مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (مدیریت انرژی در ساختمان‌ها) ـکد۵۵۲برق

Topic 19 National Building Regulations (Energy Management in Buildings) - Electrical Code 552

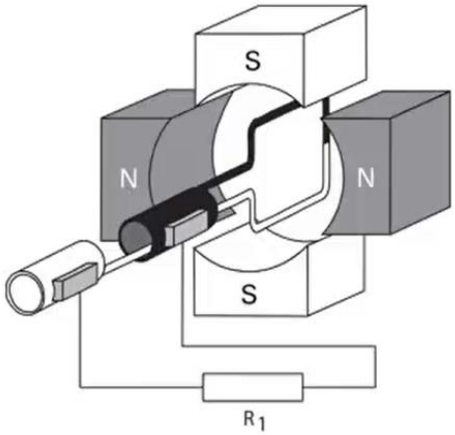
(۴)

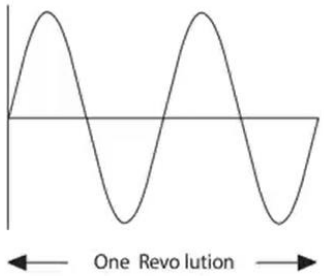
Dr Ahmad Baran Cheshmeh
honam_h@yahoo.com

طراحی بانک خازن

Capacitor bank design

توان در جریان متناوب





- توان در جریان مستقیم: $P = U \times I$
- تفاوت جریان متناوب با مستقیم: وجود *فرکانس* و در نتیجه *اختلاف فاز*

- توان ها در جریان متناوب بر اساس *اختلاف فاز* تعریف می‌شوند.

- انواع توان:
  - اکتیو
  - راکتیو
  - ظاهری

$$P = U.I.\cos\varphi$$

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

$$Q = U.I.\sin\varphi$$

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

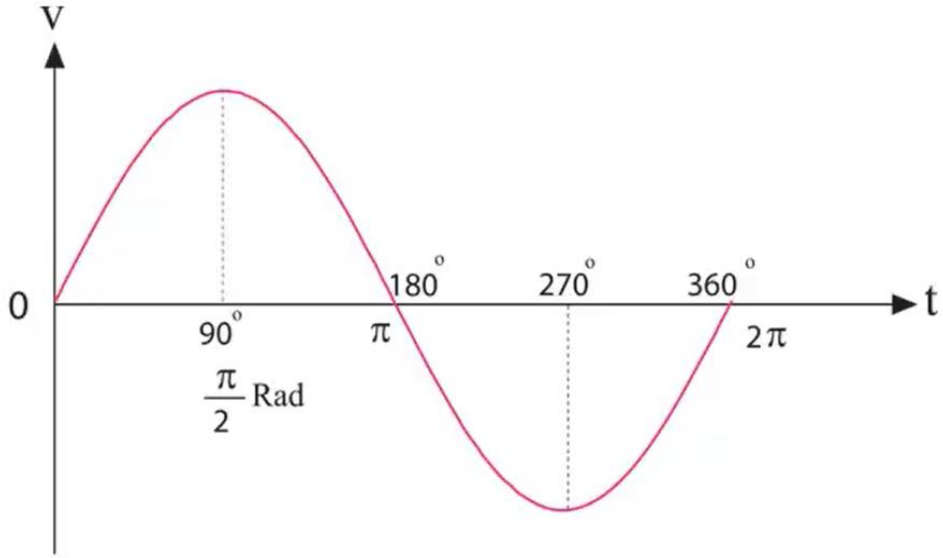
$$S = U \cdot I$$

$$[VA] = [V] \cdot [A]$$

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

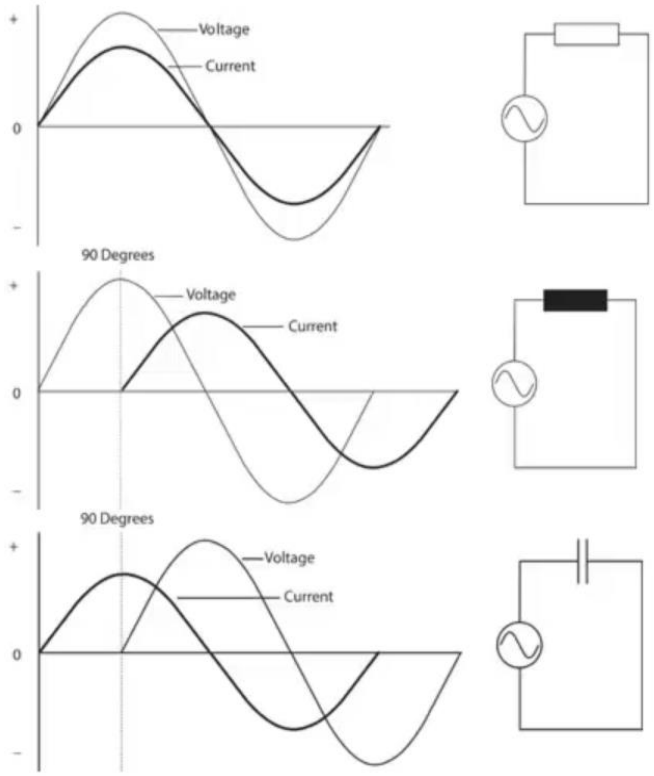
$$[VA] = [W] \cdot [VAr]$$

اختلاف فاز



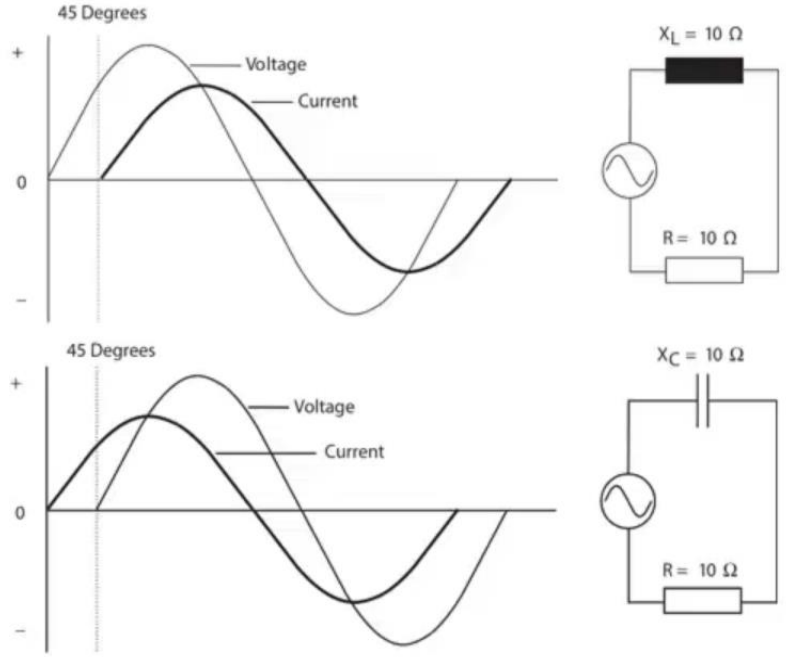
- فاز: موقعیت *زمانی* یک کمیت نسبت به یک *مبدا*
- فاز موج سینوسی: *زاویه‌ی* مشخص کننده موقعیت موج نسبت به مبدا
- بررسی *یک یا چند شکل موج* نسبت به شکل موج مبدا با *فرکانس* برابر
- مثلا زاویه‌ی ولتاژ فازها، زاویه جریان نسبت به ولتاژ و ...
- حالت‌های ممکن:
  - هم فاز
  - پس فاز
  - پیش فاز

شکل موج ولتاژ و جریان در بارهای مختلف



- اعمال *ولتاژ* متناوب باعث جاری شدن *جریان* متناوب در مدار می‌گردد.
- در این حالت جریان و ولتاژ *فرکانس برابر* دارند.
- قرار دادن شکل موج ولتاژ و جریان *بارهای مختلف* در یک محور:
  - بار اهمی: هم‌فاز
  - بار سلفی: ۹۰ درجه *پس‌فاز*، تاخیر در فاز، *LAG* یا +
  - بار خازنی: ۹۰ درجه *پیش‌فاز*، تقدم در فاز، *LEAD* یا –

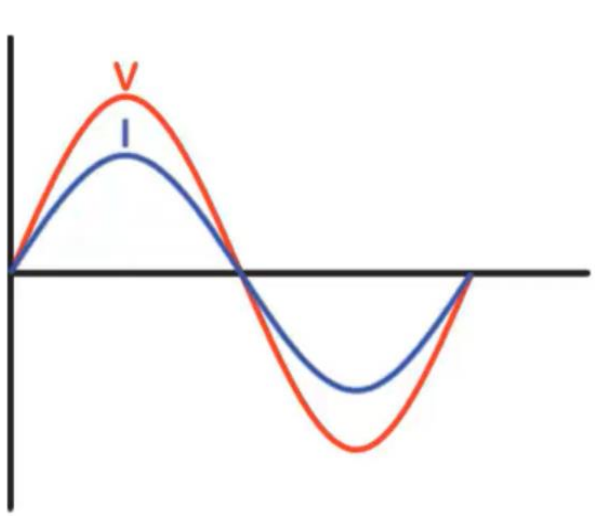
ترکیب بارها

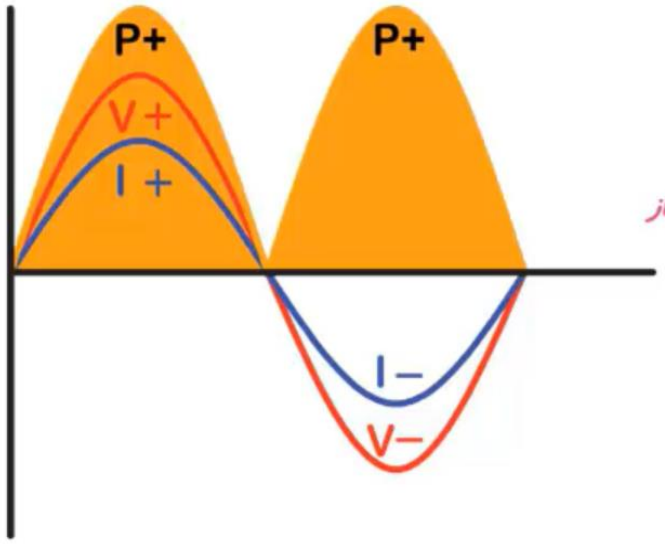


- اختلاف فاز حاصل از ترکیب بار *اهمی و سلفی* کمتر از ۹۰ درجه
- اختلاف فاز حاصل از ترکیب بار *اهمی و خازنی* کمتر از ۹۰ درجه
- بارها در شبکه نامشخص هستند.

نتیجه: اختلاف فاز نهایی مدار مشخص *نیست*.

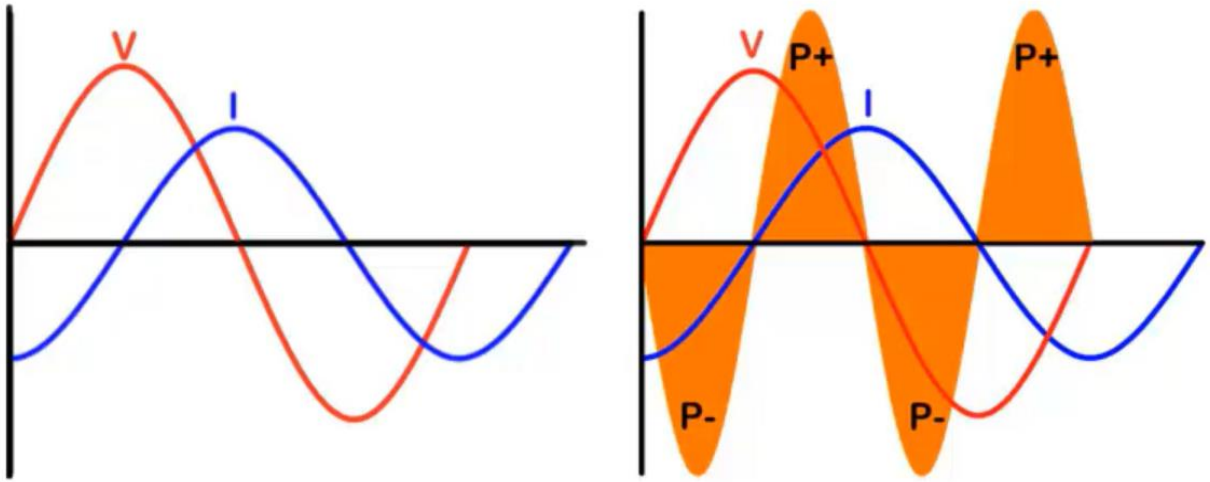
توان در بار اهمی





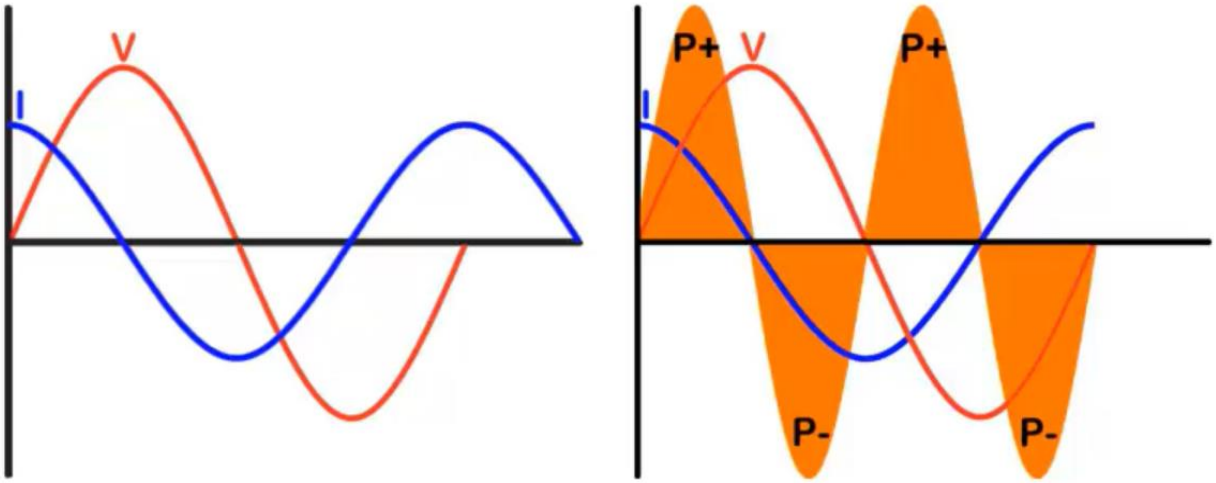
- اعمال ولتاژ متناوب به بار
- ایجاد جریان متناوب با فرکانس برابر و *هم‌فاز*
- قرار دادن شکل موج ها در یک محور
- ضرب شکل موج ها ومحاسبه توان
- توان همواره *مثبت* و اکتیو

توان در بار سلفی



- اعمال ولتاژ متناوب به بار
- ایجاد جریان متناوب با فرکانس برابر و *پس‌فاز*
- قرار دادن شکل موج ها در یک محور
- ضرب شکل موج ها ومحاسبه توان
- ایجاد توان *مثبت و منفی*

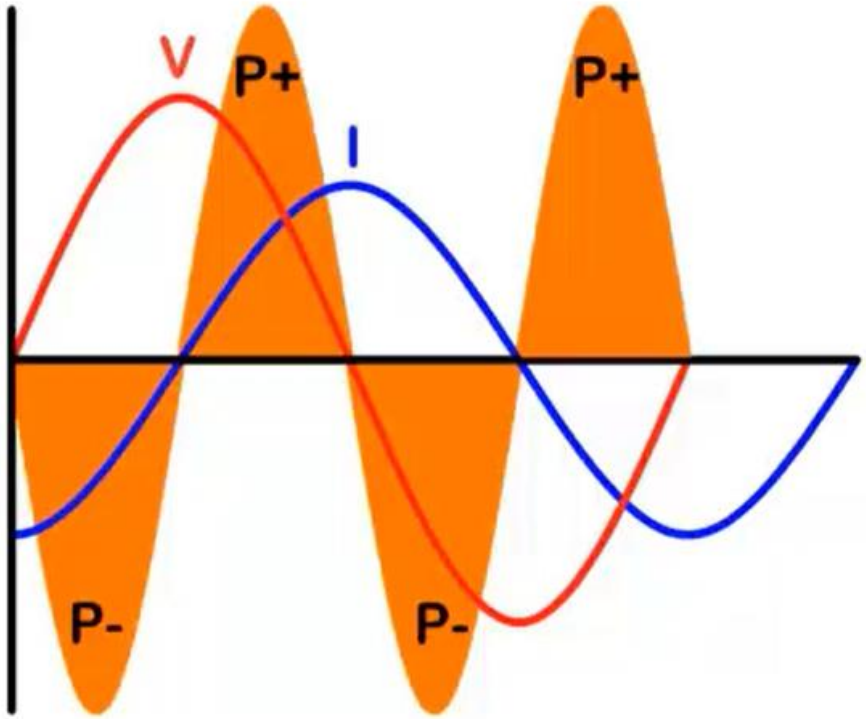
توان در بار خازنی

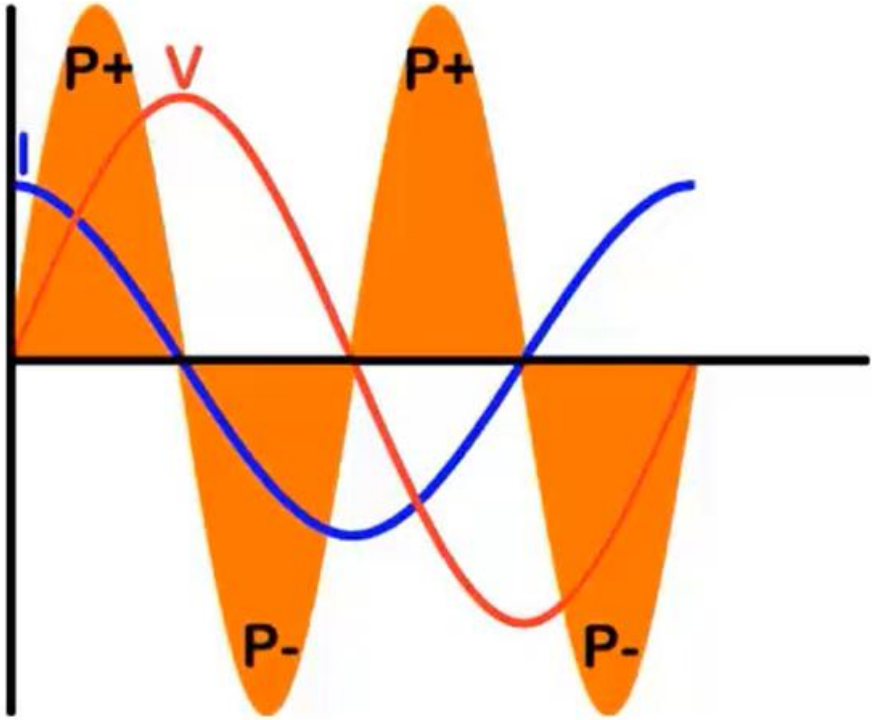


- اعمال ولتاژ متناوب به بار
- ایجاد جریان متناوب با فرکانس برابر و *پیش‌فاز*
- قرار دادن شکل موج ها در یک محور
- ضرب شکل موج ها ومحاسبه توان
- ایجاد توان مثبت و منفی *عکس بار سلفی*

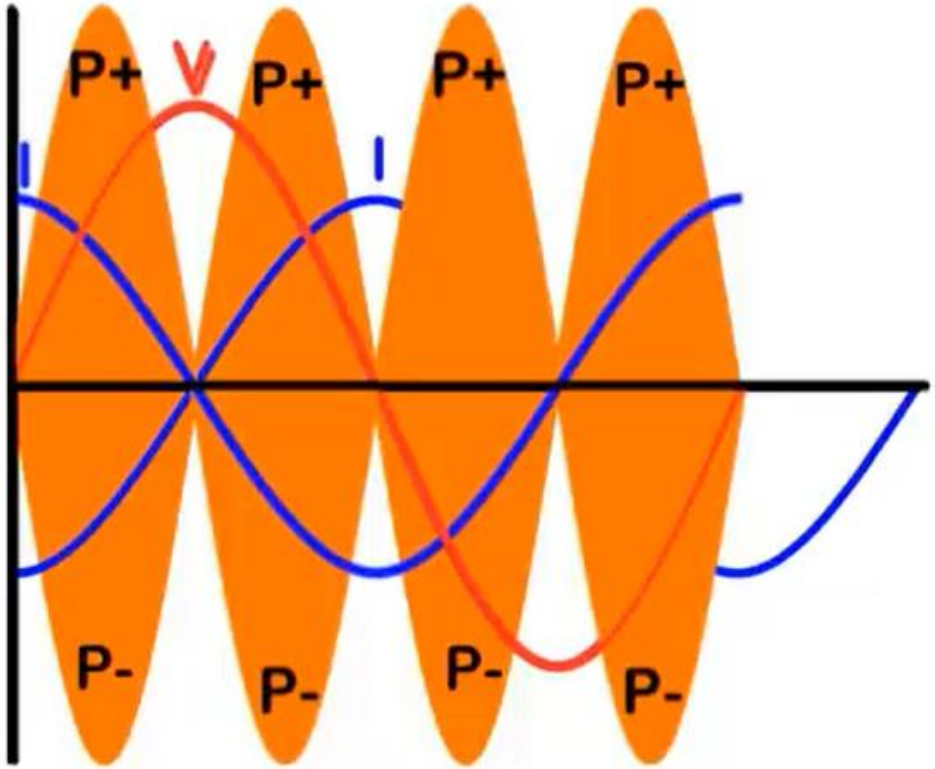
مقایسه‌ی توان در بار سلفی و خازنی

- قسمت‌های منفی در سلف: *بازگشت* توان به منبع
- عکس این حالت در خازن: *دریافت* توان از منبع





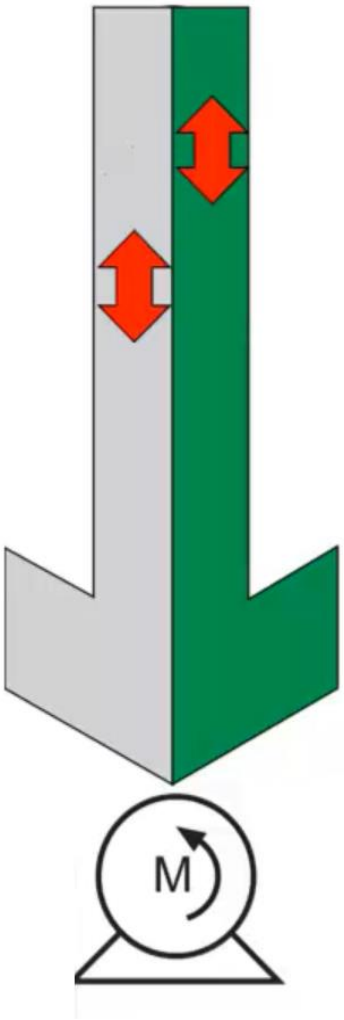
مقایسه‌ی توان در بار سلفی و خازنی



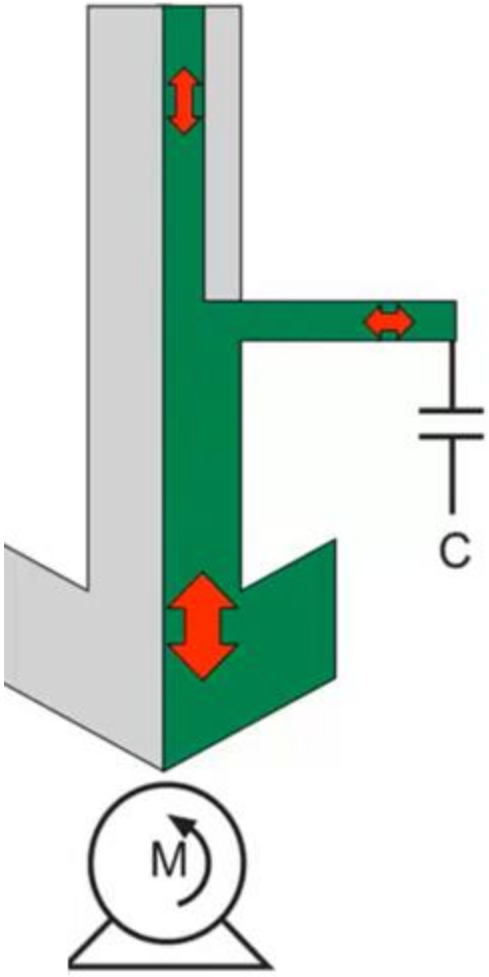
- انطباق شکل‌ها با هم
- *تبادل* توان راکتیو بین سلف و خازن
- عدم دریافت توان راکتیو از منبع اصلی

اصل جبران سازی توان راکتیو

- مجموع توان یا توان *ظاهری* دریافتی از منبع
  - فضای اشغال شده جهت عبور توان اکتیو
  - فضای اشغال شده جهت *تبادل* توان راکتیو



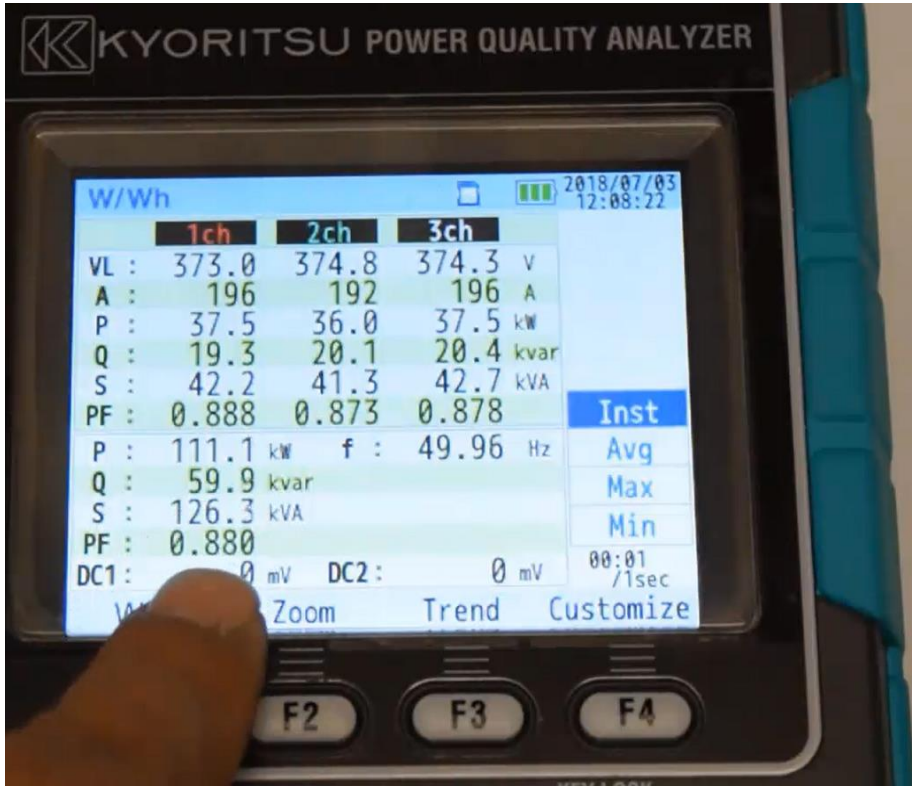
اصل جبران سازی توان راکتیو

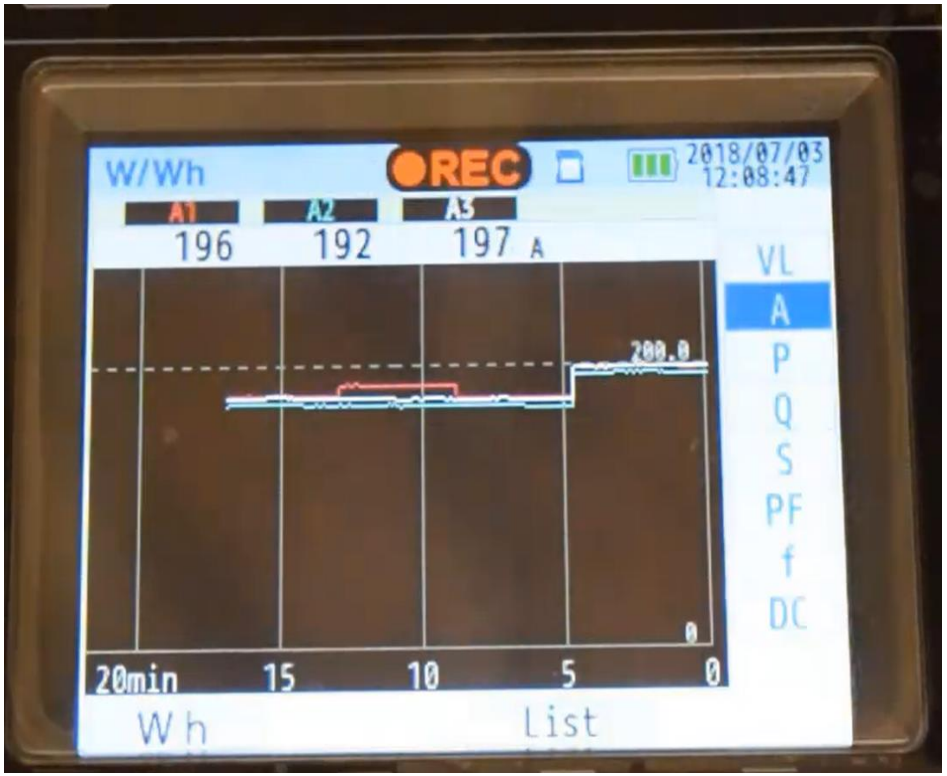


- اضافه کردن خازن به مدار
- *کاهش فضای تبادل توان راکتیو با منبع*
- اختصاص فضای آزاد شده به توان اکتیو

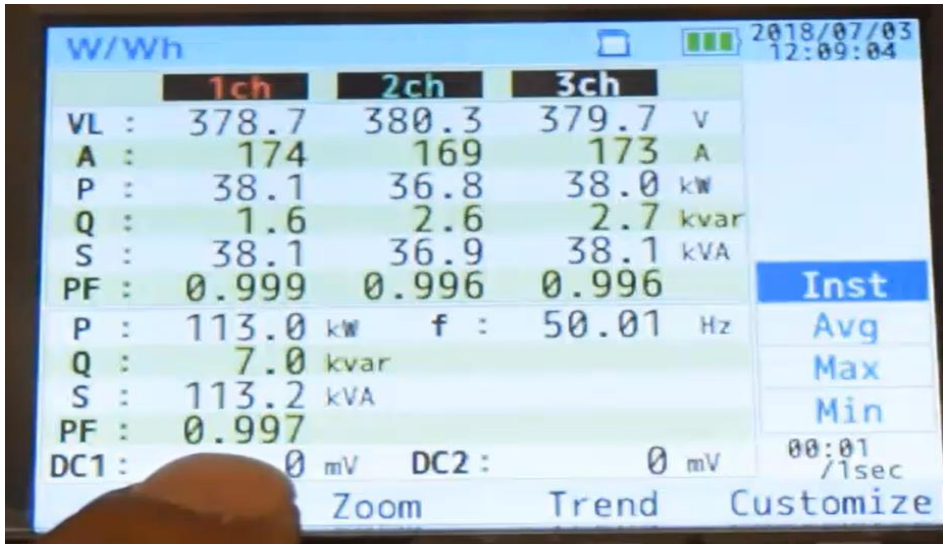
Capacitors for Power Factor Correction

خازن برای تصحیح ضریب توان

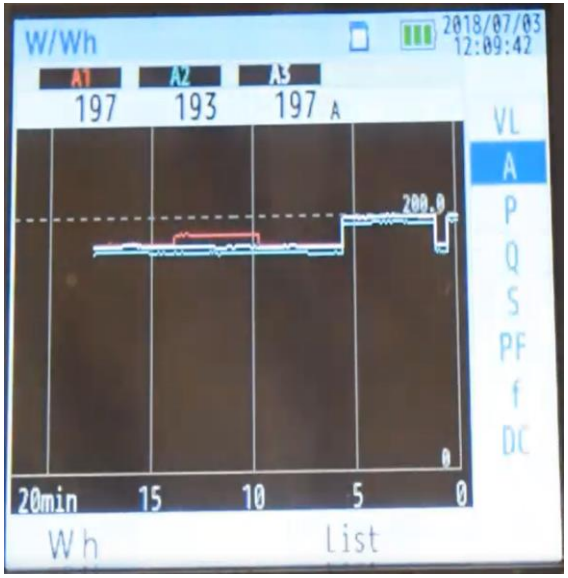

KYORITSU POWER QUALITY ANALYZER
W/Wh
2018/07/03
12:08:22
1ch 2ch 3ch
VL : 373.0 374.8 374.3 V
A : 196 192 196 A
P : 37.5 36.0 37.5 kW
Q : 19.3 20.1 20.4 kvar
S : 42.2 41.3 42.7 kVA
PF : 0.888 0.873 0.878
P : 111.1 kW f : 49.96 Hz
Q : 59.9 kvar
S : 126.3 kVA
PF : 0.880
DC1 : 0 mV DC2 : 0 mV
Inst
Avg
Max
Min
00:01
/1sec
Zoom
Trend
Customize
F2
F3
F4

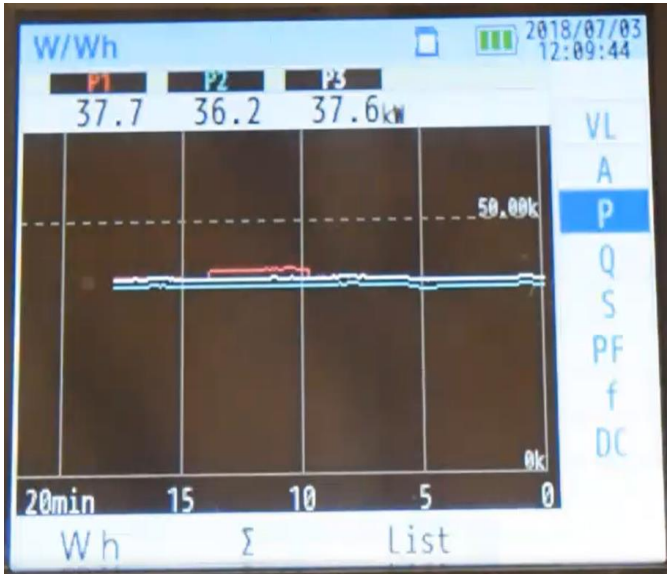

W/Wh
REC
2018/07/03
12:08:47
A1 A2 A3
196 192 197 A
200.0
0
20min 15 10 5 0
VL
A
P
Q
S
PF
f
DC
Wh
List

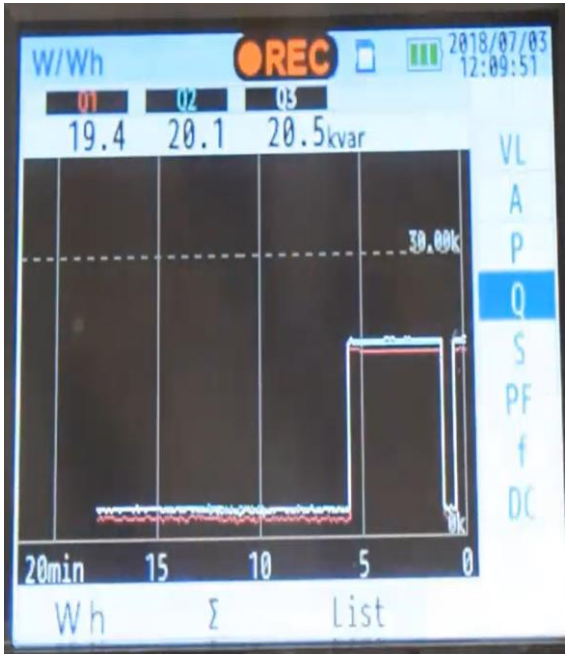
W/Wh
REC
2018/07/03
12:08:53
A1 A2 A3
174 169 173 A
200.0
0
20min 15 10 5 0
VL
A
P
Q
S
PF
f
DC
Wh
List

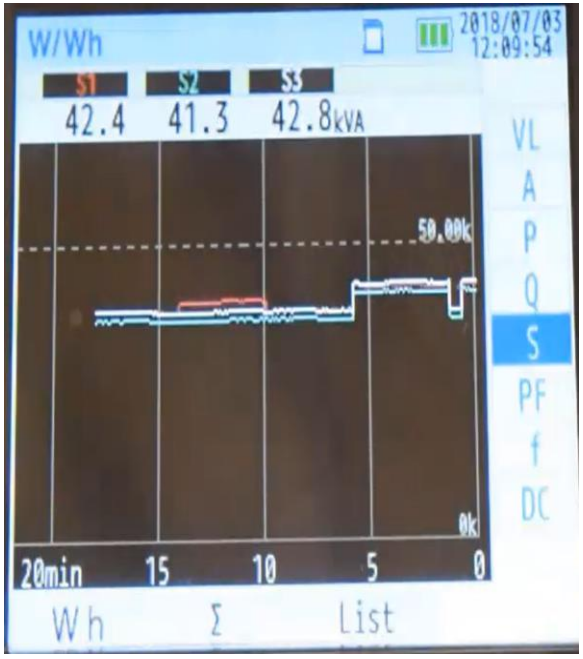

W/Wh
2018/07/03
12:09:04
1ch 2ch 3ch
VL : 378.7 380.3 379.7 V
A : 174 169 173 A
P : 38.1 36.8 38.0 kW
Q : 1.6 2.6 2.7 kvar
S : 38.1 36.9 38.1 kVA
PF : 0.999 0.996 0.996
P : 113.0 kW f : 50.01 Hz
Q : 7.0 kvar
S : 113.2 kVA
PF : 0.997
DC1 : 0 mV DC2 : 0 mV
Inst
Avg
Max
Min
00:01
/1sec
Zoom
Trend
Customize

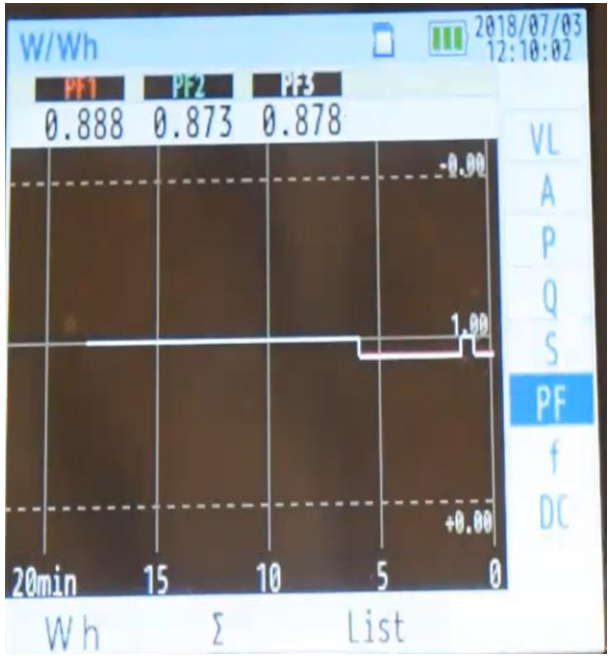
W/Wh
REC
2018/07/03
12:09:35
1ch 2ch 3ch
VL : 372.4 374.1 374.0 V
A : 197 193 197 A
P : 37.6 36.2 37.6 kW
Q : 19.4 20.1 20.4 kvar
S : 42.4 41.4 42.8 kVA
PF : 0.888 0.873 0.878
P : 111.5 kW f : 50.03 Hz
Q : 60.0 kvar
S : 126.7 kVA
PF : 0.880
DC1 : 0 mV DC2 : 0 mV
Inst
Avg
Max
Min
00:01
/1sec
Wh
Zoom
Trend
Customize

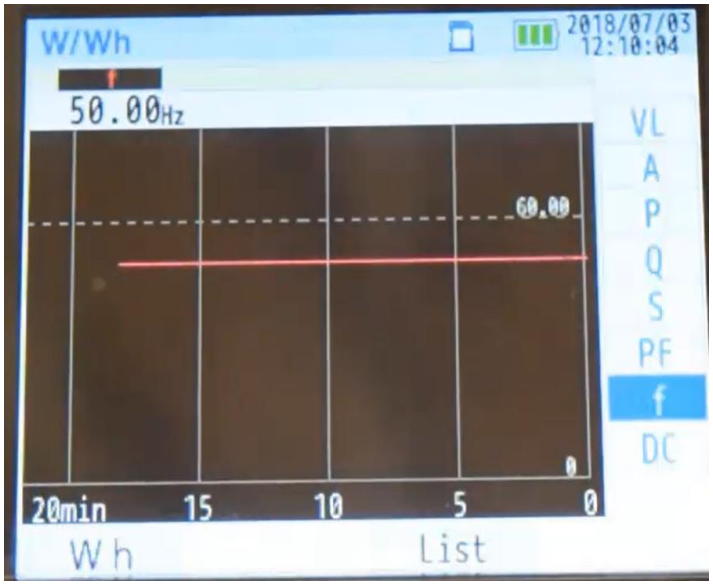

W/Wh
2018/07/03
12:09:42
A1 A2 A3
197 193 197 A
200.0
0
VL
A
P
Q
S
PF
f
DC
20min 15 10 5 0
Wh
List


W/Wh
2018/07/03
12:09:44
P1 P2 P3
37.7 36.2 37.6kW
50.00k
0k
VL
A
P
Q
S
PF
f
DC
20min 15 10 5 0
Wh
Σ
List

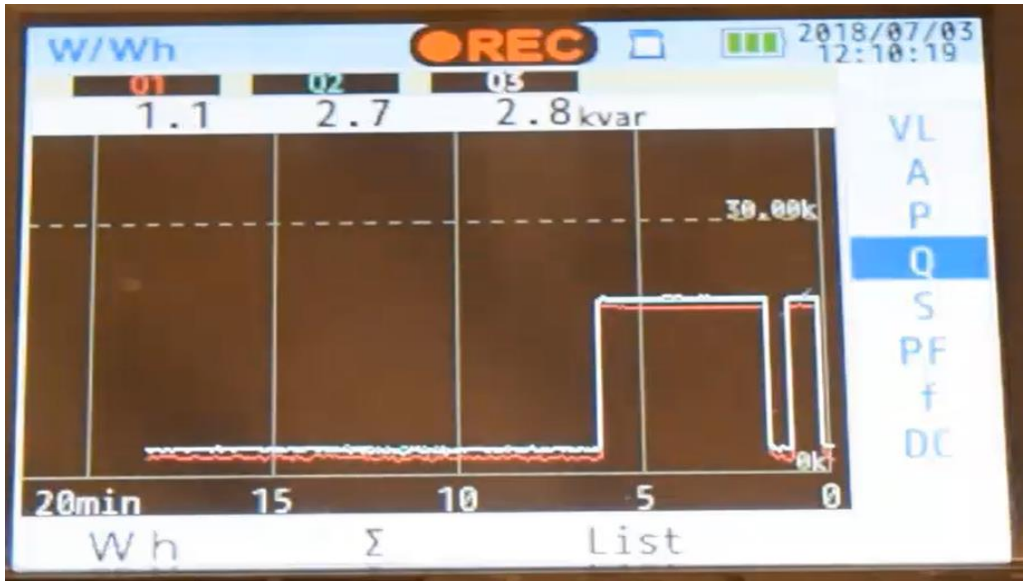

W/Wh
REC
2018/07/03
12:09:51
Q1 Q2 Q3
19.4 20.1 20.5kvar
30.00k
0k
VL
A
P
Q
S
PF
f
DC
20min 15 10 5 0
Wh
Σ
List


W/Wh
2018/07/03
12:09:54
S1 S2 S3
42.4 41.3 42.8kVA
50.00k
0k
VL
A
P
Q
S
PF
f
DC
20min 15 10 5 0
Wh
Σ
List

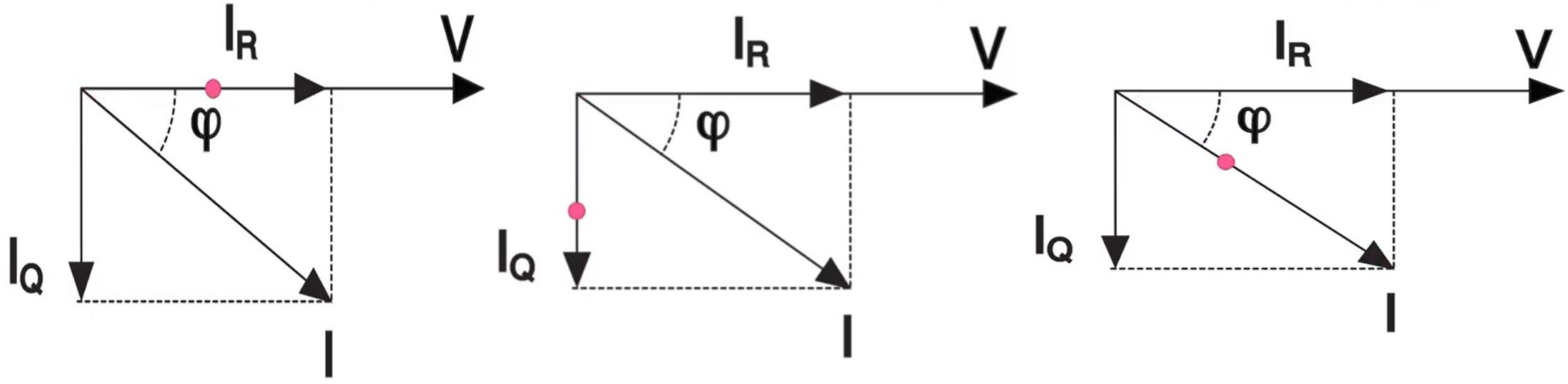

W/Wh
2018/07/03
12:10:02
PF1 PF2 PF3
0.888 0.873 0.878
-0.00
1.00
+0.00
VL
A
P
Q
S
PF
f
DC
20min 15 10 5 0
Wh
Σ
List


W/Wh
2018/07/03
12:10:04
f
50.00Hz
60.00
0
20min 15 10 5 0
VL
A
P
Q
S
PF
f
DC
Wh
List

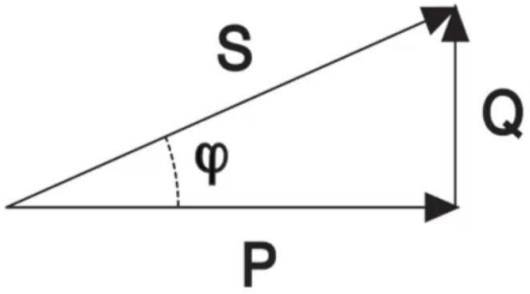
W/Wh
2018/07/03
12:10:14
Q1 Q2 Q3
19.4 20.1 20.3kvar
30.00k
0k
20min 15 10 5 0
VL
A
P
Q
S
PF
f
DC
Wh
Σ
List


W/Wh
REC
2018/07/03
12:10:19
Q1 Q2 Q3
1.1 2.7 2.8kvar
30.00k
0k
20min 15 10 5 0
VL
A
P
Q
S
PF
f
DC
Wh
Σ
List

مفهوم جبران سازی توان راکتیو



- درمدارهای متناوب جریان دریافتی دو مولفه دارد:
  - بخش اکتیو یا I_R: هم‌فاز با منبع و در اتباط با توان خروجی
  - بخش راکتیو یا I_Q: جهت تولید میدان مغناطیسی و شاخصی برای تبادل انرژی بین منبع و بار
- در اغلب موارد جریان مدار I بیشتر از I_R خواهد بود.
- به‌صورت کلی در کنار توان اکتیو، توان راکتیو نیز وجود دارد.
- مجموع توان اکتیو و راکتیو، توان **ظاهری** نام دارد.



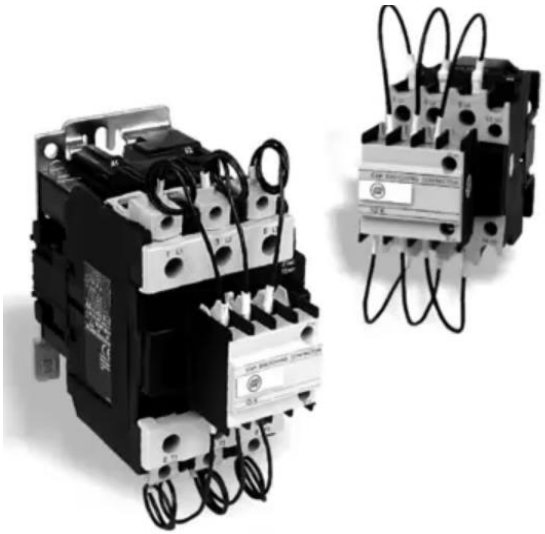
ضریب توان

- ضریب توان یا Cos_{φ} بر اساس نسبت بین جریان بخش اکتیو I_R و جریان کل I
- φ زاویه ی بین ولتاژ و جریان است. (شکل موج ولتاژ مرجع گرفته می‌شود.)
- جدول۲: ضریب توان معمول برخی از تجهیزات

$$[1] Cos_{\varphi} = \frac{I_R}{I} = \frac{P}{S}$$

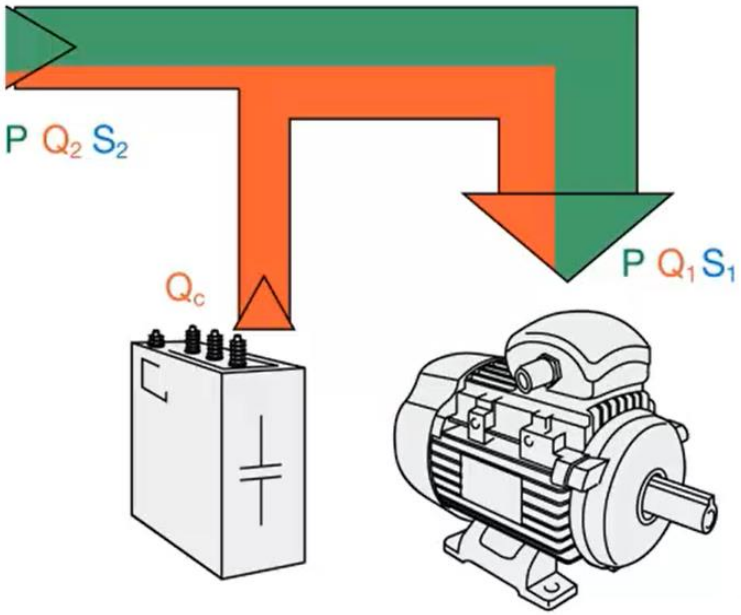
بار	ضریب توان یا Cos_{φ}
ترانسفورماتور در حالت بی باری	۰.۱ تا ۰.۱۵
الکتروموتورها	۰.۷ تا ۰.۸۵
سیستم های جوش با آرک	۰.۳۵ تا ۰.۶
سیستم های جوش با آرک به همراه جبران ساز	۰.۷ تا ۰.۸
سیستم های جوش مقاومتی	۰.۴ تا ۰.۶
کوره های ذوب القایی	۰.۷۵ تا ۰.۹
لامپ های فلورسنت با جبران ساز	۰.۹
لامپ های فلورسنت بدون جبران ساز	۰.۴ تا ۰.۶
کانورتور AC به DC	۰.۶ تا ۰.۹۵
درایو های DC	۰.۴ تا ۰.۷۵
درایو های AC	۰.۹۵ تا ۰.۹۷
بارهای مقاومتی	۱

ارتقاء ضریب توان



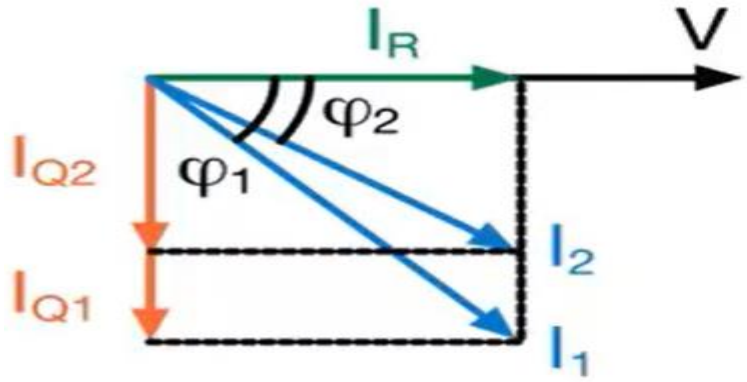
- تامین توان راکتیو جهت *ارتقاء ضریب توان* دریک قسمت خاص
- جبران سازی مساوی است با عدم دریافت توان راکتیو از شبکه
- نکته: محاسبه‌ی هزینه دریافت توان راکتیو متغیر است.
- به صورت کلی: ضریب توان کمتر از ۰.۹ با توجه به سطح ولتاژ همراه با *جریمه* است.

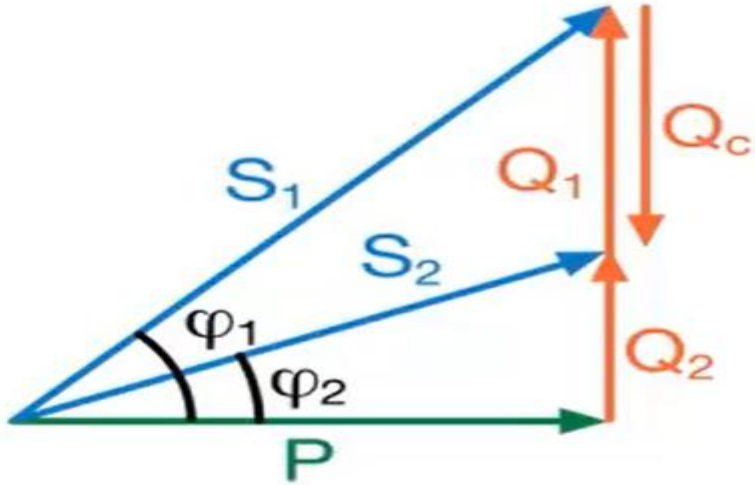
مزایای فنی جبران سازی توان راکتیو



- کاهش جریان
- بهینه سازی ماشین‌های الکتریکی مانند ژنراتور، ترانس و غیره
- کاهش سطح مقطع هادی‌ها
- کاهش تلفات و افت‌ولتاژ
- جبران سازی: خازن مورد نیاز جهت ارتقاء $Cos_{\varphi 1}$ به $Cos_{\varphi 2}$

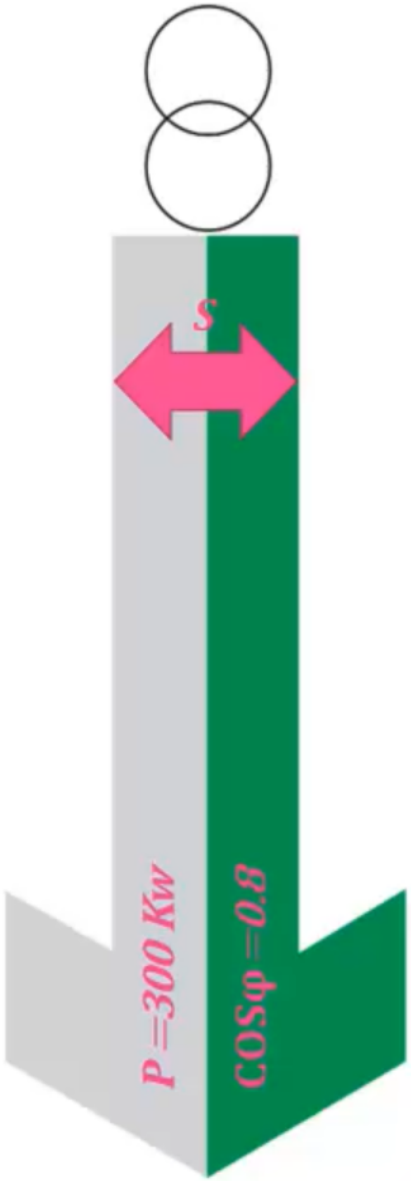
$$[3] Q_c = Q_1 - Q_2 = P \times (tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$$





مثال

- ارتقاء ضریب توان یک کارخانه با مشخصات زیر:
  - شبکه‌ی سه فاز ۴۰۰ ولت
  - توان اکتیو دریافتی ۳۰۰ کیلو وات
  - ضریب توان فعلی ۰.۸
  - ضریب توان هدف ۰.۹۳



مثال

- ارتقاء ضریب توان یک کارخانه با مشخصات زیر:
  - شبکه‌ی سه فاز ۴۰۰ ولت
  - توان اکتیو دریافتی ۳۰۰ کیلو وات
  - ضریب توان فعلی ۰.۸
  - ضریب توان هدف ۰.۹۳
- فرمول ۴: جریان قبل از جبران سازی
- فرمول ۵: خازن مورد نیاز
- فرمول ۶: جریان پس از جبران سازی

$$[4] I_1 = \frac{\mathrm{P}}{\sqrt{3} \times \mathrm{U_n} \times \mathrm{COS}\varphi_1} = \frac{300 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.8} = 540\ \mathrm{A}$$

$$[5] Q_c = P \times (tg\varphi_1 - tg\varphi_2) = 300 \times (0.75 - 0.39) = 108\ Kvar$$

$$[6] I_2 = \frac{\mathrm{P}}{\sqrt{3} \times \mathrm{U_n} \times \mathrm{COS}\varphi_2} = \frac{300 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.93} = 465\ \mathrm{A}$$