دقیق در مورد مزایا و معایب فنی و اقتصادی این روش ها صورت گرفته باشد و در

نهایت بر اساس مشخصات شبکه و ابزارهای در دسترس مناسب ترین راهکارها انتخاب شود. خازن

گذاری، افزایش سطح مقطع هادی ها، افزایش ولتاژ شبکه، اضافه کردن خطوط یا فیدهای جدید، بهبود

بازدهی و مدیریت بار ترانسفورماتورها و تجدید آرایش شبکه از جمله روش هایی است که می توان بوسیله

ی آنها تلفات شبکه را تا حد قابل قبولی کاهش داد. البته نباید فراموش کرد که مسائل اقتصادی همواره

نقش اساسی را در انتخاب هریک از روش ها ایفا می کند. یکی از مشکلات مهم شبکه های توزیع مصرف

توان راکتیو بالا به دلیل تعداد بالای مصرف کننده های سلفی است. اغلب بارهای شبکه های توزیع از

قبیل ترانسفورماتورها، موتورها و صنایع بارهای سلفی و اندوکتیو محسوب می شوند که این امر سبب

کشیده شدن توان راکتیو از منبع، اشغال ظرفیت خطوط و تجهیزات، پسفاز شدن ضریب قدرت، کاهش

سطح ولتاژ و افزایش تلفات اهمی می گردد. این در حالی است که اگر بتوان این توان راکتیو را در محل

بار تامین کرد می توان علاوه بر کاهش تلفات، آزادسازی ظرفیت خطوط، افزایش ضریب توان و بهبود پروفیل ولتاژ، ظرفیت ژنراتور و پست ها را افزایش داده و توانایی آن ها را برای تامین بار اضافی تا میزان ۳۰٪ و همچنین توانایی مدار را به لحاظ تنظیم ولتاژ بین ۳۰ تا ۱۰۰ درصد بهبود بخشید.

خازن های قدرت از جمله بهترین و اقتصادی ترین منابع برای تامین این توان راکتیو در محل مصرف هستند. در جابجایی بهینه خازن هم به لحاظ اندازه و هم به لحاظ محل نصب مواردی همچون ماهیت ناپیوسته بودن محل نصب خازن، گسسته بودن اندازه خازن، اثر بار های غیر خطی موجود در سیستم بر روی خازن، حدود مجاز ولتاژ شین ها و هزینه های مربوط به خرید و نصب خازن باید در نظر گرفته شود، بطوریکه باید در نظر داشت اگر خازن گذاری در شبکه بصورت غیر اصولی و نامناسب انجام گیرد نصب خازن نه تنها مفید نبوده بلکه می تواند شبکه را با خطرات بیشتری مواجه سازد. [۳] مقدار یابی و جابجایی

خازن ها یک مسئله بهینه سازی است، بطوریکه اکثر تحقیقات براساس ارائه روش های جستجو برای دستیابی به بیشینه سوددهی بوده است. در این راستا از الگوریتم های بهینه سازی همچون: روش های تحلیلی، آبکاری فولاد، جستجوی جدولی، برنامه ریزی عددی و الگوریتم ژنتیک و... استفاده گردیده است. چهار چوب اکثر الگوریتم برای تعیین بهینه مقدار و مکان نصب خازن بدین صورت است که ابتدا تابع هدف خازن گذاری که معمولا بصورت تابع هزینه بیان می شود، مشخص می گردد. منظور از تابع هزینه مجموع موارد هزینه بر از جمله: هزینه ی خازن، هزینه ی تولید توان در پیک، هزینه ی احداث خطوط و انرژی است. بعد از تعریف تابع هدف شبکه ی مورد مطالعه به قسمی خازن گذاری می شود که

مجموع این هزینه ها حداقل گردد. البته باید توجه داشت که در کنار حداقل کردن تابع هزینه قیودی نیز باید رعایت شود که از جمله ی آنها قید جریان و ولتاژ است که در تمام سطوح بار، ولتاژ شین ها بایستی در یک محدوده ی معینی که از قبل تعیین شده است قرار بگیرد.

# پایان نامه کارشناسی

## فصل اول

### مفاهیم پایه و اساسی



## خازن:

با اعمال اختلاف پتانسیل بین دو تیغه هادی که با فاصله کمی از هم قرار گرفته‌اند بار الکتریکی  $Q$  روی

صفحات خازن نشسته و انرژی الکترو استاتیکی بین صفحات ذخیره می‌گردد. نحوه کار بدین صورت است

که با اتصال خازن به یک مولد برای مدت کوتاهی جریان از خازن عبور می‌کند که این جریان بار  $+Q$  را

روی تیغه و بار  $-Q$  را روی تیغه دیگر جمع می‌کند. نسبت اختلاف پتانسیل اعمالی و بار  $Q$  برای خازن

یک مقدار معینی است که آن مقدار با  $C$  نمایش داده شده و ظرفیت خازن نام دارد و واحد آن فاراد

می‌باشد. فضای بین الکترودهای خازن با موادی تحت عنوان دی‌الکتریک پر می‌شود بطوریکه ظرفیت آن

به نوع ماده‌ی دی‌الکتریک بستگی دارد. اندازه‌ی توانایی دی‌الکتریک در ذخیره‌سازی انرژی الکترو استاتیکی

ثابت دی‌الکتریک نامیده می‌شود و معمولاً نسبت به هوا سنجیده شده و ضریبی از دی‌الکتریک هوا ( $\epsilon_0$ ) بوده

و مقدار آن برابر  $8.85 \times 10^{-12}$  بوده و واحد آن  $\frac{F}{m}$  است. ثابت نسبی دی‌الکتریک سایر عایق‌ها که

ضریبی از ثابت نسبی دی‌الکتریک هوا است را با  $\epsilon_r$  نمایش می‌دهیم. در جدول (۱-۱) ثابت نسبی دی-

الکتریک چند نمونه از عایق‌ها آورده شده است. آزمایش‌ها در دانشگاه تهران و آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه تهران

دی الکتریک جامد		دی الکتریک مایع		دی الکتریک گازی	
شیشه	۶-۱۰	الکل	۲۵	CO <sub>2</sub>	۱,۰۰۰۹۷
میکا	۵,۶-۶,۶	روغن	۲-۲,۲	هوا	۱,۰۰۰۶۰
کاغذ پارافینی	۲,۱-۲,۳	آب	۸۰-۸۳	هیدروژن	۱,۰۰۰۲۶

جدول (۱-۱) ثابت نسبی دی الکتریک تعدادی از عایق‌ها [۳,۱۱]

آنچه که از جدول (۱-۱) بر می‌آید این است که توانایی خازن در ذخیره انرژی الکترو استاتیکی با اضافه

کردن برخی از عایق‌ها میان صفحات خازن افزایش می‌یابد. در تشریح این پدیده باید گفت که وقتی یک

آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه تهران و آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه تهران



خازن را به مولدی وصل می‌کنیم یک میدان یکنواخت داخل خازن پدید می‌آید این میدان سبب می‌شود که دو قطبی‌های موجود در عایق به نحوی قرار گیرند که در یک سمت عایق بارهای مثبت و در سمت

دیگر بارهای منفی جمع شوند. این بارها بر بارهای روی صفحات خازن تاثیر گذاشته و سبب می‌شود که بارهای بیشتری روی صفحات جذب شوند که در نتیجه افزایش ظرفیت خازن را سبب می‌شوند.

### ظرفیت خازن و عوامل مؤثر بر آن:

ظرفیت خازن به میزان باری که خازن می‌تواند در خود ذخیره کند گفته می‌شود این مقدار برابر با ظرفیتی است بین صفحات یک خازن که ولتاژ یک ولت به آن اعمال شده و باریک کولن را در آن ذخیره کرده است.

با توجه به اینکه فاراد یک واحد خیلی بزرگ است معمولاً از واحدهای کوچک‌تر مثل نانو فاراد، میکرو فاراد و ... استفاده می‌شود.

$$C = \frac{Q}{V} \quad (F) \quad (1-2)$$

ظرفیت خازن از رابطه‌ی مقابل محاسبه می‌شود:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \quad (1-3)$$

همانطور که از (1-2) رابطه‌ی بر می‌آید:

۱. ظرفیت خازن با مساحت هر یک از صفحات خازن نسبت مستقیم دارد.

۲. ظرفیت خازن با فاصله بین صفحات خازن نسبت عکس دارد.

۳. ظرفیت خازن با جنس عایق (ثابت نسبی دی‌الکتریک) نسبت مستقیم دارد.

در عمل هنگام استفاده از خازن در سیستم‌های قدرت و توزیع، عناصر خازنی برای رسیدن به سطح ولتاژ قابل استفاده در سیستم قدرت و توزیع با هم سری و برای رسیدن به ظرفیت‌های بالاتر با هم موازی می‌شوند.

## منابع:

۱-ت. ج. ۱. میلر " کنترل توان راکتیو در سیستم های الکتریکی " ترجمه دکتر رضا قاضی ، انتشارات جهاد

دانشگاهی مشهد، ۱۳۷۱

۲- راهنمای خازن گذاری در شبکه های توزیع مرکز تحقیقات نیرو

۳- پایان نامه های کار شده با دکتر جلیل زاده

۴-راهنمای اصلاح ضریب توان شرکت FRAKO

۵- power factor correction and harmonic filtering in electrical plants

۶- بهروز محبوبیان، پیروز برخوردار " انتخاب بهینه ی خازن های موازی در شبکه ی توزیع " شرکت سهامی

خدمات مهندسی برق (مشانیر)

۷-حمید حامدینیا " اثرات منفی خازن گذاری در شبکه های توزیع " سیزدهمین کنفرانس شبکه های

توزیع نیروی برق

۸-سید عباس طاهر، علی عبدالعلی پورعدل، سید احمد حسینی " جایابی بهینه و تعیین اندازه خازن ها

در سیستم های توزیع به منظور کاهش تلفات با وجود بارهای غیر خطی توسط الگوریتم ژنتیک " بیست و

دومین کنفرانس بین المللی برق

۹- احمد اسماعیلی، عبدالرضا شیخ الاسلامی، محمد اسماعیل همدانی گلشن ، " اثرات نامطلوب نصب

خازن بر کیفیت توان و روش های کاهش آن ها " هجدهمین کنفرانس بین المللی برق

۱۰- پایان نامه ی مهندس فرهاد امیری " تاثیر خازن گذاری در شبکه ی توزیع "

۱۱-سایت های علمی در مورد " خازن گذاری در شبکه های توزیع "

۱۲-استاندارد خازن های مورد استفاده در شبکه های توزیع مرکز تحقیقات نیرو