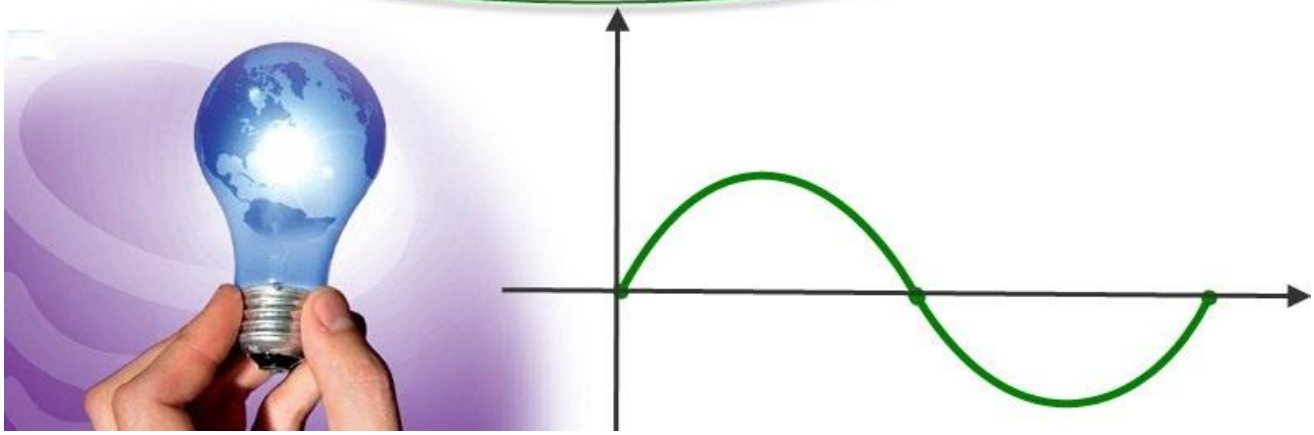
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسم الله الرحمن الرحیم



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

تاثیر بانک های خازنی بر عملکرد سیستم های قدرت

WikiPower.ir

برای خرید فایل word این پروژه اینجا کلیک کنید.

(شماره پروژه = ۲۸۹)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول :

بانک های خازنی

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۱ : خازن ناجی شبکه های تولید و توزیع

توان هم در خازنها بصورت توان غیر مفید است درست مانند سلفها در یک چهارم پریود موج متناوب ،توان دریافت می کنند و در یک چهارم بعدی توان را تحویل می دهند پس خازنها هم مانند سلفها باعث افرایش توان راکیتو (غیر مفید)شبکه می شوند اما اتفاق بامزه زمانی روی می دهد که خازن و سلف با هم در شبکه قرار گیرند.

این دو برعکس هم عمل می کنند . یعنی زمانی که سلف توان می گیرد خازن توان می دهد و زمانی که سلف توان می دهد خازن توان می گیرد . پس توانهای غیر مفید این دو فقط یکبار از شبکه دریافت می شود و در زمانهای بعد بین آنها تبادل می شود بدون اینکه مولد این توان را تحمل کند . پس مصرف کننده های اهمی سلفی توان راکتیو خود را دریافت می کنند و مولد و شبکه توزیع آنرا تولید و پخش نمی کنند زیرا این کار راخازن انجام می دهد . این خازنها از حالا به بعد ، خازنهای اصلاح ضریب توان نام می گیرند و وظیفه آنها تامین توان راکتیو مورد نیاز مصرف کننده های اهمی سلفی است.

۱-۲ : اتصال خازن به شبکه

خازنهای اصلاح ضریب توان باید در شبکه بصورت موازی قرار گیرند . برای اینکار در شبکه های تکفاز باید به فاز و نول وصل شوند و در شبکه های سه فاز پساز اتصال بصورت ستاره یا مثلث آنگاه به سه فاز متصل می شوند .

این خازنها باید از انواعی انتخاب شوند که بتوانند دایمی در مدار قرار گیرند پس باید بتوانند ولتاژ شبکه را تحمل کنند در محاسبه خازن از انواعی استفاده می شود که ولتاژمجاز آنها ۱۵٪ بیشتر از ولتاژ شبکه باشد .

۳-۱ : محاسبه خازن

نقش خازن در شبکه کاهش توان راکتیو مصرف کنند های اهمی – سلفی از دید مولدها است . با این اتفاق ضریب توان مفید به یک نزدیک می شود . پس با کنترل ضریب توان امکان کنترل توان راکتیو وجود دارد . این کار بکمک یک کسینوس فی متر صورت می گیرد . یعنی بکمک کسینوس فی متر می توان دریافت که ضریب توان و در نتیجه توان راکتیو در چه وضعیتی قرار دارد.

(CosΦ) : دامنه تغییرات ضریب توان

خازن مذکور باید برابر نیاز شبکه باشد در غیر اینصورت خود توان راکتیو از مولد دریافت می کند و همچنین سبب افزایش ولتاژ آن می شود . پس باید خازن مطابق نیاز شبکه محاسبه شود

WikiPower.ir

پرسش : شبکه به چه مقدار خازن نیاز دارد ؟

پاسخ : مقداری که ضریب توان را به یک نزدیک کند . این مقدار خازن خود توان راکتیوی ایجاد می کند که توان راکتیو مصرف کننده اهمی – سلفی را جبران می کند . پس مقدار خازن به مقدار توان راکتیو مدار بستگی دارد . هر قدر این توان قبل از خازن گذاری بیشتر باشد ، اندازه خازن نیز بزرگتر خواهد بود.

با توجه به مطالب گفته شده باید برای محاسبه خازن دو مقدار مشخص شود:

۱. مقدار ضریب توان شبکه قبل از خازن گذاری
۲. مقدار ضریب توان شبکه بعد از خازن گذاری که انتظار داریم شبکه به آن برسد

۳. اندازه توان اکتیو

پس از تعیین این مقادیرمراحل زیر را پی می گیریم . برای مقدار ضریب توان مطلوب مثلا عدد ۰,۹مقدار خوبی است . حال دو مقدار ضریب توان داریم یکی ضریب توان شبکه قبل از خازن گذاری و دیگری ضریب توان مطلوب که می خواهیم با گذاردن خازن به آن برسیم . بکمک رابطه زیر مقدار توان راکتیو مورد نظر را که با آمدن خازن تامین می شود محاسبه می کنیم.

(توجه : در خرید خازنهای اصلاح ضریب توان بجای فارد برای تعیین ظرفیت خازن از میزان توان راکتیو آن خازن سخن گفته می شود)

محاسبه خازن در این مرحله تمام می شود و مقدار توان بدست آمده همان مقدار خازن موردنیاز است.

Q = P . F منظور تکمیل بحث ارایه شده در مطلب تحت عنوان " انتخاب کلید مناسب جهت کلید زنی بانکهای خازنی " خاطر نشان می سازم که:

وصل خازنها توسط کلید بطور معمول توام با جریانهایی است که حاوی مولفه های هارمونیکی گذرا با محتوای فرکانسی از **1KHz** تا**15KHz** میباشد .دوره حضور این مولفه ها حدود ۱ تا ۳ میلی ثانیه است و دامنه این مولفه ها دارای مقدار پیکی از ۲۵ تا ۲۰۰ برابر جریان نامی بانک خازنی(I_{rc}) میباشد .بنابراین در انتخاب کلیدهای مورد یا نیاز برای چنین کاربردهایی توجه به این نکات بسیار مهم است که در کلید انتخاب شده حتما می بایست موارد زیر رعایت شده باشند:

۱. کلید دارای تحمل و قدرت وصل**(Making Capacity)** چنین جریانهایی باشد.
۲. واحد حفاظت آنی در برابر چنین جریانهایی تریپ ناخواسته نداشته باشد.

سیستمهای توزیع با توجه به گستردگی شبکه و نیز میزان بسیار زیاد انشعابات، برای انجام مواردی از قبیل: قطع و وصل فیدرها ، انجام عملیات گروه تعمیرات ، بی برق کردن تجهیزات، جابجایی خطوط و ... به کلیدهای زیادی نیاز وجود دارد .

به منظور پایین آوردن هزینه احداث این شبکه ها معمولا تنها در پستهای اصلی و در ابتدای فیدرهای اصلی ازکلیدهای فشار قوی با قابلیت قطع اتصال کوتاه استفاده میشود و در سایر نقاط و انشعابات از کلیدهایی استفاده میشود که تنها قابلیت قطع و وصل جریان بار نامی را دارند.

این کلیدها به کلیدهای قطع بار

(**Load Breaker Disconnect Switch**) موسوم بوده و ما آنها را به اختصار**LB** می نامیم .

در انتخاب کلیدهای**LB** مشخصات زیر حایز اهمیت است :

۱. ولتاژ اسمی دستگاه
۲. جریان بار اسمی(برابر حداکثر جریان بار قابل قطع)
۳. جریانهای عیب قابل عبور (تحمل حرارتی و تحمل دینامیکی کلید)
۴. تعداد دفعات قطع جریان بار اسمی
۵. تعداد دفعات وصل جریان بار اسمی و جریان عیب
۶. مشخصات ایزولاسیون دستگاه
۷. نوع و جنس کنتاکتها
۸. مشخصات و نوع محفظه قطع و ماده ایزوله بکار رفته در محفظه قطع

قطع و وصل بانکهای خازنی غالبا توام با جریان هجومی است به همین دلیل در مورد انتخاب کلید مناسب برای این کار برد خاص طبق استاندارد باید به موارد زیر توجه داشت:

۱. برآورد و محاسبه میزان جریان هجومی در محل نصب خازن
۲. برآورد سطح اتصال کوتاه

۳. مقایسه پیک جریان هجومی و سطح اتصال کوتاه

۴. در مورد بانکهای خازنی پله ای محاسبه دامنه و فرکانس اولین پیک جریان هجومی در هنگام اتصال آخرین پله (و تکرار بند ۳)

۱-۴ : کنترل توان راکتیو و محاسبات خازن گذاری

هرچند که خازن گذاری اقدامی مفید محسوب می شود ولی عملا مقوله پیچیده ای است و در صورتیکه به شکل علمی مورد توجه قرار نگیرد ممکن است نتایجی کاملا معکوس حاصل شود بدین جهت جزوه حاضربا اهداف اطلاع رسانی و آموزشی در زمینه مدیریت مصرف و مدیریت انرژی الکتریکی در سه بخشبررسی تئوری کاهشتلفات راکتیو و راهنمای نصب و مکان یابی خازن های فشار ضعیف و آشنایی با ساختمان خازن و بانکهای خازنی تهیه شده و تلاش داریم تا با بکارگیری دستورالعمل های معتبر ضمن ارائه مبحث تئوری راه حل هایی ساده برای مکان یابی و محاسبه ظرفیت مورد نیاز خازن در شبکه ارائه کنی

WikiPower.ir

نسبت مقدار الکتریسیته ذخیره شده به اختلاف پتانسیل دو سر خازن را ظرفیت خازن می گویند. آن را با **C** نشان میدهند ، و واحد ظرفیت آن در **SI** فاراد است.

۱-۴-۱ دید کلی :

خازن یک از اجزای مدارهای الکترونیکی است که وقتی در مدار قرار میگیرد برخلاف مقاومت ، بارالکتریکی را از خود عبور نمیدهد، بلکه آن را در خود ذخیره میکند و به این دلیل کاربرد مهمی در مدار دارند .اگر خازن با صفحات موازی را در نظر بگیریم و یک گالوانومتر به آن وصل کنیم، بعد از بستن کلید برای مدت کوتاهی عبور جریانی را در مدار نشان میدهد.

جریان اخیرQ را روی یک صفحه خازن انباشته میکند و از صفحه دیگر بار +Q را دور میکند و باعث میشود بار خالص-Q در آن باقی بماند، در چنین وضعیتی خازن بار Q را درخود ذخیره کرده ، هر چه اختلاف پتانسیل دو سر منبع بیشتر باشد مقدار باری که روی صفحات خازن انباشته میشود بیشتر خواهد بود، بطوری که نسبت V به Q برای یک خازن معین مقداری است ثابت، این مقدار ثابت را با C نمایش داده ، ظرفیت خازن می نامیم.

۱-۴-۲ فاراد :

واحد ظرفیت در SI فاراد است که با F نشان داده میشود و آن ظرفیت خازنی است هرگاه اختلاف پتانسیل بین صفحات آن یک ولت باشد، بار ذخیره شده روی هر یک از صفحات یک کولن شود .

۱-۴-۳ پرکردن خازن :

سادهترین راه برای باردار کردن یک خازن این است که دو سر آن را به یک باتری متصل کنیم، جریانی که به هنگام بستن کلید برای بار اول تنها برای چند لحظه در مدار برقرار میشود بار را روی تیغهها انباشته میکند .ظرفیت هر خازن محدود است، به همین دلیل خازن پس از گرفتن مقدار معینی بار (Q = CV) پر میشود .در این حالت با آنکه کلید همچنان بسته است جریانی از مدار عبور نمیکند، لذا نتیجه میگیریم که جریان مستقیم در مداری که شامل خازن است نمیتواند بطور دائمی برقرار باشد. نمودار شدت جریان مدار با زمان نمودار شدت جریان در مدار به هنگام پر شدن خازن کاهش مییابد و بار ذخیره شده درخازن برابر با مساحت زیر نمودار است.

۱-۴-۴ تخلیه خازن :

اگر خازن پر شدهای را در مدار قراردهیم خواهیم دید که هنگامی که کلید برای بار اول بسته میشود جریانی برای مدت کوتاهی در مدار برقرار میشود تا زمانی که بار روی صفحه های خازن وجود دارد جریان

برقرار است، پساز آن جریان صفر میشود، در این موقع می گوییم که خازن خالی شده است. عواملی که بر اندازه ظرفیت یک خازن اثر میگذارد.

۱. ظرفیت خازن با فاصله دو صفحه از یکدیگر نسبت عکس دارد
۲. ظرفیت خازن با مساحت بخشی از دو صفحه که در مقابل هم قرار دارد نسبت مستقیم دارد.
۳. اگر بین دو صفحه خازنی که عایق آن هواست، قطعهای از یک ماده عایق قرار دهیم ظرفیت آن زیاد میشود .مقدار این افزایش به جنس ماده عایق بستگی دارد، ضریب این افزایش برای مواد مختلف را ثابت دی الکتریک آن ماده مینامند .مادهای که برای پر کردن فضای بین دو صفحه خازن بکار میرود باید عایق خوبی باشد و برای آنکه ظرفیت خازن زیاد شود باید ثابت دی الکتریک بالایی داشته باشد .ظرفیت خازن دی الکتریک با صفحات موازی.

$C = K\varepsilon_0 A/d$ که $\varepsilon_0 = 8.85X10\text{-}12\ C^2/Nm^2$

K به جنس ماده دی الکتریک بستگی دارد و برای هوا تقریبا ۱ است . برخی ثابت دی الکتریک متداول در جدول زیر آورده شده است.

دی الکتریکهای جامد	
شیشه	۶-۱۰
میکا	۵,۶-۶,۶
کاغذ پارافینی	۲,۱-۲,۳
پارافین درC ۲۰	۲,۱-۲,۵
دی الکتریکهای مایع	
الکل	۲۵
روغن	۲-۲,۲
آب	۸۰-۸۳
دی الکتریکهای گازی	
دی اکسید کربن	۱,۰۰۰۹۷
هوا	۱,۰۰۰۶۰
هیدروژن	۱,۰۰۰۲۶

WikiPower.ir

وجود ماده دی الکتریک چگونه باعث افزایش ظرفیت خازن میشود؟

بارهای مثبت و منفی که بر روی صفحه های خازن انباشته میشوند یک میدان الکتریکی یکنواخت در فضای بین دو صفحه برپا میکنند .هنگامی که یکماده عایق در این میدان الکتریکی قرار میگیرد توزیع بارالکتریکی اتمهای آن به دلیل نیروهایی که در میدان الکتریکی بر بارهای الکتریکی وارد می شود اندکی تغییر میکند .

دو سطح تیغه دی الکتریکی که بار مثبت و دیگری بار منفی بدست میآورد .وجود این بارها باعث میشود که خازن بتواند به ازای اختلاف پتانسیل ثابتی ، بار بیشتری روی صفحه های خود انباشته کند، زیرا بارهای مثبت و منفی روی دو سطح دی الکتریک اکنون می توانند بارهای بیشتری بسوی صفحه های خازن بکشانند، یعنی دی الکتریک ظرفیت خازن را افزایش

میدهد.

۵-۴-۱ محاسبه ظرفیت خازن :

برای محاسبه ظرفیت خازن ابتدا از قانون گاوس استفاده کرده، برای این منظور سطح گاوسی فرضی مناسبی اختیار کنید، با استفاده از این روش **E** بدست میآید **.($\int E.ds = q/\varepsilon_0$)**

پس توسط رابطه **($V = -\int E.ds$)** اختلاف پتانسیل را بدست آورده و آن را در رابطه **Q = CV** قرار دهید ، با این روش **C** بدست میآید .برای مثال برای خازن استوانهای و ، کروی به روش فوق بدست میآوریم :

۵-۴-۵-۱ ظرفیت خازن کروی :

خازنی که از دو صفحه کروی تو در تو با بارهای مخالف بوجود آمده است، برابر است با **($C=4\pi\varepsilon_0$)** که **ab/(b-a)** **a** شعاع کره کوچکتر و **b** شعاع کره بزرگتر است.

۵-۴-۵-۲ ظرفیت خازن استوانهای :

خازنی که از دو صفحه استوانهای تو در تو با بارهای مخالف بوجود آمده است

($C=2\pi\varepsilon_0 l/\ln(b/a)$) که **b** و **a** شعاع سطح مقطع استوانه ها و **l** طول استوانه است .

۵-۴-۵-۳ ظرفیت یک کره متروی :

پتانسیل یک کره رسانای متروی به شعاع **R** و حامل بار **q** برابر **$V = q/4\pi\varepsilon_0 R$** این کره را میتوان مانند یکی از صفحات خازنی در نظر گرفت که صفحه دیگر آن کره بر روی این کره رسانایی به شعاع بینهایت و **V** در بی نهایت صفر است، پس ظرفیت این کره **$C = 4\pi\varepsilon_0 R$** است.

۵-۱ : مقدمه

خازن المان الکتریکی است که میتواند انرژی الکتریکی را توسط میدان الکترواستاتیکی (بار الکتریکی) در خود ذخیره کند . انواع خازن در مدارهای الکتریکی بکار میروند .خازن را با حرف C که ابتدای کلمه capacitor است نمایش میدهند .ساختمان داخلی خازن از دو قسمت اصلی تشکیل میشود:

الف – صفحات هادی

ب – عایق بین هادیها (دی الکتریک)

۱-۵-۱ ساختمان خازن :

هرگاه دو هادی در مقابل هم قرار گرفته و در بین آنها عایقی قرار داده شود، تشکیل خازن میدهند . معمولا صفحات هادی خازن از جنس آلومینیوم ، روی و نقره با سطح نسبتا زیاد بوده و در بین آنها عایقی (دی الکتریک) از جنس هوا ، کاغذ ، میکا ، پلاستیک، سرامیک، اکسید آلومینیوم و اکسید تانتالیوم استفاده میشود .

WikiPower.ir

هر چه ضریب دی الکتریک یک ماده عایق بزرگتر باشد آن دی الکتریک دارای خاصیت عایقی بهتر است.

به عنوان مثال ، ضریب دی الکتریک هوا ۱ و ضریب دی الکتریک اکسید آلومینیوم ۷میباشد .

بنابراین خاصیت عایقی اکسید آلومینیوم ۷ برابر خاصیت عایقی هوا است.

۱-۵-۲ انواع خازن :

الف- خازنهای ثابت

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- سرامیکی
- خازنهای ورقهای
- خازنهای میکا
- خازنهای الکترولیتی

۱. آلومینیومی

۲. تانتالیوم

ب- خازنهای متغیر

- واریابل
- تریمر

انواع خازن بر اساس شکل ظاهری آنها

- مسطح
- کروی
- استوانهای

انواع خازن بر اساسدی الکتریک آنها

- خازن کاغذی
- خازن الکترونیکی
- خازن سرامیکی
- خازن متغییر

WikiPower.ir

خازن مسطح (خازن تخت)

دو صفحه فلزی موازی که بین آنها عایقی به نام دی الکتریک قرار دارد، مانند(هوا ، شیشه) با اتصال صفحات خازن به یک مولد میتوان خازن را باردار کرد. اختلاف پتانسیل بین دو سر صفحات خازن برابر اختلاف پتانسیل دو سر مولد خواهد بود

ظرفیت خازن(C)

نسبت مقدار باری که روی صفحات انباشته میشود بر اختلاف پتانسیل دو سر باتری را ظرفیت خازن گویند؛ که مقداری ثابت است.

$$C = k\varepsilon_0 A/d$$

C : ظرفیت خازن بر حسب فاراد

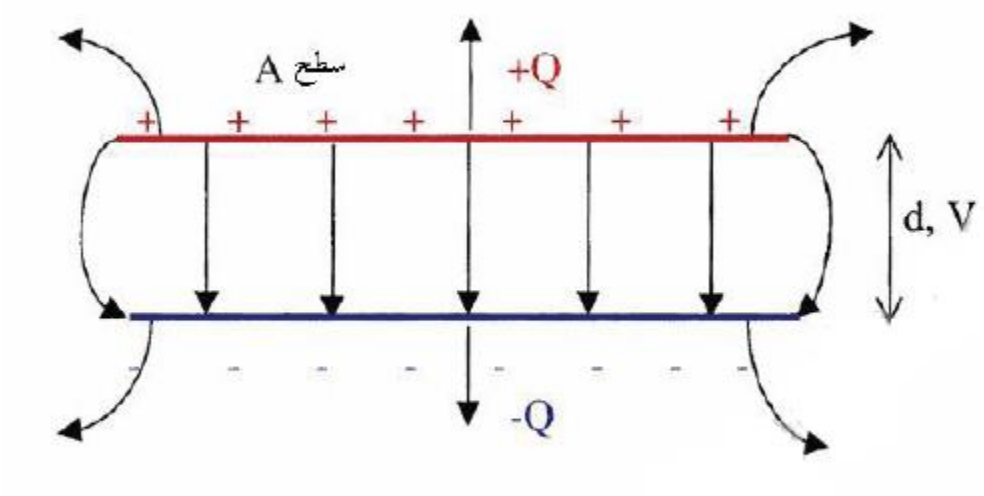
Q : بار ذخیره شده برحسب کولن

WikiPower.ir

V : اختلاف پتانسیل دو سر مولد برحسب ولت

ε_0 : قابلیت گذر دهی خلا است که برابر است با $۸,۸۵*۱۰^{-۱۲}$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



چند نکته

آزمایش نشان میدهد که ظرفیت یک خازن به اندازه بار **(q)** و به اختلاف پتانسیل دو سر خازن **(V)** بستگی ندارد بلکه به نسبت**q/v** بستگی دارد .

بار الکتریکی ذخیره شده در خازن با اختلاف پتانسیل دو سر خازن نسبت مستقیم دارد

یعنی **q a v :**

ظرفیت خازن با فاصله بین دو صفحه نسبت عکس دارد

یعنی **C a 1/d :**

ظرفیت خازن با مساحت هر یک از صفحات و جنس دی الکتریک **(K)** نسبت مستقیم دارد یعنی **C a K**

و **C a A :**

۳-۵-۱ شارژ یا پر کردن یک خازن :

وقتی که یک خازن بی بار را به دو سر یک باتری وصل کنیم؛ الکترونها در مدار جاری میشوند بدین ترتیب یکی از صفحات بار **(+)** و صفحه دیگر بار **(-)** پیدا میکند .آن صفحهای که به قطب مثبت باتری وصل شده ؛ بار مثبت و صفحه دیگر بار منفی پیدا میکند .

خازن پساز ذخیره کردن مقدار معینی از بار الکتریکی پر میشود .یعنی با توجه به اینکه کلید همچنان بسته است؛ ولی جریانی از مدار عبور نمیکند و در واقع جریان به صفر میرسد .یعنی به محض اینکه یک خازن خالی بدون بار را در یک مدار به مولد متصل کردیم؛ پساز مدتی کوتاه عقربه گالوانومتر دوباره روی صفر بر میگردد .یعنی دیگر جریانی از مدار عبور نمیکند. در این حالت میگوییم خازن پرشده است.

۴-۵-۱ دشارژ یا تخلیه یک خازن :

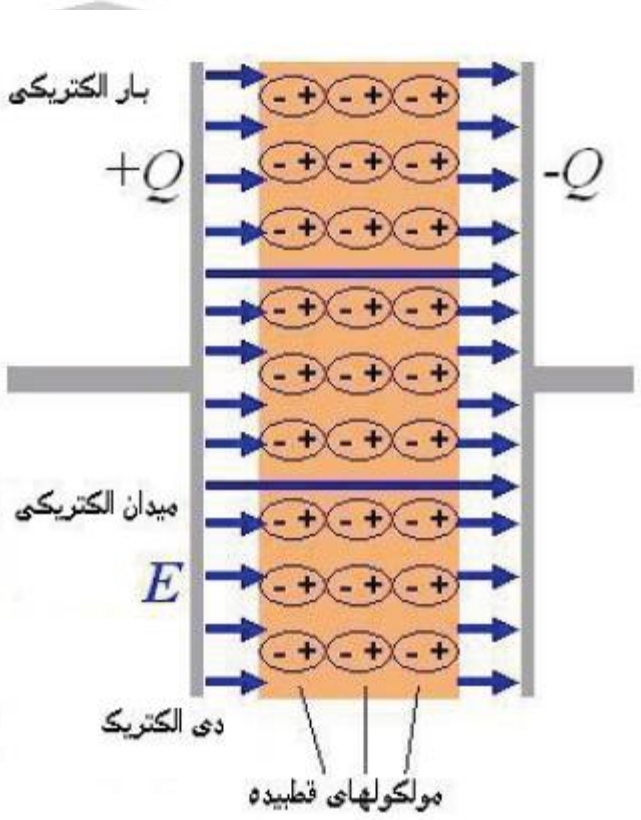
ابتدا خازنی را که پر است در نظر میگیریم .دو سر خازن را توسط یک سیم به همدیگر وصل میکنیم .در این حالت برای مدت کوتاهی جریانی در مدار برقرار میشود و این جریان تا زمانی که بار روی صفحات خازن وجود دارد برقرار است .

پس از مدت زمانی جریان صفر خواهد شد .یعنی دیگر باری بر روی صفحات خازن وجود ندارد و خازن تخلیه شده است .اگر خازن کاملا پر شود دیگر جریانی برقرار نمیشود و اگر خازن کاملا تخلیه شود باز هم جریانی برقرار نمیشود.

تأثیر ماده دی الکتریک در فضای بین دو صفحه موازی یکخازن وقتی که خازنی را به مولدی وصل میکنیم؛ یک میدان یکنواخت در داخل خازن بوجود میآید .این میدان الکتریکی بر توزیع بارهای الکتریکی اتمی عایقی که در درون صفحات قرار دارد اثر میگذارد و باعث میشود که دو قطبیهای موجود در عایق طوری شکل گیری کنند؛ که در یک سمت عایق بارهای مثبت و در سمت دیگر آن بارهای منفی تجمع کنند.

توزیع بارهایی که در لبه های عایق قرار دارند؛ بر بارهای روی صفحات خازن اثر میگذارد. یعنی بارهای منفی روی لبه های عایق؛ بارهای مثبت بیشتری را روی صفحات خازن جمع میکند؛ و همینطور بارهای مثبت روی لبه های عایق بارهای منفی بیشتری را روی بارهای صفحات خازن جمع میکند .

بنابراین با افزایش ثابت دی الکتریک(K) میتوان بیشتری را روی خازن جمع کرد و باعث افزایش ظرفیت یک خازن شد .با گذاشتن دی الکتریک در بین صفحات یک خازن ظرفیت آن افزایش مییابد.



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۶ : میدان الکتریکی درون خازن تخت

در فضای بین صفحات خازن بار دار میدان الکتریکی یکنواختی برقرار میشود که جهت آن همواره از صفحه مثبت خازن به سمت صفحه منفی خازن است .اندازه میدان همواره یک عدد ثابت میباشد.

E=V/d

E : میدان الکتریکی

V : اختلاف پتانسیل دو سر خازن

d : فاصله بین دو صفحه خازن

میدان الکتریکی با اختلاف پتانسیل دو سر خازن نسبت مستقیم و با فاصله بین صفحات خازن نسبت عکس دارد.

۱-۷ : به هم بستن خازنها

خازنها در مدار به دو صورت بسته میشوند:

۱- موازی

۲- متوالی (سری)

۱-۷-۱ بستن خازنها به روش موازی :

در بستن به روش موازی بین خازنها دو نقطه اشتراک وجود دارد .در این نوع روش:

- اختلاف پتانسیل برای همهٔ خازنها یکی است .
- بار ذخیره شده در کل مدار برابر است با مجموع بارهای ذخیره شده در هریک از خازنها.

ظرفیت معادل در حالت موازی

مولد **V = V1 = V2 = V3**

بار کل **Q = Q1 + Q2 + Q3**

CV = C1V1 + C2V2 + C3V3

ظرفیت کل **C = C1 + C2 + C3**

اندیس ها مربوط به خازنهای ۱ و۲و۳ میباشد. هرگاه چند خازن باهم موازی باشند،

ظرفیت خازن معادل برابر است با مجموع ظرفیت خازنها.

۲-۷-۱ بستن خازنها بصورت متوالی :

در بستن به روش متوالی بین خازنها یک نقطه اشتراک وجود دارد و تنها دو صفحه دو طرف مجموعه به مولد بسته شده ؛ از مولد بار دریافت میکند .صفحات مقابل نیز از طریق القاء بار الکتریکی دریافت میکنند .بنابراین اندازه بار الکتریکی روی همه خازنها در این حالت باهم برابر است .

در بستن خازنها به طریق متوالی:

- بارهای روی صفحات هر خازن یکی است .
- اختلاف پتانسیل دو سر مدار برابر است با مجموع اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از خازنها.

ظرفیت معادل در حالت متوالی:

بار کل **Q = Q1 + Q2 + Q3**

اختلاف پتانسیل کل **V = V1 = V2 = V3**

q/C = q1/C1 + q2/C2 + q3/C3

$$C^{-1} = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3$$

ظرفیت کل در حالت متوالی ، وارون ظرفیت معادل ، برابر است با مجموع وارون هریکاز خازنها.

۱-۸ : انرژی ذخیره شده در خازن

پر شدن یک خازن باعث بوجود آمدن بار ذخیره در روی آن میشود و این هم باعث میشود که انرژی روی صفحات ذخیره گردد .کل کاری که در فرآیند پر شدن خازن انجام میشود از طریق محاسبه بدست میآید.

۱-۹ : کاربرد خازن

با توجه به اینکه بار الکتریکی در خازن ذخیره میشود؛ برای ایجاد میدانهای الکتریکی یکنواخت میتوان از خازن استفاده کرد .خازنها میتوانند میدانهای الکتریکی را در حجم های کوچک نگه دارند؛ به علاوه میتوان از آنها برای ذخیره کردن انرژی استفاده کرد .خازن در اشکال مختلف ساخته میشود.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دوم :

کاربرد خازنها در سیستم های توزیع انرژی

WikiPower.ir

۲-۱ : مقدمه

با یک نگاه سطحی ، خازن یک دستگاه بسیار ساده و غیر پیچیده به نظر می‌رسد . یعنی خازن متشکل از دو صفحه فلزی است که به وسیله مواد عایقی دی‌الکتریک از هم جدا شده‌اند . در عمل خازن قدرت یک وسیله بسیار فنی است که در آن مواد عایقی نازک، تحت فشار الکتریکی هستند .

در گذشته اکثر خازنها متشکل از دو صفحه فویل آلومینیومی بودند که بوسیله سه یا چند لایه کاغذ آغشته از هم جدا می‌شدند . خازنهای قدرت در چهل سال اخیر بسیار توسعه یافته‌اند که این توسعه بواسطه بهبود مواد دی‌الکتریک و استفاده مؤثرتر از آنها و قسمتی مربوط به روشهای مدرن تهیه خازنهاست .

اندازه قدرت خازنها از ۱۵ تا ۲۵ کیلووار به ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلووار افزایش یافته است . امروزه خازنهای قدرت بسیار مؤثرتر از خازنها در چهل سال گذشته می‌باشد و هزینه آنها برای هر کیلووار ارزانتر است . بطور کلی خازنها امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند که قسمتی بخاطر اندازه آنها و کم بودن تلفات در آنهاست . بطوری که جایگزینی خازنهای قدیمی با خازنهای جدید بخاطر تلفات انرژی کمتر ، قابل توجه است .

خازنهای قدرت معمولاً به کیلووار بیان می‌شوند . رابطه بین قدرت ، ولتاژ ، فرکانس و ظرفیت خازن بصورت زیر است :

$$k\,\mathrm{var} = \frac{E^2 2\pi f c(10^{-6})}{1000} \qquad (۲-۱)$$

که **E** ولتاژ نامی ، **f** فرکانس (سیکل بر ثانیه) و **c** ظرفیت خازن به میکروفاراد است .

کار اصلی خازنها چه به صورت سری و یا به صورت موازی ، تنظیم ولتاژ و کنترل توان راکتیو در نقطه نصب است . خازنهای موازی این کار را با اصلاح ضریب توان بار انجام می‌دهند در صورتی که خازنهای سری این کار را مستقیماً با کاهش راکتانس اندوکتیو سری خط انجام می‌دهند .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

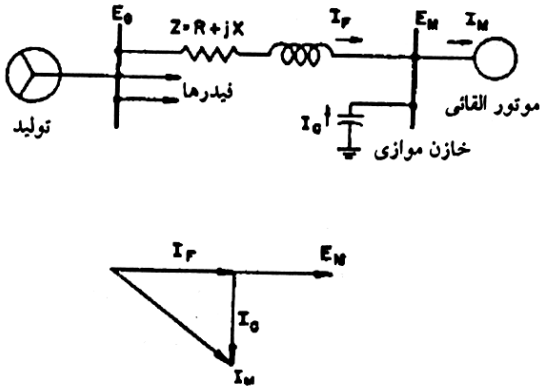
۲-۲ : خازنهای موازی

۲-۲-۱ کاربرد خازنهای موازی :

کار خازنهای موازی ، تزریق کیلووار به سیستم در نقطه نصب است . یک خازن موازی اثری مشابه یک کاندستور سنکرون در حالت فوق تحریک دارد و جریان راکتیو برای تغذیه بارها (مثلاً موتورهای اندوکسیونی) در محل نصب تولید می‌کند . نصب خازن موازی در محل بار در انتهای یک خط مطابق شکل ۱-۵ دارای مزایای زیر است که یک یا چند مزیت آن ممکن است دلیل استفاده از خازن باشد .

* ولتاژ آزمایش باید برای حداقل ده ثانیه اعمال شود .

- کاهش مؤلفه راکتیو جریان مدار
- افزایش سطح ولتاژ در محل بار
- بهبود تنظیم ولتاژ اگر خازن به طور صحیح وارد و خارج شود .
- کاهش تلفات توان (I^2R) در سیستم به خاطر کاهش اندازه جریان
- کاهش تلفات راکتیو (I^2X) در سیستم به خاطر کاهش اندازه جریان
- افزایش ضریب قدرت ژنراتور منبع
- کاهش بارگذاری روی ژنراتور منبع (**kva**) و روی فیدرهای مربوطه و در نتیجه آزاد شدن ظرفیت برای استفاده برای رشد بار
- به وسیله کاهش **kva** بار روی ژنراتور منبع ، بار **kW** بیشتری توسط ژنراتور تغذیه می‌شود
- با بالا رفتن قدرت تغذیه منبع ، سرمایه‌گذاری برای تأمین واحدها و خطوط جدید به تعویق می‌افتد .

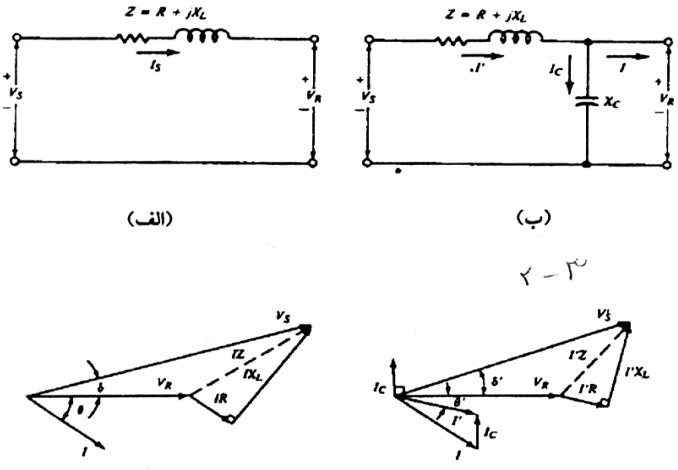


شکل ۱-۲

همانطور که در شکل (۱-۲) آمده است با کاربرد خازنهای موازی در فیدرها، مقدار جریان کشیده شده از منبع و همچنین افت ولتاژ بین نقاط فرستنده و گیرنده توان کاهش می‌یابد و ضریب توان بهبود پیدا می‌کند و بنابراین خازنهای موازی روی جریان و ضریب توان اثر می‌گذارند . شکلهای (۲-۲الف) و ۲-۲ ج) نمودار تک خطی یک خط و نمودار برداری آن را قبل از نصب خازن نشان می‌دهند . شکلهای (۲-۲ب) و (۲-۲-د) مربوط به بعد از نصب خازن می‌باشند . افت ولتاژ در فیدر با ضریب توان پس فاز برابر است با :

$$VD=IRR+IXXL \qquad (۲-۲)$$

که **IR** و **IX** بترتیب مؤلفه‌های اکتیو و راکتیو جریان هستند .



شکل ۲-۲

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اگر خازن در طرف گیرنده توان در خط مطابق شکل (۲-۲ب) نصب شود، افت ولتاژ از روابط زیر بدست می‌آید :

$$VD=IRR+IXXL-ICXL \qquad (۲-۳)$$

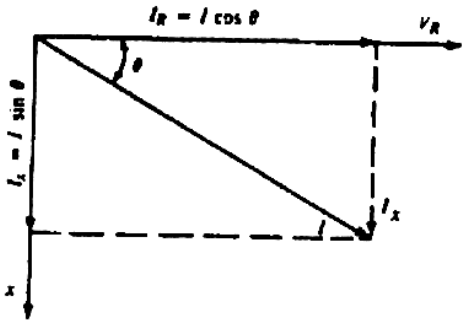
تفاوت بین افت ولتاژ قبل و بعد از نصب خازن از روابط زیر محاسبه می‌شود :

$$VR = I_C X_L \qquad (۲-۴)$$

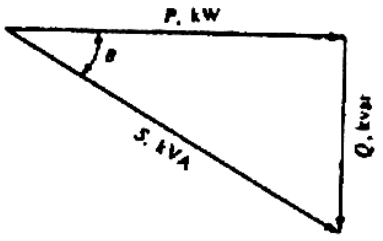
۲-۳ : اصلاح ضریب توان

یک منطقه نمونه ممکن است بار راکتیو با ضریب توان ۸۰٪ در طول ماههای تابستان داشته باشد . بنابراین از ولتاژ عقبتر است (شکل ۳-۲ الف). کسینوس زاویه بین جریان و ولتاژ گیرنده توان ، ضریب توان نامیده می‌شود .

با ضرب مؤلفه اکتیو و راکتیو جریان در ولتاژ گیرنده ، توانهای اکتیو و راکتیو و رابطه آنها که در مثلث توان مطابق شکل (۳-۲ب) نشان داده شده است ، به دست می‌آید . باید توجه کرد که با اضافه کردن خازن، مؤلفه راکتیو **Q** و در نتیجه **S** کاهش می‌یابد .



(الف)

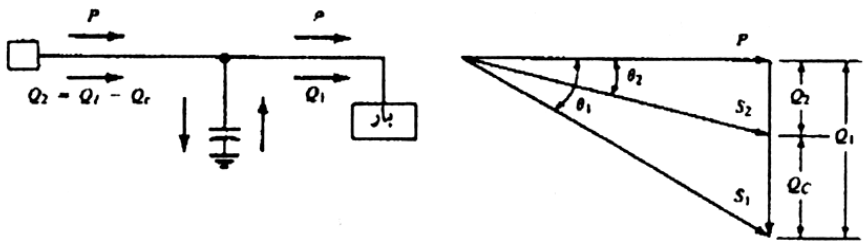


(ب)

شکل ۳-۲

حتی توان راکتیو مربوط به ضریب توان ۸۰٪ خیلی بزرگ است و با عث افزایش ۲۵٪ در کل قدرت کیلو ولت آمپر خط می‌شود . در این ضریب توان تقریباً ۷۵ کیلووار خازن برای جبران‌سازی ۷۵ کیلووار مؤلفه راکتیو توان مورد نیاز است .

همانطور که قبلاً گفته شد تولید قدرت راکتیو در نیروگاه و انتقال آن به مصرف کننده در فاصله دور از نیروگاه از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده بسادگی می‌توان توسط خازنهای موازی توان راکتیو مورد نیاز را در محل بار تولید کرد . شکل (۴-۲) اصلاح ضریب توان را برای یک سیستم داده شده نشان می‌دهد . همانطور که مشاهده می‌شود ، خازن جریان پیش فاز راکتیو از منبع می‌کشد و یا به عبارت دیگر جریان راکتیو پس فاز به بار می‌دهد . فرض کنید که بار توان حقیقی **P** و توان راکتیو **Q1** را جذب نماید، قدرت دستگاه **S1** با ضریب توان پس فاز زیر است :



شکل ۴-۲

$$Cos\theta_1 = \frac{P}{S_1} = \frac{P}{(P^2 + Q_1^2)^{\frac{1}{2}}}$$

وقتی که یک خازن موازی با قدرت **Qc** به موازات بار قرار می‌گیرد ، ضریب توان از $Cos\theta$ و $Cos\theta$ تغییر می‌کند :

$$Cos\theta_2 = \frac{P}{S_2}$$

$$Cos\theta_2 = \frac{P}{(P^2 + Q_2^2)^{\frac{1}{2}}} = \frac{P}{[P^2 + (Q_1 - Q_C)^2]^{\frac{1}{2}}}$$

همانطور که از شکل مشاهده می‌شود توان ظاهری و توان راکتیو بترتیب از **S1** به **S2** و از **Q1** به **Q2** کاهش می‌یابند . البته کاهش توان راکتیو باعث کاهش جریان کلی عبوری و در نتیجه کاهش تلفات توان می‌شود .

بنابراین اصلاح ضریب توان باعث منافع اقتصادی در هزینه کلی و هزینه سوخت از طریق آزاد کردن ظرفیت کیلوولت آمپر و کاهش تلفات در تمام تجهیزات بین نقطه نصب خازن و منبع قدرت شامل خطوط توزیع ، ترانسفورماتور توزیع و خطوط انتقال می‌شود . بنابراین ضریب توان اقتصادی آنست که بازای نصب خازن ، هزینه صرفه‌جویی شده مساوی هزینه خازن مصرف شده باشد . در گذشته ضریب توان اقتصادی حدود ۹۵٪ بود . امروزه با افزایش هزینه واحدهای تولید الکتریسته و هزینه سوخت ، فاکتورهای اقتصادی ضریب توان را بسمت ۱ میل می‌دهند .

WikiPower.ir

۲-۴ : نصب خازن در شبکه توزیع

عموماً خازنها در پستهای توزیع فشار قوی ، پستهای توزیع فشار ضعیف و ورودی فیدرها (بالای تیر) به منظور کنترل توان راکتیو خطوط و اصلاح ضریب توان بار نصب می‌شوند . اگر فقط خازنهای ثابت به کار روند همانطور که مشاهده می‌شود یک افزایش ولتاژ همراه با ضریب توان پیش فاز در ساعات بار کم وجود خواهد داشت .

بنابراین مطابق شکل (۵-۲) بعضی خازنها به صورت بانکهای قابل قطع و وصل خواهند بود تا در ساعات بار کم از مدار خارج شوند . پس در طراحی خازنهای ثابت باید بار کم در نظر گرفته شود . همانطور که در شکل مشخص شده ، خازنهای قابل قطع و وصل به صورت بلوکهای مختلف به طور مجزا از هم وارد و خارج می‌شوند . البته در عمل تعداد پله‌های خازنی که وارد یا خارج می‌شوند خیلی کمتر از تعداد نشان داده شده در شکل (۵-۲) است چرا که با افزایش تعداد پله‌های فوق هزینه‌های مربوط به سیستم کنترل خازنها و کلیدهای مربوطه بالا می‌رود .

پیداست که برای انتخاب نحوه نصب خازن نیاز به بررسی سیستم می‌باشد . از محاسبات پخش بار سیستم به صورت کامپیوتری یا دستی ، منحنی تغییرات توان راکتیو فیدرها مشخص می‌شود و مطابق شکل (۵-۲) ترسیم می‌گردد . به این منحنی بار راکتیو شبکه گویند .

با استفاده از منحنی فوق میظتوان مقادیر خازنهای ثابت و قابل قطع و وصل فیدر فوق را برای پروفیل بار مربوطه مشخص نمود . مقدار ظرفیت خازن ثابت باید به اندازه حداقل جریان راکتیو (توان راکتیو) عبوری از خط باشد . مثلاً در شکل فوق ظرفیت خازن ثابت **600 Kvar** می‌باشد .

بقیه نیاز توان راکتیو بار توسط ژنراتور و یا خازنهای قابل قطع و وصل تأمین می‌شود . البته از آنجایی که تأمین نیاز توان راکتیو توسط ژنراتور گران تمام می‌شود استفاده از خازنهای قابل قطع و وصل بری این منظور توصیه می‌گردد . همچنین استفاده از توان راکتیو تولیذی ژنراتور به مقدار زیاد برای جبران توان راکتیو ممکن است پایداری آن را به خطر بیندازد .

پس از مشخص شدن مقدار خازن ثابت و متغیر باید بررسی کنیم که در چه محلی باید آنها را نصب نماییم . روشهای مختلفی برای این کار وجود دارد . روشهای دقیق برای جایابی خازن در شبکه بسیار پیچیده است و نیاز به محاسبات طولانی دارد . در بخشهای بعد چند روش کلی ارائه خواهد شد .

یک روش سرانگشتی برای جایابی خازنهای ثابت در یک فیدر با بار یکنواخت گسترده در $\frac{2}{3}$ طول فیدر از محل منبع است . برای بارهای کاهنده یکنواخت خازنهای ثابت را در وسط فیدر قرار می‌دهند . محل

خازنهای قابل قطع و وصل معمولاً بوسیله تنظیم ولتاژ تعیین می‌شود و معمولاً در انتهای فیدر در $\frac{1}{3}$ طول آن از انتها است . یک رابطه تقریبی که اغلب برای نصب خازن روی یک فیدر شعاعی به کار می‌رود به شکل زیر است :

شکل ۵-۲

$$\text{درصد افزایش ولتاژ در اثر نصب خازن} = \frac{(K\,\text{var})(d)(X)}{10(KV)^2} \qquad (۵-۲)$$

که در آن **kvar** کل قدرت خازن سه فاز نصب شده،**d** فاصله پست تا محل خازن بر حسب مایل ، **X** راکتانس فیدر بر حسب اهم در مایل و **kV** ولتاژ خط به خط سیستم بر حسب کیلوولت است .

معادله فوق درصد افزایش ولتاژ در اثر نصب خازن از محل پست تا محل خازن را نشان می‌دهد. این مقدار باید با افت ولتاژ در اثر بار در فیدر با هم در نظر گرفته شوند تا کل افزایش یا کاهش ولتاژ محاسبه شود . این معادله از این جهت مفید است که اثر خازن بتنهایی را نشان می‌دهد . اگر افزایش خاصی در ولتاژ در نقطه‌ای نیاز باشد، با استفاده از معادله (۵-۵) محاسبات برای بانک خازنی لازم انجام می‌شود .

۵-۲ : نحوه کنترل خازنهای قابل قطع و وصل

کنترل خازنهای قابل قطع و وصل ، به صورت دستی و یا با کنترلهای اتوماتیک انجام می‌شود . کنترل دستی در پستها می‌تواند انجام شود . کنترل اتوماتیک توسط کلیدهای زمانی ، ولتاژ ، جریان ، ولتاژ- جریان ، ولتاژ- زمان و درجه حرارت انجام می‌شود . کلیدهای کنترل زمانی ارزانترین هستند .

در صورتی که توان راکتیو تنها توسط نیروگاه تولید شود. هر یک از المانهای سیستم(یعنی ژنراتورها، ترانسفورماتورها ، خطوط انتقال و توزیع و کلیه تجهیزات) باید از نظر اندازه بزرگترشوند چرا که توان بیشتری لازم است از نیروگاه به بار انتقال یابد . خازنهای موازی می‌توانند با تولید این توان راکتیو در محلهای مورد نیاز ، از افزایش ظرفیت المانهای شبکه به این منظور جلوگیری نمایند .

در نتیجه جریان خطوط از محل خازنهای تا نیروگاه کاهش می‌یابد . در نتیجه تلفات و بار سیستم در خطوط توزیع تا پستهای توزیع و خطوط انتقال تا نیروگاه کاهش می‌یابد . علاوه بر این نصب خازن در محلهای مورد نیاز باعث اصلاح ضریب توان و بالا بردن کارایی پست و خط برای تغذیه بارهای اضافی می‌گردد . بعلاوه کاهش جریان در ترانسفورماتورها و خطوط باعث آزاد شدن قسمتی از ظرفیت آنها می‌شود و احداث تجهیزات جدید را به تأخیر می‌اندازد . به طور کلی مزایای اقتصادی نصب خازنها در شبکه توزیع ، ما را ترغیب به نصب آنها در خطوط ولتاژ بالا می‌سازد .

وقتی که از خازنهای موازی در سیستم قدرت استفاده می‌شود لازم است منافع اقتصادی از نصب خازن با هزینه‌های مربوط به خازن مقایسه گردد . فواید کامل از به کار بردن خازن وقتی حاصل می‌شود که فواید حاصل با هم و همزمان در نظر گرفته شوند .

این فواید باید با هزینه خازنها و وسایل دیگر بکار رفته (سیستم کنترل خازنها و مکانیسم وارد و خارج کردن آنها در شبکه) مقایسه گردد .

۲-۶ : آزاد سازی ظرفیت

در اثر نصب خازن در یک پست ، توان راکتیو انتقالی از پست توزیع به محل بار کاهش می‌یابد و مقداری از ظرفیت فیدرهای آزاد می‌شود . آزاد سازی ظرفیت فقط محدود به فیدر نیست و شامل کلیه المانهای سیستم بین خازن و منبع شامل پست توزیع ، فیدرهای فوق توزیع ، پستهای انتقال ، خطوط انتقال ، ترانسفورماتورهای توزیع ، فوق توزیع و انتقال تا ژنراتور می‌شود .

آزاد شدن ظرفیت در سیستم قدرت باعث تأخیر در نصب و توسعه سیستم می‌گردد و سود قابل توجهی نیز به همراه خواهد داشت . بطور مثال اگر صرف هزینه‌ای حدود ۵۰۰۰ دلار برای خازن در یک شبکه باعث به تأخیر افتادن توسعه شبکه با هزینه ۳۰۰۰۰۰ دلار برای یک سال شود، می‌توان به اهمیت نصب خازن در شبکه پی برد .

ظرفیت آزاد شده در محل ژنراتور = $$S'\left\{1-\left[1+\left(\frac{E_g I_c}{S'}\right)^2+\left(\frac{LR}{S'}\right)^2-2\left(\frac{E_g I_c \sin\theta + LRCos\theta}{S'}\right)\right]^{\frac{1}{2}}\right\}$$

که در آن :

$$S' = (RLF).S$$

$$LR = R[2I_L(RLF)I_c - I_c^2]$$

که **Eg** ولتاژ در محل ژنراتور ، **IC** جریان خازن با **I** جریان خط ، **RLE** ضریب بار راکتیو و **LR** کاهش تلفات در اثر نصب خازن و **S** ظرفیت پست قبل از نصب خازن است.

۲-۷ : کاهش تلفات

یکی از مهمترین مزایای نصب خازن در شبکه کاهش تلفات است . با نصب خازن در یک پست ، جریان عبوری از فیدرها، پستها، ترانسفورماتورها و کلیه المانهای قبل از محل نصب خازن تا ژنراتور کاهش می‌یابد ، کاهش تلفات توان پس از نصب خازن در فیدر از رابطه زیر به دست می‌آید :

$$LR = R(2IcIL(RLF) - I_c^2) \qquad (۲-۶)$$

که در آن I_L جریان بار، I_C جریان خازن و **RLF** ضریب بار راکتیو است .

بعد از کاهش تلفات توان سه سود دیگر حاصل می‌شود که مربوط به کاهش تلفات بار حداکثر (تقاضا) صرفه‌جویی در انرژی به خاطر کاهش انرژی تلفاتی و کاهش حداکثر بار راکتیو است.

۲-۸ : اصلاح ولتاژ

خازنها دارای دو فایده از نظر اصلاح ولتاژ هستند . خازنهای قابل قطع و وصل به عنوان وسیله‌ای بجای تنظیم کننده‌های ولتاژ در فیدرها و پستها و یا ترانسفورماتورهای با نسبت تبدیل متغیر به کار می‌روند . خازنهای ثابت ولتاژ متوسط سیستم را بالا می‌برند با بالا رفتن سطح ولتاژ متوسط توسط خازنهای ثابت ، هزینه تنظیم ولتاژ کاهش می‌یابد . البته باید توجه داشت که خازن ثابت یک تنظیم کننده ولتاژ نیست و نمی‌توان ان را با تنظیم کننده‌های ولتاژ مقایسه کرد ولی علاوه بر بالا بردن ولتاژ، خازنهای ثابت باعث کم کردن تغیرات ولتاژ در طول فیدر نیز می‌شوند .

بنابراین وقتی خازن کار رگولاتور ولتاژ را تا حدودی انجام می‌دهد باید صرفه‌جویی ناشی از به کار بردن آن را نیز در محاسبات به حساب آورد . با بالا بردن سطوح ولتاژ بوسیله خازن ثابت ، سود حاصل از طرف بارها را باید به حساب آورد . این مسأله بخصوص در بارهای مسکونی اهمیت دارد . چرا که در یک درصد افزایش در متوسط ولتاژ فیدرها باعث یک درصد افزایش در مصرف توان مصرف کننده‌ها می‌شود . در محاسبات جایابی خازن می‌توان این فاکتور را نیز منظور داشت .

۲-۹ : جایابی بهینه خازنهای موازی در شبکه‌های توزیع

در بخش قبل منافع حاصل از نصب خازن در پستها و طول فیدرها به اختصار توضیح داده شد. برای مشخص نمودن محل نصب خازن در پستهای توزیع باید بطریقی عمل کنیم که منافع حاصل حداکثر شود . روشهای مختلفی برای جایابی بهینه خازن در شبکه توزیع ارائه شده است که در قبل به

بعضی از آنها اشاره شد . در روشهای مختلف ، عمل بهینه‌سازی با توجه به ساده سازیهای متفاوت و یکنواخت فرض نمودن بار فیدر ، تعداد محدود محل نصب خازن، تقسیم بندی شبکه به زیر شبکه‌ها و.... انجام شده است .

البته با توجه به گستردگی و تنوع شبکه توزیع شاید نتوان روشی یافت که کلیه پارامترها را به حساب آورد و کلیه مزایای حاصل از نصب خازن را در تابع هدف منظور کرد، بدین جهت هر روش دارای مزایا و معایبی است . در زیر به دو روش برای جایابی خازن در شبکه اشاره می‌شود . در روش اول از یک الگوریتم ساده استفاده شده است و فرضهای در نظر گرفته شده واقعی‌تر و برای انواع شبکه‌های شعاعی توزیع قابل استفاده است . در این روش از برنامه پخش‌بار خاصی با سرعت بالا استفاده می‌شود که امکان تکرارهای مختلف زیاد را برای رسیدن به جواب در مدت زمان نسبتاً کم فراهم می‌کند .

در روش دوم که الگوریتم آن پیچیده‌تر است از روش گرادیان برای پیدا کردن مقدار و محل بهینه خازن استفاده شده است . روش فوق نیز برای شبکه‌های توزیع شعاعی قابل استفاده می‌باشد و نسبت به روشهای دیگر سرعت بیشتر و پیچیدگی کمتری دارد .

WikiPower.ir

۱-۹-۲ یک روش جدید برای نصب خازن در شبکه‌های توزیع شعاعی :

هدف اصلی این روش حذف فرضیات غیر حقیقی در نظر گرفته شده در تحقیقات قبلی و عرضه کردن یک روش معمولی و در عین حال ساده است . در این مطالعه روشی برای محاسبه تعداد ، اندازه و محل نصب خازنهای موازی در طول خطوط توزیع شعاعی و در پستهای فرعی با در نظر گرفتن افزایش بار و هزینه انرژی الکتریکی در سالهای آتی پیشنهاد شده است . در سیستمهای توزیع گسترده ، برای کم کردن زمان محاسبات کامپیوتری ، یک محاسبه حساسیت برای پیدا کردن حساسترین پستهای فرعی به خازنهای موازی انجام شده است و سپس حساسترین پستها نسبت به نصب خازن موازی در محاسبات در نظر گرفته شده‌اند .

اگر چه به نظر می‌رسد که نصب خازن در تمام پستهای فرعی در طول خط توزیع ضروری است ولی مشاهده می‌گردد که برای تعیین حالت بهینه در بعضی از پستها باید خازن نصب شود و مقدار خازن نصب شده در پستهای مختلف متفاوت است . نظر به این که نسبت بار کم به حداکثر در اغلب سیستمهای توزیع انرژی به خصوص در کشورهای در حال توسعه کم و بار اکثراً مقاومتی می‌باشد ، ضریب قدرت در ساعات بار کم معمولاً بالا است و وجود خازن زیاد در این ساعات باعث مشکلات ناشی از افزایش ولتاژ می‌گردد .

بنابراین شرایط فوق محدودیتهایی در انتخاب تعداد خازنها در پستهای فرعی در طول خط به وجود می‌آورد .

در طراحی سیستمهای توزیع ، افزایش بار معمولاً در نظر گرفته می‌شود . افزایش بار در هر سیستم معمولاً با افزایش هزینه توان و انرژی همراه است . این افزایشها در انتخاب پروفیل خازن خط اثر دارد و در مدل شبکه که باید بهینه گردد باید منظور شود .

روشی که ارائه شده است تابع ولتاژ شبکه ، توزیع بار روی خط توزیع و مشخصات دیگر بار و سیستم نیست و برای انواع شبکه‌های توزیع شعاعی قابل اعمال می‌باشد . جریان خطوط بهینه با در نظر گرفتن خازنهای موازی در بار کم و بار حداکثر و در نظر گرفتن محدودیت تغییرات ولتاژ پستها محاسبه شوند .

پیدا کردن حالت بهینه در دو مرحله اصلی انجام می‌شود . در مرحله اول فقط خازنهای ثابت در نظر گرفته شده تعداد، محل و اندازه آنها برای ماکزیمم کردن تابع هزینه محاسبه می‌شوند . در مرحله دوم با در نظر گرفتن خازنهای ثابت ، خازنهای متغیر نیز در ساعات بار حداکثر برای ماکزیمم کردن تابع هزینه در نظر گرفته می‌شوند .

۲-۹-۲ کاهش تلفات توان در اثر نصب خازن :

حالت اول) یک بانک خازنی :

وارد کردن یک بانک خازنی روی فیدر باعث شکست در پروفیل توان راکتیو در طول فیدر می شود. پروفیل جریان راکتیو فیدر را تغییر می دهد و در نتیجه تلفات را کاهش می دهد. بنابراین تلفات در اثر اضافه کردن یک بانک خازنی از رابطه زیر به دست می آید :

$$P'_{LS} = 3\int_{X=0}^{x1} [I_1 - (I_1 - I_2)x - I_c]^2 R dx + 3\int_{x=x_1}^{1} [I_1 - (I_1 - I_2)x]^2 R dx$$

و پس از انتگرال گیری خواهیم داشت :

$$P'_{LS} = (I_1^2 + I_1 I_2 + I_2^2)R + 3X_1[(x_1 - 2)I_1 I_C - x_1 I_2 I_c - X_1 I_2 I_C + I_c^2]R$$

در نتیجه کاهش تلفات در اثر نصب یک بانک خازنی بر حسب پریونیت برابر است با :

$$\Delta P_{LS} = \frac{P_{LS} - P'_{LS}}{P_{LS}}$$

با جایگزینی روابط بالا در رابطه آخر خواهیم داشت :

$$\Delta P_{LS} = \frac{-3x_1[(x_1 - 2)I_1 I_C - x_1 I_2 I_C + I_C^2]R}{(I_1^2 + I_1 I_2 + I_2^2)R}$$

با تقسیم رابطه فوق بر **I1** و مرتب کردن عبارات خواهیم داشت :

$$\Delta P_{LS} = \frac{3x_1}{1 + \left(\frac{I_2}{I_1}\right) + \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2}\left[(2 - x_1)\left(\frac{I_c}{I_1}\right) + x_1\left(\frac{I_2}{I_1}\right)\left(\frac{I_c}{I_1}\right) - \left(\frac{I_c}{I_1}\right)^2\right]$$

اگر **C** بصورت نسبت قدرت خازن نصب شده به کل توان راکتیو بار تعریف شود یعنی :

$$C = \frac{\text{ظرفیت خازن نصب شده}}{\text{کل توان راکتیو بار}}$$

خواهیم داشت :

$$C = \frac{I_c}{I_1}$$

و اگر λ نسبت جریان راکتیو در انتهای خط به توان راکتیو در ابتدای خط بصورت زیر تعریف شود :

$$\lambda = \frac{I_2}{I_1}$$

با جایگزینی مقادیر λ و **C** در رابطه کاهش نسبی تلفات خواهیم داشت :

$$\Delta P_{LS} = \frac{3x_1}{1+\lambda+\lambda^2}[(2-x_1)C + x_1\lambda C - C^2]$$

با فاکتور گیری از **C** خواهیم داشت :

$$\Delta P_{LS} = \frac{3x_1}{1+\lambda+\lambda^2}[(2-x_1) + x_1\lambda - C]$$

اگر α بصورت زیر تعریف شود خواهیم داشت :

$$\alpha = \frac{1}{1+\lambda+\lambda^2} \qquad (۲-۷)$$

برای کاهش تلفات خواهیم داشت :

$$\Delta P_{LS} = 3\alpha C x_1[(2-x_1) + \lambda x_1 - C]$$

WikiPower.ir

یعنی برای بارهای گسترده یکنواخت $(\lambda = 0)$ و بارهای متمرکز $(\lambda = 1)$ و ترکیب بارهای متمرکز و گسترده $(0 < \lambda < 1)$ منحنی‌های کاهش تلفات رسم شده اند .

حالت دوم) دو بانک خازنی :

فرض کنید که از دو بانک خازنی باندازه مساوی برای نصب روی فیدر مطابق شکل (۵-۲) استفاده می شود . با استفاده از همان روش حالت اول ، تلفات با نصب دو خازن روی فیدر مطابق زیر محاسبه می شود :

$$P'_{LS}=3\int_{x=0}^{x_1}[I_1-(I_1-I_2)x-2I_C]^2Rdx+3\int_{x=x_1}^{x_2}[I_1-(I_{1-}I_2)x-I_C]^2$$

$$+3\int_{x=x_2}^{1}[I_1-(I_1-I_2)x]^2Rdx$$

مانند حالت قبل مقدار کاهش تلفات از روابط زیر به دست می آید :

$$\Delta P_{LS}=3\alpha Cx_1[(2-x_1)+\lambda x_1-3C]+3\alpha Cx_2[(2-x_2)+\lambda x_2-C]$$

و با مرتب سازی خواهیم داشت :

$$\Delta P_{LS}=3\alpha C\{x_1[(2-x_1)+\lambda x_1-3C]+x_2[(2-x_2)+\lambda x_2-C]\ \}$$

حالت سوم) سه بانک خازنی :

فرض کنید سه بانک خازنی مساوی در طول فیدر نصب شود. مقدار کاهش تلفات پریو نیت در این حالت از رابطه زیر به دست می آید :

$$\Delta P_{LS}=3\alpha C\{x_1[(2-x_1)+\lambda x_1-5C]+x_2[(2-x_2)+\lambda x_2-3C]+X_3[(2-X_3[(2-x_3)+\lambda x_3-C)\}$$

WikiPower.ir

حالت چهارم) **n** بانک خازنی :

با توجه به حالتهای قبل مقدار کاهش تلفات در اثر نصب **n**بانک خازنی مساوی روی فیدر از رابطه زیر به دست می آید :

$$\Delta P_{LS}=3\alpha C\sum_{i=1}^{n}x_i[(2-x_i)+\lambda x_i-(2i-1)C]$$

که در آن **xi** فاصله بانک خازن **n** ام از منبع و **n** تعداد بانکهای خازنی است .

۲-۱۰ : کاربرد خازنهای موازی در ولتاژ بالا

خازنها را می توان در هر ولتاژی به کار برد . آنها بصورت بلوکهایی ساخته می شوند که در اثر قرار دادن انها بصورت موازی قدرت **kvar** انها با هم جمع می شود . با سری کردن بلوکها با هم ولتاژ بهره

برداری لازم به دست می اید . نظر به این که قدرت خروجی خازنها با مربع ولتاژ انها تغییر می کند ، استفاده از خازنها در ولتاژ کم باعث پایین امدن شدید قدرت آنها می شود . البته در این طرز استفاده از خازن ، بازده خیلی کم است که با سری کردن خازنها می توان بازده مطلوب را به دست آورد .

تعداد واحدهای موازی در یک گروه از خازنها اهمیت دارد. ملاحظات مختلفی در انتخاب تعداد خازنها موثر هستند. اولا تعداد خازنها باید به اندازه کافی زیاد باشد تا در اثر خارج شدن یکی از واحدها در اثر عملکرد فیوز ان واحد ، قدرت خروجی بانک خازنی زیاد تغییر نکند . دوم این که در اثر خروج یک واحد افت ولتاژ روی دیگر واحدها زیاد نشود.

۲-۱۰-۱ تجهیزات قطع کننده خازنهای موازی :

وسائلی که برای قطع خازنها از شبکه به کار می روند باید مورد توجه قرار گیرند. کلیدهایی که برای قطع در حالت کار طبیعی یا در شرایط خطا به کار می‌روند ممکن است دو دلیل برای این تفاوت وجود دارد ، اول اینکه زاویه فاز بین جریان و ولتاژ خازن ۹۰ درجه است .

کلید در زمانی جریان خازن را قطع می کند که ولتاژ حداکثر است . در این لحظه ولتاژ حداکثر دو سر خازن ،ان را شارژ می کند . در نیم سیکل بعد وقتی که ولتاژ در خلاف جهت ، دو سر خازن قرار می گیرد ولتاژ دو سر کلید حداقل دو برابر ولتاژ حداکثر مدار می گردد. اگر کلید قادر به تحمل این ولتاژ نباشد باعث جرقه زدن بین کنتاکتهای ان می شود و جریان دوباره برقرار می گرد. مشخصه دیگر کلیدهای خازنی ، جریانهای گذرای فرکانس بالا است که در حالت برقدار کردن خازن و یا در موقع خروج خازن از مدار در لحظه برگشت قوس ایجاد می شود . مقدار جریان گذرا می تواند خیلی زیاد باشد بخصوص وقتی که بانکهای خازنی موازی قطع و وصل می شوند.

۲-۱۰-۲ اتصالات خازنهای موازی :

یک بانک خازنی سه فاز در یک فیدر توزیع می تواند بصورت مثلث، ستاره با نقطه خنثی زمین نشده و یا ستاره با نقطه خنثی زمین شده باشد. اتصال انتخاب شده بستگی به نوع سیستم از قبیل (زمین شده یا زمین نشده) ، نحوه فیوزبندی ، محل بانک خازنی در سیستم و تداخل تلفنی دارد. در اتصالات مثلث و ستاره زمین نشده ، همیشه احتمال تغییر پتانسیل نقطه صفر و شرایط تشدید وقتی که یک یا دو هادی در طرف منبع باز شوند وجود دارد.

بانک خازنی باعث ایجاد ولتاژ روی فاز باز شده می گردد و این فاز ، ترانسفورماتور در طرف مصرف کننده را برقدار می کند . مواردی از این قبیل در سیستمهای چهار سیمه ، در حالتی که ترانسفورماتور های تک فاز توزیع بین خط و نقطه خنثی متصل می شوند اتفاق می افتد . این شرایط باعث صدمه زدن به تجهیزات مصرف کنندگان ، ترانسفورماتور و یا هر دو می شود. به همین دلیل اکثر شرکتها از بانکهای خازنی بشکل ستاره زمین نشده و یا مثلث در طرف بار تجهیزاتی نظیر فیوز ها و یا ریکلوزرهای روی تیر استفاد ه نمی کنند .

بانکهای خازنی زمین شده معمولا روی سیستمهای چهار سیمه به کار می روند. استفاده از بانک چهار سیمه زمین شده برای سیستم زمین نشده و یا بشکل مثلث ، باعث عبور جریان زمین منبع می گردد که ممکن است باعث تداخل با رله های زمین حساس شود و در بعضی مواقع ممکن است باعث اضافه ولتاژ ترانسفورماتورها در زمان خطای زمین روی سیستم شود . بررسی شرکتهای مختلف نشان می دهد که هیچ شرکتی از بانکهای خازنی ستاره زمین شده برای سیستمهای زمین نشده و مثلث استفاده نمی کند.

از نقطه نظر فیوزبندی ، بانکهای زمین شده در سیستمهای چهار سیمه و یا بانکهای مثلث در هر سیستمی در مواقع خطای خازن ، بیشترین جریان را از فیوز عبور می دهند و سریعترین هماهنگی را ایجاد می کنند . البته در صورتی که جریان عبوری خیلی زیاد باشد می توان از بانکهای زمین نشده استفاده نمود.

همانطور که می دانیم خازنها مسیر کم مقاومت برای جریانهای هارمونیکها ایجاد می کنند و باعث عبور هارمونیک و تداخل با خطوط تلفنی می شوند . در اکثر سیستمهای قدرت هارمونیک سوم معمولا بیشترین اثر تداخلی را دارد . اتصال خازنی بصورت ستاره زمین شده،تنها اتصالی است که امکان عبور هارمونیک را می دهد و لازم است از فیلتر استفاده شود.

بطور کلی اتصالات خازنها در شبکه را می توان بصورت زیر بیان کرد :

برای سیستمهای زمین نشده و مثلث ، معمولا از بانکهای خازنی بشکل مثلث استفاده می شود. در صورتی که جریان خط زیاد باشد، استفاده از بانکهای خازنی ستاره زمین نشده معمولتر است .

برای سیستم های زمین شده چهار سیمه ، اغلب از خازنهای با اتصال ستاره زمین شد ه استفاده می شود . اگر جریان خطا زیاد باشد ، بانکهای خازنی با اتصال ستاره زمین نشده به کار می روند. این بانکهای زمین نشده نباید در طرف بار وسایل (مثلا ریکلوزر یا فیوز) قرار گیرند.

بانکهای خازنی در پستها معمولا اتصال ستاره و در سیستمهای با اتصال مثلث معمولا بصورت زمین نشده هستند.

WikiPower.ir

۳-۱۰-۲ حفاظت خازنهای موازی :

حفاظت بانکهای خازنی موازی بزرگ با توجه به فاکتورهای زیر انجام می شود.

۱- حفاظت در مقابل صاعقه

بانکهای خازنی موازی باید در مقابل صاعقه و اضافه ولتاژهای گذرای دیگر حفاظت شوند. عایق بین المانهای خازنی داخل بانک و دیواره بانک ممکن است بوسیله اضافه ولتاژ صدمه ببینند . در بانکهای با اتصالات ستاره زمین نشده و مثلث توصیه می شود که برقگیر برای حفاظت خازنها به کار رود. در بانکهای زمین شده که در سیستمهای زمین شده بدون مقاومت نصب می شوند ، یک بانک خازنی بزرگ تا حد زیادی در مقابل اضافه ولتاژ ها خود محافظ است .

این بدین خاطر است که خازن سعی در صاف کردن شیب پیشانی موج ولتاژ ضربه دارد و ولتاژ ضربه دارد و ولتاژ پیشانی را پایین نگه می دارد . صاعقه نمی تواند ولتاژ روی یک بانک خازنی ایجاد کند مگر این که انرژی زیادی داشته باشد ، بطوری که آن را تا یک ولتاژ زیاد شارژ کند . به همین دلیل نیاز کمتری به برقگیر برای بانکهای خازنی زمین شده است . ولی بهر حال صاعقه با مقدار تداوم زیاد می تواند به خازن صدمه بزند.

در خازنهای خیلی بزرگ ، انرژی ذخیره شده در بانک خازنی ممکن است بقدری زیاد باشد که در صورت تخلیه به برقگیر صدمه بزند. در ای نحالت توصیه می شود که برقگیررا در طرف منبع کلید خازن قرار داده شود تا چنین احتمالی پیش نیاید.

۲- حفاظت اضافه جریان

خطاها در پستهای خازن باید بسرعت حذف گردند تا از اختلال کل سیستم جلوگیری شود. برای این منظور معمولا از رله های اضافه جریان استفاده می شود . ترانسفورماتورهای جریان بکار رفته با بانکهای خازنی باید در مقابل موج ضربه در طرف ثانویه حفاظت شوند تا در حالتهای گذرا ، رله یا ترانسفورماتور جریان صدمه نبینند . در مواقع خطا در نزدیک خازن و در زمانهای کلید زنی ، جریان گذرای شدید با فرکانس بالا از خازن می گذرد . این جریان عبوری شدید تولید جریان زیادی در ثانویه ترانسفورماتورهای جریان می کند . پس باید در ثانویه ترانسفورماتور جریان حفاظت موج ضربه به کار رود.

۳- حفاظت اضافه ولتاژ

برای بانکهای خازنی بزرگ توصیه می شود که نوعی حفاظت اضافه ولتاژ در نظر گرفته شود تا در صورت افزایش ولتاژ ، بعضی از بانکهای خازنی از مدار خارج گردند.

۴-۱۰-۲ مشکلات بهره برداری از خازنهای موازی :

۱- اثرات هارمونیکی

خازنها هارمونیک ولتاژ تولید نمی کنند ولی نظر به این که امپدانس خازن نسبت عکس با فرکانس دارد ، یک خازن موازی امپدانس کمتر از معمول در مقابل فرکانس های بیش از فرکانسهای طبیعی از خود نشان می دهد در نتیجه یک خازن موازی اجازه عبور جریان هارمونیک را از خود می دهد. هارمونیکها در اثر اشباع ترانسفورماتورها ، یکسو سازها یا ژنراتورها ایجاد می شوند. عبور جریان هارمونیک باعث تداخل تلفنی می شود. هارمونیکا حتی باعث اضافه بار شدن فازها می شوند چرا که خازنها محدودیت روی مقدار جریان موثر کل دارند.

۲- اثرات تشدید

در شرایط خاصی ممکن است خازنها باعث تشدید ناخواسته شوند . یکی از این پدیده‌ها ایجاد ولتاژ بالا در اثر کلیدزنی روی خازن است . این ولتاژها اغلب در محلهایی دور از خازن، از قبیل یک مدار ولتاژ پایین که بطور اندوکتیو از طریق یک ترانسفورماتور با مداری که خازن در ان سوئیچ می‌شود کوپله است به وجود می‌آید . مدار ولتاژ پایین معمولاً دارای یک بانک خازنی است وقتی که این نوع مشکلات ایجاد می‌شود .

این نوع مشکلات ممکن است باعث خطای فیوزها یا برقگیرها در طرف فشار ضعیف شود . همچنین ممکن است باعث جرقه روی بوشینگ و یا خطای ترانسفورماتور جریان یا ولتاژ گردد . پدیده دیگر ایجاد اضافه ولتاژ گذرا در زمان کلیدزنی خازن است . این پدیده معمولاً یک موج ضربه کلیدزنی می‌باشد و تشدید نیست . معمولاً تجهیزات کلید نامناسب باعث این نوع اختلالات می‌شود و در صورتی که در

انتخاب تجهزیات مربوطه دقت شود این پدیده‌ها بندرت اتفاق می‌افتند . چرا که عدم توانایی کافی کلیدها می‌تواند باعث موج ضربه برگشت[1] شود و این پدیده‌ها را به وجود آورد .

۲-۱۱ : خازنهای سری

خازنهای سری به مقدار کم در خطوط توزیع انرژی به کار می‌روند در صورتی که خازنهای موازی تقریباً در همه جای سیستم قدرت استفاده می‌شوند و خازنهای سری مقداری از راکتانس سری خط را جبران کرده به عبارت دیگر به صورت راکتانس خازنی (منفی) بصورت سری با راکتانس سلفی مدار (مثبت) جمع می‌شوند . بنابراین وظیفه اصلی خازنهای سری حداقل کردن افت ولتاژ حاصل از اندوکتانس مدار است .

خازن سری بعنوان یک تنظیم کننده ولتاژ نیز می‌تواند در نظر گرفته شود زیرا باعث کاهش افت ولتاژ سری خط می‌گردد . یکی از تفاوتهای خازنهای سری و موازی آن است که خازن موازی یک افزایش ولتاژ مستقل از جریان عبوری در مدار را ایجاد می‌کند در صورتی که افزایش ولتاژ خازن سری تابع جریان عبوری است . خازن سری روی اضافه ولتاژ ناشی از رشد بار به طور اتوماتیک اثر دارد. همچنین خازن سری اضافه ولتاژ بیشتری نسبت به خازن موازی ، در ضریب بار کم ایجاد می‌کند و افت ولتاژ بیشتری در خط تولید می‌نماید . بنابراین خازن سری ضریب توان سیستم را کمتر از خازن موازی بهبود می‌بخشد و اثر کمی روی جریان منبع دارد . مدار فیدر و نمودار برداری نشان داده شده در شکل (۶-۲-الف) (۶-۲ پ) را در نظر بگیرید . افت ولتاژ در طول فیدر تقریباً برابر است با :

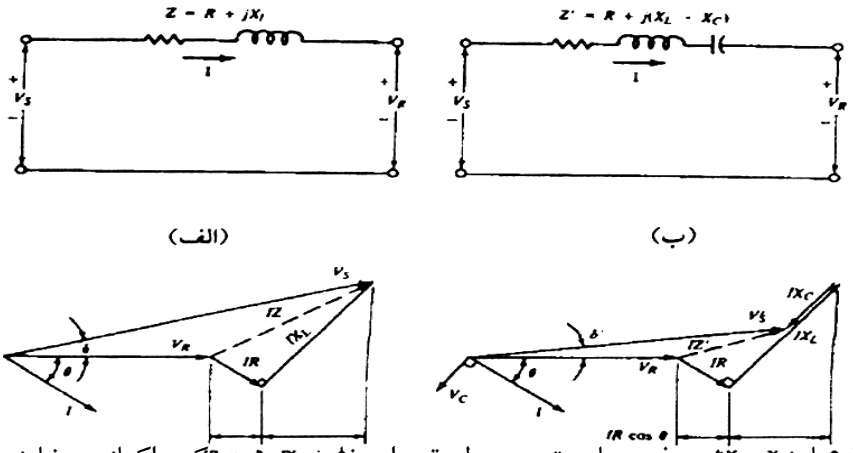
$$VD = IRCos\theta + IX_L \sin\theta$$

1-Restrike

R مقاومت مدار فیدر ، **XL** راکتانس آن و $\cos\theta$ ضریب توان بار در گیرنده است . همانطور که از نمودار برداری مشاهده می‌شود قدر مطلق عبارت دوم در معادله خیلی بیشتر از اولی است . تفاوت این دو مقدار با کاهش ضریب توان و نسبت $\frac{R}{X}$ افزایش می‌یابد .

در صورت استفاده از خازن سری افت ولتاژ در فیدر از رابطه زیر به دست می‌آید :

$$VD = IR\cos\theta + I(X_L - X_C)\sin\theta$$



شکل ۶-۲

معمولاً از خازنهای سری در فیدرهای توزیع بطریقی استفاده می‌شود که راکتانس خازنی حاصل کمتر از راکتانس سلفی مدار فیدر گردد . ولی در بعضی کاربردها(وقتی که مقاومت فیدر بیشتر از راکتانس سلفی آن است) عکس این عمل ممکن است انجام شود . افت ولتاژ در این حالت برابر است با :

$$VD = IR\cos\theta + I(X_C - X_L)\sin\theta$$

۱-۱۱-۲ استفاده از خازنهای سری در شبکه های فوق توزیع :

خازنهای سری در خطوط فوق توزیع ، برای تقسیم بار بین خطوط موازی یا کاهش افت ولتاژ در خطوط به کار می روند . اندوکتانس خطوط فوق توزیع مقدار کمی به سطح مقطع هادی آنها بستگی دارد و بیشتر تابع طول خطوط است . در نتیجه توزیع توان عبوری بین خطوط موازی ، نسبت عکس با طول خطوط دارد . برای تعادل بار فیدرهایموازی دو راه حل وجود دارد . راه اول استفاده از یک ترانسفورماتور

تغییر دهنده فاز برای تنظیم توان حقیقی فیدرها و راه دوم جبران قسمتی از راکتانس سری خط با ظرفیت حرارتی بیشتر ، با استفاده از خازن سری است.

با قرار دادن ترانسفورماتور تغییر دهنده فاز در یکی از خطوط ، می توان زاویه ولتاژ بین دو سر آن خط و جریان توان عبوری از خط را تغییر داد . به همین طریق با قرار دادن خازن سری در یک خط ، می توان راکتانس خط را کاهش داد و امکان عبور توان بیشتری از آن را فراهم نمود. در جبرانسازی راکتانس خط ، بدلایل مختلف جبران بیش از ۵۰ در صد راکتانس خط انجام نمی شود . بعد از تعیین راکتانس خازن سری ، حداکثر جریان بار عبوری از آن محاسبه می گردد. خازن بجز برای مدت زمان کوتاه نباید در ولتاژ بالاتر از ولتاژ نامی مورد بهره برداری قرار گیرد . در تعیین قدر ت خازن حداکثر جریان خط بار باید به کار برده شود . با دانستن راکتانس خازن و حداکثر جریان بار آن ، قدرت خازن از رابطه زیر به دست می آید:

$$K\,\text{var} = \frac{3I^2 X_C}{1000} \qquad (۲-۸)$$

معادله فوق قدرت کل خازن سری را به دست می دهد . در عمل خازنهای با قدرتهای استاندارد مورد استفاده قرار می گیرند.

۲-۱۱-۲ حفاظت خازنهای سری :

۱- حفاظت در زمان خطات روی فیدر

در اکثر مدارهایی که در آنها خازن سری قرار می‌گیرد ، جریانها و ولتاژهای خازنها در زمان خطا چندین برابر حداکثر جریان نامی خازن است . واحدهای خازنی استاندارد حدود دو برابر ولتاژ نامی خود را برای زمان کوتاه بدون صدمه دیدن می‌توانند تحمل کنند .

برای یک راکتانس ثابت هزینه خازنها با مربع جریان نامی تغییر می‌نماید در نتیجه اقتصادی‌تر خواهد بود اگر خازنهایی به کار برده شوند که قدرت آنها بر مبنای جریان کار محاسبه و ولتاژ دو سر آنها بوسیله تجهیزات کمکی محدود شده است . ولتاژ نامی خازن سری و تجهیزات حفاظتی آن باید به اندازه کافی بالا باشد تا از اتصال کوتاه شدن دو سر آن در حالت کار نامی جلوگیری شود . برای اطمینان از در مدار بودن خازن سری حین راه اندازی موتورها ، قدرت خازن باید حداقل به اندازه ۶۷٪ جریان هجومی بزرگترین موتور روی خط و همچنین بیشتر از جریان معمول بار خط باشد . با تنظیم تجهیزات حفاظتی برای خارج کردن خازن از مدار در دو برابر ولتاژ نامی آن، خازن در حالتهای گذرایی از این قبیل در مدار باقی می‌ماند .

یک وسیله ایده‌آل برای حفاظت خازن سری در زمان خطا روی خط باید :

۱- ولتاژ دو سر خازن را حداکثر در دو برابر مقدار نامی محدود کند .

۲- در شرایط اضطراری ، خازن را در عرض نیم سیکل خارج کند به طوری که خازن در معرض ولتاژ اضافی حتی برای زمان کوتاه قرار نگیرد .

۳- خازن را تا زمان که جریان زیاد است خارج مدار نگه دارد .

۴- به محض این که جریان مدار به مقدار مطمئن افت کرد خازن را وارد مدار نماید.

یک فاصله هوایی با طراحی مناسب می‌توان موارد اول و دوم را تحقق بخشد . باید توجه داشت که طراحی فاصله هوایی که قادر به تحمل جریانهای زیاد برای مدت طولانی باشد و در جریانهای زیاد در صورت وقوع اضافه ولتاژ در دو سرش ، بتواند مدار را قطع کند بسیار مشکل است .

سیستم حفاظتی خازن سری ، کنترلی روی جریان خطا ندارد بلکه رله و کلید خط باید خطا را شناسائی و رفع نمایند . اگر خطا توسط کلید در طرف بار افزایش یابد . بدین جهت در اکثر کاربردها نیاز به

سیستمی برای خاموش کردن فاصله هوایی و تغییر مسیر جریان است . خازن بعد از کاهش جریان به مقدار نامی بوسیله باز شدن اتصال کوتاه دو سرش به مدار بر می‌گردد .

۲- حفاظت در مقابل اضافه بار دائمی

خازنهای استاندارد نباید تحت ولتاژ بیش از ۱۱۰ درصد ولتاژ نامی خود مورد بهره برداری قرار گیرند . بنابراین حداکثر جریان کار عبوری از یک خازن سری نباید از جریان نامی آن بیش از ۱۰ درصد بیشتر باشد . تجهیزات حفاظتی خازن در مقابل اتصال کوتاه با جریان کمتر از دو برابر جریان نامی عمل نمی‌کنند ، در نتیجه بعضی مواقع لازم است از حفاظت اضافه بار نیز علاوه بر حفاظت در مقابل اتصال کوتاه استفاده کرد .

تجهیزات حفاظت کننده خازن در مقابل اضافه بار باید مشخصه معکوس زمان – جریانی داشته باشند ، یعنی امکان اضافه بار لحظه‌ای را فراهم کنند ولی اجازه افزایش جریان را حداکثر به اندازه ۱/۳۵ برابر جریان نامی به طور دائم در مدت نیم ساعت و یا ۱/۵ برابر جریان نامی در مدت ۵ دقیقه بدهند .

WikiPower.ir

۳-۱۱-۲ مشکلات بهره‌برداری از خازنهای سری :

همراه با مشخصه‌های مطلوب خازنهای سری ، احتمال پدیده‌های غیرمطلوب نیز وجود دارد . مهمترین پدیده‌های نامطلوب در استفاده از خازنهای سری ، تشدید زیر سنکرون موتورها در موقع راه‌اندازی ، فرورزونانس در ترانسفورماتورها و عمل نوسان دور[1] موتورها در بهره‌برداری در وضعیت ماندگار است .

1- Hunting

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم :

خازن گذاری بهینه در شبکه فشار ضعیف

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۱ : مقدمه

در سال ۱۳۷۹ طرح خازنگذاری در شبکه های فشار ضعیف با هدف افزایش ظرفیت تولید و انتقال مطرح گردید . با توجه۱۲ کیلووار ۴۰۰ ولت به استقبال مسئولین از این طرح ، اقدام به برگزاری مناقصات خرید گردید و حدود ۱۵۰۰ مگاوار خازن ۵خریداری و از اوایل سال ۱۳۸۰ تحویل شرکتهای برق منطقه ای گردید ۷۰ مگاوار از این خازنها نیز تحویل شرکت برق منطقه ای خراسان شد .

از همان زمان تحقیقاتی در این شرکت جهت یافتن روشی برای نصب بهینه خازنها در شبکه آغاز شد . روشی که بتواند تعداد و محلهای نصب بهینه خازنها در فیدر های فشار ضعیف را بگونه ای که نه تنها مشکلات و معضلاتی در شبکه پدید نیاورد بلکه بیشترین کاهش تلفات را نیز عاید نماید و در عین حال اقتصادی نیز باشد ارائه نماید. در جستجوها و بررسیهای انجام شده بین مقالات داخلی و خارجی اثری از نصب خازن در شبکه فشار ضعیف بدست نیامده است .

مقالات خازنگذاری در شبکه توزیع عمدتاً مربوط به بخش فشار متوسط شبکه می باشد و در بخش فشار ضعیف تاکنون خازنگذاری انجام نشده است . در کشورهای پیشرفته سازندگان دستگاهها و وسایل با بار راکتیو مجبور به نصب خازن روی دستگاهها و جبران توان راکتیو تولیدات خود در محل مصرف می باشند و ما بقی توان راکتیو جاری روی شبکه در بخش فشار متوسط یا ایستگاههای فوق توزیع جبران می شود.

جهت خازنگذاری در شبکه فشار ضعیف بررسی و مطالعه روشهای خازنگذاری در شبکه فشار متوسط می تواند مفید باشد در برخی از این روشها محدودیتهایی جهت شبکه ، بارها و خازنها در نظر گرفته شده است و این اجزاء مسئله در قالب فرمولهای ریاضی محدود شده تا با استفاده از روشهای ریاضی تابع هدف

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تشکیل شده بهینه گردد . از جمله اینکه گاهاً شبکه بصورت یک خط مستقیم بدون انشعاب با بار و سطح مقطع یکنواخت فرض شده است .

در بیشتر روشهای خازنگذاری مقدار خازن بهینه از راه محاسبه بدست می آید باشد این روشها عملی شوند ناچاراً بر اساس خازنهای موجود در بازار مقدار خازن نزدیک به مقدار محاسبه شده انتخاب می گردد که قطعاً این مقدار بهینه نمی باشد . در برخی از روشهای خازنگذاری درشبکه فشار متوسط اجزاء مسئله بصورت واقعی و بدون فرض مدل شدهو ناچاراً جهت بهینه یابی از روشهای نوین از جمله آلگوریتم ژنتیک و یا منطق فازی و غیره استفاده شده است.

۳-۲ : خازنگذاری در شبکه فشار ضعیف

در این مقاله که نتیجه تحقیقات قریب به دو سال روی انواع فیدرهای فشار ضعیف در نقاط مختلف استان خراسان است سعی شده است با ارائه مدلهای واقعی و عملی از اجزاء مسئله ، و استفاده از راه حل کاملاً علمی روش مناسبی جهت نصب بهینه خازن ثابت در شبکه فشار ضعیف ارائه گردد.

WikiPower.ir

۳-۲-۱ مدل خازنها :

۱۲,۵کیلووار از ظرفیتهای اندازه خازنهای مورد استفاده در این برنامه مشخص است و جهت موارد خاص می توان بجای دیگر استفاده نمود . بنابراین در مسئله بهینه یابی فقط باید تعداد خازنهای مورد نیاز هر فیدر فشار ضعیف و محل نصب آنها بهینه گردند.

۳-۲-۲ مدل شبکه :

از آنجا که شبکه فشار ضعیف با شبکه فشار متوسط اصولاً تفاوتهایی از قبیل پنج سیمه بودن ، تک فاز بودن برخی شاخه ها ، داشتن سطح مقطع غیر یکنواخت تر و غیره دارد خازنگذاری در این شبکه نیز باید

ویژگیهای خود را داشته باشد. در یک شبکه فشار ضعیف نمونه (شکل 1)شاخه های فرعی زیادی وجود دارد و برخی از این شاخه ها سه سیمه (تک فاز)می باشند و فاصله پایه ها و سطح مقطع شبکه یکسان نیست.

در مدل شبکه استفاده شده در این مقاله هر سکشن (فاصله دو پایه) بصورت واقعی مدل می شود و مقاومت سکشن که درآن فاصله و سطح مقطع سیم دیده شده است به برنامه داده می شود . لذا متفاوت بودن فاصله پایه ها و سطح مقطع شبکه در برنامه دیده شده است . همچنین شاخه های فرعی سه فاز مدل شده و روی آنها نیز محاسبات انجام می گیرد . اما با توجه به اینکه خازنهای مورد استفاده سه فاز می باشند و امکان نصب آنها در شاخه های فرعی تک فاز (سه سیمه) وجود ندارد ، در مدل شبکه باید بارهای متصل به این شاخه ها به شاخه اصلی منتقل گردد.

۳-۲-۳ مدل بار :

علاوه بر اطلاعات فیزیکی فیدر فشار ضعیف ، بار راکتیو فیدر نیز جهت برنامه مورد نیاز می باشد . چنانچه حداقل توان راکتیو برای خازنگذاری انتخاب گردد ، نصب خازن تأثیر قابل توجهی در کاهش تلفات نخواهد داشت . زیرا بیشترین مقدار جریان در پیک بار می باشد و تلفات نیز با توان دوم جریان ارتباط دارد .

بنابراین سهم تلفات در بار پایه بسیار کم است . نصب خازن بر اساس پیک بار نیز صحیح نمی باشد زیرا در ساعات کم باری و یا حتی بار پایه ممکن است تلفات شبکه افزایش یابد . از این رو باید میانگین بار سالیانه فیدر مد نظر قرار گیرد زیرا در آن نه تنها حداقل و حداکثر بار روزانه دیده شده بلکه تغییرات فصلی بار نیز منظور شده است. در این تحقیق رفتار بار انواع مختلف فیدر های فشار ضعیف در نقاط مختلف استان خراسان و در همه فصول توسط دستگاههای ثبت اطلاعات) آنالایزر (برداشت شده و جداولی جهت تعیین ضریب نوع فیدر ، روزهای هفته و فصول سال تدوین گردیده است .

بنابراین با برداشت منحنی بار ۲۴ ساعته هر فیدر و استفاده از ضریب نوع فیدر برای فیدرهای تجاری و خانگی ، ضریب روز هفته برای روزی که اطلاعات برداشت شده و ضریب فصلی می توان میانگین بار راکتیو سالیانه فیدر را استخراج نمود.

می توان در مدل بار فیدرها رشد سالیانه بار را نیز در نظر گرفت . بدین صورت که با توجه به اینکه عمر خازنها ۸ سال می باشد بجای میانگین بار راکتیو سالیانه از میانگین بار راکتیو در ۸ سال آینده استفاده نمود . اما پیشنهاد می شود با توجه به تغییرات غیر خطی تعداد و مصرف مشترکین در طی ۸ سال در مناطق مختلف ، هر دو سال یک مرتبه بار راکتیو فیدر اندازه گیری شده و برنامه خازن گذاری برای آن اجرا گردد و تعداد و محل جدید خازنها تعیین و خازنهای قبلی به محل جدید انتقال یابد.

۳-۳ : تابع هدف

خازنگذاری و جبران توان راکتیو دو اثر اصولی کاهش جریان و افزایش ولتاژ را در پی دارد . و چنانکه می دانیم نقطه بهینه این دو اثر بر هم منطبق نیست . یعنی چنانچه خازنگذاری با هدف حداقل نمودن جریان عبوری انجام شود ، لزوماً حداقل افت ولتاژ حاصل نمی شود و برعکس چنانچه هدف از خازنگذاری حداقل نمودن افت ولتاژ باشد ، جریان عبوری لزوماً حداقل نمی شود . بنابراین باید خازنگذاری با یکی از این دو هدف انجام پذیرد و در کنار آن هدف ثانوی نیز تا حدی محقق خواهد شد .

یکی از اثرات بسیار مهم کاهش جریان عبوری کاهش مضاعف تلفات است و اثر دیگر آن آزاد سازی ظرفیت تولید و انتقال می باشد . با توجه به اینکه شیب منحنی **Q-V** بسیار کم و تأثیر خازنگذاری بر افزایش ولتاژ ناچیز می باشد ، و از طرفی نیز انرژی تلفاتی در شبکه های توزیع دارای اهمیت زیادی بوده و باعث هدر رفتن منابع بسیاری می گردد و نیز کاهش تلفات با توان دوم کاهش جریان رابطه دارد فرمول ۱انتخاب هدف کاهش جریان در خازنگذاری نه تنها می تواند

$$P_{loss} = R\, I^2$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هزینه های خرید ، نصب و نگهداری خازنها را جبران نماید بلکه می تواند سودی نیز عاید شرکتهای توزیع نیروی برق نماید .در حالی که خازنگذاری با هدف کاهش افت ولتاژ اقتصادی نبوده و در شرایطی حتی ممکن است باعث افزایش جریان عبوری و افزایش تلفات نیزگردد . در تابع هدف سود ناشی از کاهش تلفات بعنوان سود ناخالص و مخارج مربوط به خرید ، نصب ، نگهداری و غیره بعنوان هزینه های طرح در نظر گرفته شده است . تابع هدف طبق رابطه ۲ معرفی شده است.

$$F = \Delta P_{loss} * K - C$$

در این رابطه:

F تابع هدف

ΔP_{loss} تغییرات تلفات شبکه در اثر نصب خازن در فیدر

C هزینه های خازنگذاری در فیدر

K ضریب ریالی تلفات شبکه می باشد

مقدار بهینه تابع هدف(**F**) حداکثر مقدار آن در فضای جواب می باشد حداکثر مقدار **F** به معنی کسب بیشترین سود حاصل از نصب خازن در شبکه فشار ضعیف است مقدار**K** طبق برآورد دفتر فنی تولید ۱۴۰۰ دلار بر کیلووات می باشد . با توجه به اینکه این عدد ۳۷۳,۳۰ دلار بر کیلووات خواهد بود . در رابطه ۲ عدد **K** برای طرحهای ۳۰ ساله می باشد و عمر مفید خازنها۸ سال است .

۳-۳-۱ طریقه محاسبه ΔP_{loss} :

کاهش تلفات کل فیدر ، مجموع کاهش تلفات سکشنهای آن است و مقدار کاهش تلفات برای هر سکشن از تفاضل مقدار تلفات قبل و بعد از نصب خازن بدست می آید.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\Delta P_{loss} = P_{loss1} - P_{loss2} \qquad (3)$$
$$\Delta P_{loss} = R\,(I_{p1}^2 + I_{q1}^2) - R\,(I_{p2}^2 + I_{q2}^2)$$

با توجه به اینکه از تغییر جریان اکتیو قبل و بعد از خازنگذاری می توان صرف نظر نمود ($I_{p1} = I_{p2}$) و نیز جریان پس از خازنگذاری از تفاضل جریان قبل از خازنگذاری و جریان خازنها بدست می آید ($I_{q2} = I_{q1} - I_C$) که در آن I_C جریان تزریقی توسط خازنها می باشد خواهیم داشت:

$$\Delta P_{loss} = R\,[\,I_{p1}^2 + I_{q1}^2 - I_{p1}^2 - (I_{q1} - Ic)^2\,]$$
$$\Delta P_{loss} = R\,Ic\,(2I_{q1} - I_c) \qquad (4)$$

سکشنهای آن بدست می آید (ΔP_{loss}) . بنابراین کاهش تلفات کل فیدر فشار ضعیف از مجموع کاهش تلفات را بدست آورده ، تابع هدف را ΔP_{loss} برنامه کلیه حالات ممکن ترکیب خازنها در شبکه را چک می کند و برای هر حالت محاسبه می کند و بهترین حالت را که سود بیشتری دارد انتخاب می کند.

۲-۳-۳ محاسبات اقتصادی :

در تابع هدف رابطه ۲ ،C هزینه طرح می باشد که می تواند شامل هزینه های خرید ، نصب و نگهداری خازنها ، جمع آوری اطلاعات فیدر و افزایش ارزش سرمایه باشد . اما با در نظر گرفتن کلیه این هزینه ها قیمت هر عدد خازن بیش از ششصد هزار ریال خواهد شد.

چنانچه بر این اساس محاسبات اقتصادی تابع هدف انجام شود خازن گذاری در کمتر فیدری اقتصادی خواهد شد اما به لحاظ اینکه خازنهای فشار ضعیف خریداری شده و هدف ، نصب این خازنها در شبکه می

باشد افزایش ارزش سرمایه گذاری از محاسبات حذف شده و قیمت هر عددخازن چهارصدهزار ریال درنظر گرفته می شود.

۳-۴ : نتایج مثال عملی

برنامه نوشته شده برای چندین فیدر فشار ضعیف در نقاط مختلف استان خراسان اجرا شده و تعداد خازن مشخص شده برای هر فیدر در محلهای تعیین شده نصب گردیده است . اطلاعات برداشت شده توسط دستگاه آنالایزر و نتایج بدست آمده بسیار راضی کننده بوده و نشان دهنده دقت و صحت محاسبات می باشد.

۳-۵ : نتیجه گیری

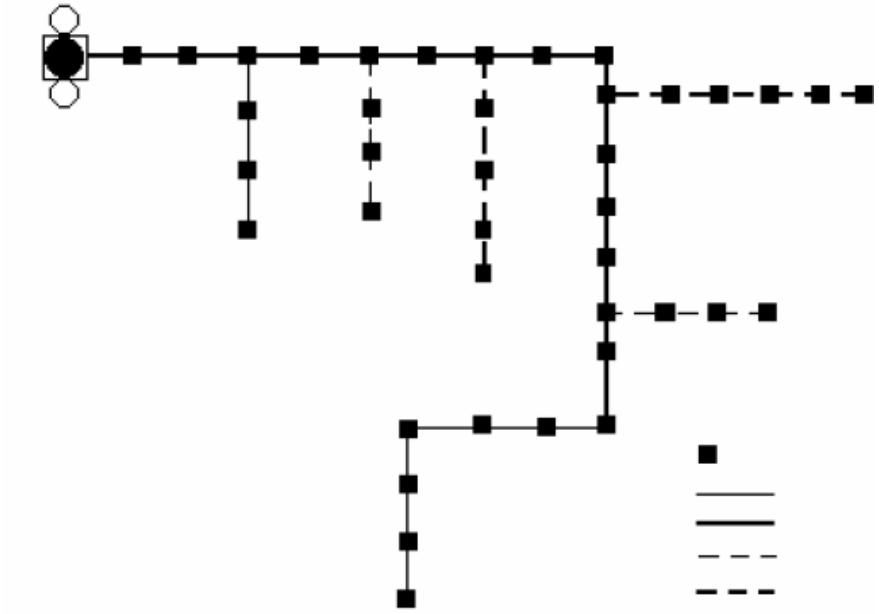
۱۲,۵ کیلوواری فشار ضعیف در شبکه ارائه گردیده است . در این مقاله روشی علمی و عملی جهت نصب بهینه خازنهای در این روش اجزاء شبکه در قالب فرمولهای ریاضی محدود نشده اند و مدل واقعی آنها استفاده شده است . مقدار خازن و محل نصب پیشنهادی توسط این روش از نظر اقتصادی نیز بهینه است و چنانچه سود ناشی از کاهش تلفات کمتر از هزینه های نصب خازن باشد ،بعلت غیر اقتصادی بودن نصب خازن توصیه نمی گردد . قیمت خازنها بدون رشد سرمایه ۴۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است . نتایج بدست آمده از اجرای عملی روش ، که یک نمونه از آن نشان داده شد بر دقت محاسبات صحه می گذارد . این روش قابل تعمیم برای۱۲,۵کیلوواری فشار ضعیف از آن استفاده نمود . کلیه مناطق کشور می باشد و می توان جهت نصب خازنهای پایه بتونی :

شبکه پنج سیمه با سیم ۲۵

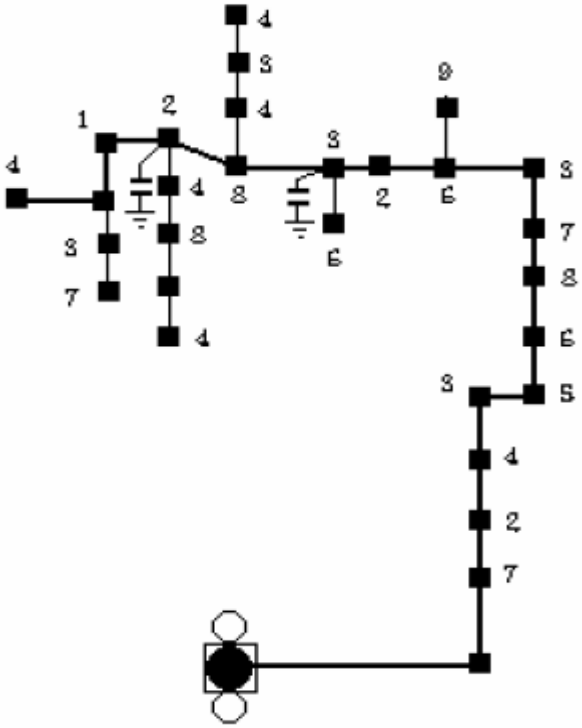
شبکه پنج سیمه با سیم ۳۵

شبکه سه سیمه با سیم ۲۵

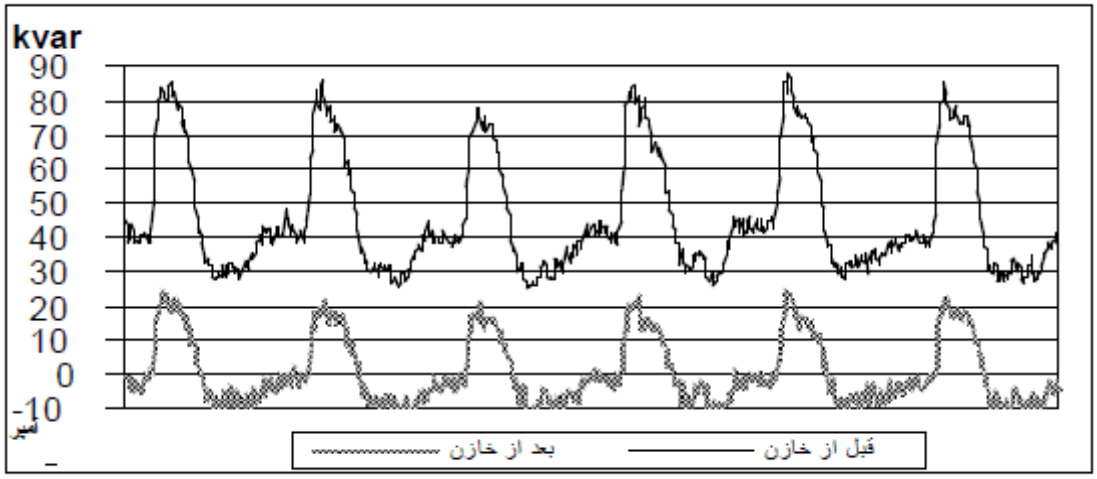
شبکه سه سیمه با سیم ۳۵



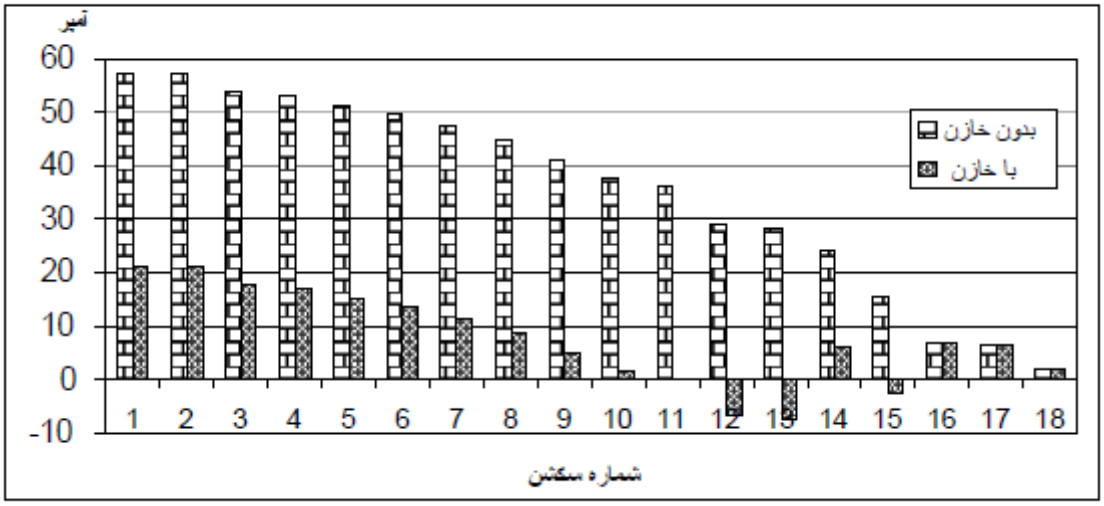
شکل ۱ شبکه فشار ضعیف نمونه



شکل ۲ نقشه فیدر نمونه

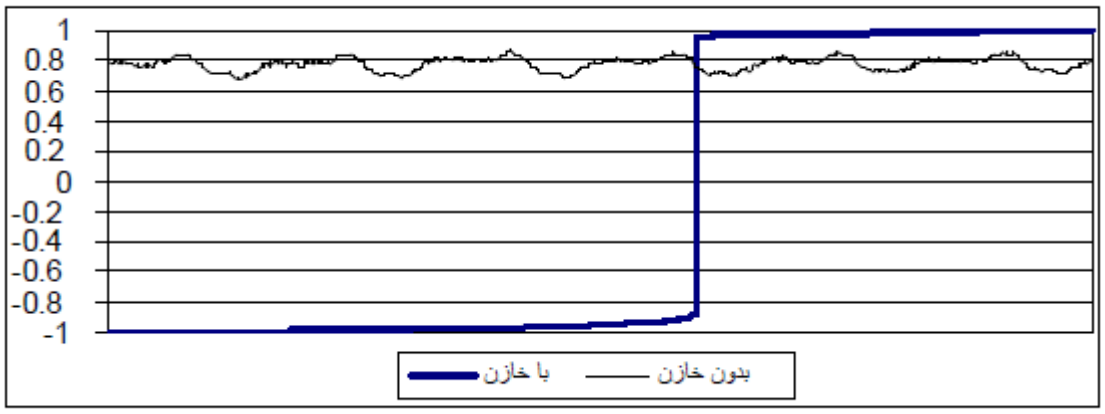


شکل ۳ نمودار توان راکتیو فیدر نمونه قبل و بعد از نصب خازن به مدت شش روز



شکل ۴ نمودار جریانهای راکتیو جاری روی سکشنهای فیدر نمونه قبل و بعد از خازنگذاری

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۵ نمودارضریب قدرت فیدر نمونه قبل و بعد از خازنگذاری نمودار بعد از خازنگذاری بصورت صعودی ترسیم شده است

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل چهارم :

جبران سازی توان راکتیو با ملاحظه بهبود کیفیت

توان در سیستم های توزیع

WikiPower.ir

خلاصه :

تعیین اندازه و تعداد خازن که تلفات را حداقل کند مسأله مهم در طراحی سیستم توزیع و بهره برداری از آن می باشد .وجود بارهای غیر خطی باعث پیچیده ترشدن تصمیم گیری در این مورد می شود .بدین معنی که باید در طراحی جبرا ن سازی توان راکتیو به مسأله هارمونیک ها و تشدید ناشی از آن نیز پرداخته شود . هدف این مقاله ارائه یک الگوریتم تصمیم گیری برای بهینه کردن مسأله خاز ن گذاری در سیستم توزیع و با لحا ظ کردن مدل بارهای غیر خطی است به نحوی که در عین حال تلفات توان و انرژی حداقل شود .

علاوه بر آن پخش بار هارمونیکی برای یافتن ولتاژهای هارمونیکی ارائه شده تا بتوان همزمان جبرا ن سازی و کنترل**THD** را صورت داد . در نها یت نیز یک فیدر توزیع نمونه برای شبیه سازی کامپیوتری انتخاب و نتایج مربوط به بهبود کیفیت توان در اثر تثبیت ولتاژ و کنترل**THD** بحث شده است .

WikiPower.ir

۴-۱ : مقدمه

خازن ها به طور گسترده در سیستم های توزیع به منظور جبران سازی توان راکتیو به کار می رود . قسمت اعظم تلفات سیستم قدرت در بخش توزیع صورت می گیرد که با بکارگیری خازن های موازی مناسب ، قسمتی از تلفات از طریق اصلاح ضریب قدرت حذف شده تا بدین وسیله راندمان سیستم توزیع افزایش یابد .

کاهش تلفات خط همچنین باعث آزادسازی ظرفیت سیستم و به تبع آن کاهش سرمایه گذاری در احداث نیروگاه ها، خطوط انتقال پست ها و غیره جدید می گردد .هدف از جایابی خازن به دست آوردن بهترین گزینه از بعد تعد اد، محل و سایزخازن می باشد، به نحوی که تابع هدف شامل هزینه تلفات توان و انرژی اکتیو به همراه هزینه خازن گذاری حداقل گردد. افزایش غیر منتظره بارهای غیر خطی نظیر ادوات نیمه هادی سو ئیچینگ که کاربرد فراوانی در کنترل توان صنعتی و مبدل ها دارند دارای رابطه جریان ولتاژ

غیر خطی بوده و موجب تولید جریا ن های هارمونیکی شده که به دنبال خود موجب تو لید ولتاژهای هارمونیکی خطرناک گردیده و کیفیت توان را تحت الشعاع خود قرار می دهد .

از طرفی خاز ن ها که به صورت گسترده در سیستم های توزیع بکار می رود باعث ایجاد ترکیبات جدید مداری شده و باعث تولید هامونیک می شود .لذا در یک مطالعه واقعی بهینه سازی، باید سطوح هار مونیکی نیز لحاظ گردد . از طرفی در محاسبه ادمیتانس سیستم ، بارهای غیر خطی باید مدل سازی شده و به حساب آید . نقاط بهینه به دست آمده با لحاظ شرایط فوق کاملاً متفاوت با حالتی خواهد بود که از اثرات هارمونیکی بارهای غیر خطی صر فنظر گردد .چرا که در فرکانسهای هارمونیکی تلفات اضافی خواهیم داشت. هدف از این بررسی، به دست آوردن تابع هدف در محیط هارمونیکی و حضور بارهای غیرخطی است . در این راه یکی از رو شهای بسیار مرسوم که استفاده از روش تزریق جریان است به کار گرفته شده است.

محدودیت های تابع هدف نیز شامل محدودیت ناشی از تغییرات ولتاژ در بازه مجاز خود، به همراه کاهش اغتشاش هارمونیکی به کمتر از میزان م ی گردد .نتایج به دست آمده از حل مسأله نشان می دهد با این روش نیل به سه هدف جبرا ن سازی توان راکتیو، کاهش اغتشاشات هارمونیکی شبکه و تثبیت ولتاژ در بازه مجاز دست یافتنی است .به عبارت دیگر، جبران سازی توان راکتیو به همراه بهبود کیفیت توان صورت پذیرفته است.

۲-۴ : مدل سازی سیستم در فرکانس های اصلی و هارمونیکی

هر المان مجزای سیستم توزیع به صورت ریاضی با مدلی نمایش داده می شود که رفتار فیزیکی آن را نشان می دهد .این المانها شامل خطوط توزیع، خازن های موازی، ترانسفورماتورها و بارهای تغذیه شونده از سیستم توزیع می باشد . به طور کلی در محاسبات پخش بار المان ها به صورت مدار معادل برحسب مجموعه ای از مقاومت، سلف، خازن و جریان تزریقی مدل می شود.

به طور معمول، بارهای غیر خطی با منابع جریان ا یده آل هارمونیکی در فرکانس های مشخصه خود مدل می شوند جریان هارمونیک **h** ام تزریقی به باس **I** ام از رابطه زیر به دست می آید .

$$I_i^h = \frac{I_i^!}{h} \qquad h = 3 ,5 ,...N \qquad (۱)$$

که در آن **N** بالاترین مرتبه هارمونیکی مورد نظر بوده و $I_i^!$ جریان هارمونیک اول می باشد . این مدل سازی برای **(THD)** های کمتر از ۱۰٪ مناسب است .بارهای خطی نیز به صورت یک مقاومت موازی با سلف مدل می شد تا در آن توان های اکتیو و راکتیو در فرکانس هارمونیک اصلی لحاظ گردد لذا ادمیتانس ها ی بار، خازن و فیدر در هارمونیک **h** ام به صورت زیر خواهد بود.

$$Y_i^{th} = \frac{P_{li}}{(V_i^1)^2} - j\frac{Q_{li}}{h(V_i^1)^2} \qquad (۲)$$

$$Y_{ci}^h = hY_{ci}^1 \qquad (۳)$$

$$Y_{i,i+1}^h = (R_{i,i+1} + Jhx_{i,i+1})^{-1} \qquad (٤)$$

که در آن داریم:

P_{li} : توان اکتیو بار در باس

Q_{li} : توان راکتیو بار در باس

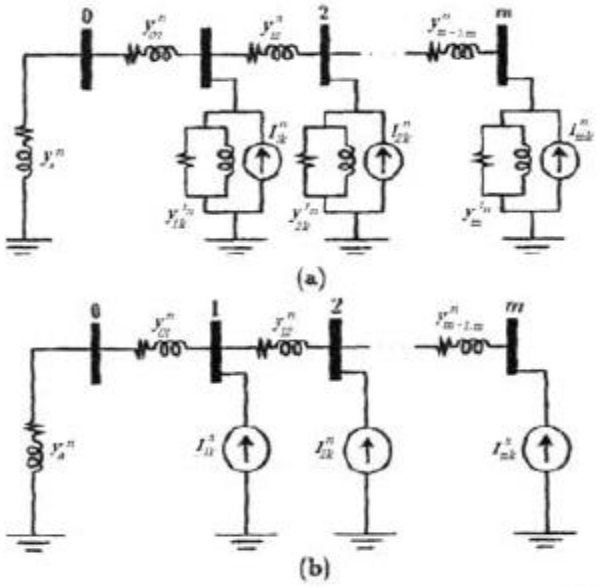
$R_{i,i+1}$: مقاومت بین باس های **i,i+1**

$X_{i,i+1}$: راکتانس بین باس های **i,i+1**

Y_{ci} : ادمیتانس خازنی در فرکانس اصلی

ترکیب بارهای خطی و غیر خطی می تواند به صورت یک ادمیتانس(نمایش بخش خطی بار) موازی با منبع جریان(نمایش بخشی غیر خطی)مدل شود.

مدار شکل زیر اغلب در تحلیل هارمونیکی به کار می آید.



شکل ۱ مدار معادل سیستم توزیع در هارنومیک h ام الف) با بار خطی ب) بدون بار خطی

محاسبه جریان ها و ولتاژهای هارمونیکی با داشتن ماتریس ادمیتانس سیستم در یک فرکانس هارمونیکی مشخص و جریان هارمونیکی تزریقی، ولتاژهای هارمونیکی در باس های دارای بار از حل مجموعه معادلات زیر به دست می آید.

$$\begin{bmatrix} V_1^h \\ V_2^h \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ V_m^h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11}^h & Y_{12}^h & 0 & . & . & . & 0 \\ Y_{21}^h & Y_{22}^h & . & . & . & . & . \\ 0 & & & & & & \\ . & & & & & & . \\ . & & & & & & \\ . & . & . & . & . & . & Y_{m-1,m}^h \\ 0 & . & . & . & Y_{m,m-1}^h & & Y_{mm}^h \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} I_1^h \\ I_2^h \\ . \\ . \\ . \\ I_m^h \end{bmatrix} \qquad (۵)$$

ولتاژهای هارمونیکی یک باس باید برای هر فرکانس هارمونیکی مورد نظر بعد از تشکیل ماتریس ادمیتانس در آن فرکانس محاسبه شود از آنجا مقدار موثر ولتاژ باس **i** از رابطه زیر به دست می آید .

$$V_i = \sqrt{(V_i^1)^2 + \sum_{h>1} (V_i^h)^2} \qquad (۶)$$

که **V** ولتاژ هارمونیکی اول باس **i** می باشد همچنین داریم .

$$Y_{ij}^h = \begin{cases} -Y_{ij}^h \; IFJ \neq i \\ Y_{i-1,i}^h + Y_{i+1}^h + Y_i^h + (V_{fi}^h + V_{sj}) Y_c^h \; IFJ = i \in S_c \end{cases} \qquad (۷)$$

که در آن **V** ماکزیمم تعداد خازن های مجاز هر باس**f** اندیس خازن های ثابت و **S** اندیس خازن های سوئیچ شونده ، و **Sc** مجموعه باس هایی است که روی آن خازن نصب شده است.

هنگام تغییر پروفیل خازن، جهت به هنگام نمودن ولتاژهای هارمونیکی باس مراحل زیر انجام خواهد پذیرفت:

۱. به هنگام کردن ولتاژ هارمونیک اول.
۲. پیدا کردن جریا نهای هارمونیکی تزریقی از رابطه شماره ۱ و ادمیتانس بارهای خطی از رابطه شماره ۲.
۳. تنظیم ادمیتانس های خودی برای به حساب آوردن خازن جدید و ادمیتانس بین بارهای خطی.
۴. حل معادله شماره ۵ و به دست آوردن ولتاژهای هارمونیکی جدید.

در نهایت کل اغتشاش هارمونیکی ولتاژ باس **i** که از رابطه زیر به دست می آید نباید از ماکزیمم مقدار مجاز تجاوز کند.

$$THD_{vi} = \frac{\sqrt{\sum_{h>1} (V_i^h)^2}}{V_i^1} \times 100 \qquad (۸)$$

۳-۴ : به دست آوردن تابع هدف

طراحی بهینه خازن حداقل کردن تلفات توان و انرژی اکتیو با در نظر گرفتن هزینه خا زن گذاری است . بر این اساس تابع هدف **F** به صورت زیر تعریف می شود .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$F = K_p \sum_{h=1}^{h\max} P_{loss}^{h} + Ke \sum_{h=1}^{h\max} E_{loss}^{h} + K_c \sum_{i=1}^{h} Q_{Ri} \qquad (۹)$$

که در آن:

K_p : هزینه سالانه تلفات توان اکتیو برحسب

$$\frac{\text{ریال}}{\text{کیلوولت} \times \text{سال}}$$

K_e : هزینه تلفات انرژی اکتیو برحسب

$$\frac{\text{ریال}}{\text{کیلوولت} \times \text{سال}}$$

K_c : هزینه سرمایه گذاری سالیانه خازن گذاری برحسب

$$\frac{\text{ریال}}{\text{کیلوولت} \times \text{سال}}$$

WikiPower.ir

P_{loss}^{h} : تلفات توان اکتیو تولیدی در اثر عبور جریان هارمونیکی **h** ام در طول پریود بار پیک

E_{loss}^{h} : تلفات انرژی اکتیو تولیدی توسط جریان هارمونیکی **h** ام در طول دوره مورد مطالعه

Q_{Ri} : ظرفیت کل خازن های موازی در باس

N : تعداد کل باس ها

در سیستم توزیع، تلفات توان مختلط به صورت تابعی از جریان تزریقی به باس ها در هارمونیک های مختلف از رابطه زیر به دست می آید.

$$\underline{S}^h = (\underline{I}^h - \underline{I}_c^h)^H \underline{Z}^h (\underline{I}^h - \underline{I}_c^h) \qquad (۱۰)$$

که در آن:

H : اپراتور هرمیتی

h : مرتبه هارمونیکی (شامل هارمونیک اول)

$\mathbf{I^h}$: بردار جریان هارمونیک مرتبه **h** ام

Z : ماتریس امپدانس باس برای هارمونیک مرتبه**h** ام

(-) : علامت نشان دهنده مختلط بودن مقادیر

حال می توان نوشت :

$$E_{ij}^h = R_{ij}^h + Jx_{ij}^h \qquad (۱۱)$$

$$I_i^h = I_i^h \cos\theta_{Ii}^h + jI_i^h \sin\theta_{Ii}^h \qquad (۱۲)$$

$$I_{ci}^h = h\frac{Q_{Ri}}{V_{Ri}^2} V_i^h < 90^\circ + \theta_{vi}^h \qquad (۱۳)$$

مؤلفه حقیقی رابطه شماره ۹ تلفات توان اکتیو را می دهد که به صورت زیر است.

$$P^h = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} I_i^h I_j^h R_{ij} \cos(\theta_{Ii}^h - \theta_{Ij}^h) \qquad (۱٤)$$
$$-2h\sum_{j=1}^{n}\frac{V_j^h}{V_{Rj}^2}[\sum_{i=1}^{n} R_{ij}^h I_i^h \sin(\theta_{Ii}^h - \theta_{vj}^h)]Q_{Rj}$$
$$+h\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left[R_{ij}^h \frac{V_i^h V_j^h}{V_{Ri}^2 V_{Rj}^2}\cos(\theta_{vi}^h - \theta_{Vj}^h)\right]Q_{Ri}Q_{Rj}$$

که در آن داریم:

n : تعداد باس های سیستم

V_i^h : دامنه ولتاژ هارمونیکی مرتبه **h** ام باس **i**

V_R : ولتاژ نامی خازن

θ_{vi}^h : زاویه ولتاژ

θ_{Vj}^h : زاویه جریان

I_i^h : دامنه جریان هارمونیکی تزریقی مرتبه **h** ام باس **i**

Q_R : توان راکتیو نامی خازن

در اینجا فرض شده که I_i^h و θ_i^h برای هارمونیک های مختلف **(h > 1)** شناخته شده است و می تواند از طریق زیر محاسبه شود:

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$I_i^h = \frac{S_i}{V_i^h}, \theta_{Ii}^h = \theta_{Vi}^h - \theta_{Si} \qquad (۱۵)$$

که S_i و θ_{Si} به ترتیب توان ظاهری و زاویه ضریب قدرت بار می باشد

باید توجه کرد که **P** تابع درجه دو از **Q** خواهد شد با فرض اینکه **V**و**θ** مقادیر شناخته شده ای بوده و بارها دارای ضریب قدرت ثابتی باشند. حال تلفات انرژی از جمع تلفات توان اکتیو در طول کل دوره زمانی با استفاده از منحنی بار روزانه نمونه برای یک فیدر مورد نظر از رابطه زیر به دست می آید.

$$E_{loss}^h = \int_0^T P_{loss}^h(t)dt \qquad (۱۶)$$

۴-۴ : محدودیت ها

در طی حداقل کردن تابع هدف، باید محدودیت های سیستم از قبیل اغتشاش هارمونیکی و محدودیت افزایش ولتاژ لحاظ گردد .بدین منظور داریم:

WikiPower.ir

$$V_i^c \geq V_{\min i} \qquad (۱۷)$$

$$V_i^c \leq V_{\max i} \qquad (۱۸)$$

که در آن داریم:

V_i^c : ولتاژ باس در وضعیت جبران سازی شده برحسب **rms**

$V_{\min i}$: حداکثر ولتاژ مجاز باس **i** برحسب **rms**

$V_{\max i}$: حداقل ولتاژ مجاز باس **i** برحسب **rms**

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

رابطه بین هارمونیک اول ولتاژ باس **I** در حالت قبل از جبران سازی و بعد از آن از رابطه زیر به دست می آید

$$(V_i^1)^2 = (V_i^u)^2 + 2\sum_{J=1}^{n} X_{ij}^1 Q_{Rj} (V_i^1)^2 \qquad (۱۹)$$

که در آن V_i^u ولتاژ هارمونیک اول باس **i** در حالت بدون جبران سازی و $\mathbf{X^1}$ ماتریس راکتانس در فرکانس اصلی با ارجاع به باس پست می باشد مقدار مؤثر ولتاژ باس **i** در حالت جبرانسازی شده از قرار دادن رابطه فوق .در رابطه شماره ۶به دست می آید لذا داریم:

$$V_i^c = \sqrt{(V_i^u)^2 + 2\sum_{J=1}^{n} X_{iJ}^1 Q_{Rj} (V_i^1)^2 + \left[\sum_{h>1} (V_i^h)^2\right]} \qquad (۲۰)$$

WikiPower.ir

از جای گذاری رابطه شماره ۲۰ در روابط شماره۱۷و۱۸ نتیجه می شود:

$$\sum_{J=1}^{n} X_{ij}^1 Q_{Rj} (V_i^1)^2 \geq \left[(V_{min})^2 - \sum_{h>1} (V_i^1)^2 - (V_i^u)^2\right]/2 \qquad (۲۱)$$

$$\sum_{J=1}^{n} X_{ij}^1 Q_{Rj} (V_i^1)^2 \leq \left[(V_{max})^2 - \sum_{h>1} (V_i^1)^2 - (V_i^u)^2\right]/2 \qquad (۲۲)$$

باید توجه نمود که روابط شماره ۲۱و۲۲ غیر خطی هستند ولی هر دو رابطه با شناخته شدن ولتاژها نسبت به Q_R خطی خواهند شد محدودیت بعدی به حداکثر توان راکتیو خازن های موازی بر می گردد که از رابطه زیر به دست می آید.

[redacted]

و بالاخره محدودیت نهایی به حداکثر اغتشاش هارمونیکی مجاز بر می گردد که داریم:

$$THD_{Vi} \leq THD_{\min} \qquad (۲٤)$$

WikiPower.ir

۴-۵ : راه حل پیشنهادی

اگر ولتاژهای وضعیت جبران سازی شده مشخص شود تابع هدف از درجه دو بوده و باید از روش برنامه ریزی غیر خطی درجه دو برای حل آن استفاده کرد .روش حل را می توان در سه مرحله کلی به صورت زیر بیان نمود.

۱-۵-۴ انتخاب مقادیر اولیه برای ولتاژها :

از آنجایی که فرض شده ولتاژهای وضعیت جبران سازی شده مشخص است (هرچند در واقع این چنین نیست) لذا می توان ولتاژهای اولیه هارمونیک اصلی را قبل از بهینه سازی حدس زد . روش حدس نیز به صورت زیر است:

- اولاً چون زاویه ولتاژهای باس تغییرات خیلی کمی نسبت به حالت قبل از جبران سازی دارند لذا از تغییرات مذکور صرف نظر شده و مقادیر زوایا ثابت فرض می شوند .
- هنگامی که خازن به باس وصل شود دامنه ولتاژ باس افزایش می یابد، لذا می توان حد س اولیه را از ضرب ولتاژ حالت جبران سازی نشده در ضریب اختیاری برای مثال ۱,۰۵ به دست آورد و سپس نتایج را به صورت زیر اصلاح کرد.

۱. اگر مقدار به دست آمده از حداقل ولتاژ مجاز کمتر باشد، مقدار اولیه را روی ولتاژ حداقل تثبیت می کنیم.
۲. اگر مقدار به دست آمده بزرگتر از ولتاژ پست بوده ولی از ولتاژ مجاز کمتر باشد، در این صورت مقدار اولیه را روی ولتاژ پست تثبیت می کنیم.
۳. اگر مقدار به دست آمده بزرگتر از حداکثر ولتاژ مجاز باشد در این صورت مقدار اولیه را روی ولتاژ حالت جبران سازی شده تثبیت می کنیم.

در غیر موارد فوق همان ضریب۱,۰۵ را اعمال می کنیم.

۲-۵-۴ بهینه سازی تابع هدف :

برای بهینه سازی روش**(Beales Method)** انتخاب شده است با انتخاب حدس های اولیه و حل معادله، نقاط بهینه محلی به دست می آید که ممکن است از نقاط بهینه کلی فاصله داشته باشد، لذا باید از روش بهینه سازی تکرار جهت رسیدن به نقاط بهینه مطلوب تر استفاده نمود که به صورت زیر خواهد بود.

مرحله اول

در این مرحله یک قیمت برای خازن در نظر گرفته می شود . لازم به ذکر است که تعیین قیمت خازن در بخش سوم توضیح داده خواهد شد.

مرحله دوم

قبل از اینکه اولین تکرار صورت گیرد مقادیر تخمین زده شده ولتاژهای هارمونیک اول که در بخش اول به دست آمد در معادلات تابع هدف جایگزین خواهد شد . در این جا فقط از ولتاژ هارمونیک اول استفاده شده و از ولتاژهای هارمونیک های بالاتر صرف نظر می شود همچنین هزینه **KVAR** برای بزرگترین واحد خازنی در اولین تکرار لحاظ خواهد شد . در تکرارهای بعدی، ولتاژ هارمونیک اول و دیگر هارمونیک ها که از نتایج تکرار قبل به دست آمده در تابع هدف جایگزین خواهد شد . نتایج به دست آمده هنوز نقاط بهینه محلی برای توان راکتیو خازن ها هستند.

مرحله سوم

با استفاده از برنامه پخش بار و نتایج مرحله دوم ولتاژهای هارمونیک اصلی به هنگام می شوند . به علاوه ادمیتانس ها و ما تریس مربوط برای هر مرتبه هارمونیکی اصلا ح می شود . از طرفی جر یان های تزریقی مدل بار غیرخطی نیز به هنگام خواهد شد و در نهایت ولتاژهای هارمونیکی جدید از رابطه شماره ۵ محاسبه خواهد شد.

مرحله چهارم

اگر اختلاف بین نتایج (توان راکتیو خازن ها) در این مرحله و نتایج مرحله قبل کمتر از مقدار مورد نظر باشد نتایج جدید ملا ک عمل بوده و اجرا بخش دوم متوقف و برنامه به بخش سوم می رود در غیر این صورت مجدداً به مرحله دوم باز می گردد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۵-۴ تعیین اندازه خازن ها :

با توجه به اینکه خازن ها دارای اندازه های استاندارد گوناگونی هستند و هر اندازه دارای هزینه بر کیلووار مختلفی می با شد، نتایج بخش دوم خیلی سودمند نخواهد بود . لذا از این تخمین برای تعیین اندازه های مختلف برای خازن به عنوان بخشی ارتباطی با بخش قبل استفاده خواهد شد.

در کل، هزینه بر کیلووار خازن ها با اندازه بزرگتر کمتر از هزینه خازن های کوچکتر است . لذا معقول این است که تا جایی که امکان دارد از واحدهای خازنی بزرگتر به منظور کاهش هزینه سرمایه گذاری استفاده شود.

مرحله اول

تعداد خازن ها با اندازه استاندارد مطروحه، از حل نهایی بخش دوم وقتی که همگرا شود به دست می آید. توان راکتیو خازن های استاندارد هر باس از توان راکت یو بار در هر باس کم می شود . طرف سمت راست روابط شماره۲۱و۲۲ با لحاظ خازن های نصب شده در این مرحله اصلاح می شود . همچنین جریان های هارمونیکی و ماریس های ادمیتانس اصلاح می شوند.

مرحله دوم

هنگامی که توان راکتیو بزرگترین خازن دائمی به دست آمده در بخش دوم کمتر از توان راکتیو کوچکترین اندازه خازن استاندارد بشود به نحوی که دیگر نتوان خازن های استاندارد بیشتری را جایگزین کرد، در این صورت برنامه بهینه سازی خاتمه می یابد و در غیر این صورت اجرای برنامه به مرحله اول بخش دوم با هزینه برکیلووار خازن استاندارد با اندازه کوچکتر بعدی بر می گردد . مسئله اختصاص بزرگترین واحد در طی مرحله اول اجرای بخش دوم لحاظ می گردد، پس از آن یک خازن با اندازه استاندارد کوچکتر هر بار در طی انتقال از بخش سوم به بخش دوم اختصاص می یابد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۶-۴ : نتایج تست

الگوریتم اظهارشده در بخش های قبل برای یک سیستم توزیع دارای ۱۶ باس در دو حالت؛ یکبار، بدون جبران سازی شده و بار دیگر با نصب خازن اجرا شده و نتایج در جدول شماره ۱ آمده است . اطلاعات داده شده برای محاسبه تلفات توان و انرژی از منحنی بار روزانه در ساعت پیک به دست آمده است.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

باس شماره	حالت اول		حالت دوم	
	ولتاژ	THD (%)	ولتاژ	HDF(%)
۱	۱/۰۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰
۲	۰/۹۸٦	۱/۱۲	۰/۹۹۷	۰/۳۳
۳	۰/۹٦۱	۳/۳۷	۰/۹۹۱	۰/۳۹
۴	۰/۹٤٤	٤/۷٦	۰/۹۹۱	۰/۷۸
۵	۰/۹۵۷	۳/۸۰	۰/۹۸۸	۱/۳۰
۶	۰/۹۲۱	٦/۷۵	۰/۹۹۱	۰/۷٤
۷	۰/۹۵۵	٤/۱۱	۰/۹۸۷	۱/۵۷
۸	۰/۹۱۵	۷/۱۱	۰/۹۸٦	۰/۸۵
۹	۰/۹۱٦	۷/۲۷	۰/۹۹۳	۰/۸۵
۱۰	۰/۹٤۷	۵/۰۸	۰/۹۸۱	۲/٤۱
۱۱	۰/۹۱۲	۷/۲٤	۰/۹۸۳	۰/۹۳
۱۲	۰/۹۱۳	۷/٦۳	۰/۹۹٦	۱/۱٤
۱۳	۰/۹٤٤	۵/۳۵	۰/۹۷۹	۲/٦٤
۱۴	۰/۹۱۰	۷/۳۱	۰/۹۸۱	۰/۹۸
۱۵	۰/۹۱۱	۷/۹٤	۰/۹۹٤	۱/۰۱
۱۶	۰/۹۱۰	۷/۸۵	۰/۹۹۳	۱/۰۳

جدول ۱ نتایج تست در دو حالت مختلف

WikiPower.ir

	حالت اول	حالت دوم
تلفات در پیک بار (کیلووات)	۲۳۰	۱۷۹/۳
تلفات انرژی (مگاوات/ سال)	۹۰٤/۷	۸٤۰/۷
هزینه تلفات توان (میلیون ریال بر سال)	۳۰۷	۲۷۱
هزینه تلفات انرژی (میلیون ریال بر سال)	٤۲۳/۳	۳۷۸/۳
هزینه خازن‌گذاری (میلیون ریال بر سال)	۰	۱۸/۹
هزینه کل (میلیون ریال برسال)	۷۳۰/۳	٦٦۸/۲

جدول ۲ هزینه تلفات و خازن گذاری در دو حالت مختلف

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۴-۷ : نتیجه گیری

در این مقاله یک روش سیستماتیک برای تعیین جبران سازی بهینه توان راکتیو توسط خازن های موازی در سیستم های توزیع با بارهای غیر خطی ارائه گردید نتایج به دست آمده نشان داد که پروفیل ولتاژ باس ها در حالت بدون جبران سازی به شدت ضعیف است و برای بهبود آن باید جبران سازی بهینه نمود . به علاوه تلفات سیستم و هزینه مربوط با جبران سازی کاهش می یابد پخش بار هارمونیکی جهت محاسبه اغتشاش هارمونیک سیستم و تلفات توان به عمل آمد . همچنین محل و تعداد خازن های به کار رفته در ح التی که بار غیرخطی وجود دارد در دو حالت با لحاظ کردن هارمونیک ها و یا اینکه صرفاً هارمونیک اول لحاظ شود کاملاً متفاوت است . در نهایت اینکه با محاسبه خازن ها و محل نصب آنها با لحاظ بارهای غیر خطی باعث گردید که علاوه بر جبران سازی توان راکتیو به کیفیت ولتاژ و کاهش اغتشاش هارمونیکی نیز پرداخته شود.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل پنجم :

ضرورت و راهکارهای خازن گذاری برای مشترکین

کم انگیزه

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

خلاصه :

بسیاری از الکتروموتورهای مشترکین کشاورزی و صنعتی، بدون خازن و یا با ظرفیت خاز ن کم نسبت به بار راکتیو الکتروموتورها استفاده می شوند .این امر موجب افزایش اضافه تلفات تحمیلی به شبکه های برق رسانی کشور می گردد.

در این مقاله ضمن بررسی ارتباط ضریب قدرت و درصد تلفات قابل کاهش، سودآوری قابل ملاحظه نصب خازن برای مشترکین، حتی به صورت رایگان برای مشترکین کم انگیزه و به ویژه مشترکین کشاورزی نشان داده می شود .در این بررسی میزان نیاز خازن مشترکین کشاورزی و صنعتی به ترتیب حدود ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ مگاوار تخمین زده شده است. باتوجه به محاسبات انجام شده سودآوری نصب رایگان خازن برای این مشترکین حدود ۱۰۰ مرتبه بیشتر از هزینه مفروض صنعت برق برای توسعه تأسیسات تولید جهت تأمین ظرفیت متناسب با بهره برداری نامناسب مشترکین می باشد .

علاوه بر راه حل اصلی پیشنهادی، چند گزینه و راهکار دیگر نصب خازن برای مشترکین کم انگیزه نیز بررسی می شود. درکنار مزایای اقتصادی ق ابل ملاحظه ، مزایای فنی متعدد و مسائل نگهداری و مشکلات جانبی به مراتب کمتر خازن های موضعی سوییچ شونده از طریق کنتاکتور الکتروموتورها، نسبت به بانک های خازنی و خازن های سوییچ شونده مستقل بررسی می شود.

۱-۵ : مقدمه و تاریخچه

خازن گذاری نقش بسیار موثری در ک اهش هزینه های برق رسانی دارد .خازن با کاهش تقاضای توان راکتیو از محل نصب تا مولد انرژی الکتریکی، جریان خط از محل نصب خازن تا تجهیزات تولید را کاهش داده، تلفات و بار خطوط و ترانسفورماتورها را کم می کند. نصب خازن می تواند با آزادسازی ظرفیت، قابلیت ژنراتور و پست را برای بار اضافی، بسته به میزان تصحیح نشدن ضریب قدرت سیستم، تا ۳۰٪ افزایش دهد .به عبارت دیگر خازن گذاری با اصلاح ضریب قدرت و نیز کاهش تلفات، موجب آزادسازی قابل ملاحظه ظرفیت شبکه و تولید می شود.

از سال ۱۳۷۹ اجرای طرح ملی خازن گذاری در شبکه های فشارضعیف هوایی به عنوان یکی از روش های کاهش تلفات و با استفاده ، از اعتبارات تبصره ۲۷ قانون برنامه سوم توسعه آغاز شد . تا پایان شهریور۸۱ حدود**2000 MVAR** خازن ثابت تحویل شرکت های برق منطقه ای و تا پایان شهریور ۸۲ حدود**1400 MVAR** نصب شده است باتوجه به نتایج محسوس و مطلوب طرح، از اردیبهشت سال ۸۲ ردیف ویژه نصب خازن(ردیف**9**)در موافقت نامه های اصلاح و بهینه سازی اضافه شد و به این ترتیب بستر اجرایی و مالی شفاف ادامه طرح خازن گذاری برای شرکت های برق منطقه ای و توزیع برق فراهم گردید.

باتوجه به گذشت دوسال از اجرای موفقیت آمیز طرح خازن گذاری در شبکه های فشارضعیف هوایی و سپری شدن پیک بار تابستان و حداقل بار پاییز سال های ۸۰ تا ۸۲ ، امکان بررسی تعمیم روش خازن گذاری در سطح ولتاژ فشارضعیف برای مشترکین کم انگیزه فراهم شده است.

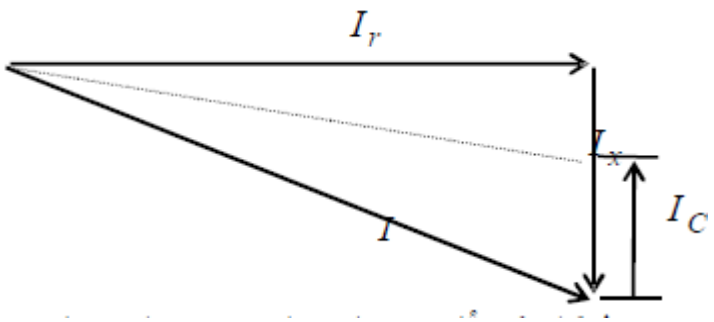
در یک بیان اجمالی کاهش تلفات فیدرهای فشارضعیف و فشارمتوسط، شبک ههای فو قتوزیع و انتقال و ترانسفورماتورها با هزین های چندد ه مرتبه ارزا نتر از احداث نیروگاه و شبکه جهت جبران تلفات، بهبود ولتاژ نقاط انتهایی فیدر فشارضعیف بدون افزایش ولتاژ ابتدای فیدر، آزادسازی ظرفیت فیدرهای فشارضعیف، فشارمتوسط، ترانسفورماتورها و نیروگا ههای ، کاهش احتمال سوختن ترانسفورماتور، فیوز و قطعی کلید فیدرهای پربار در اثر اضافه بار، مزایای فنی و اقتصادی و سهولت نصب نسبت ب ه خاز نگذاری

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در فشارمتوسط، تأثیر بسیار کمتر در تشدید هارمونیکها و جریان هجومی به مراتب کمتر به دلیل پراکندگی ظرفیتهای کوچک خازنی، کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش رضایت مشترکین، از مزایای خازن گذاری در سطح ولتاژ فشارضعیف می باشد.

۲-۵ : رابطه ضریب قدرت و درصد تلفات قابل کاهش

شکل ۱ نحوه تأثیر جریان خازن بر بردار جریان را با فرض مدل متعارف بار نقطه ای؛ نشان می دهد :



شکل ۱ تأثیر جریان خازن بر بردارجریان

بنابراین کاهش تلفات از رابطه زیر به دست می آید:

$$\Delta Loss = R(I_r^2 + I_x^2) - R(I_r^2 + (I_x - I_C)^2)$$
$$= R\,(2\,I\,.Sin\ \varphi\ -\ I_C\,)\,I_C$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مشاهده می شود به ازای یک خازن مشخص، وقتی مقاومت مسیر بیشتر باشد(مانند فیدرهای طولانی)، اندازه کاهش تلفات هم بیشتر است .همچنین در شرایط متعارف (جریان خازن کمتر از ۲ برابر جریان راکتیو فیدر) به ازای یک خازن معین، مقدار کاهش تلفات بیشتری در فیدرهای پربارتر و یا با ضریب قدرت نامناسب تر حاصل می شود.

جدول ۱ میزان تلفات قابل کاهش را برحسب ضرایب قدرت ۰,۷ تا ۰,۹۸ نشان می دهد.

ضریب قدرت	نسبت تقریبی	درصد تلفات	
	KW به KVAR	قابل کاهش	
0/7	1	51	وضعیت فعلی توزیع
0/8	1/3	36	
0/9	2	19	
0/95	3	10	
0/97	4	6	هدف
0/98	5	4	

جدول ۱ نسبت**KW** به **KVAR** و درصد تلفات قابل کاهش برحسب ضریب قدرت

همانطور که مشاهده می شود در ضریب قدرت ۰,۷ حدود ۵۰٪ و در ضریب قدرت ۰,۹ حدود ۲۰٪ اضافه تلفات نسبت به حالت ایده آلِ ضریب قدرت ۱ وجود دارد .مقادیر متداول ضریب قدرت شبکه های فشارضعیف مربوط به مشترکین کم انگیزه کشاورزی و صنعتی کوچک، غالباً حدود ۰,۷ تا ۰,۹ است، از

این رو اضافه تلفات قابل ملاحظه ۲۰ تا ۵۰ درصد صرفاً به دلیل نامناسب بودن ضریب قدرت و کمبود خازن، به شبکه تحمیل می شود .در برآورد تقریبی، تلفات قابل کاهش، متناسب با توان دومِ بهبود ضری بقدرت است.

به عنوان نمونه با فرض ۲۷٪ تلفات پیک بار (در پیک بار درصد تلفات افزایش می یابد) و فرض خوش بینانه ضریب قدرت ۰,۹ درصورت رسیدن به ضریب قدرت ۰,۹۵ تلفات پیک بار به ۲۵٪ کاهش می یابد.

تلفات شبکه های فشارضعیف به دلیل سطح ولتاژ به مراتب کمتر و درنتیجه جریان بیشتر، حدود نیمی از تلفات پیک بار است و از این رو توجه به کاهش تلفات فشارضعیف اولویت دارد، علاوه بر این کاهش تلفات فشارضعیف موجب کاهش تلفات سطوح ولتاژ بالاتر نیز می شود ولی عکس این واقعه اتفاق نمی افتد.

۳-۵ : برآورد میزان ظرفیت نامی تولید آزادشده در اثر خازن گذاری

در مرجع **[1]** محاسبات نحوه تأثیرگذاری خازن در آزادسازی ظرفیت و کاهش تلفات ارائه و میزان آزادسازی ظرفیت نامی تولید ناشی از خازن گذاری در فشارضعیف برآورد شده است.

ازآنجاکه هزینه احداث در بخش تولید برحسب ظرفیت نامی واحدها داده می شود، بررسی اقتصادی برمبنای آزادسازی ظرفیت نامی تولید انجام گردیده است .نکته مهمی که در محاسبات آزادسازی ظرفیت غالباً مورد کم توجهی قرار می گیرد، فاصله قابل ملاحظه ظرفیت نامی تولید و پیک نیاز تولید است:

باتوجه به فاصله ظرفیت نامی و ظرفیت عملی به ویژه در پیک بار تابستان و نیز ضریب ذخیره مناسب و موردنیاز (ظرفیت رزرو و تعمیر و نگهداری که طبق توافق سازمان مدیریت و برنامه ریزی و شرکت توانیر ۲۶٪ است) ظرفیت نامی باید حدود ۵۰٪ بیشتر از پیک نیاز تولید باشد به عبارت دیگر اگر **1KW** از پیک نیاز تولید آزادشود، حدود **1.5KW** از ظرفیت نامی تولید آزاد می شود .

به همین ترتیب اگر مصارف داخلی نیروگاه و تلفات مضاعف پیک بار (تلفات با توان دوم جریان رشد می کند و بنابراین درصد تلفات در پیک بار به میزان قابل ملاحظه ای بیشتر از درصد تلفاتِ ساعات عادی

است[3]) درنظر گرفته شود و نسبت ظرفیت نامی به نیاز مصرف سطح می گردد .به طورکلی باتوجه به فاصله فشارضعیف را ضریب تناظر بنامیم، در مجموع برآورد فوق، مقدار این ضریب عددی حدود ۲ ظرفیت نامی و ظرفیت عملی، ضریب ذخیره متعارف و مصرف داخلی نیروگاه، حتی برای کشورهایی که درصد تلفات کمی دارند، این ضریب عددی نزدیک به ۲ است .به عنوان نمونه برای کشور کانادا این عدد ۱,۸ می باشد.

باتوجه به توضیحات فوق در بررسی تئوری عدد **0.2KW/KVAR** به عنوان میزان آزادسازی ظرفیت نامی تولید ناشی از خازن گذاری در فشارضعیف تخمین زده شده است.

خاطرنشان می سازد نتایج عملی و اندازه گیری شده کاهش جریان ناشی از خازن گذاری در شبکه های فشار ضعیف، تاحد زیادی با نتایج تحلیلی ارائه شده، همخوانی دارد .

۴-۵ : اولویت سوییچینگ خازن از طریق کنتاکتور الکتروموتور به جای خازن سوییچ شونده مستقل

مناسب ترین راه اصلاح ضریب قدرت الکتروموتورهای رایج، نصب خازن از طریق کنتاکتور الکتروموتور و بدون تجهیزات سوییچینگ اضافی در کنار آنهاست .به این ترتیب همزمان با روشن و خاموش شدن الکتروموتور، خازن نیز قطع و وصل می شود.

این روش در دنیا متداول و توصیه شده در استانداردهای معتبر**IEC 60831** و **IEEE Std18**است و علاوه بر سادگی اجرا، کاهش قابل ملاحظه هزینه های جبران سازی را به همراه دارد به عنوان نمونه بهای خرید متمرکز هر**KVAR** خازن فشارضعیف بدون تجهیزات سوییچینگ، خازن سوییچ شونده مستقل و تابلو خازنی درسال ۱۳۸۲ به ترتیب حدود ۱۲و۳۲و۷۰ هزار ریال بوده است .صرفنظر از بحث هزینه، از نظر فنی نیز تابلوهای بانک خازنی صنعتی باید پس از انجام جبران ممکن از این طریق، طراحی و ساخته شوند و نه برای جبران کل بار راکتیو . زیرا بانک های خازنی نسبت به خازن های موضعی پراکنده، موجب افزایش محسوس **THD** و جریان هجومی کلیدزنی خازن ها می شوند .

به طور خلاصه درصورتی که نصب خازن برای الکتروموتورهای مشترکین کشاورزی و صنعتی مدنظر قرارگیرد، سوییچینگ خازن می تواند(و بهتر است) از طریق کنتاکتور موتور باشد .به این ترتیب هزینه ای برای تجهیزات مجزای سوییچینگ خازن موردنیاز نیست، همچنین مسائل و مشکلات نگهداریِ بخش سوییچینگ خازن منت فی می گردد .از این رو استفاده از خازن بدون تجهیزات سوییچینگ مجزا نسبت به خازن سوییچ شونده مستقل، تقدم اجرایی، فنی و اقتصادی دارد. به بیان خلاصه تا زمانی که خازن گذاری با هزینه خرید خازن منفرد، با این روش میسر باشد، نصب خازن سوییچ شونده مستقل با هزینه حدود سه برابر و مسائل خاص نگهداری و بهره برداری، اولویت ندارد.

متأسفانه فرهنگ سازی و اطلاع رسانی مناسبی در این زمینه تاکنون در کشور انجام نشده است .تصور هزینه های سنگین بانک خازنی یکی از موانع توسعه فرهنگ خازن گذاری بوده است .همین مطلب ضرورت توجه به خازن گذاری برای مشترکین کم انگیزه از طریق صنعت برق به عنوان یک مرجع فنی معتبر را تشدید می نماید.

WikiPower.ir

۵-۵ : جبران بار راکتیو مشترکین کشاورزی

۵-۵-۱ علل کم توجهی مشترکین کشاورزی به خازن گذاری و اضافه تلفات ناشی از آن :

برق کشاورزی حدود ۱۳ ریال و باتوجه به هزینه تمام شده حدود ۴۰۰ ریال (با احتساب قیمت قابل صادرات سوخت) تقریباً رایگان است حتی اگر کنتور دوزمانه برای اندازه گیری راکتیو نصب شده باشد، باتوجه به ارزانیِ **KWH**هر مبلغ جریمه محاسبه شده ، از طریق ضریب زیان نیز کم می باشد .اما از نظر هزینه های تولید، انتقال و توزیع برق، تحویل انرژی به بخش کشاورزی حتی گران تر از بخش صنعت تمام می شود .زیرا میانگین سطح ولتاژ تحویلی به مشترکین کشاورزی پایین تر و درنتیجه تلفات تا محل تحویل بیشتر است .

به هرحال بخش عمده ای از مشترکین کشاورزی از خازن و یا دست کم خازن کافی استفاده نمی کنند و هزینه ضریب قدرت نامناسب آنها به صورت اضافه تلفات به شبکه تحمیل می شود .این اضافه تلفات در ضریب قدرت ۰,۷ به ۵۰٪ می رسد.

۵-۵-۲ میزان مصرف بخش کشاورزی :

از نظر انرژی الکتریکی مصرفی، حدود ۱۲٪ مصرف سالانه کشور مربوط به بخش کشاورزی است، ولی از نظر مصرف در ساعات پیک بار و به ویژه ساعات پیک بار تابستان، این میزان حدود ۲۰٪ کل نیازمصرف معادل **4000 MW** می باشد .

اهمیت این موضوع باتوجه به طرح برق دارکردن چاه های کشاورزی افزایش می یابد :رشد تعداد مشترکین بخش کشاورزی در سال هشتاد ۱۷,۷٪ بوده و درمجموع ا ز ابتدای طرح نزدیک به **MW 1000**به دیماند مشترکین کشاورزی افزوده شده است که غالباً در پیک بار فعال هستند . باتوجه به اعتبار ۳۶۰ میلیارد ریالی تخصیص یافته برای ادامه طرح و تسریع برق دارشدن چاه های کشاورزی احتمال افزایش سهم بخش کشاورزی از پیک بار وجوددارد.

۵-۵-۳ میزان نیاز بخش کشاورزی به خازن :

اگرچه آمار دقیقی از درصد الکتروموتورهای دارای خازن در بخش کشاورزی وجود ندارد، ولی مشاهدات و قرائن از نقاط مختلف کشور (تهران، خراسان، لرستان، یزد و...) حاکی از آن است که اکثر الکتروموتورهای مذکور بدون خازن یا دارای خازن ناکافی هستند.

درصورتی که حتی ۲۵٪ از این موتورها نیاز به خازن نداشته باشند، باتوجه به ضریب قدرت حدود ۰,۷ و در موارد زیادی کمتر از این مقدار حدود**3000 MVAR** خازن برای جبران کامل بار راکتیو بخش کشاورزی برآورد می شود .باتوجه به اطلاعات تقریبی مبنای ، بررسی و نیز توصیه نصب خازن متناسب با ۹۰٪ جریان راکتیو بی باری الکتروموتور، تخمین نقصانی نیاز بخش کشاورزی حدود **2000MVAR** خازن می باشد .باتوجه به درصد طبیعی رشد بار و مدت زمان ۲ تا ۴ سال برای خرید و نصب کامل خازن های مذکور، حاشیه اطمینان میزان خرید نسبت به نیاز ذکرشده افزایش می یابد.

۴-۵-۵ هزینه خرید و نصب :

هزینه خرید هر **KVAR** خازن آماده نصب با کابل و درپوش برای بخش کشاورزی، درصورت خرید متمرکز، حدود ۱۲ هزار ریال و هزینه نصب و ثبت اطلاعات قبل و بعد از نصب به ازای هر**KVAR** حدود چهارهزار ریال برآورد می گردد .برمبنای این برآورد هزینه خرید و نصب**2000 MVAR** خازن حدود ۳۲ میلیارد ریال می باشد .باتوجه به توضیحات بند ۴ هزینه اضافی برای سوییچینگ خازن ها مورد نیاز نیست.

۵-۵-۵ توجیه اقتصادی :

ازآنجاکه عمده الکتروموتورهای مشترکین کشاورزی در ساعات اولیه شب در تابستان روشن هستند، ضریب همزمانی استفاده از خازن ها زیاداست . باتوجه به نتایج مشابه حاصله از کاهش تلفات ناشی از اجرای طرح خازن گذاری در شبکه های فشارضعیف هوایی برآوردمی شود با نصب**2000 MVAR**، خازن برای مشترکین کشاورزی ، حدود **400MW** از ظرفیت نامی تولید در ساعات پیک بار آزاد شود **0.2 KW/KVAR** ارزش معادل این ظرفیت برمبنای جدیدترین برآورد سازمان توانیر در آبان ۸۱ با احتساب هزینه های ثابت و متغیر خرید، نگهداری و تعمیر، سوخت و استهلاک و ... حدود ۳۱۶۰ میلیارد

ریال است :در مرجع [7] بهای ظرفیت تولید با لحاظ نمودن کلیه شاخص ها در سطح ولتاژ انتقال حدود **1400$/KW** محاسبه شده است . باتوجه به توضیحات بند۳ بهای ظرفیت نامی متناظر نیروگاهی حدود **930$/KW** و ارزش **400MW** ظرفیت نامی برمبنای هر دلار حدود ۸۵۰۰ ریال، حدود ۳۱۶۰ میلیارد ریال می باشد.

به بیان دیگر حتی خرید و نصب رایگان خازن ها با هزینه حدود ۳۲ میلیاردریال، حدود ۱۰۰ مرتبه ارزا نتر از توسعه تأسیسات تولید برای تأمین ظرفیت متناسب با بهره برداری نامناسب بخش کشاورزی است . درصورتی که ارزش ظرفیت آزادشده شبکه برق رسانی، انرژی الکتریکی تلف نشده و همچنین کاهش خسارات زیست محیطی ناشی از کاهش تولید متناظر با تلفات منظور شود، ارزش اقتصادی ذکر شده بیش از این میزان افزایش می یابد.

۵-۵-۶ مزایای فنی برای مشترکین کشاورزی :

بهبود ولتاژ، افزایش عمر مفید الکتروموتور و تجهیزات جانبی از اجرای طرح حاصل می شود .این مطلب می تواند به صورت خلاصه در قالب یک بروشور هنگام نصب خازن به مشترکین ارائه شود.

۵-۵-۷ نحوه واگذاری :

در این بخش سه روش رایج واگذاری توضیح داده می شوند .از نظر اجرایی، روش پیشنهادی اصلی این مزیت را دارد که اجرای طرح منوط ب ه تفهیم مطلب و مراجعه مشترکین برا ی خرید خاز نها نخواهد بود و از طریق گرو ههای حرف های و با سرعت، قابل اجرا است. ب هبیان خلاصه هم از نظر دقت نصب و سرعت اجرا و هم از نظر سودآوری قاب ل ملاحظ ه ملیِ طرح، روش پیشنهادی اصلی موردنظر می باشد.

۵-۵-۷-۱ روش پیشنهادی اصلی، خرید و نصب رایگان :

باتوجه به سودآوری فوق العاده طرح از نظر کاهش تلفات و آزادسازی ظرفیت از دید ملی، پیشنهاد می شود از اعتبارات موافقت نامه اصلاح و بهینه سازی شبکه های توزیع(ردیف ویژه منظور شده برای نصب خازن) برای خرید و نصب رایگان این خازن ها اقدام شود. می توان شکل و ترکیب ترمینال خازن ها را به گونه ای ساخت که موارد خاص امکان سرقت یا فروش آنها به حداقل برسد .در تجربه طرح خازن گذاری در شبکه های فشارضعیف شکل خازن، برچسب ، کابل های تثبیت شده و درپوش غیرقابل تعویض آن به گونه ای بوده که موارد معدود خازن های ارائه شده به بازار برای فروش، به سرعت شناسایی شده است.

۵-۵-۷-۲ گزینه دوم، خرید و نصب با بهای مخفف :

درصورتی که امکان نصب رایگان وجود نداشته باشد، پیشنهاد می شود بخشی از هزینه مذکور از طریق اعتبار موافقت نامه های اصلاح و بهینه سازی برای نصب خازن لحاظ شده، فروش و نصب با بهای یارانه ای انجام گردد.

۵-۵-۷-۳ گزینه سوم، خرید و نصب با بهای خرید متمرکز :

درصورتی که هیچ یک از دو حالت فوق امکان نداشته باشد، صرف خرید متمرکز و فروش و نصب بدون واسطه و با ضمانت نیز می تواند انگیزه ای به مراتب قوی تر از گذشته برای کشاورزان جهت خرید خازن ایجاد ک ند .به بیان دیگر فروش مستقیم و بدون یارانه خازن های خرید متمرکز با بهای حدود نصف بازار خرده فروشی، از طریق صنعت برق، جذابیت اقتصادی و اعتماد فنی و اجرایی برای مصرف کنندگان ایجاد می کند.

۵-۶ : جبران بار راکتیو مشترکین صنعتی کوچک و متوسط و مشترکین بدون کنتور راکتیو

۵-۶-۱ میزان نیاز بخش صنعت به خازن :

حدود یک سوم مصرف سالانه انرژی الکتریکی و یک پنجم پیک بار کشور مربوط به صنایع است .عمده بار صنعتی را موتورهای الکتریکی تشکیل می دهند برای مشترکین صنعتی کمتر از **30 KW** غالباً کنتور راکتیو نصب نمی شود و بخش قابل ملا حظه ای از مشترکین دیماندی بیش از **30 KW** نیز به دلیل مسائل اندازه گیری(کمبود کنتور)، هزینه ای(اندک بودن جریمه راکتیو و تجسم) هزینه های سنگین تابلوهای خازنی و یا نداشتن دانش فنی کافی اقدام به نصب خازن نکرده اند .همچنین باتوجه به ضریب قدرت نه چندان مطلو ب ملاک جریمه (۰,۹) مشترکین می توانند بدون پرداخت جریمه حدود ۲۰٪ اضافه تلفات برای تأمین انرژی حتی با فرض ضریب قدرت میانگین ۰,۸الکتریکی برای حدود **2000MW** از بار صنعتی مشترکین کوچک و متوسط **1500MVAR**بار راکتیو **1000MVAR** خازن برای رسیدن به ضریب۰,۹۷ قدرت مورد نیاز خود به شبکه تحمیل کنند نسبت چهار به یک توان اکتیو ،به راکتیو در سطح مصرفو با ۶٪ اضافه تلفات نسبت به حالت آرمانی، نیاز می باشد.

متأسفانه آمار منتشرشده جامعی درمورد بار راکتیو بخش صنعت وجود ندارد . در یک بررسی نمونه در استان یزد، نسبت انرژی مورد نیاز اکتیو و راکتیو مشترکین صنعتی با دیماند کمتر از **10MW**در ۸ ماهه اول سال ۱۳۸۱ ، حدود ۱,۷۶ بوده است اما نسبت مبلغ پرداختی بابت انرژی اکتیو و راکتیو ۳۴ برابر بوده است به بیان دیگر برای مشترکین در مجموع هزینه ها، نسبت نیاز به توان راکتیو چندان ملموس نیست.

۵-۶-۲ هزینه خرید و نصب :

باتوجه به توضیحات قبل هزینه خرید و نصب **1000 MVAR**خازن حدود ۱۶ میلیارد ریال برآورد می شود . همانطور که توضیح داده شد، صرفاً هزینه خازن بدون تجهیزات سوییچینگ لحاظ می شود.

۵-۶-۳ توجیه اقتصادی :

باتوجه به نتایج مشابه حاصل از اجرای طرح خازن گذاری در شبکه های فشارضعیف هوایی، برآورد می شود با نصب**1000MVAR** خازن برای مشترکین صنعتی، حدود **200 MW** از ظرفیت نامی نیروگاه ها در ساعات پیک بار قابل آزادسازی باشد حدود ۱۵۸۰ میلیاردریال و حدود ۱۰۰ مرتبه بیشتر از هزینه خرید و نصب ارزش معادل این ظرفیت باتوجه به توضیحات رایگان خازن ها می باشد .درصورتی که ارزش انرژی الکتریکی تلف نشده پس از نصب خاز ن و همچنین کاهش خسارات زیست محیطی ناشی از کاهش تولید برای تأمین تلفات منظور شود، ارزش اقتصادی ذکر شده بیش از این میزان افزایش می یابد.

۵-۶-۴ علل فقدان انگیزه مشترکین صنعتی غیردیماندی و زمینه های مثبت:

با احتساب ضریب محاسباتی۱,۸ برای ۴ ساعت پیک بار برای مشترکین صنعتی غیردیماندی، کمتر از **30KW** میانگین بهای هر **KWH** حدود ۲۰۰ ریال و در تابستان حدود ۲۴۰ است .با افزایش سطح ولتاژ تحویل، بهای انرژی الکتریکی کاهش می یابد ولی به طور میانگین می توان برای مشترکین صنعتی دیماندی بهای حدود ۱۵۰ ریال برای هر **KWH** را درنظر گرفت . متأسفانه اکثر مشترکین غیردیماندی به دلیل نداشتن کنتور راکتیو، انگیزه ای برای نصب خازن ندارند .

در یک بررسی نمونه در کارگاهی نساجی در شهر یزد، مشترک غیردیماندی با وجود پرداخت قبوض برق در حد ماهانه ۵ تا ۶ میلیون ریال، به دلیل نداشتن کنتور راکتیو، از

الکتروموتورهایی با ضریب قدرت حدود ۰,۷ استفاده می نمود .پیشنهاد می شود نصب کنتور راکتیو برای مشت رکین صنعتی به طورعام مدنظر قرار گیرد .همچنین پیشنهاد م یشود ضمن فراهم سازی زمینه

فروش خازن های خرید متمرکز به صنایع، اعم از فروش ارزان تر و یا فروش با همان قیمت خرید متمرکز، روش های مناسب نصب خازن به ویژه استفاده از خازن های موضعی در نزدیکترین نقطه به محل مصرف طی بروشورها و جزواتی تشریح شود.

به طورکلی درصورت تشریح مزایا و مدت کوتاه بازگشت سرمایه خازن گذاری، در بخش صنعت توان مالی و انگیزه به کارگیری خازن ها به مراتب بیش از بخش کشاورزی است.

۵-۶-۵ مزایای فنی برای مشترکین صنعتی :

بهبود ولتاژ و افزایش عمر مف ید الکتروموتور و تجهیزات جانبی از اجرای طرح حاصل می شود .این مطلب می تواند به صورت خلاصه در قالب یک بروشور هنگام نصب خازن به مشترکین ارائه شود .باتوجه به امکان سوییچینگ مستقیم خازن های مذکور هنگامی که به صورت موضعی در کنار موتورهای الکتریکی نصب شوند، علاو ه بر مزیت اقتصادی چشمگیر نسبت به هزینه تابلوهای خازنی چند برابر بهای خازن باتوجه به رگولاتورها و تجهیزات جانبی دیگر مزایای فنیِ بیشترین میزان کاهش تلفات و آزادسازی ظرفیت تجهیزات جانبی، تأثیر بسیار کمتر در افزایش هارمونیک ها و نیز جریان هجومی بسیار کمتر خازن ها به دلیل پراکندگی ظرفیت های کوچک خازنی نسبت به بانک های خازنی، حاصل می شود .به طورکلی استفاده از بانک های خازنی و همچنین مشکلات فنی مربوط به آن، در بخش صنعت به مراتب بیشتر از بخش کشاورزی و اطلاع رسانی و فرهنگ سازی شیوه های صحیح استفاده از خازن بسیار ضروری تر است.

۵-۶-۶ نحوه واگذاری :

درمورد نحوه واگذاری خازن ها برای مشترکین صنعتی نیز قابل بررسی است .طبیعتاً باتوجه به وضعیت - گزینه های پیشنهادی مالی مشترکین صنعتی درمقایسه با مشترکین کشاورزی، فروش بدون یارانه ولی

بدون واسطه تجهیزات خریداری شد ه از طریق خرید متمرکز به مصرف کنندگان، شبیه به یک یارانه قابل ملاحظه می باشد .علاوه بر این تضمین کیفیت و گارانتی۵ ساله خازن های یادشده، از طریق خرید متمرکز شرکت های برق منطقه ای قابل تأمین است و خود موجب جذابیت بیشتر برای مشترکین مذکور خواهد بود.

تحویل رایگان(فرضاً برای مشترکین غیردیماندی) با یارانه و حتی فروش ازطریق صنعت برق، نوعی اطمینان از کیفیت و لزوم استفاده از خازن را برای صنایع، القا می کند.

۵-۷ : نتیجه گیری

نصب خازن برای جبران بار راکتیو مشترکین کم انگیزه حتی به صورت رایگان کاملاً برای صنعت برق توجیه اقتصادی دارد . ارزش معادل ظرفیت نامی تولید آزادشده حدود ۱۰۰ برابر هزینه خازن گذاری برای این مشترکین می باشد .ممکن است به دلایل اجرایی، نصب رایگان به مصلحت نباشد، از این رو دو گزینه خرید و نصب با بهای نزدیک به رایگان و خرید و نصب با بهای خرید متمرکز نیز ارائه شده اند .هر سه گزینه کاملاً در جهت منافع اقتصادی صنعت برق می باشد .درکنار مزایای اقتصادی، فرهنگ سازی شیوه های صحیح استفاده از خازن های موضعی بدون تجهیزات سوییچینگ مجزا به جای بانک های خازنی و خازن های سوییچ شونده مستقل باتوجه به مزایای فنی متعدد و مسائل نگهداری و مشکلات جانبی به مراتب کمتر، ضروری می باشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ششم :

بررسی اثرات منفی خازن گذاری

در شبکه های توزیع

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

خلاصه :

استفاده از بانک های خازنی در شبکه های توزیع انرژی الکتریکی ، با توجه به اهداف مختلفی انجام می پذیرد . اهدافی که چندان مستقل از هم نیستند و در مجموع ، اثرات مثبت خازن گذاری را توجیه می کنند . حضور و یا کلید زنی بانک های خازنی عامل ایجاد یا تشدید کننده برخی از اغتشاشات در شبکه است که در شرایطی می تواند شبکه را متحمل اختلالات اساسی نماید و بر این اساس و با توجه به اهمیت مسئله کیفیت توان در سیستم ها ، لازم خواهد بود تا در کنار تاثیرات مثبت خازن گذاری در شبکه ها ، توجه لازم و کافی به اثرات منفی موضوع انجام پذیرفته ، شبیه سازی های مختلف انجام شده ، شرایط بحرانی تحلیل و تمهیدات لازم در نظر گرفته شود.

۱-۶ : مقدمه

استفاده از خازن در شبکه های برق و در رده های ولتاژی مختلف ، موضوع جدیدی نیست ، اما با نگاهی به آنچه به سبب نصب و استفاده از خازن ها در شبکه رخ می دهد ، می توان به نتایج با ارزش و قابل بحثی دست یافت . خازن ها در کنار نقش های حیاتی خود در شبکه ، دارای آثار سوء چندی نیز می باشند که در برخی موارد به هیچ عنوان قابل اغماض نمی باشد . در این مقاله ضمن اشاره ای مختصر به اهم اثرات مثبت استفاده از خازن ها در سیستم های توزیع ، به تاثیرات و تبعات منفی موضوع و

مسایل مربوط به کیفیت توان پرداخته می شود . لازم به تاکید است که جهت تحلیل بهتر مسایل موجود ، شبیه سازی های مختلفی به کمک نرم افزار **PSCAD-EMTDC** انجام گرفته است .

در گذشته های نه چندان دور ، بسیاری از اتفاقات روی می داد ، قطعی هایی در سیستم برق رسانی و خرابی ها در تجهیزات رخ می داد بدون آنکه به طور دقیق از علت یا علل آن آگاهی حاصل گردد و نسبت به رفع ایراد و حل اساسی مسئله اقدام گردد . از جمله مهمترین این مسائل که امروزه اشراف بیشتری بر جوانب آن وجود دارد ، می توان به اضافه ولتاژهای دائم ناشی از نصب خازن ، افزایش جریان اتصال کوتاه شبکه به هنگام بروز اتصال کوتاه ، برخی اضافه ولتاژهای موقت ، اغتشاش های هارمونیکی ، اعوجاج های جریانی و ولتاژی و برخی اضافه ولتاژهای گذرا اشاره نمود که البته در غالب موارد ، چندان مستقل از هم نیستند .

لازم به توضیح و تاکید است که با توجه به محدودیت حجم مقاله ، از ذکر بسیاری مطالب که در جای خود می توانند حائز اهمیت باشند صرفه نظر گردیده است که از جمله مهمترین آنها ، برخی راهکارها و تمهیدات در زمینه آثار سوء و بررسی تحلیل وار عوامل تاثیر گذار بر اغتشاشات مربوطه و بسیاری شبیه سازی ها می باشد و در کل سعی بر این است که تنها به معرفی و تحلیل کلی آثار سوء استفاده از بانک های خازنی در شبکه توزیع پرداخته شود . ضریبی تحت عنوان ضریب نفوذ خازن در شبکه ، می تواند مشخص سازد که در جهت اصلاح پارامترهای مختلفی از شبکه ، تا چه اندازه می توان از بانک خازنی بهره گرفت .

۶-۲ : ضرورت بهره گیری از خازن ها

۶-۲-۱ تامین توان راکتیو :

تولید توان راکتیو از دو طریق کلی میتواند انجام پذیرد :

۱- توسط نیروگاه ها در بخش تولید ۲- توسط خازن ها ، جبران سازهای سنکرون و کندانسورهای سنکرون در بخش توزیع و انتقال . وجود منابع توان راکتیو در نزدیکی مصارف مربوطه ، علاوه بر کاهش هزینه ، از ظرفیت شبکه و تلفات نیز می کاهد . بهره گیری از بانک های خازنی موجب آزاد شدن ظرفیت نیروگاه ها و خطوط شده و توانایی تولید توان اکتیو توسط ژنراتورها و انتقال آن توسط رده های بالای ولتاژی را افزایش می دهد . به طور کلی نکاتی را که لازم است در انتخاب منابع جبران توان راکتیو در نظر داشت ، می توان به صورت زیر لیست نمود :

۱- قابلیت اطمینان تجهیزات

۲- عمر احتمالی

۳- هزینه های (خرید ، نصب و نگهداری)

۴- مدت زمان لازم برای نصب و راه اندازی و نیز سهولت نصب و بهره برداری

هر کدام از روش های تولید توان راکتیو دارای نقاط قوت و ضعف خاص خود بوده و در شرایطی می توانند در اولویت انتخاب قرار گیرند ؛ اما در کل ، بررسی ها و تجهیزات نشان می دهد که خازن های استاتیکی دارای هزینه های اولیه و نگهداری کمتری بوده ، راندمان بالایی داشته ، فشرده و قال اطمینان بوده ، تلفات کمی داشته ، به راحتی نصب شده و در شرایطی دارای قابلیت اتوماتیک شدن می باشند و به طور کلی در حالت گسترده در سطوح پایین تر ولتاژ مطلوب تر به نظر می رسند .

۲-۲-۶ خازن ها در شبکه های توزیع :

خازن سری ، به صورت سری در مدار قرار می گیرد . می دانیم که اثر اصلی یک خازن سری ، کاهش و یا حذف افت ولتاژ ناشی از راکتانس سلفی خط می باشد . خازن های سری دارای کاربرد محدود آن هم در رده های بالای ولتاژ (خطوط انتقال) می باشند .

خازن موازی که به موازات مصرف کنندگان نصب می شوند ، در سیستمهای توزیع کاربرد گسترده ای دارند .

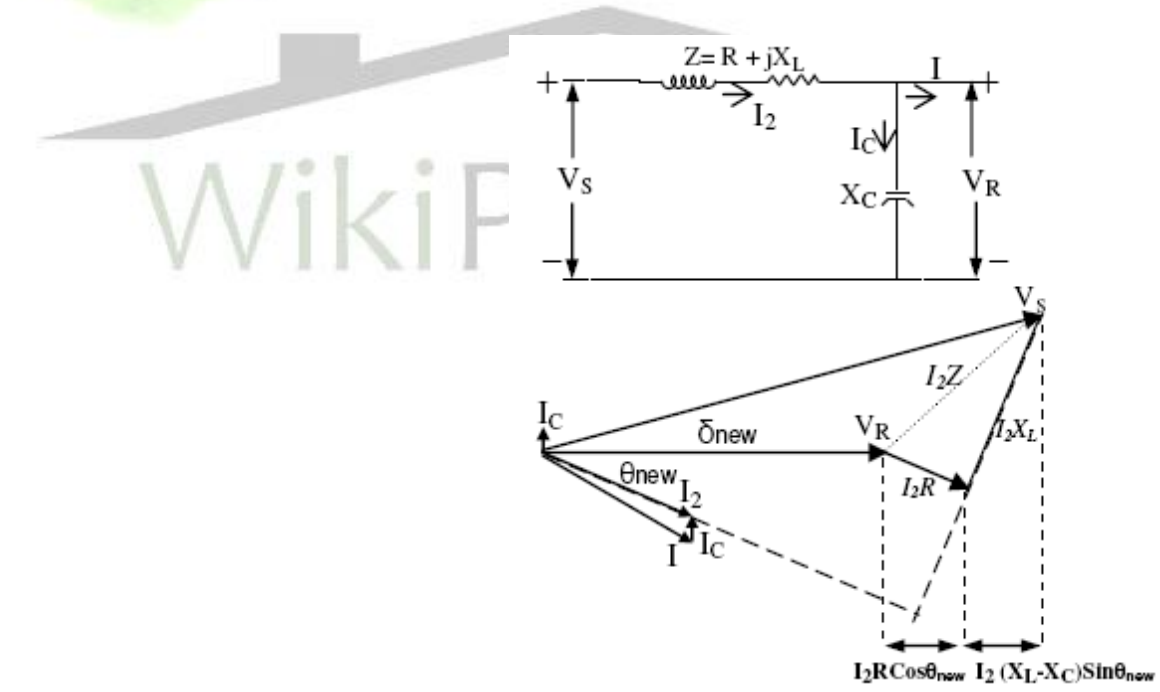
همان گونه که در شکل (۱) نیز نشان داده شده است ، نصب خازن در طول یک فیدر توزیع ، اندازه جریان منبع را کاهش می دهد ، ضریب قدرت را اصلاح می کند و در نتیجه ، افت ولتاژ فیدر را کاهش می دهد .

با توجه به شکل (۱) ، افت ولتاژ در یک فیدر توزیع ، از رابطه زیر بدست می آید :

$$\Delta V = I_R R + I_X . X_L \qquad (۱)$$

که I_R و I_X ، به ترتیب مولفه های اکتیو و راکتیو جریان بار می باشند :

$$I_X = I_* Sin\ \theta \quad \& \quad I_R = I_* Cos\ \theta \qquad (۲)$$



شکل (۱) : دیاگرام برداری ولتاژ در یک فیدر با بار پس فاز و خازن موازی منصوبه آن

پس از نصب یک خازن در انتهای فیدر ، افت ولتاژ را می توان از رابطه زیر بدست آورد :

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\Delta V = I_R * R + (I_X - I_C) * X_L \qquad (۳)$$

در این رابطه I_C ، جریان خازن می باشد و در نتیجه ، افزایش ولتاژ ناشی از نصب خازن **(ΔV_C)** را می توان به صورت رابطه (۴) بیان کرد :

$$\Delta V_C = I_C * X_L \qquad (۴)$$

استفاده از بانک های خازنی در سیستم های توزیع انرژی الکتریکی ، می تواند با اهداف مختلفی انجام پذیرد و در عین حال ، با توجه به محل نصب خازن ، شرایط نصب و اندازه آن ها ، نتایج و پیامدهای متفاوتی داشته باشد . به طور عموم ، کاربردها و اثرات مثبت خازن گذاری را می توان به صورت زیر لیست نمود :

۱) تامین ولت آمپر راکتیو **(VAR)**

۲) افزایش ظرفیت سیستم (آزاد سازی ظرفیت)

۳) کاهش تلفات سیستم

۴) اصلاح ضریب قدرت الکتریکی

۵) اصلاح پروفیل حالت دایم ولتاژ

۶) متعادل سازی سه فاز در یک فیدر (با بهره گیری از بانک های خازنی تک فاز)

علی رغم این که نصب بانک (های) خازنی ، تمامی تاثیرات را به صورت توام به همراه دارد ، اما اندازه و محل اولیه بانک خازنی (بدون اعمال محدودیت ها) ، وابسته به تابع هدف اصلی تعریف شده می باشد که این تابع هدف می تواند هر کدام و یا چندین مورد از موارد مطرح شده فوق باشد . به طور عموم ، توابع هدف اصلی که برای بهره گیری از بانک های خازنی در کشور ما مطرح می باشند ، اصلاح پروفیل حالت

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دایم ولتاژ بارهای انتهایی فیدر و آزاد سازی ظرفیت فیدر و کاهش تلفات می باشند که بسته به نوع و شرایط فیدر و بارهای موجود ، هر کدام از موارد فوق می تواند اهمیت خاص خود را داشته باشد .

۶-۳ : بررسی اثرات سوء خازن گذاری در سیستم های توزیع انرژی الکتریکی

۶-۳-۱ کیفیت توان در ارتباط با کاربرد خازن :

استاندارد صنعت برق ایران تعریف زیر را برای کیفیت برق برگزیده است :

" هر گونه تغییرات در کیفیت های ولتاژ ، جریان و فرکانس که سبب خرابی و یا عملکرد نادرست تجهیزات مصرف کننده گردد گ

به عبارت دیگر واژه کیفیت برق به معنی ارائه برق با ولتاژ ، جریان و فرکانس مجاز است ، به طوری که نیازهای استاندارد صنعت برق کشور را تامین کند و برق مورد نیاز مشترکین را با مشخصات مناسب برآورده سازد . تعریف ذکر شده ، می تواند این مفهوم اساسی را در بحث استفاده از بانک های خازنی روشن سازد که :

چنانچه استفاده از بانک های خازنی ، عامل اختلال (خرابی یا عملکرد نادرست) در تجهیزات شبکه یا مصرف کنندگان گردد ، با مسائل کیفیت توان در ارتباط با خازن گذاری و حضور بانک های خازنی روبرو خواهیم بود و در واقع ، در این مقاله سعی می گردد این مسائل مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد . ابتدا به بیان چندی از مفاهیم مقدماتی پرداخته خواهد شد .

۱- گذراها

واژه گذراها به پدیده هایی گفته می شود که نامطلوب هستند ولی طبیعتی لحظه ای دارند . از نظر کلی می توان گذراها را به دو دسته ضربه ای و نوسانی تقسیم کرد . این واژه ها شکل موج گذرای یک جریان یا ولتاژ را توصیف می کنند . یک گذرای نوسانی ، تغییر ناگهانی با فرکانسی غیر از فرکانس قدرت در حالت مانای ولتاژ ، جریان و یا هر دو آنهاست که هر دو پلاریته مثبت و منفی را دارا می باشند .

گذرای نوسانی بر حسب فرکانس به سه نوع فرکانس بالا (با مولفه های فرکانسی بالاتر از **500kHz** و تداوم زمانی میکرو ثانیه) ، متوسط (با مولفه فرکانسی بین ۵ تا ۵۰۰ کیلو هرتز با تداوم چند ده میکرو ثانیه) و کم (مولفه اصلی فرکانس آن کمتر از **5kHz** و تداوم ۰/۳ تا ۳ میلی ثانیه) تقسیم شده است . گذرای نوسانی فرکانس بالا ناشی از پاسخ سیستم محلی به یک گذرای ضربه ای می باشد . گذرای نوسانی فرکانس پایین به طور متناوب در سیستم های فوق توزیع و توزیع مشاهده می شود و در کل ، به موجب پدیده فرو رزونانس و انرژی دار کردن ترانسفورماتورها به وجود می آیند .

۲- تغییرات کوتاه مدت

این گروه در دسته بندی فرورفتگی های ولتاژ و قطعی های کوتاه مدت **IEC** جای می گیرند . تغییرات ولتاژ کوتاه مدت اغلب به علت شرایط اتصال کوتاه ، انرژی دار کردن بارهای بزرگ که محتاج جریان راه اندازی زیاد می باشند و کلید زنی بانک های خازنی بزرگ و یا به علت عدم اتصال محکم سیم بندی قدرت به وجود می آیند و خود بر دو نوع اصلی می باشند :

- کمبود ولتاژ کوتاه مدت
- بیشبود ولتاژ کوتاه مدت . وقوع هر یک از موارد فوق بسته به رخداد مورد نظر و محل آن می باشد.

۳- تغییرات بلند مدت ولتاژ

تغییرات بلند مدت ، هر گونه تغییر در مقدار موثر ولتاژ در فرکانس نامی برای زمان بیشتر از یک دقیقه را شامل می شود و می تواند به صورت اضافه ولتاژ و یا کاهش ولتاژ باشد که رخداد هر کدام بستگی به عوامل ایجاد کننده آن دارد و بر دو نوع اصلی می باشند :

- اضافه ولتاژ بلند مدت
- اضافه ولتاژهای بلند مدت

تغییرات بلند مدت ولتاژ می توانند در نتیجه کلید زنی بارهای بزرگ یا تغییرات جبران کننده های راکتیو موجود در سیستم و همچنین تنظیم نامناسب تپ ترانسفورماتورها بوجود آیند .

۴- اغتشاشات شکل موج

اعوجاج شکل موج در حالت مانا ، عبارت است از انحراف از یک موج سینوسی در فرکانس نامی که توسط محتوای طیفی آن موج مشخص می گردد . انواع اعوجاج های افست **dc** ، هارمونیک ، میان هارمونیک ، شکاف و نویز را میتوان در شکل موج تشخیص داد .

WikiPower.ir

۲-۳-۶ بررسی کلی اثرات سوء استفاده از بانک های خازنی و شبیه سازی در نرم افزار **PSCAD-EMTDC** :

اثرات سوء ناشی از کاربرد بانک های خازنی را می توان در وضعیت های مختلف بانک خازنی در شبکه بررسی نمود :

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

الف – زمانی که تغییری در اندازه بانک خازنی موجود (برقدار) در مدار صورت می گیرد . این شرایط مربوط به زمانی خواهد بود که یک بانک خازنی وارد مدار (برقدار) شده و یا از مدار خارج می گردد یا تغییری در اندازه یک بانک خازنی با ظرفیت چندگانه ایجاد می گردد ، در این شرایط میتوان اثرات زیر را بررسی نمود :

۱- جریان های **Inrush** به هنگام برقدار نمودن بانک خازنی یا افزایش آن

۲- گذراهای نوسانی ناشی از سوئیچینگ پشت به پشت بانک های خازنی

۳- گذرای نوع افزایش ولتاژ

۴- تاثیر بر وقوع و شدت رزونانس و فرو رزونانس

ب – زمانی که بانک خازنی در مدار قرار گرفته و در شرایط کاری ماندگار خود است .در این وضعیت ، اثرات سوء مختلفی بررسی خواهند بود از جمله :

۱- ایجاد افزایش در پروفیل دایم ولتاژ به هنگام کاهش بار

۲- جریان های **Outrush** و افزایش شدت جریان های اتصال کوتاه

۳- افزایش ولتاژ گذرا

۴- ولتاژ استقرار برگشتی دو سر کلید قدرت

۵- تاثیر بر وقوع و شدت رزونانس و فرو رزونانس

در ادامه ، تنها به طرح و معرفی اثرات فوق پرداخته شده و برخی آثار سوء و آسیب های ناشی از هر کدام مطرح می گردند . جهت بیان روابط تئوریک از مدار و شبکه های نمونه ساده (شکل(۲)) استفاده شده است . البته با توجه به تعدد عناوین و محدودیت حجم مطالب لاجرم به صورت خلاصه تر به هر کدام اشاره خواهد شد .

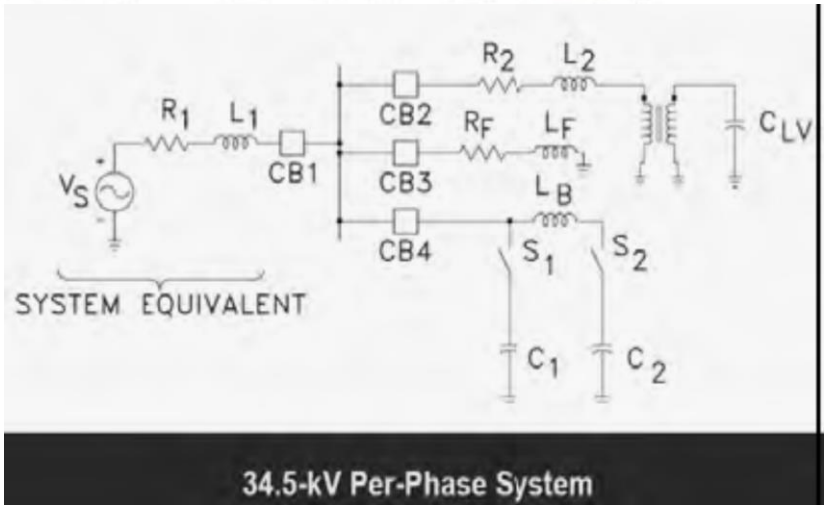
۳-۳-۶ جریان **Inrush** ناشی از افزوده شدن بانک ها :

عمده مسائل کیفیت توان ناشی از به کار گیری خازن ، به گذراهای پدید آمده از کلید زنی بانک های خازنی مربوط می شود . به دلیل عدم توانایی خازن به تغییر لحظه ای ولتاژ ، انرژی دهی به یک بانک خازنی ، ممکن است موجب افت ولتاژ تا حتی حدود صفر گردد که این مسئله ، با افزایش شارژ خازن جبران می شود . مرحله مذکور ، در اصطلاح **over shoot** نامیده می شود و با عبور از این مرحله ، وارد مرحله نوسانی نشأت گرفته از ولتاژ گذرا می شویم . در حالت ایده آل ، برای یک تغییر پله ای ولتاژ در خازن ، جریان هجومی **i** لازم است که از رابطه (۵) به دست می آید :

$$i = C(du/dt) \qquad (۵)$$

در نمودار (۲) ، با فرض حالتی که **CB1** و **CB4** بسته بوده و بانک خازنی **C1** با بسته شدن **S1** برقدار شود ، مدار عملی ایجاد شده شامل منع تونني می باشد که با **C1** سری می باشد و با فرض نادیده گرفتن مقاومت اهمی سیستم ، برای جزء طبیعی پاسخ جریان هجومی به طور تقریبی روابط (۶) و (۷) را خواهیم داشت.

WikiPower.ir



شکل (۲) مدار نمونه با ولتاژ موثر فاز به فاز ۳۴/۵ کیلوولت

$$i(t) = \frac{V(0)}{Z(0)} \sin \omega_0 t \qquad (۶)$$

$$Z(0) = \sqrt{\frac{L}{C_1}} \text{ و } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_1}} \qquad (۷)$$

در رابطه (۶) ، **V(0)** ، اختلاف ولتاژ لحظه ای بین منبع ولتاژ تغذیه و ولتاژ اولیه خازن می باشد. بانک های خازنی سطوح ولتاژ بالاتر دارای انرژی ذخیره بالاتر ، نسبت **X / R** بیشتر بوده و میرایی کمتر خواهد بود ، این مسئله ، نگرانی ها و توجهات بیشتری را موجب می گردد و این در حالی است که با توجه به مشخصه الکتریکی سیستم و ماهیت بارها در رده های پایین تر ولتاژ شدت وقوع کمتر می باشد و انجام محاسبات پیچیدگی های خاص خود را خواهد داشت.

با توجه به این که معمولاً پیک دامنه ها ، پایین تر از سطح حفاظتی شرکتهای برق – مثل برق گیرها – می باشد ، اضافه ولتاژهای ایجاد شده موجب عملکرد سیستم حفاظتی نشده و عملاً موجب نگرانی شرکت های برق نیز می باشند . در حالی که در فرکانس های پایین ع این گذراها از ترانسفورماتورهای کاهنده عبور کرده و به بارهای مصرف کننده ها می رسند . این اضافه ولتاژهای رسیده به سمت فشار ضعیف ، می تواند عامل ایجاد آثار سوء چندی باشد از جمله ک

- جریان های هجومی گذرا در فیدرهای تغذیه کننده و تاثیر بر عملکرد کلیدهای مربوطه
- آسیب تجهیزات مصرف کنندگان همچون اشکال در شبکه های حساس کامپیوتری

۶-۳-۴ گذراهای نوسانی ناشی از کلید زنی پشت به

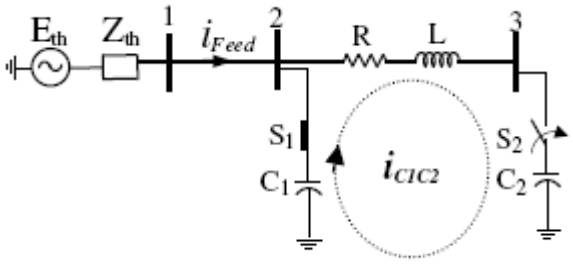
پشت بانک های خازنی :

برقدار نمودن یک بانک خازنی در حالی که بانک خازنی دیگری در نزدیکی آن مدار است ، کلیدزنی پشت به پشت خوانده می شود . دقت داریم که تفاوت اساسی این حالت کلید زنی با حالت معمولی در فاصله الکتریکی بانک خازنی با بانک (های) دیگر می باشد .

بارزترین وضعیت برای کلیدزنی پشت به پشت را می توان در حالت اضافه نمودن بانک خازنی جدید در مجاورت بانک دیگر یا افزایش پله بانک های خازنی چند ظرفیتی در نظر گرفت . همان گونه که در شکل (۴) نیز مشخص می باشد ، در این حالت از کلیدزنی با دو اغتشاش مواجه هستیم :

۱- جریان گذرای **Inrush** فیدری که بانکها به آن متصلند که اساساً تفاوتی با وضعیت کلیدزنی معمول نخواهد داشت **(iFeed)** .

۲- گذرایی که در تعامل بانک های خازنی بوجود می آید و در مسیر خود از تجهیزات واقع در حد واصل بانک خازنی با بانک های مجاور می گذرد و عملاً همین گذرا است . که به عنوان گذرای کلیدزنی پشت به پشت مورد توجه می باشد **(iC1 C2)** .



شکل (۳) : مسیر گذراهای کلیدزنی پشت به پشت

در شکل (۳) به سادگی می توان گذراهای مذکور را ملاحظه نمود . دقت داریم که عامل میراساز جریان **iC1 C2** مقاومت موجود در حلقه مربوطه می باشد .

زمانی که بانک خازنی **C1** در حالت ماندگار بهره برداری خود است ، کلید **S2** بسته می شود . جریان های هجومی وارده به **C2** ، گذرایی فرکانس بالا می باشد که در لحظه ای که **S2** بسته است ، با ولتاژ **V(0)** ، به **C1** جریان می یابد .

بیان پیشروی وگردش جریان گذرای فرکانس بالا در حالت ماندگار فرکانس سیستم برای شبکه نمونه شکل (۲) ، طبق روابط (۷) و (۸) خواهد بود .

$$i_{C1C2}=\frac{V(0)}{Z_{01}}\sin\omega_{01}t$$

$$Z(0)=\sqrt{\frac{L_B}{C_{EQ}}}\text{ و }\omega_0=\frac{1}{\sqrt{L_BC_{EQ}}}\text{ و }C_{EQ}=\frac{C_1*C_2}{C_1+C_2}$$

با توجه به تحلیل های انجام گرفته نتایج زیر قابل ذکر می باشد :

۱- وجود مشخصه اهمی در فاصله الکتریکی دو بانک خازنی تاثیری در دامنه اغتشاش ایجاد شده ندارد و عملاً تنها عامل میرا ساز و کاهنده شدید زمان استقرار اعوجاج می باشد .

۲- عامل تعیین کننده دامنه اغتشاش ، اختلاف ولتاژ بانک های خازنی در لحظه کلیدزنی و مشخصه سلفی می باشد .

۳- هر چه مشخصه سلفی بین دو بانک خازنی بیشتر باشد فرکانس نوسان پایین خواهد آمد.

اعوجاج ایجاد شده ناشی از برقدار شدن پشت به پشت بانک های خازنی در بخش اصلی فیدر ، کاملاً ناشی از جریان **Inrush** بوده و اعوجاج پشت به پشت تنها در مسیرهای بانک خازنی می باشد و واضح است که این تاثیر در مدارهای مشتمل بر بانک های خازنی دورتر بسیار کمتر می گردد .

آثار سوءی که اغتشاشات پشت به پشت می تواند به دنبال داشته باشد ، بسیار متاثر از دامنه آن و مدت زمان استقرار آن می باشد :

- کاهش عمر بانک های خازنی
- تاثیر بر عملکرد رله ها و تجهیزات منصوبه در مسیر اغتشاشات

۵-۳-۶ گذرای نوع افزایش ولتاژ :

این گذرا ، به نوبه خود ، همچون افزایش ولتاژی است که به هنگام برقدار شدن بانک خازنی ، ایجاد می گردد .

سناریوی رایج ، تعامل میان یک بانک خازنی در سطح توزیع و بانک خازنی دیگر در سیستم انتقال (در کل در رده های بالاتر از سطح توزیع) می باشد .

افزایش ولتاژ (به عنوان نوعی از گذرا) زمانی اتفاق می افتد که نوسان گذرایی که به علت برقدار شدن بانک خازنی بوجود آمده است ، موجب تحریک یک مدار سری رزونانس ایجاد شده در سیستم فشار ضعیف گردد ، نتیجه ، اضافه ولتاژ بالاتری در شینه فشار ضعیف می باشد .

جهت شبیه سازی این حالت در سیستم توزیع فشارقوی نمونه ، کلید **CB2** را در حالی که **C1** هنوز در مدار است ، می بندیم . اگر فرکانس طبیعی **L1** و **C1** با فرکانس طبیعی **L2** و بانک خازنی توزیع **(CLV)** یکی گردد ، افزایش ولتاژ می تواند حادث گردد .

WikiPowe

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_{LV}}} = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}$$

این وضعیت می تواند منجر به اضافه ولتاژ شود که این امر به نوبه خود در نهایت می تواند باعث خرابی بانک خازنی گردد .

آنالیزهای پیشین حاکی از این است که بدترین افزایش گذرا ، زمانی که شرایط زیر پیش آید ، می تواند بوجود آید :

۱- اندازه بانک خازنی سوئیچ شده در سمت فشار قوی ترانسفورماتور ، بیش از ۱۰ برابر اندازه بانک خازنی سمت فشار ضعیف باشد که جهت تصحیح ضریب قدرت استفاده گردیده است .

۲- فرکانس برقدار شدن ، نزدیک فرکانس رزونانس سری شکل گرفته ترانسفورماتور کاهنده و بانک خازنی تصحیح ضریب قدرت باشد .

۳- میزان میرایی (مقاومت اهمی) نسبتاً کمی در بار فشار ضعیف وجود داشته باشد (سیستم هایی با ساختار صنعتی یا بارهای موتوری)

اضافه ولتاژهای گذرا ، به طور موردی موجب برخی آسیب ها می گردند از جمله :

- آسیب تجهیزات حفاظتی فشار ضعیف (همچون برقگیرهای **MOV**)
- افزایش ولتاژ در یک تجهیزات دارای سیستم الکترونیک قدرت (درایورهای با قابلیت تنظیم سرعت) و خاموش شدن آنها **(Nuisance Tripping)** .

۶-۳-۶ تاثیر سوئیچینگ بانک (های) خازنی بر وقوع

و شدت رزونانس و فرو رزونانس :

در این مورد بررسی های بسیاری انجام پذیرفته و مجال بیشتر نیز در این مقاله برای آن ها باقی نیست فقط به این مهم اشاره می گردد که در مورد فرو رزونانس ، مسئله به میزان زیادی ، حساس تر از رزونانس می باشد و لازم است تا در این مورد دقیق تر عمل نمود .

به طور کلی ، علی رغم این که امکان رخداد فرو رزونانس (با دامنه بالا) در شبکه های توزیع بسیار محدود است ، اما بررسی این موضوع (با کمک شبیه سازی) در جایی که بانک های خازنی در پست ها و یا در نزدیکی آن ها قرار است نصب شوند ، می تواند بسیار مفید و گاهی حیاتی باشد .

۶-۳-۷ ایجاد افزایش در پروفیل دایم ولتاژ به هنگام کاهش بار :

این موضوع نیز کاملاً مشخص و کار شده می باشد و تنها اشاره می گردد که :

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بحث موجود ، دامنه بالای ولتاژ در محل هایی از شبکه می باشد که مهمترین عوامل تاثیر گذار ، اندازه بانک خازنی و میزان کم شدن بار در ساعات کم باری سیستم بودند .بررسی این مسئله ، کاملاً حیاتی می باشد و عملاً ، اولین محدودیتی خواهد بود که در کاربرد بانک های خازنی (از حیث اندازه و نوع ثابت یا متغیر و یا پله ای بودن) وجود خواهد داشت .

بررسی و اعمال محدودیتی خواهد بود که در کاربرد بانک های خازنی (از حیث اندازه و نوع ثابت یا متغیر و یا پله ای بودن) وجود خواهد داشت .

بررسی و اعمال ، اولین محدودیتی خواهد بود که در کاربرد بانک های خازنی (از حیث خواهد بود که متغیر و یا پله ای بودن) وجود خواهد داشت .

بررسی و اعمال محدودیت و یا بهره گیری از تمهیدات لازم جهت پیشگیری از افزایش بیش از حد ولتاژ دایم مصرف کنندگان به هنگام کم باری فیدر (ترانس) ، باید در گام نخست انجام پذیرد.

WikiPower.ir

۸-۳-۶ جریان های **outrush** و افزایش شدت جریان های اتصال کوتاه :

به هنگام بروز اتصالی ، بانک های خازنی ، جریانی (با عنوان جریان گذرای **outrush**) به سیستم و به سمت محل خطا جاری می سازد که این جریان می تواند گاهی بسیار بیشتر از جریان عادی سیستم در آن بخش ها بوده باشد . مباحث تئوریک در این زمینه با توجه به تعدد بانک های خازنی و بارهای گسترده می تواند بسیار پیچیده باشد . طبق بررسی انجام گرفته نتایج زیر شایان ذکر و توجه می باشد .

۱- بسیار باید دقت داشت که به هنگام بروز اتصالی تمام بانک های خازنی درگیر شده و واضح است که واکنش بانک های نزدیک تر (از نظر فاصله الکتریکی) بیشتر خواهد بود.

۲- هر چه بانک خازنی بزرگ تر بوده باشد ، جریان **outrush** بزرگتری خواهیم داشت و این امری کاملاً طبیعی می باشد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

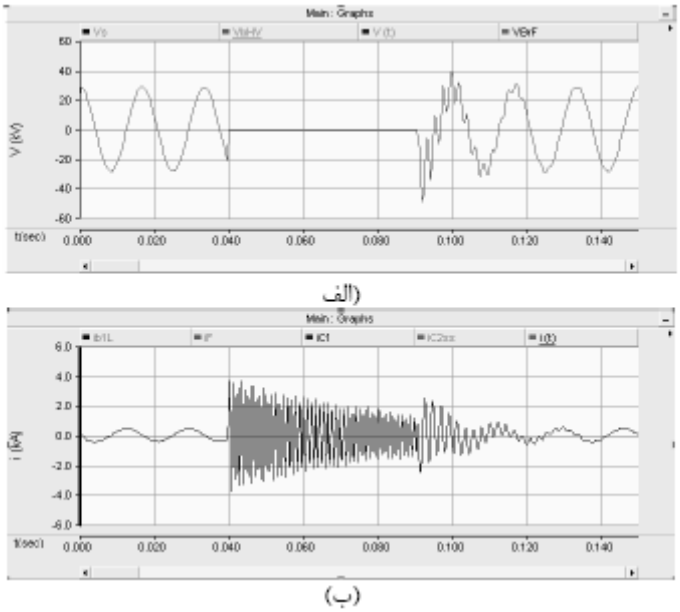
۳- با بزرگتر بودن بانک خازنی ، فرکانس اغتشاش **outrush** به وجود آمده ، یا بزرگتر شدن بانک خازنی ، کاهش می یابد و در عوض ، زمان اغتشاش طولانی می گردد .

۴- زمان بروز خطا چیزی است که کاملاً تصادفی می تواند باشد و لذا ممکن است در این حالت اغتشاشی با بدترین شرایط به وجود آید (یعنی ولتاژ خازن در لحظه بروز خطا ، در مقدار ماکزیمم خود بوده باشد)

۹-۳-۶ ولتاژ استقرار برگشتی دو سر کلید قدرت :

این مورد ، ولتاژ گذرایی است که در طی قطع شدن یک مدار ، بین دو کنتاکت یک کلید بروز می کند . به دنبال یک اتصال کوتاه شدید ، ولتاژ کلید برقدار بسیار افت می کند و حتی در شرایط اتصال کوتاه مستقیم ، صفر می گردد . به دنبال عملکرد حفاظتی ، زمانی که کنتاکت های کلید باز می شوند ، ولتاژ کنتاکت کلید سمت منبع ، از این مقدار صفر (یا مقدار بسیار کم) تا مقدار ولتاژ نامی سیستم جهش پیدا می کند که اصطلاحاً می گویند که برگشت می خورد . در هر حال ، ولتاژ کنتاکت سمت منبع کلید ، با شارژ شدن کاپاسیتانس بوشینگ کلید ، خود را باز یافته و به ولتاژ نامی سیستم می رساند .

جهت شبیه سازی این وضعیت در سیستم نمونه ای خود ، می توانیم ولتاژ دو سر کلید **CB1** را بعد از خطای پیش آمده در فیدر یا باس ملاحضه نماییم . تا زمانی که خطا وجود دارد ، ولتاژ باس ، یا صفر است یا این مقدار بسیار کمی دارد .



شکل (۴) : الف) ولتاژ گذرای برگشتی دو سر کلید **CB3** ب) جریان اغتشاش ناشی از بروز رفع خطا

بررسی ها و شبیه سازی های مختلفی که انجام پذیرفته ، حاکی از این است که در شبکه های توزیع ، شدت این نوع گذرا حتی برای مقادیر به نسبت بزرگ بانک های خازنی کم می باشد عملاً چنانچه اثرات سوء دیگری بررسی گردد ، چندان نیاز به بررسی این مورد خاص نخواهد بود.

۶-۳-۱۰ ضریب نفوذ خازن در شبکه های توزیع :

ضریب نفوذ خازن ، ضریبی است در محدوده **[0 , 1]** که مشخص کننده میزان محدود سازی ظرفیت پیش شده اولیه بانک (های) خازنی مورد نصب در یک محل و در شرایطی خاص با توجه به یک سری محدودیت ها می باشد که این محدودیت ها ، میزان مجاز شرایط کار سیستم تحت تاثیر اثرات سوء ناشی از حضور و یا سوئیچینگ بانک های خازنی می باشد .

با توجه به بررسی های انجام گرفته ، می بینیم که شرایط اغتشاشات به وجود آمده می تواند تحت تاثیر پارامترهای مختلفی از شبکه (همچون اندازه بانک خازنی ، بار فیدر و شرایط بارها و مشخصه های اهمی سیستم و میزان نزدیکی (فاصله الکتریکی بانک های خازنی) بسیار متفاوت باشد و عملاً برای تعیین

ضریب نفوذ خازن برای هر مورد خاص ، لازم است تا به طور مستقل بر اساس شرایط و پارامترهای موجود شبکه ، درجه اهمیت بحث قابلیت اطمینان مصرف کنندگان و شرایط حفاظتی موجود ، تحلیل ها و شبیه سازی لازم دیده شود . در واقع ، لازم است تا ا ین موضوع به شکلی کاملاً مهندسی (فنی و اقتصادی و عملی) و مختص هر مورد **(case sensitive)** تحلیل گردد . یعنی باید همواره در نظر داشت که ضرر و زیان و یا صرفه مورد نظر ، واقعاً چقدر است و عملاً ، امکان و شدت رخداد هر یک از شرایط نامطلوب در چه حد می باشد و اهمیت قابلیت اطمینان مورد نظر برای سیستم موجود در چه حد است و آیا اعمال محدودیت در این رابطه (مثلاً کم تر گرفتن اندازه بانک خازنی از مقدار مورد نیاز) از نظر مهندسی تا چه حد می تواند به جا باشد ؟

۶-۴ : نتیجه گیری و ارائه پیشنهاد

۱- جهت نیل به شرایط مطلوب از نظر بهبود افت ولتاژ ، کاهش تلفات و آزاد سازی ظرفیت ، لازم است که با توجه به وخیم ترین و حساس ترین شرایط (پیک بار) عمل کرد . یعنی لازم است تا شرایط پرباری فیدر مورد نظر اصلی باشد . البته جهت تعیین نهایی نتایج قابل اعتماد ، لازم خواهد بود تا محدودیت های ناشی از اثرات سوء بانک های خازنی را لحاظ گردد .

۲- آثار سوءی که می تواند به واسطه حضور بانک های خازنی (بهره برداری بانک های خازنی در حالت دایم) متوجه سیستم گردد ، شامل تاثیر بر پروفیل دایم ولتاژ ، جریان های هجومی **outrush** به هنگام بروز خطا در سیستم ، افزایش ولتاژ گذرا و ولتاژ استقرار برگشت دو سر کلید قدرت می باشد و در پی سوئیچینگ بانک های خازنی نیز ، اغتشاشاتی همچون جریان هجومی **inrush** و گذرهای نوسانی ناشی از سوئیچینگ پشت در پشت بانک های خازنی می تواند به وجود آید همچنین حضور و سوئیچینگ بانک های خازنی می تواند در ایجاد و شدت یافتن پدیده های رزونانس و فرو رزونانس نیز نقش مهمی ایفا نماید .

۳- در سوئیچینگ بانک های خازنی ، رابطه معکوس بین فرکانس نوسانات و زمان میرایی وجود دارد و با افزایش اندازه بانک خازنی ، دامنه اغتشاش بالا رفته و فرکانس نوسانات کاهش می یابد.

۴- بررسی برخی اثرات منفی در شرایطی می تواند از اولویت بیشتری برخوردار باشد : مباحث جریان های هجومی **inrush** (زمانی که بانک خازنی بزرگی قرار است نصب گردد) و **outrush** (زمانی که امکان وقوع اتصال کوتاه بزرگی در نزدیکی پست وجود دارد) ، نوسانات ناشی از کلید زنی پشت به پشت (زمانی که بانک خازنی بزرگ (نسبت به توان ظاهری فیدر) در مجاورت هم نصب می شوند) و نیز پدیده فرو رزونانس (به هنگام نصب بانک های خازنی بزرگ نزدیک پست (ترانس) یا بهره برداری از ترانس ها در نقاط کاری نزدیک زانو) .

۵- علی رغم اینکه میرایی نوسانات در شبکه های توزیع بسیار بیشتر از سطوح بالاتر ولتاژ است ، اما این موضوع از اهمیت بررسی اثرات منفی در این شبکه ها نمی کاهد . چرا که شبکه های توزیع در ارتباط مستقیم با مصرف کنندگان می باشد .

۶- با توجه به وابستگی انواع اثرت سوء بررسی شده به پارامترهای الکتریکی (بانک های خازنی و شبکه موجود) ، اهمیت خاص بخش های مختلف شبکه (قابلیت اطمینان و کیفیت توان بهینه مورد نظر هر بخش) و سیستم های کنترلی و حفاظتی موجود شبکه و غیره ، بررسی های مربوطه برای هر شبکه ای باید به صورت خاص برای آن **(case study)** انجام پذیرد و با انجام تحلیل ها ، شبیه سازی ها (به کمک نرم افزارهای قوی همچون **EMTDC** و **EMTP**) و با توجه به محدوده های مجاز (حفاظتی) موجود آن بخش ، می توان ضریب نفوذ خازن را بدست آورد و تمهیدات و حفاظت های مناسب را نیز پیش بینی نمود .

۷- نرم افزار **PSCAD – EMTDC** یک نرم افزار قوی با قابلیت شبیه سازی حالت های گذرا می باشد که از لحاظ اصول محاسبات و نتایج ، بسیار با نرم افزار **EMTP** همخوانی دارد و البته کار با این نرم افزار بسیار ساده تر می باشد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۸- آنچه در این مقاله ارائه شد تنها مطرح سازی اثرات منفی کاربرد خازن در شبکه بود و به عنوان یک طرح پیشنهادی ، می توان مباحث گذراهای مختلفی ناشی از حضور و یا سوئیچینگ بانک های خازنی و پدیده رزونانس و فرو رزونانس را در چهار بخش عمده پیشنهادی و آن هم به صورتی کاملاً تخصصی همراه با جزئیات بیشتر بررسی و تحلیل نمود :

- موارد وقوع معمول هر کدام و عوامل موثر بر آن
- اثرات سوء مربوطه در بخش های مختلف سیستم
- پیش از وقوع : پیشگیری یا کاهش احتمال وقوع یا تقلیل شدت وقوع هر کدام
- به دنبال وقوع : کاهش اثرات سوء و نیز حفاظت هایی در برابر آن ها

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل هفتم :

اثرات نامطلوب نصب خازن بر کیفیت توان شبکه و روشهای کاهش آنها

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

خلاصه :

استفاده از جبران کننده های توان راکتیو یکی از بهترین راهکارها برای فائق آمدن بر محدودیتها و مشکلات مو جود شبکه برق ا ست . خازن بعلت سادگی و هزینه کم از متداولترین ادوات جبران کننده توان راکتیو است، که عموماً برای جبران توان راکتیو شبکه توزیع و بهبود ضریب توان بارهای صنعتی استفاده می گردد.

اهمیت مفهوم کیفیت توان، همچنین افزایش آلودگی هارمونیکی شبکه و افزایش حساسیت بارهای شبکه، نصب خازن را با چالشهای جدیدی روبرو نموده است . برای مثال کلیدزنی خازن باعث بروز اغتشاشاتی در شبکه می گردد .همچنین نصب خازن در یک نقطه می تواند باعث تقو یت برخی هارمونیکهای موجود در آن نقطه گردد.

در این مقاله دو موضوع فوق یعنی تقویت هارمونیکها توسط خازن و اغتشاشات ایجاد شده در لحظه کلیدزنی خازن بررسی می شود و در ادامه روشهایی برای کاهش اثرات نامطلوب خازن ارائه می گردد . کلیه مباحث مطرح شده توسط نرم افزار **Simulink®** شبیه سازی شده که نتایج حا صل از این شبیه سازی ها لزوم توجه به تأثیرات خازن بر کیفیت توان شبکه و همچنین کارایی روشهای کاهش این تأثیرات را بخوبی نشان می دهد.

۱-۷ : مقدمه

خازن قدیمی ترین جبران کنندۀ توان راکتیو است که بعلت سادگی ساختار و عملکرد؛ همچنین ارزانتر بودن نسبت به سایر ادوات جبران کننده، در حال حاضر یکی از متداولترین ادوات جبران کننده در شبکه برق است . بانکهای خازنی اغلب در پستها و فیدرهای توزیع نصب میگردند .این خازنها با تأمین توان راکتیو مورد نیاز در نزدیکی بارها منجر به کاهش اندازه جریان خطوط گشته و بالتبع آن تلفات و افت

ولتاژ خطوط را کاهش داده، همچنین باعث آزادسازی ظرفیت خطوط (انتقال و توزیع) می گردند .در حال حاضر به هنگام طراحی شبکه های جدید، نصب خازن به عنوان یکی از اجزاء اصلی شبکه توزیع مورد بررسی قرار می گیرد.

مطرح شدن کیفیت توان با مفهومی جدید مهندسین برق را با مسائل جدیدی روبرو نموده است . بعنوان نمونه برای نصب خازن علاوه بر مباحث کلاسیک موجود باید مسائلی مثل اثرات کلیدزنی خازن، اثرات تشدید خازن و آلودگی هارمونیکی محل نصب خازن را نیز مورد توجه قرار داد .کیفیت توان دارای تعابیر متعددی است ولی یک تعریف خوب تعریفی است که، نقطه نظرات مصرف کنندگان را مدنظر قرار دهد . چنین مفهومی برای کیفیت توان را می توان به این صورت بیان نمود .

هر مشکلی در شبکه که به شکل تغییر ولتاژ، جریان یا فرکانس ظاهر گشته، باعث عملکرد نادرست یا آسیب رسیدن به وسایل مصرف کنندگان شود.

بانکهای خازنی موجود در شبکه یا بصورت دائمی در مدار هستند، یا در مواقع لزوم، به صورت موقت و پله ای وارد مدار می شوند . بانکهای خازنی نصب شده در صنایع بزرگ دارای عملکرد و تأثیری مشابه بانکهای خازنی شبکه توزیع هستند، بنابراین در این مقاله این خازنها نیز مورد بررسی قرار می گیرند.

بانکهای خازنی بطور کلی به دو شکل در کیفیت توان شبکه اختلال ایجاد می کنند:

ایجاد گذرای ولتاژ و جریان در هنگام کلیدزنی.

ایجاد مدارهای تشدید، و تقویت برخی گذراها و هارمونیکهای موجود در شبکه.

معمولاً کلیدزنی خازن به تنهایی مشکل چندانی ایجاد نمی کند، ولی مدارهای تشدید ایجاد شده می توانند مسأله ای جدی و خطرناک باشند. پیوستگی شبکه های برق باعث می شود که حتی یک اغتشاش کوچک در محلی دور قادر باشد، با تحریک مدار تشدید باعث ایجاد یک اغتشاش بزرگ شود .معمولاً در این موارد به علت پیوستگی و بزرگی شبکه یافتن عامل اصلی اغتشاش بسیار مشکل و پیچیده است.

گسترش روز افزون استفاده از بارهای غیر خطی بویژه ادوات الکترونیک قدرت آلودگی هارمونیکی شبکه را بشدت افزایش داده است . هر یک از هارمونیکهای موجود در شبکه بطور بالقوه می توانند باعث تحریک یکی از ترکیبات سلف - خازن موجود در شبکه شوند . بنابراین برای نصب خازن در یک نقطه از شبکه باید مطالعات هارمونیکی دقیقی در آن نقطه انجام گیرد.

در این مقاله عملکرد خازن به هنگام کلیدزنی، چگونگی ایجاد تشدید سری و موازی توسط خازن وبرخی راهکارهای کاهش ا ثرات نامطلوب شبیه سازی شده، که ن تایج حاصل **Simulink®** خازن بر کیفیت توان مورد بررسی قرار گرفته است .کلیه مباحث مطرح شده توسط نرم افزارمی تواند برای درک موضوع مفید باشد.

۲-۷ : کلیدزنی خازن

تعدادی از بانکهای خازنی در مواقع لزوم به مدار متصل می شوند و بطور دائمی در مدار نیستند اتصال این خازنها به شبکه منجر به تولید گذراهای ولتاژ و جریان می شود .برای بررسی این پدیده مدار سادهٔ شکل (۱) را در نظر می گیریم .جریان خازن از رابطه (۱) محاسبه می شود.

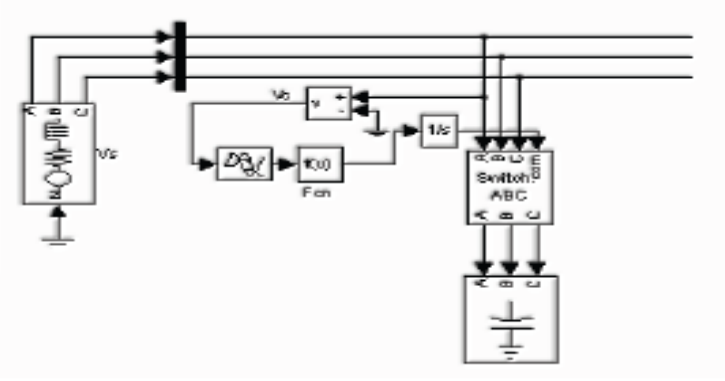
$$i_s(t)=i_m\cos(\omega_f t+\alpha)- \qquad (۱)$$
$$\frac{n}{X_c}[V_\infty - k\hat{V}\sin(\alpha)]\sin(\omega_f t)-i_m\cos(\alpha)\cos(\omega_f t)$$

در رابطه فوق :

$$i_m = k\frac{\hat{V}}{X_c} \quad , \quad n=\sqrt{\frac{X_c}{X_l}} \quad , \quad k=\frac{n^2}{n^2-1}$$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

که X_c و X_L بترتیب امپدانس بانک خازنی و امپدانس اتصال کوتاه شبکه، **V** پیک ولتاژ نامی باس،**n** مرتبه فر کانس طبیعی سیستم و **α** زاویه آتش کلید است . در رابطه فوق **Vco** ولتاژ خازن در لحظه کلیدزنی است. **Vco** را می توان تقریباً صفر فرض نمود، چون این خازنها معمولاً هفت های چند مرتبه کلیدزنی می شوند و زمان لازم برای تخلیه آنها وجود دارد .



شکل(۱) : مدار کلیدزنی خازن

WikiPower.ir

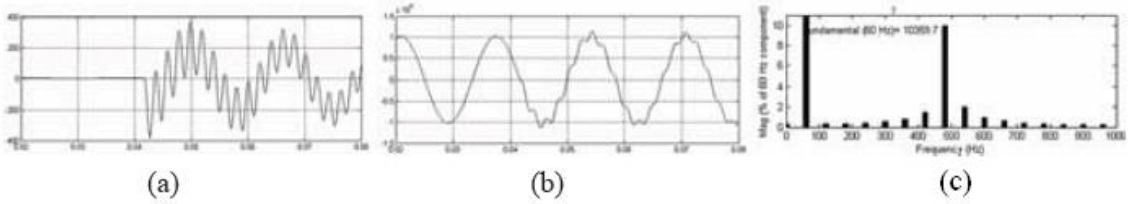
عبارتهای دوم و سوم رابطه (۱) مبین مؤلفه های هارمونیکی ناشی از کلیدزنی خازن هستند . حذف کامل این هارمونیکها امکان پذیر نیست

بنابراین سعی می کنیم این مؤلفه ها را حداقل نموده و در حد مجاز نگه داریم . بهترین انتخاب بدین منظور زاویه آتش صفر است، به این معنی که کلیدزنی دقیقاً در لحظه عبور ولتاژ از نقطه صفر انجام گیرد. ولتاژ گذرای خازن براحتی از رابطه (۱) بدست می آید، ولی مفیدتر است که ولتاژ را به این صورت توصیف کنیم : در لحظه کلیدزنی ولتاژ باس خازن بطور آنی به ولتاژ خازن دشارژ شده نزول کرده، سپس با شروع به شارژ خازن و پس از چند نوسان ولتاژ باس باز یابی خواهد شد . واضح است که هر چه در لحظه کلیدزنی ولتاژ باس به ولتاژ خازن در لحظه کلیدزنی نزدیکتر باشد، پیک نوسانها کوچکتر خواهد بود . پیک ولتاژ گذرای خازن حداکثر ۲ پریونیت است، ولی در عمل به علت وجود مقاومت و همچنین محدوده

تغییرات خازن و اندوکتانس اتصال کوتاه شبکه معمولاً این پیک بین ۱/۱ تا ۱/۶ پریونیت است .فرکانس این نوسانات نیز معمولاً بین ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ هرتز است.

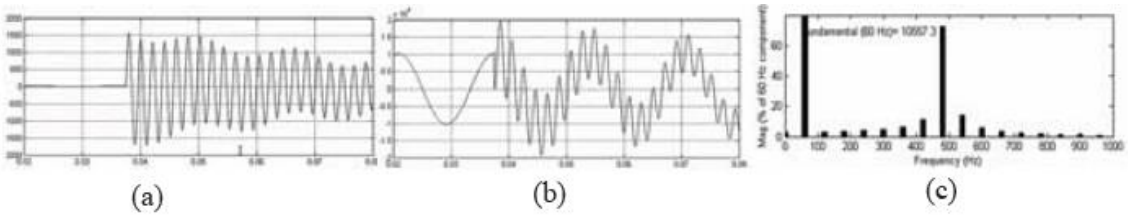
شکل موجهای ولتاژ باس و جریان خازن برای دو حالت کلید زنی در ولتاژ صفر و پیک ولتاژ با در نظر گرفتن مقاومت مدار بترتیب در شکل (۲- الف) و شکل (۲- ب) نشان داده شده است.

محدوده فرکانس کلیدزنی خازن نشان می دهد که این گذراها براحتی از ترانسهای توزیع عبور نموده و در کل شبکه گسترش می یابند . اندازه این گذراها اغلب از سطح حفاظتی شبکه کوچکتر است، بنابراین در عملکرد تجهیزات شبکه اختلال ایجاد نمی کنند، ولی برای بارهای حساس شبکه بخصوص بارهای تجهیز شده به خازن اصلاح ضریب توان بالقوه مشکل آفرین هستند.



شکل (۲- الف) : کلید زنی در ولتاژ صفر **(a)** جریان گذرای کلیدزنی **(b)** ولتاژ گذرای کلیدزنی **(c)** طیف هارمونیکی ولتاژ گذرا

WikiPower.ir



شکل (۲- ب) : کلید زنی در ولتاژ صفر **(a)** جریان گذرای کلیدزنی **(b)** ولتاژ گذرای کلیدزنی **(c)** طیف هارمونیکی ولتاژ گذرا

۳-۷ : تشدید موازی

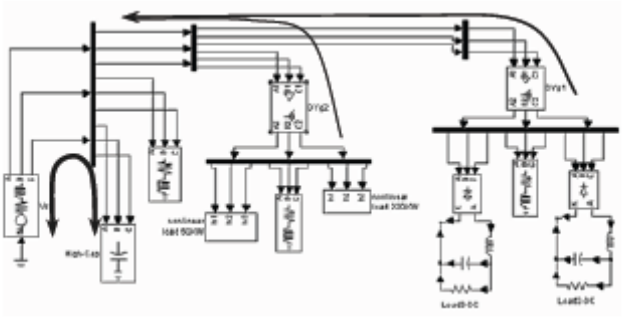
بارهای غیرخطی به شبکه هارمونیک تزریق می کنند .این بارها به سه دستهٔ کلی تقسیم می شوند

۱) و سایل اشباع شونده ۲) و سایل تولیدکنندهٔ جرقه ۳) عناصر الکترونیک قدرت

این بارها از منبع ولتاژ سینوسی جریان غیرسینوسی کشیده و به شبکه هارمونیکهای جریان تزریق می کنند .گسترش بارهای غیرخطی در شبکه به خصوص بارهای نوع سوم که شامل منابع تغذیه، درایوهای تنظیم سرعت و ... هستند، آلودگی هارمونیکی شبکه را به شدت افزایش داده است.

جریانهای هارمونیکی به سمت شبکهٔ فشار قوی که دارای امپدانس مسیر کوچکتری ا ست، جاری می شوند . این جریانهای هارمونیکی می توانند ترکیب موازی بانک خازنی و امپدانس اتصال کوتاه معادل باس را تحریک نموده و تشدید موازی ایجاد کنند، که این مسأله منجر به عبور هارمونیکهای تقویت شده جریان از بانک خازنی و امپدانس معادل شبکه می شود.

ترکیب سلف و خازن در حوالی فرکانس تشدید معادل یک امپدانس بزرگ است و جریانهای هارمونیکی با عبور از این امپدانس بزرگ موجب ایجاد هارمونیکهای ولتاژ نیز می شوند.



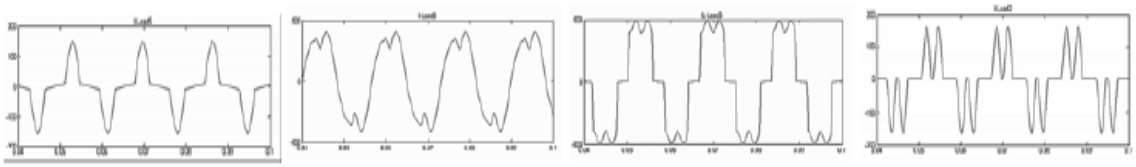
شکل **(3)**مدار تشدید موازی

شکل (۳) چگونگی بوجود آمدن تشدید موازی در شبکه را نشان می دهد .در این شبکه قسمت انتقال بصورت مدار معادل تونن در نظر گرفته شده و چند بار غیرخطی مناسب نیز مدل شده است. نتایج حاصل از این شبیه سازی برای یک بانک خازنی **MVAr** در شکل (۴ – ب) و برای بانک خازنی **MVAr** ۰/۵ در شکل (۴ – ج) نشان داده شده است .

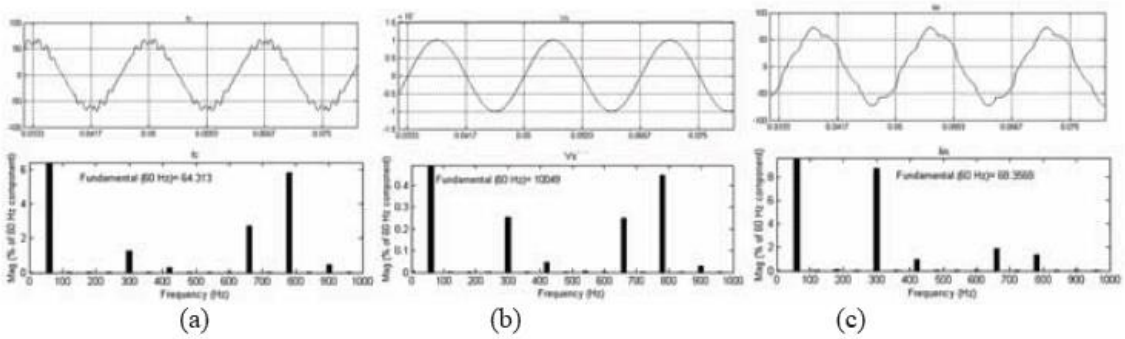
فرکانس تشدید را می توان از رابطه (۲) محاسبه نمود:

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

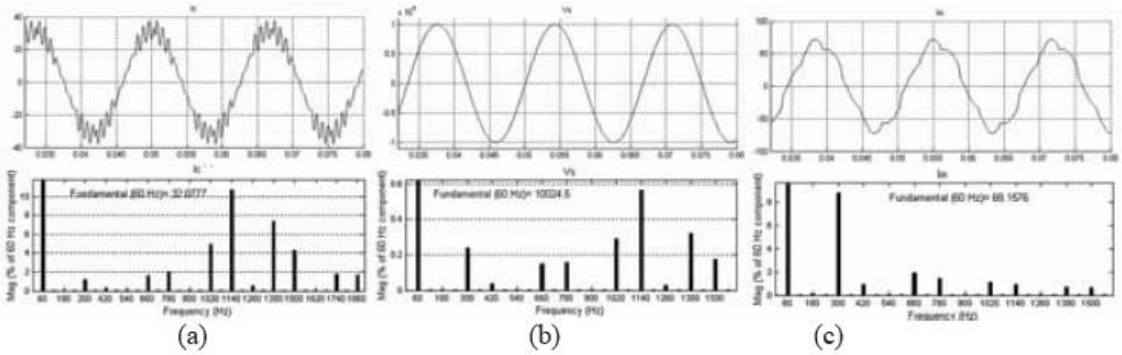
$$f_{np} = f_o \sqrt{\frac{X_c}{X_{sc}}} = f_o \sqrt{\frac{MVA_{sc}}{MVAr_c}} \quad (۲$$



شکل (۴- الف) مشخصه بارهای غیر خطی استفاده شده برای شبیه سازی



شکل (۴-ب) : تشدید موازی با بانک خازنی **MVAr** **(a)** جریان بارها **(b)** ولتاژ باس بانک خازنی **(c)** جریان بانک خازنی



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل (۴-ج) : تشدید موازی با بانک خازنی MVAr ۰/۵ **(a)** جریان بارها **(b)** ولتاژ باس بانک خازنی **(c)** جریان بانک خازنی

که در ادامه داریم :

MVA_{sc} و $MVAr_c$

به ترتیب ظرفیت اتصال کوتاه باس و ظرفیت نامی بانک خازنی هستند.

معمولاً تشدید موازی مشکل ساز نیست، چون اولاً هنوز در اغلب شبکه ها مؤلفه های هارمونیکی جریان نسبت به مؤلفه اصلی کو چک هستند، ثانیاً مقادیر عناصر شبکه به شکلی است که ضریب تقویت این تشدید کوچک است .

برای بررسی تشدید موازی در یک شبکه اغلب در نظر گرفتن هارمونیکهای ۵ و ۷ در محل نصب خازن کافی است و می توان با در نظر گرفتن تغییرات امپدانس معادل شبکه در زمانهای مختلف تعیین نمود آیا فرکانس تشدید حوالی هارمونیکهای ۵ و ۷ رخ می دهد یا خیر؟ و اگر رخ دهد حداکثر میزان تقویت چقدر می تواند باشد؟

تشدید موازی یک اغتشاش گذرا نیست و تا زمانی که هارمونیکهای جریان در شبکه وجود داشته با شند، این تشدید رخ می دهد و هارمونیکهای تقویت شده در شبکه وجود خواهند داشت .بنابراین این پدیده در دراز مدت مشکلاتی برای بانکهای خازنی، ترانسفورماتورها، وسایل حفاظتی و ... ایجاد می کند.

چند راهکار برای غلبه بر مشکل تشدید موازی وجود دارد، ازجمله:

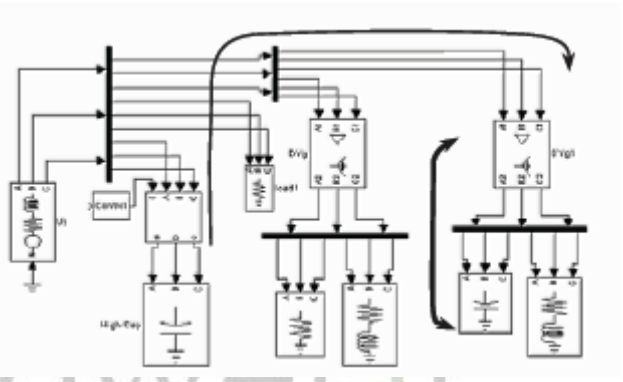
تجهیز بارها و مصر فکنندگان مولد هارمونیک به فیلترهای مناسب.

تغییر فرکانس تشدید با تغییر محل نصب و اندازه خازن می تواند منجر به کاهش میزان تقویت هارمونیکهای مورد نظر شود.

حذف هارمونیکهای مورد نظر با نصب فیلتر در شبکه توزیع و سربندی مناسب ترانسفورماتورها.

۷-۴ : تشدید سری

کلیدزنی خازن در شبکه باعث تولید گذرای ولتاژ م ی شود .این گذرای ولتاژ م ی تواند ترکیب سری خازن اصلاح ضریب توان و امپدانس ترانس توزیع را تحریک نموده، باعث بروز تشدید گردد .شکل (۵) چگونگی بوجود آمدن تشدید سری در یک شبکه را نشان می دهد.



WikiPower.ir

شکل(۵) : مدار تشدید سری

برای بررسی تشدید سری باید مشخصات مدار تشدید و مشخصات گذرای کلید زنی خازن را همزمان بررسی نمود . بطور خلا صه مشخصات ولتاژ گذرای کلیدزنی خازن را می توان به صورت زیر بیان نمود:

پیک ولتاژ گذرای کلیدزنی حداکثر ۲ پریونیت و اغلب بین ۱/۱ تا ۱/۶ پریونیت است

گذرای ولتاژ کلیدزنی میرا شونده است.

در اغلب موارد فرکانس گذرای ولتاژ بین ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ هرتز است.

با توجه به مشخصات گذرای ولتاژ کیدزنی (که عامل تحریک کننده مدار تشدید سری است) به بررسی پدیده تشد ید سری می پردازیم . در تشدید سری میزان تقویت می تواند براحتی بیش از ۲۰ پریونیت باشد، ولی بررسی ها نشان می دهد که این میزان معمولاً بین ۴ تا ۶ پریونیت ا ست.

بیشترین میزان تقویت در شرایط زیر رخ می دهد :

خازن شبکه از خازن اصلاح ضریب توان بار بزرگتر باشد (بیش از ۱۰ برابر).

خواص میرا کنندگی بارها کوچک باشد (مقاومت اهمی بارها کم باشد)

فرکانس گذرای کلیدزنی خازن حوالی فرکانس تشدید مدار تشدید سری باشد.

فرکانس تشدید از رابطه (۳) قابل محاسبه است.

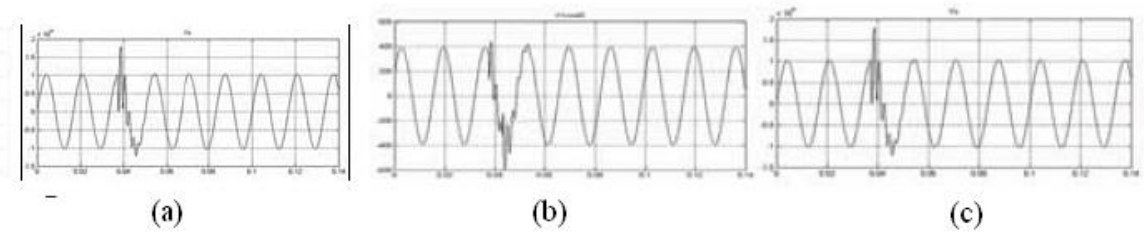
$$f_{ns} = f_o \sqrt{\frac{X_{cp}}{X_{tr}}} \approx f_o \sqrt{\frac{100 \times kVA_{tr}}{kVA_{cp} \times X_{tr\%}}} \qquad (۳)$$

در رابطه فوق **Xcp** و **kVAcp** بترتیب امپدانس و ظرفیت نامی خازن اصلاح ضریب توان هستند و**Xtr** و **kVAtr** به ترتیب امپدانس و ظرفیت نامی ترانسفورماتور کاهنده می باشند.

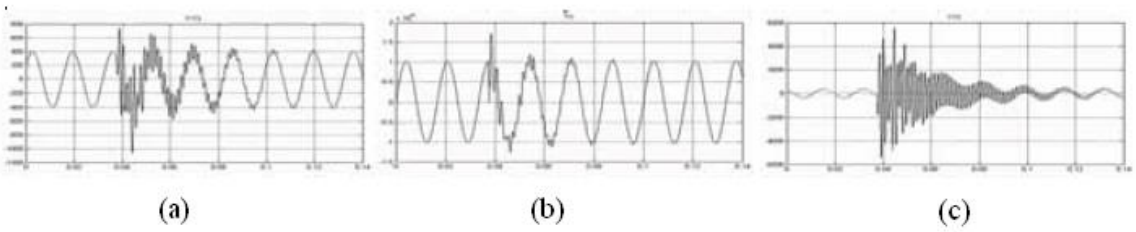
متأسفانه در اغلب موارد شرایط فوق برقرار است . چون معمولاً خازنهای شبکه خیلی بزرگتر از خازن های اصلاح ضریب توان بار هست ند و فرکانس تشدید ناشی از خازن اصلاح ضریب توان و امپدانس ترانسفورماتور توزیع در محدوده ۴۰۰ تا ۸۰۰ هرتز است که فرکانس گذرای کلیدزنی خازن نیز در همین محدوده قرار دارد، در ضمن اغلب بارها مخصوصا بارهای صنعتی متشکل از موتورهای الکتریکی هستند، که میراکنندگی کوچکی دارند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکلهای (۶ – الف) ، (۶ – ب) و (۶- ج) تأثیر کلیدزنی خازن بر ولتاژ باس مصرف کننده را به ترتیب با خازن اصلاح ضریب توان **0 kVA** ، **۲۰۰ kVA** و **۵۰۰ kVA** نشان می دهند.

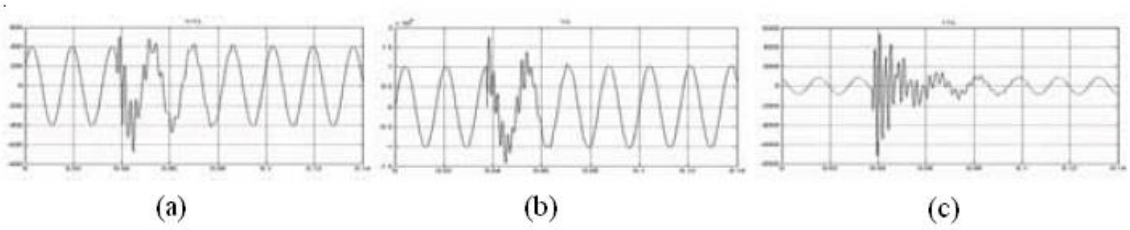


شکل(۶ – الف) : مدار بدون خازن اصلاح ضریب توان



شکل (۶ – ب) : تشدید سری با خازن اصلاح ضریب توان **۲۰۰ kVA**

WikiPower.ir



شکل(۶ – ج) : تشدید سری با خازن اصلاح ضریب توان **۵۰۰ kVA**

۷-۵ : روشهای کاهش اثرات نامطلوب خازن بر کیفیت توان

مشکلات ناشی از کلیدزنی و تقویت اغتشاشات شبکه توسط خازن به طور عمده باعث بروز مشکل در تجهیزات مصرف کنندگان و خود خازنها می شود .مجهز نمودن خازنها به وسایل حفاظتی مناسب تا حدودی از آنها در مقابل این اغتشاشات حفاظت می کند .بنابراین وجود خازنها به طور عمده باعث بروز مشکل در کیفیت توان مصرف کنندگان می شود.

برای کاهش آسیبهای ناشی از وجود خازن باید چند توصیهٔ کلی را مد نظر قرار داد:

شرکتهای برق باید برای کاهش گذراهای ناشی از کلیدزنی بانکهای خازنی تلاش کنند.

مصرف کنندگان باید از تقویت گذراها / هارمونیکها در تجهیزاتشان جلوگیری کرده و هارمونیکهای تزریقی به شبکه را در حد استاندارد محدود کنند.

سازندگان تجهیزات الکتریکی باید حساسیت تولیدات خود به اعوجاجهای شبکه را کاهش دهند و همچنین سطح هارمونیکهای تولیدات خود را در حد استاندارد نگه دارند.

همکاری شرکتهای برق، سازندگان تجهیزات الکتریکی و مصرف کنندگان یک اصل اساسی برای حل مشکل کیفیت توان است.

شرکتهای برق با استفاده از روشهای زیر می توانند گذرای کلیدزنی خازن را کاهش دهند:

۱. استفاده از تکنیک کلیدزنی همزمان
۲. افزودن مقاومت بایپس شونده به کلید
۳. افزودن سلف بایپس شونده به کلید
۴. افزودن سلف ثابت به بانک خازنی
۵. استفاده از برقگیرهای توان بالا
۶. استفاده از فیلترهای مناسب

مصرف کنندگان نیز می توانند روشهای زیر را به کار گیرند:

استفاده از فیلتر بجای خازنهای اصلاح ضریب توان

استفاده از برقگیرهای توان بالا

سازندگان تجهیزات الکتریکی با توجه به تنوع تولیدات خود می توانند از روشهای متعددی استفاده کنند، از جمله می توانند برای درایوهای آنها سلف قرار دهند و یا از کلیدهای الکترون یک قدرت با سطح **dc** بشکل سری تعبیه کنند یا اینکه در باس **ac** تنظیم سرعت چکهایی در خط تریپ بالاتر استفاده کنند.

برای انتخاب یکی از روش های فوق باید مسائلی مثل میزان تاثیر روش مورد نظر در آن مورد خاص، میزان کاهش اعوجاج، قیمت، هزینه نگهداری و قابلیت اطمینان تجهیزات مورد استفاده را در نظر گرفت.

۷-۶ : تکنیک کلیدزنی همزمان

این روش را می توان کلید زنی در ولتاژ صفر هم نامید . در این روش خازنها دارای کلیدهای مجزایی هستند و هر کلید به هنگام عبور ولتاژ آن فاز از صفر بسته می شود .کلید ها باید دارای سرعت قطع و وصل زیادی بوده و بتوانند در حدود**msec** عمل قطع و وصل را انجام دهند . اگر مدت زمان قطع و وصل کامل بیش از این مقدار باشد این روش کارایی خود را از دست خواهد داد و به نتیجه مطلوب منجر نمی شود .این کلیدها همچنین باید قادر باشند در شرایط مختلف شبکه و محیط سرعت خود را حفظ کنند .در حال حاظر کلیدهای تخلیه و کلیدهای الکترونیکی با سرعت مورد نیاز در دسترس هستند.

در شکل (۷ – ب) تأثیر کلید زنی در زاویه ۳۰ درجه بر گذراها نشان داده شده است . مشاهده می کنیم که حتی در این زاویه، به بود زیادی در کاهش گذراها حاصل شده است.

۷-۷ : استفاده از کلید مجهز به مقاوم تهای بایپس شونده

در این روش کلید به چند مقاومت سری تجهیز می شود .مقاومتها به هنگام وصل کلید در مدار قرار گرفته و پس از چند سیکل بایپس شده از مدار خارج می شوند .این مقاومتها در لحظه وصل کلید از فروپاشی ولتاژ باس به میزان قابل توجهی جلوگیری می کنند و در نتیجه پیک گذرای بازیافت ولتاژ را کاهش می دهند.

در این روش باید به دو نکته در مورد مقاومتها توجه نمود:

میزان توان تلفاتی در این مقاومتها باید برای مقاومت قابل تحمل باشد و قابلیت اعتماد شبکه را کاهش ندهد.

گذرای ثانویه که به هنگام بایپس نمودن حاصل می شود بیش از گذرای اولیه نباشد.

بهترین زمان برای بایپس نمودن مقاومت وقتی است که گذرای ثانویه حاصل از بایپس شدن مقاومت تقریباً معادل اندازه گذرای اولیه در آن لحظه باشد.

در شکل(۷ – ج) نتایج حاصل از این روش با بکارگیری مقاومتهای ۱۲ اهمی و بایپس نمودن آنها پس از ۲ سیکل نشان داده شده است.

۷-۸ : استفاده از کلید مجهز به سلفهای بایپس شونده

این روش مشابه روش مقاومتهای بایپس شونده است با این تفاوت که به جای مقاومت سلف در کلید به کار می رود سلف به علت خاصیت وابستگی امپدانس آن به فرکانس در لحظهٔ برقدار شدن خازن با نشان دادن امپدانس بزرگ از فروپاشی ولتاژ باس جلوگیری نموده همچنین باعث کاهش پیک جریان گذاری اولیه می شود در هنگام بایپس نمودن سلف گذاریی تولید می شود که اغلب از گذاری اولیه کوچتر است.

سلفهایی که در کلیدها به کار می روند دو نوع هستند :

سلفهایی که از سیمهای فولادی ساخته شده دارای مقاومت بالایی هستند.

سلفهایی که از سیمهای آلومینیومی ساخته شده و دارای مقاومت کوچکی هستند.

سلفهای مقاومت زیاد برای مواردی که گذاری ولتاژ بزرگ است کاربرد دارند، البته این سلفها منجر به گذراهای ثانویه بزرگی می شوند و برای مواردی که خازنها بزرگ هستند نباید از این سلفها استفاده نمود چون گذرای ثانویه می تواند خیلی شدید باشد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سلفهای مقاومت کم با توجه به این که دارای اندوکتانسی مشابه سلفهای مقاومت بالا هستند، در کاهش میزان گذرای ولتاژ مشابه آنها رفتار می کنند، ولی به علت داشتن امپدانس کوچکتر، گذرای ثانویه کوچکتری هم دارند . غالباً این سلفها پس از گذشت چند سیکل بایپس می شوند که این مدت به سطح ولتاژ شبکه وابسته است .در ضمن این سلفها چون با خازن سری هستند موجب تغییر فرکانس گذرای کلیدزنی هم می شوند.

این روش برای بانکهای خازنی **back-back** بسیار موثر بوده و گذرای جریان کلیدزنی را به خوبی کنترل می کند . این روش در مقایسه با تکنیک کلیدزنی با مقاومتهای بایپس شونده دارای قابلیت اعتماد بیشتری بوده و اقتصادی تر هم می باشد.

شکل(۷ – د) نتایج حاصل از این روش با بکارگیری سلفهای ۲۵ میلی هانری- ۲۰ اهم و بایپس نمودن آنها پس از ۴ سیکل را نشان می دهد.

۷-۹ : استفاده از کلید مجهز به سلفهای دائمی

در این روش سلفهایی به شکل دائمی با کلید خازن سری م ی شوند .این سلفها که حدود ۰/۵ تا ۲ میلی هانری هستند به شکل موثری جریان های گذرای کلیدزنی ناشی از خازنهای**back-back** را کاهش می دهند ولی تأثیر قابل ملاحظه ای در کنترل و کاهش گذرای ولتاژ ندارند .

تاثیر قابل توجه این سلفها این است که آنها می توانند با ایجاد فاصله مناسب بین فرکانس تشدید سری و فرکانس مدار کلیدزنی به شکل مؤثری بر چگونگی تقویت گذراها توسط خازنهای اصلاح ضریب توان اثر گذاشته و موجب کاهش میزان تقویت گذراها شوند.

شکل(۷ - ه) نتایج حاصل از این روش با بکارگیری سلفهای ۱۰ میلی هانر ی را نشان می دهد.

۷-۱۰ : استفاده از برقگیر

استفاده از برقگیر برای محدود نمودن گذراهای ولتاژ در برخی موارد مؤثر است، البته به شرطی که جنبه های مختلف عمل کرد آن مورد توجه قرار گیرد.

از برقگیرها هم می توان در شبکه برق استفاده نمود و هم مصرف کنندگان می توانند در تأسیسات خود و برای بارهای خاص از آنها استفاده کنند.

نکته بسیار اساسی توجه به میزان تلفات انرژی برقگیر به هنگام رخ دادن اضافه ولتاژ است.

شکل (۷ – و) نتایج حاصل از این روش با استفاده از برقگیری با سطح حفاظتی ۱/۲ نشان می دهد .

۷-۱۱ : استفاده از فیلتر

یکی از روشهای موثر برای کاهش اعوجاج ولتاژ در باس مصر ف کنندگان استفاده از فیلتر بجای خازن اصلاح ضریب توان است . این روش از بهترین روشهایی است که مصرف کنندگان می توانند از آن استفاده کنند.

اگر یک سلف را با خازن اصلاح ضریب توان سری کنیم چند نتیجه حاصل خواهد شد : اول اینکه سلف اضافه شده می تواند فر کانس تشدید ترکیب خازن و سلف ناشی از ترانسفورماتور توزیع را تغییر دهد . با توجه به اینکه اغلب فرکانس گذرای کلید زنی خازن شبکه حدود ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ هرتز است، افزودن سلف می تواند این فرکانس را بشکلی تغییر دهد که فاصله آن از فرکانس کلیدزنی خازن به اندازه کافی زیاد شده از رخ دادن تشدید جلوگیری کند.

دوم اینکه اگر با افزودن سلف باز هم تشدید رخ دهد ولتاژ گذرا به جای اینکه به باس اعمال شود به سمت خازن انتقال یاف ته و روی خازن می افتد، که مشخصاً بکارگیری تمهیداتی برای حفاظت خازن بسیار راحتر از حفاظت کلیه بارهای متصل به باس است.

نکته مهم در بکارگیری فیلترها این است که باید کلیه خازنهای اصلاح ضریب توان به فیلتر تبدیل شوند در غیر این صورت فرکانسهای تشدید بالایی ایجاد می شود، که براحتی توسط گذرای کلیدزنی خازن قابل تحریک بوده، می تواند گذراهای تقویت شده بزرگی ایجاد کند.

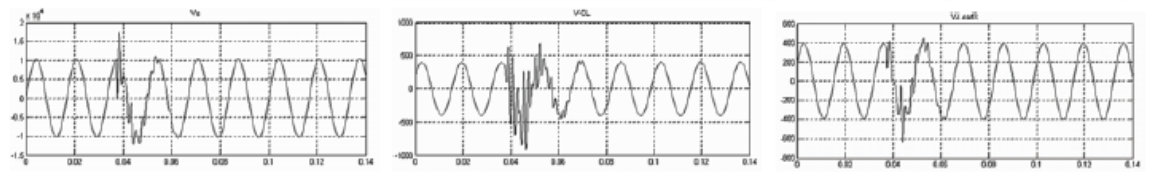
شکل (۷ – ز) نتایج حاصل از این روش با استفاده از فیلتر حذف هارمونیک چهارم را نشان می دهد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

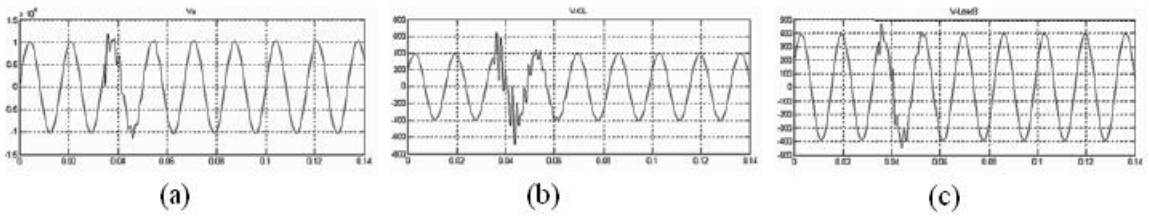
۷-۱۲ : نتیجه گیری

افزایش آلودگی هارمونیکی شبکه بعلت استفاده روز افزون از سیستمهای الکترونیک قدرت مثل درایوها و منابع تغذیه باعث شده که نصب خازن در شبکه، نیازمند انجام مطالعات هارمونیکی دقیقی در محل نصب باشد .در این مقاله عملکرد کلیدزنی خازن و تقو یت اغتشاشات تو سط خازن بررسی گردید . نتایج حاصل از شبیه سازیها نشان داد که خازن بالقوه دارای توانایی ایجاد اغتشاشات مخرب در کیفیت توان شبکه است.

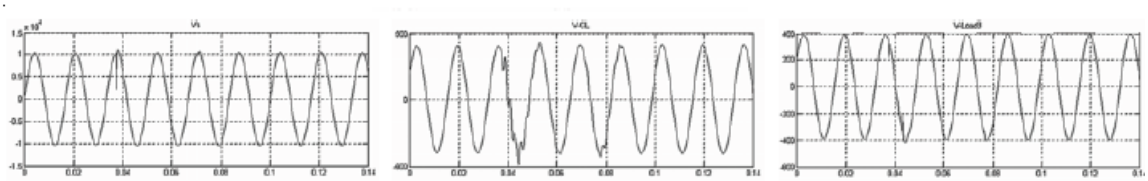
افزایش حساسیت بارها به اغتشاشات شبکه، بکارگیری روشهایی برای کاهش این اغتشاشات و بهبود کیفیت توان شبکه را ضروری نموده است .در این مقاله روشهایی بدین منظور بیان گردید که هر یک دارای مزایا و معایبی هستند . برای استفاده از این روشها در هر مورد باید کارایی آنها بطور دقیق و با لحاظ نمودن مسائل اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد



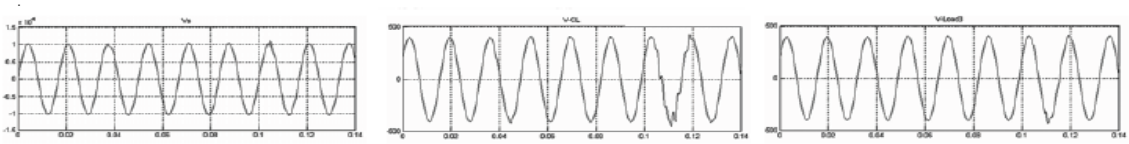
شکل (۷ – الف) : کلیدزنی در پیک ولتاژ



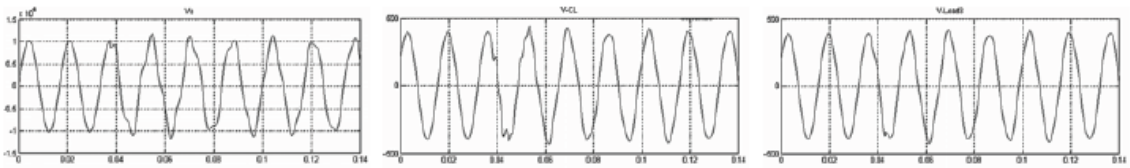
شکل(۷ – ب) : تکنیک کلیدزنی همزمان (زاویه ۳۰ درجه)


(a) (b) (c)

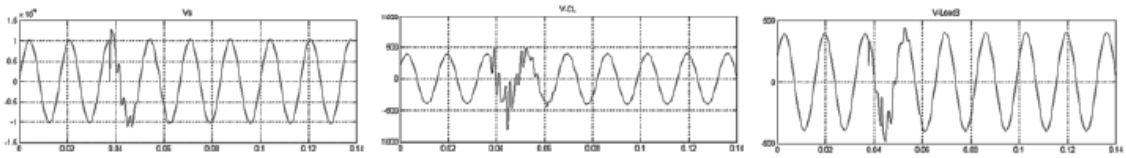
شکل(۷ – ج) : استفاده از کلید مجهز به مقاوم تهای بایپس شونده


(a) (b) (c)

شکل(۷ – د) : استفاده از کلید مجهز به سلفهای بایپس شونده

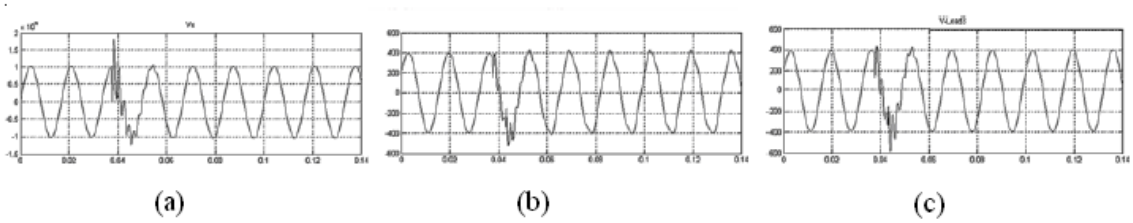

(a) (b) (c)

شکل(۷ - ه) : استفاده از کلید مجهز به سلفهای دائمی


(a) (b) (c)

شکل(۷ – و) : استفاده از برقگیر

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل(۷ – ز) : استفاده از فیلتر**(a)** : ولتاژ باس خازن شبکه **(b)** : ولتاژ خازن اصلاح ضریب توان

(c) : ولتاژ باس مصرف کننده

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع :

۱- نهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق(زنجان)

۲- تجهیزات نیروگاه. م . سلطانی . جلد دوم .انتشارات هنر. ۱۳۸۶

۳- وبلاگ تخصصی برق. POWERENGINEERING. BLOGFA. COM

۴- سیزدهمین کنفرانس شبکه های توزیع(گیلان)

WikiPower.ir