خازن گذاری در شبکه برق

توان راکتیو چیست؟

$$v(t) = V_m \sin \omega t$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t - \varphi)$$

$$p(t) = i(t).v(t)$$

$$= V_m.I_m \sin(\omega t) \sin(\omega t - \varphi)$$

$$= \frac{1}{2} V_m I_m [\cos \varphi - \cos(2\omega t - \varphi)]$$

توان لحظه ای

$$P(t) = \frac{1}{2} V_m I_m [\cos\varphi - \cos(2\omega t - \varphi)]$$

عبارت فوق دارای دو جمله است، یکی ثابت وغیر متغیر با زمان و دیگری متغیر با زمان و بصورت یک تابع سینوسی از زمان با فرکانس دو برابر.

توان متوسط

$$P_{ave} = \langle p(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_{t}^{t+T} p(t).\, dt$$

$$= \frac{1}{2\pi} \int_{0}^{2\pi} \frac{1}{2} V_m I_m [\cos\varphi - \cos(2\omega t - \varphi)] d(\omega t)$$

$$= \frac{V_m I_m}{4\pi} . 2\pi \cos\varphi$$

$$= \frac{V_m I_m}{2} \cos\varphi$$

$$= \frac{V_m}{\sqrt{2}} . \frac{I_m}{\sqrt{2}} . \cos\varphi = V_{rms} . I_{rms} \cos\varphi$$

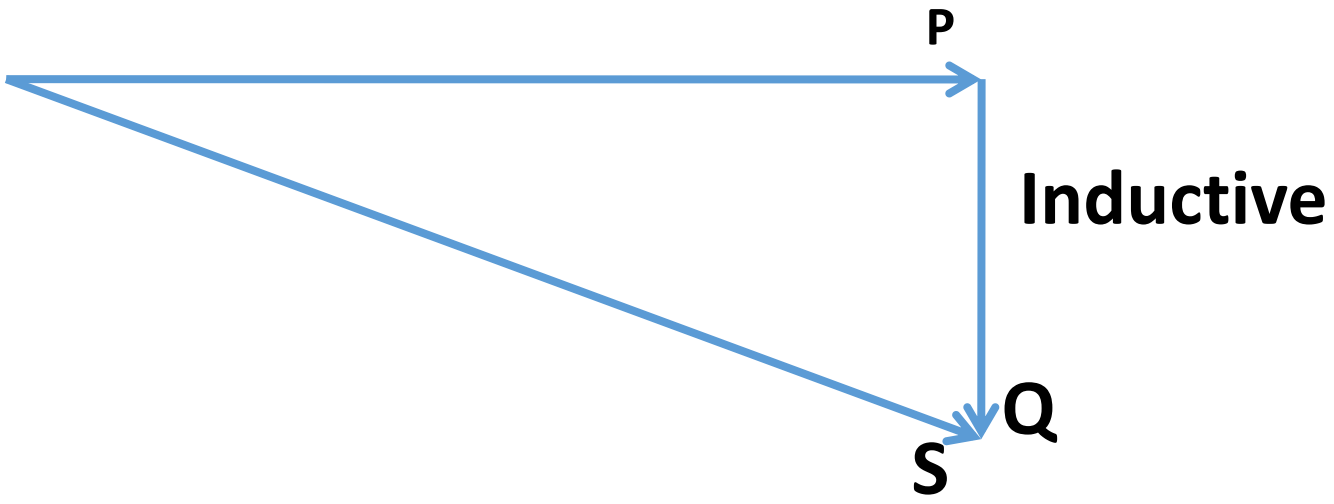
تعریف توان ظاهری و راکتیو

$$S = V_{rms} \cdot I_{rms} \implies P = S\cos\varphi$$

$$Q = S\sin\varphi$$

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

دیاگرام برداری



مضرات ضریب توان کم

1) ظرفیت شبکه توزیع را اشغال میکند.

2) باعث تلفات در کابل ها و ترانسفورماتور می شود.

3) باعث تغییر در ولتاژ می شود.

اشغال ظرفیت شبکه توزیع

ظرفیت کابل ها و ترانسفورماتورها با جریان آنها تعیین می شود نه با توان اکتیو عبوری از آنها.

$$P=V.I.Cos\phi$$

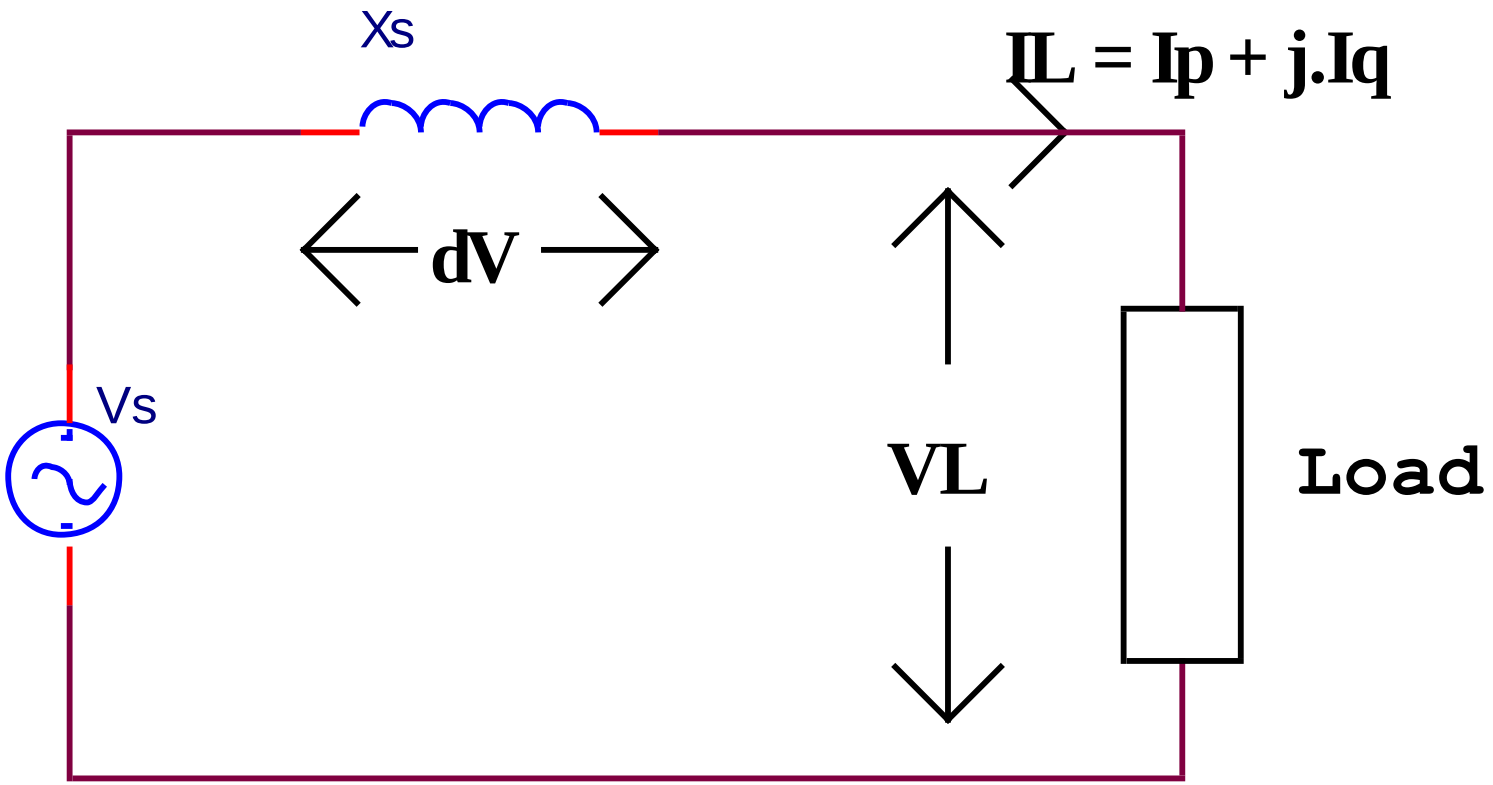
در صورتیکه ضریب توان کم شود جریان زیاد شده و ظرفیت کابل و ترانسفورماتور را اشغال می کند.

افزایش تلفات

$$P_{Loss} = r.I^2$$

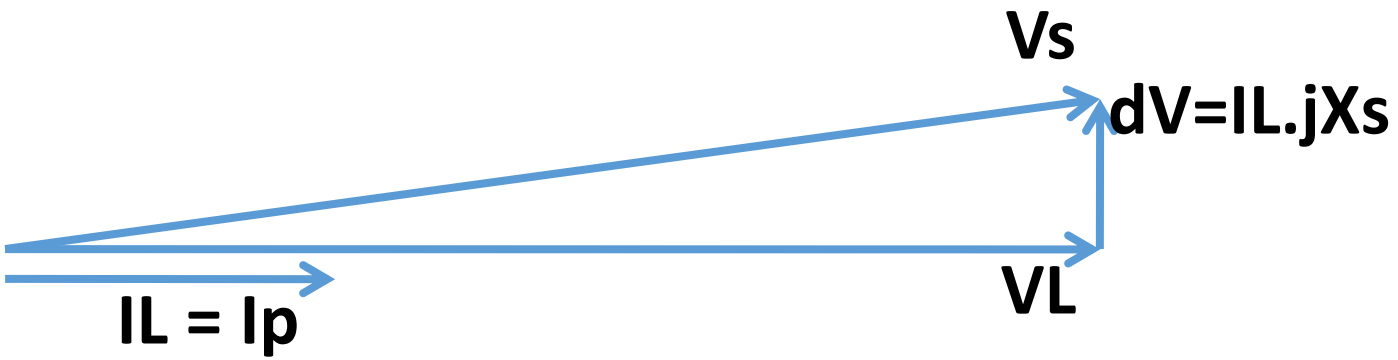
در صورت کاهش ضریب توان،
جریان افزایش پیدا کرده و تلفات هم
افزایش می یابد.

تغییرات ولتاژ (کاهش و افزایش)



تغییرات ولتاژ (کاهش و افزایش)

IL = Ip



IL = jIq

بار سلفی باعث کاهش و بار خازنی باعث افزایش ولتاژ می شود.

بخاطر دلایل بالا، شرکت برق، مصرف کنندگانی که با ضریب توان کم انرژی مصرف کنند را جریمه می کند.

چون شرکت برق فقط پول انرژی اکتیو را از مصرف کنندگان میگیرد و اگر شما با ضریب توان کم انرژی مصرف کنید، ظرفیت شبکه را اشغال می کنید ولی به آن اندازه انرژی مصرف نمی کنید که به شرکت برق بابت آن پول بدهید.

مثال آن این است که اگر یک خازن یا سلف خالص را به شبکه وصل کنید، جریان می کشد ولی کنتور برق نمی چرخد.

جریمه راکتیو

کنتور اکتیو مقدار انرژی اکتیو مصرفی را نشان می دهد:

$$E_p(t) = \int_0^t p(\tau).d\tau$$

کنتور راکتیو مقدار انرژی راکتیو مصرفی را نشان می دهد:

$$E_q(t) = \int_0^t q(\tau).d\tau$$

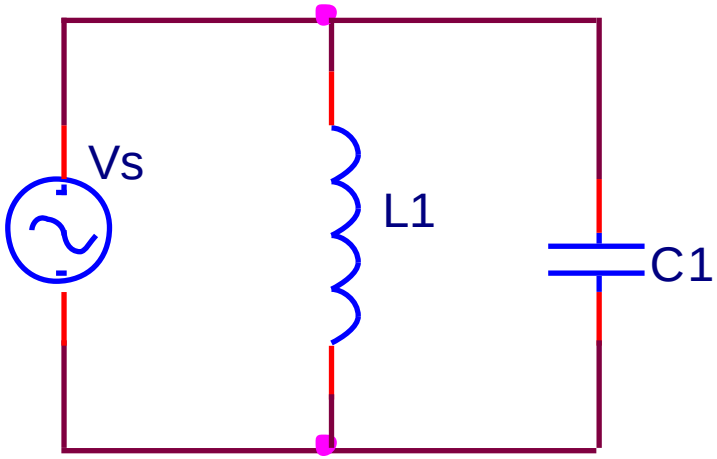
جریمه راکتیو

$$E_s = \sqrt{{E_p}^2 + {E_q}^2}$$

$$pf = \frac{E_p}{E_s}$$

$$\text{ضریب جریمه} = \text{ضریب زیان} = \frac{0.9}{pf} - 1$$

ضریب جریمه X هزینه اکتیو = هزینه راکتیو



$$X_L = j\omega L \qquad X_C = \frac{1}{j\omega C}$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{V}{j\omega L} = -j\frac{V}{\omega L}$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{V}{\frac{1}{j\omega C}} = jV\omega C$$

با توجه به این نتایج، جهت جریان سلف و خازن همیشه مخالف هم است و می توانند یکدیگر را خنثی کنند.

تا اینجا بر لزوم اصلاح ضریب توان تاکید شد.

راه حل آن هم با توجه به ماهیت سلفی اکثر بار های صنعتی، تجاری، اداری و خانگی، استفاده از خازن است.

در ادامه نکاتی در مورد خازن گذاری ذکر می گردد.

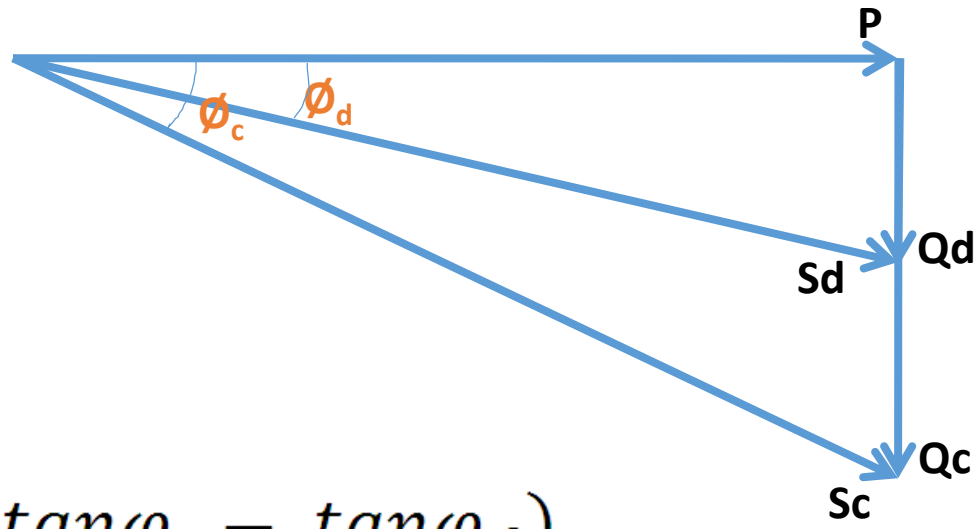
محاسبه مقدار خازن مورد نیاز

با توجه با رابطه صفحه ۱۵ معمولاً ضریب توان مطلوب ۰/۹ است در بعضی موارد ممکن است اعداد دیگری مورد نظر باشد.

$$tan\,\varphi_c = \frac{Q_c}{P}$$

$$tan\,\varphi_d = \frac{Q_d}{P}$$

$$Q_c - Q_d = P(tan\varphi_c - tan\varphi_d)$$



تخمین از طریق بار های نصب شده (تقریبی):

1) **معمولاً ضریب توان موتورهای سه فاز بین ۰/۷۵ تا ۰/۸۸ است.** (توان راکتیو مصرفی موتور ها با تغییر بار خیلی عوض نمی شود)

2) **ضریب توان لامپ های التهابی و هیترها یک است.**

3) **ضریب توان لامپ های گازی و فلورسنت بین ۰/۴ تا ۰/۶ است.**

تخمین از طریق بار های نصب شده (مثال):

در یک کارخانه بارهای نصب شده عبارتند از:

1)ده عدد موتور سه فاز، هرکدام به قدرت ۵۵ کیلووات.

2)یک عدد هیتر سه فاز به قدرت ۴۰ کیلووات.

3)هشتاد عدد لامپ بخار جیوه ۲۵۰ واتی برای روشنایی سالن ها و محوطه.

در صورتی که همه مصرف کننده ها باهم در مدار باشند، ضریب توان را در بهترین و بدترین شرایط محاسبه کنید.

چه مقدار خازن لازم است تا ضریب توان به ۰/۹۶ برسد.

چه مقدار خازن لازم است تا ضریب توان به ۰/۹۹ برسد.

حل در بد ترین شرایط:

Cos y = 0.75 ➔ Sin y = 0.66 P = S.Cos Ø

Cos y = 0.4 ➔ Sin y = 0.92 Q = S.Sin Ø

Heater: P = 40kW Q = 0

Motor: P=10x55kW=550kWQ = 550x0.66/0.75 = 484kVAr

Lamp: P = 80x0.25kW = 20kW Q = 20x0.92/0.4 = 46kVAr

P_{total} = 40 + 550 + 20 = 610 kW Q_{total} = 484 + 46 = 530 kVAr

S_{total} = 808 kVA pf = 610/808 = 0.75

حل در بهترین شرایط:

Cos y = 0.88 ➔ Sin y = 0.47 P = S.Cos Ø

Cos y = 0.6 ➔ Sin y = 0.8 Q = S.Sin Ø

Heater: P = 40kW Q = 0

Motor: P=10x55kW=550kWQ = 550x0.47/0.88 = 294kVAr

Lamp: P = 80x0.25kW = 20kW Q = 20x0.8/0.6 = 27kVAr

P_{total} = 40 + 550 + 20 = 610 kW Q_{total} = 294 + 27 = 321 kVAr

S_{total} = 689 kVA pf = 610/689 = 0.88

ضریب توان مطلوب = ۰/۹۶

Cos Ø = 0.96 ➔ Sin Ø = 0.28

Qd = P x Sin Ø/Cos Ø = 610x0.28/0.96 = 178kVAr

در بدترین شرایط:

Qc - Qd = 530 – 178 = 352kVAr

در بهترین شرایط:

Qc - Qd = 321 – 178 = 143kVAr

ضریب توان مطلوب = ۰/۹۹

Cos Ø = 0.99 ➔ Sin Ø = 0.14

Qd = P x Sin Ø/Cos Ø = 610x0.14/0.99 = 86kVAr

در بدترین شرایط:

Qc - Qd = 530 – 86 = 444kVAr

در بهترین شرایط:

Qc - Qd = 321 – 86 = 235kVAr

تخمین از طریق قبض برق (تقریبی):

در قبض برق انرژی اکتیو و انرژی راکتیو مصرفی و تعداد روز مربوطه ذکر می گردد.

با توجه به نوع شیفت و روزهای کاری می توان ساعات کار را تخمین زد.

حال انرژی را داریم زمان را هم داریم و می توانیم توان را محاسبه کنیم.

تخمین از طریق قبض برق (تقریبی):

مثال:

اعداد زیر از قبض برق یک کارخانه برداشت شده است، در صورتی که کارخانه روزهای عادی ۸ ساعت و پنجشنبه ها ۴ ساعت کار کند و جمعه ها هم تعطیل باشد، چه مقدار خازن لازم است تا ضریب توان این کارخانه به ۰/۹۶ برسد.

اکتیو میان باری:۲۹۰۹۱ اکتیو اوج بار:۷۲۷۲

اکتیو کم باری:۱۴۵۴۵ راکتیو: ۳۹۹۱۲

تاریخ قرائت قبلی:۸۹/۰۱/۲۹ تاریخ قرائت فعلی:۸۹/۰۳/۰۲

ضریب توان: ۰/۷۹

حل حالت اول با کار یک شیفت:

در این مدت شش روز تعطیل، ۵ تا پنجشنبه و ۲۴ روز عادی وجود داشته است.

جمع کل ساعات کاری میشود:

24x8 + 5x4 = 212 hours.

Ep = 29091 + 7272 + 14545 = 50908 kWh

P = 50908/212 = 240 kW

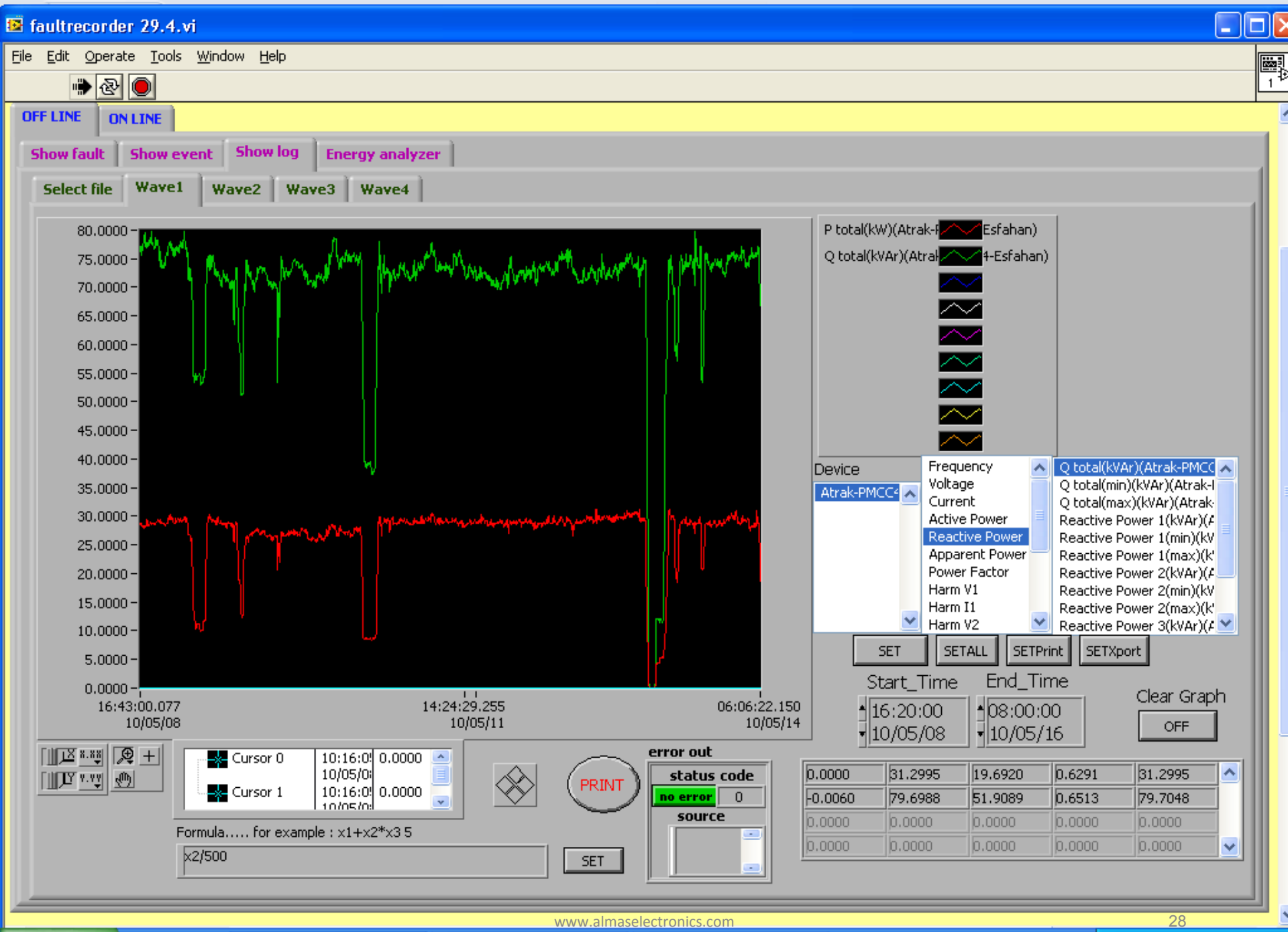
Eq = 39912 kVArh Q = 39912/212 = 188kVAr

Qd = 240 x 0.28/0.96 = 70kVAr

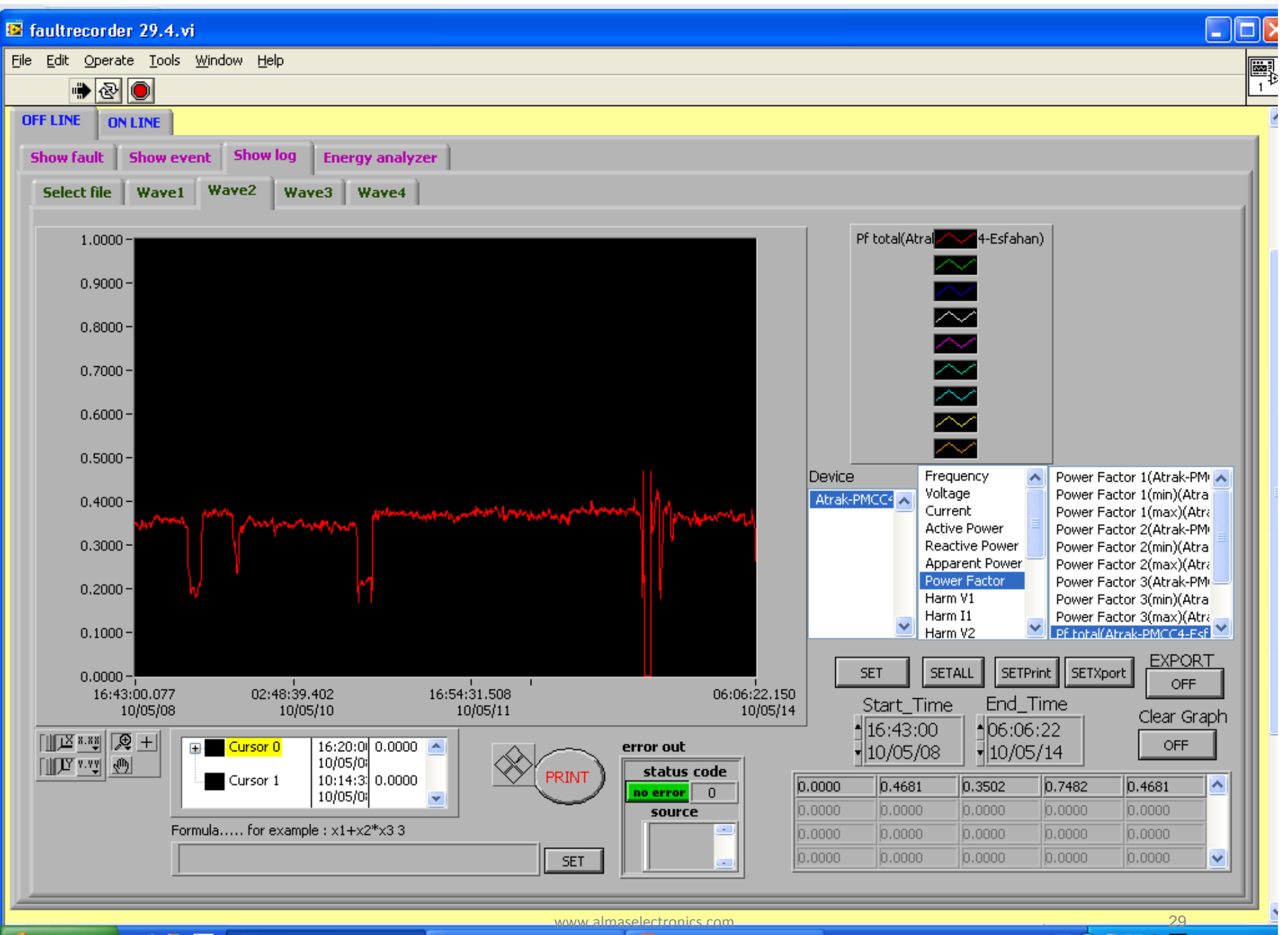
$Q_C - Q_d = 188\text{-}70 = 118$ kVAr

تخمین با اندازه گیری (دقیق):

با استفاده از دستگاه های ثبات توان که توان اکتیو و راکتیو مصرفی را در طول زمان ثبت می کنند می توان حداکثر توان راکتیو مصرفی یک کارخانه را اندازه گیری نموده و بر اساس آن مقدار خازن مورد نیاز را بدست آورد.



start faultrecorder 29.4.vi capclass Microsoft PowerPoint ... EN 07:53 ب.ظ


faultrecorder 29.4.vi
File Edit Operate Tools Window Help
OFF LINE
ON LINE
Show fault
Show event
Show log
Energy analyzer
Select file
Wave1
Wave2
Wave3
Wave4
1.0000
0.9000
0.8000
0.7000
0.6000
0.5000
0.4000
0.3000
0.2000
0.1000
0.0000
16:43:00.077
10/05/08
02:48:39.402
10/05/10
16:54:31.508
10/05/11
06:06:22.150
10/05/14
Pf total(Atral
4-Esfahan)
Device
Atrak-PMCC4
Frequency
Voltage
Current
Active Power
Reactive Power
Apparent Power
Power Factor
Harm V1
Harm I1
Harm V2
Power Factor 1(Atrak-PM
Power Factor 1(min)(Atra
Power Factor 1(max)(Atra
Power Factor 2(Atrak-PM
Power Factor 2(min)(Atra
Power Factor 2(max)(Atra
Power Factor 3(Atrak-PM
Power Factor 3(min)(Atra
Power Factor 3(max)(Atra
Pf total(Atrak-PMCC4-Esf
SET
SETALL
SETPrint
SETXport
EXPORT
OFF
Start_Time
16:43:00
10/05/08
End_Time
06:06:22
10/05/14
Clear Graph
OFF
Cursor 0
0.0000
Cursor 1
0.0000
PRINT
error out
status code
no error
0
source
Formula..... for example : x1+x2*x3 3
SET
0.0000
0.4681
0.3502
0.7482
0.4681
start
faultrecorder 29.4.vi
capclass
Microsoft PowerPoint ...
EN
07:55

مصرف کننده ها معمولاً بار ثابتی ندارند و باراکتیو و راکتیو مصرفی آنها تغییر میکند.

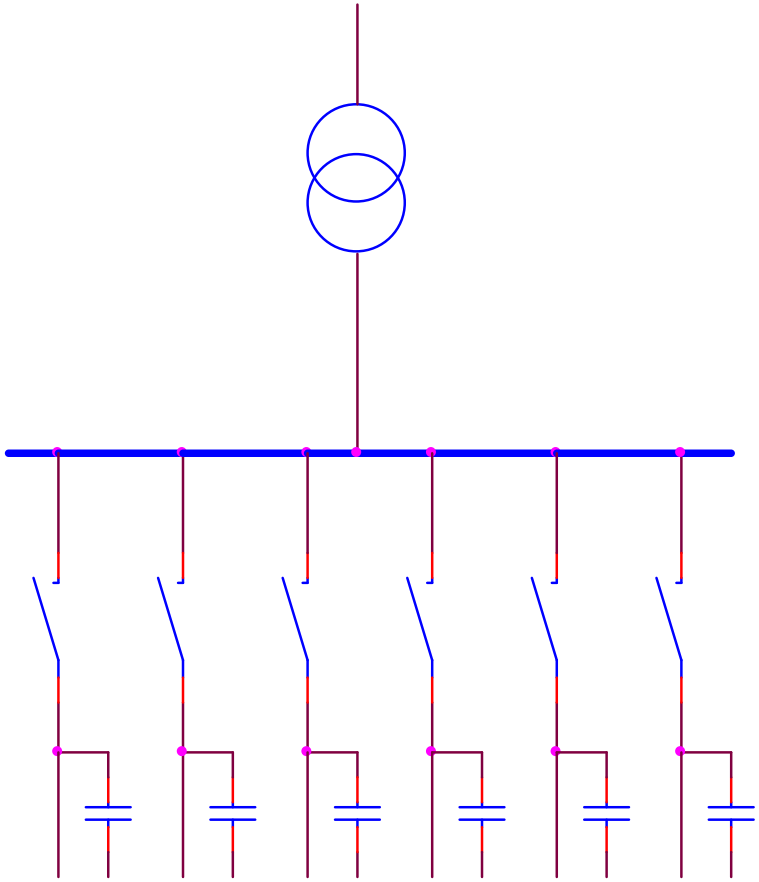
موتور ها و روشنایی ها در زمان های مختلف خاموش و روشن میشوند.

بار موتور ها دائماً در حال تغییر است.

اگر خازن ها دائم در مدار باشند، در زمان های بی باری، باز هم ضریب توان کاهش پیدا کرده، تلفات اضافه شده و باعث اضافه ولتاژ می شود.

پس باید مکانیزمی پیاده کرد که مقدار خازن با تغییر بار عوض شود.

خازن گذاری انفرادی:

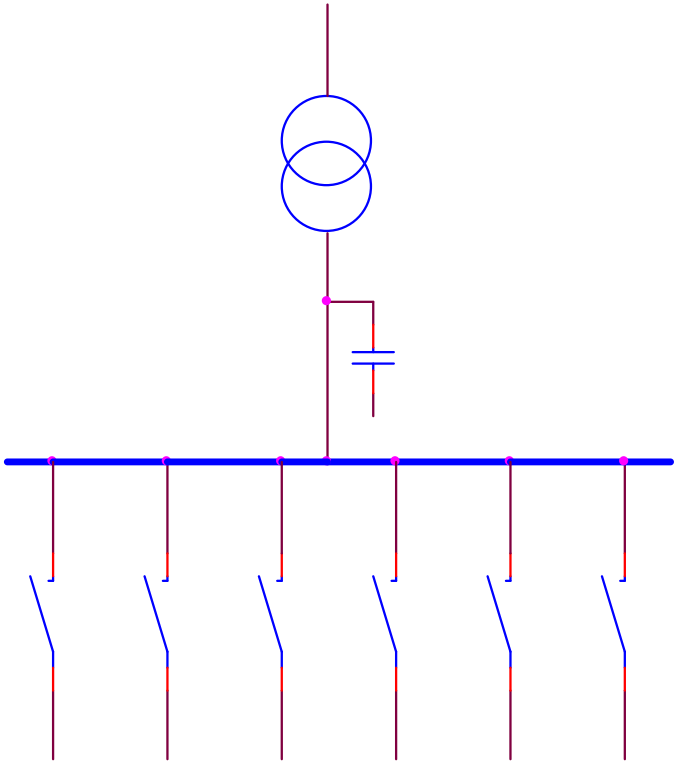


از نظر تئوری بهترین محل برای خازن گذاری نزدیک ترین محل به مصرف کننده است. چون تلفات کاهش یافته و سایز کابل ها و کلید ها هم کوچک می شود. ولی این کار اشکالاتی دارد.

خازن گذاری انفرادی:

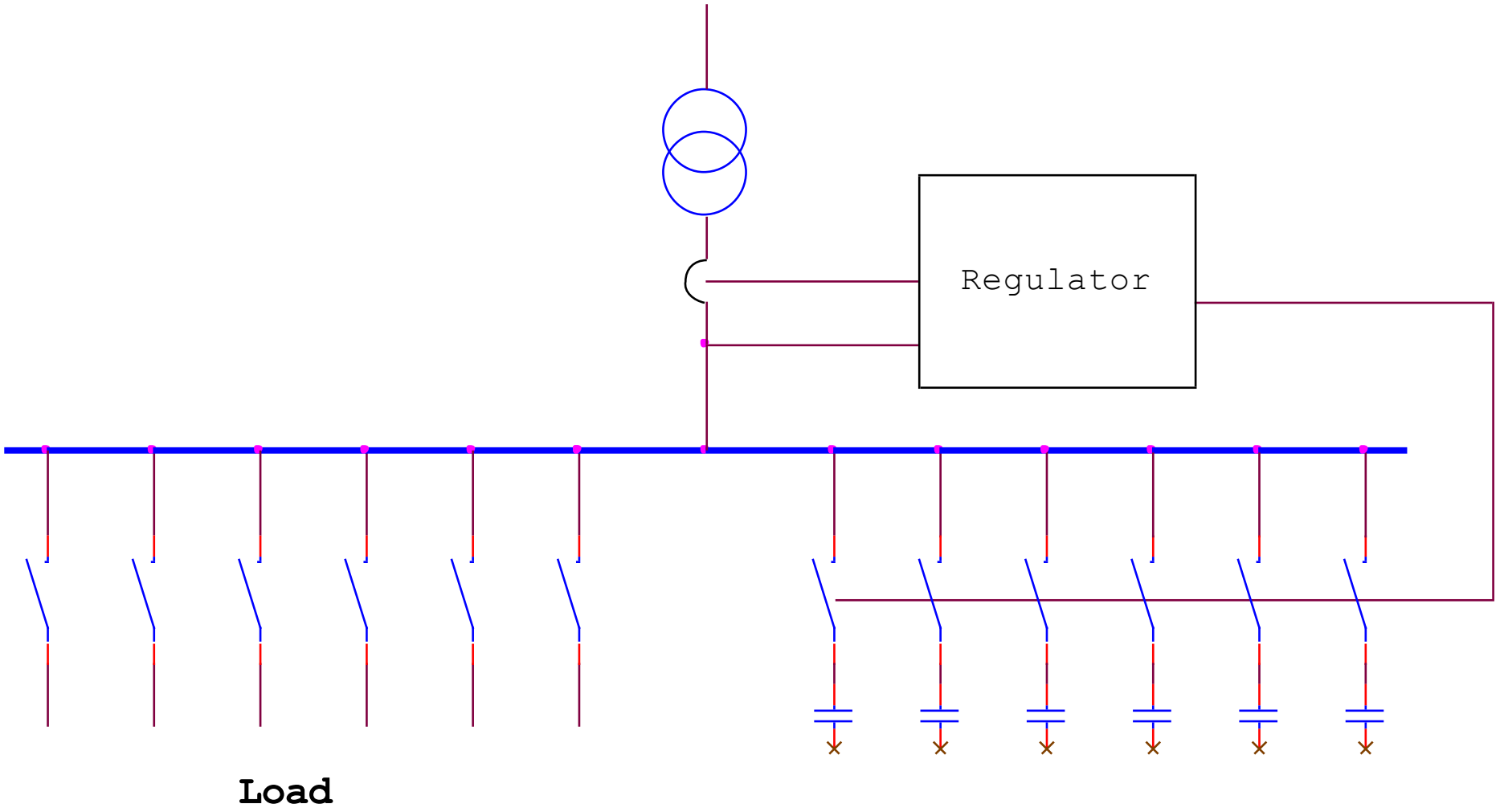
1) به خازن بیشتری احتیاج دارد چون به ضریب همزمانی توجه نشده است.
2) تعمیر نگهداری مشکل است چون خازن ها در مناطق مختلف پراکنده اند.
3) در چراغ ها چون نزدیک سقف نصب می شود همیشه گرم است وعمر خازن ها کم می شود.
4) خازن های کوچک گران تر است.

خازن گذاری متمرکز:



اقتصادی ترین روش از نظر قیمت بانک خازنی، خازن گذاری متمرکز است. در این روش یک بانک خازنی در زیر ترانس نصب شده و توسط رگولاتور خازن ها بر حسب نیاز وارد مدار می شوند.

محل نصب CTو رگولاتور



رگولاتور

رگولاتور وسیله ای است که با استفاده از یک ترانسفورماتور جریان و یک نمونه از ولتاژ (ترانس ولتاژ یا اتصال مستقیم) توان راکتیو مورد نیاز را تخمین زده و با دانستن ظرفیت هر یک از خازن ها به اندازه مورد نیاز خازن وارد مدار کرده تا به ضریب توان مطلوب برسیم. رگولاتور در انواع ۵، ۶، ۷ و ۱۲ پله در بازار عرضه می گردد.

در سطح ولتاژ فشارضعیف بهتر است که هر پله خازن از ۵۰ کیلووار بالاتر نباشد. در حالات خاص که ترانسفورماتو تغذیه کننده قوی است و تغییرات بار هم خیلی زیاد نیست می توان ظرفیت هر پلا را تا ۱۰۰ کیلوار هم بالا برد.

مشخصات رگولاتور

1) کنترل هوشمند پله های نا مساوی (۱،۱،۱،۱ – ۲،۲،۲،۱ – ۲،۲،۱،۱ – ۴،۴،۲،۱ – ۸،۴،۲،۱)
2) جابجایی خازن ها به نوبت
3) برنامه ریزی آسان
4) قابلیت تنظیم زمان های قطع و وصل
5) تشخیص اتوماتیک نسبت CT و آرایش پله ها
6) مدیریت هارمونیک ها
7) تعیین عمر خازن ها
8) نمایش پارامترها الکتریکی
9) آلارم خطا روی پانل و ریموت

آرایش پله های بانک خازنی

معمولاً بانک های خازنی بصورت ترکیبی از چند پله با اندازه های متفاوت ساخته می شوند. مثلاً:

3x50 + 3x25 2x50 + 2x25 + 2x12.5

10x50 8x50 + 2x25 + 2x12.5

4x100 + 4x50 + 2x25 + 2x12.5

مقدار این پله ها توسط مهندس طراح و با توجه به شرایط زیر تعیین می شود:

1) حداکثر مقدار خازن مورد نیاز
2) کمترین تغییرات مورد نیاز
3) قیمت

خازن ثابت

حتی الامکان از نصب خازن ثابت پرهیز نمایید. مگر در مواردی که بنا به دلیلی مجبور به این کار باشید و مطمئن شوید که از نظر فنی مشکلی بوجود نمی آید. چون:

1) یک خازن ثابت همیشه در مدار است و عمر آن کم میشود.
2) در زمان بی باری باعث اضافه ولتاژ می شود.
3) در زمان بی باری با مصرف جریان راکتیو باعث تلفات میشود.

انواع خازن:

1) روغنی
2) خشک گازی
3) خشک رزینی
4) خشک معدنی

---

1) تکفاز
2) سه فاز

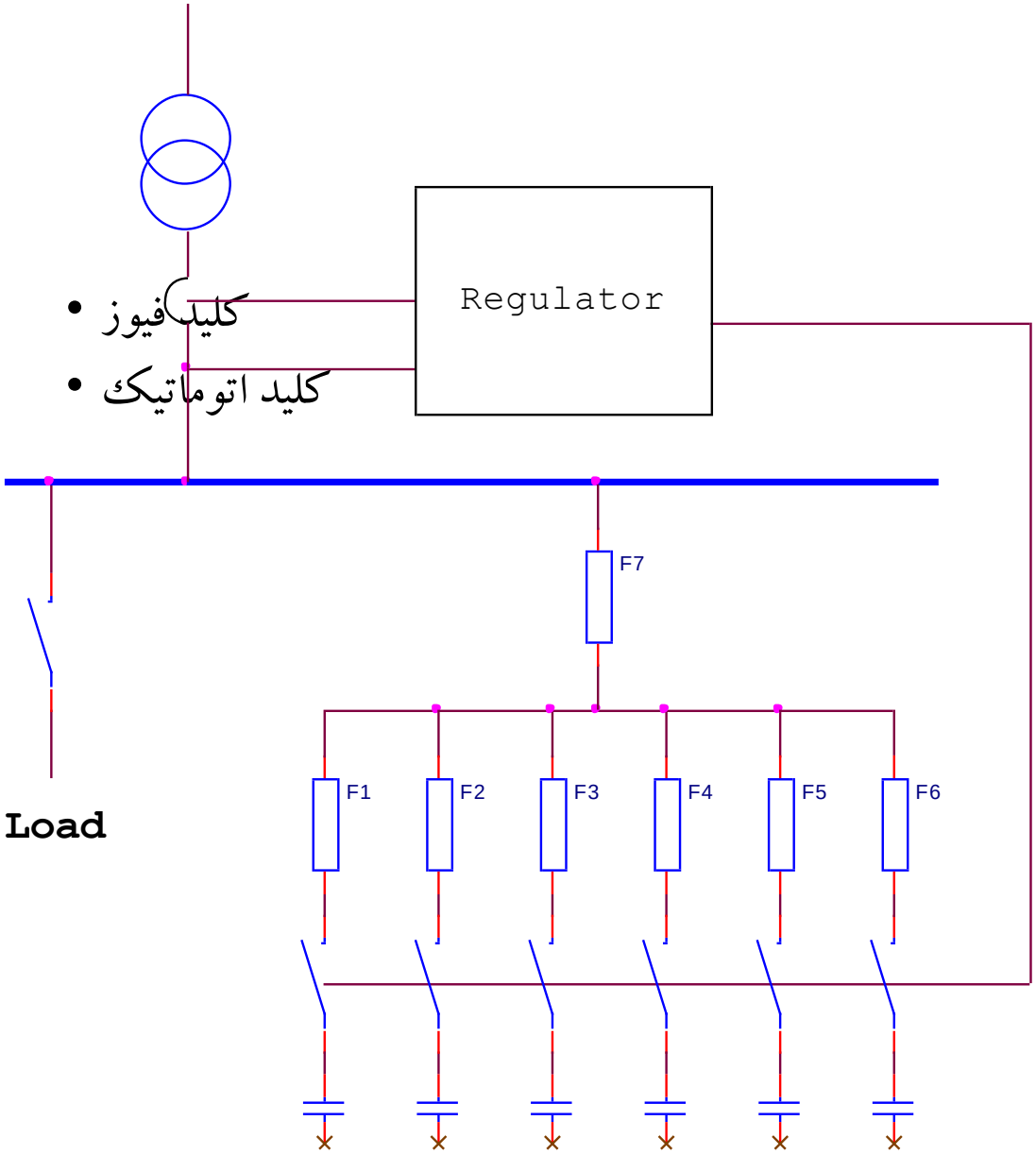
---

1) مکعبی
2) استوانه ای

مشخصات مهم خازن:

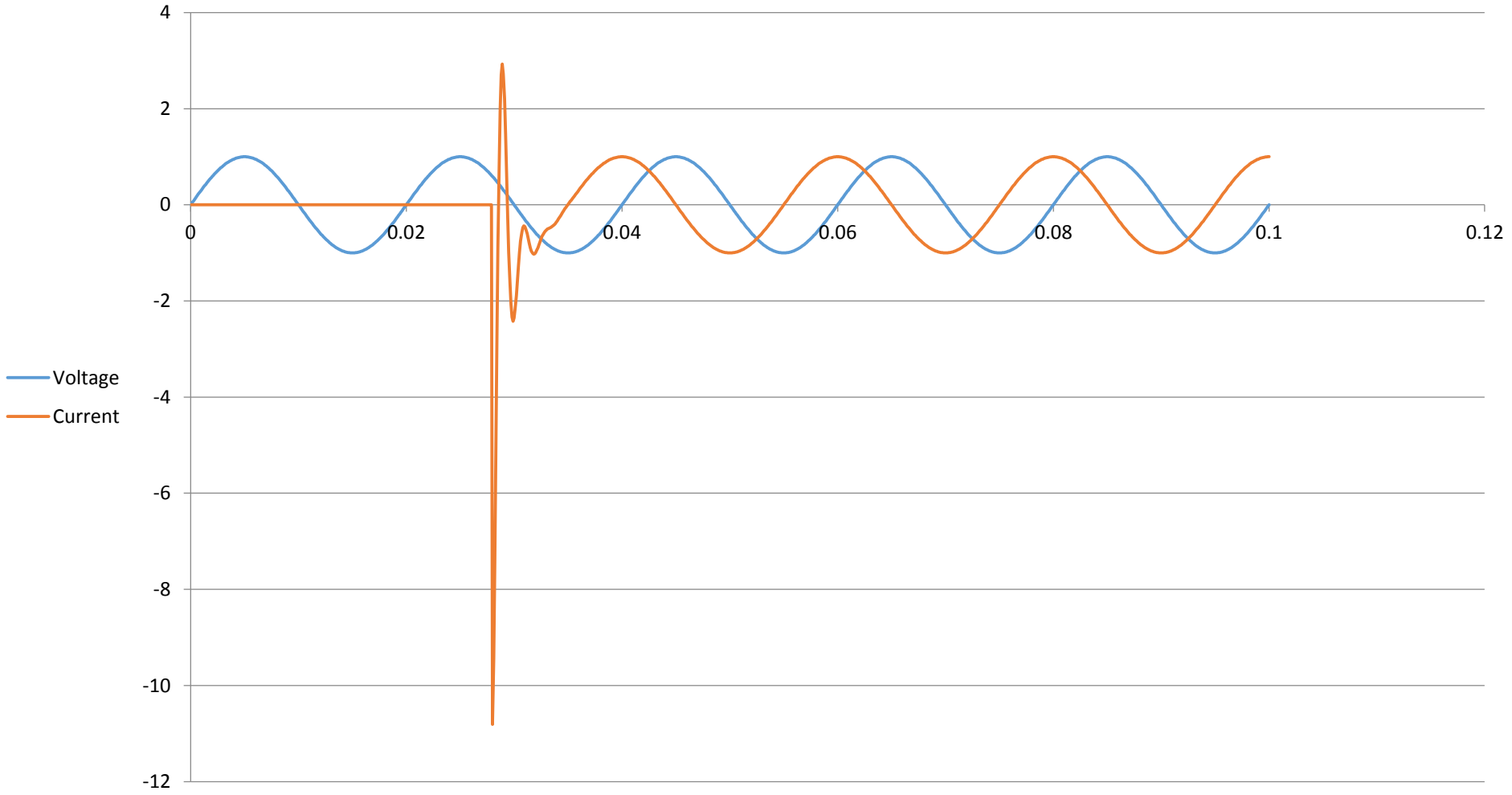
1) ولتاژ نامی
2) ظرفیت (kVAr) در ولتاژنامی
3) ظرفیت (kVAr) در ولتاژ ۴۰۰ ولت
4) حفاظت در مقابل اضافه فشار
5) تحمل اضافه ولتاژ
6) تحمل اضافه جریان
7) طول عمر
8) گارانتی
9) حسن شهرت و سابقه خوب

حفاظت

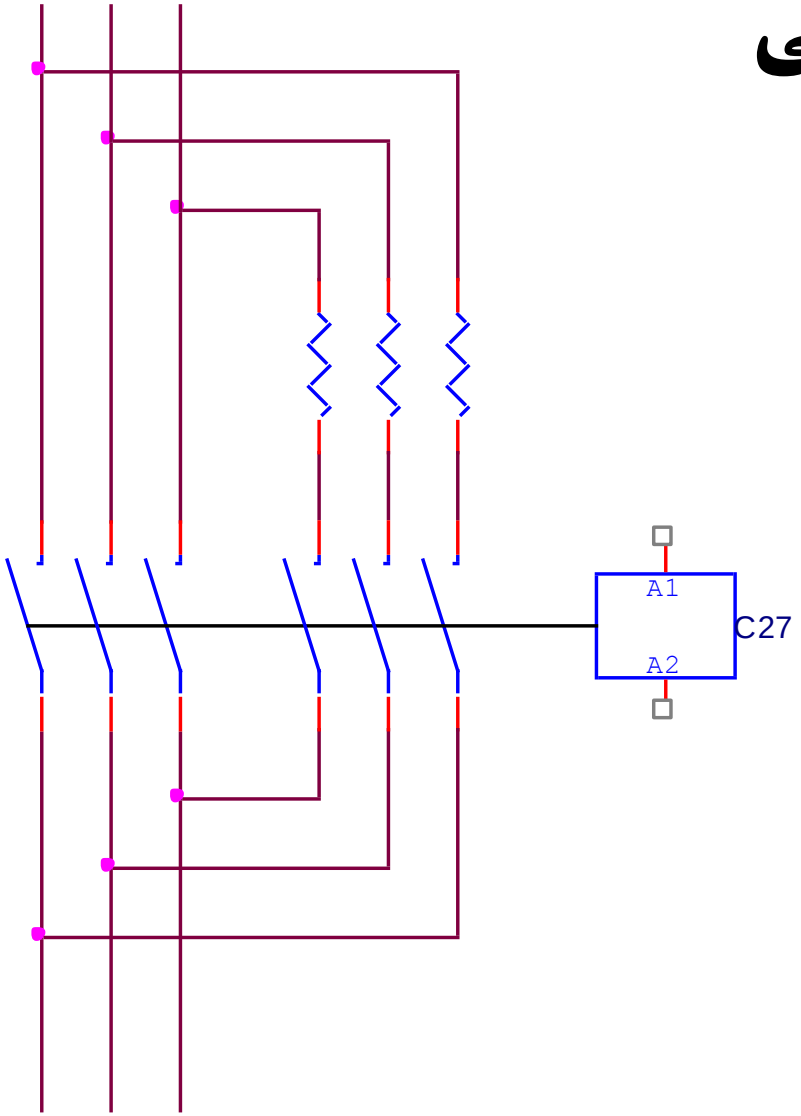


- کلید فیوز
- کلید اتوماتیک

سوییچینگ خازن:



کنتاکتور خازنی



خازن تریستوری