تارخچه خازن

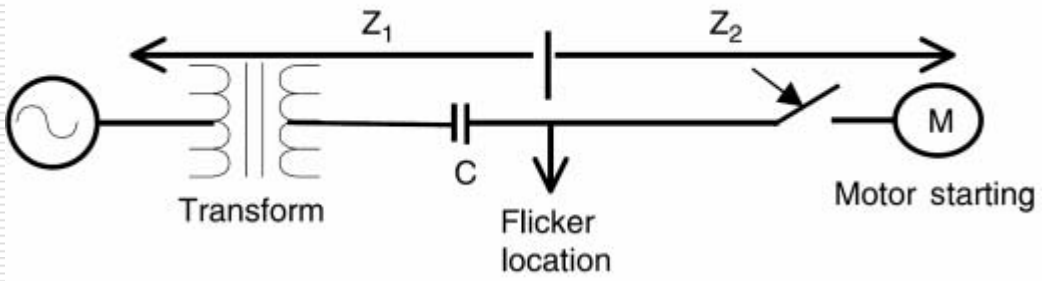
- در سال ۱۷۴۵ توسط لیدن هلندی اولین خازن ساخته شد که پارچ لیدن نام گرفت
- پارچی شیشه ای که محتوی آب بود سر آن با چوب پنبه مسدود شده و سیمی فلزی از میان چوب پنبه وارد آب شده.
- اختراع خازن مسطح توسط فرانکلین ۱۷۵۲

انواع خازن

- جبرانسازی توان راکتیو
- خازن Surge
- کوره قوس
- جوش مقاومتی
- خازن روشنایی
- موتوری
- ترانس فرورزونانس
- خازن منبع تغذیه
- خازن فوق فشار قوی
- خازن ذخیره سازی انرژی

خازن سری

- به شکل رگولاتور ولتاژ عمل می کند
- افت ولتاژ ناشی از بار سلف را جبران می کند
- جلوگیری از کاهش ولتاژ در هنگام استارت موتورهای بزرگ

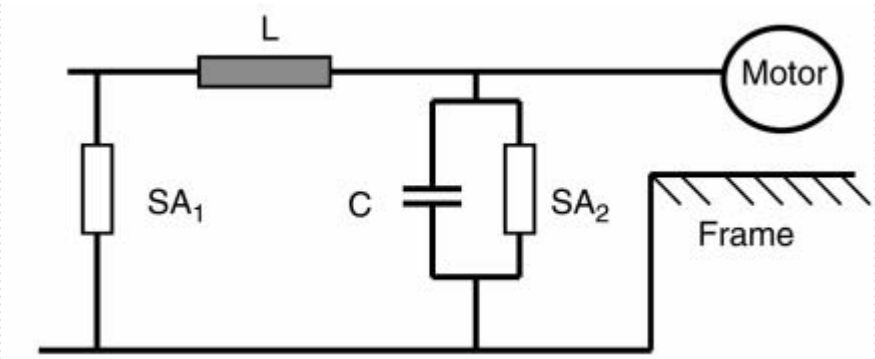


محدودیت کاربرد خازن سری

- فرو رزونانس
  - ترانسها هنگام استارت جریان زیادی می کشند و ممکن است سلف ترانس با خازن سری تشکیل مدار رزونانس دهد
- شکار موتور سنکرون
  - نوسان میرا شونده بار موتور که ممکن است به علت کاهش امپدانس خط توسط خازن دیده شود.

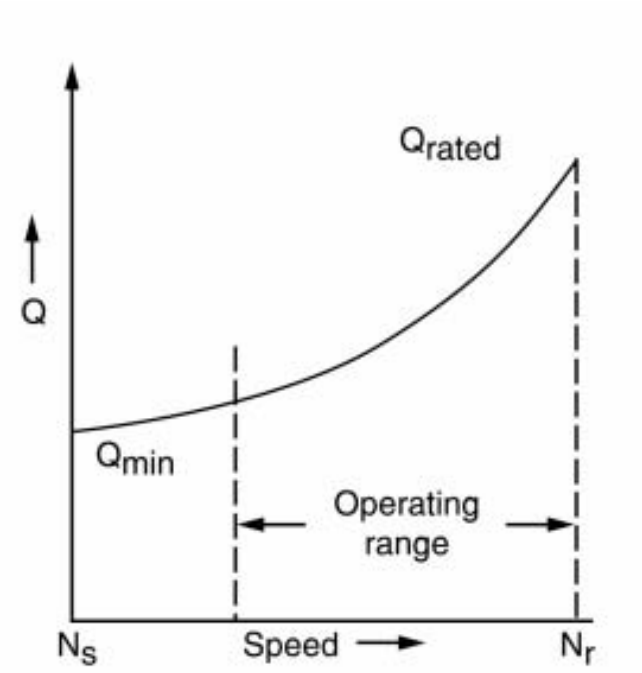
خازن surge

- حفاظت موتورها و ماشینهای گردان
- به صورت مدار LC عمل کرده
- از برقگیر برای کنترل قله استفاده می شود

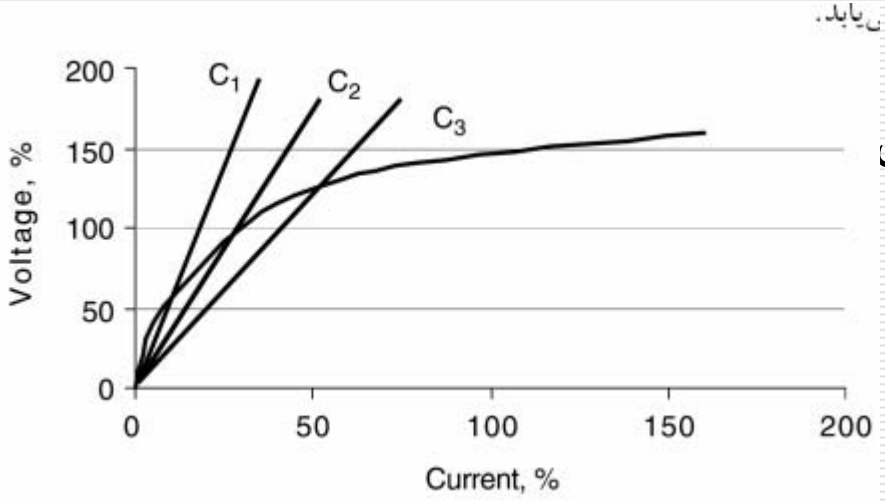


خازن موتوری

- موتور بار القایی بوده و نیاز به خازن دارد
- ضریب توان موتور در بار کم پایین است



خود تحریکی موتور القایی



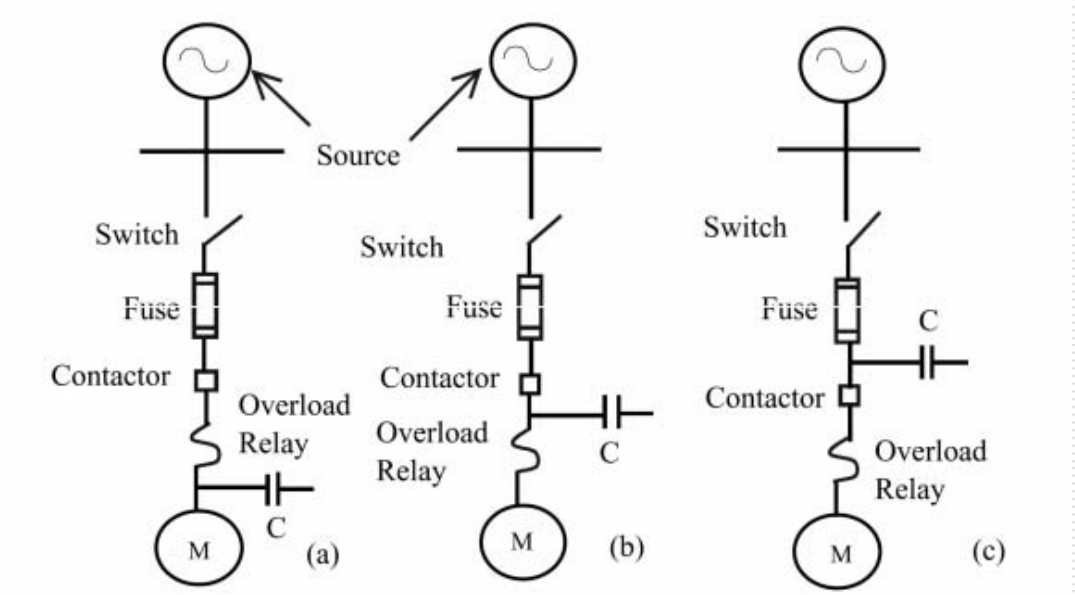
- در هنگام قطع موتور خازن جریان تحریک را می سازد
- موتور به حالت خود تحریکی می رود
- ولتاژ خود تحریکی ولتاژی میراست
- وابسته به خازن و سرعت موتور است

خود تحریکی موتور القایی

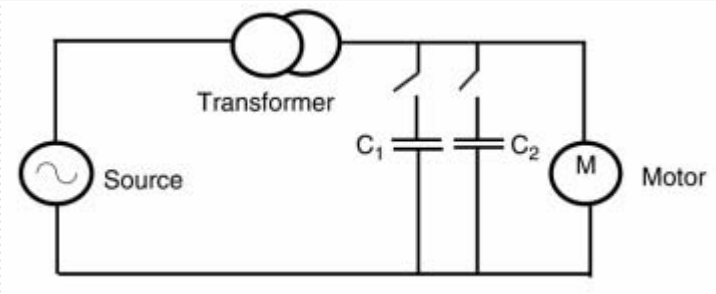
- خازن از دو نظر باید درست انتخاب شود
  - ولتاژ: قابلیت تحمل اضافه ولتاژ حاصل از خود تحریکی را داشته باشد
  - ظرفیت: گشتاور حالت گذرا
  - خازن نباید از جریان بی باری موتور تجاوز کند

حالات نصب خازن و موتور

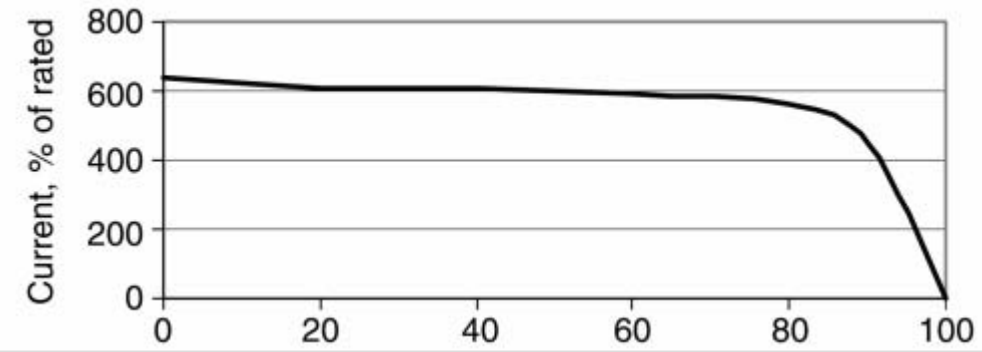
- در حالت رله باید دوباره تنظیم شود.
- اگر رله از قبل نصب شده بود بهتر است بعد از رله نصب شود.
- در مورد موتورهای با گشتاور بالا حالت C اعمال می شود.



راه اندازی موتور های بزرگ

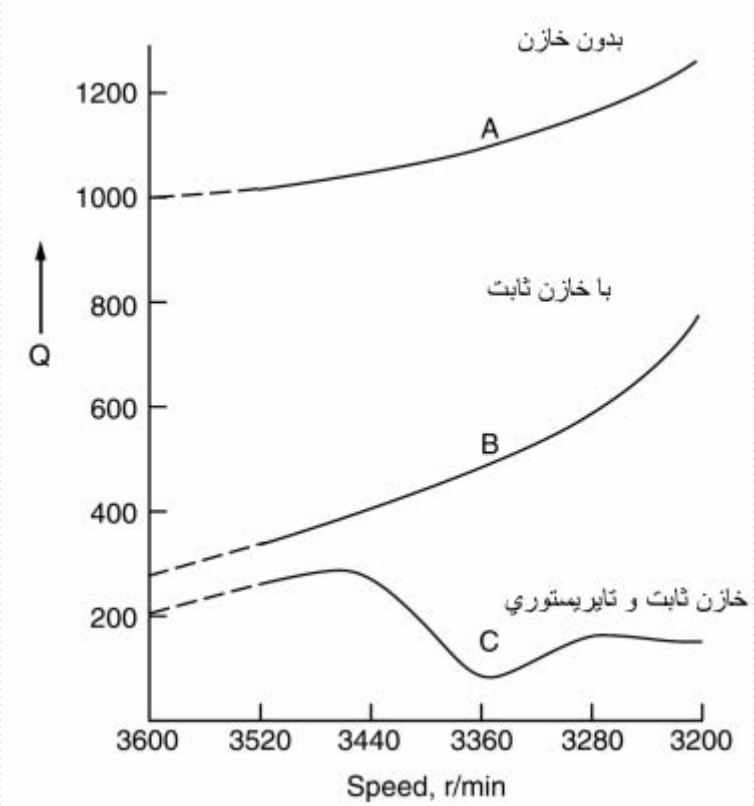


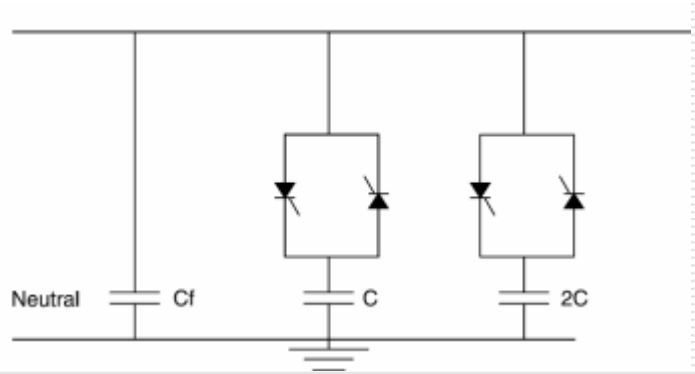
- جریان راه اندازی موتورهای بزرگ بسیار بالا است
- خازن با ظرفیت دو تا سه برابر نیاز وارد مدار شده
- پس از راه اندازی از مدار خارج می شود



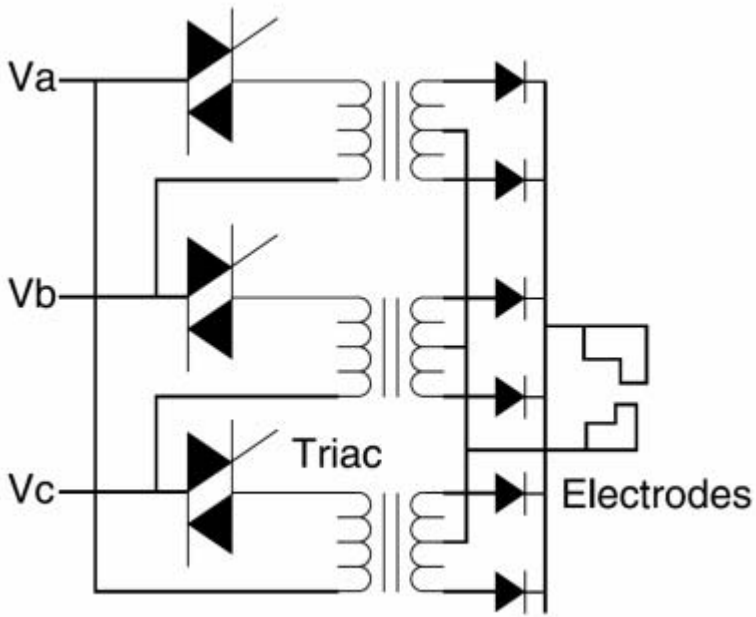
راه اندازی موتور با خازن تایرستوری

- خازن به صورت متغیر با تریستور وارد مدار می شود

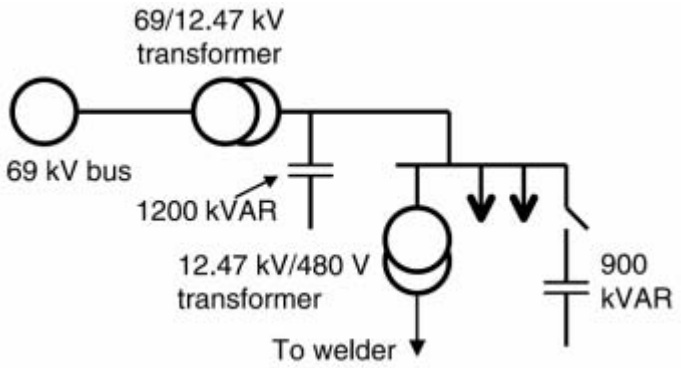




جوش مقاومتی



- جریان چند سیکل بین الکترودها برقرار می شود.
- یک بانک شانت ثابت و یک بانک سوییچ شونده سریع مورد نیاز است.



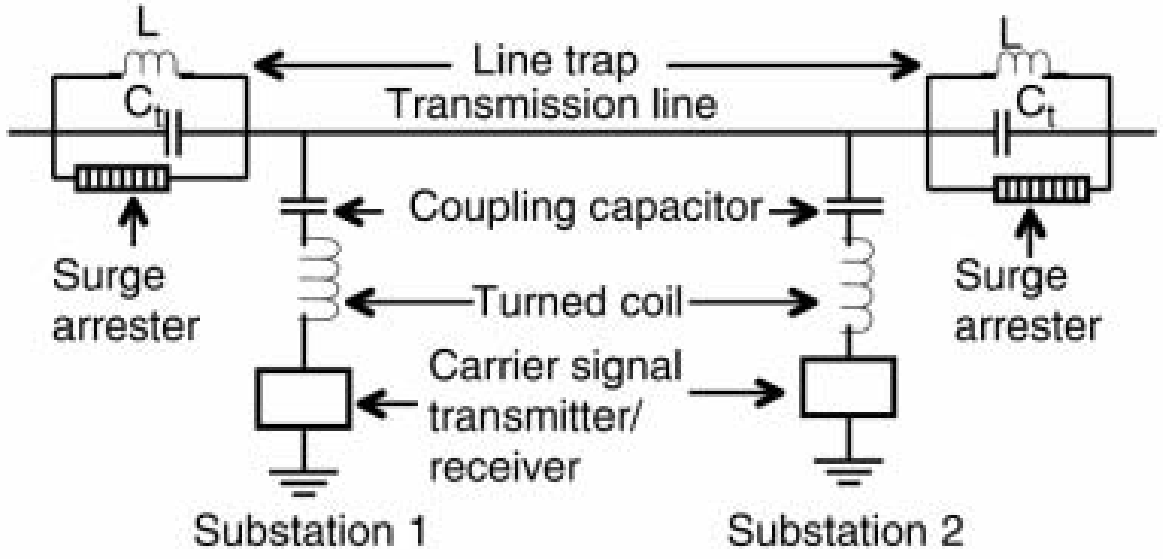
خازن روشنایی

نوع لامپ	توان (وات)	خازن (میکرو فاراد)
بخار سدیم پر فشار	50	10
بخار سدیم پر فشار	200	32
متال هالید	70, 100	12
متال هالید	150	20
بخار جیوهٔ پر فشار	50	7
بخار جیوهٔ پر فشار	250	18
لامپ فلورسنت	18, 36	4.5
لامپ فلورسنت	58	7

- خازنی که برای تصحیح ضریب توان لامپها استفاده می شود
- بجز لامپهای مقاومتی باقی توان راکتیو مثرف می کنند.

خازنهای فشار قوی
خازن کوپلینگ PLC

- برای ساخت تجهیزات ارسال اطلاعات بر روی خط
- فرکانس ارسال ۳۰ تا ۵۰۰ هرتز



جبرانسازی توان راکتیو

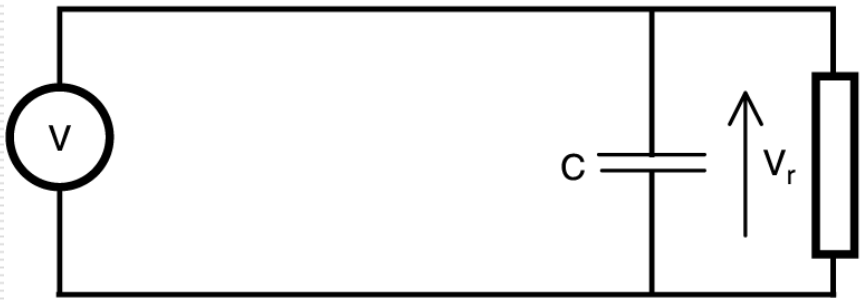
مزایای خازن گذاری

- تامین توان راکتیو
- بهبود پروفیل ولتاژ
- کاهش تلفات ترانس وخط
- آزاد شدن ظرفیت سیستم

تامین توان راکتیو

- مهمترین اثر بانک خازنی تامین توان راکتیو است
- کاهش توان مصرفی

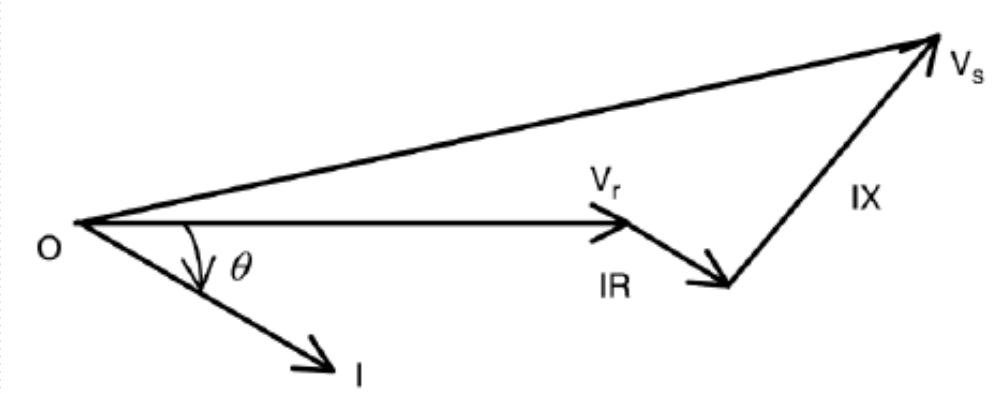
پارامتر	بدون خازن شانت	با خازن شانت
توان اکتیو (کیلووات)	40	40
توان راکتیو (کیلووار)	53.4	13.1
توان ظاهری (کیلو ولت‌آمپر)	66.7	42.1
ضریب توان	0.6	0.95
جریان (آمپر)	83.7	52.8

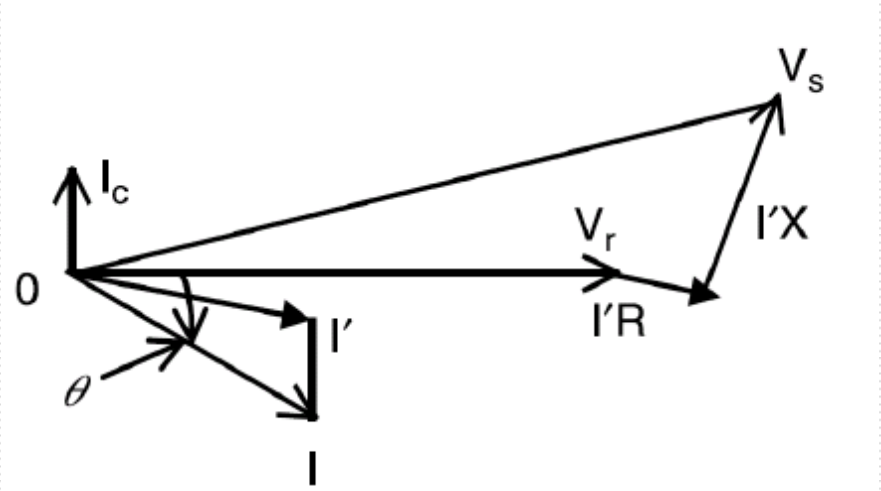


Load = (40 + j53.4) kVA
Capacitor, C = 42.1 kVAR
Line-to-line voltage (V) = 460 V
Three-phase system
Load voltage = V_r

بهبود پروفیل ولتاژ

- باعث کاهش جریان
- باعث کاهش تلفات
- باعث افزایش ولتاژ





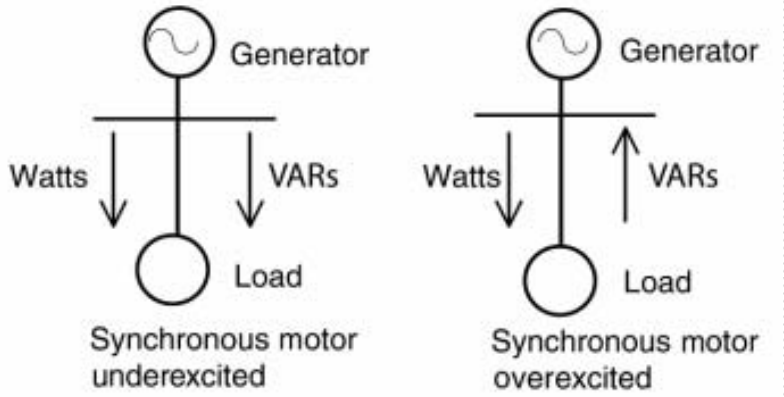
کاهش تلفات ترانس و خط

- با تامین بار راکتیو در محل
- کاهش جریان
- کاهش توان تلفاتی خط

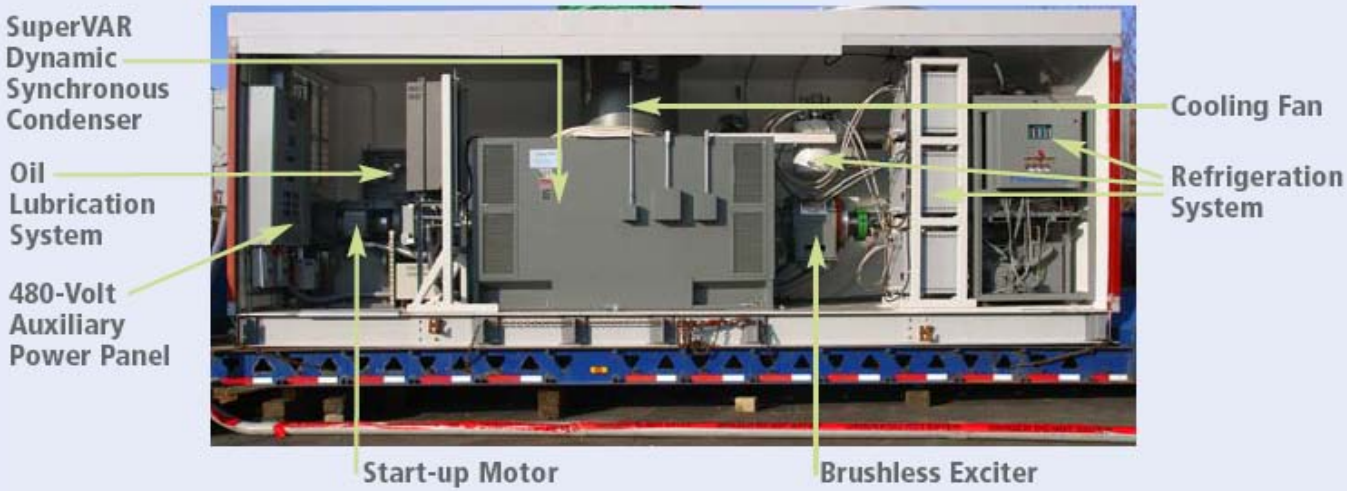
افزایش ظرفیت شبکه

- کاهش جریان
- افزایش ظرفیت شبکه

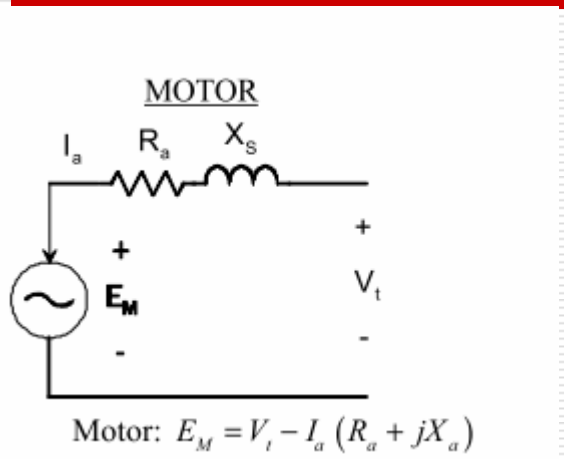
ماشین سنکرون

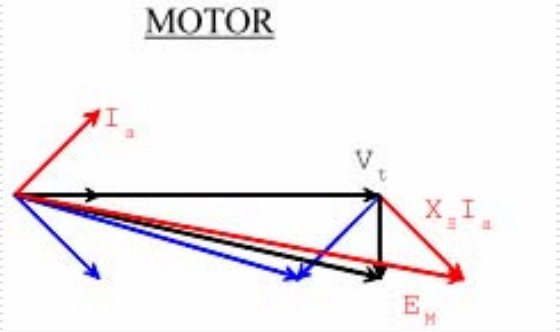


- موتور سنکرون حالت زیر تحریک مصرف توان اکتیو و راکتیو
- موتور سنکرون حالت فوق تحریک مصرف اکتیو و تولید راکتیو



مزایای ماشین سنکرون





- کنترل دقیق توان راکتیو
- قابلیت تامین توان راکتیو بیش از ظرفیت
- بدون هارمونیک
- ادامه کار در زمان افزایش ولتاژ

معایب ماشین سنکرون

- ماشین گردان بوده و هزینه نگهداری بالایی دارد
- ظرفیت نامی بالا است
- تلفات بالاست
- خرابی کل کندانسور را از مدار خارج می کند

توان راکتیو و خازنگذاری

عمده مصرف کنندگان انرژی راکتیو

- کوره های القایی
- کوره های قوس الکتریکی
- سیستم های جوشکاری AC، DC
- ترانسفورماتورها
- لامپهای تخلیه
- موتورها مانند آسانسور ها و بالابرها
- متعادل ساز های بار های نا متعادل
- تثبیت کننده های ولتاژ
- 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)
- مصرف کنندگان یا تجهیزاتی که دارای مشخصه غیر خطی هستند.
- مصرف کنندگانی که در شکل موج ولتاژ محل تغذیه خود اعوجاج (هارمونیک) ایجاد می نمایند.

انواع خازن ها و مقایسه خازن خشک معدنی با انواع دیگر

- انواع خازن ها :
  - خازن روغنی
  - خازن گازی
  - خازن خشک معدنی
- مقایسه خازن خشک معدنی با انواع دیگر:
  - **مزایای خازن خشک معدنی به خازن روغنی:**
    - مواد مصرفی کمتر بدلیل دی الکتریک فیلم P.P (کاهش شدید قیمت)
    - تحمل شدت میدان قوی تر یا به عبارتی ولتاژ بیشتر
    - مجهز به مکانیسم Self Healing (خود ترمیمی)
  - **مزایای خازن خشک معدنی به خازن گازی:**
    - بهره گیری از تکنولوژی برتر و ساده تر در ولتاژ برابر (کاهش قیمت)
    - عدم بهره گیری از گاز SF_6 و بطبع سازگاری با محیط زیست

مزایای خازنهای خشک فراکوه

موارد	استاندارد	خازنهای فراکوه
مکانیزم حفاظتی	دشارژ در زمان ۳ دقیقه به ۷۵ ولت	دشارژ در زمان ۱ دقیقه به ۵۰ ولت
تلرانس خازن	۵- تا ۱۵٪ ظرفیت نامی	۵- تا ۵٪ ظرفیت نامی
تست ولتاژ بین ترمینالها	۲/۱۵ برابر ولتاژ نامی در دو ثانیه	۲/۱۵ برابر ولتاژ نامی در ده ثانیه
تست ولتاژ بین ترمینال و بدنه	۳ کیلو ولت در ده ثانیه	۳ کیلو ولت در شصت ثانیه
اضافه جریان	۳۰٪ اضافه جریان به صورت دائمی	۱۰۰٪ اضافه جریان به صورت دائمی

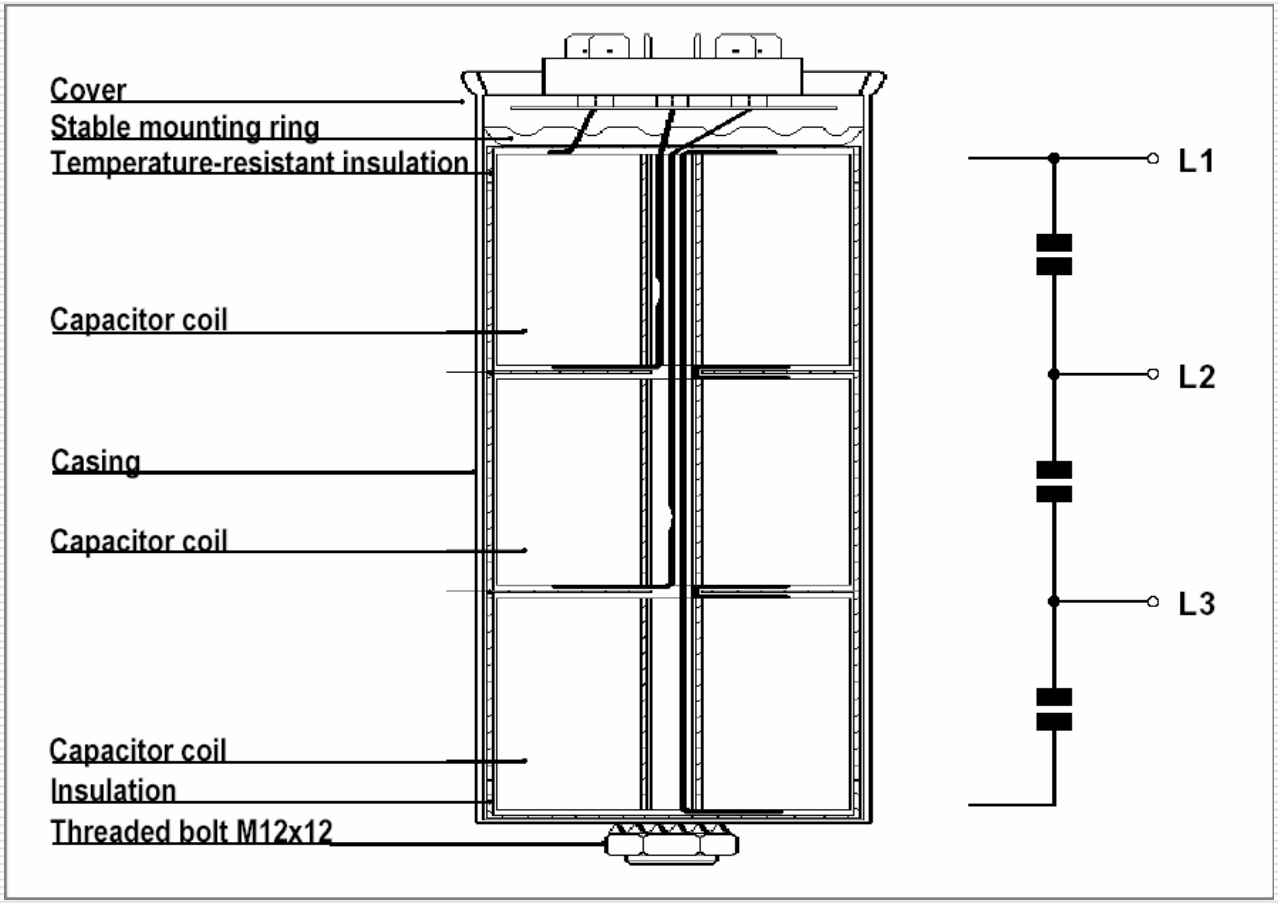
مزیتهای خازنهای خشک فراکوه

- **اضافه ولتاژها :**

حداکثر زمان مجاز	اضافه ولتاژ در FRAKO	اضافه ولتاژها طبق IEC	در فرکانس
دائمی	۴۷۰ ولت	۴۰۰ ولت	شبکه
۸ ساعت در هر روز	۵۶۸ ولت	۴۴۰ ولت	شبکه
۳۰ دقیقه در هر روز	۵۹۲ ولت	۴۶۰ولت	شبکه
۵ دقیقه در هر روز	۶۲۰ ولت	۴۸۰ ولت	شبکه
۱ دقیقه در هر روز	۶۵۸ ولت	۵۲۰ ولت	شبکه

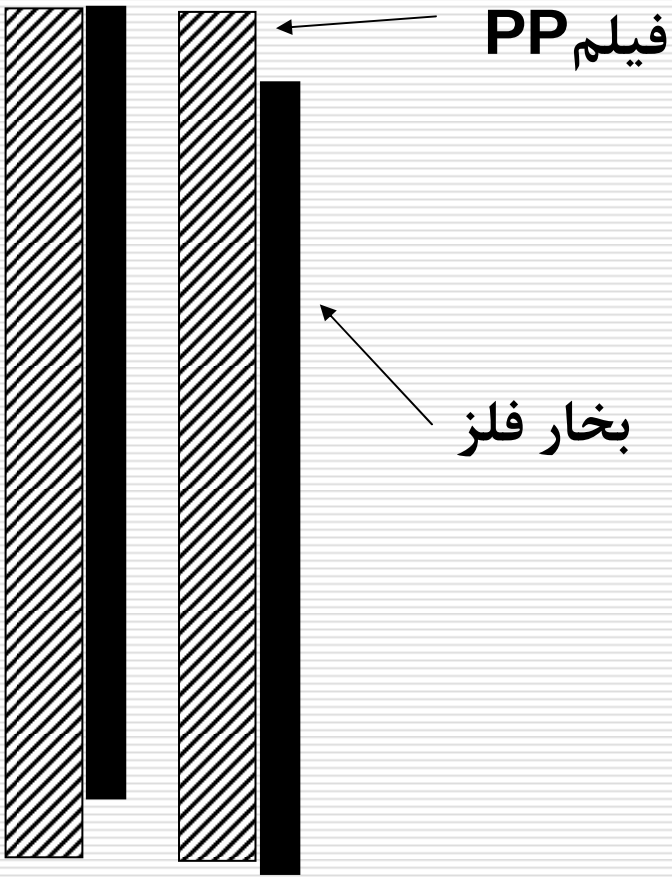
- **دمای قابل تحمل**
  - محدوده دمایی خازنهای FRAKO **۴۰- درجه تا ۷۵ درجه سانتیگراد**
- **تلفات خازن :**
  - تلفات در **کویلها برابر۰/۲** و در **ترمینالها کمتر از ۰/۵ وات بر کیلو وار** است.
- **طول عمر :**
  - طول عمر متوسط خازنهای FRAKO، **۱۵۰/۰۰۰ ساعت** است
    - **بر اساس آمارهای دریافتی در طول ۱۵ سال گذشته تنها یک در صد خرابی خازنها هنگام کار گزارش شده است که تاکنون هیچ یک از دیگر سازندگان به این سطح کیفیت دست نیافته اند.**

ساختمان داخلی خازنهای فراکوه

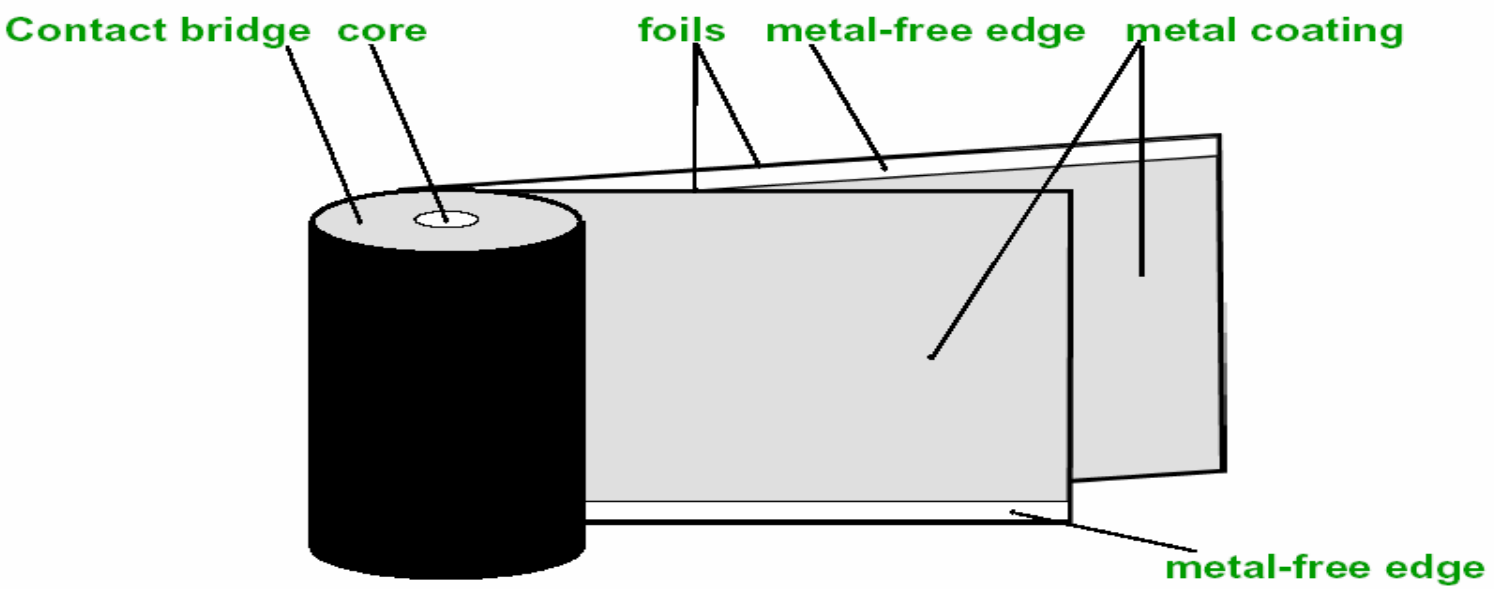


ساختار خازنهای فشار ضعیف

- دی الکتریک: فیلم پلی پروپیلین
- الکترود: بخار فلز
- تلفات: ۰/۲ وات بر کیلووار
- ولتاژ قابل تحمل : ۵۵۰VAC یا ۱۲۰۰ VDC



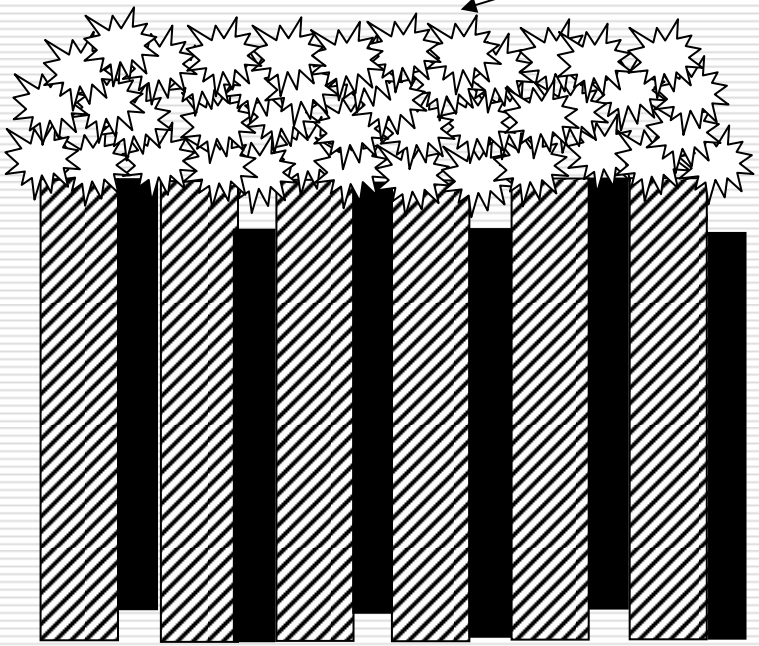
ساختار خازنهای فشار ضعیف



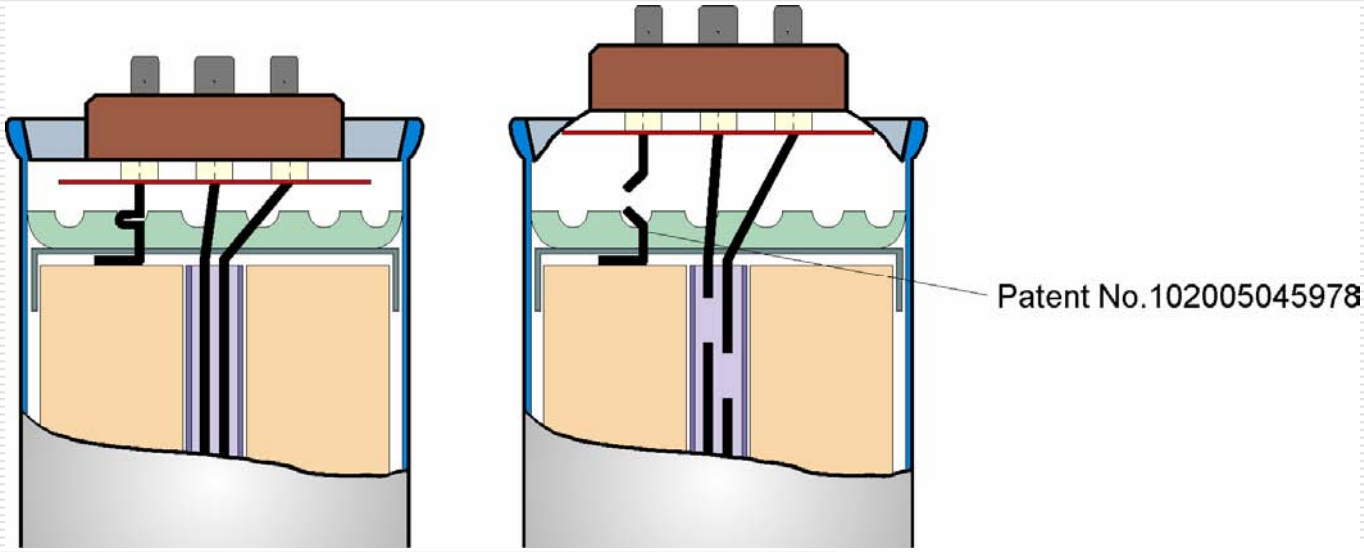
Principle structure of a wound capacitor coil

ساختار خازنهای فشار ضعیف

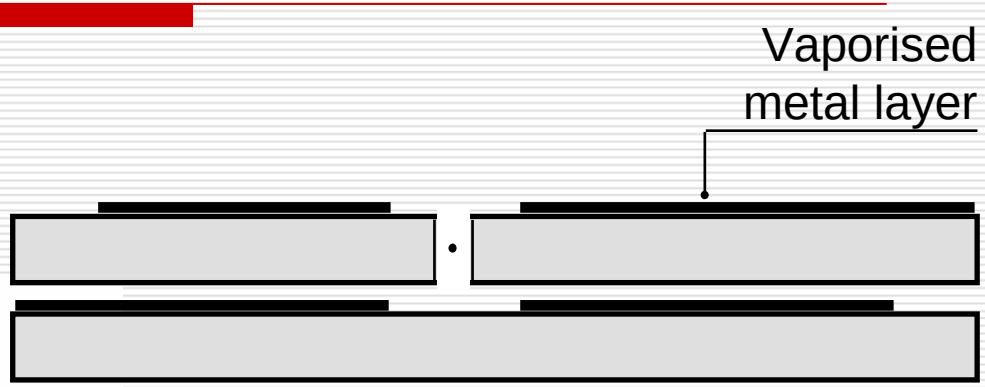
اسپری بخار فلز

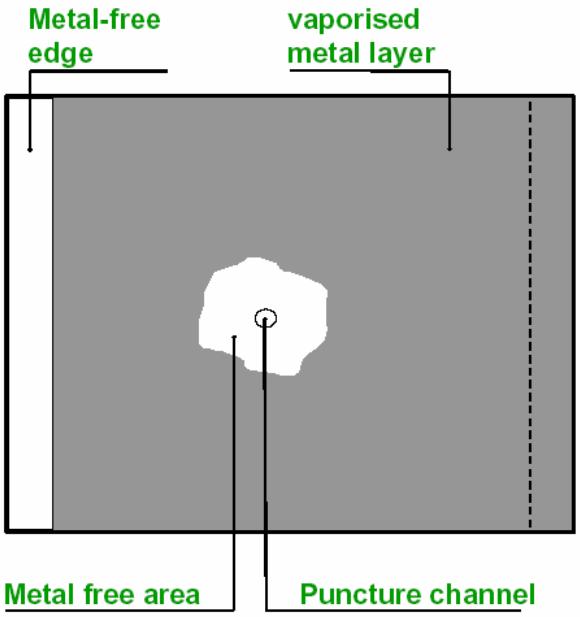


قطع کننده اضافه فشار داخلی



مکانیزم خود ترمیمی





مکانیزم فیلم قطعه قطعه

- برای جلوگیری از آسیب دیدن کل کویل

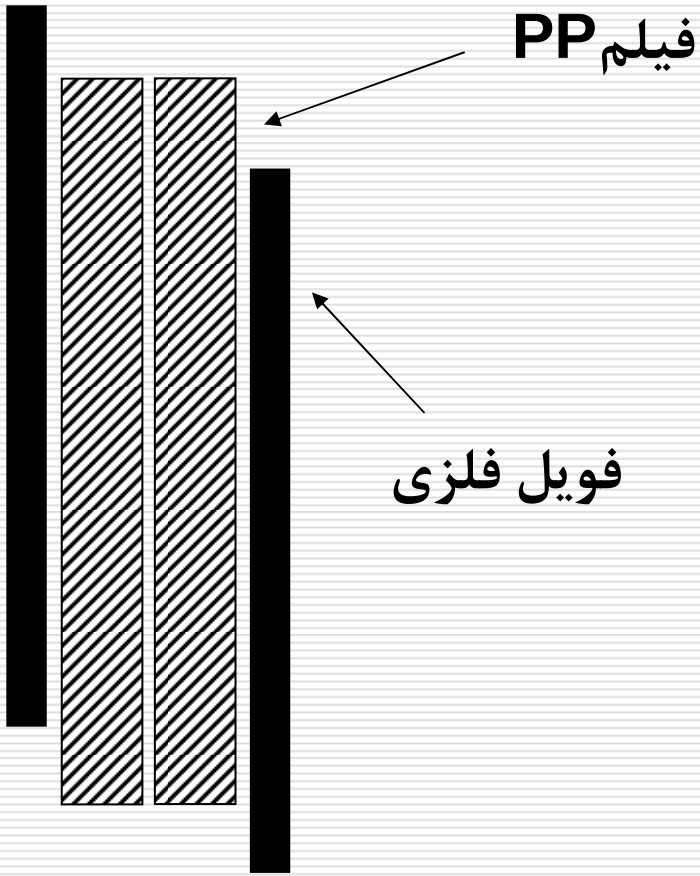
خازنهای فشار متوسط

- نیاز به روغنی با ضریب عایقی بالا
- نیاز به روغنی با ضریب انبساط حجمی پایین
- ترکیبات کلر دار
- آسکارل
- حذف آسکارل
- روغنهای معدنی جانشین

مراحل ساخت

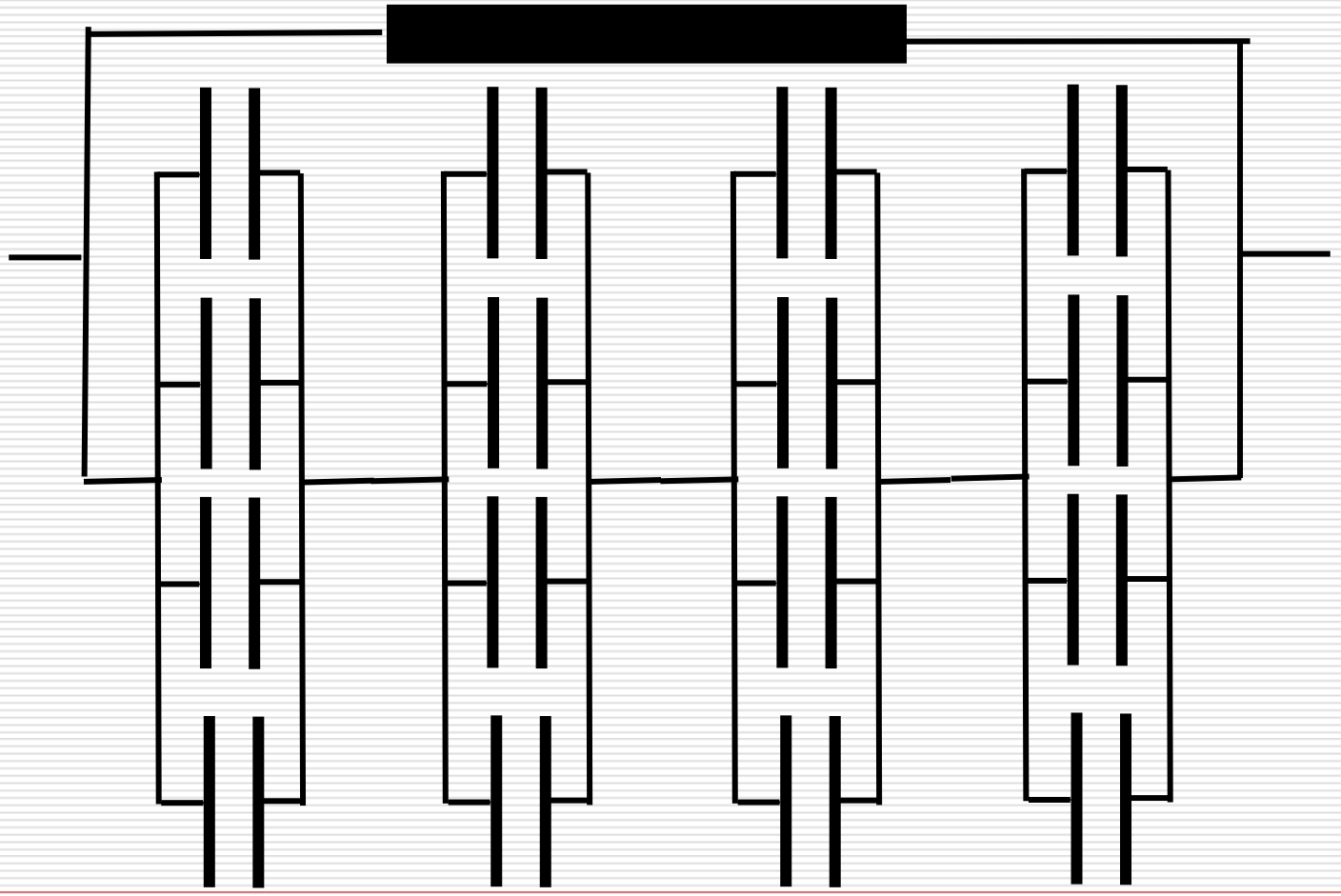
- پیچش کویل
- ورقهای P.P و فویل آلومینیم
- خارج کردن کنتاکت

ساختار خازنهای فشار قوی

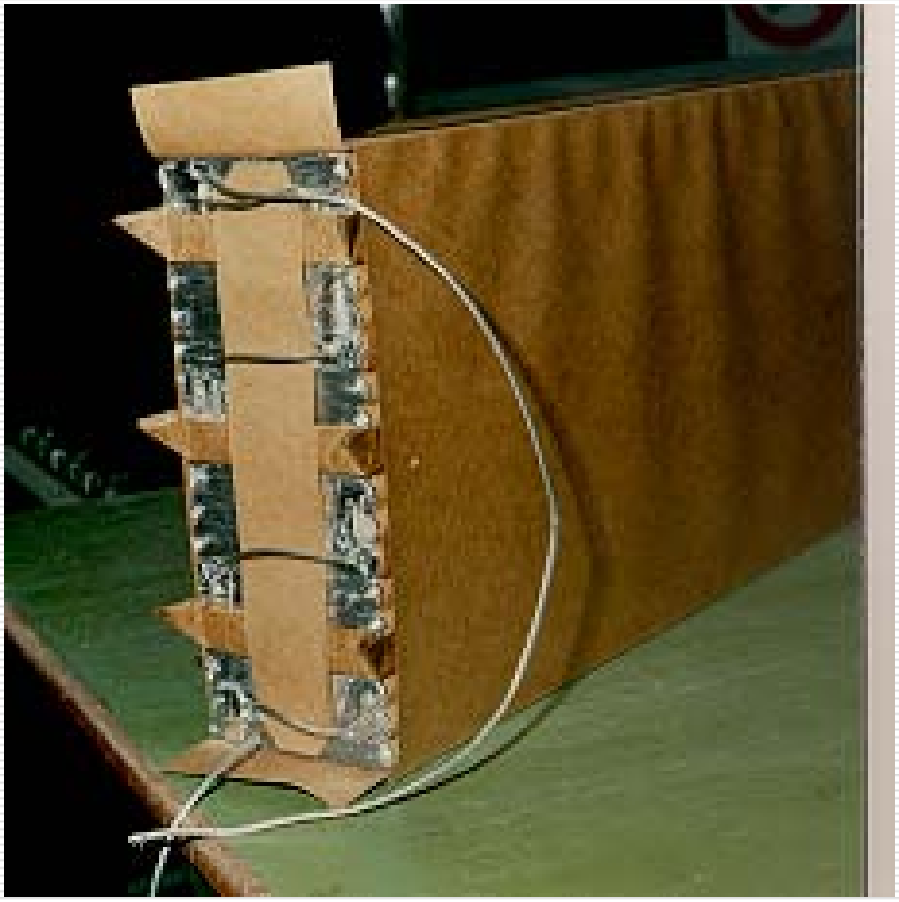


- دی الکتریک: فیلم پلی پروپیلین
- الکترود: فویل فلز
- تلفات: ۰.۲ وات بر کیلووار
- ولتاژ قابل تحمل : ۱۸۰۰VAC یا ۶۰۰۰ VDC

ساختار خازنهای فشار قوی



ساختار خازنهای فشار قوی



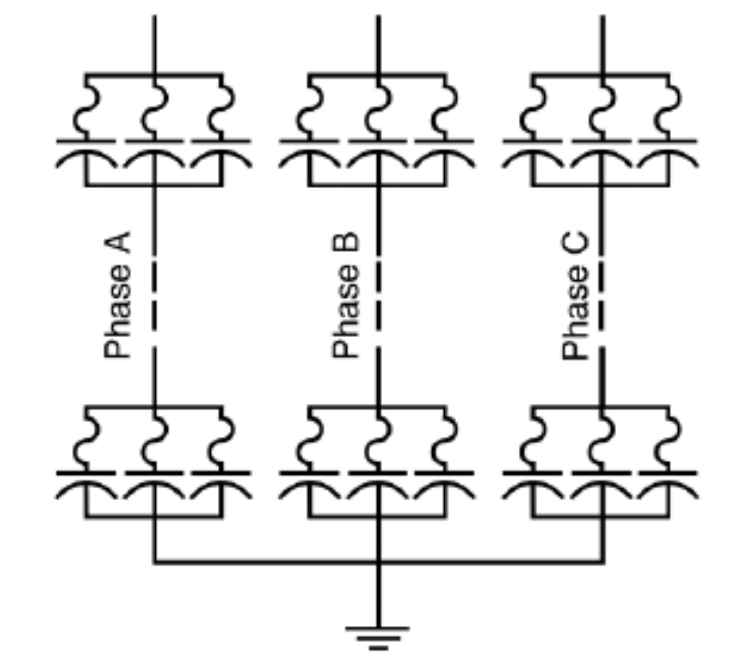
مراحل ساخت

- پروسس روغن
- دیگ خلا
- نصب بوشینگ
- تست آب بندی
- تستهای روتین

انواع یونیت و بانک خازنی

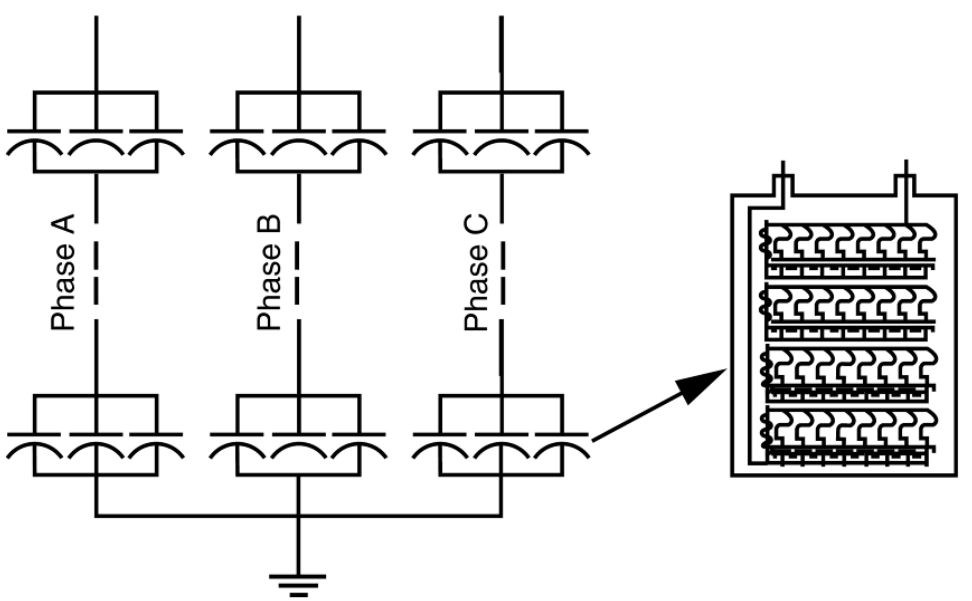
- تکفاز
  - تک بوشینگ
  - دو بوشینگ
- سه فاز
  - سه بوشینگ اتصال مثلث
  - چهار بوشینک اتصال ستاره
- فیوز داخلی
- فیوز خارجی
- بدون فیوز

بانک مجهز به فیوز خارجی



- خازن از ۵۰ الی ۴۰۰ کیلووار
- ترکیب سر و موازی
- با عملکرد فیوز ولتاژ فازهای دیگر افزایش می یابد
- با عمل کردن فیوز یا عدم تعادل در نوترال می توان خرابی را در یک یونیت تشخیص داد

خازن با فیوز داخلی



- عدم تشکیل قوس پایدار
- نصب و نگهداری آسان
- عدم تماس فیوز با محیط خارجی
- قابلیت تست همزمان فیوز و خازن در هنگام ساخت
- مناسب برای پست و فیلتر
- نتیجه عمل کردن فیوز را از عدم تعادل می توان دید

بانکهای بدون فیوز

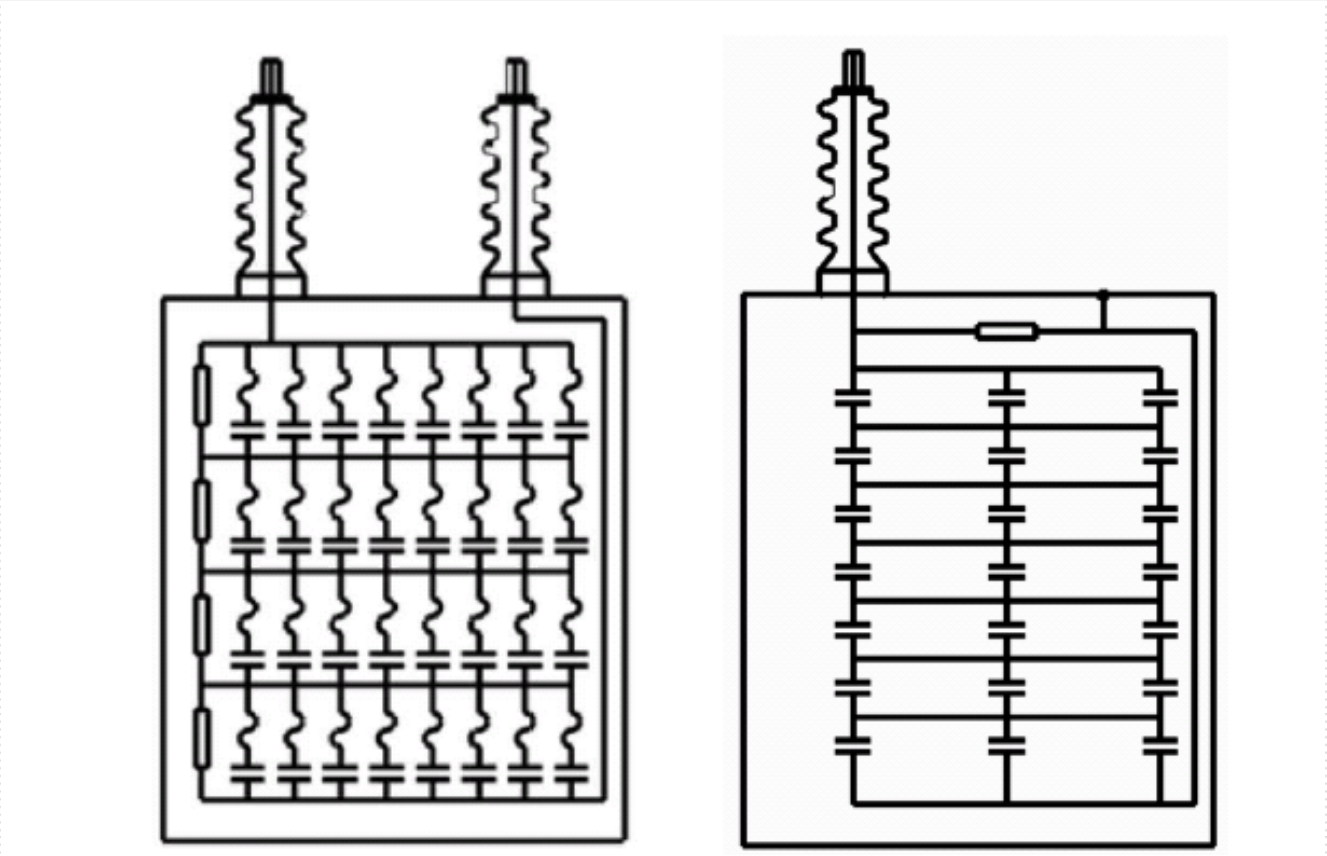
معایب

- در صورت بروز هر خطایی باید سریعاً از مدار قطع شود
- یونیتها باید مشابه باشند
- آسیب پذیر بودن

مزایا

- فضای لازم کم
- ارزان
- غیر حساس به ورود حیوانات

تک بوشینگ و دو بوشینگ



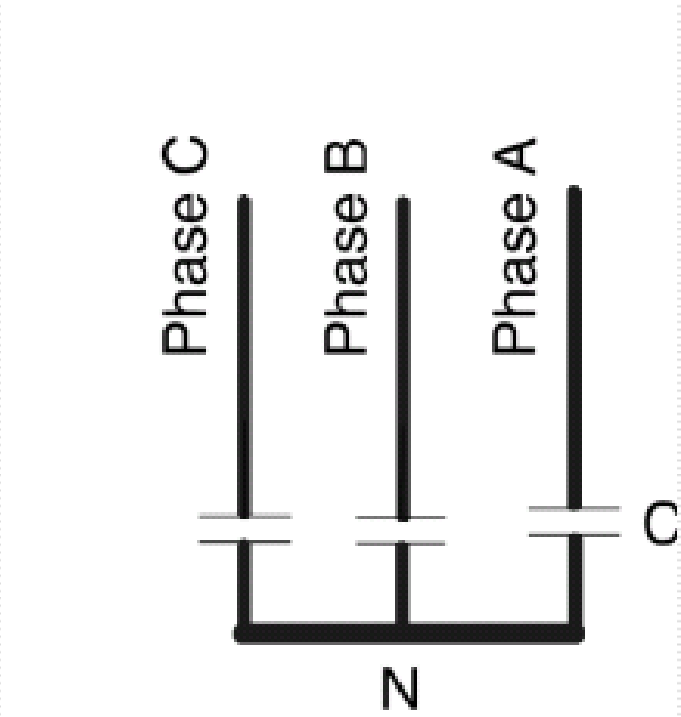
بانک با استفاده از خازن تک بوشینگ

2 x 19,5 MVAR - 22,74 KV - 3*rd* - *4th harmonics*

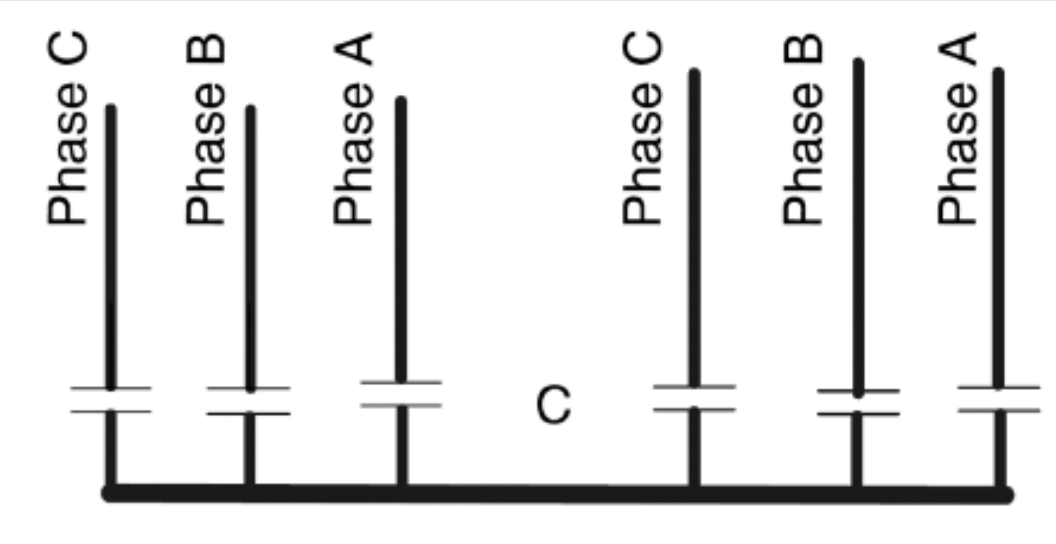
انواع اتصالات بانک خازنی

- ستاره زمین نشده
- ستاره دوبل زمین نشده
- مثلث
- پل

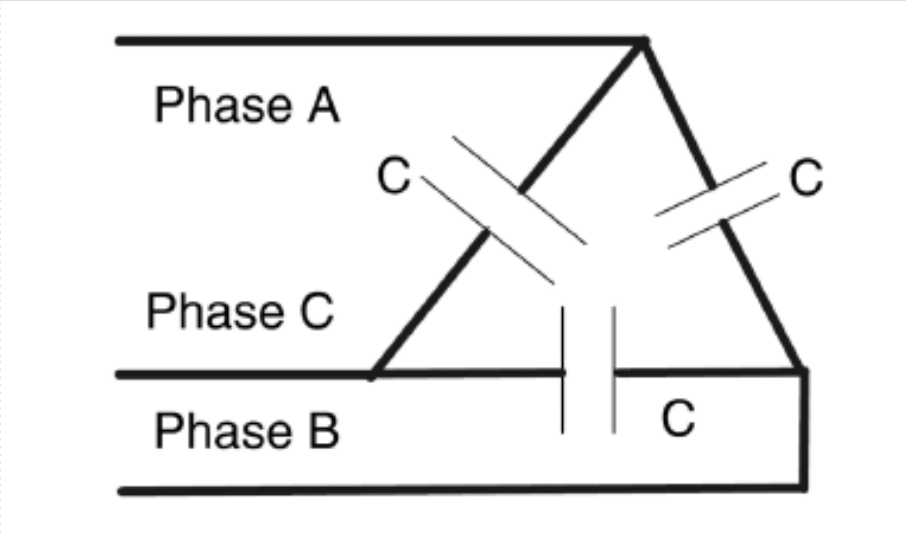
ستاره زمین نشده



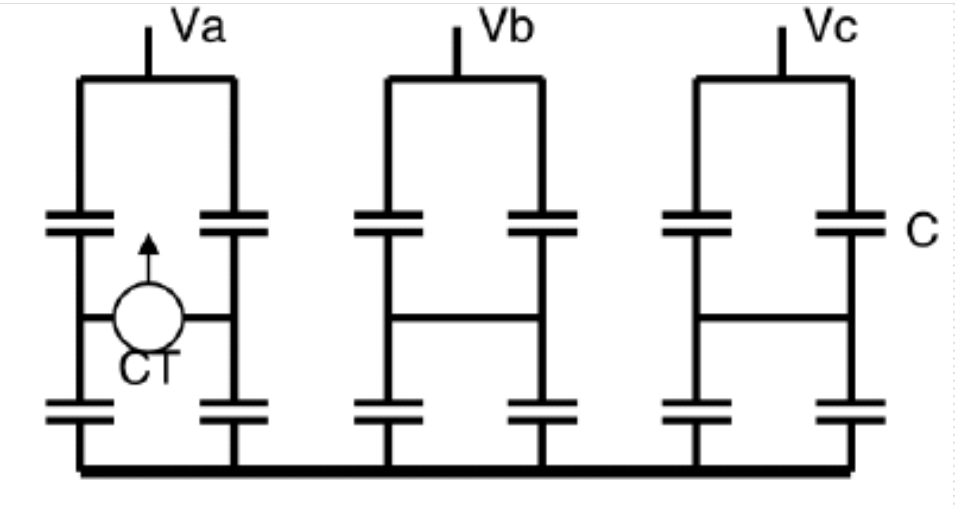
ستاره دوبل زمین نشده



مثلث



پل



حفاظت بانکهای فشار قوی در مقابل عدم تعادل جریان

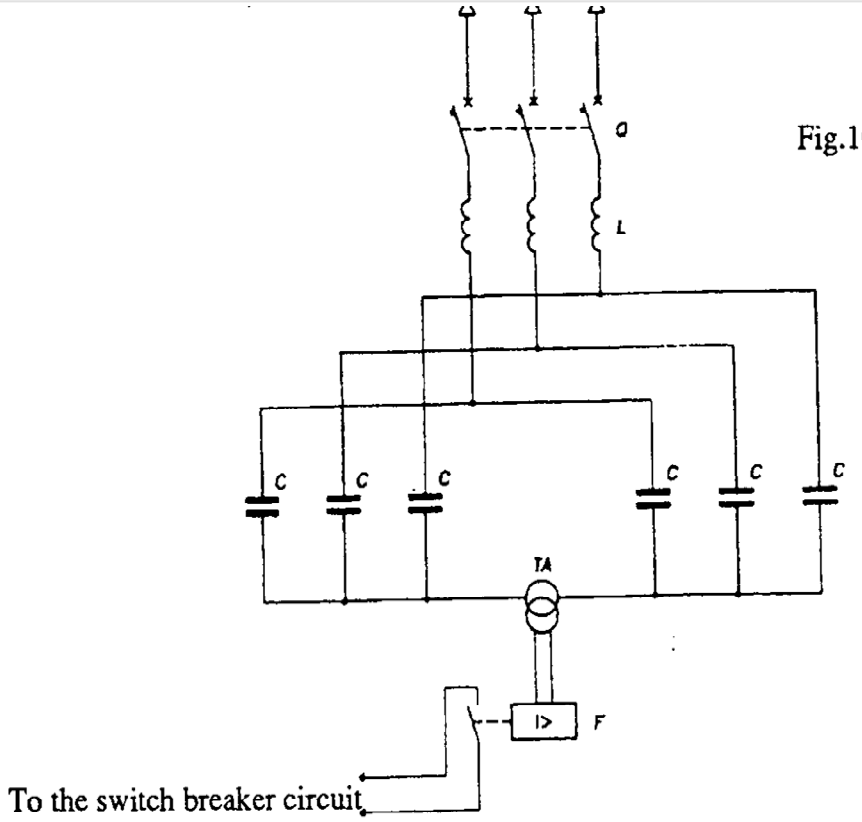


Fig.10 Medium voltage bank, protection against current umbalance

بانک خازنی در پست برق

- ماکزیمم ابعاد بانک
- مینیمم ابعاد بانک
- ابعاد بانک و کاهش تلفات
- اثر محدود کردن افزایش ولتاژ

ماکزیمم ابعاد بانک

- افزایش ولتاژ ماندگار
- قدرت مدارشکن
- حالات گذرا

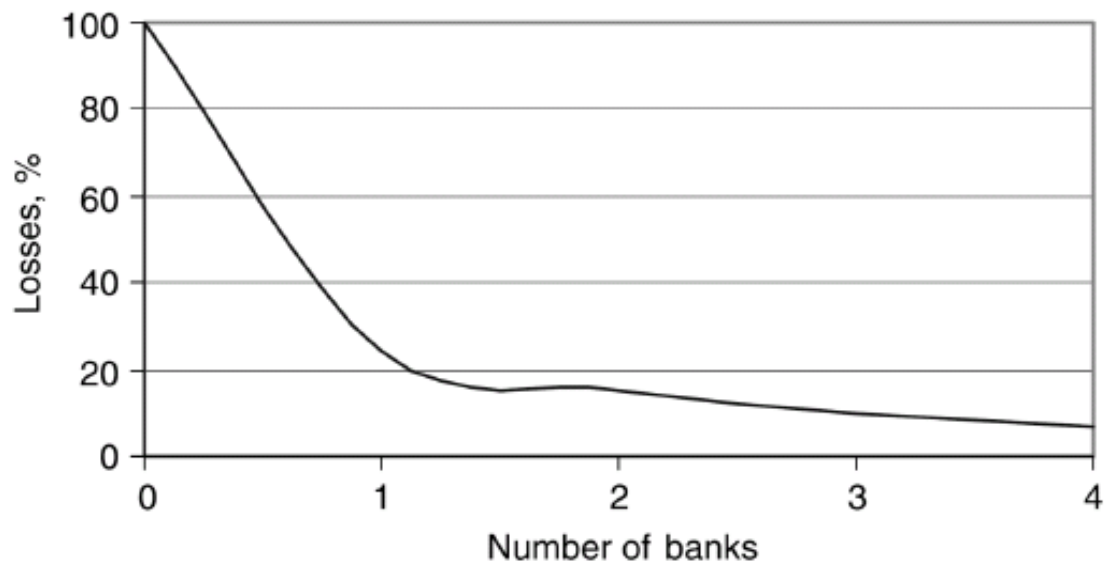
$$\Delta V = \left(\frac{MVA_C}{MVA_{SC}} \right) \times 100$$

مینیمم ابعاد بانک

- تعداد یونیتهای سری و موازی شده بستگی دارد به
  - ماکزیمم افزایش ولتاژ مجاز
  - مشخصات فیوزها

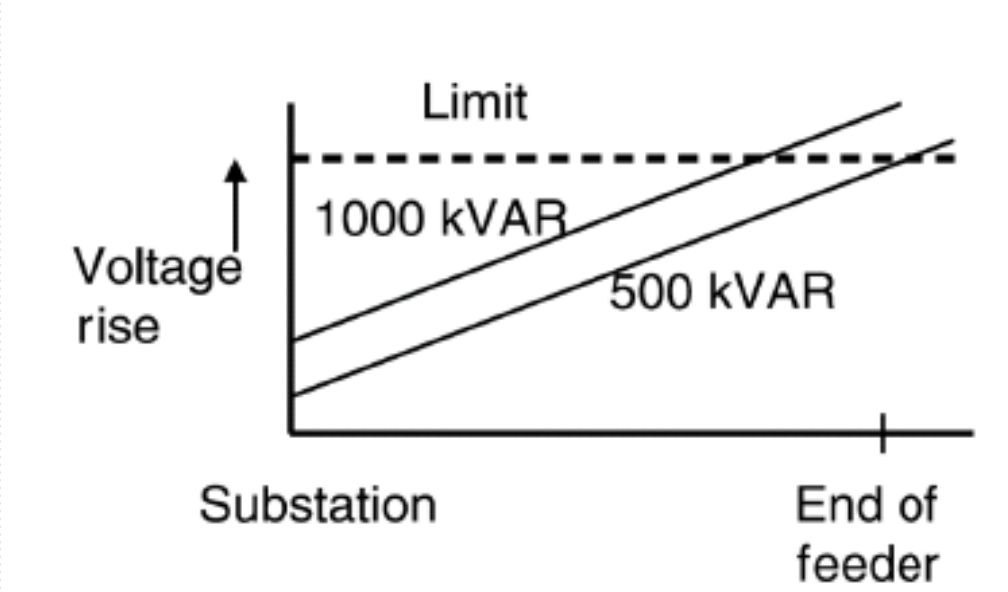
ابعاد بانک و کاهش تلفات

- تعداد بانک در یک پست
- انعطاف پذیری
- سوییچینگ
- هزینه



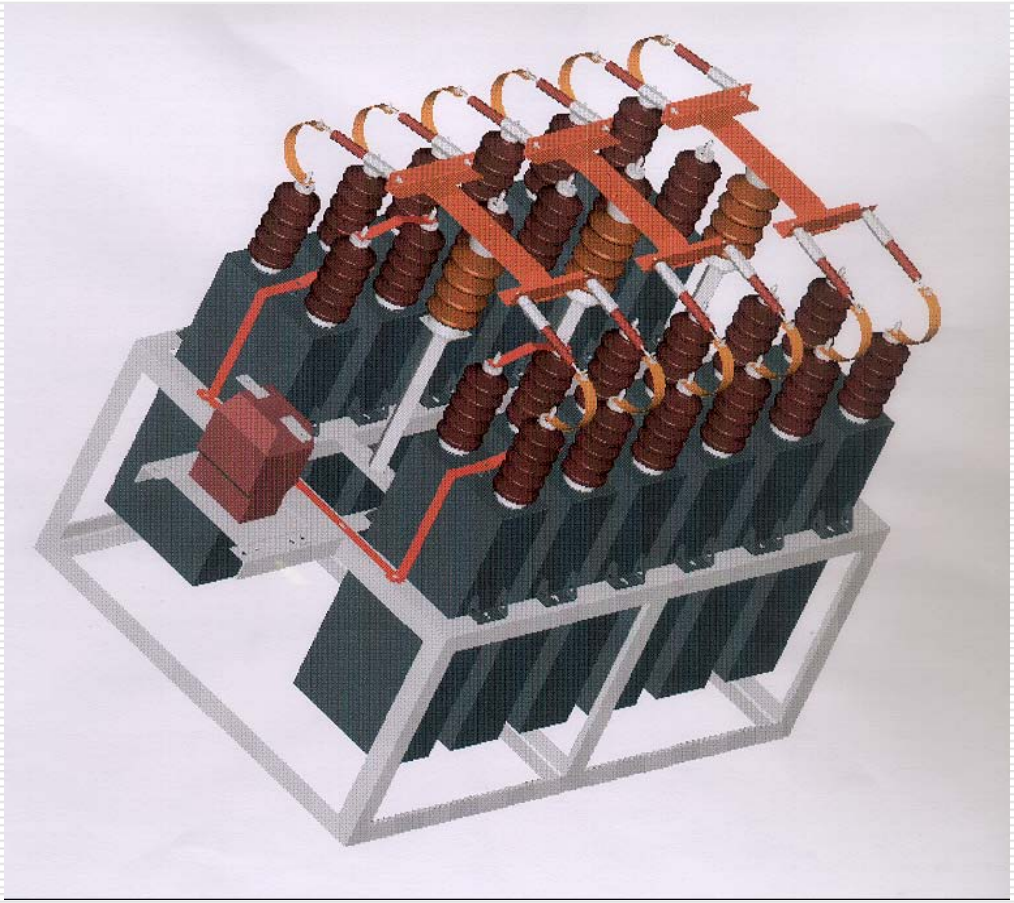
اثر محدود کردن افزایش ولتاژ

- محدودیت خازن قابل سوییچ شدن
- نزدیکی به پست

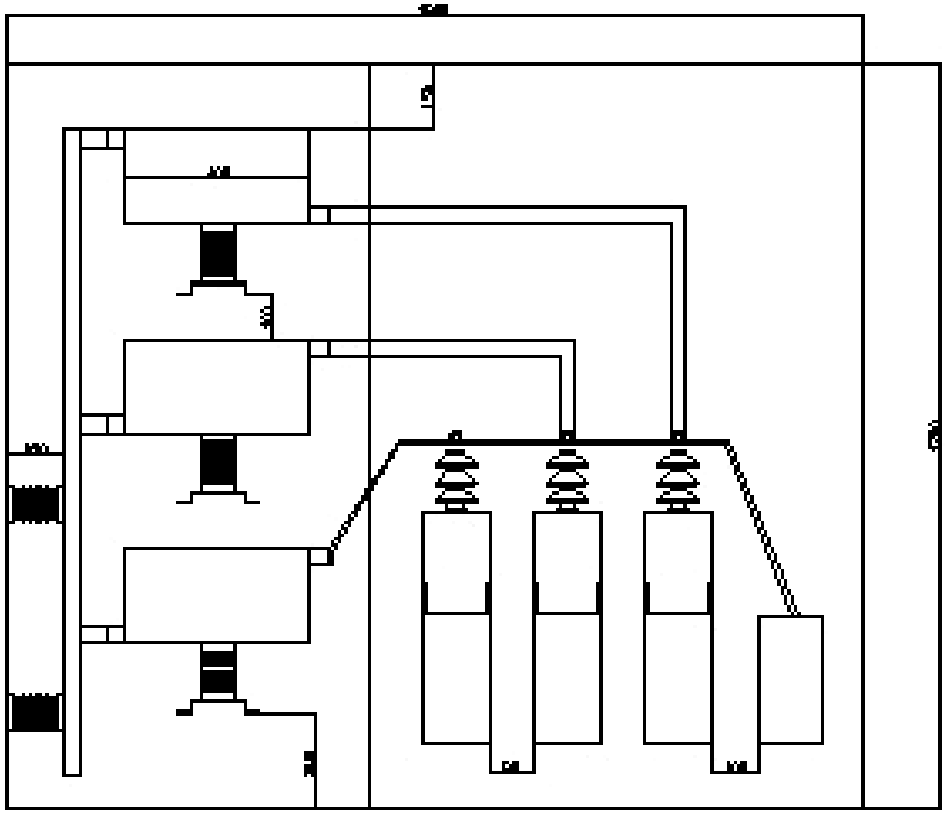


نصب فضای آزاد خازنهای فشار قوی

ساختار عمومی بانکهای خازنی فشار قوی



ساختار عمومی بانکهای خازنی فشار قوی



ساختار عمومی بانکهای خازنی فشار قوی

ضریب توانهای متوسط صنایع مختلف

صنعت	ضریب توان (درصد)	صنعت	ضریب توان (درصد)
شیمیایی	80-85	جوش با قوس	35-60
معدن زغال سنگ	65-80	قطعه‌سازی	45-60
آب فلزکاری	65-70	کورهٔ قوس	75-90
بیمارستان	75-80	رنگ‌رزی	60-65
ساختمان تجاری	80-90	نساجی	60-75
سیمان	80-85	پوشاک	30-60
پارچه‌بافی	65-75	ماشین‌کاری	40-65
پالایشگاه	75-80	پلاستیک	75-80

بررسی مختصر اقتصادی خازن گذاری

هزینه هایی مصرف توان راکتیو :

هزینه توان راکتیو

افزایش بهای اکتیو مصرفی در اثر جریمه مصرف توان راکتیو

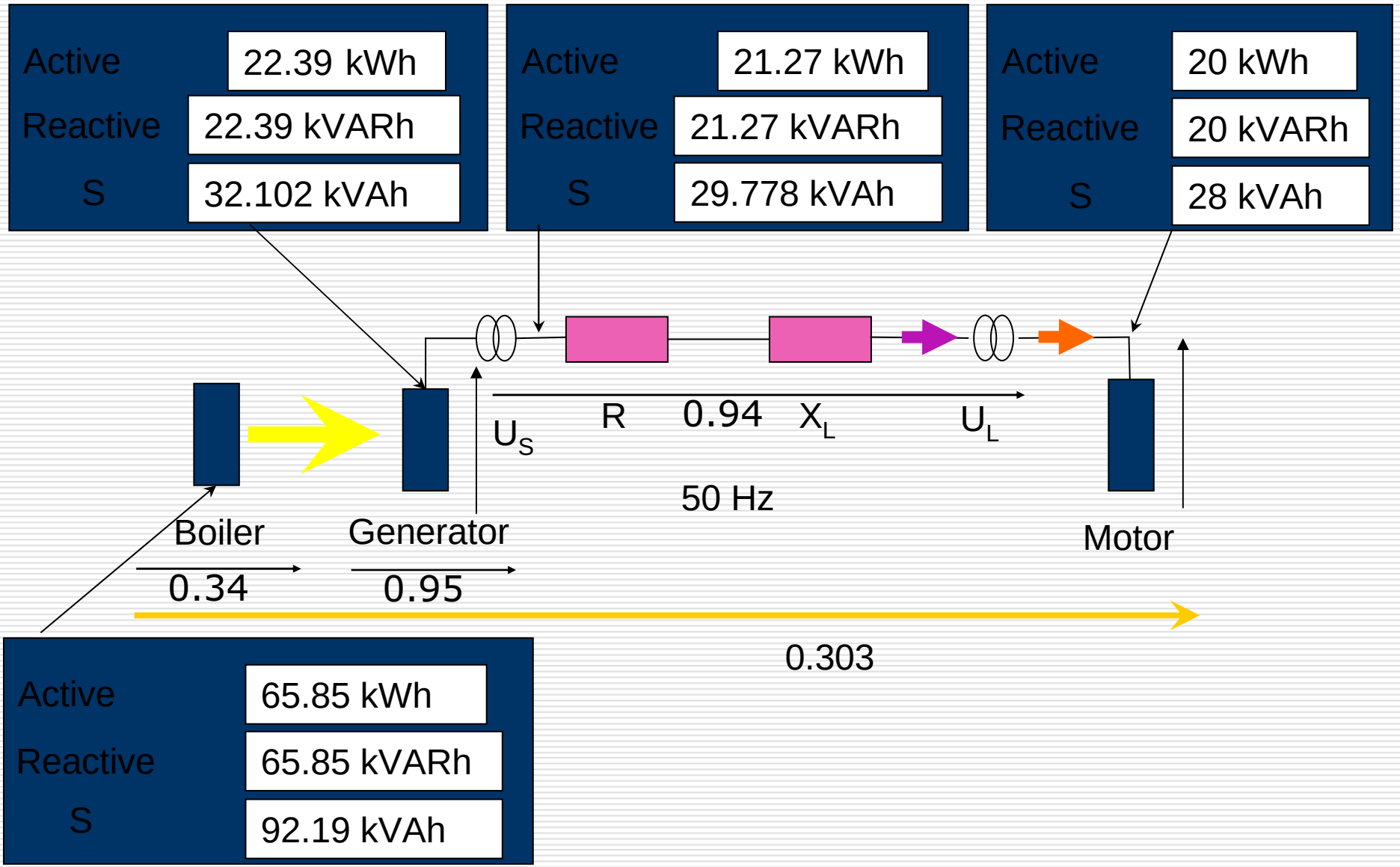
افزایش بهای دیماند در اثر جریمه مصرف توان راکتیو

هزینه برق مصرف کننده بصورت زیر محاسبه می شود :

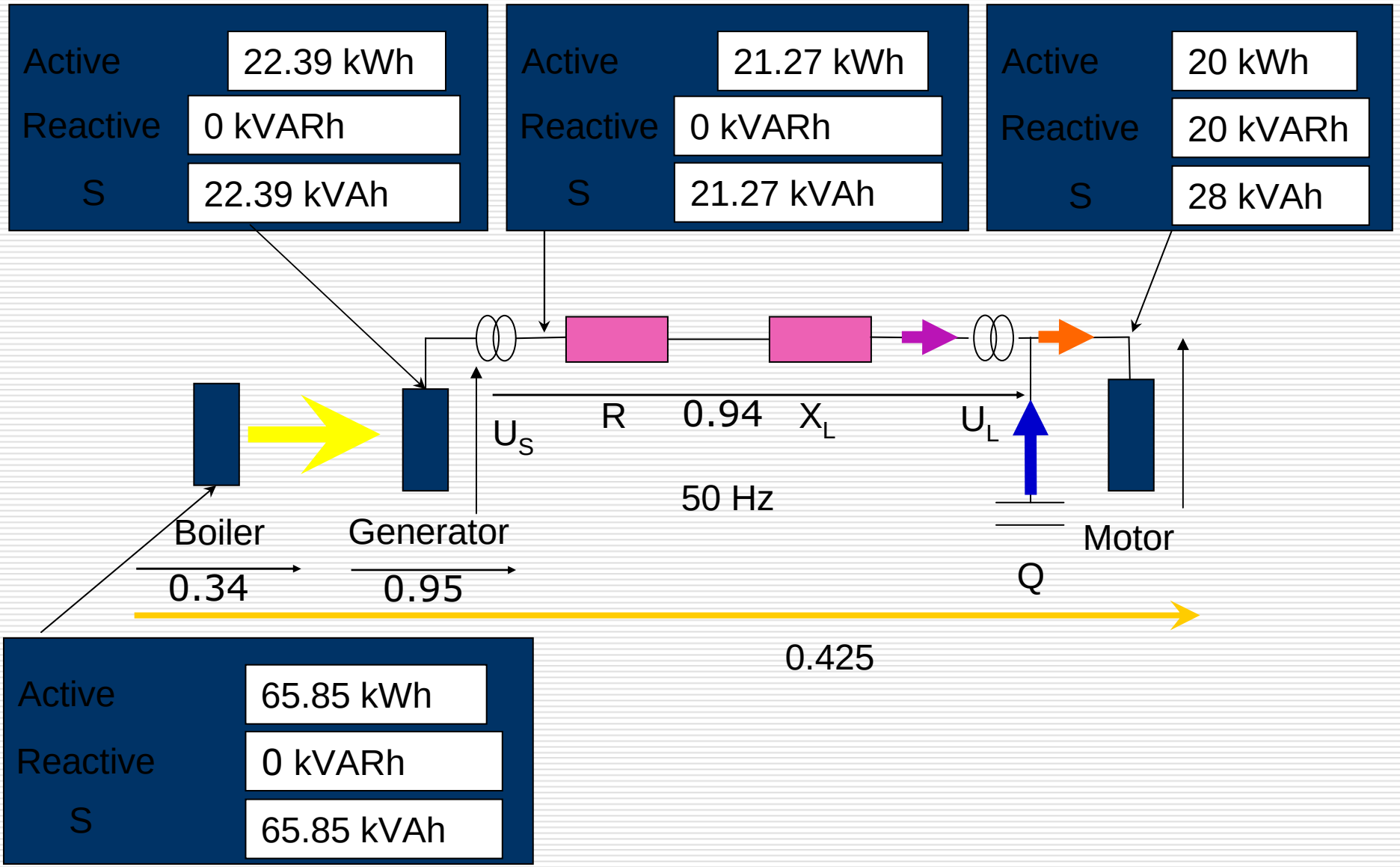
ضریب زیان = (۱ – ضریب قدرت متوسط بار)/۰.۹۲

هزینه کل = بهای راکتیو مصرفی + (بهای اکتیو مصرفی+بهای دیماند)* (ضریب زیان+۱)

اثر خازن گذاری بر محیط زیست



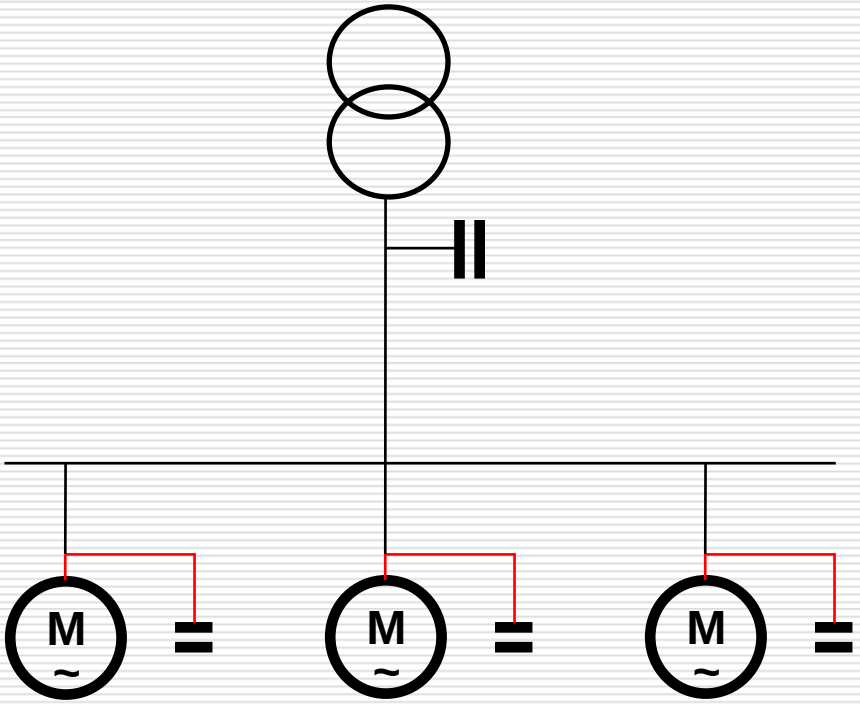
اثر خازن گذاری بر محیط زیست



انواع جبرانسازی

- نقطه ای
- گروهی
- مرکزی

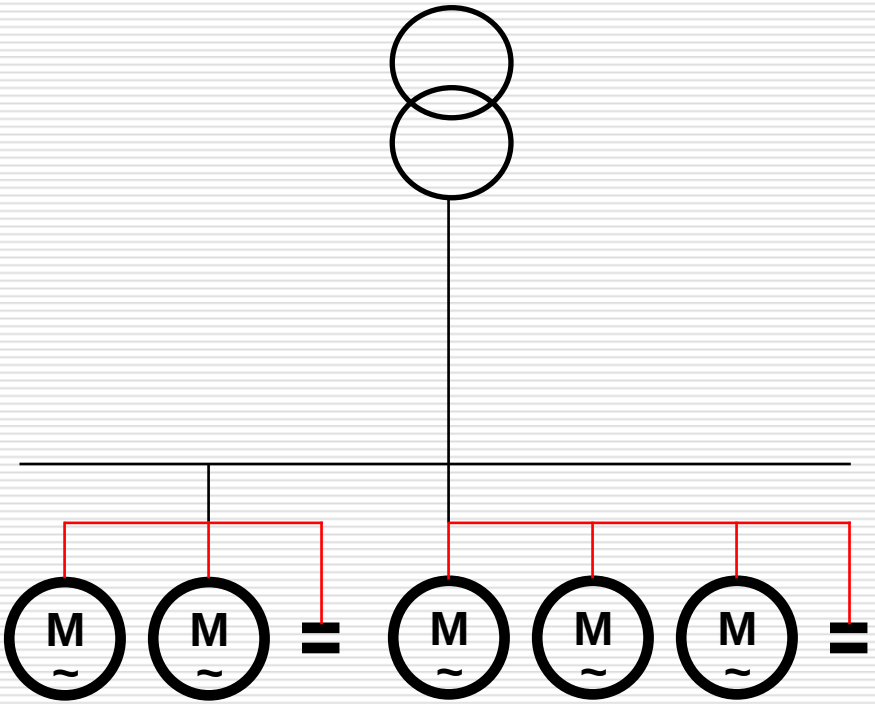
نقطه ای



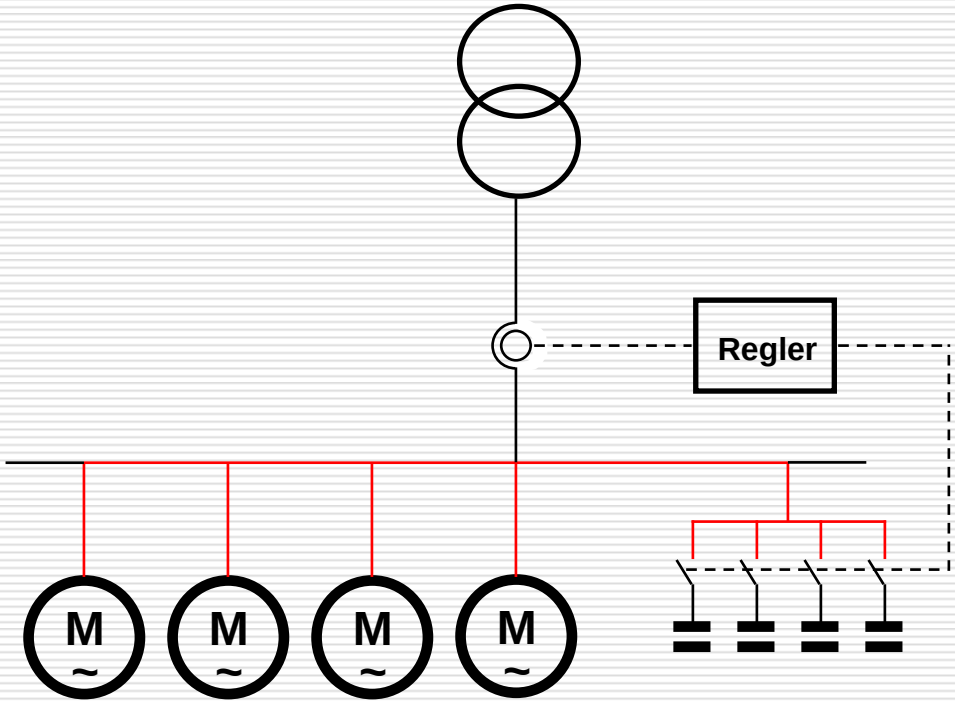
- مزایا
  - حذف کامل راکتیو
  - ارزان
- معایب
  - پخش بودن سیستم
  - هزینه نصب بالا
  - سایزهای متفاوت
  - نیاز به بررسی و سرکشی

گروهی

- مزایا
  - حذف کامل راکتیو
  - ارزان
- معایب
  - پخش بودن سیستم
  - هزینه نصب بالا
  - سایزهای متفاوت
  - نیاز به بررسی و سرکشی



مرکزی



- مزایا
  - نصب ارزان
  - کاربری راحت
  - بررسی راحت
  - نیاز به نصب کمتر خازن
- معایب
  - وجود راکتیو در سیستم داخلی
  - نیاز به سیستم کنترلی

مراحل طراحی بانک خازنی

درسطح فشار ضعیف

FARAKOH

تجهیزات مورد نیاز در طراحی بانک

- پله های خازنی
- رگولاتور (رله کنترل توان راکتیو)
- کیفیت توان
- کنتاکتور خازنی
- انتخاب فیوز

محاسبه ظرفیت بانک با استفاده از قبض برق

- محاسبه میانگین تانژانت فی با استفاده از تقسیم مجموع راکتیو مصرفی به اکتیو مصرفی.
- محاسبه تانژانت فی ضریب توان دلخواه
  - بطور مثال تانژانت فی ۰.۹۵ حدوداً ۰.۳۳ است.
- محاسبه اختلاف تانژانتهای محاسبه شده.
- ضرب اختلاف در دیماند.

FARAKOH

طراحی بانک با ظرفیت معین

- تعیین پله اول به میزان ۵ الی ۱۰ درصد کل ظرفیت بانک
- انتخاب مابقی پله ها به نحوی که بتوان مضارب صحیح پله اول را با وارد و خارج کردن مابقی پله ها ساخت
- توجه به اینکه پله بالای یکصد کیلووار وجود نداشته باشد.
- محدود کردن پله ها به تعداد کنتاکتهای رگولاتور

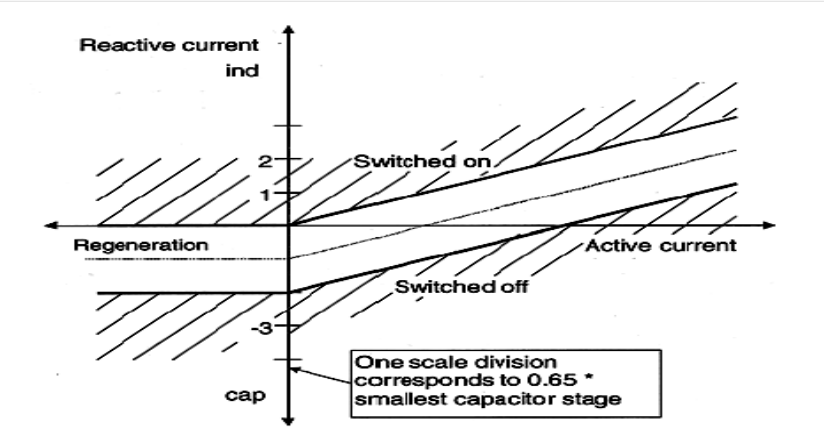
رله های هوشمند
کنترل توان راکتیو فراکوه

Frako

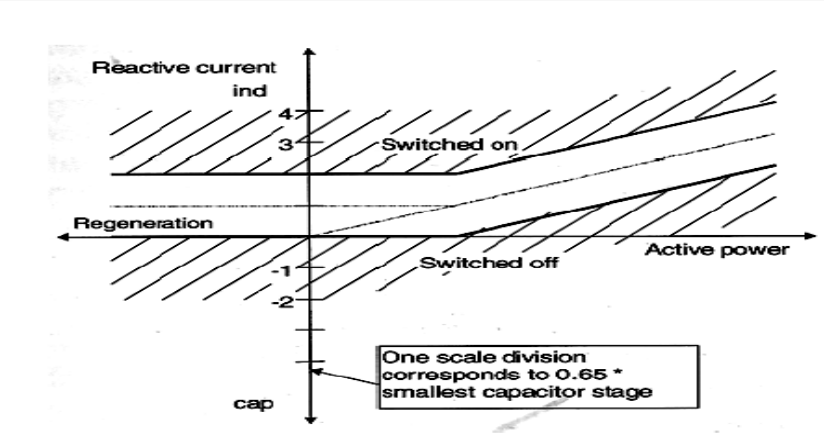
- انواع رله بر اساس تعداد کنتاکت
  - RM9606 ۶پله
  - EMR1100s ۱۲پله

قابلیت ها

- انتقال موازی



- محدود سازی



قابلیت ها

- محاسبه خودکار پاسخ جریان

$$c/k = 0.65 \times \frac{Q}{U \times \sqrt{3} \times k} \approx 0.375 \times \frac{Q}{U \times k}$$

- تاخیر در وصل قابل تنظیم
- امکان هرگونه توالی پله در هنگام تنظیم خودکار
- تعیین پله ثابت

قابلیت ها

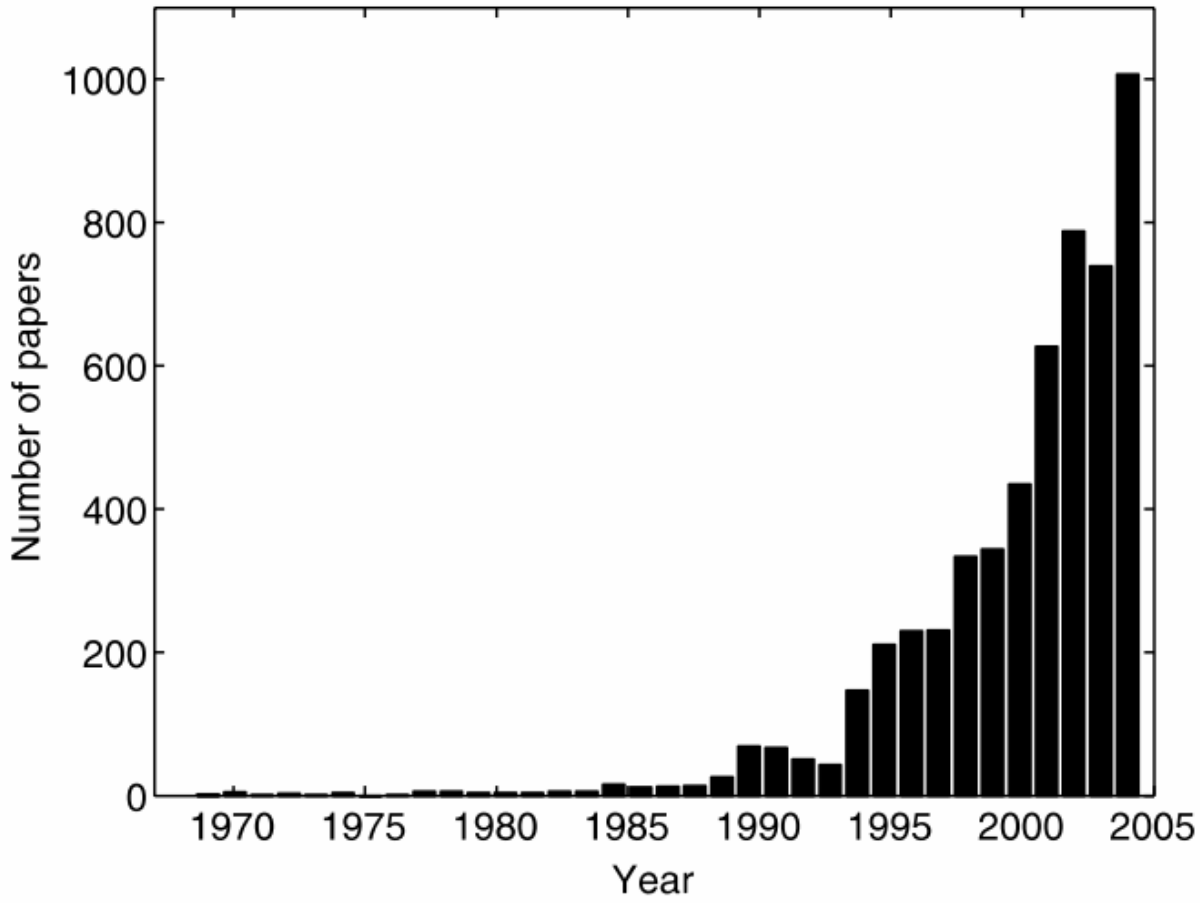
- تشخیص نوع اتصال به صورت خودکار
- تعیین زمان تخلیه
- قطع و وصل دوره ای Cycloswitching
- محاسبه تعداد قطع و وصل کنتاکتور و تعیین حد برای آلارم

قابلیت ها

- امکان تنظیم حد آستانه برای هارمونیکهای و اعوجاج هارمونیکی جریان
- قابلیت نمایش جریان حقیقی و ظاهری، توان اکتیو و راکتیو، ولتاژ و هارمونیکهای فرد ولتاژ (U5-U13)
- امکان استفاده دستی و اتوماتیک

کیفیت توان

کیفیت توان نیازی روز افزون



دلایل افزایش نیاز به کیفیت توان

- تجهیزات جدید نسبت به اختلالات ولتاژی حساستر شده اند.
- تجهیزات مدرن اختلالات ولتاژی-جریانی بیشتری نسبت تجهیزات قدیمی بوجود می آورند.
- خصوصی سازی تولید انرژی و حذف رایانه های مربوطه تقاضای مصرف کننده را برای دریافت انرژی با کیفیت بالا افزایش می دهد.
- افزایش روز افزون تولیدکنندگان محلی انرژی.
- افزایش استفاده از تجهیزات کم مصرف (لامپها، درایوها و ...)

تعریف کیفیت توان از دید IEEE

- power quality is the concept of powering and grounding sensitive equipment in a matter that is suitable to the operation of that equipment

- برقدار کردن و زمین کردن تجهیزات حساس به نحوه مناسب جهت عملکرد آن تجهیزات.

تعریف کیفیت توان از دید IEC

- Characteristics of the electricity at a given point on an electrical system, evaluated against a set of reference technical parameters.

- مشخصات الکتریکی نقطه ای از شبکه در مقایسه با مقادیر مرجع و پارامترهای فنی.

همزمانی اختلات ولتاژی و جریانی
واژه کیفیت توان

- کیفیت جریان : تاثیر مصرف کننده بر روی شبکه
  - استارت چند موتور بزرگ برای یک کارخانه برابر افزایش جریا ن و یک اختلال جریانی است.

- کیفیت ولتاژ : تاثیر شبکه بر روی مصرف کننده
  - در حالیکه درهمان زمان این مساله برای شبکه های مجاور به صورت افت ولتاژ ویک اختلال ولتاژی نمایان می شود.

کیفیت در ارائه انرژی الکتریکی
از دید اتحادیه اروپا

- کیفیت بازرگانی: ارتباط متقابل مصرف کننده وکپمانی تولید کننده انژی الکتریکی و رضایت مصرف کننده.
- پیوستگی ارائه خدمات: در برگیرنده قطع کوتاه مدت یا بلند مدت برق
- کیفیت ولتاژ: حذف اختلالاتی از جمله فرکانس، شکل ودامنه ولتاژ، کاهش یا قطع ولتاژ، پدیده های گذرا وهارمونیک

"جریان به عنوان اثر ولتاژ"

تغییرات فرکانس

- تغییرات فرکانس به علت تغییر ناگهانی توان مصرفی حاصل می شود ومیتواند مشکلات ذیل را بوجود آورد.
  - خطای زمانی تجهیزاتی که به عنوان مرجع ساعت از فرکانس برق شهر استفاده می کنند.
  - تغییرات سرعت موتورها
  - افزایش فلو در ترانسها و موتورها
  - احتمال خطای UF

تغییرات ولتاژ

- تغییرات آرام دامنه ولتاژ می تواند مشکلات ذیل را به دنبال داشته باشد.
  - هر افزایش ولتاژی باعث افزایش ریسک شکست های عایق می باشد.
  - در موتورهای الکتریکی
    - کاهش ولتاژ باعث کاهش گشتاوراستارت، افزایش دمای بارکامل موتور می شود.
    - افزاش ولتاژ باعث افزایش گشتاور، افزایش جریان استارت، کاهش ضریب توان
  - در لامپهای رشته ای میزان نوردهی وطول عمر لامپ تابعی از ولتاژ شبکه می باشد.
  - در لامپهای فلورسنت نوردهی تابع از ولتاژ است ولی در طول عمر تاثیر کمتری دارد.
  - در هیترهای مقاومتی توان خروجی تابع مربع ولتاژ است.

تقارن ولتاژ

- منظور تفاوت بین ولتاژ سه فاز می باشد که مشکلات ذیل را به دنبال دارد.
  - افزایش تلفات در موتورها و یکسوسازها

$$UnbalanceFactor = \frac{|V_-|}{|V_+|}$$

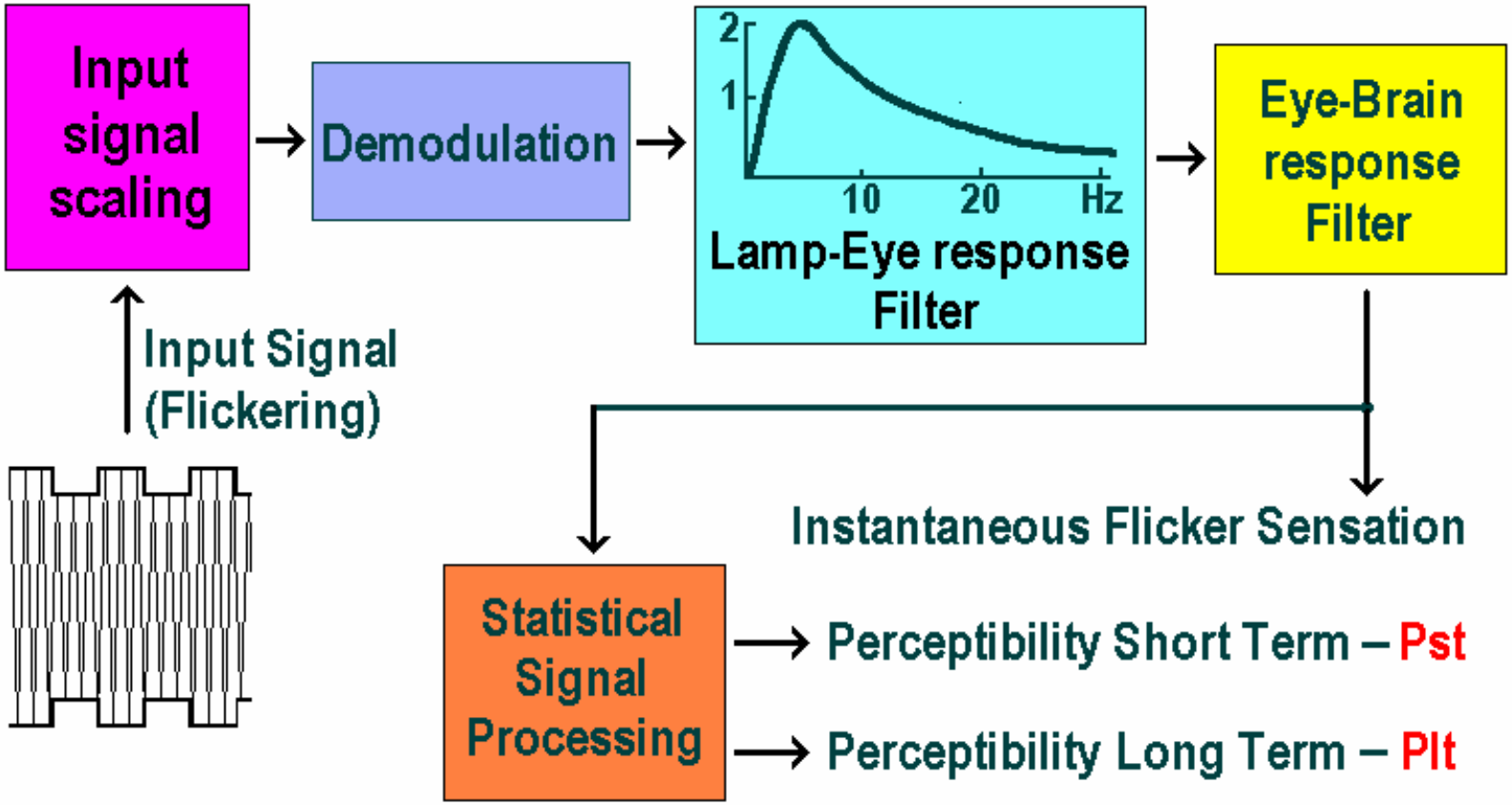
فلیکر

- چشمک زدن یا فلیکردر واقع پدیدههایی هستند که باعث تغییرات کوتاه مدت و سریع در شبکه شده که به صورت چشمک زدن لامپهای الکتریکی نمایان می شود.
- تعریف فلیکر بصورت مدولاسیون دامنه

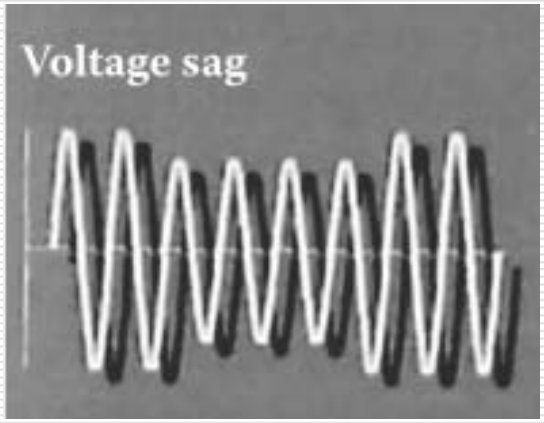
$$v(t) = \sqrt{2}V[1 + m(t)]\cos(2\pi f_0 t)$$

- عوامل فلیکر
  - بارهایی که زیاد روشن خاموش می شوند، مانند سیستمهای برودتی، بارهای موتوری، یخچالها و....
  - بارهایی که تغییرات سریع دارند، کورههای قوس

نحوه تشخیص فلیکر

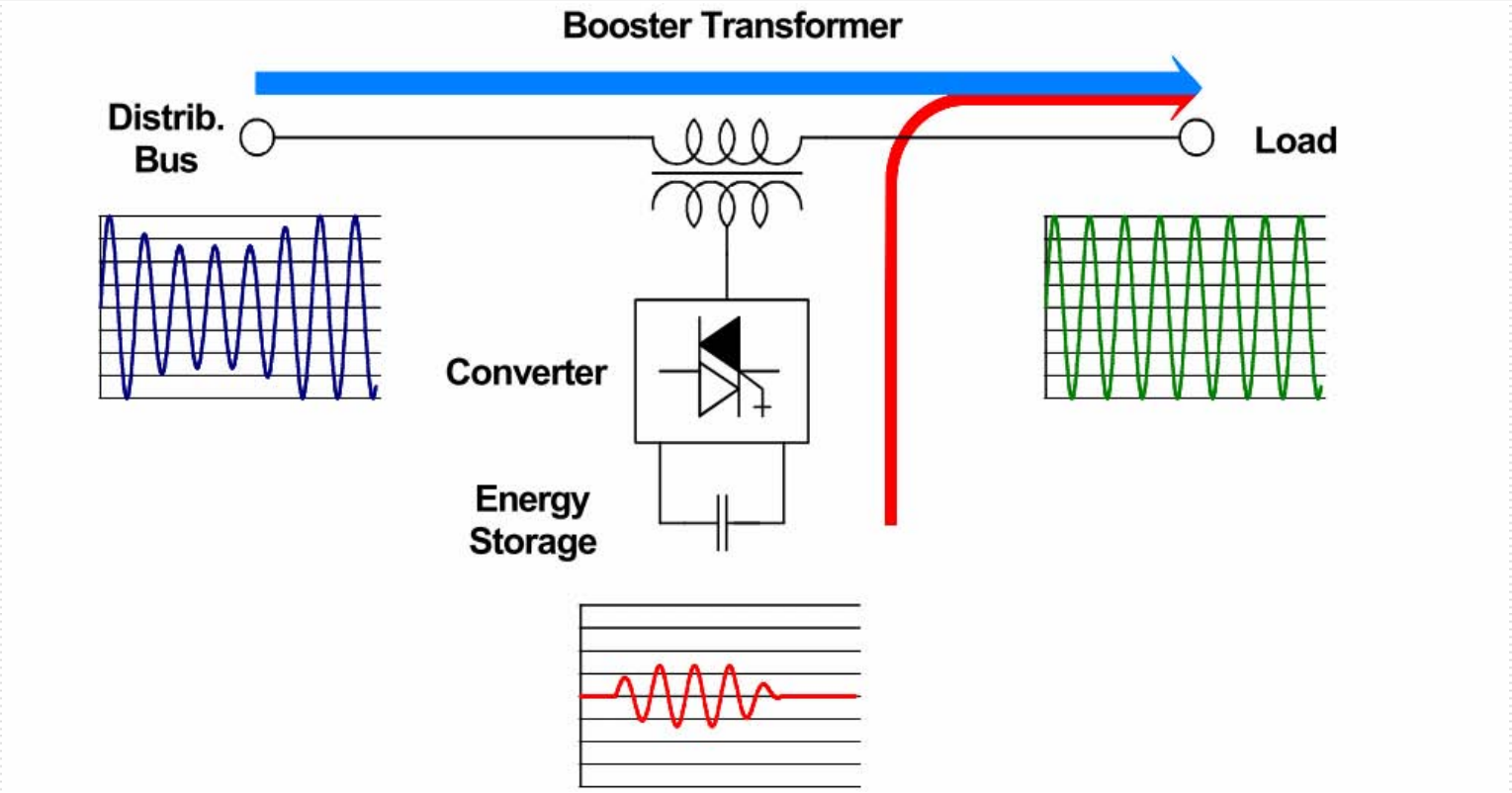


پدیده های ولتاژی و راه حل

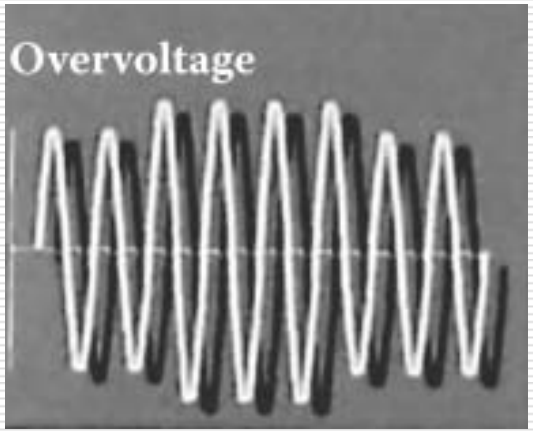


- افت ولتاژ (Sag)
- عامل پدیده
  - رعد برق
  - حیوانات و درختان
- روش حل مشکل درطرف شبکه
  - Dynamic voltage restorer
  - خازن
- روش حل مشکل در طرف مصرف کننده
  - لاین کاندیشنر
  - UPS

Dynamic voltage restorer

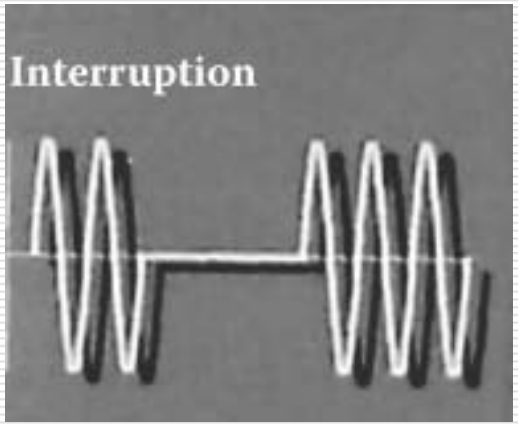


پدیده های ولتاژی و راه حل



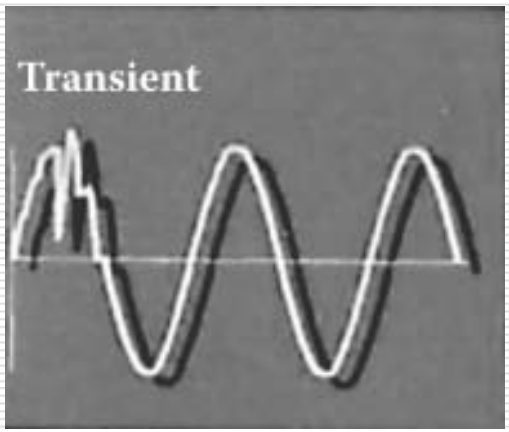
- افزایش ولتاژ (Swell)
- عامل پدیده
  - خطا در فاز دیگر
  - قطع بار
- روش حل مشکل درطرف شبکه
  - Dynamic voltage restorer
  - محدود کننده جریان خطا
  - LA کلاس بالا
- روش حل مشکل در طرف مصرف کننده
  - لاین کاندیشنر
  - UPS
  - رگولاتور ولتاژ

پدیده های ولتاژی و راه حل



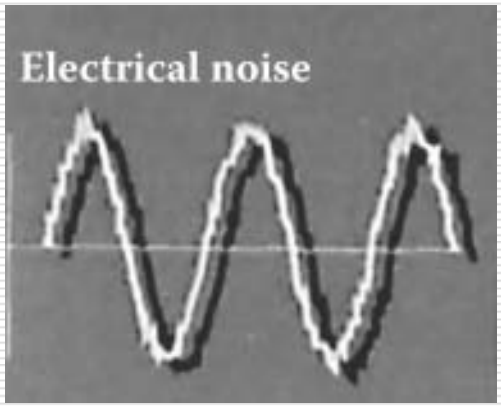
- قطع ولتاژ (Interruption)
- عامل پدیده
  - سوختن فیوز
  - قطع بریکر به علت خطا
- روش حل مشکل درطرف شبکه
  - بریکر های نیمه هادی
  - خازن
- روش حل مشکل در طرف مصرف کننده
  - ست موتور-ژنراتور
  - UPS

پدیده های ولتاژی و راه حل



- پدیده گذرا (Transient)
- عامل پدیده
  - سوییچینگ های شبکه
  - صاعقه
- روش حل مشکل درطرف شبکه
  - LA کلاس بالا
- روش حل مشکل در طرف مصرف کننده
  - لاین کاندیشنر
  - S.A

پدیده های ولتاژی و راه حل



- نویز الکتریکی (Electrical noise)
- عامل پدیده
  - سیم کشی نادرستمصرف کننده
  - زمین نامناسب
- روش حل مشکل درطرف شبکه
  -
- روش حل مشکل در طرف مصرف کننده
  - لاین کاندیشنر
  - S.A
  - زمین مناسب

تغییر شکل موج ولتاژ و جریان
پدیده هارمونیک – اینتر هارمونیک و...

- تغییر شکل موج ولتاژو جریان
  - تغییر شکل موج جریان: اثر تجهیزات بر روی شبکه
  - تغییر شکل موج ولتاژ : اثر شبکه بر روی تجهیزات
- اثرات تغییر شکل موج بر شبکه
  - قطع بی دلیل کلیدها
  - سوختن بی دلیل فیوزها
  - آسیب خازن
  - .....

- تغییر شکل موج و ترانسفورماتور
  - افزایش نویز صوتی ترانسها
  - افزایش تلفات ترانس
  - افزایش حرارت هسته ترانسها
- تغییر شکل موج و کابلها
  - افزایش تلفات کابلها (پدیده پوستی)
  - افزایش حرارت کابلها
  - افزایش ضریب دیرت کابلها

هارمونیک و سیم نول

- سیم نول در سیستم های سه فاز متقارن معمولاً جریانی برابر صفر دارد
- ولی حتی در شرایط متقارن مجموع جریان های هارمونیک سوم در سیم نول با هم جمع می شوند .

تغییر شکل موج تجهیزات الکترونیکی

- ایجادمشکلبرای سیستمهای مجهز بهPLL
- ایجاد مشکل برای سیستمهای کنترل دور تریستوری

اثرات هارمونیک PLC و تلفن

- از اثراتغیر مستقیمهارمونیک نصب فیلتر است، که باعث دمپشدن سیگنال PLC می گردد.
- تاثیر اعوجاجات فرکانس بالا بر خطوط تلفن به صورت نویز جلوه می کند .

اثرات تغییر شکل موج بر خازن

- قربانی اصلی هارمونیک و تغییر شکل موج می باشد.
- افزایش جریان
- رزنانس

- اثرات تغییر شکل موج ماشینهای گردان
  - افزایش تلفات ماشین.
  - نوسان میزان گشتاور ماشین
  - موتور های تکفاز و رزنانس.

- اثرات تغییر شکل موج به تجهیزات حفاظتی

  - باعث عملکرد نا مشخص رله ها می شود.
  - حرارت بیش از حد فیوزها

تغییر شکل موج

- هارمونیک
- اینتر هارمونیک
- غیر پریودیک

هارمونیک

- شکل موج سینوسی نبوده ولی پریودیک با فرکانس اصلی باشد

$$i(t) = I_0 + \sum_{h=1}^{H} I_h \sqrt{2} \cos(h\omega t - \beta_h)$$

- درصورتی که تقارن برقرار باشد فقط هارمونیکهای فرد

اینتر هارمونیک

- شکل موج در بردارند ضریب غیر صحیحی از فرکانس اصلی

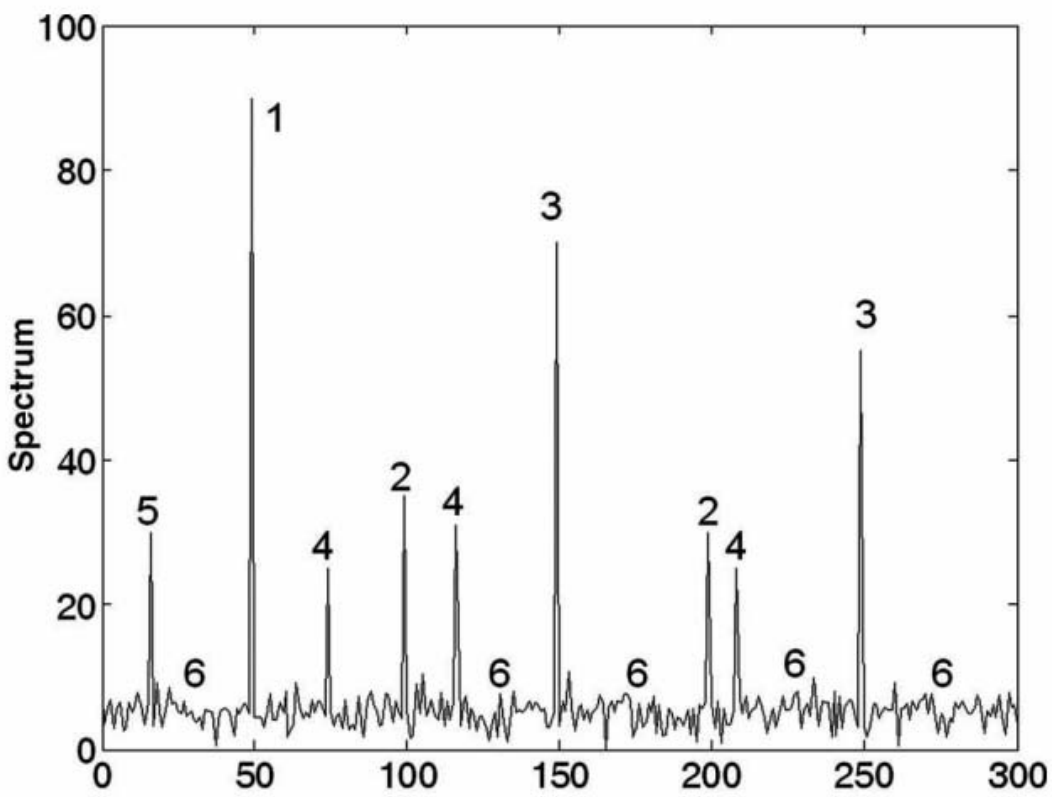
$$v(t) = V_0(t) + \sum_{h=1}^{H} V_h\sqrt{2}\cos(h\omega t - \alpha_h) + V_\xi\sqrt{2}\cos(\xi\omega t + \alpha_\xi)$$

- نیاز به برداشت اطلاعات طولانی مدت دارد

غیر پریودیک

- بعضی سیگناهابه هیچ وجه پریودیک نیستند
  - جریان کوره قوس
  - ولتاژ در زمان پدیده فرورزنانس

طیف ولتاژ



- فرکانس اصلی (۱)
- هارمونیک زوج (۲)
- هارمونیک فرد (۳)
- اینتر هارمونیک (۴)
- زیرهارمونیک (۵)
- نویز (۶)

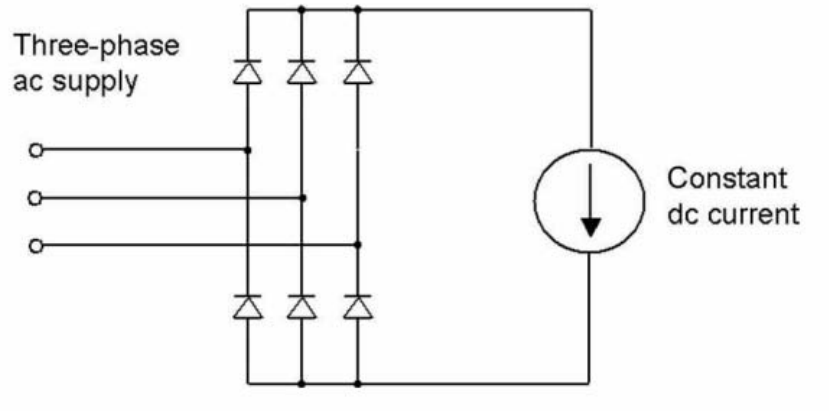
گردش فاز هارمونیک ها

- هارمونیک ها در صورتیکه به صورت سه فاز متقارن تولید شوند گردش فازی به صورت زیر دارند

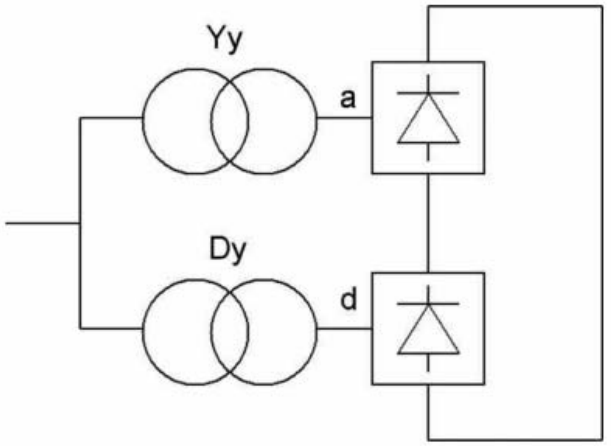
TABLE 2.6 Sequence Harmonics in Balanced System

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Positive sequence	+			+			+			+			+			+	
Negative sequence		−			−			−			−			−			−
Zero sequence			0			0			0			0			0		

یکسوسازها

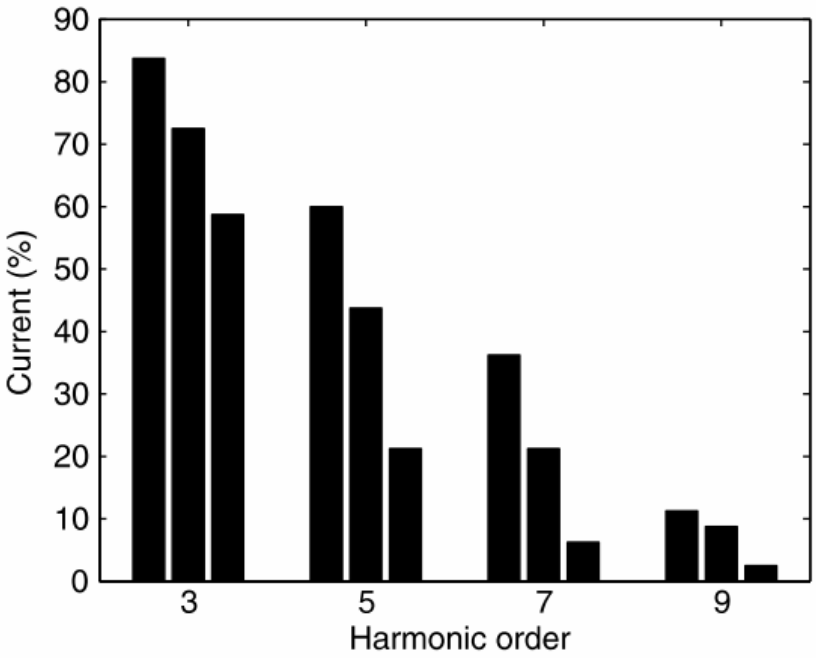


یکسوساز ۶ پالس

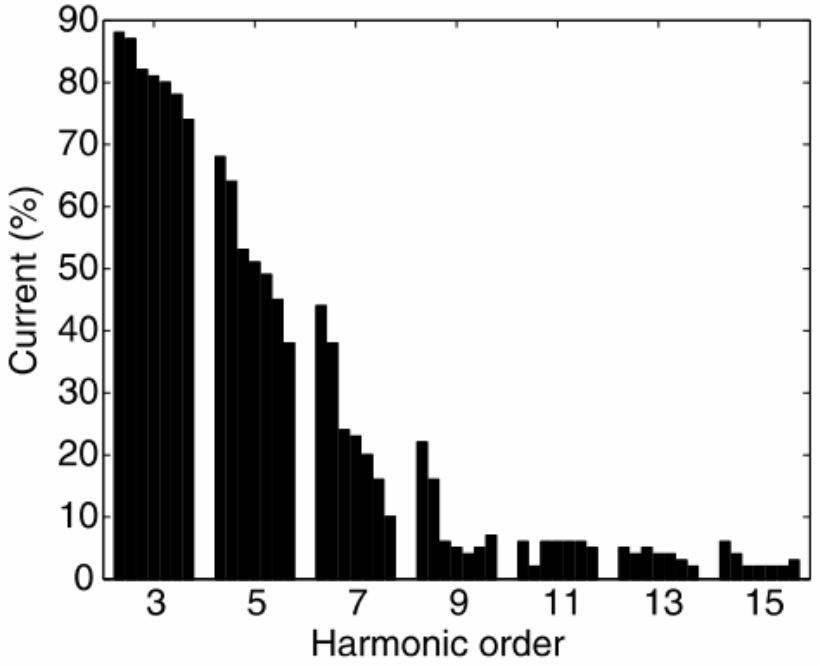


یکسوساز ۱۲ پالس

تاثیر تعداد یکسوساز



جریان ۱ – ۱۰ – ۸۰ تلویزیون



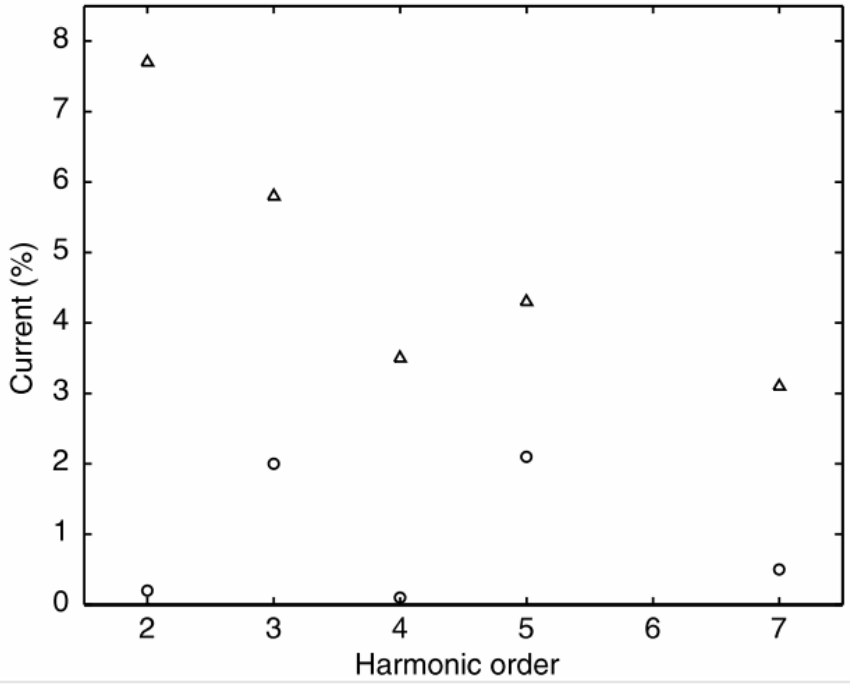
جریان تعداد مختلف کامپیوتر

تجهیزات هارمونیک زا

- یکسوسازها
- منابع تغذیه
- ترانسفورمرها : جریا ن مغناطیس کننده حدود ۱٪ کل جریان است ومقدار قابل توجهی نیست افزایش ولتاژ یا افزایش بار ترانس هارمونیک ۳ و ۵ را افزایش می دهد.
- ماشین سنکرون: ولتاژ تولیدی ماشین سنکرون می تواند تا ۱۰٪ هارمونیک سوم داشته باشد.
- لامپ فلوروسنت: خصوصاً مجهز به بالاستهای الکترونیکی

تجهیزات هارمونیک زا

- کورههای قوس: نه تنها شکل موج را از حالت سینوسی خارج می کنند بلکه عامل فلیکر نیز هستند.



ذوب

پالایش

انواع هارمونیک

- هارمونیک زوج
  - سوییچ بارهای بزرگ
  - کانورترهای خراب
- هارمونیک فرد
  - مضارب سوم به علت عدم تقارن بار
  - ۵ و ۷ یکسوسازهای شش پالسه
  - ۱۱ و ۱۳ یکسوسازهای ۱۲ پالسه

تعریف پارامتر هایی
برای بررسی اعوجاجات هارمونیکی

- معیار THD(Total Harmonic Distortion)

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1}$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

- معیار TDD(Total Demand Distortion)

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_L}$$

"معیارمنبع"

تعریف پارامتر هایی
برای بررسی اعوجاجات هارمونیکی

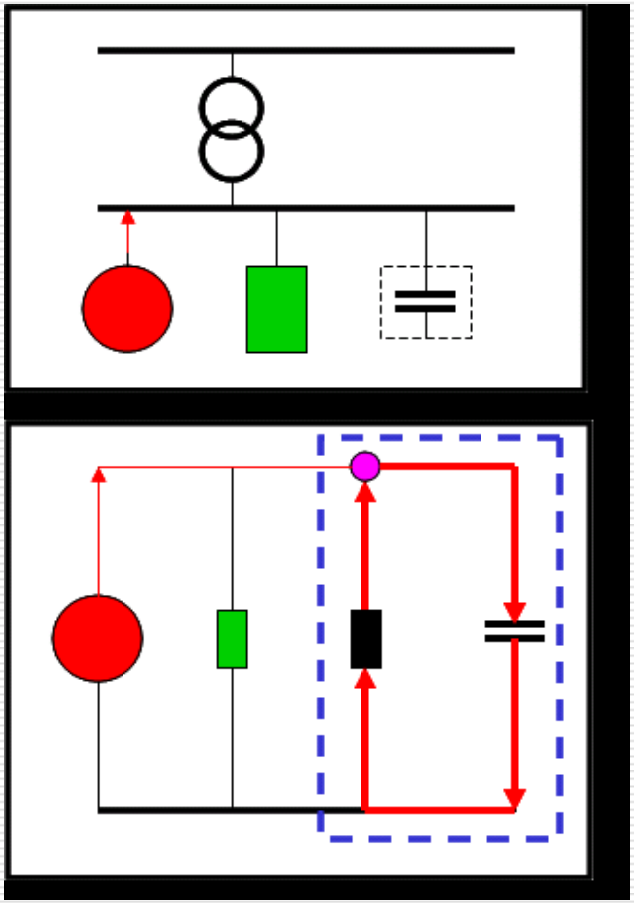
- فاکتور K معیاری از اعوجاج جهت کارکرد ترانس

$$K = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} h^2 \left(\frac{I_h}{I_1}\right)^2}{\sum_{h=1}^{\infty} \left(\frac{I_h}{I_1}\right)^2}$$

خازن و هارمونیک

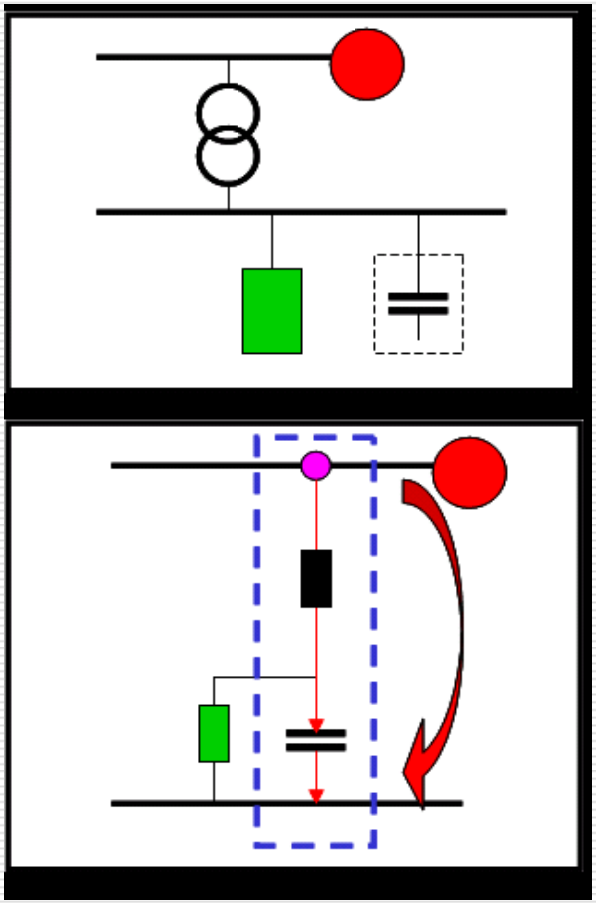
- رزنانس
- راه حلهای حذف رزنانس
  - تغییر سایز خازن
  - تغییر مشخصات منبع
  - استفاده از فیلتر

رزنانس موازی



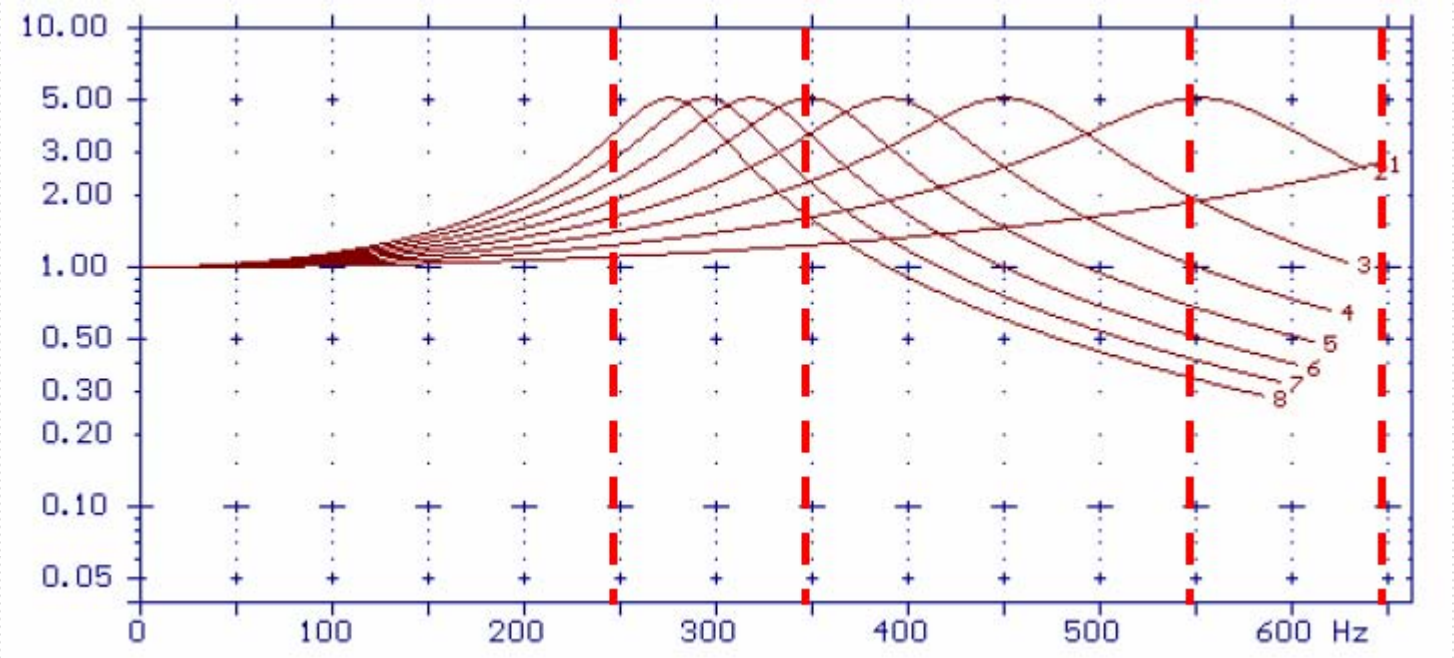
- امپدانس بالای مدار
- کوچکترین جریانها بزرگترین ولتاژها
- در زمانی که مقاومت مسیر بالاست مشکلات بیشتر می شود

رزنانس سری



- امپدانس سری کم
- هارمونیک از سطح بالا به پایین تزریق شده

تغییرات فرکانس رزنانس با ورود خازن به مدار



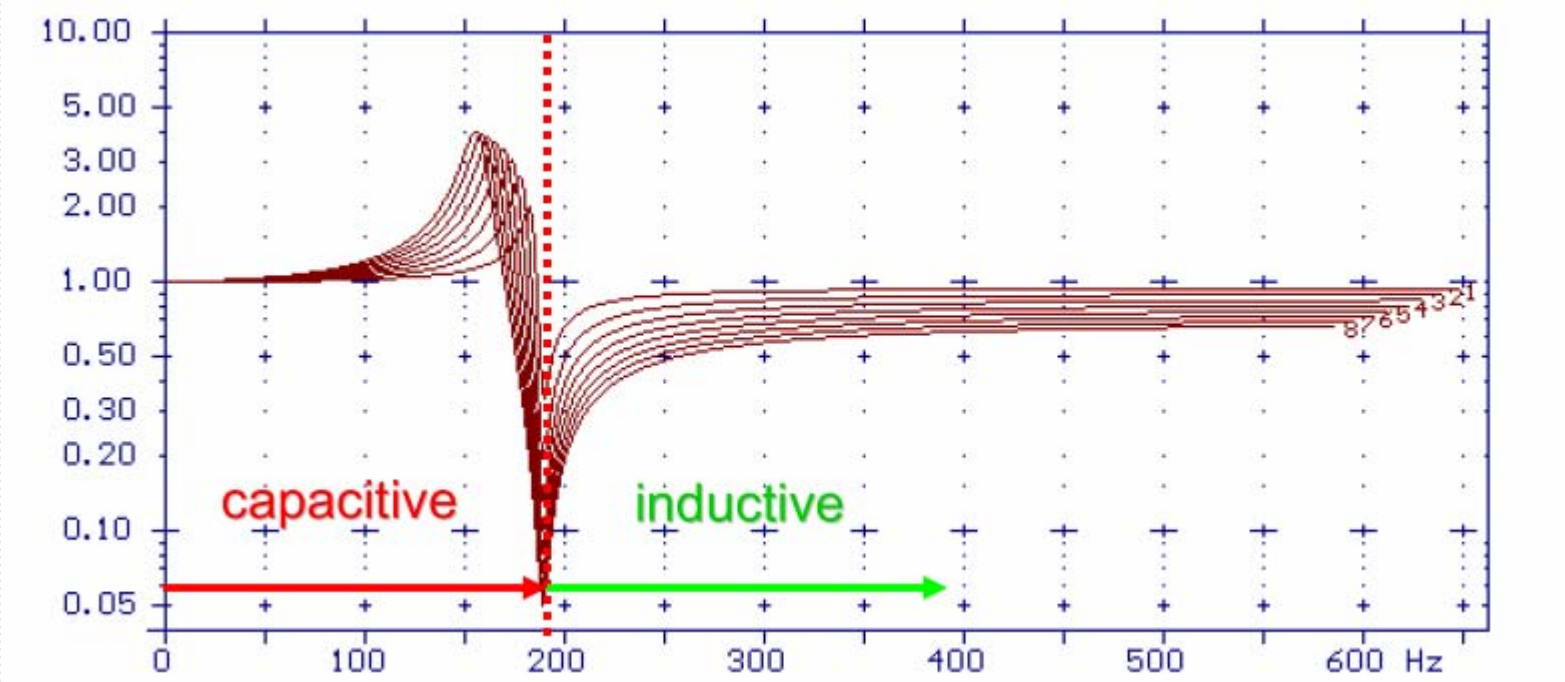
حذف هارمونیک

- فیلتر پاسیو
  - جذب کننده هارمونیک Tune Filter
  - بلوک کننده هارمونیک Detune Filter

400 V
189 Hz

50 Hz (other voltages available upon request)
p = 7% (other frequencies available upon

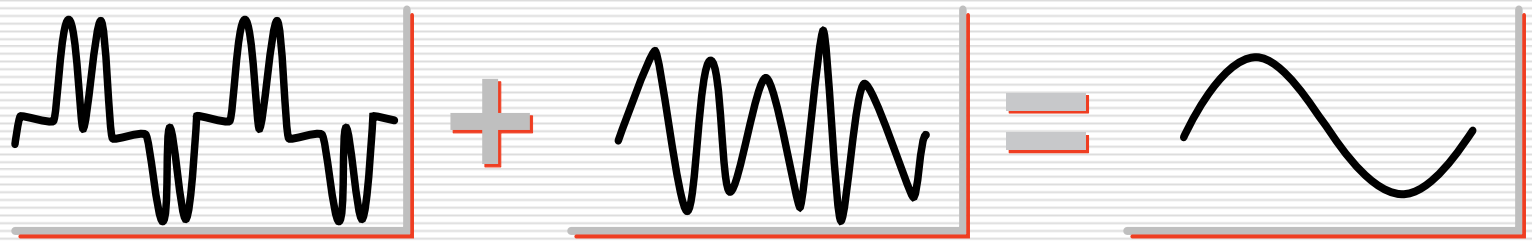
شرایط شبکه با وجود راکتور بلوک کننده



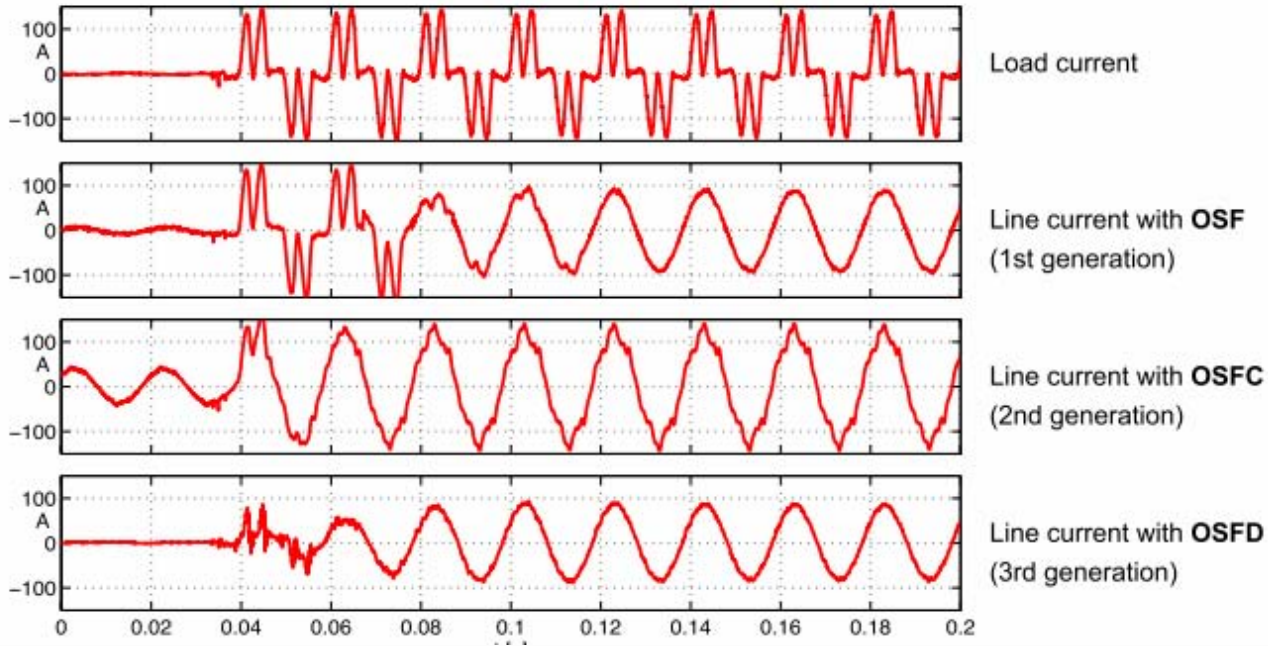
فیلتر اکتیو

نحوه عملکرد فیلتر اکتیو

- موازی باری که هارمونیک تولید می کند در شبکه قرار می گیرد.
- مولفه های هارمونیکی جریان را بررسی می کند و جریانی مشابه با ۱۸۰درجه اختلاف فاز به شبکه تزریق می کند.
- می تواند بر یک مولفه یا کل طیف تاثیر بگذارد.

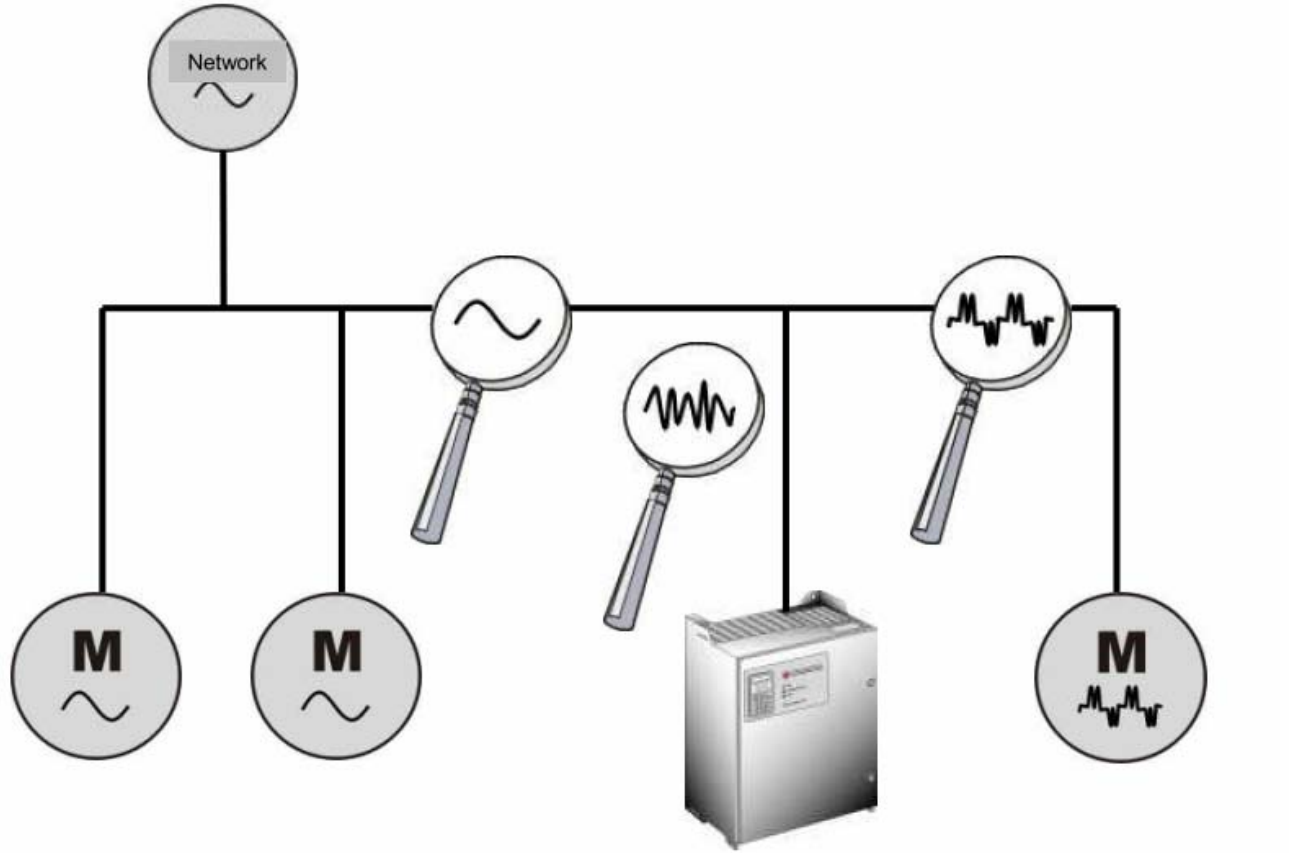


سه خانواده از فیلترهای اکتیو

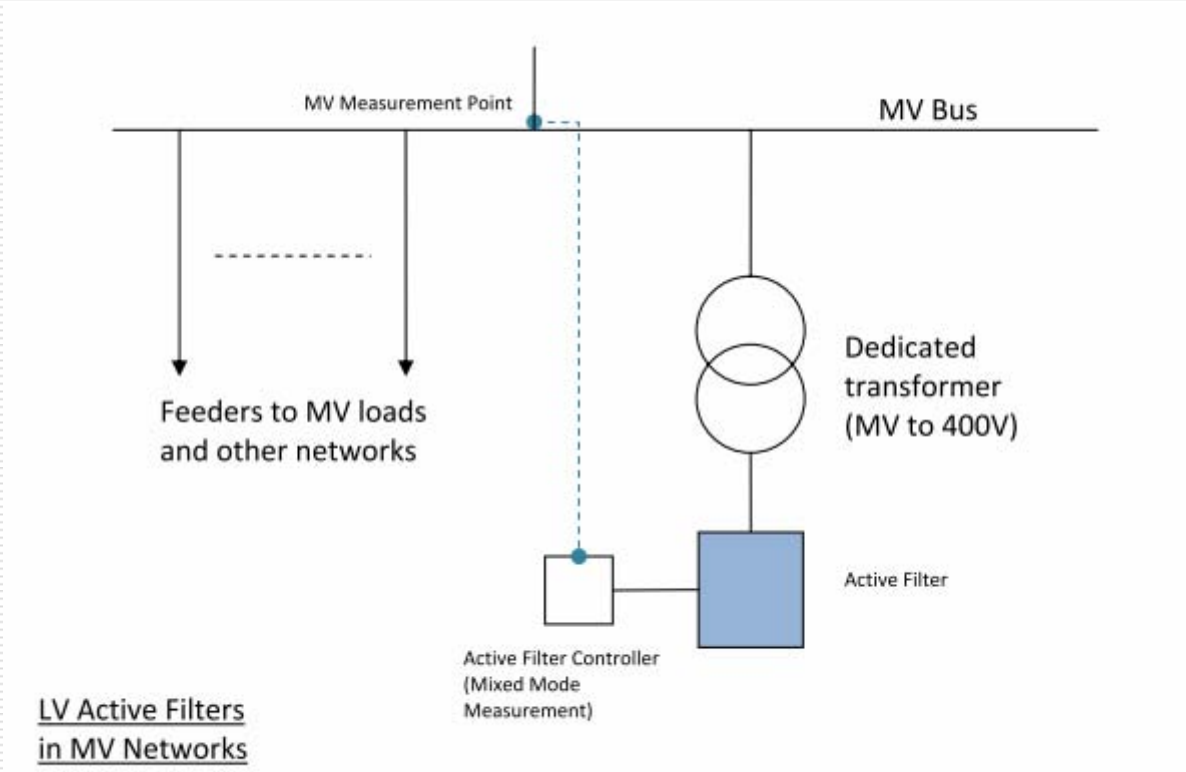


- OSF
- OSFC
  - تا ۱۵۰ آمپر
- OSFD
  - تا ۳۰۰ آمپر

استفاده از فیلتر اکتیو جهت FC



استفاده از فیلتر اکتیو برای فشار متوسط

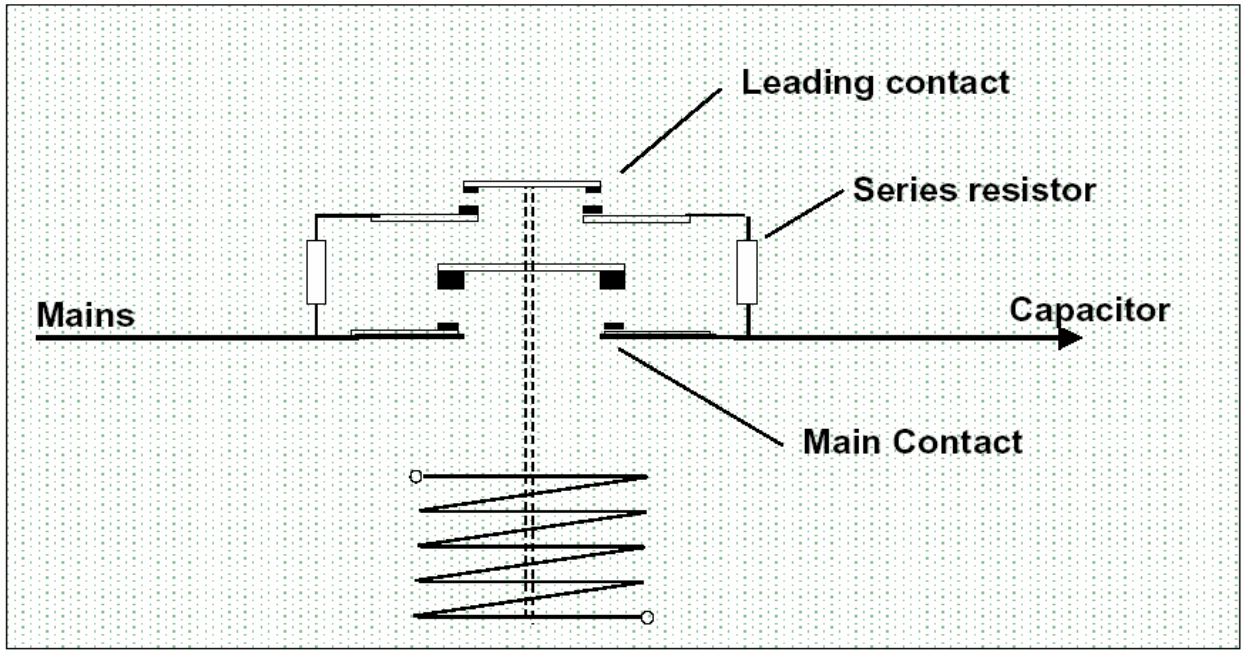


مزایای فیلتر اکتیوبر فیلتر Tune

	فیلتر Tune	فیلتر اکتیو
ساختمان	برای هر مولفه یک فیلتر	یک فیلتر برای کل طیف
تغییرات فرکانس	حساس	غیر حساس
تغییرات امپدانس شبکه	خطر رزنانس	غیر حساس
افزایش دامنه هارمونیک	خطر over load	غیر حساس
تغییر طیف هارمونیک	تغییر ساختار کلی	غیر حساس
ابعاد	بزرگ و سنگین	کوچک و سبک
اثر روی ضریب توان	خازنی شدن شبکه	تنظیم مناسب

کنتاکتور و فیوز

کنتاکتور خازنی

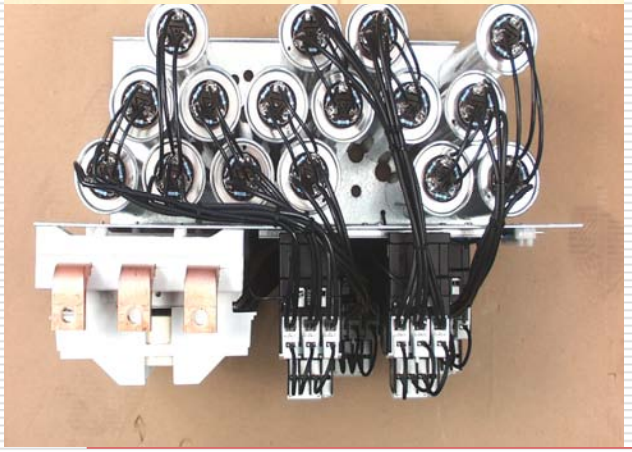


1. the capacitor is charged across the leading contact with ca. 400 A peak
2. ca. 1 ms later the main contact closes for continuous load

انتخاب فیوز

- محاسبه جریان هر پله
- انتخاب فیوز با ضریب 1.45
- نصب فیوز قبل از کنتاکتور

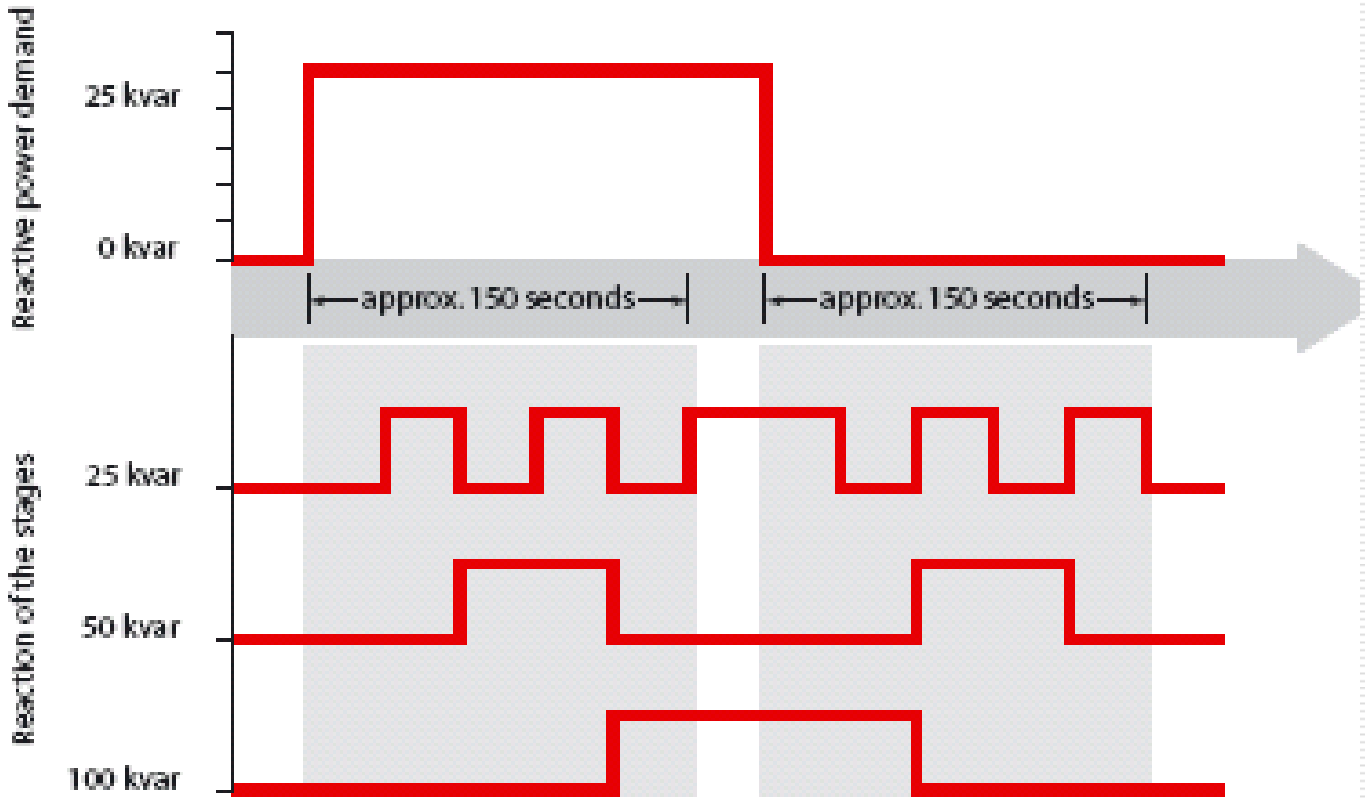
مدول بانک خازنی



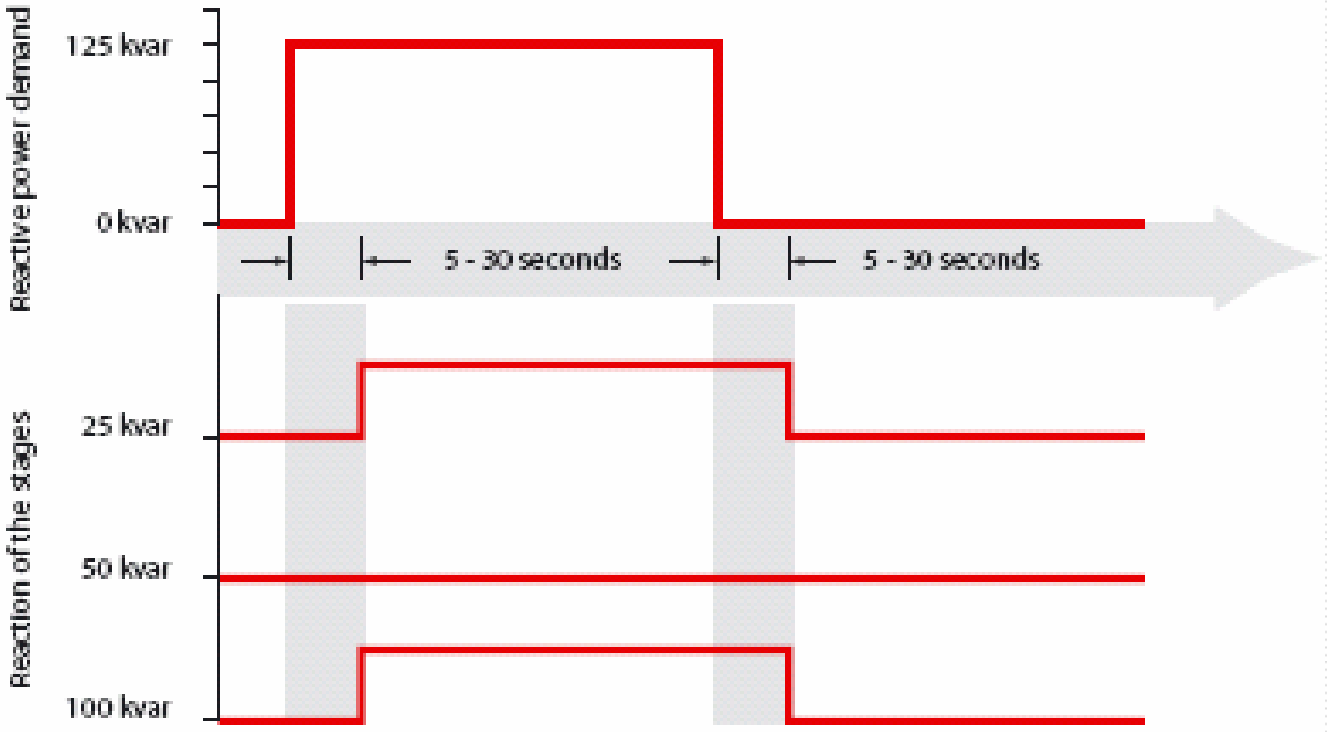
- مدول بانک خازنی همراه راکتور
- مدول بانک خازنی ساده

مدول های تایرستوری

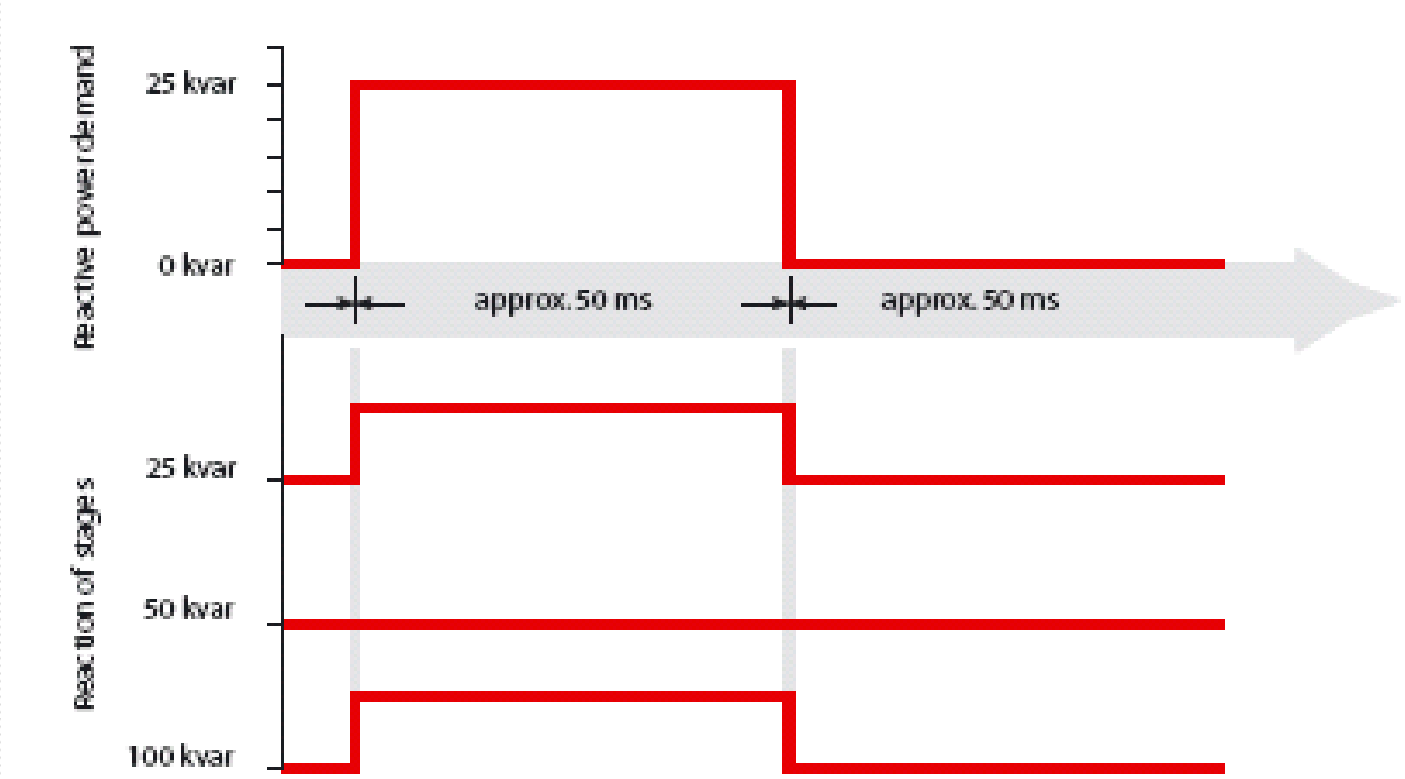
رگولاتورهای قدیمی



رگولاتورهای هوشمند کنتاکتوری



مدولهای تایرستوری



مدولاهای تایرستوری مدرن