سایت تخصصی برق

www.power2.ir

reza@power2.ir

بهینه سازی مصرف برق با استفاده از

جبرا نسازی توان راکتیو

تهیه و تنظیم: حامد ایران نژاد

www.power2.ir

مقدمه

اصول

- توان اکتیو
- توان اکتیو و راکتیو
- توان راکتیو
- توان ظاهری
- ضریب توان

چرا جبران سازی؟

انواع جبران سازی

- جبرا نسازی انفرادی
- جبرا نسازی گروهی
- جبرا نسازی مرکزی
- جبرا نسازی ترکیبی

تعیین خازن مورد نیاز

1. بر اساس تعرفه های توان
2. به وسیلهٔ اندازه گیری
3. از طریق خواندن کنتور
4. به وسیلهٔ قبض برق

کاربردها

جبرا نسازی گروهی

جبرا نسازی انفرادی ترانس

www.power2.ir

جبرا نسازی انفرادی موتور

رگولاسیون توان راکتیو

مشخصات توان

خازنهای قدرت

رگولاتور توان راکتیو

نصب

ترانس جریان

فیوزها و کابل

سیم حفاظت

فرمولهای محاسبات برای خازن

هارمونیک

بانک خازنی

ارایش پله های رگولاتور

مقدمه

تصحیح ضریب توان یکی از بهترین سرمایه گذاریها برای کاهش هزینه های انرژی است که در زمانی اندک هزینه خود را بر می گرداند .پیشرفتهای صورت گرفته در سالهای اخیر، قابلیت اطمینان و ظرفیت سیستمهای جبرا نسازی را افزایش داده و نصب آن را ساده نموده است.

در بسیاری از موارد طراحی سیستم و برآورد ابعاد آن، به دلیل افزایش سالانه هارمونیک ها چه در شبکه های فشار ضعیف و چه در شبکه های متوسط، سختتر شد ه است .مبدلهای قدرت، کنترل کنند ههای موتوری، مبدلهای فرکانس ثابت، تلویزیونها و کامپیوترها به شبکه

هارمونیک تزریق می کنند .این هارمونیک ها ممکن است توسط امپدانسها و خازنهای شبکه تقویت شود.

سیستمهای تصحیح ضریب توان برای کاهش هزینه ها نصب می شوند و در طول مدت 1/5 تا 3 سال هزینهٔ خود را بر می گردانند و بعد از آن سیستم به سود دهی می رسد .بنـابراین سیستم جبران سازی باید تا مدت زیادی به کار خود ادامه دهد .

اصول:

پیش از پرداختن به جزییات جبرا نسازی و چگونگی کنترل سیستم جبرا نسازی لازمست تا اطلاعات اولیه ای درباره جریان متناوب ارائه شود.

توان اکتیو:

در یک بار اهمی خالص بدون قسمت سلفی یا خازنی، مثل بخاری برقـی، عبـور از صـفر جریان و ولتاژ روی هم قرار می گیرد.(شکل 1)جریان و ولتاژ در این حالت اصطلاح ا هم فاز هستند .از ضرب مقادیر لحظه ای ولتاژ(U) و جریان(I) شـکل تـوان اکتیـو لحظـه ای محاسبه می شود .فرکانس توان دو برابر فرکانس شبکه است و کـاملا در قسـمت بـالا (مثبت)واقع می شود.

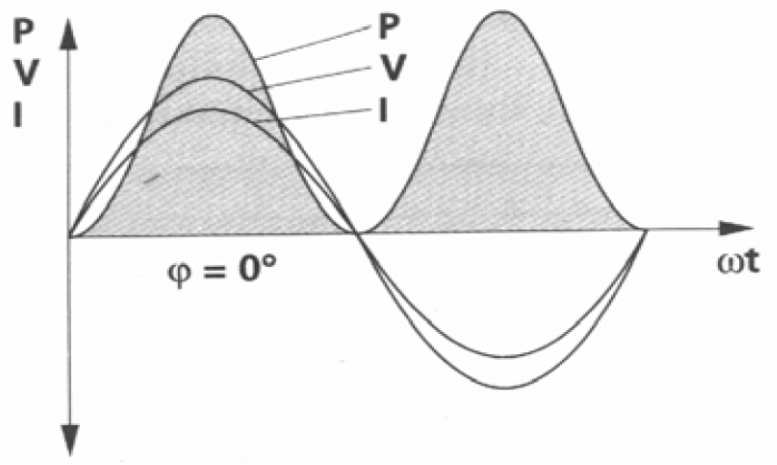
چون حاصلضرب دو عدد منفی همیشه عددی مثبت است. $(-V).(-1) = (+P)$

توان اکتیو به فرمی غیر الکتریکی(مثل حرارت، نور، توان مکانیکی) تغییر شکل می یابد و از طریق کنتور ثبت می شود.

در بار اهمی خالص توان اکتیو از حاصلضرب مقدار موثر جریان(I) و ولتاژ (U)محاسبه می شود .

$$[W] = [V] . [A]$$
$$P=U.I$$

www.power2.ir



شکل **1** :ولتاژ، جریان و توان در بار اهمی $(\varphi = 0^\circ)$

توان اکتیو و راکتیو:

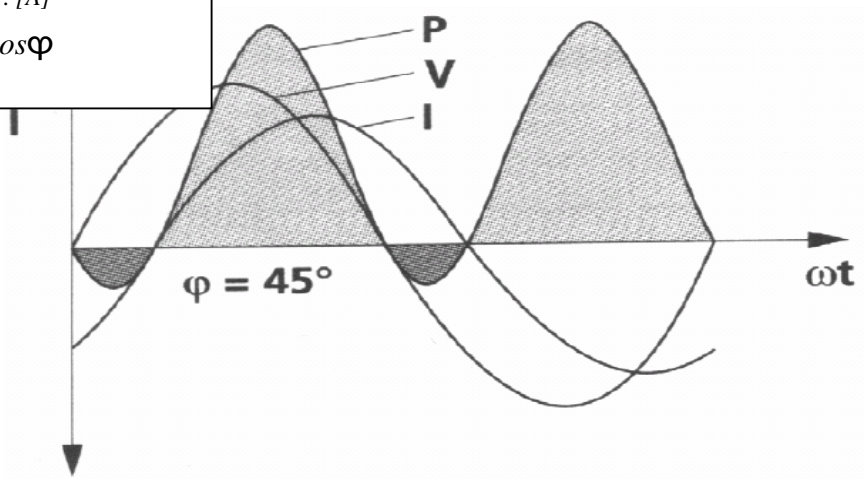
در عمل، بیشتر اوقات بار خالص اهمی وجود ندارد .بلکه قسمت سلفی نیز به آن اضافه می گردد .این مطلب در تمامی مصرف کنندگانی که به میدان مغناطیسی احتیاج دارند مثل موتور آسنکرون، راکتور وترانسفورماتور صادق است .همچنین مبدلها و یکسو سازها برای کموتاسیون محتاج توان راکتیو هستند.

جریانی که میدان مغناطیسی را به وجود می آورد و باعث تغییر قطب های آن می گردد، مصرف نشده بلکه به عنوان جریان راکتیو بین بار و ژنراتور رفت و آمد می کند .همانطوری که در شکل **2** نشان داده شده است، عبور از صفر ولتاژ و جریان دیگر بر روی یکدیگر قرار نمی گیرند و تاخیری بین آن دو وجود دارد .در فاصله بارهای اندوکتیو جریان بعد از ولتاژ حرکت کرده و در بارهای خازنی جریان جلوتر از ولتاژ حرکت می کند. در این وضعیت از رابطهٔ $P=U.I$ مقدار توان لحظه ای محاسبه می شود .چرا که اگر یکی از دو عدد منفی باشد، حاصل منفی می گردد.

مثالی با تاخیر فاز $\varphi = 45^\circ$ انتخاب شده این اختلاف فاز برابر ضریب توان **0/707** است . بخشی از منحنی توان در محدودهٔ منفی قرار می گیرد در این حالت توان اکتیو اینگونه محاسبه میشود :

$[W] = [V] . [A]$

$P=U.I.Cos\varphi$



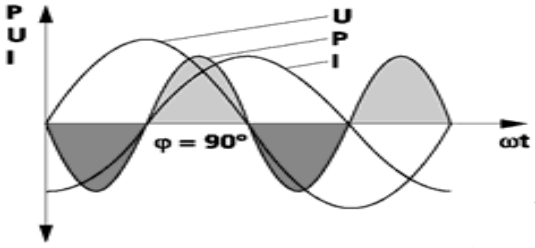
شکل 2 :ولتاژ ، جریان و توان در بار اهمی سلفی

توان راکتیو:

در موتورها و ترانسفورموتورهای بی بار، اگر تلفات کابل ها، آهن و اصطکاک نادیده گرفته شود، آنچه باقی می ماند تنها توان راکتیو سلفی است.

در صورتی که منحنی های ولتاژ و جریان با یکدیگر 90° اختلاف فاز داشته باشند نیمی از منحنی توان درناحیه مثبت و نیمی دیگر در ناحیه منفی قرار می گیرد .در این حالت توان اکتیو صفر است چون ناحیه مثبت و ناحیه منفی برابر هستند .توان راکتیو که برای به وجود آوردن میدان الکترومغناطیسی بین ژنراتور ومصرف کننده در حال نوسان است، از رابطه درون کادر زیر به دست می آید:

$Q = U.I.Sin\varphi$



$[VAr] = [V] . [A]$

شکل 3: ولتاژ، جریان و توان در بار کاملا سلفی($\varphi = 90^\circ$)

توان ظاهری:

www.power2.ir

توان ظاهری یک شبکه مشخص کننده میزان بار پذیری آن شبکه است.

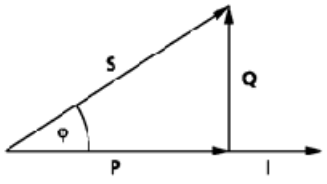
7

ژنراتور، ترانس ها، کلیدها، فیوزها و مقاطع سیم ها و کابلها می بایستی برای توان ظـاهری شبکه انتخاب گردند.

توان ظاهری حاصلضرب مقدار ولتاژ و جریان بدون در نظرگرفتن اختلاف فاز آنها است.

توان ظاهری از جمع هندسی توان موثر و توان راکتیو به دست می آید.

$$S = U.I$$
$$[VA] = [V] . [A]$$
$$S = P_2 + Q_2$$
$$[VA]=[W][VAr]$$



شکل **4:** دیاگرام قدرت

ضریب توان:

از کسینوس زاویه اختلاف فاز جریان و ولتاژ می توان اجزاء ظاهری و موثر توانها، ولتاژها و جریانها را محاسبه نمود در عمل ضریب توان **u1576** بدین صورت تعریف می شود.

$$\cos\Phi=p/s[w]/[va]$$

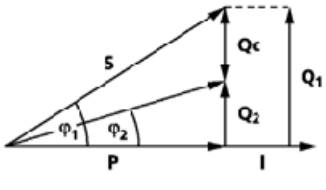
در دستگاههای الکتریکی اصولا ضریب توان برای بار کامل نوشته می شود .از آنجایی کـه شبکه برای توان ظاهری خاصی طراحی شده است، لذا سعی بر این است که مقـدار تـوان ظاهری حتی الامکان پایین نگهداشته شود .در صورتی که خازنهـای مناسـب بـه صـورت موازی و درکنار مصرف کننده نصب شوند بخشی از توان راکتیو بین خازن و مصرف کننده نوسان کرده و باقی مانده از شبکه کشیده می شود که میزان بارگذاری راکتیو شبکه را کاهش می دهد .در صورتی که به وسیله جبرا نسازی، ضریب توان به **1** برسد در شبکه تنها جریان موثر وجود خواهد داشت.

Q_Cقبل از جبرا نسازی و بعد از توان راکتیوی که از خازن گرفته می شود، از اختلاف توان راکتیو Q_1

$Q_C = Q_1 - Q_2$به دست می آید .لذا Q_2 جبرا نسازی

$$Q = p.(\tan\varphi 1 - \tan\varphi 2)$$
[VAr] [W]

$$Cos\varphi \; S = P$$

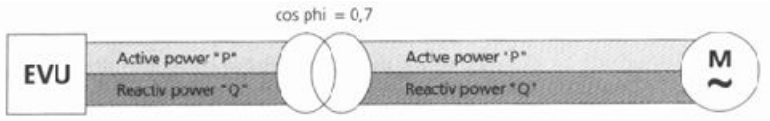


شکل :5 دیاگرام اثر جبران سازی

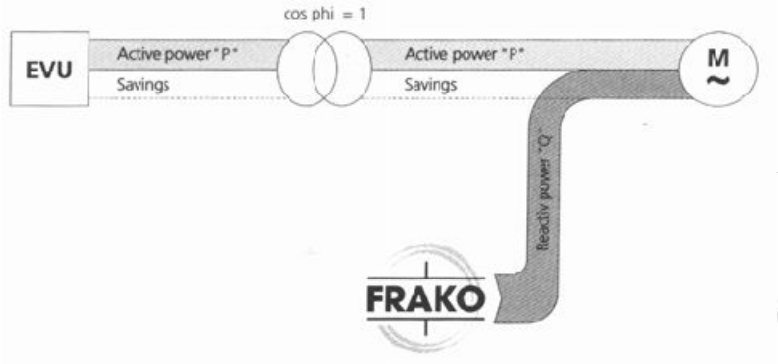
چرا جبران سازی؟

توان راکتیوی که بین ژنراتور و مصرف کننده در حال نوسان است در شبکه به گرما مبدل می شود .مولدها، ترانسها، کابلها و سیم کشی ها و کلید ها نیز بر اثر آن تحت اضافه بار قرار گرفته که تلفات و افت ولتاژ را به همراه دارند .در صورت زیاد بودن مقدار توان اکتیو مصرفی ممکن است کابلها و سیمها، توان انتقال جریان برق را نداشته باشند و لازم باشد که کابلها و سیم های دارای مقاطع بزرگتری به کار گرفته شوند.

از نظر وزارت نیرو کوچک بودن ضریب توان، هزینه های تولید، انتقال و توزیع مخارج سرمایه گذاری ونگهداری تجهیزات در شبکه تولید برق را افزایش می دهد .این مخارج به هزینه قبض های برق مصرف کننده ها اضافه می شود .به همین دلیل در مجاورت کنتور اکتیو یک کنتور راکتیو نیز نصب می شود .



شکل :6 جریان اکتیو و راکتیو در شبکه بدون تجهیزات جبران سازی



شکل :7 جریان اکتیو و راکتیو در شبکه به همراه تجهیزات جبران سازی

مزایای خازن گذاری:

استفادهٔ اقتصادی از

ژنراتورها

ترانسها

سیم ها و کابلها

کلید ها

کاهش تلفات و افت ولتاژ؛ در نتیجه

مخارج کم انرژی

جبرا نسازی انفرادی:

در ساده ترین فرم، یک خازن با مقدار مناسب، موازی هر مصرف کننده سلفی نصب می شود .بدین وسیله به صورت چشمگیری از بار سیم ها و کابلها کم می شود .باید دقت کرد که خازن فقط در محدودهٔ زمانی فعالیت دستگاهها مورد استفاده واقع شود .در ضمن نصب خازن برای جبران سازی انفرادی دستگاهها ساده نیست.

(از قبیل مسایلی چون مکان و یا مخارج مونتاژ و نصب آن)

کاربرد

جهت جبران سازی توان راکتیو بی باری ترانسفورماتورها

برای موتورهای دائم کار

برای موتورهای کم بار یا با کابل طولانی

مزایا

شبکه داخلی کاملا از جریان راکتیو پاک می شود .

مخارج کمتر برحسبkvar

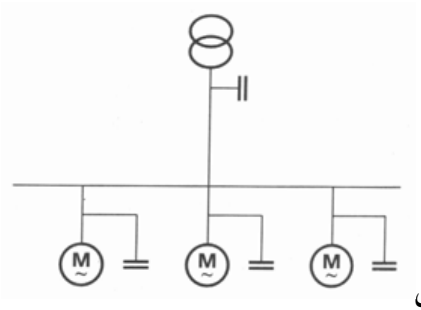
معایب

www.power2.ir

جبرا نسازی در تمام کارخانه پخش شده است .

نصب پیچیده

به طورکلی به خازن بیشتری نیاز است چونکه توجهی به ضریب هم زمانی نمی شود .



شکل :8 مثالی از جبرانسازی انفرادی

جبرا نسازی گروهی:

دستگاههایی که به صورت گروهی نصب شده اند، به صورت جمعی جبران سازی می شوند .به جای خازنهای مختلف کوچک یک خازن مناسب بزرگ نصب می شود.

کاربرد

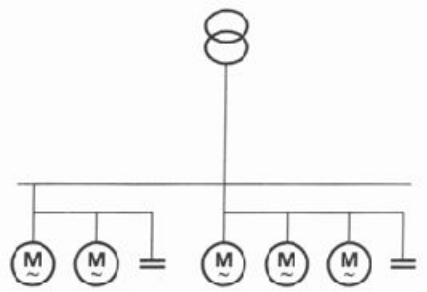
برای مصارف سنگین سلفی در صورتی که با هم به کار گرفته شوند .

مزایا

شبیه جبران سازی انفرادی ولی اقتصادی تر

معایب

فقط برای مصرف کننده های گروهی که با هم کار می کنند قابل استفاده است .



شکل :9 مثالی از جبران سازی گروهی

جبرا نسازی مرکزی:

کل جبرا نسازی به صورت متمرکز مثلا در ورودی فشار ضعیف نصب میشود، بدین طریق تمام توان راکتیو مورد نیاز پوشش داده میشود .کل توان خازن به پله های متعدد تقسیم شده و به وسیله یک رگولاتور توان راکتیو از طریق کنتاکتورها، بسته به وضعیت بار به مدار وارد یا خارج می شوند.

این روش امروزه در بیشتر مواقع مورد توجه قرار می گیرد، چرا که جبران سازی مرکزی بدین طریق می تواند به آسانی تحت کنترل قرارگیرد .تنظیم کننده های راکتیو مدرن می توانند دائما وضعیت کلیدها، ضریب توان و جریان اکتیو و راکتیو و همچنین هارمونیک های موجود در شبکه را تحت نظارت قرار دهند .به طور کلی با این روش به دلیل در نظرگرفتن هم زمانی در تمام کارخانه توان خازنی کمتر نسبت به جبرا نسازی انفرادی یا گروهی نیاز است .در این روش جریان راکتیو سیمها و کابلهای به کار رفته در شبکه درونی از طریق جبرا نسازی کم نمیشوند .یعنی اگر سطح مقاطع کابلها و سیمهای بار به اندازهٔ کافی بزرگ باشد، دیگر مزیتی به شمار نمی رود.

کاربرد

درصورتی که مقاطع سیم ها و کابلهای داخل کارخانه ایجاد مشکل نکنند همیشه قابل استفاده است.

مزایا

-کل سیستم مقابل دید بوده و آسان قابل کنترل است.

-استفاده مفید از توان خازن نصب شده

-نصب ساده در اغلب اوقات

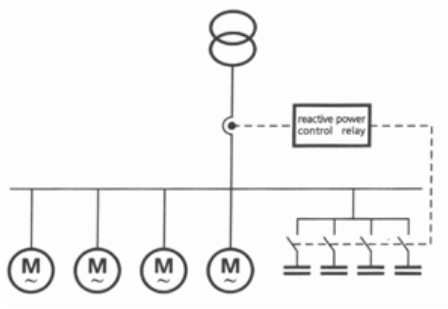
-مصرف کمتر خازن چون ضریب هم زمانی در نظر گرفته می شود

-در صورت وجود هارمونیک در شبکه، دارای مخارج مناسب تری است زیرا خازنها آسانتر به سلف مجهز می شوند

معایب

بار داخلی شبکه کم نمی **u1588** شود

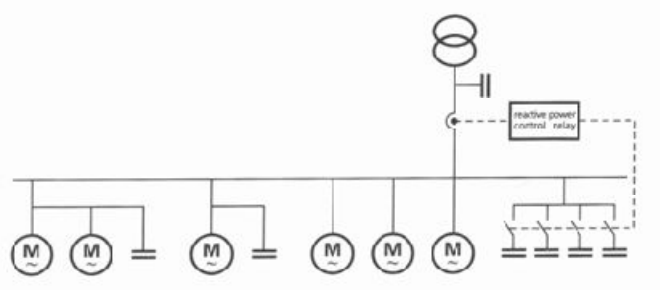
مخارج اضافی برای تنظیم اتوماتیک سیستم



شکل : 10 مثالی از جبران سازی متمرکز

جبرا نسازی مخلوط:

به دلیل اقتصادی اغلب مقرون به صرفه است که هر سه روش بالا را بـا یکـدیگر اسـتفاده نمود .



شکل : 11 مثالی از جبرا نسازی مخلوط

تعرفه های جریان:

برای مصرف کنندگان کوچک قوانین تعرفه ای مشخصی از سوی شرکتهای برق منطقـه ای اعلام می شود .در صورتی که برای مصرف کنندگان بزرگ قراردادهای مخصوصی بسته می شود.

در بیشتر این قراردادها مخارج برق از اجزاء زیر تشکیل شده است.

1-توان اکتیو [kW] - انداز ه گیری توسط کنتور ماکسی متر مثلا ماکزیموم در هر 15 دقیقه

2-توان موثر [kWh] - انداز ه گیری توسط کنتور اکتیو چند تعرفه (اغلب تعرفه روز و شب جداست)

3-توان راکتیو [$kVArh$] -انداز ه گیری توسط کنتور راکتیو چند تعرفه که بخشی از آن تعرفه روز و شب جدا دارد.

درحال حاضر زمانی مخارج انرژی راکتیوی محاسبه می شود که بار راکتیو بیشتر از 50 % بار اکتیو باشد .این مطابق ضریب توان 0,9 است .منظور این نیست که ضریب توان از 0,9 هرگز نباید بیشتر باشد .این ضریب توان به عنوان پایه ضریب توان در متوسط ماهانه صدق می کند .در بعضی از مناطق برق منطقه ای ضرایب توان دیگری مثل 0,9 اعمال می نماید. محاسبه می گردد .در این صورت مخارج توان *kVA* محاسبه نمی شود بلکه با *kW* در انـواع تعرفه ها، توان با راکتیو در قیمت توان مستتر است .برای پایین آوردن مخارج در این مورد می بایستی سعی بر آن شود تا ضریب توان به 1 افزایش یابد .کلاً باید از این نقطه نظر بـه موضوع نگاه کرد که در صورت انتخاب قدرت جبرا نسازی مناسب، از پرداخـت مخـارج اضافی جلوگیری می شود.

تخمین کلی:

در ادامه درباره این موضوع بحث می شود که چطور توان جبران سازی مورد نیـاز را مـی توان به دست آورد.

بعضی مواقع اطمینان صد در صد به صحت نتیجه محاسباتی وجود ندارد .در این موارد می توان از روی تخمین بررسی کرد که نتیجه محاسبه شده تا چه حد به حقیقت نزدیک است. تا زمانی که مصرف کننده های نصب شده خارج از عرف معمولی نباشند .چنـین تخمـین هایی به طورکلی نزدیک به اعداد واقعی هستند.

جدول :1 داده های تخمینی برای توان خازن مورد نیاز

نوع مصرف کننده	قدرت نامی خازن
موتورهای دارای جبران سازی	35-40%توان موتور
ترانس های جبران سازی	2.5%ظرفیت ترانس
جبران سازی مرکزی	25-50%توان ترانس

نوع مصرف کننده قدرت نامی خازن

تهیه لیست از مصرف کنندگان:

www.power2.ir

در یک کارگاه جدید التاسیس یا در بخشی از کارگاه ابتدا تخمین کلی از بارها باید در دست باشد .جزئیات بیشتر را می توان با تهیه لیستی از مصرف کننده های نصب شده و مشخصات الکتریکی و ضرایب هم زمانی آنها به دست آورد.

این جبرا نسازی باید چنان طراحی و به اجرا در آید که در صورت نیاز به گسترش، مخارج زیادی را در برنگیرد .کابلها و سیم ها و همچنین فیوزها برای این جبرا نسازی می بایستی چنان در نظر گرفته شوند که قابل توسعه باشند .به غیر از این می بایستی فضا برای خازنهای اضافی نیز در نظر گرفته شود.

محاسبه توان خازن مورد نیاز به وسیله انداز ه گیری:

اندازه گیری شدت جریان و ضریب توان

آمپر متر و دستگاه انداز ه گیری توان اغلب در تابلو اصلی نصب شده اند .همچنین می توان از دستگاههای انداز ه گیری چنگکی استفاده نمود .انداز ه گیری های مورد نیاز در فیدر ورودی و یا فیدرهای خروجی پست اصلی انجام می پذیرد .انداز هگیری هم زمان ولتاژ شبکه دقت محاسبه را بهتر می نماید .البته می توان ولتاژ نامی را **380** یا **400** ولت در نظر گرفت.

و ضریب توان می توان توان اکتیو را محاسبه نمود (Is) .جریان ظاهری ، (U)ولتاژ

$$P = \sqrt{3}.U.I.Cos\varphi .10^{-3}$$
$$[Kw] = [V].[A]$$

مورد نظر مشخص باشد می توان با فرمول زیر توان خازن را محاسبه کرد .البته ساد ه تر $\cos\varphi$در صورتی که از جدول **2** استخراج شود و در توان موثر محاسبه شده ضرب شود f .

است که فاکتور

$$Q = P(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)\ [VAr] = [W]$$
$$Q_C = P.f$$
$$[VAr] = [W]$$

مثال :اطلاعات برای

جریان ظاهری 248 = آمپر

ضریب توان0,86 =

ضریب توان مطلوب0,92 =

ولتاژ 397 = ولت

15

$$P = \sqrt{3} \times 397 \times 248 \times 0.86 \times 10^{-3}$$

$$P = 146.6kW$$

از جدول2 ، ضریب f برابر 0,17 است .

پس مقدار خازن مورد نیاز:

$$Q_C = 146.6 \times 0.17 = 24.9\ kVAR$$

تذکر :انداز ه گیری که در بالا بر اساس آنها محاسبات انجام گرفته مقادیر لحظه ای را بـه دست می دهند.

میزان بار بسته به روز و فصل تغییرات شدیدی دارد .به همین جهت کسی باید اندازه گیری را انجام دهد که کارگاه یا کارخانه را به خوبی می شناسد .انداز ه گیری های متعددی باید انجام پذیرد و به این نکته باید توجه کرد که مصرف کننده های نیازمند به جبـران سـازی (مصرف کننده های اصلی) در حال کار باشند .همچنین داده های انداز هگیری بایستی حتی الامکان سریعا و هم زمان برای تمام دستگاهها خوانده شود، تا اینکه با یک نوسان بار شدید ناگهانی اشتباهی در نتایج رخ ندهد.

اندازه گیری به وسیله ثبات اکتیو و راکتیو:

نتایج قابل قبول به وسیله دستگاه فوق حاصل م یشود .این داده ها می تواننـد u1576 برای مدت زمان طولانی ثبت شوند .بدین طریق داده های پیک به دست می آید.

توان خازن طبق روال زیر محاسبه می شود.

$$Q_C = Q_L - (P.\tan\varphi_2)\ [kVAr][kVAr]$$

Q_Cتوان خازن مورد نیاز

Q_Lتوان راکتیو اندازه گیری شده

Pتوان موثر اندازه گیری شده

تانژانت زاویه متناظر$\cos\varphi$ مورد نظراز جدول **2** می توان این مقدار را برداشت کرد $\tan\varphi_2$ =

مثلا برای $\cos\varphi$ =**0,92** .مقدار $\tan\varphi$ =**0,43** ، به دست می آید

انداز ه گیری از طریق خواندن کنتور:

کنتور توان اکتیو و راکتیو در ابتدای کار خوانده می شود **8** .ساعت بعد، هر دو کنتور مجددا خوانده می شوند.

در صورتی که در این **8** ساعت توقفی در کار ایجاد شده باشد، این مدت توقف باید به **8** ساعت اضافه شود.

مقدار اولیه کنتور راکتیو=RM_1

مقدار نهایی کنتور راکتیو = RM_2

مقدار اولیه کنتور اکتیو= AM_1

مقدار نهایی کنتور اکتیو = AM_2

$RM2\text{-}RM1/AM1\text{-}AM2=\tan\varphi$

با حاصل به دست آمده برای $\tan\varphi, \cos\varphi$مورد نظر از جدول **2** می توان فـاکتور fرا بـه دست آورد .

K نسبت ترانس جریان کنتور است .

$Qc=[(AM2\text{-}AM1)K/8].f$

مثال :مقادیر زیر با خواندن کنتورها ثبت شده اند.

AM_1 = **115,3**

RM_1 = **311,2** کنتور (راکتیو کیلووات ساعت)

RM_2= **321,2**

AM2=124,6

کنتورها با ترانس جریان با نسبت **150** به **5** آمپر کار می کنند بنابراین ضـریب تبـدیل جریان باید در نظر گرفته شودK = **30** .

محاسبه:$\tan\varphi=321.2\text{-}311.2/124.6\text{-}115.3=1.08$

برای رسیدن به ضریب توان **0,92** از جدول ضریب *f* برابر **0,65** به دست می آید،

مقدار خازن مورد نیاز

Qc=[(124.6-115.3)*30/8]*0.65=22.67kvar

جدول 2: ($f = \tan\varphi_{actual} - \tan\varphi_{desired}$) مطلوب ضریب توان — توان واقعی ضریب

tanφ	cosφ	0,80	0,85	0,90	0,92	0,95	0,98	1,00
3,18	**0,30**	2,43	2,36	2,70	2,75	2,85	2,98	3,18
2,96	**0,32**	2,21	2,34	2,48	2,53	2,63	2,76	2,96
2,77	**0,34**	2,02	2,15	2,28	2,34	2,44	2,56	2,77
2,59	**0,36**	1,84	1,97	2,10	2,17	2,26	2,39	2,29
2,43	**0,38**	1,68	1,81	1,95	2,01	2,11	2,23	2,43
2,29	**0,40**	1,54	1,67	1,81	1,87	1,96	2,09	2,29
2,16	**0,42**	1,41	1,54	1,68	1,73	1,83	1,96	2,16
2,04	**0,44**	1,29	1,42	1,56	1,61	1,71	1,84	2,04
1,93	**0,46**	1,18	1,31	1,45	1,50	1,60	1,73	1,93
1,83	**0,48**	1,08	1,21	1,34	1,40	1,50	1,62	1,83
1,73	**0,50**	0,98	1,11	1,25	1,31	1,40	1,53	1,73
1,64	**0,52**	0,89	1,02	1,16	1,22	1,31	1,44	1,64
1,56	**0,54**	0,81	0,94	1,07	1,13	1,23	1,36	1,56

محاسبه از طریق فیش برق:

این روش نسبتا راحت است و با دقت خوبی می توان خازن را از صورت حساب ماهانه برق محاسبه کرد و در صورت نبودن تعطیلات کارخانه یا کارگاه در مدت محاسبه قبض، می توان از صورت حساب سالانه و یا ماهانه استفاده نمود .در صورت وقوع نوسانات فصلی مسلم است که باید از صورت حساب زمان پر باری کارخانه استفاده شود .در صورت محاسبه جداگانه تعرفه های روز **u1608** و شب برای محاسبه نهایی از اطلاعات روز استفاده می شود .می توان چنین در نظر گرفت که توان خازن برای پوشش جریان راکتیو شب کافی است .در موارد خاصی که با برق شب که دارای قیمت مناسب تری است کار م یشود نباید از اطلاعات شب صرف نظر کنیم.

تعرفه های قیمت انرژی:

در محاسبه قیمت انرژی، حداکثر مصرف و انرژی اکتیو و انرژی راکتیو به صورت مجزا در نظر گرفته می شوند.

www.power2.ir

در بیشتر قراردادها حداکثر مصرف راکتیو برابر % 50 مصرف اکتیو در نظر گرفته میشود . مصرف راکتیو در صورتی مشمول هزینه می گردد که بیش از % 50 مصرف اکتیو باشد که این مصرف متناظر ضریب توان0,9 است .توصیه می شود که برای محاسبه، عدد بالاتری مثل 0,92 در نظر گرفته شود تا توان رزرو خازنی داشته باشیم.

$\tan\varphi = 19840 / 1750 = 1.11$

مثال برای محاسبه:

اطلاعات از صورت حساب برداشته شده:

حداکثر مصرف 99 کیلووات

انرژی اکتیو مصرف شده 17820 کیلووات

انرژی راکتیو مصرف شده 19840 کیلووارساعت

برای $\tan\varphi$برابر1,112 از جدول2 ضریب توان برابر 0,67 و ضریب f، برابر0,68 به دست می آید .

توان خازن مورد نیاز به صورت زیر محاسبه می شود.

$99kW \times 0.68 = 67.32kVAr$

در این مورد خازنی با توان 75 کیلووار باید انتخاب شود که جهت در نظر گرفتن امکان توسعه کارخانه میتوان مقدار 100 کیلووار را انتخاب کرد.

تعرفه های میزان تقاضای انرژی:

در این حالت مبنای مصرف، حداکثر توان مصرفی مشتری در طول یک ماه خاص است .در صورتی که توان برابر $\cos\varphi$ ظاهری و نه توان اکتیو مبنا باشد، توصیه می شود که میزان خازن را به نحوی انتخاب کنید که 1شود.

مثال:

حداکثر توان اکتیو :104 کیلووات

ضریب توان فعلی$(\cos\varphi_1)$: 0,62

ضریب توان مطلوب$(\cos\varphi_2)$: 1,00

در نتیجه $f =$ 1,27

توان خازنی مورد نیاز : $104kW \times 1.27 = 132.08kVAr$

در اینجا از یک کنترل کننده توان راکتیو **150** تا **175** کیلوواری متصل به یک بانک خازنی استفاده می شود.

جبران سازی انفرادی لامپهای تخلیه ای:

جریان اینگونه لامپها باید بوسیله چوک محدود گردد .از ترانسهای نشتی بیشتر اوقات برای لامپها فشارکم بخار سدیم استفاده می شود .همراه انواع دیگر لامپهای تخلیه ای از سلف سری به عنوان راکتورسری (ترانس نشتی)استفاده می شود .با استفاده از سلف به ضریب توان **0,5** و با استفاده از ترانس نشتی به ضریب توان **0,3**می رسیم.

بالاست الکترونیکی که برای لامپها ی فلورسنت بکار می رود نیاز به جبرانسازی ندارد.

توجه:

باید مد نظر داشت که اگر جریان غیر خطی از شبکه کشیده شود مخصوصا در صورت افزایش تعداد **u1604** لامپها ، امکان رزونانس در اثر هارمونیک ها بوجود می آید.(به بخش هارمونیک ها مراجعه نمایید).

برای جبرانسازی بالاست می توان خازنهای تک فاز را بصورت موازی یا سری نصب کرد.

در کلیدهای یک پل با یک لامپ یا کلیدهای سری با دو لامپ خازن باید به موازات لامپ قرار داده شود.

ولتاژ نامی خازن **230** ولت و هم اندازه ولتاژ شبکه است.

خازنهای موازی شبکه با امپدانس شبکه رزونانس ایجاد می کنند.

در لامپ های مهتابی دوبل از نظر اقتصادی یک خازن برای دو لامپ کافی است .در یک شاخه مدار سلفی است .در صورتیکه در شاخه دوم سلف سری بوسیله خازن جبرانسازی شود .بخاطر افزایش ولتاژ که ناشی از اتصال سری خازن و سلف خازن باید برای یک ولتاژ نامی بالاتر انتخاب شود.

جدول انتخاب برای لامپهای تخلیه ای:

در جداول متن، خازنهای مناسب برای انواع لامپها ارائه شده است.

www.power2.ir

توجه :چوکهای کم تلفات با خازنهای کم ظرفیت به صورت سری نصب می شوند . همانطور که در جدول نشان داده شده است .این اعداد بسته به تولید کننده های متفاوت متغیر است .در این بین همیشه عدد تعیین کننده، عدد خازنی است) .عددی که روی چوک نوشته می شود .

متداول ترین خازنهای سری برای چوکهایی با تلفات کم:

	۴۸۰ ولت / ۲/۷ میکروفاراد	۱۸ وات
۴۵۰ ولت / ۳/۵ میکروفاراد	۴۵۰ ولت / ۳/۴ میکروفاراد	۳۶ وات
۴۵۰ ولت / ۵/۴ میکروفاراد	۴۵۰ ولت / ۵/۳ میکروفاراد	۵۸ وات

ظرفیت لامپ بر حسب وات	ظرفیت خازن موازی بر حسب میکروفاراد	ظرفیت خازن سری بر حسب میکروفاراد
۴ الی ۱۶	۲۳۰ ولت / ۲/۰	–
۱۸ الی ۲۰	۲۳۰ ولت / ۴/۵	۴۵۰ ولت / ۲/۹
۳۶ الی ۴۰	۲۳۰ ولت / ۴/۵	۴۵۰ ولت / ۳/۶
۵۸ الی ۶۵	۲۳۰ ولت / ۷/۰	۴۵۰ ولت / ۵/۷
۳۵	۲۳۰ ولت / ۶/۰	–
۷۰	۲۳۰ ولت / ۱۲/۰	–
۱۵۰	۲۳۰ ولت / ۲۰/۰	–
۲۵۰	۲۳۰ ولت / ۳۲/۰	–
۴۰۰	۲۳۰ ولت / ۳۵/۰	–
۱۰۰۰	۲۳۰ ولت / ۸۵/۰	–
۲۰۰۰	۳۸۰ ولت / ۶۰/۰	–
۳۵۰۰	۳۸۰ ولت / ۱۰۰/۰	–
۵۰	۲۳۰ ولت / ۷/۰	–
۸۰	۲۳۰ ولت / ۸/۰	–
۱۲۵	۲۳۰ ولت / ۱۰/۰	–
۲۵۰	۲۳۰ ولت / ۱۸/۰	–
۴۰۰	۲۳۰ ولت / ۲۵/۰	–
۷۰۰	۲۳۰ ولت / ۴۰/۰	–
۱۰۰۰	۳۸۰ ولت / ۶۰/۰	–
۱۸	۲۳۰ ولت / ۵/۰	–
۵۵	۲۳۰ ولت / ۲۰/۰	–
۹۰	۲۳۰ ولت / ۲۵/۰	–
۱۳۵	۲۳۰ ولت / ۴۵/۰	–
۱۵۰	۲۳۰ ولت / ۲۰/۰	–
۱۸۵	۲۳۰ ولت / ۴۰/۰	–
۵۰	۲۳۰ ولت / ۸/۰	–
۷۰	۲۳۰ ولت / ۱۲/۰	–
۱۰۰	۲۳۰ ولت / ۱۲/۰	–
۱۵۰	۲۳۰ ولت / ۲۰/۰	–
۲۵۰	۲۳۰ ولت / ۳۲/۰	–
۴۰۰	۲۳۰ ولت / ۵۰/۰	–
۱۰۰۰	۲۳۰ ولت / ۱۰۰/۰	–

www.power2.ir

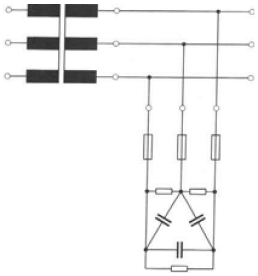
جبرانسازی گروهی لامپهای تخلیه ای:

در صورتیکه لامپهای تخلیه ای زیادی هم زمان نصب باشند، می توان در یک تقسیم قرینه ای از خازن گروهی سه فاز با ولتاژ نامی 440 ولت استفاده نمود.

توان خازن : $Qc = n \times c \times 0.015$ $kVAr$

تعداد لامپ ها $= n$

C **= ظرفیت خازنی بر حسب برای هر لامپ** μf



22

مثال : لامپ فلورسنت 58 وات داریم

$24 \times 7\mu F \times 0.015 = 2.52kVAr$

جبرا نسازی تکی ترانسفورماتورها:

مقادیری که از سوی u1587 سازندگان برای مقدار خازنهای جبرا نسازی ترانس، پیشنهاد می گردد یکسان نیست .به همین دلیل قبل از نصب یک چنین سیستم جبرا نسازی، مشاوره با پیشنهاد دهندگان توصیه می شود.

ترانس های مدرن دارای ورقه های هسته ای هستند که برای تغییر میدان مغناطیسی احتیاج به توان کمی .بار بودن ترانس امکان بروز اضافه ولتاژ های بزرگ وجود دارد در صورت بالا بودن توان خازنهایی با فیوز قدرت داخلی برای اتصال مستقیم به ترمینال ترانس مناسب هستند فقط در هنگام اتصال خازن باید در نظر داشت که کابل اتصال خازن برای یک قدرت اتصال کوتاه مناسب باشد.

جدول 3: جدول پیشنهادی انتخاب برای جبران سازی ترانس

قدرت ظاهری ترانس kVA	قدرت راکتیو $kVAr$
۱۰۰ الی ۱۶۰	۲/۵
۲۰۰ الی ۲۵۰	۵
۳۱۵ الی ۴۰۰	۷/۵
۵۰۰ الی ۶۳۰	۱۲/۵
۸۰۰	۱۵
۱۰۰۰	۲۰
۱۲۵۰	۲۵
۱۶۰۰	۳۵
۲۰۰۰	۴۰

www.power2.ir

شکل : 12 یک ترانس به همراه سیستم جبرانسازی ثابت

توجه :نباید فیوزهای قدرت خازنهای دارای فیوز قدرت داخلی زیر بار بیرون کشیده شوند زیرا به دلیل مصرف بار خازنی خالص، باعث تشکیل قوس الکتریکی می شود.

در صورت نیاز به قطع خازن از ترانس برق دار لازمست تا از کلید اتوماتیک بجـای کلیـد فیوز استفاده شود.

23

جبرا نسازی انفرادی موتورها:

توان خازن بایستی حدوداً ۹۰٪ توان ظاهری موتور را در هنگام بی‌باری تأمین کند. توان خازنی مورد نیاز:

$$\underset{[VAr]}{Q_C} = 0.9 \times \sqrt{3} \times \underset{[V]}{U} \times \underset{[A]}{I_0}$$

جریان بی باری موتور I_0

بدین وسیله در بار کامل ضریب توان 0,9 و در حالت بی باری ضریب توان بین 0,95 تـا 0,98خواهد بود.

برای موتورهای القایی با 1500 دور در دقیقه اعداد ارائه شده در جدول 4 به کار می رود .

برای موتورهای 1000دور در دقیقه باید 5% و با سرعت 750 دور در دقیقه % 15 بـه اعداد جدول 4 اضافه شوند.

جدول :4 قدرت جبران سازی برای جبران سازی انفرادی موتورها

www.power2.ir

قدرت موتور kW	قدرت راکتیو kVAr
۱ الی ۱/۹	۰/۵
۲ الی ۲/۹	۱
۳ الی ۳/۹	۱/۵
۴ الی ۴/۹	۲
۵ الی ۵/۹	۲/۵
۶ الی ۷/۹	۳
۸ الی ۱۰/۹	۴
۱۱ الی ۱۳/۹	۵
۱۴ الی ۱۷/۹	۶
۱۸ الی ۲۱/۹	۷/۵
۲۲ الی ۲۹/۹	۱۰
۳۰ الی ۳۹/۹	حدود ۴۰٪ قدرت موتور
۴۰ به بالا	حدود ۳۵٪ قدرت موتور

توجه :ماشین هایی که جبرا نسازی انفرادی شده اند و دارای خازنی هستند که به ترمینالهای موتور متصل است توان خازنشان به هیچ وجه نباید بزرگ انتخاب شود .به ویژه در دستگاههایی که دارای گشتاور ماند بالایی هستند و پس از خاموش شدن هنوز دوران می کند.

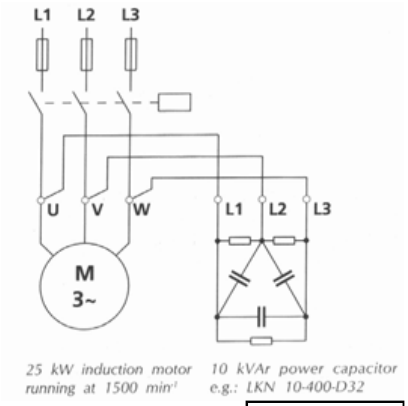
24

خازنی که به صورت موازی با دستگاه قرار دارد می تواند موتور را مانند ژنراتور تحریک کند و به این وسیله ولتاژهای بالای خطرناک پدید می آید که در این صورت به احتمال قوی خساراتی به خازن و موتور وارد می کند.

جبرا نسازی انفرادی موتورها:

در ساده ترین فرم خازن مستقیما به ترمینالهای موتور متصل م یشود .در این صورت می توان از حفاظت خازن صرف نظر کرد چون فیوز موتور از خازن حفاظت می کند .در صورتی که کلید حافظ موتور نصب شده کمتری انتخاب شود (*Trip*) .باشد توصیه می شود که جریان آستانه قطع

شکل : 13 سیستم جبرانسازی ثابت برای موتور



$$I_{th} = \frac{\cos\varphi_1}{\cos\varphi_2} \times I_N \quad (2)$$

I_{th}جریان آستانه قطع جدید مورد استفاده

I_N جریان نامی موتور طبق پلاک مشخصات

$\cos\varphi_1$طبق پلاک مشخصات

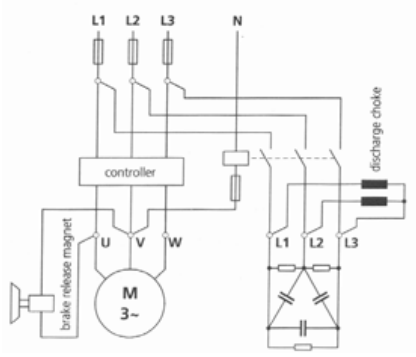
ضریب توان با جبران سازی حدود $\cos\varphi_2$ = 0,95

پس از قطع ولتاژ خازن ها مستقیما به وسیله سیم پیچ های کم مقاومت مستقیما تخلیه مـی شود لذا مقاومت های تخلیه زیاد ضروری نیستند.

جبرا نسازی انفرادی آسانسور ها و بالابرها:

آسانسورها و بالابر ها به تجهیزات ایمنی ویژه ای مجهـز هسـتند :بـه عنـوان مثـال ترمـز مغناطیسی که هنگام قطع برق به سرعت فعال می شود .این خازن که مستقیما به صورت موازی با موتور نصب شده، احتمال دارد به دلیل انرژی باقی مانده در آن باعـث تـاخیر در عملکرد ترمز مغناطیسی شده و ایست با تاخیر صورت پذیرد.

به همین دلیل خازنها می بایستی پیش از کلید نصب شوند .برای خازن می بایستی حفاظت جداگانه و تجهیزات تخلیه سریع در نظر گرفت .

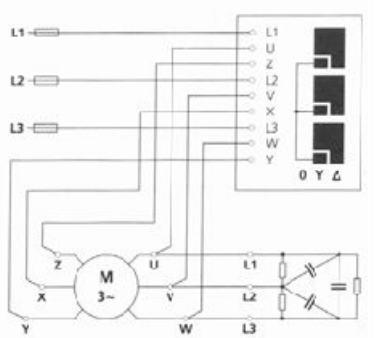


شکل : 14 موتور بالابر به همراه تجهیزات مورد نیاز

به وسیله اینترلاک باید از وصل مجدد خازن تا قبل از اتمام زمان تخلیه جلوگیری شود .به دلیل خاموش و روشن کردن زیاد و استهلاکی که از این طریق به وجود می آید توصیه می شود که خازنها گروه بندی شده با کلیدهای الکترونیکی قطع و وصل گردند .خازنها در هنگام عبور از صفر خاموش و روشن می شوند .بدین وسیله زمان عکس العمل در محدوده هزارم ثانیه قرار دارد.

کلید های ستاره مثلث:

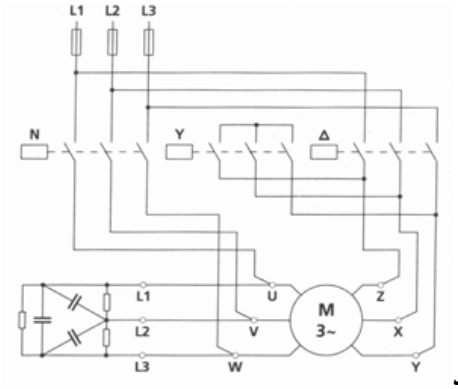
باید از کلیدهای ستاره مثلث دستی خاصی که برای جبران سازی منفرد موتورها طراحی شده اند، استفاده شود .در انتخاب کلیدهای ستاره - مثلث دستی برای موتورهایی که به وسیله خازن جبران سازی می شوند باید دقت گردد که کلیدی به کار رود تا هنگام تبدیل از ستاره به مثلث جرقه در کنتاکتها ایجاد نشود .در غیر این صورت، در هنگام عبور از حالت ستاره به مثلث خازن شارژ شده با ولتاژ ستاره تحت ولتاژ مثلث قرار گرفته و جریان ضربه ای بسیار شدیدی ایجاد شده که باعث تخریب خازن و کلید می شود.



شکل : 15 نوع خاصی از کلید دستی ستاره مثلث برای جبران سازی انفرادی موتور

ترکیب کنتاکتور ستاره مثلث:

در صورت u1575 استفاده از ترکیب کنتاکتوری باید دقت شود تا در تبدیل از ستاره به مثلث، قطع و وصل سریع صورت نپذیرد، بنابراین کنتاکتهای اصلی در هنگام تبدیل پیوسته وصل باقی بمانند .هنگام خاموش بودن *W-*موتور باید پل ستاره باز باقی بماند .خازن می تواند در قسمت خروجی حافظ شبکه یا در روی ترمینالهای نباید وصل شده باشد چرا که امکان ایجاد جرقه به *Z-Y-X* موتور وصل شد هباشد ولی به ترمینالهای*V-U* وسیله پل ستاره پدید می آید .



شکل : 16 جبرا نسازی انفرادی موتور با راه اندازی ستاره مثلث کنتاکتوری

مهم:

توان خازن نصب شده نباید به هیچ وجه زیاد باشد .به ویژه هنگامیکه دستگاه دارای اینرسی بار بزرگ بوده و بعد از خاموش کردن، دستگاه آزاد می گردد .خازن موازی می تواند دستگاه را به عنوان ژنراتور تحریک کند و ولتاژ خطرناک بالایی به وجود آید .از این طریق

خساراتی به خازن و موتور وارد م یشود به همین دلیل باید در هنگام قطع موتور از شبکه و در شرایط قطع از بسته شدن کنتاکتور ستاره جلوگیری کرد.

زمانی که دستگاه در حالت اتصال ستاره به عنوان ژنراتور تحریک شود باید انتظار ولتاژهای بالایی با دامنه به مراتب بزرگتر از آنچه در حالت مثلث پیش می آید را داشت.

27

تجهیزات تنظیم توان راکتیو:

سیستم تنظیم توان راکتیو از اجزا زیر تشکیل شده است:

1-(تنظیم کننده توان راکتیو) رگولاتور

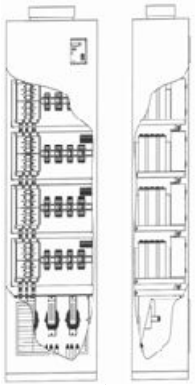
2-پله های خازنی که از طریق کلیدهای الکترونیکی یا کنتاکتور به کار گرفته می شوند .

3-(راکتورهای بلوک کننده هارمونیک) در صورت وجود

4-سلف های بلوک کننده فرکانسهای رادیویی

5-فیوزهای گروهی

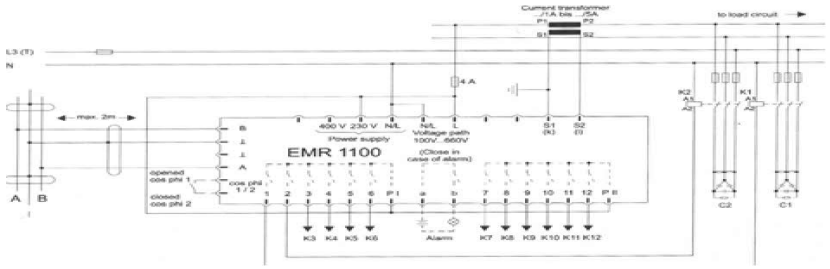
سیستم خنک کننده به همراه فیلتر هوا و ترموستات برای سلف های با هسته هوایی ترموستات دار برای سیستمهای مجهز به راکتور این اجزا یا روی یک صفحه مونتاژ یا در قسمت برق کارخانه در تابلو نصب می شود .تجهیزات تنظیم توان راکتیو مناسب نصب در شبکه هایی با توان راکتیو متغیر با زمان هستند .این خازنها به صورت پله های مختلفی دسته بندی شده اند و به وسیله رگولاتور اتوماتیک توان راکتیو از طریق کنتاکتور یا کلیدهای الکترونیکی به تناسب بار موجود به مدار وارد یا خارج می شوند.



www.power2.ir

شکل : 17 مثالی از فرم مدولی سیستم اصلاح ضریب قدرت

کنترل بر جبرا نسازی مرکزی به راحتی امکان پذیر است .تجهیزات تنظیم توان مدرن دارای کنترل مداوم روی وضعیت کلیدها ضریب توان و جریان موثر و راکتیو و همچنین کنترل روی هارمونیک های موجود در شبکه هستند .در اغلب اوقات توان راکتیو کمتری از آنچه محاسبه شده مورد نیاز است.



شکل : 18 یک مدار نمونه با سیستم تصحیح ضریب توان

خازنهای قدرت:

خازنهای قدرت با انواع LKT و یاLKI بوده و عاری از PCB بوده و دارای عایقی با خاصیت خود ترمیمی هستند .در صورتی که در اثر اضافه بار (مثلا ولتاژ بالا) شکست الکتریکی رخ دهد کویل خود را ترمیم می کند .گذشته از این، خازنها امکانات ایمنی اضافی مانند فیوز داخلی قابل اطمینانی را دارا است .فیوزی که در برابر اضافه فشار داخلی بعنوان عنصر حفاظتی عکس العمل نشان می دهد برای به کارگیری خازنهای قدرت در شبکه اصولا سه عامل اهمیت دارند:

1-میزان تحمل اضافه بار

2-طول عمر بالا

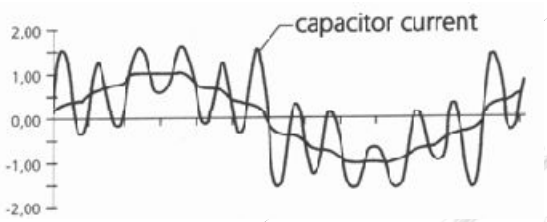
3-ایمنی بالا در بار زیاد و خرابی

خازنهای قدرت دارای ساختاری با چگالی انرژی بالا هستند .در یک حجم یک لیتری امروزه حدود 15_{kVAr} توان راکتیو را می توان تولید کرد .این پیشرفت با به کارگیری عایقهایی با تلفات پایین و ضریب دی الکتریک بالا حاصل شده است .برای دست یابی به طول عمر بالا می بایستی تخلیه های جزیی محدود شوند .این تخلیه های جزیی، تخلیه های کوچکی هستند که در داخل دی الکتریک به وجود می آیند .برای محدود کردن این تخلیه های جزیی مطمئن ترین راه اشباع عایق با پر کننده ای مایع است.

این مایع به وسیله خواص شیمیایی خود تخلیه های جزیی را محدود می کند .روغن گیاهی پایدار شده که در خازنهای LKT به کار می رود، به صورت چشمگیری دارای این خواص است .این روغن غیرسمی برای محیط زیست مسئله ساز نیست .و نقطه اشتعال $250\ ^oC$ است. این مایع عملا از آتش سوزی جلوگیری می نماید .در مقایسه با مایع های اشباع کنندهٔ دیگر که در خازنهای قدیمی به کار می رفت اصولا روغنهای معدنی با نقطه اشتعال $130\ ^oC$

ظرفیت جریان:

در شبکه با هارمونیک، احتمال پدید آمدن رزونانس همراه با اضافه ولتاژ وجود دارد و قبل از آن جریان مجاز شبکه را باید مد نظر داشت .مثلا اگر حدود7 %هارمونیک مرتبهٔ 11 وجود داشته باشد .ولتاژ7 %افزایش می یابد ولی مقدار جریان موثر خازن 1,33برابر جریان نامی خازن می گردد .بنابراین اهمیت حداکثر اضافه جریان مجاز بیشتر از حداکثر اضافه جریان مجاز است.



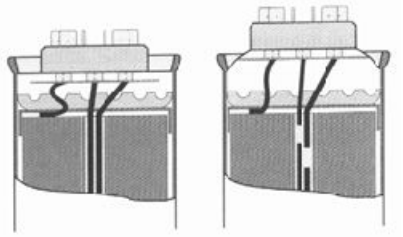
تنها خازنهای 440 ولت را برای کار در شبکه های 400 ولت استفاده می نماید
.میزان ظرفیت جریانی آنها به شرح زیر است:
1- تحمل دائمی دو برابر جریان نامی در 400 ولت
2-تحمل جریان ضربه ای با دامنه 300 برابر جریان نامی

ظرفیت ولتاژی:
خازنهای طبق VDE560 بخش 41 استاندارد، EN60831 بخش های 1 و 2 قابل بارگذاری هستند.
380 تا 6.9K ولتی در کارخانه اسید

طول عمر:
اضافه ولتاژ، اضافه دما و هارمونیک ها طول عمر مورد انتظار را کوتاه می کنند .فقط افزایش دقت در تولید با کیفیت بالا و استفاده از مواد اولیه بسیار با کیفیت مانع از افزایش تلفات و تقلیل مقاومت عایقی و جریان مجاز خازن می گردند .خازنهای تولیدی تحت آزمایشهای طولانی مدت در شرایط 1,5 برابر ولتاژ نامی و $60\ ^oC$ درجهٔ حرارت محیط و هارمونیک شدید قرار می گیرد .نرخ خرابی خازن بوضوح کمتر از 1% است درصد خرابی نامحسوس است و تلفات در سطح پایینی ثابت می ماند.
برای خازنهای تولید خود طول عمری مناسب با حداکثر 3% خرابی را اعلام می نماید .اما خازنهای FRAKO برگشتی و تمام نقایص تقبل می شود و طبق آمار این عدد کمتر از 200 واحد در میلیون است .این مطابق با نرخ خرابی می باشد که بسیار کمتر از 3% در 200,000 ساعت کار است.

رفتار ایمن در پایان طول عمر:
مسلم است که اگر خازن تحت اضافه بار به پایان طول عمر خود نزدیک گردد باید ایمن باشد.

این ایمنی فقط در خازنهایی وجود دارد که دارای قطع کننده ای باشد که:
در اثر فشار داخلی عمل کند خازن را از شبکه جدا کند و به این وسیله مانع از تخریب پوسته خازن شود
گرا نترین و موثرترین قط عکننده را به کار میبرد که FRAKO ، به خاطر چگالی انرژی بالای خازنهای مدرن دارای درپوش خمیدۀ قابل انعطاف است .بدنه آلومینیومی و در پوش آنها به هم نورد شده اند و با یک ماده الاستیک آب بندی م یگردد .خازنهای برگشت داده شده به دلیل آب بندی نبودن در سالهای آخر حدود10 واحد در میلیون برابر % 0,01 بوده است .
پوشش دیافراگمی لبه داری که روی خازن است قسمت اتصال خازن را در حالت کار عادی نگه می دارد، در فشار حدود 3 بار در داخل خازن، شروع به باد کردن می کند و تا حدود 10میلیمتر به بالا حرکت می کند .بیشتر مواقع سیم های خازن پس از 5 میلیمتر حرکت درپوش، بدون جرقه مجدد قطع می شوند و خازن از شبکه جدا می شود . اطمینان در تولید ، به وسیله تست نمونه ای کنترل می شود .
شرایط تست در VDE 0560 IEC 831 در قسمت 41 مشخص شده است



شکل : 19 عملکرد قطع کنندۀ اضافه فشار در خازنهای

پس خازنهای قدرت از پایان طول عمر در اطرافشان تخریب به وجود نمی آورند .

رگولاتور توان راکتیو:

رگولاتورهای میکروپروسسوری EMR 1100,RM9612,RM9606

مسایل بغرنجی را حل می نماید وقابلیت های بیشتری نسبت به رگولاتورهای معمولی دارند . نوآوری این دستگاهها در جهت پاسخگویی به نیازهای یک شبکه مدرن صنعتی است که به صورت های گوناگون قابل نصب است .دقت و حساسیت این دستگاه حتی برای شبکه های با هارمونیک بالا قابل توجه است .این دستگاه همچنین پاسخگوی نیاز شبکه هایی است که در آنها به طور مداوم یا ناگهانی جهت توان بر عکس می شود و به شبکه اصلی جریان تزریق می نمایند .تمامی اجزا یک بانک خازنی توسط این رگولاتور کنترل شده و از ایجاد اضافه بار جلوگیری می کند که افزایش طول عمر تجهیزات را به همراه دارد.

جزییات بیشتر مشخصات توان:

انداز هگیری دقیق ضریب توان در شبک ههای هارمونیک بالا در محدوده بار 0,02 تا 5 آمپر در مدار انداز هگیری و کنترل ضریب توان که با دقت بالایی بر اساس هارمونیک پایه حتی در بار کم انجام می پذیرد.

تثبیت ضریب توان به حداقل ضریب توان مطلوب و هم زمان جلوگیری از اضافه جبرا نسازی در بارهای است که با استفاده از ایجاد شکست در FRAKO کم که این خاصیت تنظیم، ثبت شده از سوی شرکت منحنی های مشخص به دست می آید .این منحنی ها تعیین می نماید که در حالت بار طبیعی، شبکه برای رسیدن به ضریب توان مطلوب جبران سازی می شود و در بارهای کم از فوق جبران سازی جلوگیری می نماید.

انداز هگیری و کنترل هارمونیک های5 ، 7،11 و 13 در شبکه های فشار ضعیف :به وسیله این کنترل دستگاه به طور مرتب از کیفیت شبکه آگاه می شود و در هنگام افزایش

دامنه هارمونیک ها از مقدار خاصی هشدار صادر می نماید .بدین وسیله می توان به موقع از ایجاد اختلالات در شبکه و در مصرف کننده مطلع و اقدامات لازم را برای جلوگیری از آن به عمل آورد.

رله اضافه جریان در جبران سازهای بدون راکتور :این عمل به عنوان حفاظت از اضافه بار در جبران سازی های بدون راکتور است و از وقوع رزونانسهای هارمونیکی جلوگیری مـی کند .قطع جریان هنگامی به وجود می آید که اضافه بار بیش از 75 ثانیه دوام داشته باشد .

رله اضافه بار سریعتر از فیوز سری است، که تنها در حالت اتصال کوتاه به صورت مطمئن عمل می کند.

تنظیم اتوماتیک تاخیر بر اساس توان مورد نیاز :به تغییر بار شدید بسیار سریع پاسخ داده می شود و به تغییر بار کند با سرعت کمتری پاسخ داده میشود .در ضمن اطمینان حاصل میشود که پله های خازنی که پس از قطع کاملا تخلیه شد هاند، به شبکه وصل می شوند .کلید زنی بر اساس تغییرات بار u1608 و با کمترین تعداد قطع و وصل و به صورت ادواری انجـام می پذیرد .این نوع تنظیم ترکیبی ما را به سوی کمترین تعداد قطع و وصل سوق می دهد و بدین وسیله کمترین استهلاک و طولانی ترین طول عمر به دست می آید.

هم زمان از وضعیت بحرانی شبکه جلوگیری میشود .بدین صورت که بر عکس روش قدیمی توان خازن هنگام تغییر شدید بار سریع، دقیق به میزان مورد نیاز تنظیم می شود.

هنگام کاهش بار از جبران سازی اضافی طولانی ترانسهای بی بار جلوگیری می شود .

در شبکه هایی که دارای هارمونیک هستند، در کوتاهترین زمان ممکن هارمونیک ها توسط فیلتر ها جذب شده و کاهش آنها تضمین میشود .بدین وسیله با اطمینان از افزایش دامنـه هارمونیک ها هنگامتغییرات شدید بار جلوگیری می شود.

رله ولتاژ صفر و جریان صفر :این سیستم ایمنی، در هنگام قطـع مـدار ولتـاژ یـا جریـان، تجهیزات جبرا نسازی را از شبکه جدا می کند .بدین وسیله در طی قطع کوتاه مدت ولتاژ از وصل تمامی خازن ها به ترانس بی بار جلوگیری می کند رگولاتور پس از برگشت ولتاژ، پله های خازن را مطابق با توان مورد نیاز مجددا وصل می نماید.

تنظیم توان راکتیو در مصرف کننده های دارای ژنراتور و با امکان بازگشت توان اکتیو :برای کار در این نوع شبکه ها رگولاتور به دستگاه اندازه گیری چهار ناحیه ای مجهز است .به غیر از این میتوان دو مشخصه کنترلی متفاوت برای حالت های مصرف و برگشت توان اکتیو به کار گرفته شود .بدین وسیله اطمینان حاصل میشود که در هنگام برگشت توان اضافه جبرا نسازی رخ ندهد و همچنین جریان راکتیو از شبکه کشیده نشود .فقط این خاصیت تنظیم ترکیبی از ایجاد مخارج راکتیو هنگام بازگشت جلوگیری می کند.

پله ثابت برای جبران سازی مستقل از بار :می توان پله هایی را مشخص نمود تا در فرآیند تنظیم قرارنگیرند و تا زمانی که رگولاتور ولتاژ داشته باشد به شبکه متصل هستند .جمیع کنترل های حفاظتی مثل رله ولتاژ صفر یا رله جریان صفر یا رله اضافه جریان برای پله ها ی ثابت برنامه ریزی شده فعال باقی می مانند.

دو برنامه تنظیم جدا از هم که از طریق کنتاکتور خارجی می توانند انتخاب شوند .هر دو برنامه تنظیم میتواند با ضریب توانهای مختلف و خطوط متفاوت برنامه ریزی م یشوند .با تنظیم دو برنامهٔ مجزا می توان ضوابط وزارت نیرو برای جبران سازی بالا در روز و جبران سازی کم در شب را رعایت کرد.

راه اندازی و سرویس:

تطبیق با شبکه و تجهیزات جبران سازی :راه اندازی بدین **u1608** وسیله بسیار ساده تر می شود چون که رگولاتور این تطبیق را خود به خود انجام می دهد .بسته به اختیار نصاب است که به روی کدام فاز ترانس جریان را نصب کند و با چه پلاریته ای ترانس ولتاژ را به رگولاتور وصل نماید .وضعیت فاز و جهت جریان به وسیله رگولاتور در هنگام تنظیم خودکار انجام می شود .هم زمان توان پله های خازن اندازه گیری شده و کنتاکتهایی از رگولاتور که به خازنی متصل نیستند شناسایی و غیر فعال می شوند .در صورتی که اشتباهاتی در هنگام نصب بروز کرده باشد، رگولاتور اطلاعاتی از نوع اشتباه احتمالی به دست می دهد.

www.power2.ir

پس از اضافه یا کم کردن پله های خازنی می بایستی اندازه گیری دوباره انجام شود تا بدین وسیله پله های خازنی جدیدی که اضافه یا کم شده اند را در پروسه خود وارد کند .اگر این کار انجام نشود بعد از چند روز رگولاتور متوجه شده و به طور خودکار پله های خازنی را به کار می گیرد.

اگر رگولاتور در هنگام کار متوجه یک پله خراب شود این پله را از پروسه تنظیم خارج کرده و آنرا مشخص می نماید.

نمایشگرها و اطلاعات حاصل از آنها :تمام مقادیر انداز هگیری شده توسط رگولاتور قابل مشاهده هستند .در هنگام کار ضریب توان از طرف *CT نشان داده* می شود .به علاوه داده های ذیل قابل مشاهده دیده شده اند.

1-جریان ظاهری، اکتیو و راکتیو ورودی

2-دامنه نسبی هارمونیک های 5 و7و11 و 13 نسبت به ولتاژ تغذیه

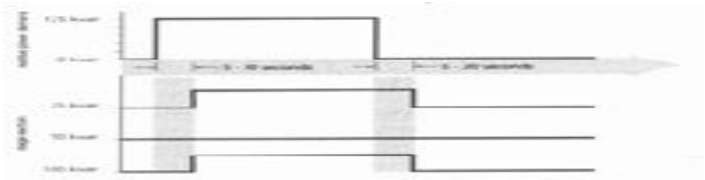
3-حداکثر مقادیر اضافه جریان، ضریب توان و اضافه جریان هارمونیکی در صورتی که از مقادیر تنظیم شده بیشتر شده باشند.

شمارش و نمایش تعداد قطع و وصل کنتاکتور و نمایش پیغام وقتی که این مقدار از پیش تنظیم شده رسیده باشد.

کنتاکتورها هنگام وصل کردن خازن ها تحت فشار زیادی قرار دارند .کنتاکتورهایی که در حال خراب شدن هستند باعث جاری شدن جریان شارژ مجدد بسیار بزرگی می شوند و خرابی کنتاکتها را نیز به وجود می آید .تعویض به موقع کنتاکتور می تواند طول عمر خازنها را به طور محسوس افزایش دهد.

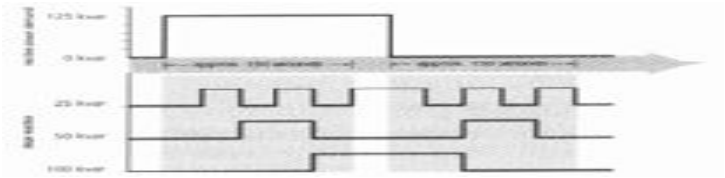
رگولاتور زمان صحیح تعویض کنتاکتور را به شما اطلاع می دهد و بدین وسیله از مخارج بیهوده جلوگیری م یشود .برای مراقبت بهتر، کاربر می تواند تعداد قطع و وصل هر کنتاکتور را رویت نماید.

www.power2.ir



شکل : 22 روش تنظیم یک رگولاتور توان راکتیو مدرن مدل

RM 9606،RM9612 ،EMR1100



شکل : 21 روش تنظیم یک رگولاتور توان راکتیومعمولی با روش قدم به قدم

نشانگرها، پیغام ها و آلارم ها اطلاعات نحوهٔ آگاه سازی وضعیت کنتاکت آلارم ضریب توان حقیقی نشانگر صفحه نمایش- جریانهای اکتیو، راکتیو و ظاهری نشانگر صفحه نمایش- هارمونی کهای پنجم، هفتم، یازدهم و سیزدهم نشانگر صفحه نمایش LED - تعداد پله های وصل

ترانس جریان:

برای به کار اندازی یک رگولاتور توان راکتیو، نصب یک ترانس جریان ضروری است .این ترانس همراه بارگولاتور عرضه نمیشود ولی در صورت تقاضا از طرف مشتری تحویل میگردد .جریان اولیه ترانس از طریق میزان جریان مصرف کننده مشخص می شود .نصب این ترانس بسته به حداکثر جریان بار است و یا به عبارت دیگر بسته به میزان بار نصب شده ترانس است .مسیر جریان داخلی رگولاتور توان راکتیو برای ترانسی باثانویه 1/... الی 5/...آمپر با توان 5 ولت آمپر در کلاس 3 طراحی شده است .در صورتی که دستگاههای جریان سنج به صورت سری با رگولاتور وصل شده باشد باید ترانسی با توان بالاتر به کار رود.

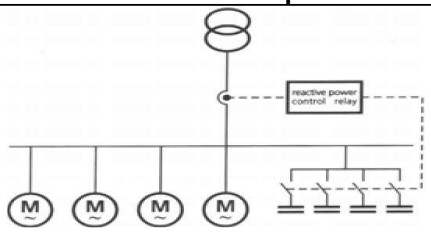
مصرف خود مسیر جریان رگولاتور برای ترانس جریانی با ثانویهٔ 5 آمپر، حدود 1,8 ولت آمپر است .اگر باهمان ترانس دستگاههای انداز هگیری دیگری به کار برونـد، بایـد حتمـا

هنگام نصب توان آنها در نظر گرفته شود .همچنین در کابلهای ترانس تلفات پدید می آید و به تلفات در مسیرهای طولانی ترانس تا رگولاتورتوان راکتیو باید توجه کرد.

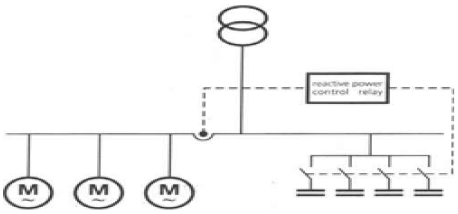
مصرف درونی کابلهای ترانس:

اگر از ثانویهٔ ترانس جریان 5 آمپر بگذرد، تلفات به صورت جدول زیر است:

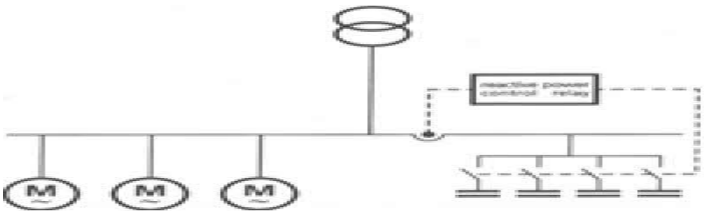
سطح مقطع (میلیمتر مربع)	تلفات در هر متر از سیم دو رشته (ولت آمپر)
۲/۵	۰/۳۶
۴/۰	۰/۲۲
۶/۰	۰/۱۵
۱۰/۰	۰/۰۹



شکل : 23 اتصال صحیح ترانس هم جریان مصرف کننده و هم جریان خازن را می بیند.



شکل : 24 اشتباه !ترانس فقط جریان مصرف کننده را دیده، تمامی پله ها وصل شده ولی دیگر قطع نمی شوند .امکان تنظیم اتوماتیک رگولاتور وجود ندارد.



شکل : 25 اشتباه !در این آرایش تنها جریان خازن از ترانس عبور می کند، در این حالت هیچ پله ای وصل نمی شود و رگولاتور پیغام *I=0* نشان می دهد

احتیاط :هنگام قطع مسیر جریان در ترانس جریان ولتاژ بالا پدید می آید که می تواند ترانس را تخریب نماید .به همین دلیل قبل از باز کردن مدار ترانس در ترمینالهای ترانس اتصال کوتاه به وجود بیاورید.

فیوزها و کابل ها:

برای اجرای عملیات نصب بایستی مقررات VDE0100 و VDE0105و توصیه های عمومی وزارت نیرو و مقررات داخلی شرکت اجرا شوند

توجه :خازنهای فراکوه اضافه باری معادل دو برابر جریان نامی در 400 ولت را به صورت دائمی تحمل می کنند.

توان (کیلووار)	۲۳۰ ولت / ۵۰ هرتز			۴۰۰ ولت / ۵۰ هرتز			۵۲۵ ولت / ۵۰ هرتز		
	جریان (آمپر)	جریان فیوز (آمپر)	سطح مقطع (میلیمتر مربع)	جریان (آمپر)	جریان فیوز (آمپر)	سطح مقطع (میلیمتر مربع)	جریان (آمپر)	جریان فیوز (آمپر)	سطح مقطع (میلیمتر مربع)
۲.۵	۶.۳	۱۰	۴×۱.۵	۳.۶	۱۰	۴×۱.۵	۲.۷	۱۰	۴×۱.۵
۵	۱۲.۶	۲۰	۴×۲.۵	۷.۲	۱۰	۴×۱.۵	۵.۵	۱۰	۴×۱.۵
۶.۲۵	۱۵.۷	۲۵	۴×۴	۹.۰	۱۶	۴×۲.۵	۶.۹	۱۰	۴×۱.۵
۷.۵	۱۸.۸	۳۵	۴×۶	۱۰.۸	۱۶	۴×۲.۵	۸.۲	۱۶	۴×۲.۵
۱۰	۲۵.۱	۳۵	۴×۶	۱۴.۴	۲۰	۴×۲.۵	۱۱.۰	۱۶	۴×۲.۵
۱۲.۵	۳۱.۴	۵۰	۴×۱۰	۱۸.۰	۲۵	۴×۴	۱۳.۷	۲۰	۴×۲.۵
۱۵	۳۷.۷	۶۳	۴×۱۶	۲۱.۷	۳۵	۴×۶	۱۶.۵	۲۵	۴×۴
۱۷.۵	۴۳.۹	۶۳	۴×۱۶	۲۵.۳	۳۵	۴×۶	۱۹.۲	۳۵	۴×۶
۲۰	۵۰.۲	۸۰	۳×۲۵/۱۶	۲۸.۹	۵۰	۴×۱۰	۲۲.۰	۳۵	۴×۶
۲۵	۶۲.۸	۱۰۰	۳×۳۵/۱۶	۳۶.۱	۵۰	۴×۱۰	۲۷.۵	۵۰	۴×۱۰
۲۷.۵	۶۹.۰	۱۰۰	۳×۳۵/۱۶	۳۹.۷	۶۳	۴×۱۶	۳۰.۲	۵۰	۴×۱۰
۳۰	۷۵.۳	۱۲۵	۳×۵۰/۲۵	۴۳.۳	۶۳	۴×۱۶	۳۳.۰	۵۰	۴×۱۰
۳۱.۲۵	۷۸.۴	۱۲۵	۳×۵۰/۲۵	۴۵.۱	۶۳	۴×۱۶	۳۴.۴	۵۰	۴×۱۰
۳۷.۵	۹۴.۱	۱۶۰	۳×۷۰/۳۵	۵۴.۱	۸۰	۳×۲۵/۱۶	۴۱.۲	۶۳	۴×۱۶
۴۰	۱۰۰.۴	۱۶۰	۳×۷۰/۳۵	۵۷.۷	۸۰	۳×۲۵/۱۶	۴۴.۰	۶۳	۴×۱۶
۴۳.۷۵	۱۰۹.۸	۱۶۰	۳×۷۰/۳۵	۶۳.۱	۱۰۰	۳×۳۵/۱۶	۴۸.۱	۸۰	۳×۲۵/۱۶

جدول :5 فیوز و مقطع کابل ارتباطی بر اساس0100

در ولتاژ6.9 کیلو با توان راکتیو400کابل باسطح مقطع185یا200میلی متر مربع استفاده میشود.

انواع کابل:

کابل با روکش NYCY: ، کابل با روکش پلاستیکی NYY: ، کابل سبک با روکش پلاستیکی NYM:

H05VV-F: کابل با روکش پلاستیکی و هادی هم مرکز مـوجی **NYCYW:** ، پلاسـتیکی و هادی هم مرکز

کابل انعطاف پذیر سنگین با روکش لاستیکی **H07RN-F:** ، کابل انعطاف پذیر معمـولی بـا روکش لاستیکی

نوع حفاظت:

برای علائم نوع حفاظت طبق **DIN 34/VDE** یا **DIN 40050** دو حرف و یک عدد دو رقمـی بـه کار می رود.**IP** مخفف حفاظت بین المللی یک عدد دو رقمی است که رقم اول حفاظت در برابر مواد جامد و رقم دوم حفاظت در برابر مواد مایع است .معمولی ترین اختصـارات در جدول زیر آمده است:

مفهوم علائم برای انواع حفاظت

نوع حفاظت ایمنی در برابر تماس ایمنی در برابر تماس اشیا خارجی آب

هیچ هیچIP00

IP10در برابرتماس اتفاقی و یااشتباهی دارای قطر بیش از **50** میلیمتر

IP20

با انگشت و یا اشیایی که حداکثر **80**میلیمتر طول داشـته باشـند دارای قطـر بـیش از **20** میلیمتر- هیچ

IP30

با ابزارآلات و یا سیم های دارایضخامت بیش از **2,5** میلیمتر دارای قطر بیش از **1** میلیمتر- هیچ

IP40

با سیم ها یا نوارهای دارای ضخامت بیش از **1** میلیمتر دارای قطر بیش از **1** میلیمتر -هیچ

IP41

با سیم ها یا نوارهایی که دارای قطر بیش از **1** میلیمتر در برابر قطرات آبی بیش از **1** میلیمتر که به صورت عمودی می چکد

IP54

ایمنی کامل نشستن گرد و خاک برابر پاشیدن آب ازتمام جهات

IP65

ایمنی کامل ورود گرد پاشیدن شدید آب در دریای پرتلاطم

فرمولهای محاسبه برای خازن:

خازن تکفاز: $Q_C = C.V^2.2\pi.f_n$

خازن سه فاز : $Q_C = C.V^2.2\pi.f_n 3$

هارمونیک چیست؟

در شبکه های مدرن فشار ضعیف مصرف کنندگان زیادی وجود دارند که از شبکه، جریان غیر سینوسی می کشند .این جریانها به دلیل وجود امپدانس شبکه باعث ایجاد افت ولتاژ می گردند .افتی که باعث تغییر شکل ولتاژ سینوسی شبکه می شود .این آثار طبق بسط فوریه می توانند به هارمونیک پایه(اصلی)و تک تک یا *n* هارمونیک ها تجزیه شوند .فرکانس های هارمونیک مضرب صحیحی از فرکانس پایه هستند و با حرف n یاvمشخص می شوند .مثال:

(فرکانس شبکه 50 هرتز ⇐ فرکانس هارمونیک پنجم 250 هرتز)

مصرف کنندگان خطی عمدتا عبارتند از:

1-مقاومت های اهمی (بخاری مقاومتی، لامپ های رشته ای)

2-موتورهای سه فاز

3-خازنها

مصرف کنندگان غیر خطی (مولدین هارمونیک) عمدتا عبارتند از:

1-ترانسفورماتورها

2-بوبین ها

3-یکسو کننده ها

AC/DC وDC/DC مبدلهای به خصوص موتورهای القایی و مدارهای کنترل دور

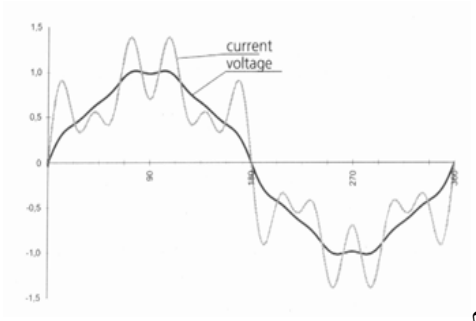
4-کوره های با قوس الکتریکی و القایی، دستگاه جوش

5 -دستگاه هایUPS

6-منابع تغذیه سوییچینگ تک فاز در مصرف کننده های مدرن الکترونیکی مانند تلویزیون، ویدیو، کامپیوتر، مونیتور، چاپگر، فاکس، بالاست الکترونیکی، چراغهای کم مصرف

www.power2.ir

5%هارمونیک پنجم



4%هارمونیک مرتبهٔ هفتم

2,5%هارمونیک مرتبهٔ یازدهم

شکل : 26 جریان و ولتاژ شبکه

هارمونیک ها نه فقط در شبکه های صنعتی بلکه به طور روز افزون در مصارف خانگی تولید می شوند .از تولیدکننده های هارمونیک عمدتاً هارمونیک های فرد به شبکه تزریق می شوند .به همین دلیل اصولا هارمونیک های3 ، 7، 9،5 و11 پدید می آیند.

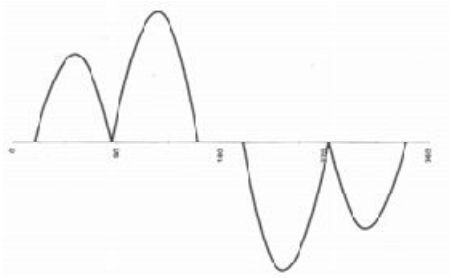
هارمونیک چطور به وجود می آید؟

-در شبکه های فشار ضعیف داخلی بخصوص وقتی محرکهای تحت کنترل در محل نصب هستند .

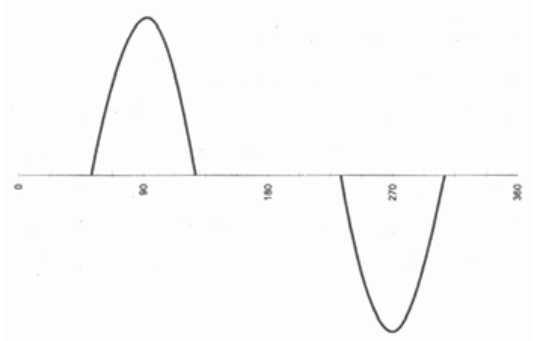
-در هر خانه، در هر تلویزیون، کامپیوتر، u1670 چراغهای کم مصرف با بالاست های الکترونیکی .

به دلیل تعداد زیاد مصرف کنندگان اینگونه بارها، جریانهای هم فاز آنها در ساعات شب در بعضی از شبکه های ولتاژ، رزونانس پدید می آید.

www.power2.ir



شکل : 27 جریان کشیده شده از شبکه به وسیلهٔ یک مبدل موتور القایی



شکل : 28 جریان یکسو ساز قدرت

پیش از نصب سیستم جبرانساز دامنه هارمونیک ها چقدر است؟

الف)در شبکه فشار ضعیف داخلی بسته به توان یکسو ساز و مبدل نصب شده است .وقتی به عنوان مثال یکسو ساز 6 %پالسه با توان نامی 50% توان ترانس نصب شده باشد، تقریبا:

4%هارمونیک پنجم(250 هرتز)

3% هارمونیک هفتم (350 هرتز) داریم.

معمولا مبدلهای کوچک غیر متصل به هم در یک شبکه نصب می شوند .به دلیل فازهای مختلف جریانهای تک تک مبدلها، هارمونیک کلی ایجاد شده در شبکه اندک است.

مثلا اگر تعدادی مبدل با توان حدود % 25 توان نامی ترانس نصب باشند .هارمونیک های زیر به وجود می آیند.

1تا 1,5 درصد هارمونیک پنجم

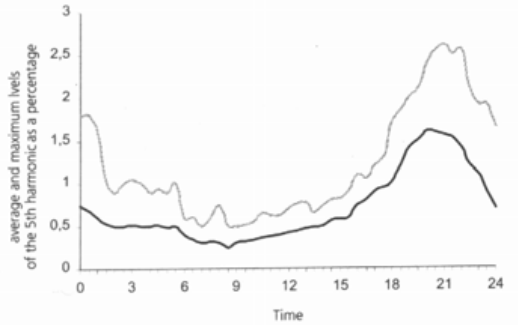
0,7تا 1 درصد هارمونیک هفتم

این اعداد برای محاسبات تقریبی توصیه می شوند و با این اطلاعات می توان تعیین کرد که آیا دستگاه

جبرا نسازی با فیلتر لازم است یا خیر.

ب)در شبکه فشار متوسط

امروزه شبکه ها از هارمونیک های ایجاد شده به وسیله لوازم خانگی مانند تلویزیون بیشتر از تولید کننده های صنعتی، تحت تاثیر قرار می گیرند .چیزی که در طول روز در هارمونیک ها مشخص می گردد.



شکل : 29 متوسط و حداکثر مقدار هارمونیک پنجم

مقدار هارمونیک در شبکه با ولتاژ متوسط یک شهر در روز کاری:

مقدار متوسط و حداکثر یک ردیف انداز هگیری از سال 1985 تا سال 1987 در کشور آلمان به انجام رسیده است .مطمئنا این اعداد امروزه افزایش یافت هاند .بالا بودن این مقدار در شب در اثر تعداد زیاد تلویزیون ودیگر مصرف کنندگان خانگی است.

در مناطق پر جمعیت هارمونیک ولتاژ شبکه فشار متوسط در ساعات شب بیش از (250) 4%هرتز و تا حدود 1,5% (350 هرتز)افزایش پیدا می کند .هارمونیک های بالا اصولا قابل صرف نظر هستند و مقدار آنها به طور محدود قابل پیش بینی است.

تاثیر جبرا نسازی در شبکه دارای هارمونیک چیست؟

تجهیزات جبرا نسازی بدون سلف با امپدانس شبکه یک مدار نوسان تولید می کند .برای فرکانس رزونانس یک فرمول کلی وجود دارد.

$Fr=50*squrSx/Qc$

Sxقدرت اتصال کوتاه در نقطه اتصال جبران سازی

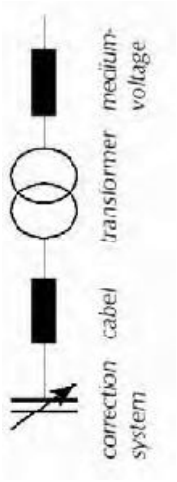
Qcتوان جبرا نسازی

S_K قدرت اتصال کوتاه در نقطه جبران سازی

اصولا به وسیله ترانس مشخص می شود(Sn/Uk)

حدود 10 درصد به وسیله امپدانس شبکه ولتاژ متوسط کاهش می یابد.

می توان شدیدا به وسیله کابل های بلند بین ترانس و جبران سازی کاهش یابد



چرا خازن؟

مقدمه

اغلب دستگاهها و مصرف کنندگان الکتریکی برای انجام کار مفید نیازمند مقداری توان راکتیو برای مهیا برای تبدیل انرژی AC کردن شرایط لازم برای انجام کار می باشند .بعنوان مثال موتورهای الکتریکی الکتریکی به انرژی مکانیکی، نیازمند تولید

شار مغناطیسی در فاصله هوایی موتور هستند .ایجاد شار تنها توسط توان راکتیو امکان پذیر و با افزایش بار مکانیکی موتور مقدار توان راکتیو بیشتری مصرف می گردد.

عمده مصرف کنندگان انرژی راکتیو عبارتند از:

1) سیستم های الکترونیک قدرت
   الف) مبدل های AC/DC (Rectifiers)
   ب) مبدل های DC/AC (Inverters)
   ج) مبدل های AC/AC (Converters)
   د) چاپرها(Choppers)
2) مصرف کنندگان یا تجهیزاتی که دارای مشخصه غیر خطی هستند.
3) مصرف کنندگانی که در شکل موج ولتاژ محل تغذیه خود اعوجاج (هارمونیک) ایجاد می نمایند.
4) متعادل ساز های بار های نا متعادل
5) تثبیت کنندههای ولتاژ
6) کوره های القایی
7) کوره های قوس الکتریکی
8) سیستم های جوشکاری DC ، AC

همانگونه که ذکر شد مصرف انرژی راکتیو اجتناب ناپذیر است.

انتقال انرژی راکتیو، انتقال جریان الکتریکی است و انتقالش نیازمند به کابل با سطح مقطع بزرگتر، دکل های فشار قوی مقاومتر و در نتیجه هزینه های مازاد است. همچنین افزایش تلفات الکتریکی و کاهش راندمان شبکه را نیز به همراه دارد .در مواردی مانند کاربردهای الکترونیک قدرت و متعادل سازی بارهای نامتعادل حتی انتقال انرژی راکتیو هم کار ساز نبوده و باید انرژی در محل تولید گردد.

www.power2.ir

خازن در اصطلاح تولید کننده انرژی راکتیو است، اما خازن توان راکتیو تولید نکرده بلکه مصرف کننده آن نیز میباشد .فقط در زمانی که سلف انرژی راکتیو در خود ذخیره می نماید (ازشبکه می کشد)خازن، انرژی ذخیره شده خود را به شبکه تحویل می دهد و در زمانی که سلف انرژی ذخیره شده اش را به شبکه پس می دهد خازن از شبکه انرژی می کشد .حال اگر سلف و خازن در کنار هم قرار گیرند، هنگامیکه خازن انرژی می دهد سلف آن انرژی را می گیرد و زمانی که خازن انرژی می گیرد سلف انرژی می دهد که 2 موجب تعادل انرژی بین سلف و خازن گشته و دیگر تبادل انرژی بین مصرف کننده و شبکه صورت نمی گیرد.

تثبیت ولتاژ

مورد استفاده دیگر خازن (انرژی راکتیو) تثبیت ولتاژ محل تغذیه بار است .افزایش بار به معنی افزایش دامنه جریان کشیده شده از شبکه و ازدیاد افت ولتاژدر محل تغذیه است.

برای کاهش افت ولتاژ سه راه حل وجود دارد:

1) تقویت شبکه

تقویت شبکه به معنای کاهش امپدانس معادل شبکه در محل تغذیه می باشد . انجام این مهم با افزایش ولتاژ شبکه و یا تغذیه چند سویه بار امکان پذیر است که برای اکثر مصرف کنندگان این کار امکان پذیر نیست.

2) کاهش بار

افت ولتاژ بیش از حد مجاز را با تقلیل دادن بار و یا تنظیم توالی زمانی بهره برداری دستگاهها میتوان جبران نمود.

3) استفاده از خازن

با تزریق کردن Q وار توان ر اکتیو به شبکه در محل مصرف ولتاژ از U_1 به U_2 افزایش می یابد که ولتاژ U_2 از رابطه مقابل محاسبه می گردد.

$$U_2 = U_1\left(1+\frac{Q}{S}\right)$$

قدرت اتصال کوتاه شبکه در محل مصرف= S

قدرت راکتیو پیاده سازی شده=Q

با استفاده از این ویژگی میتوان به تثبیت ولتاژ پرداخت.

ذکر این مساله بسیار حائز اهمیت است که تثبیت ولتاژ و تنظیم ضریب توان، بصورت هم زمان امکان پذیر نیست.

اثر نحوه اتصال بر مشخصات مجموعه

توان راکتیو خازن و مقدار مؤثر جریانی که هنگام اتصال خازن به شبکه، از شبکه به سمت خازن جاری می گردد به نحوه اتصال خازن و ولتاژ محل نصب و ظرفیت خازن به شبکه بستگی دارد .

از جمله مشخصات خازن ولتاژ نامی، جریان نامی، و توان راکتیو خازن است، طبق استاندارد:

ولتاژ نامی *Un*: بر اساس استاندارد ولتاژی است که خازن آن را بطور دائمی و بدون صدمه دیدن تحمل می کند.

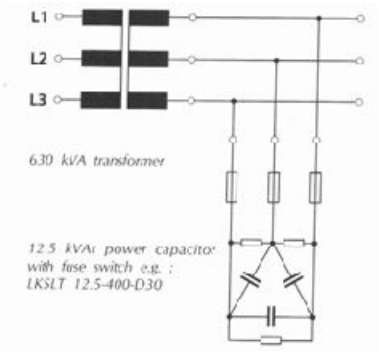
جریان نامی *In* : بر اساس استاندارد جریانی می باشد که خازن در ولتاژ و فرکانس نامی از شبکه می کشد.

***Qn*: توان راکتیو نامی میزان توان راکتیو خارن، در ولتاژ و فرکانس نامی می باشد.**

تمامی خازنها بصورت تکفاز ساخته می شوند در ولتاژهای پایین سه خازن تکفاز، بصورت ستاره یا مثلث بهم متصل گشته و درون بدنه فلزی قرار می گیرند.

شکل مقابل یک خازن سه فاز را با اتصال مثلث
نشان می دهد جریانی که مجموعه خازن ها از
شبکه می کشد برابر مقدار زیر می باشد.

www.power2.ir



$$I = \frac{Q}{\sqrt{3}.U_n}$$

Q = توان راکتیو خازن در ولتاژ U_n می باشد .

در ولتاژ های بالا بدلیل مشکلات ایزولاسیون، و در ظرفیتهای زیاد بدلیل مشکلات انتقال حرارت و خنک سازی خازن، خازنها بصورت تکفاز ساخته می شوند . اتصال خازنهای تکفاز به دو صورت اتصالات ستاره و یا مثلث امکان پذیر است و بسته به نوع اتصال، جریانهای متفاوتی از شبکه می کشند .دو شکل زیر نحوه اتصال و جریان کل کشیده شده از شبکه در دو حالت اتصالات ستاره و مثلث خازنهای تکفاز را نشان می دهد.

Q توان خازن یک فاز در ولتاژ Un

ولتاژ محل اتصال U

به عنوان مثال می توان سه خازن 10 کیلووار، 400 ولت را به صورت ستاره بهم متصل کرد و یا سه خازن 10 کیلووار، 400 ولت را بصورت مثلث بهم وصل کرد در این دو حالت اخیر هر دو بانک توان راکتیو یکسانی را به شبکه تحویل داده و جریان یکسانی را از شبکه می کشند ولی جریان عبوری از هر خازن در دو حالت برابر نیست .با ذکر مثالی به بررسی اثر نحوه اتصال خازنهای تک فاز، در مقدار قدرت راکتیو بانک خازنی حاصله می پردازیم.

سه عدد خازن تک فاز 10 کیلووار، 400 ولت یکبار بصورت مثلث و یکبار بصورت ستاره به شبکه متصل میگردند.

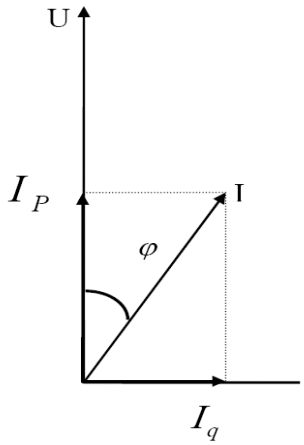
فرکانس شبکه= 50 هرتز ولتاژ شبکه = 400 ولت

جریان نامی خازن = 25 آمپر توان راکتیو نامی خازن = 10 کیلووار

اتصال مثلث	اتصال ستاره	
25 آمپر	14/4آمپر	جریان هر خازن
43 آمپر	14/4 آمپر	جریان کل کشیده شده از هر شبکه
30 کیلو وار	10 کیلووار	توان راکتیو تحویلی به شبکه

ضریب توان

ضریب توان ، معیار برای سنجش میزان توان راکتیو مورد نیاز دستگاه مصرف کننده برق، برای انجام تبدیل انرژی می باشد، ضریب توان بر اساس تعریف نسبت توان اکتیو مورد نیاز به کل توان الکتریکی $\left(Cos = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \right)$ تعریف میگرددو همیشه بین 1 -و1+ تغییر می کند از 1 +الی 0 برای بارهای اندوکتیو (سلفی) و از 0 الی1- برای بارهای کاپاسیتو(خازنی) می باشد.



(توان اکتیو) $P = UI\cos\varphi$

(توان راکتیو) $Q = UI\sin\varphi$

با اتصال خازن به بار، ضریب قدرت کل مجموعه مصرف کننده و خازن تغییر میکند چرا که بخشی از انرژی راکتیو مورد نیاز به مصرف کننده را خازن تامین میکند و تنها نیاز به دریافت جزء باقیمانده از شبکه می باشد.

با اتصال Q وار خازن به مصرف کنندای با ضریب توان $Cos\varphi_1$ ضریب توان مجموعه خازن و بار به $Cos\varphi_2$ تغییر میکند که $Cos\varphi_2$ را از رابطه مقابل می توان محاسبه کرد .

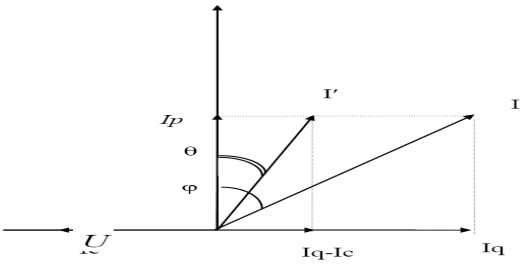
$$Cos\varphi_2 = Cos\left[Arctg\left(tg\varphi_1 - \frac{P}{Q} \right) \right]$$

مکانیسم عملکرد خازن

در مصرف کننده الکتریکی پس فازی با زاویه فاز(زاویه بین بردار جریان و ولتاژ φ می باشد)جریانی که از شبکه کشیده می شود شامل دو جزء اکتیو Ip و راکتیو Iq است اگر خازنی به دو سر مصرف کننده متصل نماییم خازن جریان راکتیوی برابر I_C از شبکه می کشد که در خلاف جهت جریان راکتیو بار است . لذا جریان راکتیوی که توسط مجموعه مصرف کننده و خازن از شبکه کشیده می شود به اندازه I_C کاهش می یابد و به مقدار $I_Q - I_C$ می رسد . در این حالت منتجه جریان راکتیو و اکتیو مجموعه مصرف کننده الکتریکی و خازن برابر I' گشته که هم دامنه اش از I کوچکتر است (جریان کشیده شده از شبکه کاهش یافته)و هم زاویه اش با ولتاژ کوچکتر می شود،

زاویه بین جریان و ولتاژ از φ و θ تقلیل یافته و توان راکتیو Q و اکتیو P است(ضریب توان بزرگتر شده است) که زوایای φ و θ وتوان راکنیو Q و اکتیو P بوسیله رابطه ذیل به یکدیگر مرتبط می گردند:

www.power2.ir



$$Q = P(tg\varphi - tg\theta)$$

اصول طراحی بانکهای خازنی

هدف اصلی و عمده نصب بانک خازنی جبران انرژی راکتیو مصرفی بار الکتریکی است .به دلیل تغییرات میزان انرژی مصرفی در طول زمان لازمست تا میزان راکتیو تزریق شده به وسیله خازن به مدار نیز تغییر کند .در غیر اینصورت دو حالت پیش می آید:

1)راکتیو کمتری نسبت به آنچه مورد نیاز است به مدار تزریق می شود، که باعث جبران سازی غیر کامل انرژی راکتیو مصرفی بار می شود .به ناچار کمبود انرژی راکتیو از طریق شبکه تامین می شود که هزینه ها و جریمه های مصرف راکتیو را در بر خواهد داشت.

2) راکتیو بیشتری نسبت به آنچه مورد نیاز است به مدار تزریق می شود که اضافه ولتاژ را به همراه خواهد داشت.

در طراحی بانکهای خازنی سه موضوع زیر مد نظر قرار می گیرند:

1)محاسبه ظرفیت مورد نیاز

2)تعیین ظرفیت پله اول و أرایش پله ها

3)گزینش تجهیزات بانک خازنی

4)محاسبه ظرفیت مورد نیاز

بهترین روش برای محاسبه ظرفیت بانک خازنی استفاده از منحنی تغییرات توان اکتیو و ضریب توان بر حسب زمان است در شرایطی که چنین منحنی هایی در دست نباشد معمولاً با استفاده از میزان قدرت قراردادی و ضریب توان نامی مقدار راکتیو مورد نیاز را بدست می آورند.

تعیین ظرفیت پله اول و آرایش پله هادر صورت در دست داشتن منحنی تغییرات u1578 توان اکتیو بر حسب زمان با استفاده از شیب منحنی می توان ظرفیت اولین پله را تعیین کرد.

در صورت در دست نبودن این منحنی از دو قانون زیر می توان استفاده کرد ،

الف)در صورتی که لازم باشد رگولاتور به 5% تغییرات بار پاسخ دهد پله اول را 5% ظرفیت کل تابلو انتخاب را جبران می نمایند مثلاً در یک بانک 200 کیلووار با پله اول 10 کیلووار که باری با ضریب توان ذاتی 0. 70می کند به ازای هر 15 کیلووات تغییر در بار یک پله وارد یا خارج می شودضریب توان مطلوب0. 95فرض شده است.

ب)در صورت عدم نیاز به تنظیم دقیق یا تغییرات بزرگ بار برای آنکه رگولاتور به % 10 تغییرات بار پاسخ دهد لازمست پله اول % 10 ظرفیت کل انتخاب گردد .بدین معنی که در شرایطی مانند حالت(الف)به ازای هر 30 کیلووات تغییر در میزان توان 20 کیلووار به مدار وارد یا خارج می گردد.

آرایش پله ها:

شرایط قانون(الف)را در نظر می گیریم .پله اول برابر 10 کیلووار می باشد برای رسیدن به ظرفیت 200 کیلووار به 20 عدد پله 10 کیلووار نیاز داریم که تعداد بسیاری است و در هنگام ساخت بانک باعث افزایش قیمت تمام شده می شود؛ روش دیگر استفاده از توالی 1:2:2:2 :... است، در این صورت تعداد پله ها به 10کاهش می یابد ولی نمی توانیم به ظرفیت 200 کیلووار برسیم . تنها راه حل نصب یک پله ثابت 20 کیلووار است .این روش، روش مناسبی نمی باشد.

محدودیتی که مشاهده شد انگیزه ای برای ایجاد دیگر آرایشها و توالی های پله خازنی گشت و آرایش هاییمانند 1:2:2:4:8 :... :و 1:2:4:8:8:8 به وجود آمد .اخیرا رگولاتورهایی طراحی گشته اند که می توانند

آرایش 1:2:4:8:16:32:64را پشتیبانی کنند که با چنین رگولاتورهایی می توان بانکی به ظرفیت 1270 کیلووار با پله اول 10 کیلووار ایجاد نمود.

3)گزینش تجهیزات جانبی خازن

خازن برخلاف دیگر تجهیزات برقی همیشه تحت اضافه بار است .حضور تنها درصد ناچیزی هارمونیک یا اعوجاج در ولتاژ محل تغذیه باعث اضافه جریان در خازن می گردد.

بر این اساس در استاندار تعیین شده است که خازن ها باید حداقل 35 % اضافه جریان را بصورت دائمی تحمل کند با توجه به این مطلب که خازن همیشه تحت اضافه بار (به ویژه اضافه جریان) است و جریان 3 خازن از فیوز، شین، کنتاکتور عبور می کند لازمست تمامی تجهیرات جانبی خازن بر اساس 30 % اضافه جریان انتخاب گردند.

www.power2.ir