الطرق الحسابية المختلفة

لحسابات تحسين معامل القدرة

(Power factor correction)

م/أحمد عيسى

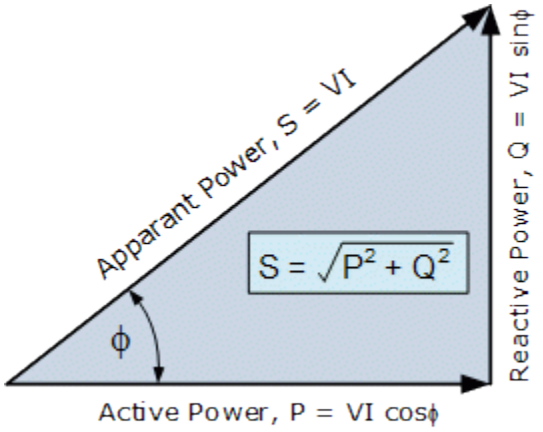
2023

تحسين معامل القدرة CPF

ما هو معامل القدرة(PF)؟

يعرف معامل القدرة بالإنجليزية (Power Factor) :بأنه النسبة بين القدرة الفعالة التي تقاس بوحدة الواط أو الكيلو واط إلى القدرة الظاهرة التي تقاس بوحدة الفولت أمبير أو الكيلو فولت أمبير.

وكلما أقربت قيمة معامل القدرة إلى الواحد صحيح كان ذلك أفضل للاستفادة بشكل كامل من كمية الطاقة المستهلكة في تشغيل الحمل الكهربائي.



سبب وجود معامل القدرة؟

يعد السبب المباشر وراء ظهور معامل القدرة في بعض الحسابات الكهربائية للتيار المتردد هو وجود أحمال حثية كالمحركات الكهربائية مثلاً.

لماذا يجب تصحيح معامل القدرة؟

لتقليل قيمة التيار المسحوب من المصدر من خلال تقليل قيمة ال Q ،ويجب أن تبقى قيمة الجهد (V) والتردد (F)والقدرة الفعالة (P) ثابتة.

عيوب إنخفاض معامل القدرة

تكاليف مباشرة :-

-عقوبة متزايدة من شركات الكهرباء لخفض عامل القدرة

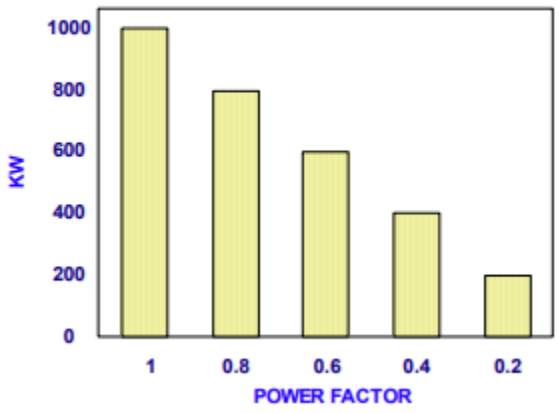
-رسم على KVAR Hours شهريًا

-زيادة كمية KVA.

تكاليف غيرمباشرة :-

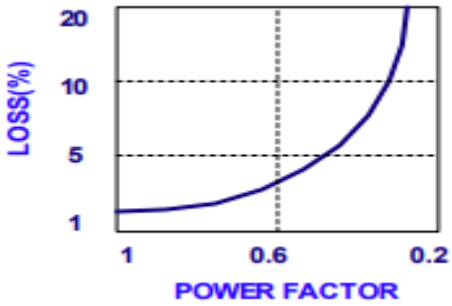
➢ فقدان كفاءة المعدات

-عندما يعمل التثبيت بعامل طاقة منخفض ، تقل كمية الطاقة المفيدة المتاحة داخل التركيب في محولات التوزيع بشكل كبير بسبب كمية الطاقة التفاعلية التي يجب أن تحملها المحولات. يوضح الشكل التالى الطاقة الفعلية المتاحة لمعدات التوزيع المصممة لتزويد KW 1000.



➢ خسارة في سعة التوزيع

يوضح الشكل أدناه بشكل بياني تباين خسائر I2R في المغذيات والفروع. يتم التعبير عن الخسائر في المائة كدالة لعامل القدرة.



➢ زيادة الإنفاق فى المشروع

في حالة التوسع ، يلزم استثمار أكبر في المعدات اللازمة لزيادة قدرة التوزيع للتركيب ، مثل المحولات ذات الحجم الكبير والقواطع الكهربائية والكابلات .

أولا:-المحولات

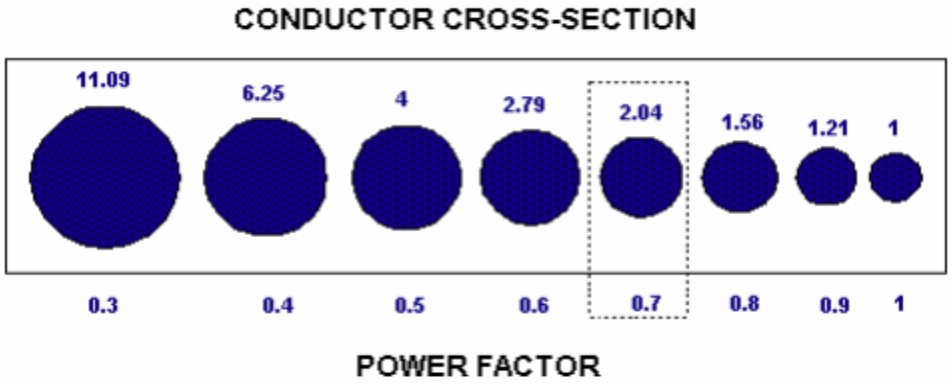
لتركيب محول للأحمال KW800 ، يجب أن يكون المحول تقريبًا:

- 800KVA for power factor = 100%
- 1000 KVA for power factor = 80%
- 1600KVA for power factor = 50%

ثانيا:- الكابلات

يوضح الشكل التالى في المقطع العرضي للموصل كدالة لعامل القدرة ويوضح أنه عندما يكون عامل القدرة الخاص بالمنشأة منخفضًا ، فإن التكلفة الإضافية على فاتورة الكهرباء ليست سوى جزء من المشكلة

على سبيل المثال فى المشروع الذي لم يتم فيه إجراء تصحيح وله عامل قدرة 70٪ ، يجب أن يكون المقطع العرضي للموصل ضعف حجمه إذا كان عامل القدرة 100٪.



فوائد تحسين قيمة معامل القدرة ؟

1- تقليل الغرامة من شركات الكهرباء

2-تقليل مساحة مقطع الكابلات المغذية للحمل وذلك من خلال تقليل قيمة التيار وبالتالي تقليل التكلفة.

3- تقليل فواقد القدرة الكهربائية في الكابلات بين المصدر والحمل(مربع التيار × المقاومة الكلية للكابل) من خلال تقليل قيمة التيار

$$\% \text{ Reduction of Power Losses} = 100 - 100\left(\frac{\text{Original Power Factor}}{\text{Improved Power Factor}}\right)^2$$

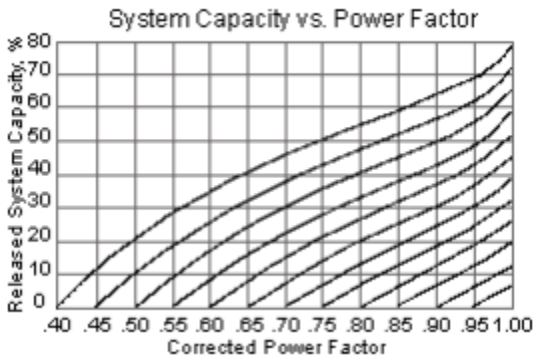
4-تحسين خصائص نظام التشغيل

يمكن إجراء تقدير لارتفاع الجهد من عامل القدرة المحسن بتركيب مكثفات القدرة باستخدام المعادلة التالية:

$$\% \text{ of Voltage Rise} = \frac{\text{KVAR of capacitors x \% Impedance of Transformer}}{\text{KVA of Transformer}}$$

3.تخفيض الهبوط في الجهد (I×R) عند الحمل نتيجة المقاومة التي يمر بها التيار في الكابلات بين المصدر والحمل.

4.زيادة كفاءة الطاقة وبالتالي قدرة المصدر على تغذية أحمال أكثر.



كيف يتم تصحيح معامل القدرة ؟

تصحيح معامل القدرة هي عملية تقليل القدرة الغير فعالة (Q) بواسطة ضخ قدرة غير فعالة أخرى لكن بالإتجاه المعاكس.

وبما أن أغلب الأحمال هي أحمال حثية مثل المحركات, مصابيح فلورسنت ذات ملف .. الخ، لذا غالبا يتم تحسين معامل القدرة بواسطة المكثفات , عن طريق ربط المكثفات مع الأحمال بالتوازي ، وهنا يعمل المكثف كمصدر ثاني لتغذية الجهاز الحثي ويتم سحب الQ منه بدلاً من سحبه من المصدر الأصل ونجد أن اجمالي القدرة الغير فعالة في حالة ربط مكثف مع حمل حثي تساوي (Qt=QL-QC) مما يؤدي إلى تقليل قيمتها بالنسبة للقدرة الظاهرية المطلوبة لتغذية الحمل وبالتالي تزيد قيمة معامل القدرة.

عامل القدرة النموذجى الغير مصحح Un-improved Power Factor حسن نوع المبنى

Industry	Power Factor
Auto Parts	75-80
Brewery	75-80
Cement	80-85
Chemical	65-75
Coal Mine	65-80
Clothing	35-60
Electroplating	65-70
Foundry	75-80
Forging	70-80
Hospital	75-80
Machine Manufacturing	60-65
Metalworking	65-70
Office Building	80-90
Oil field Pumping	40-60
Paint Manufacturing	65-70
Plastic	75-80
Stamping	60-70
Steel Works	65-80
Tool, dies, jigs industry	65-75

معامل القدرة الصناعي النموذجي غير المصحح هو 0.8. هذا يعني أن محول 1ميجا فولت أمبيريمكنه فقط تزويد 800 كيلو وات أو أن المستهلك يمكنه فقط سحب 80 أمبير مفيد من مصدر 10أمبير بعبارة أخرى ، فإن الحمل ثلاثي الأطوار 100 كيلو وات سوف يسحب 172 أمبير لكل مرحلة بدلاً من 139أمبير المتوقع.

بالنسبة لمعامل القدرة المنخفض للمعدات بطبيعتها ، يتعين على شركات الكهرباء أن تولد تيارًا أكثر بكثير مما هو مطلوب نظريًا. لنفترض على سبيل المثال ، في حالة يكون أن الطلب الحقيقي على الطاقة (kW) في محطتين متماثلًا ، لكن أحدهما يحتوي على معامل قدرة بنسبة 85 في

المائة بينما يحتوي الآخر على معامل قدرة بنسبة 70 في المائة ، يجب أن توفر شركة الكهرباء 21 في المائة أكثر من التيار إلى المصنع الثانى لتلبية هذا الطلب نفسه. هذا الفائض

يتدفق التيار عبر المولدات والكابلات والمحولات بنفس طريقة التيار المفيد. إذا لم يتم اتخاذ خطوات لتحسين معامل القدرة للحمل ، فستحتاج جميع المعدات والموصلات والمحولات التي تخدم المحطة الثانية إلى قدرة تحمل تزيد بنسبة 21 في المائة عن تلك التي تم توفيرها للمحطة الأولى. بالإضافة إلى ذلك،ستكون خسائر المقاومة (I2R) في موصلات التوزيع أكبر بنسبة 46 في المائة في المصنع الثاني. تقوم المرافق بشكل أساسي على أساس الطاقة المستهلكة وذروة الطلب التي يتم توفيرها. بدون عنصر فوترة معامل القدرة ، لن تقوم المصانع أو غيرهما من تحسين معامل القدرة .

وتحدد شركات الكهرباء عادةً "عقوبة لمعامل القدرة" في جداول أسعارها. تظهر هذه العقوبات على فواتير الكهرباء على أنها "رسوم الطاقة التفاعلية" أو "الحد الأقصى للطلب كيلو فولت أمبير" أو "رسوم توافر كيلو فولت أمبير". على سبيل المثال المعلومات المعروفة المأخوذة من الفواتير حول النظام الكهربائي

أمثلة على غرامة شركات الكهرباء

KVA = 1000 ، KW = 800 ، KVAR = 600 ، PF = .80

أولا:- 90٪ من هيكل الفواتير

- حيث تستند فواتير الطلب على 90٪ من KVA أو 100٪ من KW ، أيهما أكبر. نظرًا لأن المنشأة لديها عامل قدرة يبلغ 0.80 ، فسوف يدفعون معدلات الطلب على 90٪ من KVA 1000 x .90 = 900 KVA لأنه الرقم الأكبر .(900 KVA> 800 KW) وبالتالي فإن المنشأة تدفع غرامة قدرها 100 كيلو فولت أمبير من الطاقة غير المنتجة. سيؤدي تصحيح معامل القدرة للمنشأة إلى 90٪ + إلى التخلص من تكلفة العقوبة.

ثانيا :- 100٪ من KVA+100٪ KW من هيكل الفواتير

- حيث يتم تطبيق معدل واحد على 100٪ من KVA ومعدل آخر يتم تطبيقه على 100٪ من KW.

ثم يتم إضافة كلاهما معًا لتحديد إجمالي الطلب على الفاتورة. إذا قمنا بتصحيح معامل القدرة إلى الوحدة (KVA = KW أو KVA = 800 KW 800) يمكننا استرداد التكاليف المدفوعة على 200 KVA بمعدلات * KVA ، بافتراض دفع معدل متساوٍ لـ KVA و KW

حساب تحسين معامل القدرة PFC

توجد مجموعة كبيره من الطرق الحسابية لحساب تحسين معامل القدرة و Capacitor Bankسوف نقوم بإستخدام معظم الطرق وأكثرهم دقة.

ويجب أن نعلم أن معامل القدرة ليس فقط للمبانى ولكن يمكن حسابه لكلا من المحولات والمواتير المفردة.

يتم حساب تحسين معامل القدرة للمحولات كما يلى :-

1- طريقة المعادلات

$$Q_c = \sqrt{\left(\frac{I_0\%}{100}\cdot S_r\right)^2 - P_{fe}^{\,2}} + K_L^{\,2}\cdot\sqrt{\left(\frac{u_k\%}{100}\cdot S_r\right)^2 - P_{cu}^{\,2}}$$

$$\approx \left(\frac{I_0\%}{100}\cdot S_r\right) + K_L^{\,2}\cdot\left(\frac{u_k\%}{100}\cdot S_r\right)$$

Where:

I0% : the percentage no-load current,

uk% : the percentage short-circuit voltage,

Pfe : the iron losses,

Pcu : the copper losses.

KL: the load factor, defined as the ratio between the minimum reference load and the rated power of the transformer.

The above data can be derived from the nameplate characteristics of the transformer.

2- طريقة الجداول من قيمة Load Factor

Table 7.4: reactive power for the compensation of ABB transformers

Transformer					Q_c [kvar] load factor K_L				
S_r [kVA]	u_k% [%]	i_0% [%]	P_{fe} [kW]	P_{cu} [kW]	0	0.25	0.5	0.75	1
Oil Distribution Transformer MV-LV									
50	4	2.9	0.25	1.35	1.4	1.5	1.8	2.3	2.9
100	4	2.5	0.35	2.30	2.5	2.7	3.3	4.3	5.7
160	4	2.3	0.48	3.20	3.6	4	5	6.8	9.2
200	4	2.2	0.55	3.80	4.4	4.8	6.1	8.3	11
250	4	2.1	0.61	4.50	5.2	5.8	7.4	10	14
315	4	2	0.72	5.40	6.3	7	9.1	13	18
400	4	1.9	0.85	6.50	7.6	8.5	11	16	22
500	4	1.9	1.00	7.40	9.4	11	14	20	28
630	4	1.8	1.20	8.90	11	13	17	25	35
800	6	1.7	1.45	10.60	14	16	25	40	60
1000	6	1.6	1.75	13.00	16	20	31	49	74
1250	6	1.6	2.10	16.00	20	24	38	61	93
1600	6	1.5	2.80	18.00	24	30	47	77	118
2000	6	1.2	3.20	21.50	24	31	53	90	142
2500	6	1.1	3.70	24.00	27	37	64	111	175
3150	7	1.1	4.00	33.00	34	48	89	157	252
4000	7	1.4	4.80	38.00	56	73	125	212	333
Cast Resin Distribution Transformer MV-LV									
100	6	2.3	0.50	1.70	2.2	2.6	3.7	5.5	8
160	6	2	0.65	2.40	3.1	3.7	5.5	8.4	12
200	6	1.9	0.85	2.90	3.7	4.4	6.6	10	15
250	6	1.8	0.95	3.30	4.4	5.3	8.1	13	19
315	6	1.7	1.05	4.20	5.3	6.4	9.9	16	24
400	6	1.5	1.20	4.80	5.9	7.3	12	19	29
500	6	1.4	1.45	5.80	6.8	8.7	14	23	36
630	6	1.3	1.60	7.00	8	10	17	29	45
800	6	1.1	1.94	8.20	8.6	12	20	35	56
1000	6	1	2.25	9.80	9.7	13	25	43	69
1250	6	0.9	3.30	13.00	11	15	29	52	85
1600	6	0.9	4.00	14.50	14	20	38	67	109
2000	6	0.8	4.60	15.50	15	23	45	82	134
2500	6	0.7	5.20	17.50	17	26	54	101	166
3150	8	0.6	6.00	19.00	18	34	81	159	269

ويمكن أيضا إستخدام الجدول التالى

Standard values for transformers power factor correction		
Rated apparent power of transformer KVAr	Rated capacitor power for oil immersed transformer KVAr	Rated capacitor power for cast resin transformer KVAr
10	1.0	1.5
20	2.0	1.7
50	4.0	2.0
75	5.0	2.5
100	5.0	2.5
160	7.0	4.0
200	7.5	5.0
250	8.0	7.5
315	10.0	8.0
400	12.5	8.5
500	15.0	10.0
630	17.5	12.5
800	20.0	15.0
1000	25.0	16.7
1250	30.0	20.0
1600	35.0	22.0
2000	40.0	25.0
2500	50.0	35.0
3150	60.0	50.0

Sl.no	kVA rating of the transformer	kVAr required for compensation
1	upto and including 315 kVA	5% of kVA rating
2	315 kVA - 1000 kVA	6% of kVA rating
3	Above 1000 kVA	8% of kVA rating

أما المحركات أو المواتير فيتم حسابها أيضا إما بطريقة المعادلات أو جداول الموردين أو جداول ال NEMA

1- المعادلات

To calculate kVAR required to correct power factor to a specific target value, use the following formula:

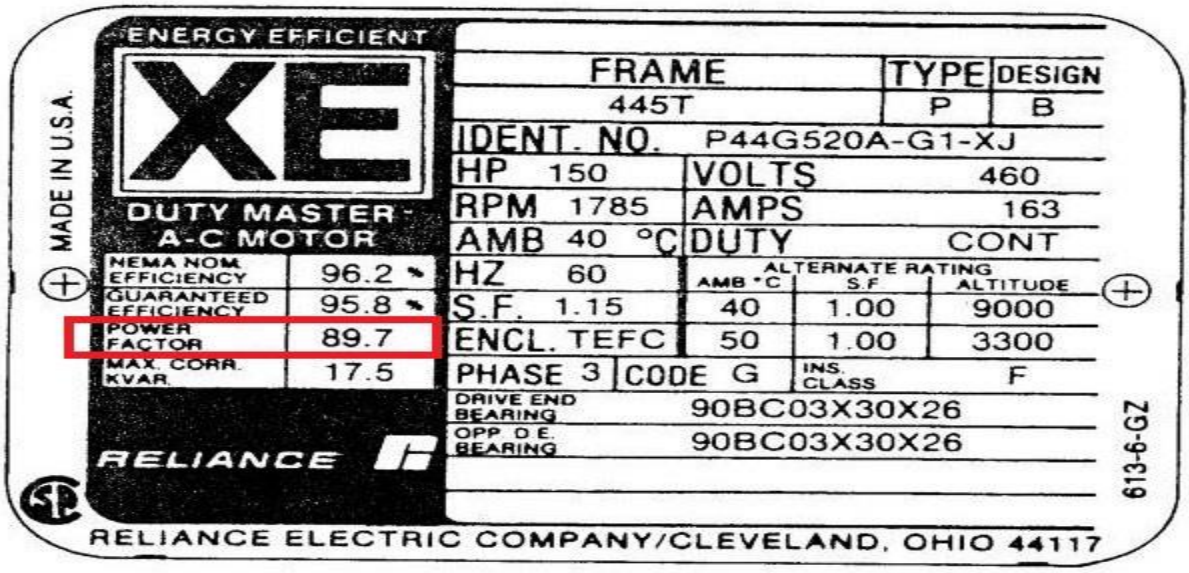
$$kVAR_{(required)} = \frac{hp \times 0.746}{\%\ EFF}\left(\frac{\sqrt{1-PFa^2}}{PFa} = \frac{\sqrt{1-PFt^2}}{PFt}\right)$$

Where

hp: motor nameplate horsepower
%EFF: motor nameplate efficiency (enter the value in decimal)
PFa: motor nameplate actual power factor
PFt: target power factor

Note: Consult the motor manufacturer's data sheet to verify the maximum kVAR of capacitors that can be directly connected at motor terminals. To avoid self-excitation, do not exceed the maximum kVAR rating that is specified by the motor manufacturer.

2- جداول الموردين الملصقة على Name Plate



3- جداول الNEMA للمحركات كالتالى: -

Induction Motor hp Rating	Number of Poles and Nominal Motor Speed in RPM											
	2–3600 RPM		4–1800 RPM		6–1200 RPM		8–900 RPM		10–720 RPM		12–600 RPM	
	Capacitor kVAR	Current Reduction %	Capacitor kVAR	Current Reduction %	Capacitor kVAR	Current Reduction %	Capacitor kVAR	Current Reduction %	Capacitor kVAR	Current Reduction %	Capacitor kVAR	Current Reduction %
Used for High-Efficiency Motors and Older Design (Pre "T-Frame") Motors ①												
3	1.5	14	1.5	15	1.5	20	2	27	2.5	35	3	41
5	2	12	2	13	2	17	3	25	4	32	4	37
7.5	2.5	11	2.5	12	3	15	4	22	5	30	6	34
10	3	10	3	11	3	14	5	21	6	27	7.5	31
15	4	9	4	10	5	13	6	18	8	23	9	27
20	5	9	5	10	6	12	7.5	16	9	21	12.5	25
25	6	9	6	10	7.5	11	9	15	10	20	15	23
30	7	8	7	9	9	11	10	14	12.5	18	17.5	22
40	9	8	9	9	10	10	12.5	13	15	16	20	20
50	12.5	8	10	9	12.5	10	15	12	20	15	25	19
60	15	8	15	8	15	10	17.5	11	22.5	15	27.5	19
75	17.5	8	17.5	8	17.5	10	20	10	25	14	35	18
100	22.5	8	20	8	25	9	27.5	10	35	13	40	17
125	27.5	8	25	8	30	9	30	10	40	13	50	16
150	30	8	30	8	35	9	37.5	10	50	12	50	15
200	40	8	37.5	8	40	9	50	10	60	12	60	14
250	50	8	45	7	50	8	60	9	70	11	75	13
300	60	8	50	7	60	8	60	9	80	11	90	12
350	60	8	60	7	75	8	75	9	90	10	95	11
400	75	8	60	6	75	8	85	9	95	10	100	11
450	75	8	75	6	80	8	90	9	100	9	110	11
500	75	8	75	6	85	8	100	9	100	9	120	10
"T-Frame" NEMA® "Design B" Motors ❶												
2	1	14	1	24	1.5	30	2	42	2	40	3	50
3	1.5	14	1.5	23	2	28	3	38	3	40	4	49
5	2	14	2.5	22	3	26	4	31	4	40	5	49
7.5	2.5	14	3	20	4	21	5	28	5	38	6	45
10	4	14	4	18	5	21	6	27	7.5	36	8	38
15	5	12	5	18	6	20	7.5	24	8	32	10	34
20	6	12	6	17	7.5	19	9	23	10	29	12.5	30
25	7.5	12	7.5	17	8	19	10	23	12.5	25	17.5	30
30	8	11	8	16	10	19	15	22	15	24	20	30
40	12.5	12	15	16	15	19	17.5	21	20	24	25	30
50	15	12	17.5	15	20	19	22.5	21	22.5	24	30	30
60	17.5	12	20	15	22.5	17	25	20	30	22	35	28
75	20	12	25	14	25	15	30	17	35	21	40	19
100	22.5	11	30	14	30	12	35	16	40	15	45	17
125	25	10	35	12	35	12	40	14	45	15	50	17
150	30	10	40	12	40	12	50	14	50	13	60	17
200	35	10	50	11	50	11	70	14	70	13	90	17
250	40	11	60	10	60	10	80	13	90	13	100	17
300	45	11	70	10	75	12	100	14	100	13	120	17
350	50	12	75	8	90	12	120	13	120	13	135	15
400	75	10	80	8	100	12	130	13	140	13	150	15
450	80	8	90	8	120	10	140	12	160	14	160	15
500	100	8	120	9	150	12	160	12	180	13	180	15

❶ For use with three-phase, 60 Hz NEMA Classification B Motors to raise full load power factor to approximately 95%

Table 4. Suggested Capacitor Ratings, in kVARs, for NEMA Design C and D, and Wound-Rotor Motors

	Design C Motor		Design D Motor	
Induction Motor Rating (hp)	1800 and 1200 r/Minimum	900 r/Minimum	1200 r/Minimum	Wound-Rotor Motor
15	5	5	5	5.5
20	5	6	6	7
25	6	6	6	7
30	7.5	9	10	11
40	10	12	12	13
50	12	15	15	17.5
60	17.5	18	18	20
75	19	22.5	22.5	25
100	27	27	30	33
125	35	37.5	37.5	40
150	37.5	45	45	50
200	45	60	60	65
250	54	70	70	75
300	65	90	75	85

Note: Applies to three-phase, 60 Hz motors when switched with capacitors as single unit.

Note: Use motor manufacturer's recommended kVAR as published in the performance data sheets for specific motor types: drip-proof, TEFC, severe duty, high-efficiency, and NEMA design.

Table 5. Suggested Capacitor Ratings for Medium Voltage Motors

	Number of Poles and Nominal Motor Speed in RPM											
	2–3600 RPM		4–1800 RPM		6–1200 RPM		8–900 RPM		10–720 RPM		12–600 RPM	
Induction Motor hp Rating	Capacitor kVAR	Current Reduction %	Capacitor kVAR	Current Reduction %	Capacitor kVAR	Current Reduction %	Capacitor kVAR	Current Reduction %	Capacitor kVAR	Current Reduction %	Capacitor kVAR	Current Reduction %
2400 and 4160V—Open												
100	25	8	25	10	25	11	25	11	25	12	25	15
125	25	7	25	9	25	10	25	10	25	11	50	15
150	25	7	25	8	25	9	25	9	25	11	50	14
200	50	7	50	8	50	9	50	9	50	10	75	14
250	50	7	50	7	50	8	75	9	75	10	75	14
300	50	7	50	7	75	8	75	9	75	9	100	13
350	50	6	50	6	75	8	75	9	75	9	100	12
400	75	6	75	6	75	7	100	9	100	9	100	11
450	75	6	75	6	75	6	100	9	100	9	125	10
500	75	5	75	6	100	6	125	9	125	9	125	9
600	75	5	100	6	100	6	125	8	150	9	150	9
700	100	5	100	6	125	6	150	8	150	8	150	8
800	100	5	150	6	150	6	150	7	200	8	200	8
900	125	5	150	6	200	6	200	7	250	8	250	8
1000	150	5	200	6	250	5	250	6	250	7	250	7
1250	200	5	200	5	250	5	300	6	300	6	300	6
2400 and 4160V—Totally Enclosed Fan Cooled												
100	25	7	25	8	25	9	25	11	25	11	25	13
125	25	7	25	7	25	8	25	11	25	11	50	13
150	25	6	25	7	25	8	50	11	50	11	50	13
200	50	6	50	7	50	8	50	11	50	11	75	13
250	50	6	50	7	50	8	75	11	75	11	75	13
300	50	6	50	7	75	8	75	10	100	11	100	13
350	75	6	75	7	100	8	100	10	100	11	125	13
400	75	6	75	7	100	8	100	10	100	11	150	13
450	75	6	100	7	100	8	125	10	125	11	150	13
500	100	5	125	7	125	7	150	10	150	11	150	13

Above sizes are intended to provide a corrected power factor of approximately 95% at full load. Because of the limited number of capacitor ratings available, it is not possible to raise every motor PF to 95%.

وأيضا يمكن حسباها بطريقة سريعة كالتالى:-

KVAR is equal to 40% of motor kw-rating.

Approximate values (specified by the German Electricity Association VDEW) for fixed PFC of motors			
Motor nominal rating	Capacitor power rating (1500 r.p.m.*) KVAr	Capacitor power rating (1000 r.p.m.*) KVAr	Capacitor power rating (750 r.p.m.*) KVAr
1 ... 1.9	0.5	0.5	0.6
2 ... 2.9	1 1.	1	1.2
3 ... 3.9	1.5	1.6	1.7
4 ... 4.9	2	2.1	2.3
5 ... 5.9	2.5	2.6	2.9
6 ... 7.9	3	3.2	3.5
8 ... 10.9	4	4.2	4.6
11 ... 13.9	5	5.3	5.8
14 ... 17.9	6	6.3	6.9
18 ... 21.9	7.5	8.0	8.6
22 ... 29.9	10	10.5	11.5
30 ... 39.9	approx. 40% of the motor power		
40 and above	approx. 35% of the motor power		

*r.p.m.: revolutions per minute

أما بالنسبة لتحسين معامل القدرة للمبانى فهى كالتالى:-

1-طريقة المعادلات

نقوم بحساب **Active Power** من المعادلة التالية

$$P = \sqrt{3}*V*I*\cos Ø*10^{-3} \quad (kW)$$

ثم نقوم بإستخدام المعادلة التالية:-

$$QC = P \cdot (\tan Ø1 - \tan Ø2) \text{ in KVAR}$$

Ø1 = Cos-1 (old power factor)

Ø2 = Cos-1 (new power factor)

ويتم حساب قيمة tan Ø من الجدول التالى:-

Cosphi selection table

Active power P = 100 kW
ACTUAL cos φ = 0.65
TARGET cos φ = 0.95
Factor F from table = 0.84
Correction power Qc = P x (tan φ1 - tan φ2)
P * F
100 x 0.84
84 kvar

ACTUAL		Target power factor										
tan φ	cos φ	cos φ										
		0.80	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.98	1.00
		Factor F										
1.33	0.60	0.58	0.64	0.71	0.79	0.85	0.91	0.97	1.00	1.04	1.13	1.33
1.30	0.61	0.55	0.60	0.68	0.76	0.81	0.87	0.94	0.97	1.01	1.10	1.30
1.27	0.62	0.52	0.57	0.65	0.73	0.78	0.84	0.90	0.94	0.97	1.06	1.27
1.23	0.63	0.48	0.53	0.61	0.69	0.75	0.81	0.87	0.90	0.94	1.03	1.23
1.20	0.64	0.45	0.50	0.58	0.66	0.72	0.77	0.84	0.87	0.91	1.00	1.20
1.17	0.65	0.42	0.47	0.55	0.63	0.68	0.74	0.81	0.84	0.88	0.97	1.17
1.14	0.66	0.39	0.44	0.52	0.60	0.65	0.71	0.78	0.81	0.85	0.94	1.14
1.11	0.67	0.36	0.41	0.49	0.57	0.62	0.68	0.75	0.78	0.82	0.90	1.11
1.08	0.68	0.33	0.38	0.46	0.54	0.59	0.65	0.72	0.75	0.79	0.88	1.08
1.05	0.69	0.30	0.35	0.43	0.51	0.56	0.62	0.69	0.72	0.76	0.85	1.05
1.02	0.70	0.27	0.32	0.40	0.48	0.54	0.59	0.66	0.69	0.73	0.82	1.02
0.99	0.71	0.24	0.29	0.37	0.45	0.51	0.57	0.63	0.66	0.70	0.79	0.99
0.96	0.72	0.21	0.27	0.34	0.42	0.48	0.54	0.60	0.64	0.67	0.76	0.96
0.94	0.73	0.19	0.24	0.32	0.40	0.45	0.51	0.57	0.51	0.64	0.73	0.94
0.91	0.74	0.16	0.21	0.29	0.37	0.42	0.48	0.55	0.58	0.62	0.71	0.91
0.88	0.75	0.13	0.18	0.26	0.34	0.40	0.46	0.52	0.55	0.59	0.68	0.88
0.86	0.76	0.11	0.16	0.24	0.32	0.37	0.43	0.49	0.53	0.56	0.65	0.86
0.83	0.77	0.08	0.13	0.21	0.29	0.34	0.40	0.47	0.50	0.54	0.63	0.83
0.80	0.78	0.05	0.10	0.18	0.26	0.32	0.38	0.44	0.47	0.51	0.60	0.80
0.78	0.79	0.03	0.08	0.16	0.24	0.29	0.35	0.41	0.45	0.48	0.57	0.78
0.75	0.80		0.05	0.13	0.21	0.27	0.32	0.39	0.42	0.46	0.55	0.75
0.72	0.81		0.03	0.10	0.18	0.24	0.30	0.36	0.40	0.43	0.52	0.72
0.70	0.82			0.08	0.16	0.21	0.27	0.34	0.37	0.41	0.49	0.70
0.67	0.83			0.05	0.13	0.19	0.25	0.31	0.34	0.38	0.47	0.67
0.65	0.84			0.03	0.11	0.16	0.22	0.28	0.32	0.35	0.44	0.65
0.62	0.85				0.08	0.14	0.19	0.26	0.29	0.33	0.42	0.62
0.59	0.86				0.05	0.11	0.17	0.23	0.26	0.30	0.39	0.59
0.57	0.87				0.03	0.08	0.14	0.20	0.24	0.28	0.36	0.57
0.54	0.88					0.06	0.11	0.18	0.21	0.25	0.34	0.54
0.51	0.89					0.03	0.09	0.15	0.18	0.22	0.31	0.51
0.48	0.90						0.06	0.12	0.16	0.19	0.28	0.48
0.46	0.91						0.03	0.09	0.13	0.16	0.25	0.46
0.43	0.92							0.06	0.10	0.13	0.22	0.43
0.40	0.93							0.03	0.07	0.10	0.19	0.40
0.36	0.94								0.03	0.07	0.16	0.36
0.33	0.95									0.04	0.13	0.33
0.29	0.96										0.09	0.29
0.25	0.97										0.05	0.25

ويمكن أيضا إستخدام المعادلة التالية

kVAR = √ (kVA2 - kW2)

here:

kW = Active Power = P = V x I x Cosθ

kVAR = Reactive Power = Q = V x I x Sinθ

kVA = Apparent Power = S = V x I

2-طريقة الجداول

نقوم بإختيار قيمة K فى الجدول التالى الواقعة بين

Existing Power Factor

Desired Power Factor

ثم نقوم بضربها فى قيمة Active Power

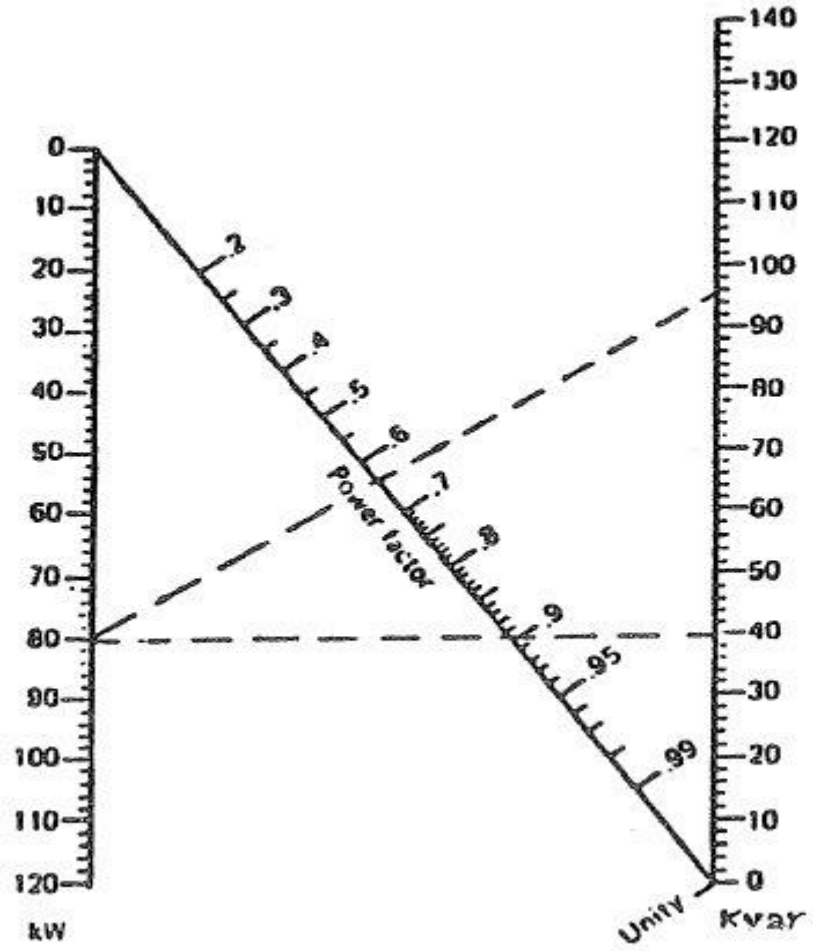
Original Power Factor	Corrected Power Factor																				
	0.8	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.0
0.50	0.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481	1.529	1.589	1.732
0.51	0.937	0.962	0.989	1.015	1.041	1.067	1.094	1.120	1.147	1.175	1.203	1.231	1.261	1.292	1.324	1.358	1.395	1.436	1.484	1.544	1.687
0.52	0.893	0.919	0.945	0.971	0.997	1.023	1.050	1.076	1.103	1.131	1.159	1.187	1.217	1.248	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1.643
0.53	0.850	0.876	0.902	0.928	0.954	0.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.349	1.397	1.457	1.600
0.54	0.809	0.835	0.861	0.887	0.913	0.939	0.966	0.992	1.019	1.047	1.075	1.103	1.133	1.164	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416	1.559
0.55	0.769	0.795	0.821	0.847	0.873	0.899	0.926	0.952	0.979	1.007	1.035	1.063	1.093	1.124	1.156	1.190	1.227	1.268	1.316	1.376	1.519
0.56	0.730	0.756	0.782	0.808	0.834	0.860	0.887	0.913	0.940	0.968	0.996	1.024	1.054	1.085	1.117	1.151	1.188	1.229	1.277	1.337	1.480
0.57	0.692	0.718	0.744	0.770	0.796	0.822	0.849	0.875	0.902	0.930	0.958	0.986	1.016	1.047	1.079	1.113	1.150	1.191	1.239	1.299	1.442
0.58	0.655	0.681	0.707	0.733	0.759	0.785	0.812	0.838	0.865	0.893	0.921	0.949	0.979	1.010	1.042	1.076	1.113	1.154	1.202	1.262	1.405
0.59	0.619	0.645	0.671	0.697	0.723	0.749	0.776	0.802	0.829	0.857	0.885	0.913	0.943	0.974	1.006	1.040	1.077	1.118	1.166	1.226	1.369
0.60	0.583	0.609	0.635	0.661	0.687	0.713	0.740	0.766	0.793	0.821	0.849	0.877	0.907	0.938	0.970	1.004	1.041	1.082	1.130	1.190	1.333
0.61	0.549	0.575	0.601	0.627	0.653	0.679	0.706	0.732	0.759	0.787	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.156	1.299
0.62	0.516	0.542	0.568	0.594	0.620	0.646	0.673	0.699	0.726	0.754	0.782	0.810	0.840	0.871	0.903	0.937	0.974	1.015	1.063	1.123	1.266
0.63	0.483	0.509	0.535	0.561	0.587	0.613	0.640	0.666	0.693	0.721	0.749	0.777	0.807	0.838	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233
0.64	0.451	0.474	0.503	0.529	0.555	0.581	0.608	0.634	0.661	0.689	0.717	0.745	0.775	0.806	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.068	1.201
0.65	0.419	0.445	0.471	0.497	0.523	0.549	0.576	0.602	0.629	0.657	0.685	0.713	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.918	0.966	1.026	1.169
0.66	0.388	0.414	0.440	0.466	0.492	0.518	0.545	0.571	0.598	0.626	0.654	0.682	0.712	0.743	0.775	0.809	0.846	0.887	0.935	0.995	1.138
0.67	0.358	0.384	0.410	0.436	0.462	0.488	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.965	1.108
0.68	0.328	0.354	0.380	0.406	0.432	0.458	0.485	0.511	0.538	0.566	0.594	0.622	0.652	0.683	0.715	0.749	0.786	0.827	0.875	0.935	1.078
0.69	0.299	0.325	0.351	0.377	0.403	0.429	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.906	1.049
0.70	0.270	0.296	0.322	0.348	0.374	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.564	0.594	0.625	0.657	0.691	0.728	0.769	0.817	0.877	1.020
0.71	0.242	0.268	0.294	0.320	0.346	0.372	0.399	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992
0.72	0.214	0.24.0	0.266	0.292	0.318	0.344	0.371	0.397	0.424	0.452	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964
0.73	0.186	0.212	0.238	0.264	0.290	0.316	0.343	0.369	0.396	0.424	0.452	0.480	0.510	0.541	0.573	0.607	0.644	0.685	0.733	0.793	0.936
0.74	0.159	0.185	0.211	0.237	0.263	0.289	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909
0.75	0.132	0.158	0.184	0.210	0.236	0.262	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882
0.76	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.399	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.604	0.652	0.712	0.855
0.77	0.079	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.236	0.262	0.289	0.317	0.345	0.373	0.403	0.434	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.685	0.829
0.78	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.182	0.209	0.235	0.262	0.290	0.318	0.346	0.376	0.407	0.439	0.473	0.510	0.551	0.599	0.659	0.802
0.79	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.633	0.776
0.80	0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.609	0.750
0.81		0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724
0.82			0.000	0.026	0.052	0.078	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.555	0.698
0.83				0.000	0.026	0.052	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.529	0.672
0.84					0.000	0.026	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646
0.85						0.000	0.027	0.053	0.080	0.108	0.136	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620
0.86							0.000	0.026	0.053	0.081	0.109	0.137	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	0.342	0.390	0.450	0.593
0.87								0.000	0.027	0.055	0.083	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567
0.88									0.000	0.028	0.056	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540
0.89										0.000	0.028	0.056	0.086	0.117	0.149	0.183	0.220	0.261	0.309	0.369	0.512
0.90											0.000	0.028	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.233	0.281	0.341	0.484
0.91												0.000	0.030	0.061	0.093	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0.456
0.92													0.000	0.031	0.063	0.097	0.134	0.175	0.223	0.283	0.426
0.93														0.000	0.032	0.066	0.103	0.144	0.192	0.252	0.395
0.94															0.000	0.034	0.071	0.112	0.160	0.220	0.363
0.95																0.000	0.037	0.079	0.126	0.186	0.329
0.96																	0.000	0.041	0.089	0.149	0.292
0.97																		0.000	0.048	0.108	0.251
0.98																			0.000	0.060	0.203
0.99																				0.000	0.143

3-طريقة Nomograph

أولاً :-يتم عمل خط من قيمة الحمل KW إلى cosϕ القديم ثم إلى خط KVAR سيعطي قيمة KVAR الأولية.

ثم يتم عمل خط من قيمة الحمل KW إلى cosϕ المطلوب ثم إلى خط KVAR سيعطي قيمة KVAR النهائية.

أخيرًا ، قم بطرح (قيمة KVAR النهائية - قيمة KVAR الأولية) سيكون هذا هو التصنيف المطلوب لـ Capacitor KVAR.

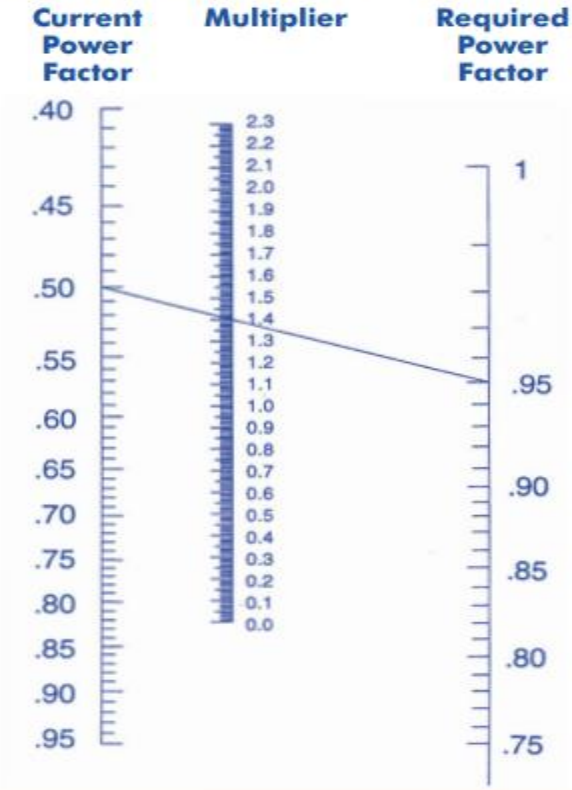


ويمكن أيضا إستخدام Nomograph لحساب قيمة K Factor

Power Factor Correction Chart

NOMOGRAM

THE QUICK AND EASY WAY TO DETERMINE REQUIRED CAPACITANCE (kVAr)



EXAMPLE:	
(A) Current Active Load	320 kW
(B) Current Power Factor	0.50
(C) Required Power Factor	0.95
(D) Multiplier (from Nomogram)	1.40
Required Capacitance = (A) x (D)	320 x 1.40 = 448 kVAr

مكونات Power Factor Correction

تتكون لوحة تصحيح عامل القدرة (لوحة PFC) أساسًا من المكونات الرئيسية التالية:

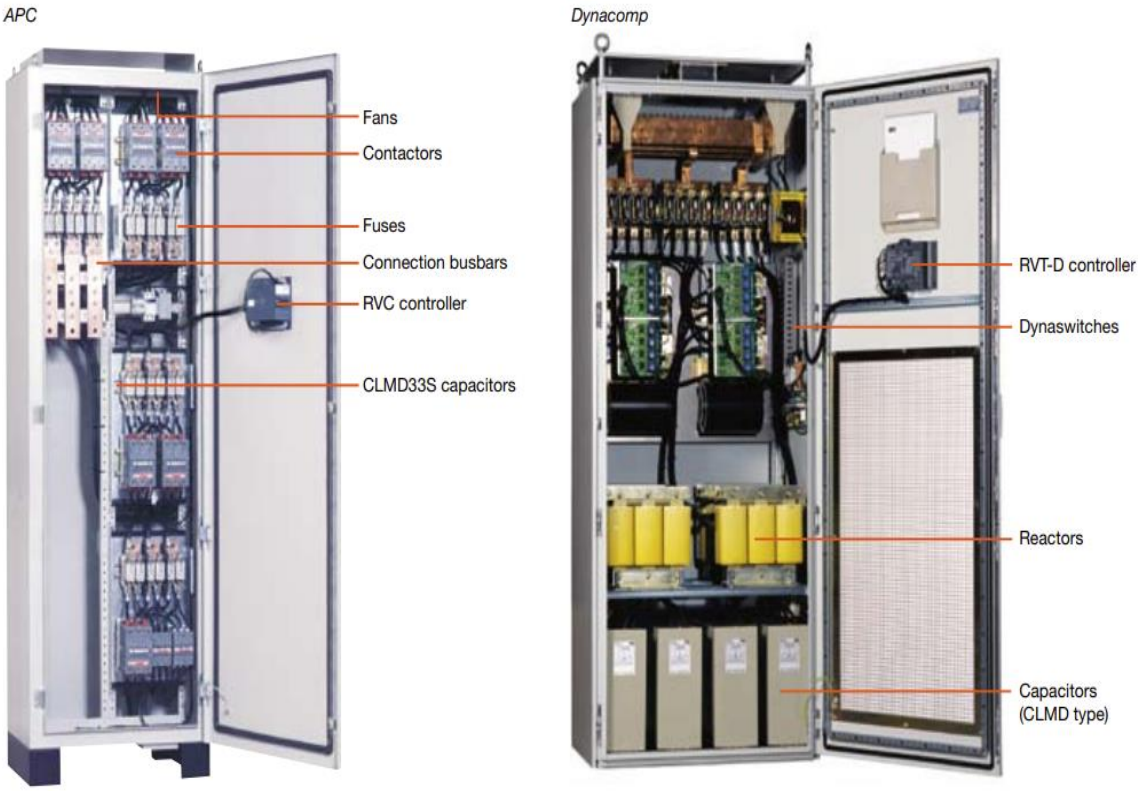
1-جهاز حماية

2-جهاز تبديل (قواطع)

3-مكثفات متصلة بشكل مناسب

4-مقاومات لتفريغ المكثف.

5-يتم استخدام وحدة تحكم PF في حالة وجود نظام تعويض أوتوماتيكي PF لأمر بتبديل / إيقاف تشغيل المكثفات.



حسابات سعة المكثف (Capacitor)بالKVAR

يمكن استخدام الصيغ التالية لحساب بنك المكثف المطلوب بالكيلو فولت أمبير لتحسين عامل القدرة.

- **kVAR = C x 2πx *f* x V^2 x 10^{-9} ... in kVAR**

Where:

kVAR = Required volt-ampere-reactive in kilo.

C = Capacitance value of capacitor in µF

f = frequency in Hertz "Hz"

V = Voltage in volts

حسابات سعة المكثف (Capacitor)بالFarads & Microfarads

Convert Capacitor kVAR in Farads & Microfarads

- C = kVAR x 103 / 2π x f x V2 ... in Farad
- C = 159.155 x Q in kVAR / f x V2 ... in Farad
- C = kVAR x 109 / (2π x f x V2) ... in Microfarad
- C = 159.155 x 106 x Q in kVAR / f x V2 ... in Microfarad

C = Capacitance value of capacitor in µF

kVAR = Required volt-ampere-reactive in kilo.

f = frequency in Hz

V = Voltage in volts

حساب سعة القاطع لPFC حسب الأكواد المختلفة

يمكن استخدام MCCB أو ACB كمفاتيح داخلية اعتمادًا على التصنيف الحالي لجهاز APFC

1-حسب الإستاندر IEC 60831-1 and 60931-1

Standards IEC 60831-1 and IEC 60931-1 state that:

- the capacitors shall normally function with an effective current value up to 130% of their rated current Irc (due to the possible presence of voltage harmonics in the network);
- a tolerance of 10% on the capacitance for banks up to 100 kvar and of 5% for banks exceeding 100 kvar is admited.

The maximum current which can be absorbed by the capacitor bank Icmax is:

$$Q_c \leq 100 \text{ kvar} \longrightarrow I_{cmax} = 1.3 \cdot 1.1 \cdot \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 1.43 \cdot I_{cn}$$

$$Q_c > 100 \text{ kvar} \longrightarrow I_{cmax} = 1.3 \cdot 1.05 \cdot \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 1.365 \cdot I_{cn}$$

Therefore:

- the rated current of the circuit-breaker shall be greater than 1.5·Irc;
- the overload protection setting shall be equal to 1.5·Irc.

●Factor of 1.5 for over loads

= (1.3 x 1.15 = 1.495) ~ 1.5 where

Therefore, the safety factor of (1.5 x In) is used for selecting all

Switchgear (Guide for the Design and Production of LV Power Factor Correction Schneider Electric2018 page 41)

Magnetic setting of a Circuit breaker Im= 10x In

1.5 In for EasyCan/VarPlus Capacitors

● 1.31×In for EasyCan/VarPlus with 5.6% Detuned Reactor

(Tuning Factor 4.3)

● 1.19×In for EasyCan/VarPlus with 7% Detuned Reactor

(Tuning Factor 3.8)

● 1.12×In for EasyCan/VarPlus with 14% Detuned Reactor

(Tuning Factor 2.7)

المثال التالى من المرجع السابق صفحة 46

150kvar/400v – 50Hz Capacitor

US = 400V; QS = 150kvar

UN = 400V; QN = 150kvar

IS = 150000/(400√3) = 216A

Circuit Breaker Rating = 216 x 1.5 = 324A

Select a 400A Circuit Breaker.

Circuit Breaker thermal setting = 216 x 1.5 = 324

Conclusion: - Select a Circuit Breaker of 400A with

Thermal Setting at 324A and

Magnetic Setting (Short Circuit) at 3240A

2-حسب الكود الأمريكى NEC-Section 460.8(c)(3)

يتم حساب Overcurrent Protection **حسب التالى**

Switching/protection device	Rating
Fused and unfused switches	165%
Molded-case breaker or equivalent	150%
Power circuit breakers	135%
Insulated case circuit breakers	135%
Contactors	150%

حساب سعة الفيوزHRC لPFC حسب الأكواد المختلفة

يتم حساب قيمة الفيوزHRC حسب التالى:-

1.6 x In for standard compensation

1.6 x In for overrated compensation

حساب سعة الكابل المغذى لPFC

يتم حساب الكابل من العلاقة التالية وهى

Cables size= 1.3 x1.1 x nominal capacitor Current

والجداول التالية يوجد القواطع والفيوز والكابلات لPFC

Selection table			
Power KVAr	Current A	Cross section mm^2	Fuse rating A
Rated voltage 230 V, 50 Hz			
2.5	6.3	1.5	10
5.0	12.6	4.0	25
7.5	18.8	6.0	35
10.0	25.1	10.0	50
12.5	31.4	16.0	50
15.0	37.7	16.0	63
20.0	50.2	25.0	80
25.0	62.8	35.0	100
30.0	75.8	50.0	125
40.0	100.4	70.0	160
50.0	125.5	95.0	200
75.0	188.3	185.0	315
100.0	251.0	2 x 120.0	400
125.0	-	-	-
150.0	-	-	-
175.0	-	-	-
200.0	-	-	-
Rated voltage 400 V, 50 Hz			
2.5	3.6	1.5	10
5.0	7.2	2.5	16
7.5	10.8	2.5	16
10.0	14.4	4.0	25
12.5	18.0	6.0	35
15.0	28.8	10.0	50
25.0	36.0	16.0	63
30.0	43.2	25.0	80
40.0	57.6	35.0	100
50.0	72.0	50.0	125
75.0	108.3	70.0	160
100.0	144.3	120.0	250
125.0	180.3	185.0	315
150.0	216.5	2 x 95.0	350
175.0	252.6	2 x 95.0	400
200.0	288.0	2 x 120.0	500
Rated voltage 440 V, 50 Hz			
2.5	3.3	1.5	10
5.0	6.6	2.5	16
7.5	10.0	2.5	16
10.0	13.2	4.0	25
12.5	16.8	4.0	25
15.0	19.8	6.0	35
20.0	26.4	10.0	50
25.0	33.0	16.0	63
30.0	39.6	25.0	80
40.0	52.8	35.0	100
50.0	66.0	50.0	125
75.0	99.0	70.0	160
100.0	132.0	95.0	200
125.0	165.0	185.0	315
150.0	198.0	2 x 95.0	350
175.0	231.0	2 x 95.0	400
200.0	264.0	2 x 120.0	500

Selection table			
Power KVAr	Current A	Cross section mm²	Fuse rating A
Rated voltage 480 V, 50 Hz			
2.5	3.0	1.5	10
5.0	6.0	2.5	16
7.5	9.0	2.5	16
10.0	12.0	4.0	25
12.5	18.0	6.0	35
15.0	21.0	6.0	35
20.0	24.0	10.0	50
25.0	30.0	10.0	50
30.0	36.0	16.0	63
40.0	48.0	25.0	80
50.0	60.0	35.0	100
75.0	90.0	70.0	160
100.0	120.0	95.0	200
125.0	150.0	120.0	250
150.0	180.0	185.0	315
175.0	210.0	2 x 95.0	350
200.0	240.0	2 x 95.0	400
Rated voltage 525 V, 50 Hz			
2.5	2.7	1.5	10
5.0	5.5	1.5	10
7.5	6.9	2.5	16
10.0	11.0	2.5	16
12.5	13.7	4.0	25
15.0	16.5	4.0	25
20.0	22.0	6.0	35
25.0	27.5	10.0	50
30.0	33.0	16.0	63
40.0	44.0	25.0	80
50.0	55.0	35.0	100
75.0	82.5	70.0	160
100.0	110.0	95.0	200
125.0	137.5	95.0	200
150.0	165.0	185.0	300
175.0	193.0	2 x 95.0	350
200.0	220.0	2 x 95.0	350
Rated voltage 690 V, 50 Hz			
2.5	2.1	1.5	10
5.0	4.2	1.5	10
7.5	6.3	1.5	10
10.0	8.4	2.5	16
12.5	10.5	2.5	16
15.0	12.6	4.0	25
20.0	16.7	4.0	25
25.0	20.9	6.0	35
30.0	25.1	10.0	50
40.0	33.5	16.0	63
50.0	41.8	25.0	80
75.0	62.8	50.0	125
100.0	83.7	70.0	160
125.0	105.0	70.0	160
150.0	126.0	95.0	200
175.0	146.0	120.0	250
200.0	167.0	128.5	315

Recommended size of cables and lugs for contactors and switchgear connection

kvar rating	Cable Size in mm2						Lug Size
	230V/240V		400 ≥ V 575		≥ 575V		
	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	
5	-	2.5	-	2.5	10	6	M5/M6/M8 Pin type, fork type or ring type based on the terminal of the components
7.5	10	6	-	4	10	6	
10	10	6	10	6	10	6	
12.5			10	6	10	6	
15			10	6	10	6	
20			10	6	10	6	
25			16	10	10	6	
30			16	10	10	6	
40			-	16	16	10	M5/M6/M8 fork type or Ring based
50			-	25	16	10	
57.1			-	35			
68			-	35			

**The above details/specifications will vary from manufacture to manufacture. Calculations are based on standard operating conditions.

Table A.1
Coordination type 2 circuit breaker-contactor for the switching of capacitor banks at 400 V, 50 kA

Q_c [kvar]	I_{cn} [A]	I_{cmax} [A]	MCCB Tmax	I_n [A]	Contactor
10	14	21	**XTS160 TMD 25**	25	**A30**
15	22	31	**XT2S160 TMA 40**	40	**A/AF50**
20	29	41	**XT2S160 TMA 50**	50	**A/AF50**
30	43	62	**XT2S160 TMA 80**	80	**A/AF63**
40	58	83	**XT2S160 TMA 100**	100	**A/AF63**
50	72	103	**XT2S160 TMA 125**	125	**A/AF95**
60	87	124	**XT2S160 TMA 160**	160	**A/AF95**
70	101	144	**XT2S160 TMA 160**	160	**A/AF110**
80	115	165	**XT3S250 TMD 200**	200	**A/AF145**
90	130	186	**XT3S250 TMD 200**	200	**A/AF145**
110	159	217	**XT3S250 TMD 250**	250	**A/AF185**
130	188	256	**T4S320 PR221LS/I In=320**	320	**A/AF210**
150	217	296	**T4S320 PR221LS/I In=320**	320	**A/AF260**
180	260	355	**T5S400 PR221LS/I In=400**	400	**AF400**
200	289	394	**T5S400 PR221LS/I In=400**	400	**AF400**
250	361	493	**T6S630 PR221LS/I In=630**	630	**AF580**
280	404	552	**T6S630 PR221LS/I In=630**	630	**AF580**
300	433	591	**T6S630 PR221LS/I In=630**	630	**AF750**
350	505	690	**T6S800 PR221LS/I In=800**	800	**AF750**
400	577	788	**T6S800 PR221LS/I In=800**	800	**AF750**
500	722	985	**T7S1000 PR232LSI In=1000**	1000	**AF1650**

Table A.2
Coordination type 2 circuit breaker-contactor for the switching of capacitor banks at 440 V, 50 kA

Q_c [kvar]	I_{cn} [A]	I_{cmax} [A]	MCCB Tmax	I_n [A]	Contactor
10	13	19	**XT2S160 TMD 25**	25	**A/AF50**
15	20	28	**XT2S160 TMD 32**	32	**A/AF50**
20	26	38	**XT2S160 TMA 40**	40	**A/AF50**
30	39	56	**XT2S160 TMA 63**	63	**A/AF50**
40	52	75	**XT2S160 TMA 100**	100	**A/AF95**
50	66	94	**XT2S160 TMA 125**	125	**A/AF95**
60	79	113	**XT2S160 TMA 125**	125	**A/AF95**
70	92	131	**XT2S160 TMA 160**	160	**A/AF110**
80	105	150	**XT2S160 TMA 160**	160	**A/AF145**
90	118	169	**XT4S250 EkipLS/I In=250**	250	**A/AF145**
110	144	197	**XT4S250 EkipLS/I In=250**	250	**A/AF185**
130	171	233	**XT4S250 EkipLS/I In=250**	250	**A/AF210**
150	197	269	**T4H320 PR221LS/I In=320**	320	**A/AF260**
180	236	322	**T5H400 PR221LS/I In=400**	400	**A/AF300**
200	262	358	**T5H400 PR221LS/I In=400**	400	**AF400**
250	328	448	**T6H630 PR221LS/I In=630**	630	**AF460**
280	367	502	**T6H630 PR221LS/I In=630**	630	**AF580**
300	394	537	**T6H630 PR221LS/I In=630**	630	**AF580**
350	459	627	**T6H800 PR221LS/I In=800**	800	**AF750**
400	525	716	**T6H800 PR221LS/I In=800**	800	**AF750**
500	656	896	**T7S1000 PR232LSI In=1000**	1000	**AF1650**

Table A.3
Coordination type 2 circuit breaker-contactor for the switching of capacitor banks at 500 V, 50 kA

Q_c [kvar]	I_{cn} [A]	I_{cmax} [A]	MCCB Tmax	I_n [A]	Contactor
10	12	17	XT2H160 TMD 20	20	A/AF50
15	17	25	XT2H160 TMD 32	32	A/AF50
20	23	33	XT2H160 TMA 40	40	A/AF50
30	35	50	XT2H160 TMA 63	63	A/AF63
40	46	66	XT2H160 TMA 80	80	A/AF75
50	58	83	XT2H160 TMA 100	100	A/AF95
60	69	99	XT2H160 TMA 125	125	A/AF95
70	81	116	XT2H160 TMA 125	125	A/AF95
80	92	132	XT2H160 TMA 160	160	A/AF110
90	104	149	XT2H160 TMA 160	160	A/AF145
110	127	173	XT4H250 EkipLS/I In=250	250	A/AF145
130	150	205	XT4H250 EkipLS/I In=250	250	A/AF185
150	173	236	XT4H250 EkipLS/I In=250	250	A/AF210
180	208	284	T4H320 PR221LS/I In=320	320	A/AF260
200	231	315	T5H400 PR221LS/I In=400	400	A/AF300
250	289	394	T5H400 PR221LS/I In=400	400	AF400
280	323	441	T6H630 PR221LS/I In=630	630	AF460
300	346	473	T6H630 PR221LS/I In=630	630	AF460
350	404	552	T6H630 PR221LS/I In=630	630	AF580
400	462	630	T6H800 PR221LS/I In=800	800	AF750
500	577	788	T6H800 PR221LS/I In=800	800	AF1350
600	693	946	T7H1000 PR232LSI In=1000	1000	AF1650

Table A.4
Coordination type 2 circuit breaker-contactor for the switching of capacitor banks at 690 V, 10 kA

Q_c [kvar]	I_{cn} [A]	I_{cmax} [A]	MCCB Tmax	I_n [A]	Contactor
10	8	12	XT2N160 TMD 16	16	A/AF50
15	13	18	XT2N160 TMD 20	20	A/AF50
20	17	24	XT2N160 TMD 25	25	A/AF50
30	25	36	XT2N160 TMA 40	40	A/AF50
40	33	48	XT2N160 TMA 50	50	A/AF63
50	42	60	XT2N160 TMA 63	63	A/AF63
60	50	72	XT2N160 TMA 80	80	A/AF75
70	59	84	XT2N160 TMA 100	100	A/AF95
80	67	96	XT2N160 TMA 100	100	A/AF95
90	75	108	XT2N160 TMA 125	125	A/AF110
110	92	126	XT2N160 TMA 160	160	A/AF145
130	109	148	XT2N160 TMA 160	160	A/AF185
150	126	171	XT4N250 EkipLS/I In=250	250	A/AF210
180	151	206	XT4N250 EkipLS/I In=250	250	A/AF260
200	167	228	XT4N250 EkipLS/I In=250	250	A/AF260
250	209	286	T4N320 PR221LS/I In=320	320	AF400
280	234	320	T5N400 PR221LS/I In=400	400	AF400
300	251	343	T5N400 PR221LS/I In=400	400	AF400
350	293	400	T6N630 PR221LS/I In=630	630	AF460
400	335	457	T6N630 PR221LS/I In=630	630	AF580
500	418	571	T6N630 PR221LS/I In=630	630	AF750
600	502	685	T6N800 PR221LS/I In=800	800	AF1350
700	586	800	T7S1000 PR232LSI In=1000	1000	AF1650
800	669	914	T7S1000 PR232LSI In=1000	1000	AF1650

Recommended Enclosure sizes

The following table gives the examples for the panel dimensions for better Ventilation

kvar rating	Total no. of steps	Panel dimension (H x L x W)mm	
		With reactor	Without reactor
100	4	1800 x 800 x 800	1800 x 800 x 600
150	6	1800 x 800 x 800	1800 x 800 x 600
200	6	1800 x 800 x 800	1800 x 800 x 600
250	7	2000 x 800 x 800	2000 x 800 x 600
300	8	2000 x 800 x 800	2000 x 800 x 600
350	8	2000 x 800 x 800	2000 x 800 x 600
400	8	2000 x 800 x 800	2000 x 800 x 800

حساب عدد مراحل أو Steps لمعامل تصحيح القدرة PFC

يوجد نوعين من ال Steps وهى

1- Physical Steps

تمثل وحدات المكثف المادية / الحقيقية التي تراها داخل لوحة PFCC حيث يساوي مجموع KVAR إجمالي KVARالمطلوب لتصحيح عامل الطاقة ويتم تعطل كل خطوة فيزيائية على حدة بواسطة موصل.

2- Electrical Steps

تمثل طاقة KVAR التي تراها التركيبات الكهربائية وفقًا للخطوات المادية المتصلة KVAR في كل مرة ، لذلك يختلف إجمالي KVAR وفقًا لتغيرات الحمل للتركيب وكميتها

من خلال تحسين تسلسل Steps يمكن للمستخدم تقليل مايلى:-

- The number of power factor correction modules
- workmanship for panel assembly

وبالتالى سوف يكون هناك توفير فى الميزانية

كيفية حساب عدد المراحل سواء لElectrical &Physical

يعتمد عدد الخطوات الكهربائية على:

1-The number of PF controller outputs used.

2-The chosen step combinations.

Combinations	Number of controller outputs used											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.1.1.1.1.1...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.1.2.2.2.2...	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
1.2.2.2.2.2...	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
1.1.2.3.3.3...	1	2	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31
1.2.3.3.3.3...	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33
1.1.2.4.4.4...	1	2	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
1.2.3.4.4.4...	1	3	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42
1.2.4.4.4.4...	1	3	7	11	15	19	23	27	31	35	39	43
1.2.3.6.6.6...	1	3	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1.2.4.8.8.8...	1	3	7	15	23	31	39	47	55	63	71	79

Capacitor step kvar	Switching steps								
(a) Arithmetic sequence 1 : 1 : 1 : 1 : ...	0	1	2	3	4	5	6	7	
10		■	■	■	■	■	■	■	
10			■	■	■	■	■	■	
10				■	■	■	■	■	
10					■	■	■	■	
10						■	■	■	
10							■	■	
10								■	
Power of capacitor step:	0	10	20	30	40	50	60	70	kvar
(b) Mixed sequence 1 : 2 : 2 : 2 : ...	0	1	2	3	4	5	6	7	
10		■		■		■		■	
20			■	■	■	■	■	■	
20					■	■	■	■	
20							■	■	
Power of capacitor step:	0	10	20	30	40	50	60	70	kvar
(c) Geometric sequence 1 : 2 : 4 : 8 : ...	0	1	2	3	4	5	6	7	
10		■		■		■		■	
20			■	■			■	■	
40					■	■	■	■	
Power of capacitor step:	0	10	20	30	40	50	60	70	kvar
Capacitor step	□ switched off ■ switched in								

[30]

مثال :- يوجد PFC بقيمة KVAR 250

قم بحساب عدد الSteps ومقارنة لتأثير الSteps

أولا:– : Electrical control 10 x 25 kvar

25 + 25 + 25 + 25 + 25 + 25 + 25 + 25 + 25 + 25

عندما يكون التسلسل1.1.1.1.1.1.1

10 physical steps

10 contactors – Refer Contactor Selection

12-step controller

Capacitors– 10 x 25kvar

من السابق يتضح لنا

تكلفة عالية وعمالة ومواد كثيرة وحل غير مستحسن إذا ننتقل إلى زيادة عدد Electrical Steps كالتالى

عندما يكون Electrical Control**كالتالى:–**

25 + 50 + 75 +100 = 10 x 25 kvar electrical.

يكون التسلسل1.2.3.4:4

4 physical steps allowing for 10 different power levels

4 contactors (refer contactor selection)

6-step controller

Capacitors - 2 x 25kvar + 2 x 50kvar + 1 x 100kvar

من السابق يتضح لنا الميزات للمراحل أو Stages **لتحسين معامل القدرة**

والجدول التالى يظهر ال Physical Steps المطلوبة ل PFC

Possible power levels (kvar)	Physical Steps			
	25	50	75	100
25	•			
50		•		
75			•	
100				•
125	•			•
150		•		•
175			•	•
200	•		•	•
225		•	•	•
250	•	•	•	•

أمثلة عن معامل القدرة وطرق حسابها المختلفة

مثال رقم 1:-

يشير القياس في لوحة التوزيع الرئيسية للصناعة التحويلية إلى 1000 KVA **و** 800 KW.**تحديد نظام** KVAR **و** PF **للمنشأة**.

حدد أيضًا KVAR **المطلوب لتحقيق معامل القدرة** 0.95 **مع توفير نفس الطاقة الإنتاجية** 800 KW**؟**

الحل

Measured KVA = 1000

Measured KW = 800

a. System KVAR and PF of the facility

$$\textbf{kVAR} = \sqrt{kVA^2 - KW^2} = \sqrt{1000^2 - 800^2} = \textbf{600kVAR}$$

$$\textbf{P.F.} = \frac{KW}{kVA} = \frac{800}{1000} = \textbf{.80 or 80\% P.F.}$$

b. System KVAR after power factor correction to .95

System KVA after correction

$$\textbf{kVA} = \frac{KW}{PF} = \frac{800}{.95} = \textbf{843}$$

System KVAR after correction

$$\textbf{kVAR} = \sqrt{kVA^2 - KW^2} = \sqrt{843^2 - 800^2} = \textbf{265kVAR}$$

c. Power capacitor KVAR rating

Power Capacitor KVAR = KVAR (uncorrected) – KVAR (corrected)

مثال رقم 2

كم عدد KVAR **اللازمة لتصحيح عامل قدرة موجود من** 62٪ **إلى** 95٪ **لمحرك ثلاثي الأطوار يعمل عند** 480 **فولت و** 62 **أمبير؟**

الحل

1. Actual power:

KW = 480 x 62 x 0.62 x 1.732/1000 = ~ 32 KW

2. The leading reactive power KVAR necessary to raise the power factor to 95% is

found by multiplying 32 KW by the factor found from the correction table for

capacitor selection (refer above), which is 0.937.

32 KW x 0.937 = 29.98 KVAR

Use 30 KVAR

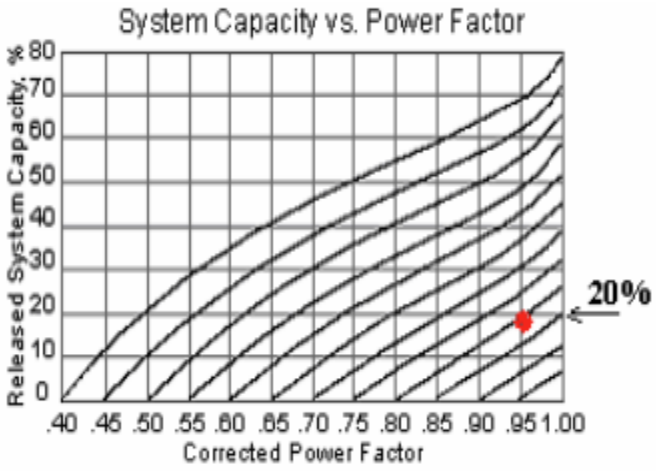
مثال رقم 3

يعمل النظام الكهربائي للمنشأة بالخصائص التالية KVA = 1000 : ، KW = 800 ، KVAR = 600 ، PF = 0.80 **حدد مقدار السعة الاحتياطية التي يمكن تحريرها عن طريق تحسين معامل القدرة إلى** 0.95.

الحل

يمكن للنظام غير المصحح أن يدعم فقط 800 **كيلوواط من الطاقة الإنتاجية عند** PF 0.80

يوضح الشكل التالي العلاقة بين سعة النظام وعامل القدرة. من الشكل يمكن أن يرى أن تحسين عامل القدرة من 0.8 **إلى** 0.95 **سوف يوفر حوالي** 20٪ **من سعة النظام.**



تحسين معامل القدرة قادر الآن على دعم 960 كيلوواط من الطاقة الإنتاجية.

تمت زيادة قدرة النظام بمقدار 160 كيلو وات

مثال رقم 4

افترض الخسائر على مستوى نظام المنشأة = 5٪ مع عامل قدرة حالي يبلغ 0.80

قم بتقدير الانخفاض في losses عند إجراء تصحيح عامل القدرة عند نقاط التحميل للوحدة.

الحل

An estimate of reduction of power losses can be made using the following equation:

$$\% \text{ Reduction of Power Losses} = 100 - 100\left(\frac{\text{Original Power Factor}}{\text{Improved Power Factor}}\right)^2$$

Or $100 - 100(.80 / 1.0)^2$

$= 100 - 100(.64) = 36\%$

The original facility system losses of 5% are reduced by 5 x 36 /100 = 1.8%

As a result the monthly KWH billing is reduced by 1.8%; an additional saving.

مثال شامل :- يوجد موتور الحمل له 18.5 **كيلو واط والجهد له** 415 **فولت والكفاءة له** 90٪ **وقيمة** PF=0.82 **احسب سعة** Capacitor Bank **وكانت قيمة** New PF=0.98

الحل

أولا:- حساب الحمل الكلى

Total Load KW =Kw / Efficiency= (18.5×2) / 90%=41.1 KW

ثانيا :- حساب قيمة KVAR

الطريقة الأولى :- استخدام جداول Capacitor Bank

سوف نختار من الجدول القيمة الواقعه بين Old &New power factor **سوف تكون القيمة** 0.489

KVAR= Select Value X total connect load

KVAR= 0.489 X 41.1KW=20 KVAR.

Original Power Factor	Corrected Power Factor																					
	0.8	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.0
0.50	0.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.481	1.529	1.589	1.732
0.51	0.937	0.962	0.989	1.015	1.041	1.067	1.094	1.120	1.147	1.175	1.203	1.231	1.261	1.292	1.324	1.358	1.395	1.436	1.484	1.544	1.687
0.52	0.893	0.919	0.945	0.971	0.997	1.023	1.050	1.076	1.103	1.131	1.159	1.187	1.217	1.248	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1.643
0.53	0.850	0.876	0.902	0.928	0.954	0.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.349	1.397	1.457	1.600
0.54	0.809	0.835	0.861	0.887	0.913	0.939	0.966	0.992	1.019	1.047	1.075	1.103	1.133	1.164	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416	1.559
0.55	0.769	0.795	0.821	0.847	0.873	0.899	0.926	0.952	0.979	1.007	1.035	1.063	1.093	1.124	1.156	1.190	1.227	1.268	1.316	1.376	1.519
0.56	0.730	0.756	0.782	0.808	0.834	0.860	0.887	0.913	0.940	0.968	0.996	1.024	1.054	1.085	1.117	1.151	1.188	1.229	1.277	1.337	1.480
0.57	0.692	0.718	0.744	0.770	0.796	0.822	0.849	0.875	0.902	0.930	0.958	0.986	1.016	1.047	1.079	1.113	1.150	1.191	1.239	1.299	1.442
0.58	0.655	0.681	0.707	0.733	0.759	0.785	0.812	0.838	0.865	0.893	0.921	0.949	0.979	1.010	1.042	1.076	1.113	1.154	1.202	1.262	1.405
0.59	0.619	0.645	0.671	0.697	0.723	0.749	0.776	0.802	0.829	0.857	0.885	0.913	0.943	0.974	1.006	1.040	1.077	1.118	1.166	1.226	1.369
0.60	0.583	0.609	0.635	0.661	0.687	0.713	0.740	0.766	0.793	0.821	0.849	0.877	0.907	0.938	0.970	1.004	1.041	1.082	1.130	1.190	1.333
0.61	0.549	0.575	0.601	0.627	0.653	0.679	0.706	0.732	0.759	0.787	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.156	1.299
0.62	0.516	0.542	0.568	0.594	0.620	0.646	0.673	0.699	0.726	0.754	0.782	0.810	0.840	0.871	0.903	0.937	0.974	1.015	1.063	1.123	1.266
0.63	0.483	0.509	0.535	0.561	0.587	0.613	0.640	0.666	0.693	0.721	0.749	0.777	0.807	0.838	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233
0.64	0.451	0.474	0.503	0.529	0.555	0.581	0.608	0.634	0.661	0.689	0.717	0.745	0.775	0.806	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.068	1.201
0.65	0.419	0.445	0.471	0.497	0.523	0.549	0.576	0.602	0.629	0.657	0.685	0.713	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.918	0.966	1.026	1.169
0.66	0.388	0.414	0.440	0.466	0.492	0.518	0.545	0.571	0.598	0.626	0.654	0.682	0.712	0.743	0.775	0.809	0.846	0.887	0.935	0.995	1.138
0.67	0.358	0.384	0.410	0.436	0.462	0.488	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.965	1.108
0.68	0.328	0.354	0.380	0.406	0.432	0.458	0.485	0.511	0.538	0.566	0.594	0.622	0.652	0.683	0.715	0.749	0.786	0.827	0.875	0.935	1.078
0.69	0.299	0.325	0.351	0.377	0.403	0.429	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.906	1.049
0.70	0.270	0.296	0.322	0.348	0.374	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.564	0.594	0.625	0.657	0.691	0.728	0.769	0.817	0.877	1.020
0.71	0.242	0.268	0.294	0.320	0.346	0.372	0.399	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992
0.72	0.214	0.24.0	0.266	0.292	0.318	0.344	0.371	0.397	0.424	0.452	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964
0.73	0.186	0.212	0.238	0.264	0.290	0.316	0.343	0.369	0.396	0.424	0.452	0.480	0.510	0.541	0.573	0.607	0.644	0.685	0.733	0.793	0.936
0.74	0.159	0.185	0.211	0.237	0.263	0.289	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909
0.75	0.132	0.158	0.184	0.210	0.236	0.262	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882
0.76	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.399	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.604	0.652	0.712	0.855
0.77	0.079	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.236	0.262	0.289	0.317	0.345	0.373	0.403	0.434	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.685	0.829
0.78	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.182	0.209	0.235	0.262	0.290	0.318	0.346	0.376	0.407	0.439	0.473	0.510	0.551	0.599	0.659	0.802
0.79	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.633	0.776
0.80	0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.609	0.750
0.81		0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724
0.82			0.000	0.026	0.052	0.078	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.555	0.698
0.83				0.000	0.026	0.052	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.529	0.672
0.84					0.000	0.026	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646
0.85						0.000	0.027	0.053	0.080	0.108	0.136	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620
0.86							0.000	0.026	0.053	0.081	0.109	0.137	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	0.342	0.390	0.450	0.593
0.87								0.000	0.027	0.055	0.083	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567
0.88									0.000	0.028	0.056	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540
0.89										0.000	0.028	0.056	0.086	0.117	0.149	0.183	0.220	0.261	0.309	0.369	0.512
0.90											0.000	0.028	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.233	0.281	0.341	0.484
0.91												0.000	0.030	0.061	0.093	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0.456
0.92													0.000	0.031	0.063	0.097	0.134	0.175	0.223	0.283	0.426
0.93														0.000	0.032	0.066	0.103	0.144	0.192	0.252	0.395
0.94															0.000	0.034	0.071	0.112	0.160	0.220	0.363
0.95																0.000	0.037	0.079	0.126	0.186	0.329
0.96																	0.000	0.041	0.089	0.149	0.292
0.97																		0.000	0.048	0.108	0.251
0.98																			0.000	0.060	0.203
0.99																				0.000	0.143

الطريقة الثانية:-

Total Load KVA (old)= KW /Old PF= 41.1 /0.82=50.1 KVA

Total Load KVA (new) = KW /New PF= 41.1 /0.98= 41.9KVA

kVAR(OLD) = √ (kVA2 – kW2)**=** √ ((50.1)2 – (41.1)2)**=**28.6 KVAR

kVAR(NEW) = √ (kVA2 – kW2)**=** √ ((41.9)2 – (41.1)2)**=**8.1 KVAR

KVAR (Required)=28.6-8.1=20.5 KVAR

الطريقة الثالثة:-

tanØ1=Arcos(0.82)=0.69

tanØ2=Arcos(0.98)=0.20

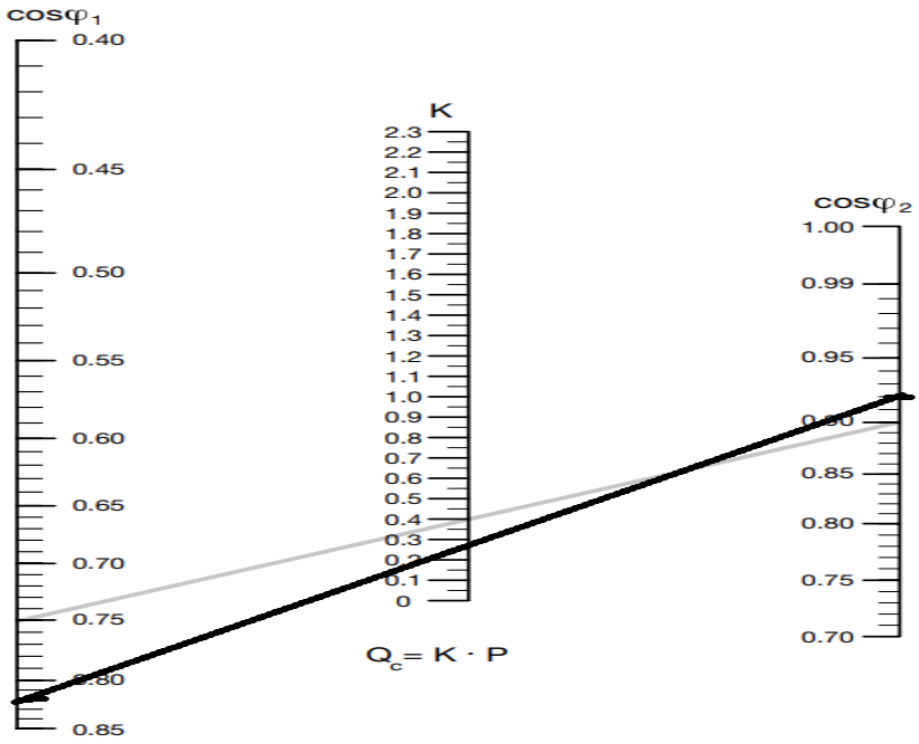
Total Load KVAR= KWX (tanØ1- tanØ2) =41.1(0.69-0.20) =20.35 KVAR

الطريقة الرابعة

نقوم بإستخدام طريقة Nomograph

نقوم بعمل خط بين قيمة معامل القدرة القديم والجديد فتم تقاطع قيمة K **عند** 0.3

QC= K X KW = 0.39 x 41.1= 16 **قريبة من السابق**



² *As shown in the figure, tracing a line segment from the value of the initial cosφ to the value to be obtained, the intersection of the line with the middle graduated scale, gives the value of K which, multiplied by the active power P of the load, defines the necessary reactive power Q_c.*

ثالثا:- حساب Leading KVAR لكل فازة

Leading KVAR supplied by each Phase= Kvar/No of Phase

Leading KVAR supplied by each Phase =20/3=6.66 Kvar/Phase

رابعا:- حساب تيار Capacitor Charging

Capacitor Charging Current (Ic)= (Kvar/Phase x1000)/Volt

Capacitor Charging Current (Ic)= (20×1000)/(415/√3)=27.7 Amp

خامسا :- حساب سعة المكثفات

يوجد طريقتين

الأولى:-

Capacitance of Capacitor = Capacitor Charging Current (Ic)/ Xc

Xc=2 x 3.14 x f x v=2×3.14 x 50 x(415/√3)=75362

Capacitance of Capacitor=27.7/75362= 379 µF

الثانية:-

IC = V/ XC

Whereas XC = 1 / 2 π F C

IC = V / (1 / 2 π F C)

IC = V 2 F C

سادسا :- حساب الفيوزHRC

سعة الفيوز هتكون القيمة من 165٪ الى 200٪ من التيار

Size of the fuse =165% to 200% of Capacitor Charging current.

Size of the fuse=2×27.7=50 Amp

سابعا:-حساب القاطع الكهربائى

سعة القاطع هتكون بين 135٪ الى 150٪ من التيار

Size of the Circuit Breaker=1.5×27.7 =40 Amp

- Thermal relay setting between 1.3 and 1.5 of Capacitor Charging 1 current.

-Magnetic relay setting between 5 and 10 of Capacitor Charging 2 current

ثامنا:- حساب الكابل المغذى ل Capacitor Bank

Cables size= 1.3 x1.1 x nominal capacitor Current

Cable Size = 1.43x27.7=39 Amp

بعد ذلك نقوم بإختياراقرب كابل بعد تعويض معاملات De rating Factor

م/أحمد عيسى

Eng.ahmedessa2020@gmail.com

المراجع

- Power factor correction and harmonic filtering in electrical plants ABB
- Power factor correction: a guide for the plant engineer EATON
- Power factor correction: a guide Schneider
- Power Factor in Electrical Energy Management
- www.electricalknowhow.com
- www.electricaltechnology.org
- www.electrical-engineering-portal.com

الفهرس	
ما هو معامل القدرة (PF)	صفحة 2
عيوب إنخفاض معامل القدرة	صفحة 3
فوائد تحسين قيمة معامل القدرة	صفحة 5
كيف يتم تصحيح معامل القدرة ؟	صفحة 6
حساب تحسين معامل القدرة PFC	صفحة 9
Load Factor طريقة الجداول من قيمة	صفحة 10
جداول الموردين الملصقة على Name Plate	صفحة 12
جداول الNEMA للمحركات	صفحة 13
تحسين معامل القدرة للمبانى	صفحة 16
طريقة المعادلات لتحسين معامل القدرة للمبانى	صفحة 16
طريقة الجداول لتحسين معامل القدرة للمبانى	صفحة 17
طريقة Nomograph	صفحة 18
مكونات Power Factor Correction	صفحة 20
حسابات قيمة المكثف (Capacitor)بالKVAR	صفحة 21
حساب قيمة القاطع لPFC حسب الأكواد المختلفة	صفحة 22
حساب قيمة الفيوزHRC لPFC حسب الأكواد	صفحة 24
حساب عدد مراحل أو Steps لمعامل تصحيح القدرة PFC	صفحة 29
أمثلة عن معامل تحسين القدرة	صفحة 34
المراجع	صفحة 43
الفهرس	صفحة 44