دراسة وتصميم مجموعة مكثفات لحمل محدد

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة الكهربائية

إعداد الطلاب:

أحمد قسم السيد أحمد حسب الله

سناء أحمد عبد الرحمن الريح

محمد عبد الماجد عوض الكريم محمد

محمد هاشم عثمان أحمد

إشراف:

أ/ أبراهيم الريشابي

قسم الهندسة الكهربائية

كلـية الـهندسة

جـــامعة الـــشيخ عـــبد الله الـــــبدري

يناير 2021م

الآيات الكريمة

قال تعالى: (فَتَعَالَى اللَّهُ الْمَلِكُ الْحَقُّ ۗ وَلَا تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ مِنْ قَبْلِ أَنْ يُقْضَىٰ إِلَيْكَ وَحْيُهُ ۖ وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا) صدق الله العظيم

سورة طه الآية ﴿١١٤﴾

قال تعالى: (أَمَّنْ هُوَ قَانِتٌ آنَاءَ اللَّيْلِ سَاجِدًا وَقَائِمًا يَحْذَرُ الْآخِرَةَ وَيَرْجُو رَحْمَةَ رَبِّهِ ۗ قُلْ هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ ۗ إِنَّمَا يَتَذَكَّرُ أُولُو الْأَلْبَابِ) صدق الله العظيم

سورة الزمر الآية ﴿٩﴾

قال تعالى: (يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ ۖ وَإِذَا قِيلَ انشُزُوا فَانشُزُوا يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ ۚ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ)

صدق الله العظيم

سورة المجادلة الآية (11)

شكر وتقدير

في البدء الشكر والحمد لله جل في علاه فإليه ينسب الفضل كله ويبقي الكمال لله وحده.

فإنني أتوجه بالشكر والتقدير لكل أساتذتي الذين درسوني في كل مراحل دراستي الجامعية دمتم ودام سعيكم، وأخص بالشكر أ. إبراهيم الريشابي الذي تفضل مشكورا بالإشراف على هذه الدراسة وتقديم الدعم والتوجيه.

والشكر موصول لأسرة مصنع أسمنت بربر لمساهمتهم الفاعلة ودعمهم الفني والهندسي لإكمال هذه الدراسة وأخص بالشكر كلاً من – م. علي صالح – مدير الصيانة؛ م. عيسى أحمد عيسى– رئيس قسم الكهرباء؛ م. وائل إبراهيم – مهندس كهرباء، م. محمد الحسن علي – مهندس كهرباء؛ فلكم منى جزيل الشكر والتقدير.

وإيماناً مني وإعتراف بالجميل لابد من رسالة شكر وعرفان لجامعة الشيخ عبد الله البدري منارة العلم والعطاء متمثلة في مولانا فضيلة الشيخ: عبد الله البدري – مؤسس وراعي الجامعة متعه الله بالصحة والعافية؛ والشكر موصول الى كافة أعضاء إدارة الجامعة من إداريين، وعمداء، ورؤساء أقسام، ومسجلين، ومشرفين.

وفي الختام أتقدم بالشكر الى السادة أعضاء لجنة المناقشة لتكرمهم بمناقشتي في هذه الدراسة.

وصلى اللهم وسلم وأنعم وبارك على سيدنا ونبينا وحبيبنا وقائدنا وقرت أعيننا محمد وعلى إله وصحبه وسلم.

إهداء

الي من تشملنا بدعواتها دون أن تخصص أو تفرق بيننا منذ الصغر تردد دعائها الدائم ربي أني رضيت عن أبنائي فأرضى عنهم وأحفظهم بعينك التي لا تنام

(أمي الحبيبة)

اليك يامن ذرعت عندي طموحا أصبح يدفعني نحو الأمام الي مستقبل ناجح

(أبي)

الي من بحثت في الكون وتوارى الصمت في ذاتي فلم القى في وجهي سواهم صادقا أو أري لطيف الابتسامة واليهم من دون شك

(أخوتي)

الي مربي الأجيال وورثة الأنبياء، من أضاءوا قناديل العلم والمعرفة في قلوبنا، لرموز التضحية والبذل والعطاء لكم مني كل الشكر والتقدير

(أساتذتي الاجلاء)

المستخلص

ينصب التركيز الأساسي في هذه الدراسة علي تحسين معامل القدرة للمدينة السكنية لمصنع أسمنت بربر بإستخدام مكثفات الجهد المنخفض مع متحكمة Controllerللتحكم في إدخال وإخراج المكثفات على حسب القدرة غير الفعالة المطلوبة؛ وذلك للحصول على الميزات الإقتصادية والفنية لتحسين معامل القدرة.

أولاً تم تحديد الحمل الحثي الكلي للمدينة السكنية، وتحديد القدرة غير الفعالة المطلوبة للتعويض من القدرة الفعالة الكلية المسحوبة من المصدر، ومن ثم تحديد عدد وقيم المكثفات المطلوبة للتحسين.

ثانياً تم أختيار مكونات اللوحة (المتحكمة Controller ، المكثفات، القاطع الرئيسي) من شركة ABB من الكاتلوجات الخاصة بالشركة؛ وتم أختيار الفيوزات(الفواصم) من شركة NH-HRC fuses.

تم أختيار باقي مكونات اللوحة (الكوابل، قضبان التجميع، المعاوقات) من المعادلات والجداول الخاصة.

ثالثاً تم عمل نمذجة (محاكاة) عن طريق برنامج ETAP simulation.

ABSTRACT

The main focus of this study is to improve the capacity factor of the residential city of the Barber Cement factory using low voltage capacitors with controller to control the introduction and output of capacitors according to the inefficient capacity required to obtain economic and technical advantages to improve the capacity factor.

First, the total induction load of the residential city was identified, and the ineffective capacity required to compensate for the total effective capacity withdrawn from the source was determined, and then the number and values of capacitors required for improvement were determined.

Secondly, the components of the board (controller, capacitors, main cutter) were selected from ABB's own catalogues;

The rest of the components of the painting (cables, assembly rods, cans) were selected from special equations and tables.

Thirdly, modelling (simulation) was done by ETAP simulation.

فهرس المحتويات

المحتوى	رقم الصفحة
الآية	i
شكر وتقدير	ii
إهداء	iii
المستخلص	iv
ABSTRACT	v
فهرس الفصول	vi
فهرس الأشكال	x
فهرس الجداول	xi
الفصل الأول المقدمة	
1.1 تمهيد	1
2.1 الهدف	1
3.1 أهمية البحث	2
4.1 بنية ومحتوى البحث	2
الفصل الثاني منظومة القدرة الكهربائية	
1.2 مقدمة	3
1.1.2 الأحمال الممانعية Resistive Load	3
2.1.2 الأحمال الحثية Inductive Load	3
3.1.2 الأحمال السعوية Capacitive Load	3
2.2 معامل القدرة P.F	4

3.2 أنواع القدرة	4
1.3.2 القدرة الفعالة P	4
2.3.2 القدرة غير الفعالة Q	5
3.3.2 القدرة الظاهرية (المركبة) S	5
4.2 مثلث القدرة power triangle	5
5.2 تأثيرات معامل القدرة	7
1.5.2 مفاقيد النظام الكهربي	7
2.5.2 تكاليف شركة الكهرباء	7
3.5.2 خطوط النقل الكهربي	7
4.5.2 التأثير على المولدات الكهربائية	7
6.2 الألات التي تؤثر على معامل القدرة	7
7.2 استهلاك القدرة غير الفعالة في الأجهزة والألات	8
8.2 مصادر القدرة غير الفعالة	8
9.2 مميزات تحسين معامل القدرة	8
10.2 التوافقيات Harmonics	8
1.10.2 أسباب ظهور التوافقيات	10
2.10.2 أسباب ظهور التوافقيات في الشبكة	10
3.10.2 المشاكل الناتجة عن التوافقيات	11
الفصل الثالث المكثفات & الأجهزة المستخدمة لتحسين معامل القدرة	
1.3 مقدمة	13
1.1.3 المكثفات الكهربائية	13
2.1.3 أنواع المكثفات المستخدمة عمليا	14
3.1.3 مميزات استخدام المكثفات في تحسين معامل القدرة	14
2.3 طرق حساب حجم المكثف	14
1.2.3 طريقة الحساب	14
2.2.3 طريقة إستخدام الجدول	15
3.3 طرق ربط المكثفات لتصحيح معامل القدرة	15

1.3.3الربط المباشر	15
2.3.3 الربط الأتوماتيكي	16
3.3.3 الربط المركب (المباشر مع الأتوماتيكي)	17
4.3 الأجهزة المستخدمة في تحسين معامل القدرة	19
1.4.3 Variable Frequency Drive (VFD)	19
2.4.3 المرحلات التلقائية لتصحيح معامل القدرة	19
1.2.4.3 مميزات مرحلات معامل القدرة التلقائية	20
5.3 مكونات لوحة تحسين معامل القدرة	20
1.5.3 المكثفات	20
2.5.3 الحمايات المستخدمة في لوحة تحسين معامل القدرة	21
1.2.5.3 المنصهرات الفرعية	21
2.2.5.3 المنصهرات الرئيسية	21
3.2.5.3 القاطع الحراري – المغناطيسي الرئيسي	21
3.5.3 الكونتاكتورات الخاصة بتحسين معامل القدرة	22
4.5.3 مقاومات التفريغ	22
5.5.3 أجهزة التحكم بإدخال وإخراج المكثفات	23
6.5.3 شروط تركيب لوحة تحسين معامل القدرة	23
7.5.3 اللوحة المعدنية والشروط الفنية الأخرى	23
الفصل الرابع الدراسة	
1.4 مقدمة	25
2.4 الدراسة	25
1.2.4 طبيعة الاحمال في المدينة السكنية	25
2.2.4 تقسيم الأحمال الحثية في المدينة السكنية	26
1.2.2.4 القطاع A	26
2.2.2.4 القطاع B	27
3.2.2.4 القطاع C	27
4.2.2.4 القطاع D	28

3.4 العملي	30
1.3.4 الحمل الكلي للأحمال الحثية في المدينة السكنية	30
2.3.4 مخططات ال Control & Power & S.L.D	31
3.3.4 حساب القدرة غير الفعالة اللازمة للتعويض	33
1.3.3.4 طريقة الحساب	33
2.3.3.4 طريقة الجدول	33
4.3.4 اختيار عدد مراحل المنظم الالكتروني	33
5.3.4 اختيار قضبان التجميع	34
6.3.4 اختيار الكابل الرئيسي المغذي للوحة	34
7.3.4 اختيار القاطع الرئيسي	35
8.3.4 اختيار المنصهرات الرئيسية	36
9.3.4 اختيار كابلات تغذية المكثفات وفواصم حماياتها والكونتاكتورات	36
10.3.4 اختيار مقاومات التفريغ	37
11.3.4 اختيار وحدة التحكم الألى (المنظم)	39
12.3.4 شروط مكان وضع لوحة التحسين	39
13.3.4 مخرجات ETAP Simulation	40
الفصل الخامس الخلاصة والتوصيات	
1.5 الخلاصة	45
2.5 التوصيات	45
المراجع	46
الملحقات	48

فهرس الأشكال

(2- 1) مثلث القدرة لحمل حثي	6
(2- 2) مثلث القدرة لحمل سعوي	6
(2- 3) مثلث القدرة للأنواع الثلاثة للأحمال	6
(2- 4) التشوه الناتج في الشكل الموجي بسبب التوافقيات	9
(2- 5) الفرق بين الأحمال الخطية والأحمال اللاخطية	10
(3- 1) ربط المكثفات بطريقة الربط المباشر	15
(3- 2) ربط المكثفات في شكل مجموعات بالربط المباشر	16
(3- 3) الربط الأتوماتيكي	16
(3- 4) الربط المركب للمكثفات	17
(3- 5) ربط المكثفات على الBus Bar العمومي لL.V	17
(3- 6) ربط المكثفات على اللوحة العمومية للأحمال	18
(3- 7) ربط المكثفات عند الأحمال مباشرة	18
(3- 8) دائرة محول التردد	19
(3- 9) مقاومات التفريغ	23
Single Line Diagram (4- 1)	31
Power Line Diagram (4- 2)	32
Control Line Diagram (4- 3)	32
(4-4) الزيادة الطردية بين KW & KVAR	42
(4-5) التغير في KVAR مع زيادة KW	44

فهرس الجداول

(1 -3) القيم المتوسطة للنفاذية النسبية للمواد العازلة	13
(2 -3) طريقة استخدام الجدول	47
(1 -4) الحمل الحثي الكلي للقطاع A	26
(2 -4) الحمل الحثي الكلي للقطاع B	27
(3 -4) الحمل الحثي الكلي للقطاع C	28
(4 -4) الحمل الحثي الكلي للقطاع D	29
(5 -4) الحمل الكلي للأحمال الحثية للمدينة السكنية	30
(6 -4) القراءات قبل التحسين في حالة LOAD100%	41
(7 -4) القراءات قبل التحسين في حالة LOAD 90%	41
(8 -4) القراءات قبل التحسين في حالة LOAD 80%	42
(4-9) القراءات بعد التحسين في حالة LOAD 100%	43
(4-10) القراءات بعد التحسين في حالة LOAD 90%	43
(4-11) القراءات بعد التحسين في حالة LOAD 80%	44
(12 -4) أختيار قضبان التوزيع	48
(13 -4) أختيار الكابل الرئيسي المغذي للوحة	49
(14 -4) أختيار كابلات تغذية المكثفات وفواصم الحماية لها	50

الفصل الأول

مقدمة

(1-1) تمهيد:

كان للتوسع الكبير في إستخدام الطاقة الكهربائية في مجالات شتى في حياتنا العملية والتزايد المستمر للأحمال الصناعية سبباً في انخفاض معامل القدرة في الشبكات الكهربائية لذلك وجب تحسين معامل القدرة للشبكات سواء شبكات الجهد العالية أو المنخفضة وأبسط وأرخص وسيلة لتحسين معامل القدرة هي إستخدام مكثفات القدرة وهي تعمل على توفير طاقة غير فعالة إضافية ومفيدة للشبكة مع تقليل الفقد الكهربي على الكابلات والخطوط وكذلك خفض تيار التحميل للكابلات والخطوط وكذلك زيادة العمر الإفتراضي لها.

الطاقة الكهربائية بحد ذاتها وبغض النظر عن كيفية توليدها طاقة نظيفة وغير ملوثة للبيئة وغالبا ما تصل الى المستهلك بسهولة ولا يعرف قيمتها ولا يستفيد منها المستهلك بصورة صحيحة وتهدر جزئا منها لإهماله أو لعدم معرفته في كيفية الإستفادة من هذه الطاقة بشكل صحيح وعلمي وهو محسوب عليه.

ونتيجة للأبحاث التي تمت، تم التوصل لعدة طرق يمكن من خلالها تحسين قيمة معامل القدرة وكانت أفضل وأرخص طريقة هي تحسين قيمة معامل القدرة عن طريق المكثفات.

(2-1) الهدف:

يهدف المشروع الي تحديد الجوانب الفنية والإقتصادية لتحسين معامل القدرة في المنشآت السكنية والتجارية والزراعية.

وقد تم تحديد هذه الجوانب من خلال تحسين معامل القدرة في المدينة السكنية لمصنع أسمنت بربر والتي تستهلك قدرة كهربائية حوالي 450KW وحساب حجم المكثفات المطلوبة وطرق وضعها وتركيبها.

ويتضمن المشروع المراحل التالية:

(A) الدراسة المبدئية للمدينة السكنية وفيها تم معرفة الآتي:

1. معامل القدرة الحالي 0.7
2. حمل الشبكة الكلي (الأحمال الحثية) للمدينة السكنية 485.72KW
3. معامل القدرة الجديد المرغوب فيه 0.95

(B) حساب القدرة غير الفعالة المطلوبة بال KVAR

(C) دراسة الجدوى الإقتصادية لعملية التعويض وتحسين معامل القدرة

(1-3) أهمية البحث:

تتلخص أهمية الدراسة والتصميم لتحسين معامل القدرة للمدينة السكنية لمصنع أسمنت بربر عن طريق المكثفات في الآتي:

i. الإدخار في فاتورة الكهرباء وبالتالي تجنب الغرامات لمعامل القدرة المنخفض
ii. زيادة القدرة المتاحة
iii. تقليل الهبوط في الجهد
iv. تحسين كفاءة المحول والموصلات وكافة الأجهزة الكهربائية

ويتم ذلك بتقليل القدرة الغير فعالة Q بواسطة ضخ قدرة غير فعالة أخرى ولكن باتجاه معاكس عن طريق المكثفات.

(1-4) بنية البحث:

تناول هذا البحث عدة فصول، فصلت أهمية تحسين معامل القدرة وكيفية تحسينه؛ حيث تحدث الفصل الأول عن المقدمة والهدف وأهمية البحث ومحتوي وبنية البحث.

تحدث الفصل الثاني عن معامل القدرة وأنواع القدرة ومثلث القدرة؛ وتحدث أيضا عن تأثيرات معامل القدرة ومميزات التحسين والتوافقيات.

تحدث الفصل الثالث عن المكثفات؛ أنواعها وطرق ربطها وتوصيلها وكيفية حساب حجم المكثفات وتحديد سعتها؛ وتحدث أيضا عن الأجهزة المستخدمة في تحسين معامل القدرة، ولوحة تحسين معامل القدرة ومكوناتها والإشتراطات الفنية المطلوبة فيها.

تناول الفصل الرابع الدراسة حيث شملت حسابات الأحمال الحثية بالمدينة السكنية، والمخططات، وحساب القدرة غير الفعالة الكلية المطلوبة، ومواصفات وحسابات الأجهزة المستخدمة في لوحة التحسين، ومخرجات برنامج المحاكاة.

الفصل الخامس تحدث عن النتائج والتوصيات، والمراجع، والملحقات، والخاتمة.

الفصل الثاني

منظومة القدرة الكهربائية

(1-2) مقدمة:

تتكون الأحمال الكهربائية في أي منظومة قوى من ثلاث أنواع:

(1-1-2) الأحمال الممانعةResistive Load:

الأحمال التي يكون معامل القدرة لها يساوي الوحدة وهي التي تستهلك قدرة فعالة فقط وهي تكون عبارة عن مقاومات أو ما يكافئها ويكون التيار الذي تسحبه في توافق مرحلي مع جهد المنظومة. ومثال لها السخانات وأجهزة التدفئة والمصابيح المتوهجة.

(2-1-2) الأحمال الحثية Inductive Load:

الأحمال التي لها معامل قدرة أقل من الواحد متأخر وهي التي تسحب نوعين من القدرة.

i. قدرة فعالة.
ii. قدرة غير فعالة وهي القدرة الحثية.

هذا النوع من الأحمال يسحب تيار كهربي متأخر عن الجهد بزاوية معينة تسمى زاوية الإختلاف المرحلي جيب تمام هذه الزاوية (cos) هو معامل القدرة لهذا الحمل وهذا التيار له مركبتين بالنسبة للجهد إحداهما تكون متطابقة مع الجهد تسمى مركبة التيار الفعالة وهي تمثل القدرة الفعالة المسحوبة، والأخرى تكون متعامدة مع الجهد وتسمى مركبة التيار الغير فعالة وهي تمثل القدرة الغير فعالة المسحوبة لذلك فإن التيار الذي يسحبه الحمل من المصدر يتأثر بقيمة معامل القدرة حيث أنه كلما قل معامل القدرة بالنسبة للحمل كلما زاد التيار المسحوب والعكس. ومثال لها الثلاجات والغسالات والمكانس الكهربائية وكل جهاز يحتوي على محرك كهربائي.

(3 -1-2) الأحمال السعويةCapacitive Load:

الأحمال التي لها معامل قدرة أقل من الواحد متقدم؛ هذه الأحمال تسحب قدرة فعالة وتعطي قدرة غير فعالة والتيار المسحوب بواسطة هذه الأحمال يكون متقدم على الجهد بزاوية معينة ويكون له مركبتان:

إحداهما في إتجاه الجهد وتسمى مركبة التيار الفعلية وهي تمثل القدرة الفعالة المسحوبة من المصدر والأخرى تكون متعامدة مع الجهد ولكن متقدمة عليه وتسمى المركبة الغير فعالة وهي تمثل القدرة الغير فعالة المعطاة للمصدر؛ ومثال لها المكثفات.

الفرق ما بين هذه الأحمال هو إختلاف الزاوية ما بين طور الجهد وطور التيار.

يوجد نوع رابع من الأحمال يسمي Harmonic Loadمثل المصابيح الإقتصادية وأجهزة التلفاز والحواسيب والرسيفرات وشواحن الهواتف.

الأحمال الموجودة على منظومة أي قِوى كهربائية هي خليط من هذه الأنواع الثلاثة والتيارات المارة على خطوط النقل من المولدات إلى الأحمال تكون نتيجة محصلة هذه الأنواع فإذا تمكنا من جعل النوع الثالث يساوي النوع الثاني فإن محصل الأحمال على الشبكة يساوي واحد وبالتالي تيار أقل ما يمكن وذلك لأن النوعين الثاني والثالث يلاشي بعضهما البعض، ولكن تنفيذ ذلك عمليا شبه مستحيل وذلك لعدم ثبات قيم الأحمال مع الزمن لذلك يتم العمل على الوصول بمعامل قدرة أقرب ما يكون إلى الواحد عن طريق التحكم المستمر في قيم محصلة الأحمال الموجودة على المنظومة وهو ما يسمى تحسين معامل القدرة وبما أن معظم الأحمال الموجودة على أيَ منظومة من النوع الثاني فإن تحسين معامل القدرة يتم بإضافة أحمال من النوع الثالث وهي المكثفات.

(2-2)-معامل القدرة - Power factor (Pf):

معامل القدرة هو النسبة بين القدرة الفعالة والتي تستهلك فعليا بالأحمال وتقاس بـــ (KW)، والقدرة الكلية المطلوبة والتي تسمى القدرة الظاهرية وتقاس بـ (KVA).

ويعرف أيضاً بأنه جيب تمام الزاوية بين التيار والجهد ويساوي الوحدة في حالة المقاومة ويساوي الصفر في حالتي المفاعلة السعوية (معامل قدرة متقدم) والمفاعلة الحثية (معامل قدرة متأخر).

وفي حالة الدوائر التي يمكن تمثيلها بمقاومات ومفاعلات فإن معامل قدرة الدائرة يتحدد بين التيار الكلي للدائرة وجهد المصدر لتلك الدائرة.

(2-3) أنواع القدرة:

للقدرة الكهربائية ثلاث أنواع:

(2-3-1) القدرة الفعالة(P) Active power:

وهي القدرة التي تتحول إلى طاقة مفيدة بمرور الوقت وتقاس بالواط ولها قيمة متوسطة تعرف باسم

Average Power وتعطي بالعلاقة:

$$P = V * I \cos\theta \dots\dots (2-1)$$

حيث:

القدرة الفعالة :P

الجهد الكهربي :V

التيار الكهربي :I

(2-3-2) القدرة غير الفعالة Reactive power (Q):

لا تمثل استهلاك حقيقي للقدرة ولكنها تمثل عملية تخزين الطاقة في مفاعلات الدائرة حيث يستفاد منها في توليد مجال مغناطيسي ليساعد المحرك على الدوران.

واصطلح على إعتبار أن قدرة المفاعلات الحثية (المستهلكة في محاثة) موجبة القيمة بينما القدرة المتفاعلة السعوية (المستهلكة في مكثف) سالبة القيمة.

بمعنى آخر فإن المكثفات تعتبر منبعا للقدرة غير الفعالة بينما المحاثة ماصة لها.

وللقدرة المردودة قيمة عظمى تعطي بالعلاقة:

$$Q = V * I \sin\theta \ \ldots\ldots (2-2)$$

وتقاس(VAR)

(3-3-2) القدرة الظاهرية (المركبة) Apparent power (S):

وهي حاصل ضرب الجهد في التيار اي أن

$$S = V * I \ \ldots\ldots (2-3)$$

القدرة الظاهرية وتقاس(VA) :S

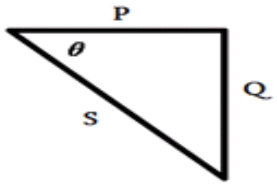
(4-2) مثلث القدرةpower triangle:

لحساب معامل القدرة يمكن الإستعانة بمثلث القدرة والذي يحتوي على الأنواع الثلاث من القدرة.

يبين الشكل **(2-1)** مثلث القدرة لحمل حثي Inductive Load

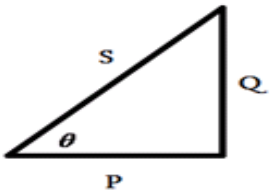
كما يبين الشكل **(2-2)** مثلث القدرة لحمل سعوي Capacitive Load

كما يبين الشكل **(2-3)** مثلث القدرة للأنواع الثلاثة للأحمال



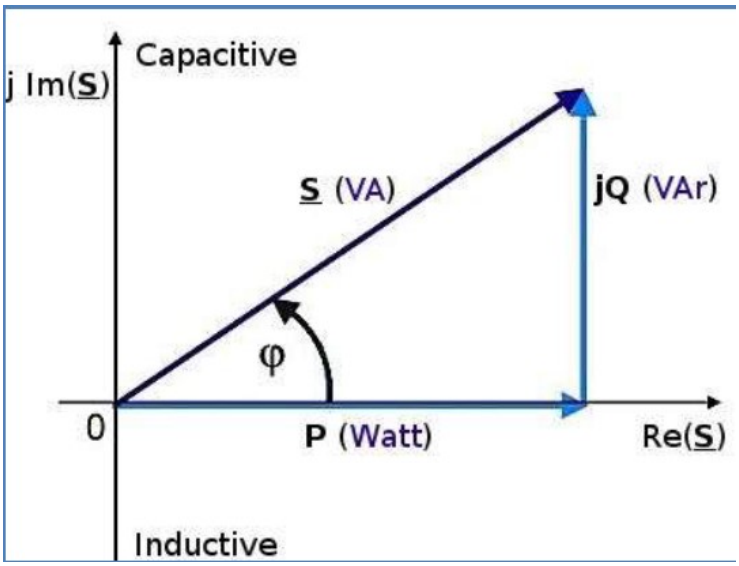
مثلث القدرة لحمل حثي - معامل القدرة متأخر

شكل (2-1)



مثلث القدرة لحمل سعوي - معامل القدرة متقدم

شكل (2-2)



الشكل (2-3)

بدراسة هذا المثلث يمكن كتابة العلاقة التالية:

$$(KVA)^2 = (KW)^2 + (KVAR)^2 \ldots\ldots\ldots(2-4)$$

$$COS\theta = \frac{KW}{KVA} = Pf \ldots\ldots\ldots(2-5)$$

Pf: power factor

$$KVAR = KW \times \tan\theta \ldots\ldots\ldots(2-6)$$

عملية تحسين معامل القدرة هي تضيق الزاوية بين الجهد والتيار إلى أصغر ما يمكن حيث يكون معامل القدرة واحد صحيح، فكلما إرتفعت قيمة معامل القدرة كلما انخفضت شدة التيار وبالتالي يمكن إستخدام قواطع أو مفاتيح أوتوماتيكية بسعة أقل ومساحة مقطع أقل للموصلات والكوابل المستخدمة.

(5-2) تأثيرات معامل القدرة:

(2-5-1) مفاقيد النظام الكهربي:

عند معامل القدرة العالي فإن التيار الكهربي المطلوب للحمل يصـبح أقل؛ وبالتالي تقل القدرة المفقودة (I^2R) وعندها تقل درجة حرارة الأجهزة والكوابل والمحولات وقضـبان التوزيع وهكذا حيث يزيد من العمر الإفتراضي للأجهزة.

(2-5-2) تكاليف شركة الكهرباء:

يجب أن يكون معامل القدرة لنظام التوزيع الكهربي عالياً وذلك لزيادة كفاءة النظام الكهربي والإسـتفادة القصوى من القدرة المولدة، لذلك فإن شركات الكهرباء تفرض غرامة معامل قدرة على المستهلك وتطالبه بالمحافظة على مستوى لا يقل عن 95% لمعامل القدرة لتجنب فرض الغرامة.

(2-5- 3) خطوط النقل الكهربي:

يزداد التيار المار في خط النقل الكهربي عندما يكون معامل القدرة منخفض فلابد من زيادة مقطع موصلات خط النقل.

(2-5-4) التأثير على المولدات الكهربية:

مع معامل القدرة المنخفض تقل سعة القدرة الظاهرية وكذلك سعة القدرة الفعالة للمولدات وتزداد القدرة المعطاة بواسطة المثير (Exciter) ويزداد الفقد في الملفات النحاسية للمولد وتقل مع ذلك كفاءة المولد.

(2-6) الآلات التي تؤثر على معامل القدرة:

i. كل أنواع المحركات الحثية والتي تمثل معظم الأحمال الصناعية.
ii. الملفات الخانقة ومفاتيح ملفات التفريغ
iii. ثايرستور القوة والذي يستخدم للتحكم في محركات التيار المستمر والعمليات الكهروكيميائية.
iv. محولات القوة ومنظمات الجهد.
v. آلات اللحام الكهربي والأفران الحثية.
vi. الملفات الخانقة والأنظمة المغنطيسية.
vii. كشافات الفلورسنت والنيون.

(2-7) إستهلاك القدرة غير الفعالة في الأجهزة والآلات:

i. المحركات التحريضية تحتاج للقدرة غير الفعالة للمحافظة على وجود المجال المغنطيسي الأساسي لتشغيلها تقريبا تحتاج الي 1KVARلكل1KW.

ii. الملفات الخانقة ومفاتيح ملفات التفريغ تحتاج الي 1KVAR1لكلKW1.

iii. المحولات تحتاج الي كمية كبيرة من القدرة غير الفعالة تقدر ب20% الي 25% من الطلب العام للقدرة غير الفعالة.

iv. أجهزة تقويم التيار تحتاج الى 1KVAR لكل 1KW

v. خطوط نقل الطاقة الهوائية والأرضية المحملة حسب ظروف التشغيل.

(2-8) مصادر القدرة غير الفعالة:

i. المكثفات الساكنة

ii. المعوضات المتواقتة

iii. المنابع الإستاتيكية الحديثة

iv. خطوط نقل القدرة الكهربائية

v. المولدات والمحركات المتواقتة في محطات توليد الطاقة الكهربائية

(2-9) مميزات تحسين معامل القدرة:

i. مردود إقتصادي حيث أنها تقلل من تكلفة فواتير الطاقة الكهربية.

ii. تقلل من الفقودات التي تسببها القدرة المردودة في الموصلات (تقلل من حرارة الموصلات).

iii. تقلل من التحميل الزائد في المحولات.

iv. زيادة كفاءة كل الوحدات في الشبكة الكهربية.

v. تحسين تنظيم الجهد على خطوط النقل الكهربية.

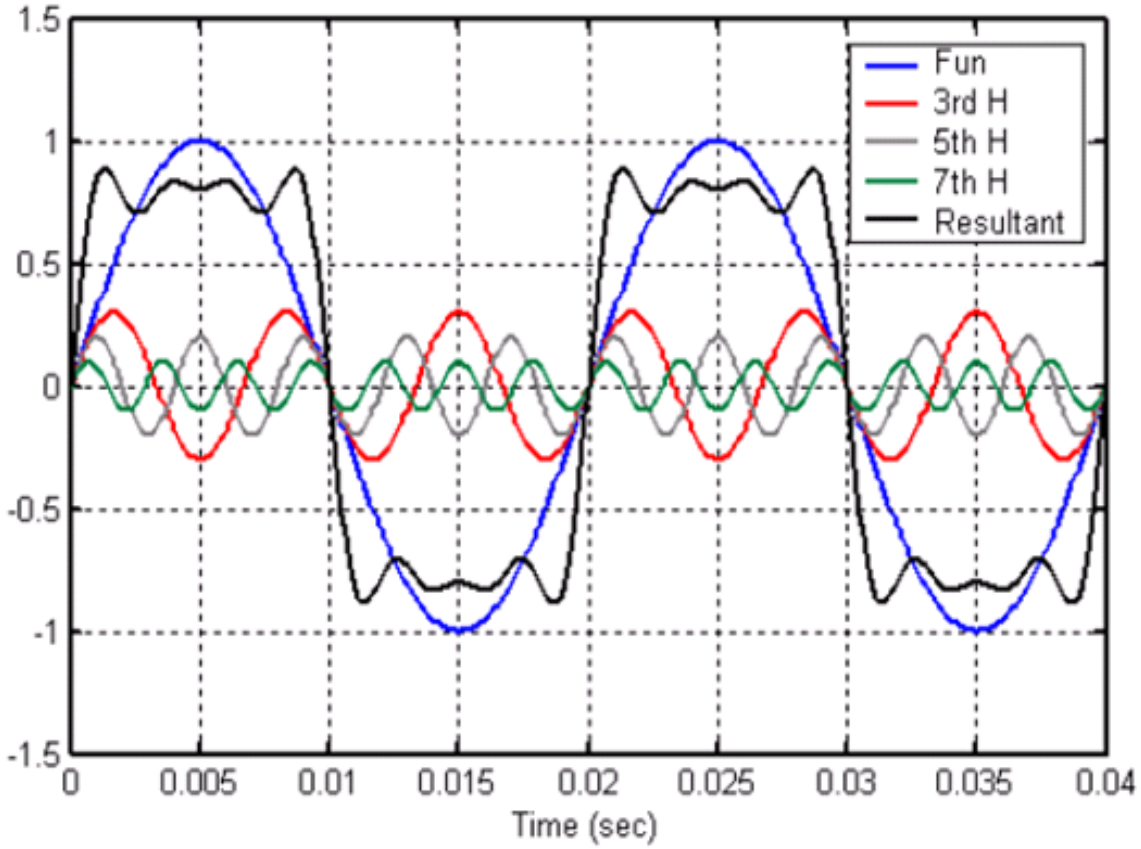
(2- 10) التوافقيات Harmonic :

المشاكل التي تواجه تحسين معامل القدرة هي التوافقيات، والتوافقيات في نظم القوى الكهربية تعرف بأنها موجات جيبيه تظهر مركبة على الموجة الأساسية للجهد والتيار وترددها عبارة عن مضاعفات التردد الأساسي وتتسبب في تشوه شكل موجه التيار أو موجة الجهد أو الإثنين معا.

الموجة الجيبية التي لها نفس تردد الموجة الأصلية تسمى المركبة الأساسية (Fundamental Component) أما باقي الموجات الجيبة فتسمى بالتوافقيات (Harmonics).

الشكل **(2-4)** يوضح المركبة الأساسية والتوافقية الثالثة والتوافقية الخامسة والتوافقية السابعة حيث نلاحظ أن مقدار التوافقيات تكون عادة صغيرة بالمقارنة مع المركبة الأساسية.

وعند جمع هذه الموجات الثلاثة نحصل على موجة دورية غير جيبيه كما هو موضح.



التشوه الناتج في الشكل الموجي بسبب التوافقيات

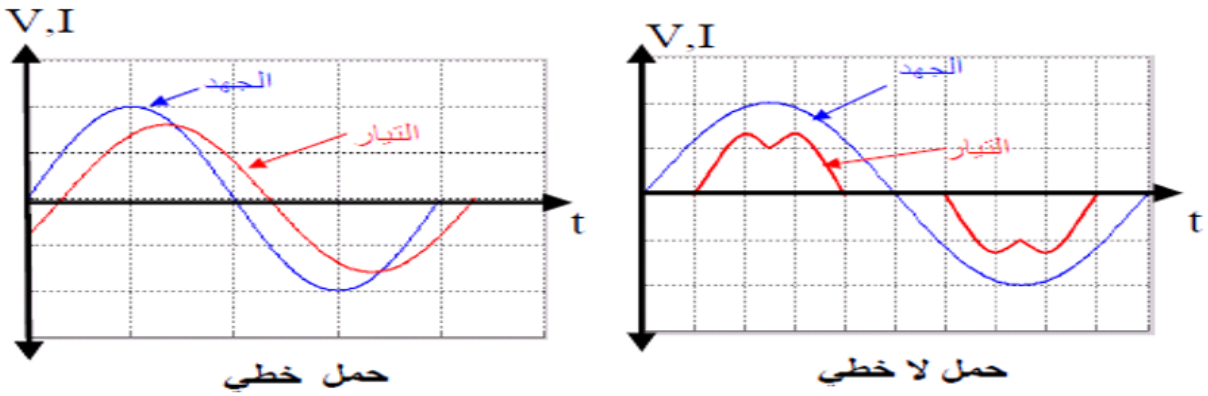
الشكل (2-4)

يتم تسمية كل توافقية حسب ترددها وليس حسب مقدارها فمثلا إذا قلنا التوافقية الثالثة فهذا يعني أن ترددها هو $3 * 50 = 150\ Hz$ وإذا قلنا التوافقية الخامسة فهذا يعني أن لها تردد قيمته

$5 \times 50 = 250\ Hz$ وهكذا لبقية التوافقيات.

(1-10-2) أسباب ظهور التوافقيات:

تظهر التوافقيات بسبب وجود أحمال لا خطية (NonIinear_Lods) وهذه الأحمال تختلف عن الأحمال الخطية (Iinear_Lods) من حيث أن التيار المار بها لن يكون على علاقة خطية مع الجهد عند هذا الحمل، ولكن العلاقة بينهما تأخذ شكل منحنى لا خطي، حيث نلاحظ شكل موجة التيار لا يشبه شكل موجة الجهد بل يختلف عنه.



الفرق بين الأحمال الخطية والأحمال اللاخطية **الشكل (2-5)**

الشكل (2-5) يوضح الشكل الموجي للتيار عند مروره في حمل خطي وآخر لاخطي، حيث نلاحظ أن شكل موجة التيار في الحمل الخطي مشابهه لشكل موجه الجهد مع وجود إزاحة في الطور، بينما شكل موجه التيار في الحمل اللاخطي يكون عبارة عن نبضات هذه النبضات تختلف من حمل لآخر، وعند تحليلها بإستخدام متسلسلة فورير فإننا نحصل على مركبات توافقية.

(2 -10-2) أسباب ظهور التوافقيات في الشبكة:

(A) أسباب من ناحية الحمل:

أن الأحمال الخطية بالشبكة تكون فيها موجتي الجهد والتيار متوافقتان أي لا تحدث توافقيات؛ بينما الأحمال غير الخطية عموما تولد توافقيات في مصدر تغذيتها وهذه الأحمال هي التي تكون فيها أشكال موجة التيار غير موافقة لشكل موجة الجهد.

ومن أمثلة المعدات ذات المصدر الرئيسي لوجود التوافقيات من ناحية الحمل هي:

i. **موحدات التيار في الأجهزة الالكترونية**:

وهذه تنتج كماً كبيراً من التوافقيات يسبب تغييرا في شكل الموجة الخارجة عن الموجة الداخلة؛ وبالرغم من أن تأثير الجهاز الإلكتروني في زيادة توافقيات الشبكة صغير الا أن كثرة عدد الأجهزة الإلكترونية يجعلها مصدرا مؤثرا للتوافقيات في الشبكة ومثال لها أجهزة الكمبيوتر والتلفزيونات.

ii. **مصابيح الفلورسنت:**

حيث تولد قوسا كهربيا صغيرا يتولد عنه توافقيات من الدرجة الثالثة؛ قد تصل الى 30% من قيمة تيار التردد الأساسي.

iii. **المعدات ذات القوس الكهربائي:**

حيث تعتبر أفران القوس الكهربائي من أكبر المصادر المولدة للتوافقيات في الشبكة كما في مصانع الحديد والصلب وتتشابه معها معدات اللحام بالقوس الكهربائي.

(B) أسباب من ناحية الشبكة:

من أمثلة المعدات ذات المصدر الرئيسي لوجود التوافقيات من ناحية الشبكة

i. **المحولات:**

حيث تنتج المحولات في حالة تحميلها كمية من التوافقيات عادة لا تكون كبيرة ولكن وجودها بكثرة في الشبكة بوجه عام يؤثر على أداء المحول

ii. **المكائن الدوارة:**

حيث يسبب توزيع القوة المحركة المغناطيسية (MMF) في ملفات مكائن التيار المتغير ثلاثية الأوجه توافقيات تؤثر على الموجة الأساسية للجهد والتيار.

iii. **المكثفات:**

تتولد التوافقيات في الدوائر التي تحتوي على المكثفات وتسبب تيارات التوافقيات تسخينا ذاتيا للمكثف.

(2-10-3) المشاكل الناتجة عن التوافقيات:

i. حدوث رنين بين المحاثات والمكثفات الموجودة بالشبكة مما يؤدي إلى مرور تيار عالي قد يتسبب في عمل مرحلات الحماية وفصل أجزاء من الشبكة دون وجود أي خطأ.

ii. التقليل من كفاءة الأجهزة الكهربائية كالمحولات والآلات الدوارة وذلك بسبب زيادة المفاقيد الحديدية لأنها تتناسب طرديا مع مربع التردد، وزيادة المفاقيد النحاسية بسبب إرتفاع درجة حرارة الجهاز مما قد يؤدي إلى تلفه.

iii. مرور تيار عالي في سلك التعادل بسبب التوافقيات ذات التتابع الصفري لأن المجموع الإتجاهي للتيارات ذات التتابع الصفري لا يساوي صفر، ولكن يساوي ثلاث أضعاف الطور الواحد مما قد يؤدي إلى عمل مرحلات التسرب الأرضي وبالتالي فصل أجزاء الشبكة.

iv. نقصان مفاعلة المكثفات بزيادة التردد وبالتالي زيادة التيار المار بها مما قد يؤدي إلى تلفها.

v. حدوث إهتزازات وضوضاء، حيث أن التيار الذي به توافقيات يؤدي إلى إنتاج قوى ديناميكية تتسبب في ضوضاء سمعية وإهتزازات وخصوصاً في الأجهزة الكهرومغناطيسية كالمحولات والمفاعلات.

vi. معامل قدرة منخفض بسبب فشل مكثفات تصحيح معامل القدرة.

vii. تعطيل الأجهزة التي تعمل مع المعالج الدقيق.

viii. تشويه في موجات نظم التحكم.

ix. حدوث تداخل في الإتصالات والحاسبات.

ومما سبق فإن التوافقيات تسبب مشكلات عديدة للمعدات الكهربائية المختلفة وأجهزة التحكم مما يؤدي الى انخفاض كفاءة تشغيلها أو تعطل عملها.

الفصل الثالث

المكثفات

والأجهزة المستخدمة في تحسين معامل القدرة

(1-3) مقدمة:

(1-1-3) المكثفات الكهربائية Electrical capacitors :

المكثف الكهربي عبارة عن موصلين كهربيين بينهما عازل كهربي، سعة المكثف والجهد على الموصلات الكهربية هي العوامل المحددة لكمية الشحنات الكهربية التي تخزن في المكثف الكهربي

$$C = \frac{Q}{V}\ farad \dots\dots (3-1)$$

Q : الشحنة الكهربائية

V: الجهد على المكثف

وتعتمد سعة المكثف على مادة العزل بين الموصلين والتي تحدد قيمة النفاذية لهذا العازل

سعة مكثف كهربي ذي لوحين متوازيين بينهما عازل هي:

$$\mathrm{C} = \frac{\varepsilon o\ \varepsilon r\ \mathrm{A}}{d} = \frac{\varepsilon \mathrm{A}}{d} farad \dots\dots (3 - 2)$$

ε : النفاذية المطلقة لمادة العزل

A : مساحة اللوح المعدني

d: المسافة بين اللوحين

ويبين جدول **(3-1)** القيم المتوسطة للنفاذية النسبية لبعض المواد العازلة وشدة العزل لهذه المواد في حالة الجهود المترددة وكذلك الجهود المستمرة؛ وتعني شدة العزل أقصي جهد يتحمله العازل الكهربائي، وتلعب درجة الحرارة والتردد اللذان يعمل عندهما المكثف دوراً هاماً في أختيار نوعية العازل المستخدم

مادة العزل	النفاذية النسبية	شدة العزل للتيار المترددMV/m	شدة العزل للتيار المستمرMV/m
الهواء	1.00	2-3	4-9
السيراميك	3000.0	0.35	9.4
السليولوز	6.50	16-18	200-220
الزجاج	7.00	-	-
الزيوت المعدنية	2.13	16-18	75.6
الميكا	5.60	80-100	150
البولي بروبلين	2.20	48-52	650
البوليستر	2.90	Not used in AC	158

وتحدد قيمة القدرة لمكثفات القوى بالمعادلة التالية:

$$Q = 2\Pi FCV^2 * 10^{-9}\ KVAR \dots\dots (3-3)$$

(2-1-3) أنواع المكثفات المستخدمة عمليا:

في أوائل القرن العشرين أستخدمت مكثفات العناصر الإسطوانية المغمورة بالزيت العازل بأحجام تتراوح ما بين 1.0 الي 500KVAR؛ وكانت هذه المكثفات تناسب الجهد المتوسط وأخيراً باستخدام مجموعة عناصر التوالي – توازي أصبحت هذه المكثفات تستخدم حتى33KW.

وفي النصف الثاني من القرن العشرين بدأ إستخدام مكثفات الورق المشبع وقد طور الأوربيون تصميم المكثفات ليجمع بين الكترودات الورق المعدني والشرائح الرقيقة من البولي بروبلين والمغموسة في زيت عازل غير ضار بالصحة.

تتكون مكثفات القوى من عدد من العناصر الأساسية والتي تبنى بلف طبقتين من شرائح الألمونيوم بين عدد من الطبقات من ورق رقيق عازل أو عازل مختلط من الورق وشريحة بلاستيكية.

(3-1-3) مميزات إستخدام المكثفات في تحسين معامل القدرة:

- إمكانية إستخدامها عند الجهد المنخفض وعند الجهد المرتفع.
- مفاقيد القدرة الفعالة صغيرة من 0.005 الى 0.0025 KW لكلKVAR .
- سهولة الإستثمار والصيانة.
- سهولة التركيب.
- إمكانية إستخدام أي مكان جاف لإنشاء هذه التجهيزات.

(2-3)-طرق حساب حجم المكثف:

(1-2-3) طريقة الحساب:

يتم حساب حجم المكثف بإيجاد قيمة القدرة الغير فعالة الناتجة من معامل القدرة الحالي Q_{Old} بإستخدام القانون:

$$Q_{old} = \sqrt{(KVA)^2 - (KW)^2} \dots\dots\dots (3-4)$$

ثم يتم حساب قيمة القدرة الغير فعالة الناتجة من معامل القدرة المراد التحسين إليهQ_{new} بنفس القانون السابق ومن ثم يتم إيجاد حجم المكثف من ناتج طرح القدرتين

$$Q = Q_{old} - Q_{new} \dots\dots (3-5)$$

(3-2-3) إستخدام الجدول:

هذه الطريقة هي الأكثر إستخداماً حيث أنها تعطي سعة المكثف المقننة المطلوب لتحسين معامل القدرة من ($\cos\theta_1$) إلى ($\cos\theta_2$) بصورة مبسطة.

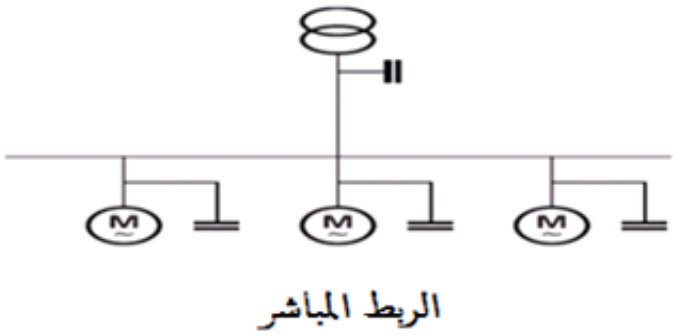
يتم إستخدام جدول **(3-2)** بإستخراج معامل الضرب المقابل لمعامل القدرة الحالي ومعامل القدرة المراد التحسين إليه ويضرب هذا المعامل في قيمة (KW).

ملحوظة: -

جدول **(3-2)** موجود بالملحق.

(3-3) طرق ربط المكثفات لتصحيح معامل القدرة:

(3-3-1) الربط المباشر:



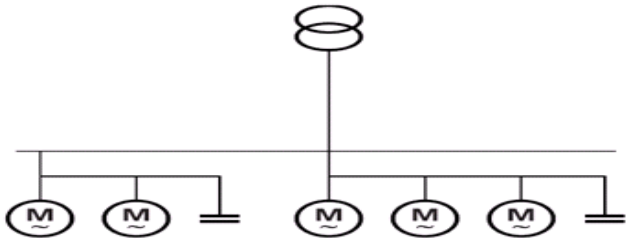
الربط المباشر

شكل (3-1)

من مميزات هذه الطريقة:

i. التخلص من القدرة غير الفعالة قرب الحمل ولا تتأثر بخطوط التوصيل.
ii. قلة التكلفة.

ويمكن ربطها على شكل مجموعات كما في الشكل التالي ويجب أن تعمل كل مجموعة معاً



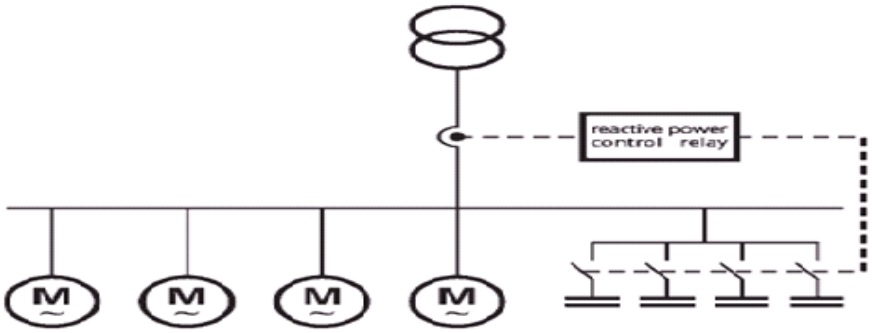
الربط في شكل مجموعات

شكل (3-2)

(3-3-2) الربط الأتوماتيكي:

في هذه الحالة يفترض وجود جهاز(Automatic Reactive Control Relays)

وتربط المكثفات مركزياً عند لوحة التوزيع الرئيسية بحيث تغطي المطلب الكلي لـ Reactive Power.



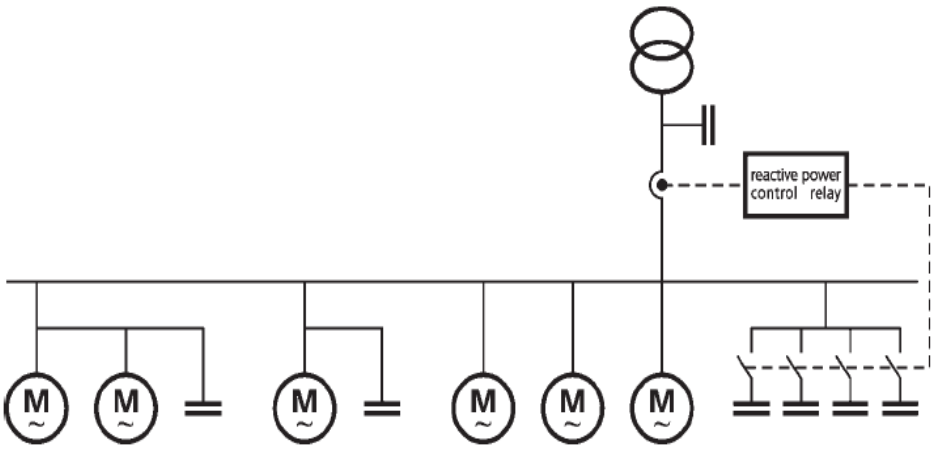
الربط الأتوماتيكي

شكل (3-3)

ومن محاسن هذه الربط يصحح معامل القدرة بصورة دقيقة جداً، وسهل التركيب.

ومن العيوب يتطلب غرف أكثر وعالي التكلفة.

(3-3-3) الربط المركب (المباشر مع الأتوماتيكي):

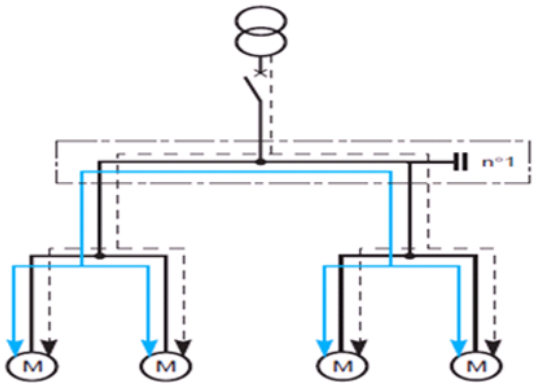


شكل (3-4)

الجمع بين الطرق الثلاثة يكون أكثر اقتصادياً ويجمع مزايا كل منها

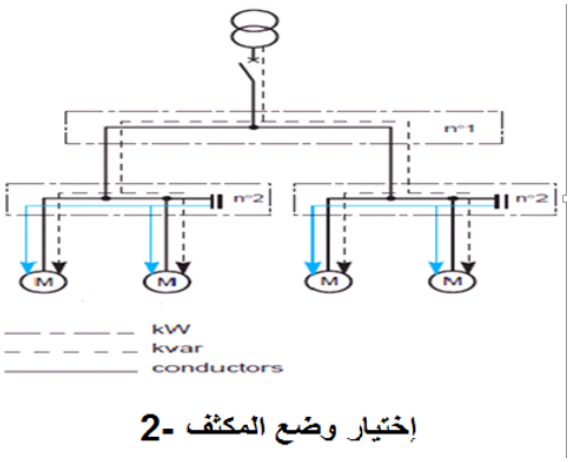
هنالك عدة اختيارات لأماكن وضع المكثفات، فالإختيار الأول أن تركب المكثفات على الـــ Bus Bar العمومي للجهد المنخفض كما في الشكل **(3-5)** وفي هذه الحالة ستتحقق عدة مكاسب منها التخفيض الـ Demand KVA للمنشأة وتجنب الغرامات الناتجة عن انخفاض معامل القدرة.

لكن يجب الإنتباه على أن تحسين معامل القدرة يقلل الـــ KVAR المار في كافة الكابلات الواقعة قبل المكثفات، أما الكابلات التي تقع بعد المكثفات فسيمر بها نفس الـــ KVAR الأصلية وهذا ما يعيب هذا الإختيار.



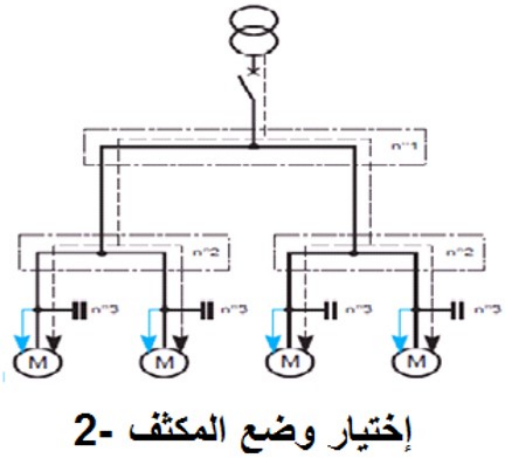
شكل (3-5)

ولعلاج هذه المشـكلة يمكن تحريك مكان المكثفات إما لتوضـع على اللوحات العمومية للأحمال كما في الشـكل (3-6) حيث يتم تخفيف الحمل على الكابلات الرئيسـية المغذية للوحات العمومية وهذا هو ما يميز هذا الإختيار الثاني.



شكل (3-6)

أما إذا أريد أن تخفف الأحمال عن كافة الكابلات فيجب أن توضع المكثفات مباشرة عند الأحمال كما في الشكل **(3-7)**.



شكل (3-7)

يتم توصـيل المكثفات علي شـكل مثلثي في المنشـآت الصـناعية لان القدرة غير الفعالة تكون أكبر بثلاث مرات من حالة التوصيل النجمي.

يجب في جميع الأحوال دراسـة مزايا تركيب مجموعات المكثفات في المواقع المختارة دراسـة اقتصـادية متأنية، من حيث التكاليف اللازمة عند كل حالة والمردود الإقتصـادي لتحسـين معامل القدرة حسـب كل

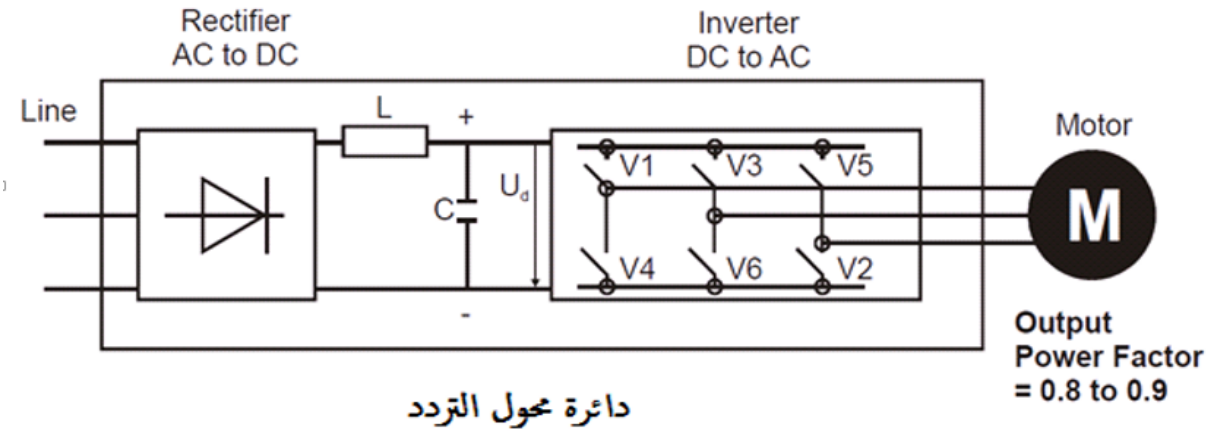
موقع، آخذين في الإعتبار طبيعة الأحمال المراد تصـحيح معامل القدرة لها وظروف تشـغيلها بما يحقق أكبر فائدة لكل من مؤسـسـة الكهرباء وللعميل معاً لما في ذلك من مدلول اقتصـادي إيجابي على مسـتوى الناتج القومي بصفة عامة.

(4-3)الأجهزة المستخدمة في تحسين معامل القدرة:

ظهرت في الآونة الأخيرة العديد من الأجهزة التي تصـحح معامل القدرة في المنشـآت الصـناعية، وتختلف فيما بينها وفقاً للمعدات المستخدمة ومنها:

(1-4-3) Variable Frequency Drive ((VFD)):

محول التردد هو نوع من مقومات التيار يقوم بتغيير تردد التيار ومطال جهده بحيث يناسـب تشـغيل آلة كهربائية مثل محرك تيار ثلاثي الأطوار وغيره. ويمكن تحديد تردد ومطال الجهد الناتج من المحول بحيث يتماشـــى مع إحتياجات الآلة الكهربائية والحمل المحمل عليها. بعض تلك محولات التردد يكون مزوداً بمجسات إضافية تقوم بقراءة سرعة الآلة أو تعيين الزاوية الآنية للعضو الدوار.



دائرة محول التردد

شكل (3-8)

VFD يتكون من مقوم قنطرة ومكثف ومحاثة وعاكس يعطي خرجاً جيبياً أكثر نعومة حيث يقوم بتحويل جهد ACإلى DC ثم إلي AC مرة أخرى معدل في التردد ويعطي معامل قدرة محسن.

(2-4-3) المرحلات التلقائية لتصحيح معامل القدرة:

في ظـل طفرة التطورات الكبيرة في عـالم الإلكترونيـات في شـــتى المجـالات خـاصـــة في مجـال Microcontroller التي وفرت حلاً فعالاً من حيث التكلفة والبســاطة للســيطرة على معامل القدرة في المنشآت.

يتكون المرحل المستخدم في تحسين معامل القدرة من Microcontroller ومن محول جهد ومحول تيار Potential Transformer (PT) & Current Transformer (CT) ؛بإعتبار أن الجهد ثابت والتيار متغير مع تغير الحمل المسحوب حيث تقوم Microcontrollerبحساب الزاوية بين التيار والجهد بواسطة البرنامج الموجود بها ومن خلال معرفة الزاوية تســتطيع معرفة معامل القدرة حيث يمكنها التحكم به بواسطة القيمة المرجعية الموجودة بها وقيمة Feedback أوError حيث تقوم بتصحيح الخطأ بإدخال أو إخراج المكثفات؛ الخطأ الناتج إما أن يكون معامل القدرة متقدم يعني أن الحمل ســعوي؛ فتعطي إشــارة بإخراج مكثفات ،أو أن يكون معامل القدرة متأخر يعني أن الحمل حثي فتعطي إشــارة بإدخال مكثفات وهكذا.

(1-2-4-3) مميزات مرحلات معامل القدرة التلقائية:

i. عرض دقيق لمعامل القدرة حتى في وجود التوافقيات.

ii. لا توجد بها مشاكل تشغيل.

iii. الحماية من أعطال التشغيل.

iv. عرض عدة عوامل.

v. رخيصة التكلفة.

vi. متاحة في الأسواق.

(5-3)مكونات لوحة تحسين معامل القدرة :

(1-5-3) المكثفات:

في الشبكات ثلاثية الطور يتم توصيل المكثفات أما بشكل نجمي أو مثلثي :

1.عند وصل المكثفات بشكل نجمي تكون القدرة غير الفعالة المولدة

$$Qc = Vph * wc \dots . (3-6)$$

2.عند وصل المكثفات بشكل مثلثي تكون القدرة غير الفعالة المولدة

$$Qc = Vl^2 * Wc = 3Vph * wc \dots \dots (3-7)$$

وهكذا تم الإستنتاج أنه عند التوصيل المثلثي تكون القدرة غير الفعالة أكبر بثلاث مرآت من حالة التوصيل النجمي، ولهذا السبب يجب توصيل المكثفات بشكل مثلثي عند تركيب نظام تعويض القدرة غير الفعالة في المنشآت الصناعية.

أن المقننات القياســية للمكثفات التي تعمل على الجهد 400V والتردد 50Hzالمتوفرة في الأســواق هي (2.5-5-7.5-10-12.5-15-20-25-30-40-50).

(3-5-2) الحمايات المستخدمة في لوحة تحسين معامل القدرة:

(3-5-2-1) المنصهرات الفرعية:

المنصهرات هي عناصر حماية تنصهر حرارياً لتقطع الدارة عند بلوغ التيار المار فيها قيمة تتجاوز تيار الإنصهار لتلك المنصهرة.

في المنشآت الصناعية تستخدم المنصهرات فقط كعناصر حماية من تيارات الدارة القصيرة وبزمن فصل سريع جداً؛ وتستخدم في اللوحة حوامل فيوزات لكل مجموعة مكثفات وذلك من أجل الحماية من تيارات القصر.

(3-5-2-2) المنصهرات الرئيسية:

تقوم بحماية اللوحة بشكل كامل من تيارات القصر حيث تركب على حوامل منصهرات ثلاثية الطور وتستطيع هذه الحوامل أيضاً قطع التغذية بشكل كامل عن طريق زراع تشبه القاطع السكيني.

(3-5-2-3) القاطع الحراري – المغنطيسي الرئيسي:

يقوم بحماية اللوحة من ذيادة التحميل ومن حالات القصر والجهود العابرة ويجب أن يكون قادر علي تحمل التيارات المركبة من أجل فصل وتوصيل اللوحة دون أن تتعرض مكوناتها للتلف.

ويجب أن تحقق القواطع المواصفات الأتية:

i. أن تكون مواصفات القواطع في دارات تغذية الأحمال مناسبة لمواصفات الأحمال المتصلة بها من أجل ضمان عملها بشكل سليم وسريع وانتقائي دون أن تتعرض للتلف.

ii. جهد العزل الإسمي لا يقل عن 750V لقواطع الجهد المنخفض.

iii. يتم إختيار القواطع في اللوحات العادية والفرعية والرئيسية من المواصفات القياسية-DVN (VDE0641) بحيث يبدأ مجال عملها المغنطيسي السريع خلال (4- 6sec).

عند تيار يعادل 4-3 أضعاف التيار الإسمي.

*** محتويات بارامترات القواطع (الحرارية – المغناطيسية):**

1. عدد تماسات القاطع (1-2-3-4)

2. تيار الحماية الحرارية (I_r) يقوم بحماية الشبكة من زيادة التحميل ويجب أن يحقق:

$$I_z \geq I_r \geq I_b$$

I_b= تيار العمل (التيار المسحوب)

I_z= التيار الذي يتحمله الكابل

3. تيار الحماية المغناطيسية (I_m) يقوم بحماية الشبكة من تيارات القصر خلال فترة زمنية لا تتجاوز 100ms.

$$I_m \leq I_{sc\,min}$$

$I_{sc\,min}$ = تيار القصر الأصغر ويعطى بالعلاقة الآتية:

$$I_{sc\,\min} = C_{min}\frac{V_{ph}}{Z_{sc\,max}} \ldots\ldots (3-8)$$

$$C_{min} = 0.8$$

$Z_{sc\,max}$= ممانعة دارة القصر بين طور وطور أو بين طور وأرض

4. التيار الإسمي (I_n) يكون مساوي (I_r) عند درجات الحرارة 40° أما عند درجات الحرارة الأعلى يكون $I_n > I_r$.

5. تيار القصر الأعظم (سعة القطع (I_{cu}) وهو القيمة العظمى لتيار القصر الذي يستطيع القاطع فصله دون أن يتلف ويجب أن يحقق:

$$I_{cu} \geq I_{sc\,max}$$

$$I_{sc\,max} = C_{max}\frac{V_{ph}}{Z_{sc\,min}} \ldots\ldots (3-9)$$

$Cmax$ =1.05 للجهد المنخفض؛ 1.1 للجهد المتوسط والعالي

$Z_{sc\,min}$ =ممانعة دارة القصر الدنيا وتحدث عند قصر ثلاثة أطوار مع بعضها

* **لتسهيل عملية الحساب في لوحات تحسين معامل القدرة نأخذ بعين الإعتبار ما يلي:**

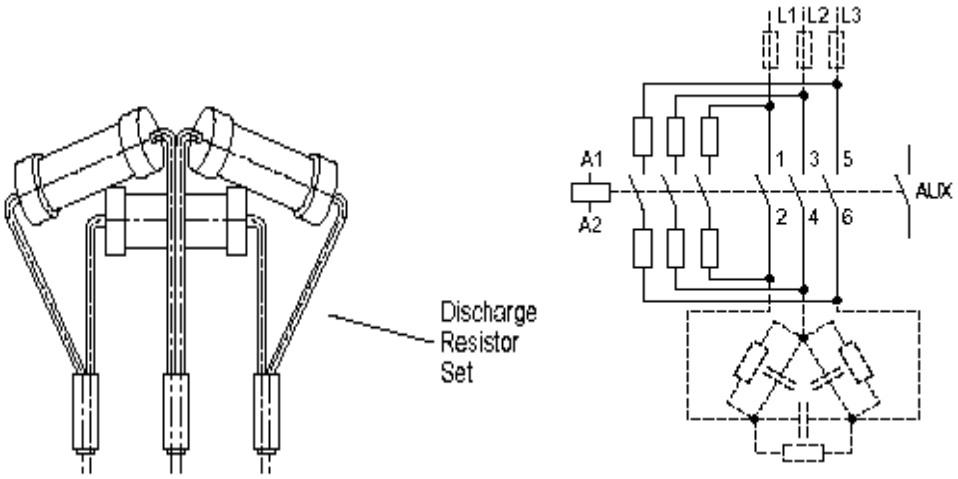
- $I_r = 1.3 * I_n$.
- $I_m = 6 * I_n$ للتيارات الأقل من 450A .
- $I_m = 4 * I_n$ للتيارات الأكثر من 450A .

(3-5-3) الكونتاكتورات الخاصة بتحسين معامل القدرة:

تستخدم للتحكم بوصل وفصل مجموعات المكثفات وهي كونتاكتورات خاصة بالتحميل السعوي والتي يعتمد مبدأ عملها علي وصل تماس مبكر بواسطة مقاومة حرارية ثم وصل التماسات الرئيسية للكونتاكتور؛ والغاية الرئيسية من وجود التماس المبكر الحد قدر الإمكان من القوس الكهربائي الناتج في لحظة وصل التماسات الرئيسية مع بعضها البعض، لتجنب تلف التماسات الرئيسية للكونتاكتور عند وصل التغذية للمكثف بسبب التيار السعوي الكبير عند وصل المكثف.

(4-5-3) مقاومات التفريغ:

تستخدم مقاومات التفريغ ضمن كل مجموعة مكثفات وذلك من أجل تفريغ الشحنة المتبقية بين أطراف المكثف عند فصلها عن التغذية الكهربائية وذلك من أجل التخلص من ضياع القدرة.



شكل (3-9)

(3-5-5) أجهزة التحكم بإدخال وإخراج المكثفات:

يتم التحكم بإدخال وإخراج مجموعات المكثفات الياً وذلك عن طريق وحدة التحكم الألية (منظم المراحل) والتي يعتمد مبدأ عملها علي قياس ومقارنة معامل القدرة الحالي (بمساعدة محول التيار (C.T)) عند جهة الدخل حيث يتم إصدار أوامر إدخال أو إخراج المكثفات الياً وذلك حسب معامل القدرة المطلوب والقدرة غير الفعالة المطلوبة ؛ وفي المنظمات الألية الحديثة ليس بالضرورة إدخال المراحل على التتابع بل يتم إدخال المراحل حسب قيمة القدرة غير الفعالة المطلوبة للوصول الى معامل القدرة المطلوب ويوجد هذا المنظم علي أنواع عديدة وماركات متنوعة ومراحل متعددة [6-8-12-14].

(3-5-6) شروط تركيب لوحة تحسين معامل القدرة:

i. تركيب لوحة تحسين معامل القدرة بعد العداد.

ii.تركيب جهاز Power Analysis لفحص التوافقيات

iii. وضع مرشحات للتخلص من التوافقيات في حالة وجودها.

iv. تركيب لوحة تحسين معامل القدرة بالقرب من الأحمال قدر الإمكان.

(3-5-7) اللوحة المعدنية والشروط الفنية الأخرى:

i. تدهن اللوحة بالزيرقون على الوجهين ثم تدهن عن طريق البخ الحراري بالوردة السنتانية باللون الفضي.

ii. الأبواب تكون من الصاج بسماكة لا تقل عن 1.25mm بينما باقي الهيكل سماكته1.5mm علي الأقل.

iii. مفصلات الأبواب يفضل أن تكون مخفية ويزود الطرف بقفل ذو قبضة بدون سيخ كما تزود الأبواب بجوانات كاوتشوك خاصة.

iv. كافة التوصيلات تكون ضمن مجاري بلاستيكية بحيث لا تزيد كثافة التيار عن 3A لكل 2mm.

v. لا تقل عازليه جميع المواد داخل اللوحة عن 1000V

vi. جميع الأسلاك تكون من النوع الشعري في توصيلات التحكم.

x. وضع لوحة التعويض المركزي في غرفة لوحات توزيع الطاقة الكهربائية الرئيسية.

الفصل الرابع

الدراسة والتصميم

دراسة تحسين معامل القدرة في المدينة السكنية لمصنع أسمنت بربر

(4-1) المقدمة:

يشتمل هذا الجزء على دراسة طبيعة الأحمال الموجودة بالمدينة السكنية مع التركيز على دراسة الأحمال الحثية لأنها أكثر الأحمال التي تؤثر على معامل القدرة وهي أكثر الأحمال استهلاكاً للقدرة غير الفعالة.

المتوسط الشهري لإستهلاك المدينة من 60MWالى 80MW في فصل الصيف ومن 20MW الى 30MW في فصل الشتاء لكل شهر، ويراد دائماً تحقيق معامل قدرة أكبر من 0.7 حوالي 0.95 التي تفرضها شركة توزيع الكهرباء ولتجنب ال KVARأضافت شركة توزيع الكهرباء نفقة 1.3SDGغرامة لكل KVAR.

تم إستبعاد الدراسة المستقبلية في هذه الدراسة للأسباب التالية:

المحول الذي يغذي المدينة السكنية يعمل بأقصى حمولته في حالة الحمل الكامل، وإذا تم إضافة أي أحمال أخري مهما كانت قيمة قدرتها سيؤدي ذلك الى تلف المحول أوإنفجاره.

في الدراسة المستقبلية للمصنع، يراد إنشاء مدينة سكنية جديدة بنفس مواصفات وقطاعات وأحمال المدينة السكنية الحالية ورفع قيمة المحول من 500KVAالى 1.5MVA.

(4-2) الدراسة:

(4-2-1) طبيعة الأحمال في المدينة السكنية

كل الأحمال الموجودة بالمدينة السكنية ذات جهود منخفضة وتضم المدينة كافة أنواع الأحمال الكهربائية:

-الأحمال الممانعية: مثل السخانات، الأفران الكهربائية، المصابيح المتوهجة.
-الأحمال الحثية: مثل المكيفات، الثلاجات، الغسالات، المراوح، مبردات المياه، طلمبات المياه.
-الأحمال السعوية: مثل لمبات الإضاءة المستخدمة في إنارة الطرق.
-أحمال هارمونيك: مثل المصابيح الإقتصادية، أجهزة التلفاز، الحواسيب.

(2-2-4) تقسيم الأحمال الحثية في المدينة السكنية

تحتوي المدينة السكنية على أربعة قطاعات (A-B-C-D):

(1-2-2-4) القطاع (A)

يضم القطاع A عدد 12 منزل، كل منزل يحتوي علي:

-3 مكيفات 18 unit

-2 مكيفات 26 unit

-10 مراوح سقف

- 1 ثلاجة

- 1 غسالة

- 1 مبرد مياه

*** الحمل الحثي الكلي للقطاع (A):**

جدول**(1-4)**

العدد	الحمل	القدرة
36	مكيف 18 unit	VA2900
24	مكيف 26 unit	3140 VA
120	مراوح سقف	60 VA
12	ثلاجة	159 VA
12	غسالة	300 VA
12	مبرد مياه	400 VA

Total:

S = 197.268 KVA

P = 138.0876 KW

Q = 140.88 KVAR

(4-2-2-2) القطاع (B)

يضم القطاع B عدد 9 منازل، كل منزل يحتوي علي:

-2 مكيفات 18 unit

-2 مكيفات 26 unit

-9 مراوح سقف

- 1 ثلاجة

- 1 غسالة

- 1 مبرد مياه

*** الحمل الحثي الكلي للقطاع (B):**

جدول**(4-2)**

العدد	الحمل	القدرة
18	مكيف 18 unit	VA2900
18	مكيف 26 unit	3140 VA
81	مراوح سقف	60 VA
9	ثلاجة	159 VA
9	غسالة	300 VA
9	مبرد مياه	400 VA

Total:

S = 121.311 KVA

P = 84.9177 KW

Q = 86.634 KVAR

(4-2-2-3) القطاع (C)

يضم القطاع C عدد 21 منزل، كل منزل يحتوي علي:

-2 مكيفات 18 unit

-1 مكيفات 26 unit

-5 مراوح سقف

- 1 ثلاجة

- 1 غسالة

- 1 مبرد مياه

*** الحمل الحثي الكلي للقطاع (C):**

جدول**(4-3)**

العدد	الحمل	القدرة
42	مكيف 18 unit	VA2900
21	مكيف 26 unit	3140 VA
105	مراوح سقف	60 VA
21	ثلاجة	159 VA
21	غسالة	300 VA
21	مبرد مياه	400 VA

Total:

S = 212.079 KVA

P = 148.4553 KW

Q = 151.36 KVAR

(4-2-2-4) القطاع (D)

يضم القطاع (D) كلا من المسجد، الروضة، الإستراحة، طلمبات المياه تفاصيلهم كالاتي:

المسجد:*

- 14 مكيف 26 unit

- 12 مروحة سقف

- 3 مبردات مياه

*** الروضة:**

- 3 مكيفات 26 unit

- 1 مكيف 18 unit

- 4 مراوح سقف

- 2 مبرد مياه

*** الإستراحة:**

- 14 مكيف 18 unit

- 6 مكيفات 26 unit

-21 مروحة سقف

- 12 ثلاجة

- 12 مبرد مياه

*** طلمبات المياه:**

تحتوي المدينة السكنية على طلمبتى مياه قدرة كل واحدة منهما 21.42857KVA .

*** الحمل الحثي الكلي للقطاع (D):**

جدول(4-4)

العدد	الحمل	القدرة
15	مكيف 18 unit	VA2900
23	مكيف 26 unit	3140 VA
37	مروحة سقف	60 VA
12	ثلاجة	159 VA
17	مبرد مياه	400 VA
2	طرمبة مياه	21428.57 VA

Total:

S = 163.22514 KVA

P = 114.257 KW

Q = 116.6 KVAR

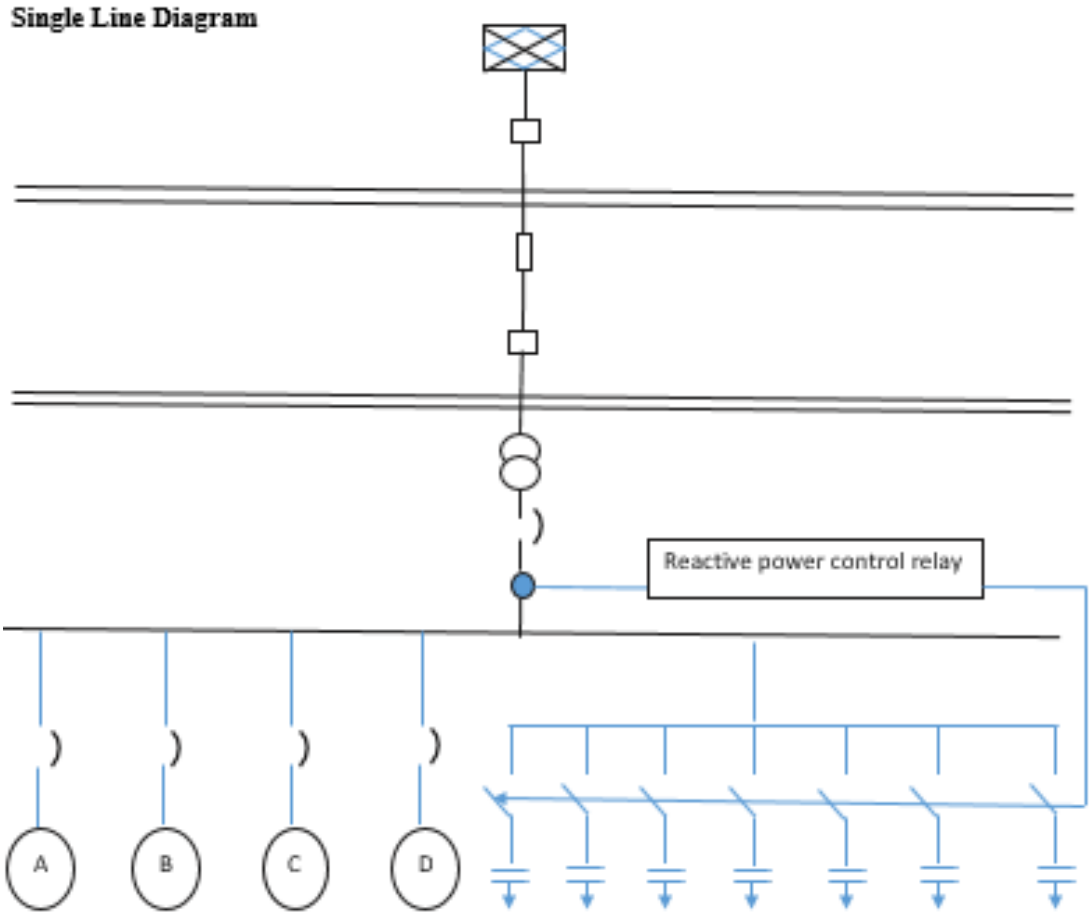
(3-4) العملي:

(1-3-4) الحمل الكلي للأحمال الحثية في المدينة السكنية:

جدول(**5-4**)

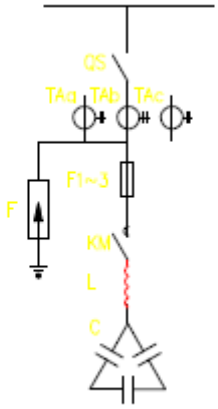
القطاع	القدرة الظاهرية KVA	القدرة الفعالة KW	القدرة غير الفعالة KVAR	معامل القدرة PF
A	197.268	138.0876	140.88	0.7
B	121.311	84.9177	86.634	0.7
C	212.079	148.4553	151.36	0.7
D	163.22514	114.257	116.6	0.7
المجموع	694	485.72	495.5	0.7

Control & Power & S.L.D مخططات ال (2-3-4)



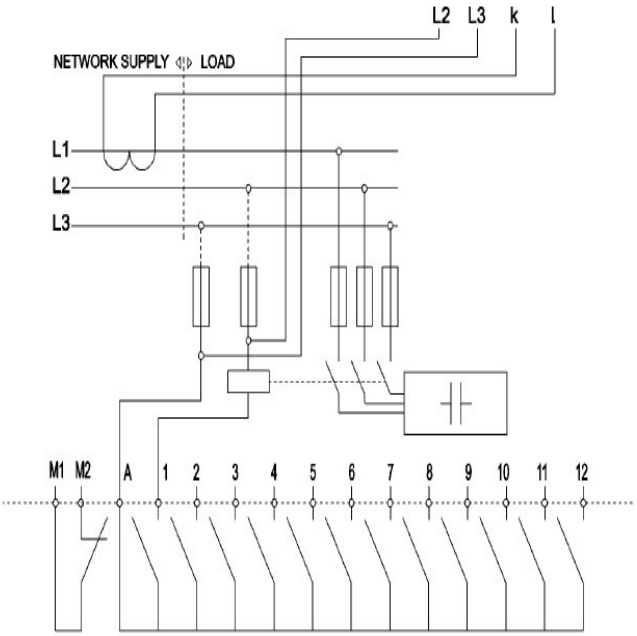
TYPE	DISCIRBTION	TYPE	DISCIRBTION
	Power grid		Current transformer
	Bus 6.6 KV		Loads
	Bus 0.415 KV		Cable
	High voltage C.B		TRANSFORMER
	Low voltage C.B		Capacitor

Power Circuit Diagram



Control Circuit Diagram

k, l: leads of the current transformer
L2, L3: 2 of the 3 phases (not monitored by the CT)
M1, M2: leads of the normally closed contact
A: output relay common source
1-12: outputs



(4-3-3) حساب القدرة غير الفعالة اللازمة للتعويض:

(4-3-3-1) طريقة الحساب

إن القدرة الفعالة الكلية للمدينة السـكنية تبلغ 485.72 KW بمعامل قدرة 0.7 ويراد رفع معامل القدرة حتى القيمة 0.95.

فتكون القدرة غير الفعالة اللازمة:

$$Q_c = P_{tot} * (tan\theta_1 - tan\theta_2) \dots . (4-1)$$

حيث:

θ_1: زاوية الطور قبل التحسين = 45.57

θ_2: زاوية الطور بعد التحسين = 18.2

$$Q_c = 485.72 * (\tan(45.57) - \tan(18.2) = 335.78\ KVAR$$

نقوم بجعل قيمة ال KVAR المطلوب الناتج بتسويته الى أقرب قيمة مقننة للمكثفات

$$Q_c = 350\ KVAR$$

(4-3-3-2) طريقة الجدول:

تعتبر من أسهل وأسرع الطرق المستخدمة لحساب القدرة غير الفعالة المطلوبة، بحيث يتم محاذاة معامل القدرة الحالي مع معامل القدرة المراد التحسين إليه وضرب الرقم الناتج في الحمل الفعال الكلي

$$Q_c = 0.691 * 485.72 = 335.632\ KVAR$$

الجدول مرفق في الملحقات

(4-3-4) إختيار عدد مراحل المنظم الآلي:

إن المنظم الإلكتروني المتوافر في الأسواق حاليا يتواجد بالمراحل التالية:

(14-12-8-6) مرحلة ونظراً لقيمة القدرة غير الفعالة اللازمة للتعويض سنعتمد المنظم الالكتروني ذو (8) مراحل.

إن إستطاعة المكثفات التي تعمل على التوتر 400V والتردد 50Hz المتوفرة في الأسواق هي KVAR (2.5-5-7.5-12.5-15-20-25-30-40-50)، فتكون قيم المكثفات اللازمة للتعويض هي:

$$Q_c = (7 * 50) = 350\ KVAR$$

حيث تم إستخدام مكثفات ذات قيم 50 KVAR.

(4-3-5) إختيار قضبان التجميع

تحدد مقاطع قضبان التجميع تبعا:

-التيار الممكن مروره

-تيارات القصر الأعظمية

-درجة حرارة الوسط المحيط

*** يحسب التيار المار في اللوحة من العلاقة التالية:**

$$I_{tot} = \frac{Q_c}{V_l * \sqrt{3}} \dots\dots (4-2)$$

$$I_{tot} = \frac{350 * 1000}{415 * \sqrt{3}} = 487\ amp$$

المكان مغلق ونريد إختيار قضـيب تجميع واحد لكل طور وبفرض أنه عاري وبالتالي قضـيب التجميع المختار له:

- الأبعاد 40*5mm

- مقطع القضيب $199mm^2$

جدول **(4-12)** إختيار قضبان التوزيع مرفق في الملحق

(4-3-6) إختيار الكابل الرئيسي المغذي للوحة

يتم إختياره على حسب الجدول**(4-13)** المرفق في الملحق، حيث يعطي هذا الجدول قيم المقاطع عند درجة حرارة $40\ C^\circ$ ودرجة حرارة الناقل $70\ C^\circ$ والعازل من ال PVC.

بما ان التيار الكلي المار في اللوحة $I_{tot} = 487amp$؛ إذن نختار المقطع ثنائي أو أحادي النواة، وبالتالي فإن أقرب قيمة من الجدول للتيار المار في اللوحة هي 513 amp، وهذا يؤدي الى أن الكابل الموافق هو $(3*240mm^2)$

وبما أن اللوحة تحتاج الى خط حيادي، حيث أن هذا الخط لا يمر به تيار حمل وإنما فقط يستخدم لتغذية ملفات الكونتاكتورات والمنظم الآلي لذلك يستخدم موصل ذو مقطع صغير ($6mm^2$).

وبالتالي فإن الكابل الكلي المغذي للوحة($3*240+6mm^2$).

(7-3-4) إختيار القاطع الرئيسي:

في لوحات تحسين معامل القدرة نأخذ بعين الإعتبار ما يلي:

i. $I_r = 1.3 * I_n$

ii. $I_m = 6 * I_n$ للتيارات الأقل من 450A

iii. $I_m = 4 * I_n$ للتيارات الأكثر من 450A

بما أن التيار المار في اللوحة يساوي 487amp لذلك نختار قاطع آلي له المواصفات التالية:

1-عدد تماسات القاطع (3)

2-التيار الإسمي I_n:

$$I_z \geq I_n \geq I_b$$

$$I_b = 487\ amp$$

$$I_z = 513\ amp$$

$$I_n = 513\ amp$$

3-تيار الحماية الحرارية I_r:

$$I_r = 1.3 * I_n = 1.3 * 513 = 667\ amp$$

4-تيار الحماية المغناطيسية I_m:

$$I_m = 4 * I_n = 4 * 513 = 2052\ amp$$

إن القواطع التي تحقق هذه المواصفات هي قواطع ثابتة العيار من الصنف AC-02 من *شركة* ABB ومواصفاته كالتالي:

ABB disconnector – switch _ OT 800 E03P

Rated thermal current 800A

Rated operational current 800A

(8-3-4) إختيار المنصهرات الرئيسية

تم إختيار نوع:

HN-CRH sesuf

Class: gG \ gL

Description: DIN square bodied – dual indication industrial fuses

Rating:

Volt 400Vac\250Vdc – 690Vac\250Vdc

Amps: 2-1250 amp

IR: 120KA

Frequency: 50Hz

Operating frequency: 55-62Hz

(9-3-4) إختيار الكابلات المغذية لمجموعة المكثفات وفواصم الحماية لها والكونتاكتورات

نحسب التيار المار في كل مجموعة من المكثفات حسب القانون:

$$I_c = \frac{Q_c}{V_l * \sqrt{3}} \dots \dots (4-3)$$

ويتم إختيار مقاطع الكابلات والفواصم من الجدول رقم **(4-14)** المرفق بالملحق

تم إستخدام الكونتاكتور من شركة ABB ومواصفاته كالتالي:

Class: AC-6b

Type: UA63-30-00RA

Voltage: 400-415v

Frequency: 50Hz

Design:

Three main poles

- The UA63.30.00RA contactor are fitted with a special front-mounted block, which ensures the serial insertion of 3

Damping resistors into the circuit to limit the current peak on energization of the capacitor bank

-- Their connection also ensures capacitor precharging in order to limit the second current peak occurring

Upon making of the main poles

-- The insertion of resistors allows damping the highest current peak of the capacitor when switching on,

Whatever its level.

-control circuit: AC operated

-add-on auxiliary contact blocks for side mounting and a wide range of accessories

* مجموعة المكثفات 50 KVAR

$$I_{c1} = I_{c2} = I_{c3} = I_{c4} = I_{c5} = I_{c6} = I_{c7} = \frac{Q_{c1-c7}}{V_l * \sqrt{3}} = \frac{50 * 1000}{415 * \sqrt{3}} = 69.6\ amp$$

فيكون:

مقطع الكابل = $35mm^2$

تيار الفاصمة = $100mm^2$

تيار الكونتاكتور = $125mm^2$

(10-3-4) إختيار مقاومات التفريغ

يتم حساب قيمة مقاومة التفريغ من علاقة التابع الزمني للمكثف τ والقدرة غير الفعالة للمكثف Q_c

$$\tau = R * C \dots\dots (4-4)$$

$$Q_c = \tau * \omega * v^2 \dots\dots (4-5)$$

$$R = \frac{\tau * \omega * v^2}{Q_c} \dots\dots (4-6)$$

نأخذ الثابت الزمني لتفريغ المكثف $\tau = 5sec$

* مجموعة المكثفات:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_6 = \frac{\tau * \omega * v^2}{Q_c} = \frac{5 * 314 * 415^2}{50 * 1000} = 5.408\ K - ohm$$

وبالتالي يمكن تشكيل جدول البيانات التالي موضحآ قيم العناصر اللازمة:

قضيب التجميع	التيار المار فيه amp	الأبعاد mm^2	المقطع mm^2	خصائص
	487	5×40	199	عاري – قضيب واحد لكل طور
الكابل الرئيسي	التيار المار فيه amp	التيار الذي يتحمله amp	المقطع mm^2	خصائص
	487	513	3×240+6	المقطع أحادي النواة
القاطع الرئيسي	عدد تماسات القطع	التيار الاسمي amp	تيار الحماية الحرارية amp	تيار الحماية المغناطيسية amp
	3	513	667	2052
الفاصمة الرئيسية	تيار الفاصمة amp			
	2-1250 amp			

المكثفات	قيمة المكثفات kvar	مقطع الناقل في mm^2	التيار المار في الناقل amp	التيار المار في المنصهرة amp	التيار المار في الكونتاكتور amp	مقاومة التفريغ k-ohm
مجموعة المكثفات	50	35	69.6	100	125	5.408k-ohm

(4-3-11) اختيار وحدة التحكم الالي (المنظم الالي)

تم في هذه الدراسة استخدام المنظم الالي RVC من شركة ABB ومواصفاته كالتالي:

- Measuring system**:**
  Microprocessor system for balanced three-phase networks or single-phase networks.
- Operating voltage:
  100V to 120V, 220V to 240V, 380V to 440V depending on type of RVC.
- Voltage tolerance:
  +/- 10% on indicated operating voltages.
- Frequency range:
  50 or 60 Hz +/- 5% (automatic adjustment to network frequency).
- Current input:
  5A (RMS).
- Current input impedance:
  <0.1 Ohm.
- Consumption:
  15 VA max.
- Power Factor setting:
  From 0.7 inductive to 0.7 capacitive.

صورة المتحكم مرفقة بالملحق.

(4-3-12) شروط مكان وضع لوحة التحسين

- أن توضع في مكان معزول (غرفة خاصة) بعيداً عن مصادر الحرارة والتلوث.

- أن تكون درجة الحرارة معتدلة 10-30 درجة مئوية.

- تذويد اللوحة بمروحة تبريد.

- طلي اللوحة بمادة تمنع الصدأ والرطوبة ذات ألوان عاكسة للحرارة.

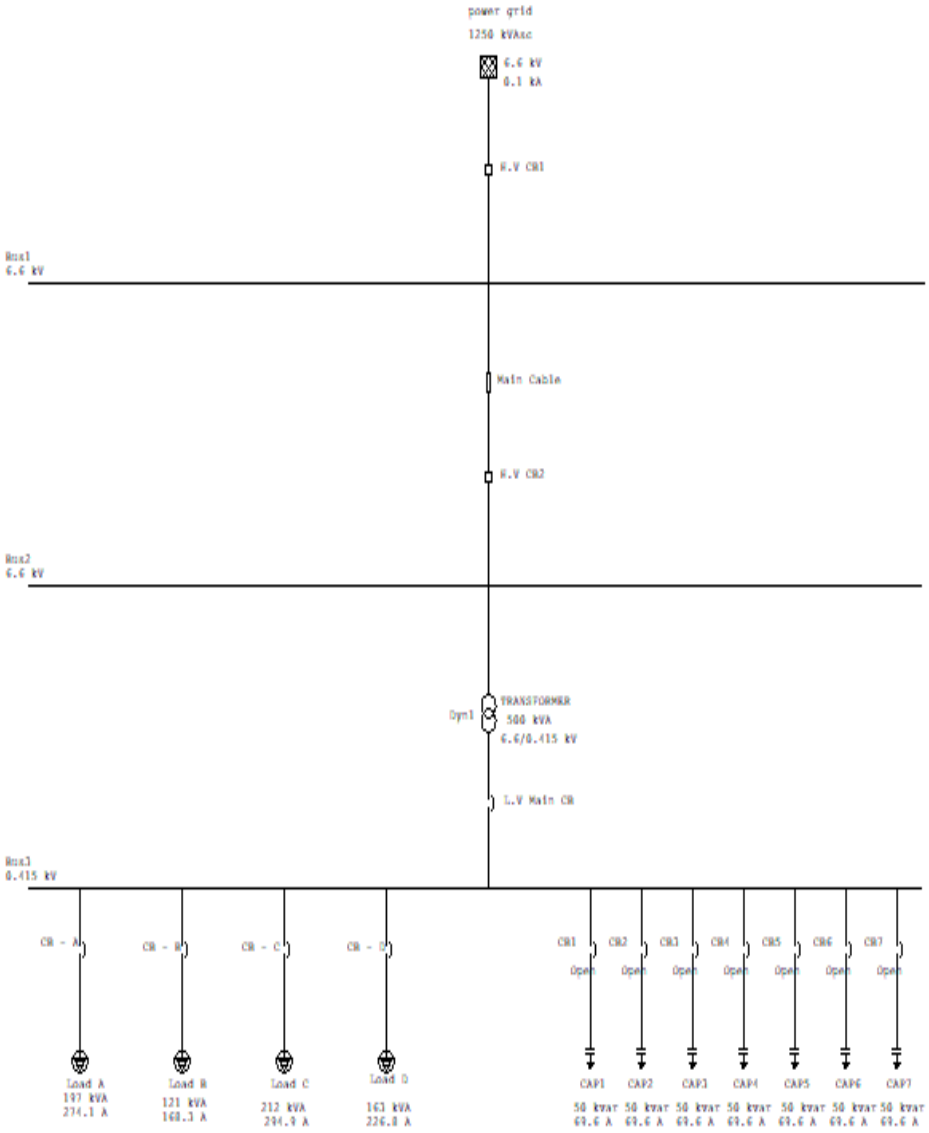
- وضع لمبات داخل اللوحة تعمل على البطارية الجافة لحالات الإصلاح او الصيانة.

- التنظيف الدوري للوحة عن طريق الهواء المضغوط لمنع تراكم الغبار.

- الأبعاد الهندسية للوحة المعدنية المخصصة لمجموعة المكثفات في نظام التعويض المركزي للقدرة غير الفعالة هي (40*160*175cm)

ETAP Simulation (13-3-4)

ONE LINE VIEW



جدول(4-6) القراءات قبل التحسين في حالة LOAD 100%:

%PF	Vd%	Amp	KVAR-BANK	KVAR	KW	KVA	LOAD 100%
69.8	-1.57	17.5	0	143	140	200	Load A
69.9	-0.96	10.7	0	87	85	122	Load B
69.8	-1.7	18.9	0	154	150	216	Load C
69.8	-1.3	14.4	0	118	115	165	Load D
69.2	-5.79	64.3	0	531	509	736	Total

من صف مجموع الأحمال الكلية يلاحظ أنه في حالة عمل الحمل الكلي بأقاصي قدرته 100%load full أن p.f منخفض جدا وذلك لعدم وجود مكثفات لتحسينه، وبالتالي kvarالمسحوب عالي جدا؛ والهبوط في الجهد مرتفع الى أكثر من المسموح به.

جدول(4-7) القراءات قبل التحسين في حالة LOAD 90%:

%PF	Vd%	Amp	KVAR-BANK	KVAR	KW	KVA	LOAD 90%
69.8	-1.41	15.7	0	129	126	180	Load A
69.9	-0.86	9.6	0	79	77	110	Load B
69.8	-1.52	16.9	0	139	135	194	Load C
69.8	-1.17	13	0	106	104	148	Load D
69.3	-5.18	57.5	0	474	456	658	Total

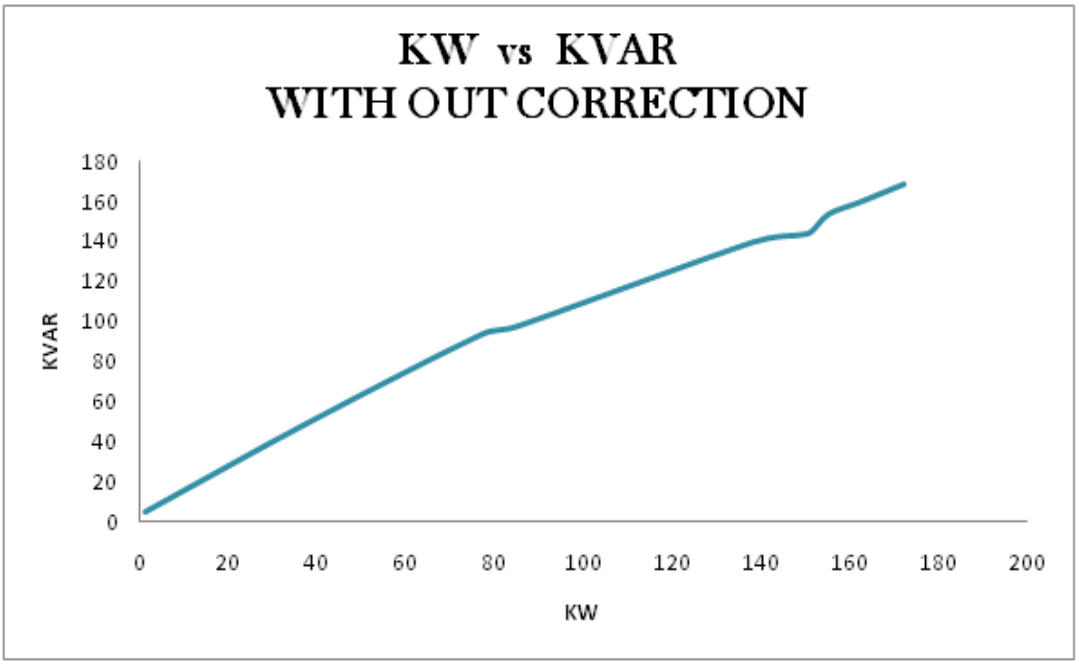
من صـــف مجموع الأحمال الكلية يلاحظ أنه في حالة عمل الحمل ب90% من قدرته، أرتفع p.f من 69.2% في حالة 100% load الى 69.3%، وأنخفض kvar من 531 في حالة 100% load الى 474؛ وأنخفض الهبوط في الجهد من 5.79% في حالة 100% load الى 5.18%.

جدول(4-8) القراءات قبل التحسين في حالة LOAD 80%:

%PF	Vd%	Amp	KVAR-BANK	KVAR	KW	KVA	LOAD 80%
69.8	-1.26	14	0	114	111	160	Load A
69.9	-0.77	8.5	0	70	68	98	Load B
69.8	-1.35	15	0	123	120	172	Load C
69.9	-1.04	11.5	0	94	92	132	Load D
69.4	-4.57	50.8	0	418	403	581	Total

من صـــف مجموع الأحمال الكلية يلاحظ أنه في حالة عمل الحمل ب80% من قدرته، أرتفع p.f من 69.2% في حالة 100% load الى 69.4%، وأنخفض kvar من 531 في حالة 100% load الى 418؛ وأنخفض الهبوط في الجهد من 5.79% في حالة 100% load الى 4.57%.

يبين المنحنى الزيادة الطردية بين KW & KVAR:



شكل(4-4)

جدول(4-9) القراءات بعد التحسين في حالة LOAD100%:

%PF	Vd%	Amp	KVAR-BANK	KVAR	KW	KVA	LOAD 100%
96.3	+1.61	12.6	100	39	139	144	Load A
92.5	+1.87	8.1	50	35	85	92	Load B
94.8	+1.48	13.8	100	50	150	158	Load C
99.3	+1.89	10.1	100	13	115	115	Load D
94.7	-0.88	46	350	169	497	525	Total

من صـــف مجموع الأحمـال الكليـة يلاحظ أنـه في حـالـة عمـل الحمـل الكلي بـأقـاصـــي قـدرتـه full load100%بعد التحســين وإدخـال كل المكثفات أن p.f أرتفع من 69.2% في حالة 100% loadالى 94.7%بعد التحسـين، وأنخفض الهبوط في الجهد من 5.79% في حالة 100% load الى 0.88% بعد التحسين، وأنخفض kvar من 531 في حالة 100% load الى 169 بعد التحسين.

جدول(4-10) القراءات بعد التحسين في حالة LOAD90%:

%PF	Vd%	Amp	KVAR-BANK	KVAR	KW	KVA	LOAD 90%
98.2	+1.77	11.1	100	24	125	127	Load A
94.6	+1.79	7.1	50	26	77	81	Load B
96.9	+1.66	12.1	100	34	134	139	Load C
100	+2.02	9	100	1	103	103	Load D
97	-0.26	40.2	350	111	446	460	Total

من صـــف مجموع الأحمـال الكليـة يلاحظ أنـه في حـالـة عمـل الحمـل ب90% من قدرته بعد التحســين، أرتفعp.f من 69.2% في حالة 100% loadقبل التحسـين الى 97% بعد التحسـين، وأنخفض kvar من 531 في حالة 100% loadقبل التحسين الى 111 بعد التحسين؛ وأنخفض الهبوط في الجهد من 5.79% في حالة 100% load قبل التحسين الى 0.26% بعد التحسين.

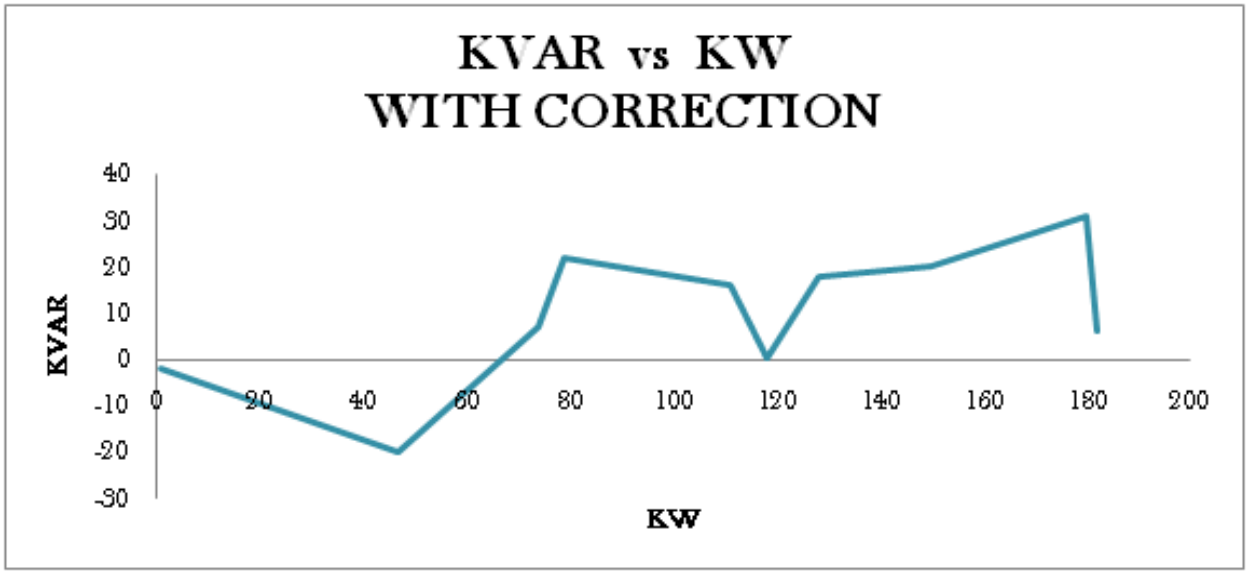
جدول(4-11) القراءات بعد التحسين في حالة LOAD80%:

%PF	Vd%	Amp	KVAR-BANK	KVAR	KW	KVA	LOAD 80%
99.6	+1.93	9.7	100	9	111	111	Load A
96.9	+2.07	6.1	50	17	68	70	Load B
98.8	+1.83	10.6	100	18	119	121	Load C
90.9	+1.8	8.8	50	42	92	101	Load D
99.1	+0.36	34.9	350	54	395	399	Total

من صـــف مجموع الأحمال الكلية يلاحظ أنه في حالة عمل الحمل ب80% من قدرته بعد التحســين، أرتفعp.f من 69.2% في حالة load 100%قبل التحسين الى 99.1% بعد التحسين، وأنخفض kvar من 531 في حالة load 100%قبل التحسين الى 54 بعد التحسين؛ وأنخفض الهبوط في الجهد من 5.79% في حالة load 100% قبل التحسين الى (+0.36) بعد التحسين.

علامة (+) تعني أنه حدث فائض في الجهد.

تم رسم علاقة بين KVAR & KW وضحت التغير في KVAR مع زيادة KW:



شكل (4-5)

الرسم يوضح حالة إدخال وإخراج المكثفات فنجدها في حالة عدم استقرار مع زيادة الحمل.

الفصل الخامس

الخلاصة والتوصيات

(5-1) الخلاصة:

لقد تبين من خلال دراسة الجوانب الفنية لتحسين معامل القدرة للمدينة السكنية لمصنع أسمنت بربر بأن له آثار ونتائج مفيدة وأهمها:

تخفيف ضغط الحمولات عن الشبكة الكهربائية حيث أمكن توليد القدرة غير الفعالة عند الأحمال مباشرة وبالتالي تحسين كفاءة المحول والموصلات وباقي عناصر منظومة التوزيع.

ومن الناحية الإقتصادية فان تحسين معامل القدرة يؤدي الى توفير كبير في التكلفة وذلك من خلال:

i-إنقاص قيمة الفاتورة الكهربية للمدينة السكنية بشكل كبير.

ii-تآخير فكرة تشييد محطة جديدة ومحول جديد.

iii-إنقاص مقطع الكابل أدى الى إنقاص تكلفة الإنشاء للخطوط.

(5-2) التوصيات:

i. رفع سعة المحول من 500kVA الى 1MVA على الأقل.

ii. تركيب جهاز power analysis لفحص التوافقيات

iii. وضع مرشحات(filter) للتخلص من التوافقيات في حالة وجودها.

المراجع:

{1} أ.د محمود جيلاني -المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية –الطبعة الأولى أكتوبر2010.

{2} أ.د محمود جيلاني – هندسة القوى الكهربية – دراسات في توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربية – الطبعة الأولى سبتمبر 2016.

{3} د عمر حمندوش – الهندسة الصناعية الكهربائية.

{4} د عمر حمندوش – اقتصاديات نظم القدرة الكهربية.

{5} د ناهد أبوحجي – التوافقيات في شبكات الكهرباء وعلاقتها بمعامل القدرة.

{6} وجيه جرجس – دوائر التحم الآلي – معهد السالزيان "دون بوسكو".

{7} عبد المنعم موسى – (المكثفات) تحسين معامل القدرة – كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية– تاريخ النشر 1994م.

{1}M.A. Laughton CEng.FIEE & D.J.warne C CEng.FIEE
Sixteenth edition - Electrical engineer’s Reference Book.
{2}Dr. Khaled Y.AL-khalaf - Electrical Installation Guide according
{3}Data from Barber Cement Plant.

الملحقات:

before compensation		kvar rating of capacitor bank to install per kW of load, to improve cos φ (the power factor) or tan φ, to a given value													
		tan φ	0,75	0.59	0.48	0.46	0.43	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.20	0.14	0.0
tan φ	cos φ	cos φ	0.80	0.86	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
2.29	0.40		1.557	1.691	1.805	1.832	1.861	1.895	1.924	1.959	1.998	2.037	2.085	2.146	2.288
2.22	0.41		1.474	1.625	1.742	1.769	1.798	1.831	1.840	1.896	1.935	1.973	2.021	2.082	2.225
2.16	0.42		1.413	1.561	1.681	1.709	1.738	1.771	1.800	1.836	1.874	1.913	1.961	2.022	2.164
2.10	0.43		1.356	1.499	1.624	1.651	1.680	1.713	1.742	1.778	1.816	1.855	1.903	1.964	2.107
2.04	0.44		1.290	1.441	1.558	1.585	1.614	1.647	1.677	1.712	1.751	1.790	1.837	1.899	2.041
1.98	0.45		1.230	1.384	1.501	1.532	1.561	1.592	1.628	1.659	1.695	1.737	1.784	1.846	1.988
1.93	0.46		1.179	1.330	1.446	1.473	1.502	1.533	1.567	1.600	1.636	1.677	1.725	1.786	1.929
1.88	0.47		1.130	1.278	1.397	1.425	1.454	1.485	1.519	1.532	1.588	1.629	1.677	1.758	1.881
1.83	0.48		1.076	1.228	1.343	1.370	1.400	1.430	1.464	1.497	1.534	1.575	1.623	1.684	1.826
1.78	0.49		1.030	1.179	1.297	1.326	1.355	1.386	1.420	1.453	1.489	1.530	1.578	1.639	1.782
1.73	0.50		0.982	1.232	1.248	1.276	1.303	1.337	1.369	1.403	1.441	1.481	1.529	1.590	1.732
1.69	0.51		0.936	1.087	1.202	1.230	1.257	1.291	1.323	1.357	1.395	1.435	1.483	1.544	1.686
1.64	0.52		0.894	1.043	1.160	1.188	1.215	1.249	1.281	1.315	1.353	1.393	1.441	1.502	1.644
1.60	0.53		0.850	1.000	1.116	1.144	1.171	1.205	1.237	1.271	1.309	1.349	1.397	1.458	1.600
1.56	0.54		0.809	0.959	1.075	1.103	1.130	1.164	1.196	1.230	1.268	1.308	1.356	1.417	1.559
1.52	0.55		0.769	0.918	1.035	1.063	1.090	1.124	1.156	1.190	1.228	1.268	1.316	1.377	1.519
1.48	0.56		0.730	0.879	0.996	1.024	1.051	1.085	1.117	1.151	1.189	1.229	1.277	1.338	1.480
1.44	0.57		0.692	0.841	0.958	0.986	1.013	1.047	1.079	1.113	1.151	1.191	1.239	1.300	1.442
1.40	0.58		0.665	0.805	0.921	0.949	0.976	1.010	1.042	1.076	1.114	1.154	1.202	1.263	1.405
1.37	0.59		0.618	0.768	0.884	0.912	0.939	0.973	1.005	1.039	1.077	1.117	1.165	1.226	1.368
1.33	0.60		0.584	0.733	0.849	0.878	0.905	0.939	0.971	1.005	1.043	1.083	1.131	1.192	1.334
1.30	0.61		0.549	0.699	0.815	0.843	0.870	0.904	0.936	0.970	1.008	1.048	1.096	1.157	1.299
1.27	0.62		0.515	0.665	0.781	0.809	0.836	0.870	0.902	0.936	0.974	1.014	1.062	1.123	1.265
1.23	0.63		0.483	0.633	0.749	0.777	0.804	0.838	0.870	0.904	0.942	0.982	1.030	1.091	1.233
1.20	0.64		0.450	0.601	0.716	0.744	0.771	0.805	0.837	0.871	0.909	0.949	0.997	1.058	1.200
1.17	0.65		0.419	0.569	0.685	0.713	0.740	0.774	0.806	0.840	0.878	0.918	0.966	1.007	1.169
1.14	0.66		0.388	0.538	0.654	0.682	0.709	0.743	0.775	0.809	0.847	0.887	0.935	0.996	1.138
1.11	0.67		0.358	0.508	0.624	0.652	0.679	0.713	0.745	0.779	0.817	0.857	0.905	0.966	1.108
1.08	0.68		0.329	0.478	0.595	0.623	0.650	0.684	0.716	0.750	0.788	0.828	0.876	0.937	1.079
1.05	0.69		0.299	0.449	0.565	0.593	0.620	0.654	0.686	0.720	0.758	0.798	0.840	0.907	1.049
1.02	0.70		0.270	0.420	0.536	0.564	0.591	0.625	0.657	0.691	0.729	0.769	0.811	0.878	1.020
0.99	0.71		0.242	0.392	0.508	0.536	0.563	0.597	0.629	0.663	0.701	0.741	0.783	0.850	0.992
0.96	0.72		0.213	0.364	0.479	0.507	0.534	0.568	0.600	0.634	0.672	0.712	0.754	0.821	0.963
0.94	0.73		0.186	0.336	0.452	0.480	0.507	0.541	0.573	0.607	0.645	0.685	0.727	0.794	0.936
0.91	0.74		0.159	0.309	0.425	0.453	0.480	0.514	0.546	0.580	0.618	0.658	0.700	0.767	0.909
0.88	0.75		0.132	0.82	0.398	0.426	0.453	0.487	0.519	0.553	0.591	0.631	0.673	0.740	0.882
0.86	0.76		0.105	0.255	0.371	0.399	0.426	0.460	0.492	0.526	0.564	0.604	0.652	0.713	0.855
0.83	0.77		0.079	0.229	0.345	0.373	0.400	0.434	0.466	0.500	0.538	0.578	0.620	0.687	0.829
0.80	0.78		0.053	0.202	0.319	0.347	0.374	0.408	0.440	0.474	0.512	0.552	0.594	0.661	0.803
0.78	0.79		0.026	0.176	0.292	0.320	0.347	0.381	0.413	0.447	0.485	0.525	0.567	0.634	0.776
0.75	0.80			0.150	0.266	0.294	0.321	0.355	0.387	0.421	0.459	0.499	0.541	0.608	0.750
0.72	0.81			0.124	0.240	0.268	0.295	0.329	0.361	0.395	0.433	0.473	0.515	0.582	0.724
0.70	0.82			0.098	0.214	0.242	0.269	0.303	0.335	0.369	0.407	0.447	0.489	0.556	0.698
0.67	0.83			0.072	0.188	0.216	0.243	0.277	0.309	0.343	0.381	0.421	0.463	0.530	0.672
0.65	0.84			0.046	0.162	0.190	0.217	0.251	0.283	0.317	0.355	0.395	0.437	0.504	0.645
0.62	0.85			0.020	0.136	0.164	0.191	0.225	0.257	0.291	0.329	0.369	0.417	0.478	0.620
0.59	0.86				0.109	0.140	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	0.343	0.390	0.450	0.593
0.57	0.87				0.083	0.114	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.317	0.364	0.424	0.567
0.54	0.88				0.054	0.085	0.112	0.143	0.175	0.209	0.246	0.288	0.335	0.395	0.538
0.51	0.89				0.028	0.059	0.086	0.117	0.149	0.183	0.230	0.262	0.309	0.369	0.512
0.48	0.90					0.031	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.234	0.281	0.341	0.484

(3- 2) طريقة إستخدام الجدول

أبعاد قضيب التجميع mm	مقطع إفرادي لقضيب التجميع mm 2	استطاعة حمل التيار حسب نموذج وعدد قضبان التجميع							
		مذهون				عاري			
		مكان مغلق		مكان مفتوح		مكان مغلق		مكان مفتوح	
		1	2	1	2	1	2	1	2
2*12	23.5	125	225	165	297	110	200	145	264
2*15	29.5	155	270	204	356	140	240	184	316
3*15	44.5	185	330	244	435	170	300	224.	396
2*20	39.5	205	350	230	462	185	315	244	415
3*20	59.5	245	425	323	561	220	380	290	501
5*20	99.1	325	560	429	739	295	500	389	660
3*25	74.5	300	522	496	686	270	460	356	607
5*25	124	395	670	521	884	350	600	462	792
3*30	89.5	355	610	468	805	315	540	415	715
5*30	149	450	780	594	1029	400	700	528	924
3*40	119	460	790	607	1042	420	710	554	937
5*40	199	600	1000	792	1320	520	900	686	1188
10*40	399	850	1500	1122	1980	760	1350	1003	1782
5*50	249	720	1220	950	1610	630	1100	831	1452
10*50	499	1030	1800	1359	2376	920	1600	1214	2112
5*60	299	850	1430	1122	1878	760	1250	1003	1650
10*60	599	1200	2100	1584	2772	1060	1900	1399	2580
5*80	399	1070	1900	1412	2580	970	1700	1280	2244

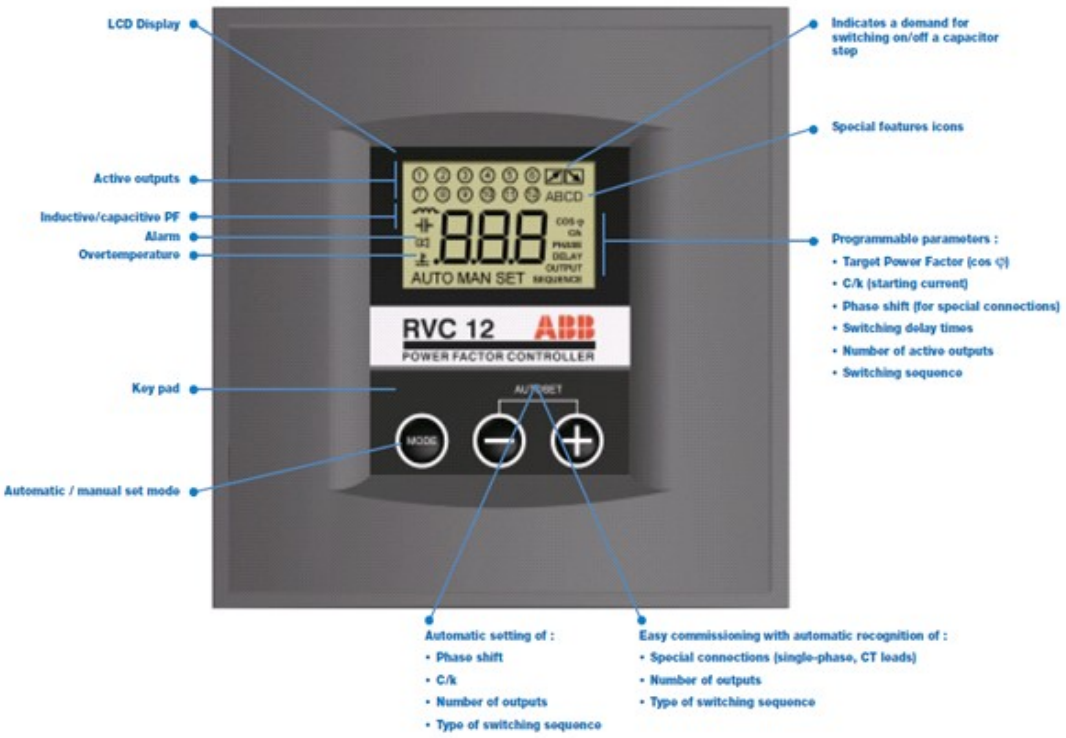
(12 -4) إختيار قضبان التوزيع

التيار الاسمي (الأمبير)		المقطع mm^2	القاطع عيار (A)
كابلات ثنائية أو احادية النواة	كابلات ثلاثية أو رباعية النواة		
22	18.5	1.5	**16**
30	25	2.5	**20**
40	34	4	**25**
51	43	6	**35**
570	60	10	**50**
94	80	16	**63**
119	101	25	**80**
148	126	35	**100**
181	153	50	**125**
232	196	70	**160**
282	238	95	**200**
328	276	120	**250**
379	319	150	**300**
434	362	185	**350**
513	430	240	**-**
594	-	300	**-**

(13 -4) إختيار الكابل الرئيسي المغذي للوحة

استطاعة المجموعة	التيار المستجر A	الفاصمة A	مقطع الكابل mm2
2.5	3.52	10	1.5
5	7.05	16	2.5
7.5	10.57	20	2.5
10	14.1	25	2.5
12.5	17.6	35	4
15	21.15	50	6
20	30	50	10
25	36.1	63	16
30	43.3	63	16
35	50.5	80	25
40	57.7	100	35
45	64.9	100	35
50	72.2	100	35
60	86.6	160	70
70	101	160	70
75	108	160	70

(14 -4) إختيار كابلات تغذية المكثفات وفواصم الحماية لها



Power Factor Controller (RVC)

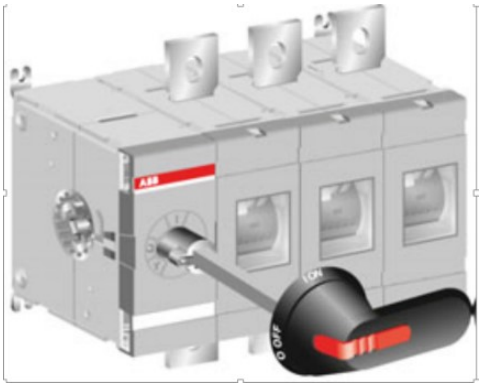


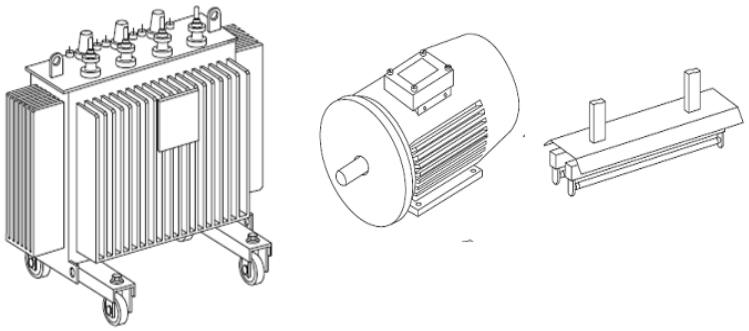
ABB
ON
OFF

AC32

100A
Bussmann
400A

50 A
gI
400 V~
CH 14
40A
gI
500 V~

Low voltage capacitor



Items Of Plant Which Require Reactive Energy

Automatic capacitor banks