



دانشگاه زنجان  
دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان:

## کاربرد خازن در شبکه های قدرت

استاد راهنما: دکتر اوجاقی

نگارش: ابوالقاسم پورکیا هادی

شهریور 90

## فهرست

فصل اول..... 3

فصل دوم..... 10

فصل سوم..... 20

فصل چهارم..... 27

فصل پنجم..... 44

فصل ششم..... 72

فصل هفتم..... 92

منابع و ماخذ..... 103

## فصل اول:

# خازن و پست

# پایان نامه کارشناسی

## نقش خازن‌ها در پست‌های برق :

ظرفیت خازن عبارت است از مقدار بار الکتریکی که باید روی یکی از صفحات خازن جمع شود تا پتانسیل آن نسبت به صفحه‌ی دیگر به اندازه‌ی یک ولت افزایش یابد به عبارت دیگر خارج قسمت بار الکتریکی  $Q$  ذخیره شده روی هر یک از صفحات خازن بر اختلاف پتانسیل  $u$  میان دو صفحه را ظرفیت خازن می‌نامیم که با حرف  $C$  نشان می‌دهند و واحد آن فاراد است و آن عبارتست از نسبت یک کولن ( $6.28 \times 10^{28}$  الکترون) بار ذخیره شده در هر یک از صفحات خازنی به اختلاف پتانسیل یک ولت؛ به عبارت دیگر فاراد ظرفیت خازنی است که اگر به منبع ولتاژ یک ولتی وصل شود در آن یک آمپر ثانیه (کولن) بار الکتریکی ذخیره گردد. فاراد برای یک خازن بسیار بزرگ است و معمولاً از واحدهای کوچکتری مانند میلی فاراد ، میکرو فاراد و نانو فاراد استفاده می‌شود.

$$C = \frac{Q}{V}$$

عوامل موثر بر ظرفیت خازن :

(الف) مساحت صفحات

(ب) فاصله‌ی بین صفحات

(ج) دی الکتریک استفاده شده

بر طبق موارد بالا فرمول اندازه‌گیری ظرفیت خازن بدین شکل خواهد بود :

$$C = (K \times A \times \epsilon_0) / d$$

که در آن :

$C$  = ظرفیت خازن بر حسب فاراد

$A$  = سطح موثر هادی‌ها ( بر حسب متر مربع)

$K$  = ضریب دی الکتریک عایق

$D$  = ضخامت عایق یا فاصله بین صفحات ( بر حسب متر)

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$$

انرژی ذخیره شده در خازن‌ها ( $w$ ) به صورت زیر است :

$$W = (Q \times u) / 2$$

ثابت زمانی خازن :

اگر خازنی را به اختلاف پتانسیلی وصل کنیم به سرعت شارژ می‌شود،

شارژ سریع خازن به خاطر آن است که مقاومتی در مسیر شارژ وجود ندارد. حال

اگر مقاومتی را در مسیر قرار دهیم زمان شارژ بیشتر خواهد شد. مقدار دقیق

شارژ به مقدار مقاومت قرار گرفته در مسیر شارژ و ظرفیت خازن بستگی دارد.

ثابت زمانی بر حسب ثانیه و با  $\tau$  نمایش می‌دهند.

$\tau = R \times C$  ثابت زمانی خازن عبارتست از مدت زمانی که طول می‌کشد تا

ولتاژ دو سر خازن به 63.2% ولتاژ ماکزیمم دو سر خود ( ولتاژ سنج) برسد. شارژ

یک خازن در حدود 5 ثابت طول می‌کشد و خالی شدن آن نیز در حدود 5 ثابت

زمانی انجام می‌گیرد.

خازن در جریان متناوب :

خازن جریان‌های متناوب را از خود عبور می‌دهد و مقاومتی را که در این

جریان از خود نشان می‌دهد با فرکانس جریان و ظرفیت خازن نسبت عکس دارد،

این مقاومت را  $X_c$  نشان می‌دهند. ( این مقاومت ای است که در مقابل عبور

جریان خازن‌ها مخالفت می‌کند)

$$X_c = 1 / 2\pi f c$$

$X_c =$  بر حسب اهم است ( کاپاسیتانس)

$C =$  ظرفیت بر حسب فاراد

$f =$  فرکانس جریان

خازن در جریان متناوب باعث می شود جریان به اندازه 90 درجه از ولتاژ جلو بیافتد. توان مصرفی مفید خازن صفر است و آنچه که از شبکه می گیرد یک توان راکتیو است. جریان متناوب به علت فرکانس سبب تغییر پلاریته ی دو سر خازن شده و جریان متناوب از خازنی به راحتی عبور می کند ولی خازن در جریان مستقیم مانند یک عایق عمل می کند. ولتاژ خازن با ولتاژ منبع همیشه 180 درجه اختلاف فاز دارد، جریان عبوری از خازن با فرکانس ولتاژ داده شده نسبت مستقیم دارد. خازن همیشه با تغییرات ولتاژ مخالفت می کند.

اتصال خازن ها :

الف) اتصال سری خازن ها :

در اتصال سری خازن ها ، فاصله ی موثر بین صفحات بیشتر شده و ظرفیت معادل مجموعه ی خازنی کاهش می یابد. در اتصال سری تنها رو صفحه ابتدایی و انتهایی از مجموعه ی خازنی که به مولد بسته شده اند از مولد بار الکتریکی دریافت می کند و صفحات دیگر از طریق القا دارای بار الکتریکی می شوند بنابراین میزان بار الکتریکی همه ی خازن ها یکی است ولی اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه برابر حاصل جمع اختلاف پتانسیل های دو سر خازن ها است.

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n$$

$$u_T = u_1 + u_2 + \dots + u_n$$

خازن های متوالی پهنه ی کاربرد کمی دارند و آن بخاطر مسائل خاص مربوط به هر کاربرد آن است که باید تحقیقات مهندسی پیچیده ای انجام شود. همچنین به علت دشواری حفاظت خازن ها در جریان های عیبگرد سیستم و فرو تشدید ترانسفورماتورها و تشدید زیر سنکرون در طی راه اندازی موتور ، کاربرد زیادی در سیستم های قدرت ندارند. خازن متوالی یک راکتانس منفی (خازنی) است که با راکتانس مثبت (القایی) مدار متوالی می شود و همه یا بخشی از آن را جبران می کند. بنابراین اثر اصلی خازن متوالی کاستن یا حذف افت ولتاژ ناشی از

راکتانس القایي مدار است، حتی می‌توان در نظر داشت که خازن متوالی یک تنظیم‌گر ولتاژ است و بر افزایشی ولتاژی متناسب با اندازه و ضریب توان جریان تأمین می‌کند، بنابراین خازن متوالی افزایش ولتاژی بوجود می‌آورد که خود به خود و همزمان با رشد بار زیاد می‌شود، همچنین خازن متوالی در ضریب توان‌های کمتر که افت ولتاژ بیشتر است افزایش ولتاژی خالصی بیشتر از خازن موازی پدید می‌آورد، ولی خازن‌های متوالی ضریب توان سیستم را بسیار کمتر از خازن‌های موازی بهبود می‌بخشند و اثر کمتری در جریان سیستم دارند.

ب) اتصال موازی خازن‌ها

در اتصال موازی خازن‌ها سطح موثر صفحات زیادتر شده و ظرفیت معادل افزایش می‌یابد، در این حالت اختلاف پتانسیل آن‌ها با هم برابر اما بار الکتریکی آن‌ها مختلف است و بار الکتریکی کل برابر با مجموع بارهاست:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

$$u_t = u_1 + u_2 + \dots + u_n$$

$$c_t = c_1 + c_2 + \dots + c_n$$

خازن‌های موازی به موازات خط‌ها بسته می‌شوند، خازن‌های موازی توان با جریان نوع راکتیو را تأمین می‌کنند تا مولفه نا هم فاز جریان مورد نیاز یک بار القایی را جبران کند. از جهتی خازن‌های موازی با کشیدن جریان پیش فاز که بخشی یا همه مولفه پس فاز جریان بار القایی را در نقطه نصب، خنثی می‌کند مشخصه آن را اصلاح می‌کند. بنابراین خازن موازی همان اثر خازن سنکرون یعنی ژنراتور یا موتور سنکرون (همزمان) بر تحریک را دارد.

با بکارگیری خازن موازی می‌توان جریان بار را کم کرد و ضریب توان مدار را بهبود بخشید ولی خازن‌های موازی اثری بر جریان یا ضریب توان مدار بعد از نقطه‌ی نصب خود ندارند. وظیفه‌ی اصلی خازن‌ها به صورت متوالی و چه به صورت موازی عبارتست از تنظیم ولتاژ و گذر توان راکتیو در محل نصب آن‌ها. خازن‌های موازی این کار را با تغییر ضریب توان بار انجام می‌دهند و خازن‌های متوالی راکتانس القایی را جبران می‌کنند، به عبارت دیگر خازن متوالی یک راکتانس منفی (خازنی) است که با راکتانس مثبت (القایی) مدار متوالی

می‌شود و همه یا بخشی از آن را جبران می‌کند به طور کلی خازن‌ها را می‌توان در هر تراز ولتاژی به کار برد، می‌توان خازن‌ها را به موازات یکدیگر اضافه کرد تا ظرفیت کیلو واری مطلوب بدست آید و می‌توان آن‌ها را به توالی کنار هم گذاشت تا کیلو واری ولتاژ مورد نظر بدست آید.

می‌دانیم که بار سیستم‌های برق رسانی دارای دو مولفه‌ی توان اکتیو و توان راکتیو است، توان اکتیو را باید در نیروگاه‌ها تولید کرد در حالی که توان راکتیو را نیز می‌توان در نیروگاه‌ها تولید کرد، این واقعیت عیان است که خازن‌های قدرت موازی، اقتصادی‌ترین منبع تولید توان راکتیو لازم بارهای القایی آن دسته از خط‌های انتقال اند که در ضریب توان بس فاز کار می‌کنند.

هنگامی که فقط در نیروگاه‌ها توان راکتیو تولید می‌کنیم، اندازه هم‌هی اجزای سیستم (یعنی ترانسفورماتور، خطوط انتقال و توزیع و ...) بایستی متناسباً افزایش یابد. خازن‌ها می‌توانند با کاهش تقاضای توان راکتیو در پشت خود تا ژنراتور، این شرایط را تعدیل کنند، جریان خط از پشت سر خازن تا تجهیزات تولید کاهش می‌یابد در نتیجه، اتلاف‌های خطوط توزیع، ترانسفورماتورهای پست و خط‌های انتقال کاهش می‌یابد.

به طور کلی منابع اقتصادی حاصل از نصب خازن را می‌توان چنین خلاصه کرد

- آزادسازی ظرفیت تولید

- آزاد سازی ظرفیت انتقال

- آزاد سازی ظرفیت پست توزیع

- آزاد سازی ظرفیت در سیستم‌های توزیع

- کاهش اتلاف انرژی در مس

- کاهش افت ولتاژ

محل نصب خازن‌ها و میزان واری انتخابی و نحوه‌ی اتصال خازن‌ها به

هم و به شبکه در ادامه به آنها پرداخته می‌شود.

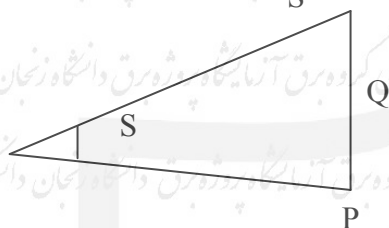
تصحیح ضریب توان :



در سیستم برق رسانی ، مخصوص در فصول پر مصرف با بار راکتیو با ضریب توان حدود 80% تولید خواهد شد، بنابراین در بار، جریان نسبت به ولتاژ بس فاز

خواهد بود. کسینوس زاویه بین جریان ولتاژ را ضریب توان می گویند. اگر مولفه های جریان را در ولتاژ سر مصرف کننده ضرب کنیم طبق شکل زیر می توان مثلث توان را نشان داد.

این شکل رابطه ی موجود بین کیلو وات و کیلو وار ، کیلو ولت آمپر را نمایش می دهد. با افزودن خازن می توان مولفه ی توان راکتیو (Q) ، توان ظاهری بار (S) را کم یا کلاً حذف نمود.



توجه:

معمولاً تاسیساتی که تغییرات سریع بار در آنها وجود دارد دارای یک مرحله حذف جریانهای هارمونیک هستند به این منظور لازم است بانکهای خازن مجهز به

کنتاکتورهای استاتیک و فیلترهای محافظ (در برابر هارمونیک) استفاده شود.



## منابع و ماخذ:

[www.power.com](http://www.power.com)

[www.elc85.blogfa.com](http://www.elc85.blogfa.com)

[www.Bani\\_electronic.Blogfa.com](http://www.Bani_electronic.Blogfa.com)

[www.Electrical.Zamin\\_blogfa.com](http://www.Electrical.Zamin_blogfa.com)

[www.satsleuth.com](http://www.satsleuth.com)