- اولین بار خازن جهت مصارف عمومی ۷۰ سال پیش برای استفاده در مدارهای تلفن و تلگراف عرضه گردید در آن سالها خازن تشکیل می شد از کاغذ به عنوان عایق و فویل نازک بعنوان الکترودها و کاغذ را با واکس اشباع می کردند پس از آن ژله های نفتی جایگزین واکس گردید و با رسیدن به ولتاژ400 v این ماده نیز با روغن معدنی جایگزین شد پس از آن با بدست آمدن فویل های بسیار نازک آلومینیوم با ضخامت کمتر از ۷ میکرون و بهتر شدن کیفیت دی الکتریک بین آن مجدداً از این دست خازنها با کیفیت بسیار بالاتر تهیه گردید دو دهه بین ۱۹۲۰ تا ۱۹۴۰ اوج پیشرفت تکنولوژی خازن بود در این سالها خازنها بین یک تا ۵۰۰ کیلووار ساخته شدند این خازنها در ولتاژ بالا به شکل مثلث بکارمی رفتند سپس در ولتاژهای kv 6.6 و kv11و سرانجام در ولتاژ33 kv مورد استفاده قرار گرفتند . در اوایل دهه ۱۹۵۰ اسکارل بعنوان اشباع کننده بکار برده شد و بعنوان پلی کلرور بی فنیل PCB شناخته شد کلوفن نیز از این دسته بشمار می رفت .
- با افزايش مصرف در سالهاي 1960 افزايش ولتاژ باعث شد بانكهاي بزرگ خازني در سطوح ولتاژ بالا ساخته شوند تا جايي كه در انتهاي اين دهه خازنهاي با قدرت225 KVAR نيز توليد شد.

- نهایتاً یک سازنده انگلیسی خازن با فیلم متالیزه کاملاً خشک را پیشنهاد کرد بطور خلاصه :
- ۱۹۵۱ جایگزینی کاغذ آغشته به روغن به جای روغن معدنی
- ۱۹۵۷ ایجاد واحد های بزرگ خازنی
- ۶۷- ۱۹۶۰ بهبود کیفیت کاغذ
- ۱۹۶۷ معرفی فیلم ترموپلاستیک
- ۷۵-۱۹۷۰ بهبود فیلم ترموپلاستیک
- مشخصه هاي عمومي خازن :

كاربرد كاغذ بعنوان دي الكتريك اصولاً به سه نوع عرضه مي گردد :

- 1- چگالي بالا (2/1 H)
- 2- چگالي متوسط (0/1 M)
- 3- چگالي كم (8/0 L)

خازن

خازن ها انرژی الکتریکی را نگهداری می کنند و به همراه مقاومت ها ، در مدارات تایمینگ استفاده می شوند .

همچنین از خازن ها برای صاف کردن سطح تغییرات ولتاژ مستقیم استفاده می شود . از خازن ها در مدارات استفاده می شود . زیرا خازن ها به راحتی سیگنالهای غیر مستقیم AC را عبور می دهند ولی مانع عبور سیگنالهای مستقیم DC می شوند. . خازنها به اشکال گوناگون ساخته می‌شوند و متداولترین آنها خازنهای مسطح هستند.

ظرفیت:

ظرفیت معیاری برای اندازه گیری توانائی نگهداری انرژی الکتریکی است . ظرفیت زیاد بدین معنی است که خازن قادر به نگهداری انرژی الکتریکی بیشتری است . واحد اندازه گیری ظرفیت فاراد است .

μ means 10-6 (millionth), so 1000000μF = 1F

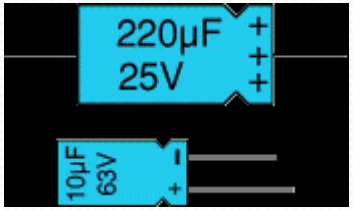
انواع خازن ها:

انواع مختلفي از خازن ها وجود دارند كه ميتوان از دو نوع اصلي آنها ، با پلاريته (قطب دار) و بدون پلاريته (بدون قطب) نام برد .

خازنهاي قطب دار:

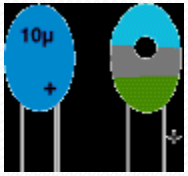
الف - خازن هاي الكتروليت

در خازنهاي الكتروليت قطب مثبت و منفي بر روي بدنه آنها مشخص شده و بر اساس قطب ها درمدارات مورد استفاده قرار مي گيرند .



ب - خازن هاي تانتاليوم

خازن هاي تانتاليم هم از نوع قطب دار هستند و مانند خازنهاي الكتروليت معمولاً ولتاژ كمي دارند . اين خازن ها معمولاً در سايز هاي كوچك و البته گران تهيه مي شوند و بنابراين يك ظرفيت بالا را در سايزي كوچك را ارائه مي دهند



خازنهاي بدون قطب:

خازن هاي بدون قطب معمولا خازنهاي با ظرفيت كم هستند و ميتوان آنها را از هر طرف در مدارات مورد استفاده قرار داد . اين خازنها در برابر گرما تحمل بيشتري دارند و در ولتاژهاي بالاتر مثلا 50 ولت ، 250 ولت و ... عرضه مي شوند.

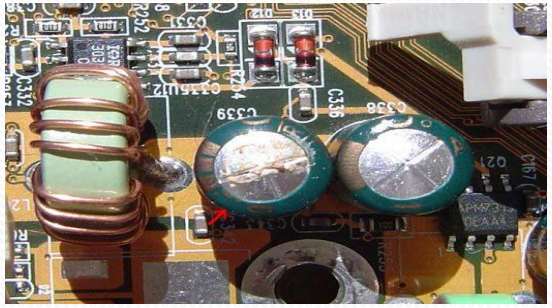
كد رنگی خازن ها :

در خازن هاي پليستر براي سالهاي زيادي از كدهاي رنگي بر روي بدنه آنها استفاده مي شد . در اين كد ها سه رنگ اول ظرفيت را نشان مي دهند و رنگ چهارم تولرانس ا نشان مي دهد.

براي مثال قهوه اي - مشكي - نارنجي به معني 10000 پيكوفاراد يا 10 نانوفاراد است.

خازنها به دو دسته کلی ثابت و متغیر تقسیم بندی می‌شوند. خازنها انواع مختلفی دارند و از لحاظ شکل و اندازه با یک دیگر متفاوت‌اند. بعضی از خازنها از روغن پر شده و بسیار حجیم‌اند. برخی دیگر بسیار کوچک و به اندازه یک دانه عدس می‌باشند. خازنها بر حسب ثابت یا متغیر بودن ظرفیت به دو گروه تقسیم می‌شوند :خازنهای ثابت و خازنهای متغیر.

خازنهای ثابت



این خازنها دارای ظرفیت معینی هستند که در وضعیت معمولی تغییر پیدا نمی‌کنند. خازنهای ثابت را بر اساس نوع ماده دی الکتریک به کار رفته در آنها تقسیم بندی و نام گذاری می‌کنند و از آنها در مصارف مختلف استفاده می‌شود. از جمله این خازنها می‌توان انواع سرامیکی ، میکا ، ورقه‌ای (کاغذی و پلاستیکی)،الکترولیتی ، روغنی ، گازی و نوع خاص فیلم (Film) را نام برد.

خازنهای متغیر

به طور کلی با تغییر سه عامل می‌توان ظرفیت خازن را تغییر داد:فاصله صفحات "، "سطح صفحات "و" نوع دی الکتریک ."اساس کار خازن متغیر بر مبنای تغییر سطح مشترک صفحات خازن یا تغییر ضخامت دی الکتریک است، ظرفیت یک خازن نسبت مستقیم با سطح مشترک دو صفحه خازن دارد.

خازنهای متغیر عموما ازنوع عایق هوا یا پلاستیک هستند.

خازنهای سرامیکی

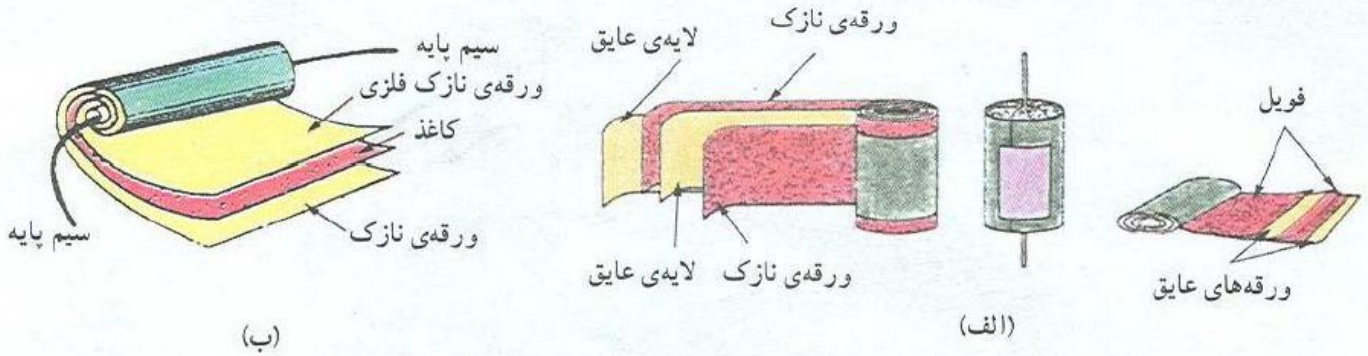
خازن سرامیکی (Ceramic capacitor) معمولترین خازن غیر الکترولیتی است که در آن دی الکتریک بکار رفته از جنس سرامیک است. ثابت دی الکتریک سرامیک بالا است،

خازنهای ورقه‌ای

در خازنهای ورقه‌ای از کاغذ و مواد پلاستیکی به سبب انعطاف پذیری آنها ، برای دی الکتریک استفاده می‌شود. این گروه از خازنها خود به دو صورت ساخته می‌شوند :

خازنهای کاغذی

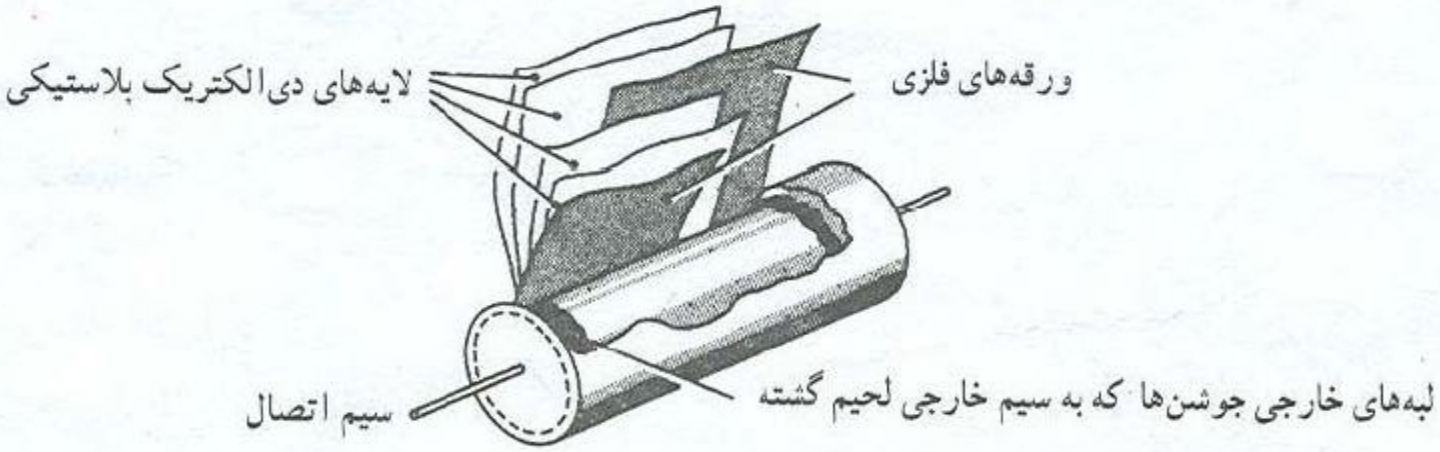
دی الکتریک این نوع خازن از یک صفحه نازک کاغذ متخلخل تشکیل شده که یک دی الکتریک مناسب درون آن تزریق می‌گردد تا مانع از جذب رطوبت گردد. برای جلوگیری از تبخیر دی الکتریک درون کاغذ ، خازن را درون یک قاب محکم و نفوذ ناپذیر قرار می‌دهند.



شکل ۲۶ــ۱ــ ساختمان داخلی و شکل ظاهری خازن کاغذی

خازنهای پلاستیکی

در این نوع خازن از ورقه‌های نازک پلاستیک برای دی الکتریک استفاده می‌شود. ورقه‌های پلاستیکی همراه با ورقه‌های نازک فلزی) آلومینیومی) به صورت لوله ، در درون قاب پلاستیکی بسته بندی می‌شوند.



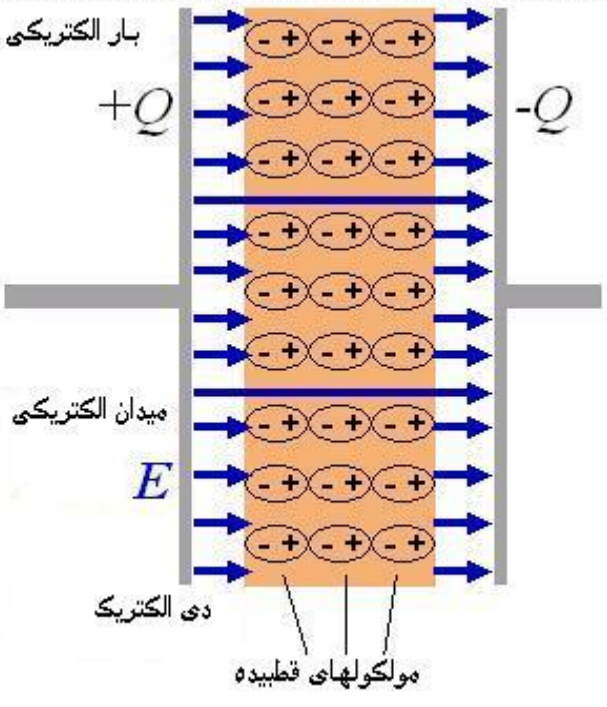
شکل ۲۷ــ۱ــ ساختمان خازن پلاستیکی

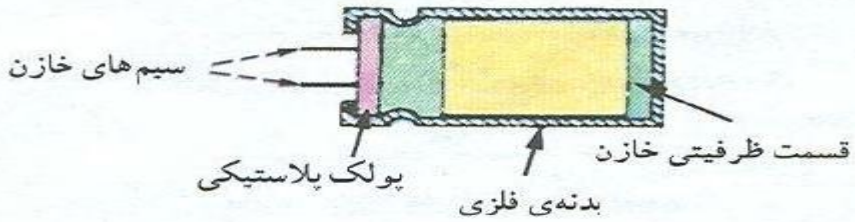
خازن های الکترولیتی

این نوع خازنها معمولاً در رنج میکرو فاراد هستند .خازنهای الکترولیتی همان خازنهای ثابت هستند، اما اندازه و ظرفیتشان از خازنهای ثابت بزرگتر است. نام دیگر این خازنها، شیمیایی است. علت نامیدن آنها به این نام این است که دی الکتریک این خازنها را به نوعی مواد شیمیایی آغشته می‌کنند که در عمل ، حالت یک کاتالیزور را دارا می‌باشند و باعث بالا رفتن ظرفیت خازن می‌شوند.

خازن آلومینیومی

این خازن همانند خازنهای ورقه‌ای از دو ورقه آلومینیومی تشکیل شده است. یکی از این ورقه‌ها که لایه اکسید روی آن ایجاد می‌شود "آند" نامیده می‌شود و ورقه آلومینیومی دیگر نقش کاتد را دارد. ساختمان داخلی آن بدین صورت است که دو ورقه آلومینیومی به همراه دو لایه کاغذ متخلخل که در بین آنها قرار دارند هم زمان پیچیده شده و سیمهای اتصال نیز به انتهای ورقه‌های آلومینیومی متصل می‌شوند.





شکل ۳۰ــ۱ــ ساختمان داخلی خازن الکترولیتی

- محاسن خازن تانتالیومی نسبت به نوع آلومینیومی بدین قرار است:
- ابعاد کوچکتر
- جریان نشتی کمتر
- عمر کارکرد طولانی
- از جمله معایب خازن تانتالیوم در مقایسه با خازنهای آلومینیومی عبارتند از:
- خازنهای تانتالیوم گرانتر هستند .
- نسبت به افزایش ولتاژ اعمال شده در مقابل ولتاژ مجاز آن ، همچنین معکوس شدن پلاریته حساس ترند .
- قابلیت تحمل جریانهای شارژ و دشارژ زیاد را ندارند .
- خازنهای تانتالیوم دارای محدودیت ظرفیت هستند (حد اکثر تا 330 میکرو فاراد ساخته می شوند(

خازن شیمیایی

خازن الکترولیت تحت فشار بالااگر خازن الکترولیت تحت فشار ، لحظه ای زیادتر از حد مجاز قرار گیرد، انفجار بوجود می‌آید (یعنی دو جوشن ، جرقه زده و صدای انفجار بگوش می‌رسد). ولی خطر زیادی متوجه خازن نمی‌شود، زیرا بزودی پوشش ، آلومین دوباره تشکیل می‌گردد.

خازنهای کاغذی اینطور نیست، زیرا کاغذ در اثر جرقه می‌سوزد و تبدیل به کربن می‌شود و باین ترتیب خاصیت عایق بودن خود را از دست می‌دهد و کم و بیش دو جوشن را به یکدیگر اتصال کوتاه می‌دهد.

مشخصات خازنهای الکترولیتی

- خازنهای الکترولیتی در اندازه‌های مختلف وجود دارد و از لحاظ اتصال به مدار دو قطب مثبت و منفی کاملا مشخص است تا بطور صحیح به مدار بسته شود و گرنه غشاء نازک عایق آن از میان می‌رود و به اجزائی از مدار که قبل از خازن قرار دارد آسیب می‌رسد.

خازنهای الکترولیت معمولا دارای جلد فلزی هستند که به این ترتیب با ماده الکترولیت ارتباط داشته و به قطب منفی متصل می‌شوند.

- این خازنها اغلب به عنوان صافی بکار می‌روند.
- اغلب در فرکانسهای پایین ، برای دکوپلاژ استفاده می‌شود. بخصوص در مورد دکوپلاژ مقاومتهای پلاریزاسیون.

خازن و هارمونیک

مقدمه

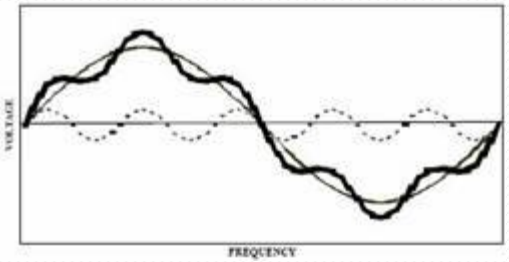
نقش خازنها به عنوان المان هاي الكتريكي و الكترونيكي كارآمد در صنايع مربوط به توليد و انتقال و توضيع امروزي غير قابل انكار است بگونه اي كه ديگر هرگز نمي توان چنين صنايعي را بدون وجود خازنهاي نيرو متصور شد.از اين رو شناخت كامل خازنها و عوامل تاثير گذار برآنها و حفظ و نگهداري و نظارت دقيق بر آنها ، براي افزايش طول عمر خازن ها و كار كرد بهينه آنها امري است الزامي و اجتناب ناپذير.

اساس هارمونيك ها :

اصولا هارمونيك ها آلوده سازي شكل موج را در اشكال سينوسي آنها نشان مي دهند. ولي فقط در مضارب فركانس اصلي . تخريب شكل موج را مي توان در فركانس هاي مختلف (مضارب فركانس اصلي) بعنوان يك نوسان دوره اي بوسيله آناليز فوريه تجزيه و تحليل كرد. در حال حاضر هارمونيكهاي فرد و زوج و مرتبه 3 در اندازه هاي مختلف ضرايب فركانس هاي مختلف در سامانه هاي الكتريكي موجودند كه مستقيما تجهيزات سامانه الكتريكي را متاثر مي سازند. در معنايي وسيعتر هارمونيكهاي زوج و مرتبه 3 هريك تلاش مي كنند كه ديگري را خنثي نمايند.

براي فهم بهتر تاثير هارمونيك ها ، شكل زير تاثير تخريب هارمونيك پنجم بر شكل موج سينوسي را نشان مي دهد :

هارمونيك هاي ولتاژ و جريان تاثيرات متفاوتي بر تجهيزات الكتريكي دارند. ولي عموما بيشتر تجهيزات الكتريكي به هارمونيكهاي ولتاژ بسيار حساس اند.



سطح هارمونيكهاي ولتاژ به پايداري سامانه تغذيه و هارمونيكهاي بار (هارمونيكهاي جريان) بستگي دارد. عموما هارمونيك هاي ولتاژ از هارمونيك هاي جريان كمتر خواهند بود.

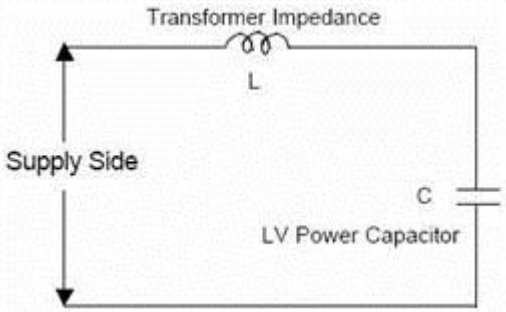
تشديد:

اساسا تشديد سلفي – خازني در همه انواع بارها مشاهده مي شود. ولي اگر هارمونيك ها در شبكه توضيع شايع نباشند تاثير تشديد فرونشانده مي شود.

در هر تركيب سلفي – خازني چه در حالت سري و چه در حالت موازي ، در فركانسي خاص تشديد رخ مي دهد كه اين فركانس خاص فركانس تشديد ناميده مي شود. فركانس تشديد فركانسي است كه در آن رآكتنس خازني (Xc) و رآكتنس القايي (XL) برابر هستند.

تشديد سري:

يك تركيب سري رآكتنس سلفي – خازني ، مدار تشديد سري شكل مي دهد كه در شكل زير نشان داده شده است.

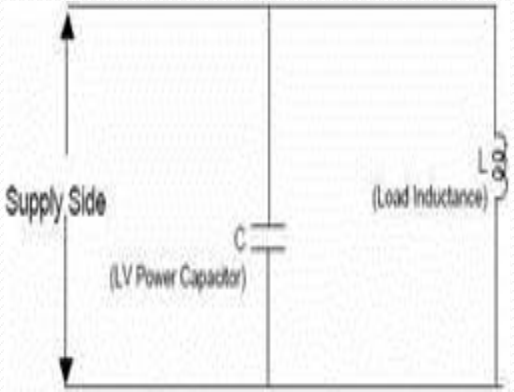


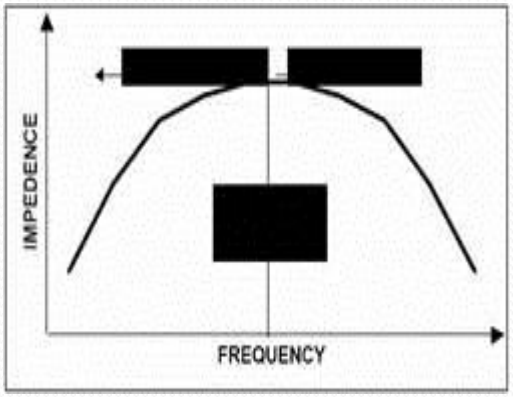
به خاطر تركيب سري سلف و خازن ، در فركانس تشديد امپدانس كل به پايين ترين سطح كاهش مي يابد و اين امپدانس در فركانس تشديد طبيعتي مقاومتي دارد. بنا براين در فركانس تشديد رآكتنس خازني و رآكتنس سلفي (القايي) برابر هستند.اين امپدانس پايين براي توان ورودي در فركانس تشديد ، افزايش تواني جريان را نتيجه مي دهد.شكل داده شده زير رفتار امپدانس خالص در وضعيت تشديد سري را نشان مي دهد.

تشديد موازي:

يك تشديد موازي تركيبي از رآكتنس خازني و القايي است كه در شكل زير نمايش داده شده است.

در اينجا رفتار امپدانس برعكس حالت تشديد موازي خواهد بود كه در شكل داده شده در زير ، نشان داده شده است.در فركانس تشديد امپدانس منتجه مدار به مقداري بالا افزايش مي يابد. اين ، منجر به بوجود آمدن مدار تشديد موازي ميان خازن هاي اصلاح ضريب توان و اندوكتانس بار مي شود كه نتيجه آن عبور ولتاژ بسيار بالا هم اندازه امپدانس ها و جريان هاي گردابي بسيار بالا درون حلقه خواهد بود.





خازنهای قدرت:

خازنهای اصلاح ضریب توان نسبت به هارمونیک ها حساس اند و بیشتر عیوب خازنهای قدرت ، عیوبی با طبیعت زیر را نشان می دهند :

هارمونیک ها – هارمونیک های پنجم ، هفتم ، یازدهم ، سیزدهم و ...

تشدید

اضافه ولتاژ

امواج کلید زنی

جریان هجومی

ولتاژ آنی بازگیری جرقه

تخلیه / بازبست ولتاژ

- بسته به طراحي ساختاري اساسي ، حدود پايداري در مقابل اضافه ولتاژ ، اضافه جريان و هارمونيكها براي دور كردن خازن از خرابي بسيار مهم است.
- اساسا خازن ها امواج كليد زني توليد مي كنند كه عموما به عنوان جريان هجومي و اضافه ولتاژ آني دسته بندي مي شوند.
- جريان هجومي پديده اي است كه هنگام به مدار وصل كردن خازن ها رخ مي دهد. امپدانس ارائه شده توسط خازن طبيعتا بسيار كم و مقاومتي است. اين امر منجر به جريان هجومي به بزرگي 50 تا 100 برابر جريان اسمي مي شود كه از خازن عبور مي كند ، اما چرا از خازن؟ زيرا امپدانس ترانسفورماتور در زمان روشن كردن خازن ها فقط در مقابل شار جريان مقاومت مي كند.
- هنگامي كه خازن خاموش مي شود شار الكتريكي در خود نگه مي دارد و بوسيله مقاومتهاي تخليه ، تخليه (Discharge) مي شود. مدت زمان تخليه عموما بين 30 تا 60 ثانيه مي باشد. تا زماني كه تخليه بشكل موثري صورت نگرفته نمي توان خازنها را به مدار باز گرداند.

دستگاه های مسدود کننده هارمونیک ها:

برای کاربری سالم خازن ها لازم است که فرکانس تشدید مدار LC (سلف – خازن) که شامل ادوکتانس بار و خازنهای اصلاح ضریب توان می شود ، به فرکانسی دور از کمترین فرکانس هارمونیک تغییر داده شود. برای مثال هارمونیک هایی که در سامانه تولید می شوند و خازن های قدرت را متاثر می سازند .

بانك هاي ناميزان سازي خازن:

بانك هاي ناميزان سازي خازن نيازمند آن هستندكه با نكات اساسي زير مشخص شوند :

انتخاب درجه ناميزان سازي

محاسبه خازن كل خروجي مورد نياز

محاسبه افزايش ولتاژ بوسيله سلف هاي سري

درجه ناميزان سازي مطلوب بر پايه هارمونيك موجود است. لازم است كه هارمونيك هاي سمت بار اندازه گيري شوند تا در درجه ناميزان تصميم گيري شود.

- سامانه خازني ايده آل:
- براي تصحيح ضريب توان در بار صنعتي كنوني كه شامل هارمونيك ها و تشديد مي شود ، يك سامانه اتصال خازني اساسا بايد خصوصيات زير را دارا باشد :
- ظرفيت خازني متغير بر اساس توان رآكتيو براي دوري از تغيير فركانس تشديد. اين امر انتخاب صحيح پنل هاي APFC را ممكن مي سازد. پنل APFC بايد خصوصيات زير را داشته باشد.
- حسگرها بايد به طور مداوم سطح هارمونيك هاي ولتاژ را نمايش دهد و خازن ها را تحت زير سطوح بالاتر هارمونيك ها محافظت نمايد.
- انتخاب خازن با عمر بالا و با تضمين مشخصات زير :
- ظرفيت اضافه بار : حداقل دو برابر جريان اسمي به طور مداوم و 350 برابر آن هنگام جريان هجومي.
- قابليت پايداري در مقابل اضافه ولتاژ :بيشتر از 10% و بالاتر از ولتاژ مجاز بصورت پيوسته.
- قابليت پايداري در مقابل هارمونيك ها : تضمين محدوده هاي هارمونيك هاي پنجم ، هفتم ، يازدهم ، سيزدهم و همچنين براي محدوده هاي THD.

- بانک خازنی:
- هنگام استفاده از بانک های خازنی توزیع، دراکثراین موارد، عمل کنترل با استفاده ازکلیدهایی صورت میگیرد که بصورت دستی و با لحاظ کردن شرایط فصلی، خازنها را وارد یا از مدارخارج میکنند. چنین کنترلی، مؤثر وکارا نیست زیرا در شرایط پیک بار، سیستم توزیع دچار کمبود توان راکتیو و در شرایط بارکم، دچار اضافه توان راکتیو می‌شود. اگرچه بانک های خازنی توزیع، تک تک و کوچک هستند اما اثر مجموع آنها بر سیستم قابل ملاحظه ا.ست.
- DCC يك دستگاه كنترل است كه با حذف يا كاهش جزء راكتيو و بهبود ضريب قدرت، ظرفيت شبكه را بالا مي برد.با بهبود ضريب قدرت، جريان سيستم كم شده و سيستم امكان مي يابد تا بار بيشتري را تغذيه كند.

- اثرات انواع روشهای قرار گرفتن خازن در مدار :
- با توجه به اینکه خازنها و بانکهای خازنی در شبکه های تکفاز و سه فاز به انواع روشهای ، سری ، موازی ، ستاره و مثلث قابل نصب می‌باشد لذا انواع روشهای نصب به منظورهای مختلف انجام می‌گیرد و نتایج متفاوتی را شامل می‌شود .

وجود خازن بر اثر اینکه عنصري پسيو ميباشد و قادر به تأمين توان راكتيو خالص است تا حد زيادي توانست پاسخگوي نياز توان راكتيو شبكه باشد البته كمبود توان راكتيو ناشي از عدم نصب خازن به مقدار كافي توسط ژنراتور و نيروگاه از طريق تحريك ژنراتور تأمين ميگردد. اما نصب خازن در نزديك محل مصرف انرژي علاوه بر تخليه شبكه از انتقال اين توان باعث صرفه‌جويي هاي بسياري نيزمي گردد كه در ادامه به آن خواهيم پرداخت .

- خازنهاي سري :
- كاربرد اين خازنها در شبكه كمتر از خازنهاي موازي بوده و صرفاً جهت كاهش امپدانس خطوط بوده و اين امر موجب انتقال توان بيشتر در شبكه مي گردد و باعث كاهش افت ولتاژ مي گردد البته امروزه از اين امر جهت پايداري ديناميكي و جلوگيري از نوسانات زير سنكرون SSR نيز استفاده مي‌شود .

- راکتانس خازنی
- راکتانس خازنی همواره باید از راکتانس القایی کوچکتر باشد لذا در انتخاب اندازه خازن سری باید به این مهم توجه داشت . در صورت عدم توجه به این امر و انتخاب خازن با عمل over compensation در انتهای خط رخ میدهد که مطلوب نمیباشد چون جریان عقب افتاده یک موتور در این حالت میتواند یک اضافه ولتاژ خطرناک ایجاد کند
- حال با توجه به اینکه P شبکه و شبکه همواره در حال تغییر است و از همه مهمتر بدلیل احتمال حالتهای قطعی و یا بروز خطا در شبکه ، تا کنون در شبکه برق ایران استفاده از خازن سری عملی نگردیده و این همان خطرناک بودن این خازن و ایجاد عمل over compensation میباشد .
- خازنهاي موازي :
- این خازنها بطور موازي با بار نصب مي گردند و در تمام شبکه از قبیل انتقال و توزیع تأثیر عمده اي مي گذارند .این خازنها با ایجاد جریان جلو افتاده نسبت به ولتاژ قسمتي تا کل جریان راکتیو بار را جبران مي کنند پس در حقیقت خازن موازي همان اثر کمپانساتورهاي سنکرون در حالت فوق تحریك را دارند مدار و مولفه هاي جریان و ولتاژ در حالتهاي شبکه بدون خازن و با خازن موازي را نشان مي‌دهد .

- وجود خازن باعث بهبود سيستم در مدارات قبل از خازن مي گردد لذا بايد در مكان نصب خازن به اين نكته توجه داشت .
- جريان حقيقي
- جريان راكتيو القايي
- جريان راكتيو خازني
- پس بهبود تنظيم ولتاژ ناشي از نصب خازن عبارتست از:
- تصحيح ضريب قدرت
- تصحيح ضريب قدرت :
- نشاندهنده تغييرات توان ظاهري توليدي با ثابت فرض نمودن توان راكتيو در اثر تغيير ضريب قدرت ميباشد همانگونه كه مشخص است با كاهش 20% ضريب قدرت 25% توان ظاهري افزايش مي يابد .
- منابع توليد توان راكتيو :
- توليد توان راكتيو به دو صورت مي‌تواند انجام گيرد ، يكي توسط نيروگاه با اعمال تحريك بيشتر، و ديگر توسط خازنها و كمپانساتورهاي استاتيكي و كندانسورهاي سنكرون در شبكه هاي توزيع و انتقال ، با اينكه توليد توان راكتيو توسط نيروگاه هزينه اي در بر ندارد اما ظرفيت توليد توان راكتيو يك نيروگاه اولاً محدود است و ثانياً مشكل عمده در انتقال اين توان راكتيو است چون اين توان نسبتاً زياد علاوه بر اشغال ظرفيت خطوط، ترانسها و كل شبكه مقداري تلفات نيزبه سيستم تحميل مي‌كند

- خازنهای شنت :
- راجع به شنت به قدر کافی توضیح داده شده که در اینجا فقط مزایای این وسیله را نسبت به دیگر رقبایش برمی شماریم:
- ۱- هزینه کمتر
- ۲- تلفات کمتر
- ۳- نگهداری کمتر
- ۴- اقتصادی تر بودن بخصوص در اندازه های کم
- ۵- قابلیت انعطاف در کاربرد
- ۶- عدم نگرانی جهت جداشدن آنها از سیستم
- ۷- فیلتر کردن هارمونیکهای تولید شده توسط نیمه هادیها
- کمپا نسا تورهاي استاتيكي :
- کمپانسورهاي استاتيكي يا (static var compensators) متعلق به خانواده جبران کننده هاي فعال (Dinamic) ميباشند و استفاده از لغت استاتيك به خاطر بي حرکت بودن سيستم است .

- با توجه به ذكر خصوصيات سه دسته فوق جبران كننده هاي توان راكتيو لذا بايد در انتخاب اين جبران كننده ها نكات زير را مد نظر قرار داد :
- 1- قابليت اطمينان اينگونه تجهيزات
- 2- طول عمر متوسط اين دستگاهها
- 3- هزينه نگهداري و تعميرات
- 4- هزينه تهيه و نصب و را ه اندازي
- 5- مدت زمان نصب و چگونگي سهولت نصب
- براي تعيين مقدار خازن بايد از جزئيات سيستم آگاهي داشته باشيم كه بروشهاي زير قابل اجرا است :
- 1- اندازه گيري Q,P
- 2- اندازه گيري P,I,V
- 3- اندازه گيري Q,S
- 4- اندازه گيري V,I,

كنترل توان راكتيو به عنوان يك عامل حائز اهميت در طراحي و بهره برداري از سيستمهاي قدرت الكتريكي از دير باز مورد توجه بوده است .

. طبق آمار و اسناد منتشره وزارت نيرو تلفات انرژي در شبكه به صورت جدول زير مي باشد :

جدول ۱- تقسیم بندی تلفات انرژی در شبکه

مصرف داخلی نیروگاهها	تلفات شبکه انتقال	تلفات شبکه توزیع	جمع کل تلفات
۵ درصد تولید خالص	۳/۹ درصد تولید خالص	۹/۷ درصد تولید خالص	۱۸/٦ درصد تولید خالص

روشهاي اوليه براي جايابي خازن ها روشهاي تحليلي بوده است كه توسطGoldberg استفاده شده است..
Rajicic & Bose ظرفيت آزاد شده پست و افزايش ولتاژ در بار كم را نيز در مدل در نظر گرفت

- استفاده از خازن و جبران ساز توان راکتیو
- در مصرف کننده های مثل الکتروموتور به دلیل داشتن سیم پیچ علاوه بر توان اکتیوی که از شبکه گرفته می شود مقداری توان رامتیو نیز از شبکه جذب می گردد که به عنوان توان انجا م دهنده کار نقشی ندارد وصرفاً باعث کاهش ضریب قدرت شبکه شده و نیز هزینه برق مصرفی را افزایش می دهد لذا به خاطر بهبود وضعیت شبکه و نیز کاهش هزینه های برق مصرفی بهتر است که این توان راکتیو به نحوی جبران گردد.

$$Q(kvar)=P(kw).)(tg\ \varphi 2- tg\ \varphi 1)$$

$$\varphi 1=Arc\ cos(P.F.1),\ \varphi 2=Arc\ cos(P.F.2)$$

P.F.1: power factor 1
P.F.2: power factor 2

- توان راکتیو به منظور ایجاد جریان مغناطیسی در اکثر مصرف کنندگان همانند موتور ها ، ترانسفورموتور ها و رادیو اکتیو ها به عنوان مبدل انرژی لازم است .
- در حال حاظر زمان هزینه انرژی راکتیو محاسبه می شود که بار راکتیو کشیده شده از شبکه بیشتر از 50% بار راکتیو باشد که این مطابق با ضریب توان 90% است.

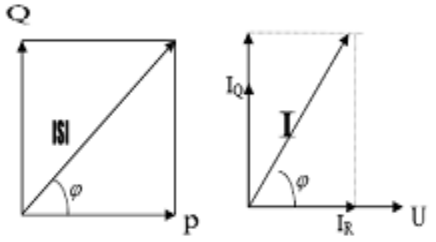
Load	cosφ power factor
Transformers (no load condition)	0.1÷0.15
Motor (full load)	0.7÷0.85
Motor (no load)	0.15
Metal working apparatuses:	
- Arc welding	0.35÷0.6
- Arc welding compensated	0.7÷0.8
- Resistance welding:	0.4÷0.6
- Arc melting furnace	0.75÷0.9
Fluorescent lamps	
- compensated	0.9
- uncompensated	0.4÷0.6
Mercury vapour lamps	0.5
Sodium vapour lamp	0.65÷0.75
AC DC converters	0.6÷0.95
DC drives	0.4÷0.75
AC drives	0.95÷0.97
Resistive load	1

بنابراین به دلیل پایین بودن ضریب توان مصرف کنندگان نیاز است که آنرا به یک نزدیک نماییم.

- دلایل جریمه برای ضریب توان کوچکتر از 0.9 :
- آزاد شدن ضریب خطوط انتقال
- محدودیت تولید توان راکتیو در نیروگاه
- قابلیت تولید توان راکتیو در محل تولید
- استفاده اقتصادی از تجهیزات شامل کابل ها و

سیم ها

تولید جریان تحریک و Q ژنراتور محدودیت دارد.



$$\cos\varphi = \frac{I_R}{I} = \frac{P}{S} \quad , I = \frac{P}{\sqrt{3}u\cos\varphi}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$Cos\varphi \uparrow \Rightarrow I \downarrow \Rightarrow A_{cable}, P_{loss} \downarrow \Rightarrow$:تجهیزات ارزان قیمت

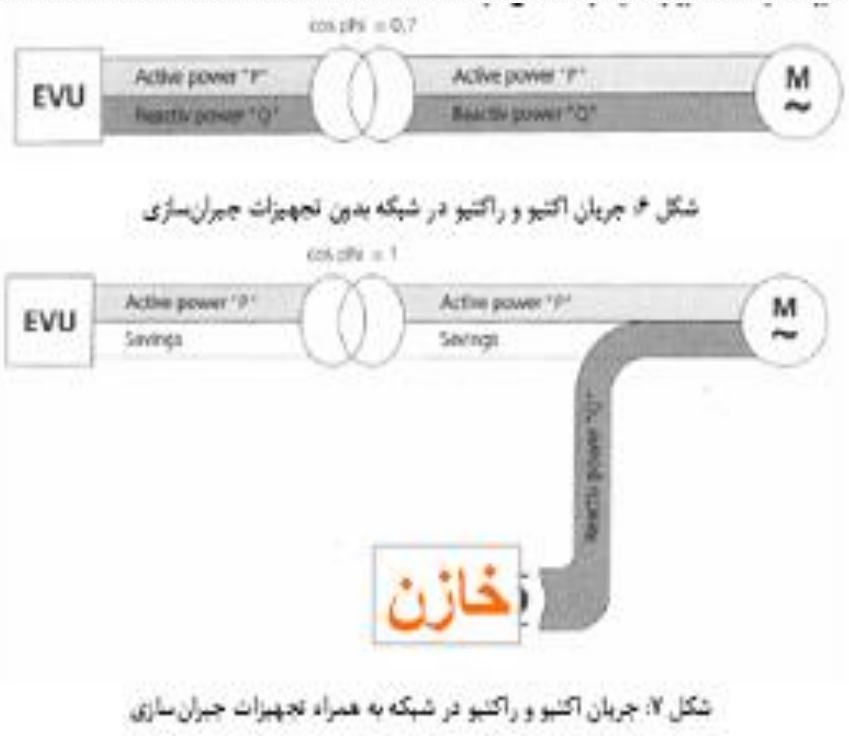
تولید ژنراتور $Q_G \uparrow \rightarrow V_G \downarrow \Rightarrow I_{fg} \uparrow$

$$-40\%P_n \le Q_n \le 80\%P_n$$

- بنا براین برای کاهش هزینه های انرژی لازم است جبران سازی با خازن که وسیله است مطمئن برای تولید توان راکتیو و تصحیح ضریب توان است انجام گیرد تا ضریب توان افزایش یابد.
- ضریب قدرت تنظیمی به دلایل زیر بهتر است بین 0.92 تا 0.93 انتخاب گردد نه بیشتر:
- افزایش بیشتر از آن مستلزم هزینه بیشتر است
- ثانیاًاگر در مرز یک انتخاب شود ممکن است پیش فازی و اضافه ولتاژ در باسپار رخ دهد.
- هدف اصلی بانک خازنی : جبران انرژی راکتیو مصرفی بار الکتریکی است در غیر این صورت دو حالت پیش می آید :
- تزریق توان راکتیو کمتر به مدار نسبت به مقدار مورد نیاز وتامین وکمبود توان راکتیو از شبکه و در بر داشتن جریمه و هزینه.
- تزریق توان راکتیو بیشتر به مدار نسبت به مقدار مورد نیاز و در بر داشتن اضافه ولتاژ .
- در صد اضافه ولتاژ که در حالت بی باری با وارد شدن خازن با قدرت Q از رابطه زیر بدست می آید و که درآن nk درصد ولتاژ اتصال کوتاه و S t قدرت ترانس است .

$$\frac{\Delta u}{u} = \frac{u_k \times Q}{S_t}$$

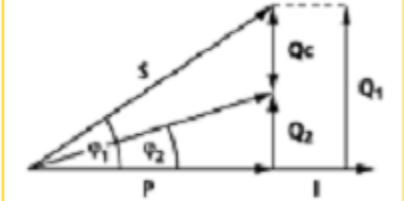
- مزایای خازن گذاری :
- استفاده اقتصادی از ژنراتور ها و ترانس ها، سیم ها ،کابل ها وکلیدها
- کاهش تلفات و افت ولتاژ و در نتیجه مخارج کم انرژی



شکل ۶: جریان اکتیو و راکتیو در شبکه بدون تجهیزات جبران‌سازی

شکل ۷: جریان اکتیو و راکتیو در شبکه به همراه تجهیزات جبران‌سازی

معمولاً جبران سازی بار با خازن به صورت موازی صورت می گیرد.

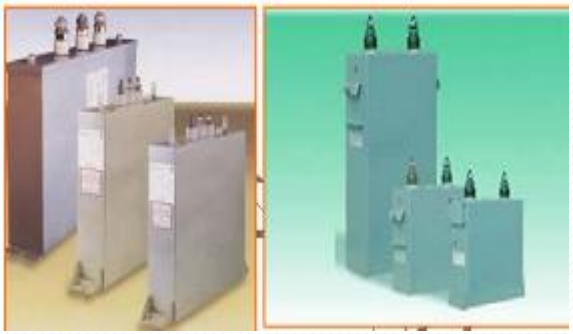


شکل ۵: دیاگرام اثر جبران‌سازی

$$Q_{\phi} = Q_2 - Q_1$$

$$Q_C = P(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2$$

- انواع خازن های قدرت:
- خازن های روغنی قابل استفاده در سطح MV
- معایب:سنگینی و نشت روغن ،تلفات بیشتر (حدود 3 تا 4 درصد خازن)
- خازن گذاری(SF6) قابل استفاده در LV و MV
- معایب : گران بودن ،



- خازن خشک (خازن سیلندری) :
- مزایا:
- طول عمر بیشتر ، تلفات کم ، حجم کم
- سیستم خود ترمیمی
- غیر قابل انفجار و اشتعال
- سازگار با محیط زسیت

- خازن موتوری و روشنایی:
- مزایا:
- برای راه اندازی موتور ها ی تکفاز در سری با سیم پیچی کمکی و افزایش گشتاور کاری
- بهبود ضریب توان لامپ های تخلیه گازی و کاهش جریان الکتریکی

- معمولاً خازن ها را در صنعت با KVAr می سنجند.
- نرم های معمولی بانک خازنی برای تصحیح ضریب قدرت:
- .... KVAr7،5،15،30
- .... KVAr12.5،25،50
- خازن ها ی مجهز به مقاومت تجلیه هستندکه به صورت موازی با آن بسته می شود.

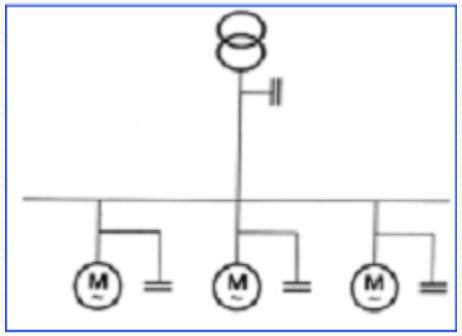
- کلاس های حرارتی خازن ها:
- عملکرد خازن ها به دمای محیط بستگی دارد و بنابراین دارای کلاس حرارتی مختلف هستند که بیانگر ماکزیمم درجه حرارت آن ها است. و همچنین حداقل دمای کارکرد خازن ها هم مهم است.

Class	Max. T^{Uc}
A	40
B	45
C	50
D	55

Min $Tm^{(Uc)}$
+5
-5
-25
-40
-50

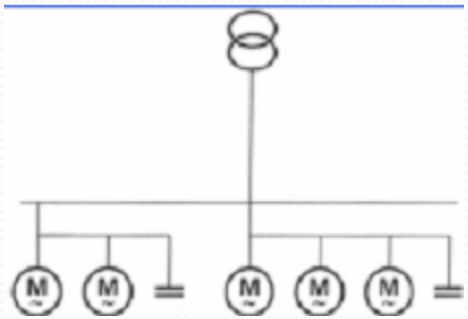
بنابراین در مناطق سردسیر بهتر است از خازن های با کلاسی 25/A- استفاده کرد.

- روش های جبران سازی:
- جبران سازی انفرادی:
- موازی با بار قرار می گیرد.
- کاربرد: جهت جبران سازی توان راکتیو یا ترانسفورماتور
- برای موتور های دائم کار ، برای موتور های کم بار یا کابل های طولانی
- مزایا :
- شبکه داخلی کاملاً از توان راکتیو پاک می شود .
- مخارج کمتر بر حسب KVA



- معایب:
- جبران سازی در تمام کارخانه پخش می شود.
- نصب پیچیده
- به طور کلی به خازن بیشتری نیاز است چون به ضریب همزمانی توجه نمی شود.
- جبران سازی گروهی:
- دستگاه هایی که به صورت گروهی نصب شده اند به صورت گروهی جبران سازی می شوند.
- و به جای خازن های مختلف کوچک از یک خازن بزرگ استفاده می کنند.
- کاربرد:

برای مصارف سلفی سنگین در صورتی که با هم به کار گرفته شوند



مزایا:

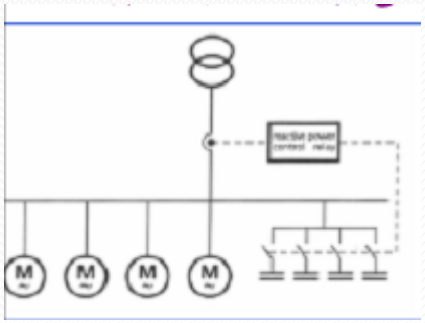
همیشه جبرانسازی انفرادی ، ولی اقتصادی تر

معایب:

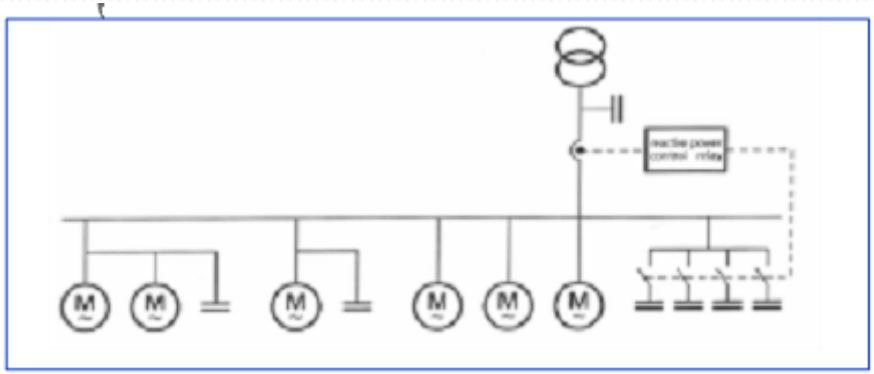
فقط برای مصرف کنندکان گروهی قابل استفاده است.

- جبران سازی مرکزی:
- کل جبران سازی به صورت مرکزی مثلاً در ورودی فشار ضعیف نصب می شود بدین طریق توان راکتیو مورد نیاز پوشش داده می شود.
- کل توان خازن به پله ایی متعدد تقسیم شده است و به وسیله ی یک رگولاتور توان راکتیو از طریق کنتاکتورها بسته به وضعیت بار به مدار وارد یا خارج می شود.
- کاربرد :
- در صورتی که مقاطع سیم ها و کابل ها داخل کارخانه مشکلی ایجاد نکند قابل استفاده است.
- کل سیستم مقابل دید بوده و به آسانی قابل کنترل می باشد.
- استفاده مفید از خازن نصب شده
- مصرف کمتر خازن به دلیل توجه به ضریب همزمانی
- کنترل هارمونیک در شبکه با افزون راکتیو به خازن ها
- معایب:
- بار داخل شبکه کم نمی شود.

هزینه اضافی برای تنظیم اتوماتیک سیستم (استفاده از رگولاتور)



- جبران سازی مختلط :
- به دلایل اقتصادی مقرون به صرفه است هر سه روش بالا استفاده می شود



- مراحل طراحی بانک های خازنی:
- محاسبه ظرفیت مورد نیاز خازن
- تعیین ظرفیت پله ی اول و آرایش پله ها
- گزینش تجهیزات بانک خازنی
- روش های تعیین ظرفیت خازن مورد نیاز:
- تخمین کلی:موقعی میتوان استفاده کرد که اطمینان 100%به صحت نتیجه محاسبات وجود ندارد

نوع مصرف کننده	قدرت نامی خازن
موتورهای دارای جبرانسازی انفرادی	۳۵-۴۰٪ توان موتور
ترانس های با جبرانسازی انفرادی	۲،۵٪ ظرفیت ترانس (در ترانس های قدیمی ۵٪)
جبرانسازی مرکزی	۲۵-۳۳٪ توان ترانس با هدف cosφ=0.9 ۴۰-۵۰ ٪ توان ترانس با هدف cosφ=1 ۷۵٪ مقدار Qc بدست آمده از رابطه زیر: (روش خوب) $Q_c \le \frac{100 S_T}{49 u_k \%}$

- تجهیزات تنظیم توان راکتیو:
- خازن های اصلاح ضریب قدرت یا بانک خازنی هوشمند
- رگولاتور
- کنتاکتور خازنی (AC6b)
- فیوز پشتیبانی (HRC)
- ترانس جریان
- مزایای بانک خازنی هوشمند:
- پخش بار راکتیو مورد نیاز بین پله های مختلف و کاهش فشار روی یک پله
- قابلیت نمایش کلیه پارامترهای الکتریکی مورد نیاز
- نصب ساده و مستقل از معکوس بستن فاز ها یا ترانس جریان
- حفاظت هر پله توسط فیوز در مقابل اتصال کوتاه
- بانک خازنی هوشمند پرتو خازنی:

- اصول کار رگولاتور :
- دستگاهی است که با اندازه گیری ولتاژ و جریان مدار و ضریب توان بار به مقدار مورد نیاز خازن به مدار دارد یا خارج می نماید و این عمل با تنظیم ضریب C/K یا هوشمند صورت گرفته و مقدار راکتیو مورد نیاز به مضربی از کوچکترین پله گرد می شود .

- موارد استفاده و کاربرد خازن :
- 1- خازن هاي شنت جهت بهبود ضريب توان
- 2- خازنهاي ذخيره كننده انرژي
- 3- خازن راه انداز موتورهاي القايي تكفاز
- 4- خازن براي حفاظت (كاربرد در برق گير ها)
- 5- خازن موازي براي سيستم منبع تغذيه
- 6- خازن سري براي سيستم منبع تغذيه
- 7- خازن براي صاف كردن شكل موج و ايفاي نقش خروجي مبدل AC/DC
- 8- خازن هاي مقسم ولتاژ
- 9- ترانس ولتاژ خازني
- 10- خازن مورد استفاده در سيستمهاي (PLC) كرير و كوپلينگ
- 11- خازنهاي فشار زياد براي تست ترانس
- 12- خازنهاي فيلتر سازي هارمونيك
- 13- خازن براي توقف كاريك تريستور
- 14- خازن مورد استفاده در سوئيچگر
- 15- خازن ژنراتور ضربه اي
- 16- خازن براي تست سوئيچگير

- توجيه اقتصادي خازنها :
- بار سيستم هاي الكتريكي شامل دو مولفه است : توان حقيقي و توان راكتيو ، توان حقيقي مي بايست در نيروگاه توليد شود در حاليكه توان راكتيو مي‌تواند يا در نيروگاه توليد شده يا توسط خازنها تأمين گردد . اين موضوع يك حقيقت شناخته شده اي است كه خازنها قدرت موازي اقتصادي ترين طريق تأمين نياز بار راكتيو بارهاي اندوكتيو و خطوط انتقال با ضريب پس فاز هستند .
- منافع اقتصادي حاصله از نصب خازنها را چنين مي‌توان بيان نمود :
- 1- آزاد شدن ظرفيت توليد
- 2- آزاد شدن ظرفيت انتقال
- 3- آزاد شدن ظرفيت پست توزيع
- 4- منافع اضافي در سيستم توزيع
- الف) كاهش تلفات انرژي (مس)
- ب - كاهش افت ولتاژ و در نتيجه بهبود تنظيم ولتاژ
- ج - آزاد شدن ظرفيت فيدر و تجهيزات مربوطه
- د - به تأخير انداختن يا حذف هزينه سرمايه جهت اصلاح و توسعه سيستم .
- 5- افزايش درآمد ناشي از بهبود ولتاژ

- انواع منابع راکتیو به قرار زیر می باشد:
- 1. خازن STATIC CAPACITOR (S.C)
- 2.راکتور
- 3. کمپانساتور سنکرون
- 4- ترانسفورماتورها
- 5. ژنراتور
- *خازن گذاری*

خازن‌گذاري در شبكه‌هاي توزيع باعث اصلاح ضريب‌قدرت و كاهش تلفات مي‌گردد. اين دو تأثير موجب آزادسازي قابل‌ملاحظه ظرفيت شبكه و توليد مي‌شود. به‌طوركلي مزاياي نصب خازن با نزديك‌ترشدن محل نصب آن به‌محل مصرف افزايش مي‌يابد. سطح ولتاژ هم به نحو موثرتري بهبود مي‌يابد.

- بهترين شيوه براي جبران‌سازي بار راكتيو، استفاده از بانكهاي خازني در محل بار است.
- هنگام استفاده از بانك‌هاي خازني توزيع، در اكثر اين موارد، عمل كنترل با استفاده از كليدهايي صورت مي‌گيرد كه بصورت دستي و با لحاظ كردن شرايط فصلي، خازنها را وارد يا از مدار خارج مي‌كنند

انواع توان در شبکه های توزیع:

می دانیم در شبکه های جریان متناوب توان ظاهری که از مولدها دریافت می شود به دو بخش توان مفید و غیر مفید تقسیم می شود . نحوه این تقسیم به شرایط مدار بستگی دارد به این معنی که هر قدر ضریب توان ($Cos\Phi$)به یک نزدیکتر باشد سهم توان مفید بیشتر است.

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 پس از اتصال بصورت ستاره یا مثلث آنگاه به سه فاز متصل می شوند.

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 يك نزديك می شود . پس با کنترل ضریب توان امکان کنترل توان راکتیو وجود دارد . این کار بکمك يك کسینوس فی متر صورت می گیرد .

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.

خازنهای فشار ضعیف

خازنها عامل جبران کننده توان راکتیو برای بارهای سلفی بوده و به عنوان عامل تصحیح کننده ضریب قدرت، عمل می کنند. توانی را که مشترکان برق، مصرف می کنند متفاوت است، در نتیجه خصوصیات ضریب قدرت آنها نیز متفاوت است.

نحوه عملکرد خازن :

استفاده از خازنها به عنوان تولیدکننده بار راکتیو به منظور تنظیم و کنترل ولتاژ و جلوگیری از نواسانات قدرت در شبکه ها و تصحیح ضریب قدرت در مصرف کننده ها به علت ارزانی و سادگی سیستم آن، بسیار متداول است.

مزایای استفاده از خازن:

خازنهای مورد استفاده در شبکه های برق دارای اثرات مختلفی هستند که از جمله میتوان به این موارد اشاره کرد:

- کاهش مولفه پس فاز جریان مدار
- تنظیم ولتاژ و ثابت نگهداشتن آن به منظور جلوگیری از وارد آمدن خسارت به دستگاهها
- کاهش تلفات سیستم(RxI^2) (به دلیل کاهش جریان
- کاهش توان راکتیو در سیستم به دلیل کاهش جریان
- بهبود ضریب توان شبکه
- به تعویق انداختن و یا به طور کلی حذف کردن هزینههای لازم برای ایجاد تغییرات در سیستم
- افزایش درآمد ناشی از افزایش ولتاژ و جبران بار راکتیو

ساختمان و حفاظت خازن:

قسمت اکتیو خازن شامل دو ورقه نازك آلومینیوم جدا شده توسط لایه های کاغذ اشباع شده از روغن عایق و مایع های مصنوعی سنتتیك (Synthetic) مانند بنزیل است. گاه به جای کاغذ از موادی چون پلیپرپیلن (Poly Propylene)نیز استفاده می کنند.

ملاحظات کلی در نصب خازنها:

محل نصب خازنها در یك سیستم برقی به مشخصات بار، بستگی دارد. برای بارهای متمرکز، خازنها در نزدیکی مرکز بار اما برای بارهای پراکنده، خازن در طول خط و مطابق با نیاز نصب می شود. خازنها با بدنه فلزی، اتصال زمین شده و یا اینکه توسط سیم خنثی، زمین می شوند.

روشهای تعیین میزان ضریب توان عبارتند از:

الف) توسط دستگاه ضریب توانسنج: در این حالت ضریب توان مستقیماً قابل خواندن است.

ب) با استفاده از مقدار مصرف ماهانه: ضریب توان در این روش با تقسیم توان راکتیو مصرفی به توان اکتیو مصرف شده در یك دوره کنتورخوانی، قابل محاسبه است.

محاسبه توان خازن:

پس از مشخص شدن مقدار ضریب توان موجود، محاسبه خازن برای جبران توان راکتیو و اصلاح ضریب توان، انجام میشود .

رگولاتور تصحیح ضریب قدرت:

از آنجا که هدف از نصب خازن، حذف بار راکتیو متغیر مصرف کننده در هر شرایط است، برای کنترل آن از رگولاتور تصحیح ضریب قدرت استفاده می شود.

- كنترل بهينه توان راكتيو با استفاده از مقادير موجود بانك هاي خازني
- 1- مقدمه
- توسعه شبكه توزيع انرژي الكتريكي تعداد مشتركين , نياز به الگوريتمي سريع جهتكنترل بهينه توان راكتيو و بهبود وضعيت پايدار و ديناميكي سيستم را لازم مي دارد . روشهاي مرسوم نظير الگوريتم ژنتيك و... كه كند مي باشند , حتي با وجود دقت بالا , نمي توانند در اين مورد كارايي مناسب داشته باشند .