جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة والتكنولوجيا

دائرة الهندسة الكهربائية والحاسوب

برنامج الهندسة التطبيقية

مشروع التخرج

تحسين معامل القدرة في المستشفى الأهلي

فريق العمل:

اسعد سعيد المحتسب　　عزات محمود المسباتين

محمد سعدي السعو　　ياسين يحيى ناصر الدين

إشراف:

م. نزار عمرو

مقدم إلى دائرة الهندسة الكهربائية والحاسوب في كلية الهندسة والتكنولوجيا للوفاء الجزئي بمتطلبات الدائرة للحصول على درجة البكالوريوس

فلسطين - الخليل

2007

جامعة بوليتكنك فلسطين
Palestine Polytechnic University
(PPU)
The Library الكتبة
Acc ..... الرقم
Class ..... رقم التصنيف

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة والتكنولوجيا

دائرة الهندسة الكهربائية

اسم المشروع

تحسين معامل القدرة في المستشفى الأهلي

أسماء الطلبة

أسعد سعيد المحتسب	عزات محمود سباتين
محمد سعدي السعو	ياسين يحيى ناصر الدين

بناء على نظام كلية الهندسة والتكنولوجيا وإشراف ومتابعة المشرف المباشر على المشروع وموافقة جميع أعضاء اللجنة الممتحنة تم تقديم هذا الشروع إلى دائرة الهندسة الكهربائية في كلية الهندسة والتكنولوجيا وذلك للوفاء بمتطلبات درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص الهندسة الكهربائية

توقيع المشرف

.....

توقيع اللجنة الممتحنة

....

توقيع رئيس الدائرة

.....

ملخص المشروع

الفكرة الأساسية من هذا المشروع هي تحسين معامل القدرة في منظومات القوى وخصوصا المنظومات الصناعية والخدماتية ولتوضيح مفهوم القدرة المفاعلة وأسباب تواجدها في الدوائر الكهربائية والفرق بينها وبين القدرة الفعالة .إن مفهوم القدرة المفاعلة يسبب بعض اللبس لكثير من المهندسين كما أن المعنى الطبيعي لمعامل القدرة والسبب في رفع قيمته من الأمور غير الواضحة في كثير من الأحيان.

لقد تم اختيار المستشفى الأهلي للقيام بهذه الدراسة وذلك لتنوع الأحمال وتعددها فيه لقد تم اعتماد أن يكون معامل القدرة الذي يجب التحسين إليه يصل إلى 0.95 لان ذلك يعود للفائدة على المستشفى من حيث توفير الأموال وان تقوم الأجهزة فيه بإعطاء أحسن النتائج وأدقها.

فهرس المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
توقيع اللجنة الممتحنة	II
الإهداء	III
الشكر والتقدير	IV
ملخص المشروع	V
فهرس المحتويات	VI
فهرس الأشكال	XI
فهرس الجداول	XIV
1.0 مقدمة	
1.1 مقدمة	2
1.2 أهمية المشروع	3
1.3 نطاق المشروع	3
1.4 الجدول الزمني	4
2.0 المكثفات	
2.1 مقدمة	6
2.1.1 المكثفات	6
2.1.1.1 التركيب	7
2.1.1.2 مادة العزل	8
2.1.2 مكثفات الفدرة	8
2.1.3 تقاطع المغناطيسي	12

2.1.4 محولات والتيار	14
2.1.5 تجهيزات وإجراءات الحماية	15
2.1.5.1 فحص تجهيزات الحماية	15
2.1.5.2 تجهيزات الحماية	16
2.1.5.2.1 الفيوزات Fuses	16
2.1.5.2.2 فيوزات نوع D	16
2.1.5.2.3 فيوزات نوع Do	17
2.1.5.2.4 فيوزات نوع NH	17
2.1.5.3 مفتاح حماية الخطوط	18
2.1.5.3.1 مفتاح تصفف اوتوماتيك	18
2.1.5.3.2 اختيار الفيوزات ومفاتيح حماية الخطوط	19
2.1.5.3.3 الفيوزات المستخدمة في قاطع الأسلاك	20
2.1.6 جهاز التحكم بمعامل القدرة	22
2.1.6.1 أنواع أجهزة التحكم	22
3.0 القدرة وتحسين معامل القدرة	
3.1 مقدمة	24
3.2 القدرة الفاعلة	24
3.2.1 قياس القدرة الفاعلة	24
3.3 القدرة المفاعلة	25
3.3.1 قياس القدرة المفاعلة	25

3.4 القدرة الظاهرية	26
3.4.1 قياس القدرة الظاهرية	26
3.4.1.1 مثلث القوى	27
3.5 معامل القدرة	28
3.5.1 تأثيرات معامل القدرة	30
3.5.2 مميزات تحسين معامل القدرة	31
3.5.3 تحسين معامل القدرة	31
3.5.4 طرق تحسين معامل القدرة	33
3.5.5 طريقة الجداول لتحسين معامل القدرة	34
3.6 طرق تعويض القدرة المفاعلة باستخدام المكثفات	37
3.6.1 تعويض القدرة المفاعلة افراديا	37
3.6.1.1 المحولات	38
3.6.1.2 المحركات ثلاثية الطور	38
3.6.1.3 مصابيح الإضاءة	40
3.6.1.3.1 المصابيح المتوهجة	41
3.6.1.3.2 مصابيح الزئبق	41
3.6.1.3.3 مصابيح الفلورسنت	42
3.6.1.3.4 مصابيح الإثارة الغازية	43
3.6.2 تعويض القدرة المفاعلة على مجموعات	43
3.6.3 تعويض القدرة المفاعلة مركزيا	44

3.6.3.1 الطريقة الأولى: طريقة معامل القدرة الإجمالي	46
3.6.3.2 الطريقة الثانية: طريقة مجموع القدرات الفردية	46
4.0 مخططات اللوحات الكهربائية للمستشفى الأهلي	
4.1 مقدمة	48
4.2 المنحنيات والرسوم البيانية	49
4.3 مخططات اللوحات الكهربائية في المستشفى الأهلي	53
5.0 الاستنتاجات والتوصيات	
5.1 الاستنتاجات	55
5.2 التوصيات	55
5.3 الجدوى الاقتصادية من عملية التحسين	66
الملحقات	
المراجع	100

فهرس الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
(2-1)	مكونات وكميات المكثف	6
(2-2)	احد انواع مكثفات القدرة	9
(2-3)	جهاز التفريغ	10
(2-4)	مقاومات التفريغ	11
(2-5)	Discharge Reactor	11
(2-6)	قاطع مغناطيسي مثبت على جسر الداخلية مع أوميغا ومبين عليه أطراف التوصيل	13
(2-7)	أجزاء القاطع المغناطيسي Telemecanique	13
(2-8)	أطراف التلامس الرئيسية (1 -2-3-4-5-6) لكنتاكتور والملف K	13
(2-9)	تشغيل محرك ثلاثي الطور باستخدام قاطع مغناطيسي وضاغط تشغيل(الدائرة الرئيسية مع دائرة تحكم خاصة)	14
(2-10)	محولات التيار (c.t) لقياس تيار القضبان العمومية	15
(2-11)	طريقة توصيل محولات التيار مع القضبان العمومية في لوحات التوزيع لقياس التيار	15
(2-12)	مفاتيح نصف اوتوماتيك	15
(2-13)	مفاتيح مراقبة	17
(2-14)	فيوز نوع D	17
(2-15)	فيوزات سكين	18
(2-16)	قاعدة فيوزات سكين	18
(2-17)	مفتاح نصف اوتوماتيك	19
(2-18)	مفتاح نصف اوتوماتيك	19
(2-19)	جهاز التحكم بمعامل القدرة	22
(3-1)	جهاز قياس القدرة	24
(3-2)	جهاز قياس القدرة	25
(3-3)	جهاز قياس القدرة المفاعلة (1 فاز)	26
(3-4)	جهاز قياس القدرة المفاعلة (3 فاز)	26
(3-5)	توصيلة صحيحة لقياس الجهد	27
(3-6)	توصيلة صحيحة لقياس الجهد	27
(4-3-7)	مخطط القوى لحمل حثي	27
(4-3-8)	مخطط القوى لحمل سعوي	27

(3-8)	مثلث القوى	28
(3-9)	وضع مكثف على التوازي مع ملفه	32
(3-10)	تحسين معامل القدرة بتثبيت القدرة	33
(3-11)	تحسين معامل القدرة بتثبيت القدرة الظاهرية	34
(3-12)	تحسين احادي لمعامل القدرة	39
(3-13)	مكونات المصباح المتوهج	41
(3-14)	مكونات المصباح الزئبقي	42
(3-15)	مكونات مصباح الفلورسنت	42
(3-16)	الملف الخانق لمصباح الفلورسنت	43
(3-17)	محولات التيار المتوسطة والتجميعية	45
(3-18)	الطريقة الصحيحة لوصل محولات التيار ووحدة التحكم بوصل وفصل مكثفات التعويض آليا	45
(4-1)	الأحمال الكهربائية للوحة الرئيسية الأولى	49
(4-2)	الأحمال الكهربائية للوحة الرئيسية الثانية	49
(4-3)	الأحمال الكهربائية للوحة الرئيسية الثالثة	50
(4-4)	الأحمال الكهربائية للوحة الطوارئ الرئيسية الأولى	50
(4-5)	الأحمال الكهربائية للوحة الطوارئ الرئيسية الثانية	51
(4-6)	الأحمال الكهربائية للوحة الطوارئ الرئيسية الثالثة	51
(4-7)	الأحمال الكهربائية للخطوط الثلاثة خلال أسبوع	52
(4-8)	الأحمال الكهربائية للخطوط الثلاثة خلال سنة	52
(5-1)	التحسين المركزي لمعامل القدرة	57
(5-2)	التحسين المركزي لمعامل القدرة	58
(5-3)	التحسين المركزي لمعامل القدرة	59
(5-4)	التحسين المركزي لمعامل القدرة	60
(5-5)	التحسين المركزي لمعامل القدرة	61
(5-6)	التحسين المركزي لمعامل القدرة	62
(5-7)	التحسين المركزي لمعامل القدرة	63
(5-8)	التحسين المركزي لمعامل القدرة	64
(5-9)	التحسين المركزي لمعامل القدرة	65

فهرس الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
(1-1)	الجدول الزمني	4
(2-1)	ألوان الفيوزات	16
(2-2)	اكبر كمية تيار مسموح به للمرور خلال الموصلات غير المدفونة في الأرض في درجة حرارة اكبر من 30 درجة مئوية	20
(2-3)	الفيوزات المستخدمة في مقاطع الأسلاك	21
(3-1)	معاملات القدرة للصناعات المختلفة	29
(3-2)	معامل الضرب لتحسين معامل القدرة من cosϑ1 إلى cosϑ2	35
(3-3)	استطاعة المكثف اللازم لتصحيح عامل الاستطاعة بمحولات القدرة	38
(3-4)	العلاقة بين القدرة غير الفعالة للمكثف والقدرة المقننة للمحرك	39
(3-5)	سعة المكثف اللازم لتصحيح عامل الاستطاعة لمصابيح الإنارة الغازية حسب نوعها واستطاعتها	43
(5-1)	اللوحات التي بحاجة إلى تحسين معامل القدرة	55

الفصل الأول

مقدمة

1.1 مقدمة

1.2 أهمية المشروع

1.3 نطاق المشروع

1.4 الجدول الزمني

1.1 مقدمة:

أصبحت الطاقة الكهربية جزء هام جدا في الحياة البشرية لأنها توفر الراحة في جميع مناحي الحياة ، مثل الإضاءة ، التكييف، التطبيقات الصناعية، الخدمات الصحية، وحتى في حياة الإنسان نفسه.

ان الهدف من هذا البحث هو تزويد المهندين بوسيلة واضحة ومباشرة باستخدام المكثفات في تحسين معامل القدرة في المنظومات الكهربائية الصناعية و الخدماتية حيث انه مناسب لتوضيح مفهوم القدرة المفاعلة وأسباب تواجدها في الدوائر الكهربائية والفرق بينها وبين القدرة الفعالة.

ان مفهوم القدرة المفاعلة يسبب بعض اللبس لكثير من المهتمين كما ان المعنى الطبيعي لمعامل القدرة والسبب في ضرورة رفع قدرته من الأمور غير الواضحة في كثير من الأحيان.

يبدأ البحث بإعطاء فكرة سريعة وواضحة عن المكثفات من حيث التكوين والمواد المستخدمة في صناعتها ، كما يقدم شرحا وافيا للكميات المرتبطة بعمل المكثف و كذلك طرق الشحن المختلفة.

ثم تم تخصيص جزء من البحث لشرح مفهوم القدرة ومعامل القدرة مع التركيز على القدرة المفاعلة على أساس تواجدها داخل المكثفات ثم علاقة ذلك كله بأداء الأجهزة والآلات المختلفة في منظومات القوى الكهربائية وينتهي بتقديم فكرة تحسين معامل القدرة للأجهزة المستخدمة.

يقدم البحث دراسة عامة لتأثير معامل القدرة على أجهزة الخدمة الرئيسية مثل (المولدات، المحولات، خطوط النقل والتوزيع) كما يوجد في هذا البحث دراسة مفيدة لارتباط معامل القدرة بكل من تنظيم الجهد بالمنظومات المنظومة وينتهي بتقديم شرح وافي لطرق حساب المكثف اللازم لتحسين معامل القدرة بأي كمية مطلوبة.

1.2 أهمية المشروع:

تكمن أهمية المشروع في عدة نقاط أساسية :

1. جهد التشغيل – ان تعمل المعدات حسب الجهد التشغيلي المصممة عليه، سيؤدي ذلك إلى أداء المعدة بشكل جيد مما يطيل في عمرها.
2. درجة الحرارة – نتيجة لتحسين معامل القدرة يؤدي ذلك إلى خفض درجة الحرارة في المعدات بسبب انخفاض التيار.
3. تعطي المعدات قراءات دقيقة.
4. الناحية الاقتصادية وتشمل:
   أ- توفير جزء كبير من الطاقة المفقودة.
   ب- توفير في أثمان الكوابل المستخدمة.
   ت- توفير في أجهزة الحماية والتحكم.
   ث- إمكانية إضافة أحمال أخرى.

1.3 نطاق المشروع:

يضم المشروع دراسة عامة لتأثير معامل القدرة على أجهزة الخدمة الرئيسية وهي المولدات والمحولات وخطوط النقل وكابلات التغذية والتوزيع.

يضم دراسة مفيدة لارتباط معامل القدرة بكل من تنظيم الجهد والمفقودات المنظومة كما يهتم بتقديم شرح وافي لطرق حساب مقدار المكثف اللازم لتحسين معامل القدرة بأي كمية مطلوبة.

1.4 الجدول الزمني:

يقسم المشروع إلى ستة عشر أسبوعا كما هو موضح في الجدول (1-1):

المهمات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
اختيار المشروع															
البدء في عمل دراسة عن المشروع والأهداف منه															
البحث عن معلومات تتعلق بالمشروع وكتابة ملاحظات															
البدء في اخذ قراءات يومية عن الأحمال															
عمل الجداول والرسومات البيانية															
دراسة المراجع الخاصة وكتابة البحث															
التحليل وعمل الحسابات الخاصة															
تحضير وكتابة التقرير النهائي															
العرض والتوصيات اللازمة للمشروع															

جدول (1-1) الجدول الزمني

الفصل الثاني

المكثفات

2.1 مقدمة

2.1.1 المكثفات

2.1.2 القاطع المغناطيسي

2.1.3 محولات التيار

2.1.4 تجهيزات وإجراءات الحماية

2.1.5 جهاز التحكم بمعامل القدرة

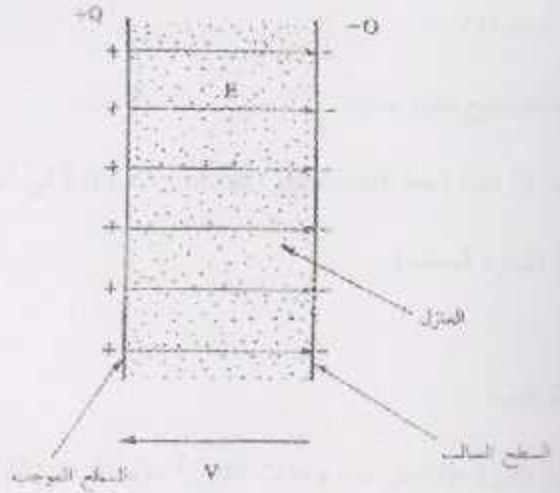
2.1 مقدمة:

إن نظام تحسين معامل القدرة يحتاج إلى عدة مكونات أساسية و هي:

1. المكثفات.
2. القاطع المغناطيسي.
3. محولات التيار .
4. تجهيزات وإجراءات الحماية.
5. أجهزة التحكم.

2.1.1 المكثفات:

يتكون المكثف عادة من أي سطحين معدنيين بينهما فراغ مملوء بالهواء أو بأي مادة عازلة أخرى عند التأثير بفرق في الجهد بين سطحي المكثف المعدنيين (قطبي المكثف) مقداره ٧ فولت يتولد مجال كهربي 1 فولت/متر داخل المادة العازلة كما تظهر شحنتان كهربيتان (Q+) و (Q-) على سطحي المكثف، وتقاس هذه الشحنة بالكولوم. يبين الشكل (2-1) هذه الفكرة.



شكل(2-1) مكونات وكميات المكثف

إن العمل الأساسي للمكثف هو إمكانية منع مرور التيار الكهربي تحت ظروف معينة، كما يمكن للمكثف تخزين الطاقة الكهربية داخل المجال الكهربي الناشئ بين سطحيه. وقد بدا استخدام المكثفات في منظومات القوى الكهربية منذ أكثر من سبعين عاماً ، واتسع استخدام تلك المكثفات وتنوعت الأغراض من صناعتها لتشمل ما يأتي:

1. تحسين معامل القدرة.
2. التقويم.
3. ترشيح التوافقيات.
4. مكثفات التوالي في خطوط النقل.
5. حماية النمور Surge Arresters.
6. تنعيم التيار الثابت.
7. تكوين الموجات النفعية في مولدات الدفع Impulse Generators.
8. تقسيم الجهد في الدوائر الكهربية.
9. مكثفات تخزين الطاقة.
10. تشغيل المحركات.
11. مكثفات مصابيح الفلورسنت.
12. المكثفات قارنات الخط Line Coupling Capacitors في أعمال حماية خطوط النقل (توليد التيار الحامل لإشارة الحماية).

2.1.1.1 التركيب:

تتكون مكثف القدرة عادة من عدة وحدات Units موصلة على التوازي.

يتم تصنيع كل وحدة منفصلة عن باقي الوحدات. تتكون الوحدة من شريحتين من رقائق الألمنيوم يتم عزلهما عن بعضهما بواسطة مادة عازلة. ويتم بعد ذلك لف هذه الشرائح الثلاث (القطبين المعدنيين والشريحة المادة العازلة بينهما) لتكوين وحدة المكثف. يمكن بعد ذلك تقليل حجم المكثف عن طريق كبس كل وحدة على حدة. يتم بعد ذلك توصيل مجموعة من هذه الوحدات على التوازي لتكوين المكثف الكلي.

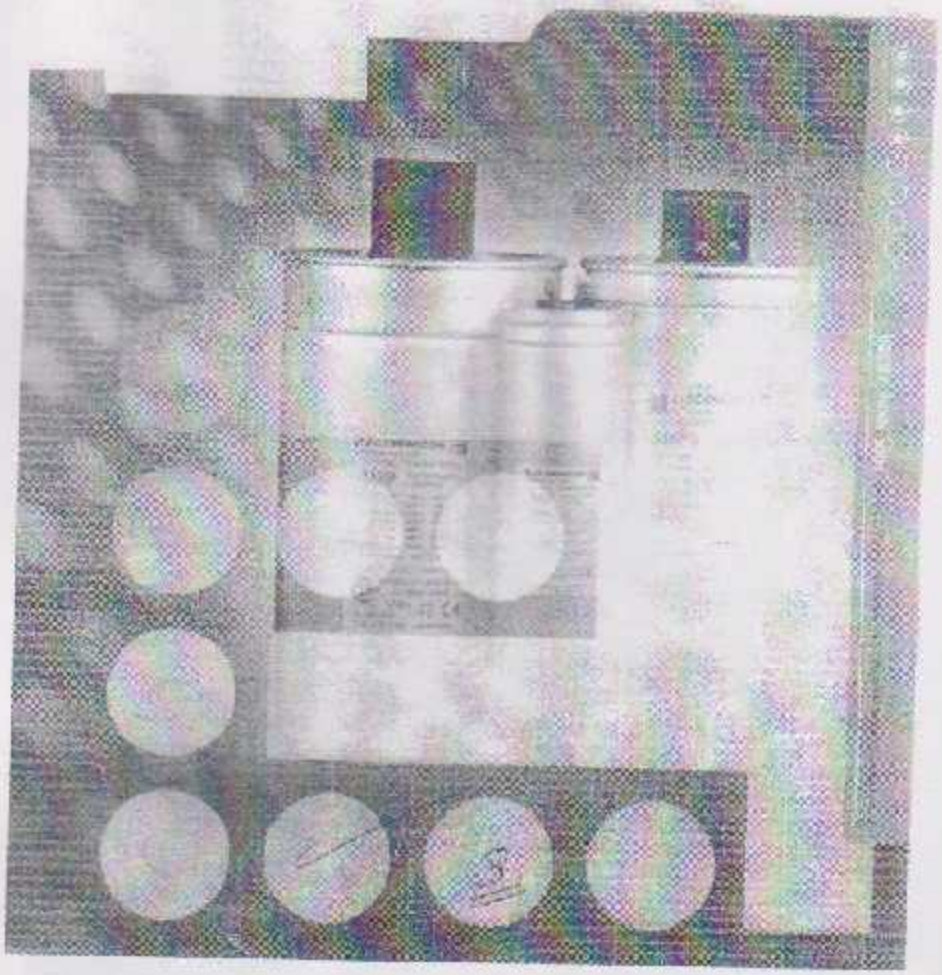
2.1.1.2 مادة العزل:

استعمل الورق المشبع بزيت المحولات كمادة للعزل داخل المكثفات حتى أواخر الخمسينيات من هذا القرن. وعندما ظهرت مادة الأسكاريل Askarel كمادة عازلة غير قابلة للاشتعال تم استخدامها كسائل عزل لورق المكثفات على نطاق واسع. وبحلول عام 1975 تأكد تماما أن تلك المادة تمثل خطراً على البيئة وتم ايقاف إنتاجها في معظم دول العالم. ومع تطور الصناعات الكيماوية وصناعة البتر وكيماويات تم إنتاج مواد عزل جيدة يتم استخدامها الآن في المكثفات كمواد عزل صلبة، ولعل أشهر تلك المواد هي رقائق البولي بروبلين Polyproplene وبعض مواد الغمر العازلة الأخرى التي تعرف عادة بأسمائها التجارية. وعلى وجه العموم فان المكثفات الموجودة حالياً في الأسواق يمكن تقسيمها من حيث مواد العزل إلى ما يأتي:

1. مكثفات ذات عوازل معمورة في سائل غمر Impregnated insulation.
2. مكثفات جافة ذات عوازل مغطاة بمادة راتينجية ثابتة حرارية thermosetting resin.
3. مكثفات ذات عوازل غازية.

2.1.2 مكثفات القدرة:

تعتبر المكثفات من أكثر الأجهزة المستخدمة في تحسين معامل القدرة وتصنع مكثفات القدرة حاليا بأشكال وأحجام مختلفة. وتتكون مكثفات القوى من عدة عناصر أساسية والتي تبنى بلف طبقتين من شرائح الألمنيوم بين عدد من الطبقات من ورق دقيق عازل مختلط من الورق وشريحة بلاستيكية. ويبين الشكل(2-2) احد أنواع مكثفات القدرة.



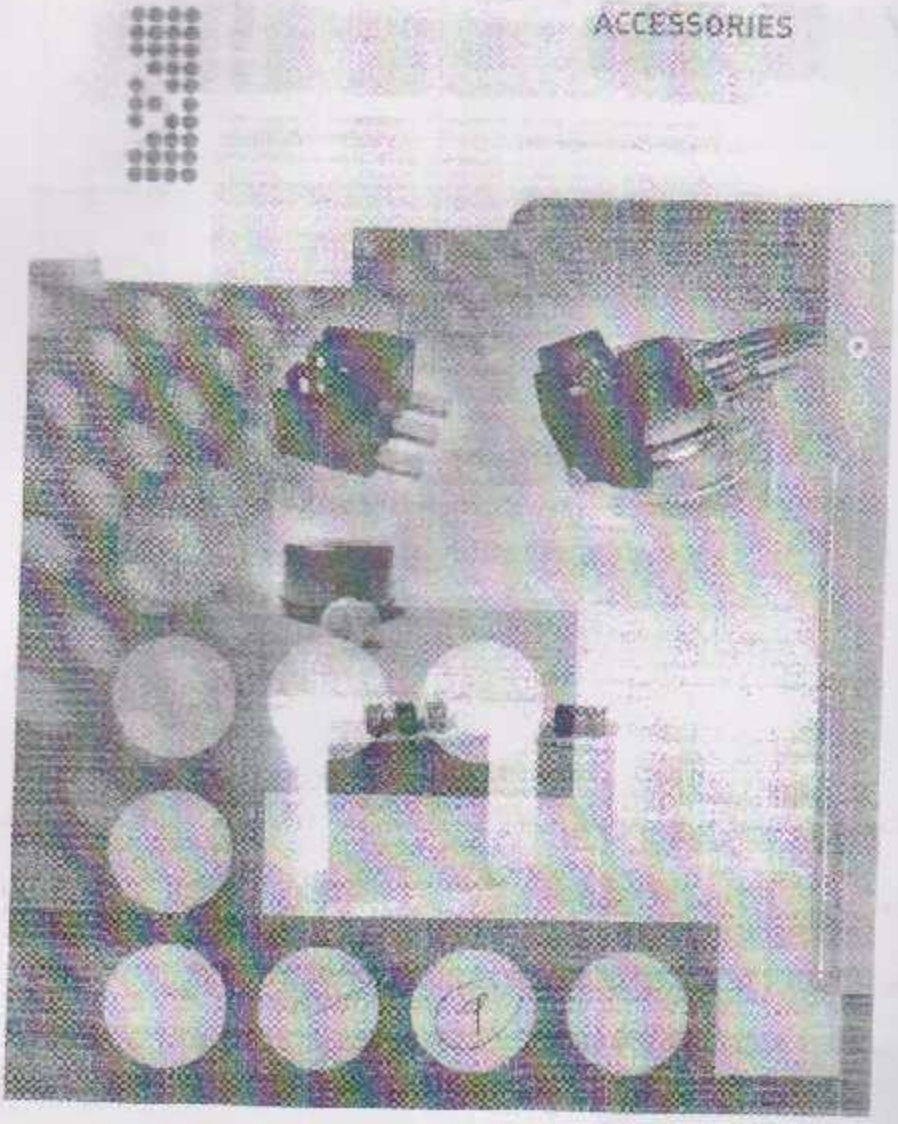
شكل(2-2) احد أنواع مكثفات القدرة

يجب تركيب المكثفات المملوءة بمادة مسمغية سائلة بشكل عمودي أما المملوءة بالمادة الغازية يمكن تركيبها بأي وضع كان ما عدا ان يكون توصيل الأطراف إلى الأسفل.

ان مدة عمر المكثف تنخفض تلقائيا إذا تعرض لدرجة حرارة زائدة عن المعدل لذلك يجب تبريد المكثف ووضع حماية له من مصادر الحرارة الخارجية.

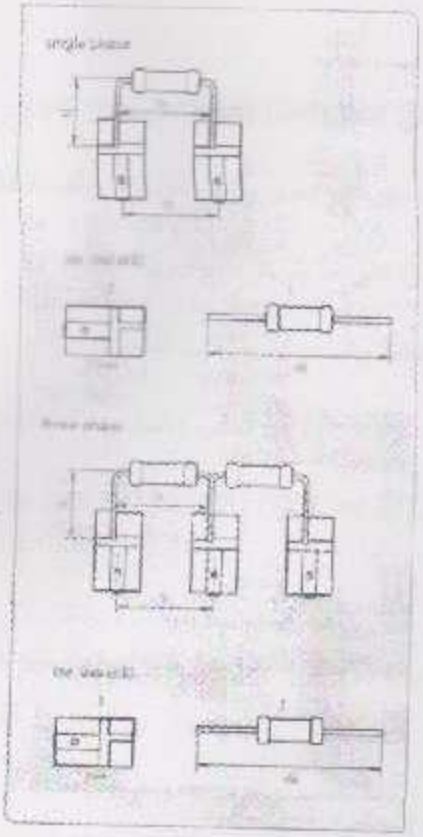
عند تركيب المكثفات لا يجوز تجاوز الحد في شد براغي الأطراف للمكثف كذلك يجب ربط المكثفات بكوابل مرنة وليّنة أو مرابط نحاسية.

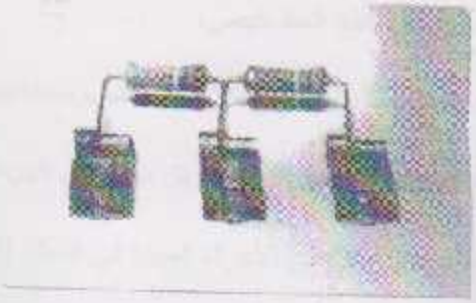
ان عملية تفريغ المكثف تحتاج إلى مقاومات وقد تم بناء بعض القطع الخاصة لمكثفات القدرة لهذا الغرض كما هو موضح في الشكل(3-2).



شكل(3-2) جهاز التفريغ

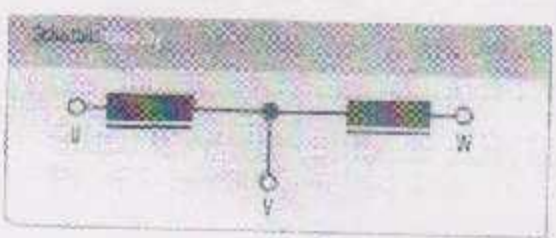
هناك أنواع مقاومات صممت للمكثفات التي توصل على التوازي والتي قدرتها الكلية اكبر من 40 Kvar يمكن استعمالها لتسريع عمليه تفريغ المكثفات.





شكل (2-4) مقاومات التفريغ

ان تركيب Discharge Reactor يعوض عن تركيب المقاومات الثابتة والمقاومات سريعة التفريغ وفي نفس الوقت فإنها تخفض من الخسائر الحرارية داخل المكثف، كما أنها تتجنب الحرارة الإضافية لأطراف المكثف كما هو موضح بالشكل(2-5).



شكل (2-5) Discharge Reactor

2.1.3 القاطع المغناطيسي:

يعد القاطع المغناطيسي (الكنتاكتور الكهرومغناطيسي) المبين في الشكل(6-2) عبارة عن جهاز تبديل ميكانيكي يتم التحكم به عن طريق مغناطيس كهربائي (ملف ضمن قلب يغذى بالكهرباء) . و يتألف الكنتاكتور (كما يسمى عادة) من الأجزاء المبينة في الشكل (7-2) ويحتوي على ما يلي:

- هيكل بلاستيكي حامل للأقطاب الرئيسية والفرعية الثابتة و المتحركة و القلب المتحرك.
- هيكل بلاستيكي حامل للمغناطيس الثابت (على شكل حرف L) ويعد القالب الأساسي للكنتاكتور .
- الملف الذي يغذي بالكهرباء، ويعمل على جهود منها(24،48، 110، 220، 380) فولت وعادة ما يسمى طرفاه بالأحرف (A2،A1).
- زنبرك إرجاع (يعيد الكنتاكتور إلى وضعه الأصلي بعد فصل التغذية عن ملفه).مشبك تثبيت (على جسر أومیغا).
- أغطية تثبيت دراغي الموصلات(للحماية من الجهد المرتفع).
- ملامسات مساعدة (Auxiliary) وهي كالملامسات الرئيسي على وضعيتين (إما NO أو NC).

عندما يوصل ملف المغناطيس الكهربائي إلى التغذية فان الكنتاكتور يغلق أقطابه الرئيسية مؤمنا بذلك وصل الدارة الكهربائية بين منبع التغذية والحمل الخاضع للتحكم. وحالما تفصل التغذية عن ملف المغناطيس فهذا سيسبب بدوره فتح الأقطاب الرئيسية والملامسات المساعدة (بمساعدة الزنبرك) بحيث تتغير وضعية الملامسات المغلقة (NC) إلى مفتوحة (NO) (و العكس صحيح أيضا) . و تتميز الكنتاكتورات بموثوقية عالية، وعمر تشغيل طويل، وكذلك فهي تعد من وسائل الحماية والتحكم المستعملة في تشغيل الآلات البسيطة والمعقدة.

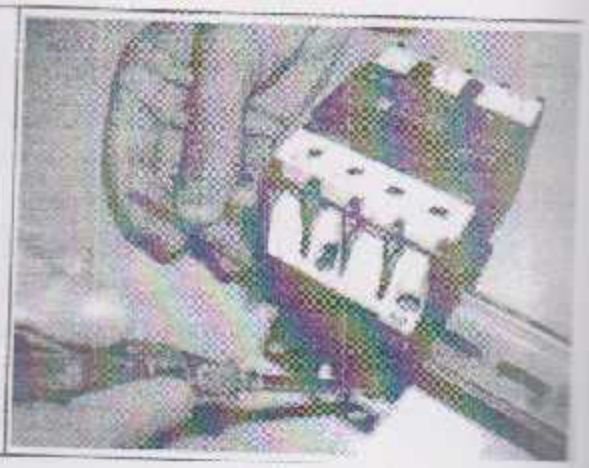
ونظرا لكثرة تواجدها في لوحات التحكم الكهربائية فعادة ما يتم إعطاء كل منها أحرفا و أرقاما خاصة لتمييزها بعضها عن بعض داخل اللوحات (KM 11 مثلا) من الشركة الصانعة (أو حسب المخطط الكهربائي) لها لتسهيل عملية الصيانة وتحديد الأعطال لاحقا.

هذا ويتم وصل الأحمال الكهربائية كالمحركات مثلا على الأطراف التالية للكنتاكتور :

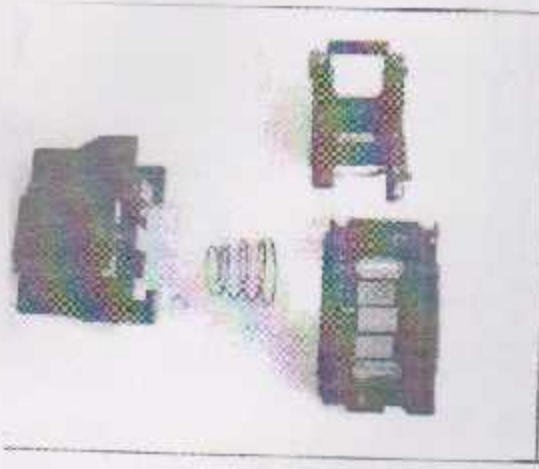
T3,T2,T1 (أطراف توصل من جهة الحمل).

أما تلك الأطراف المتصلة من جهة المصدر فيتم توصيلها بالنقاط التالية للكنتاكتور:

L3,L2,L1 (أطراف توصل من جهة مصدر التغذية).



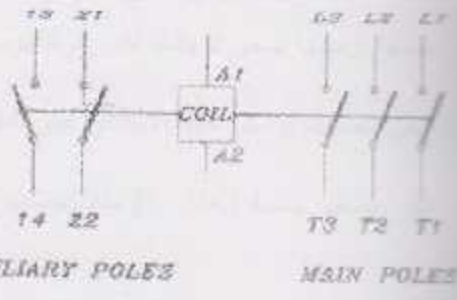
الشكل(2-6) قاطع مغناطيسي مثبت على جسر أومیغا ومبين عليه إطراف التوصيل



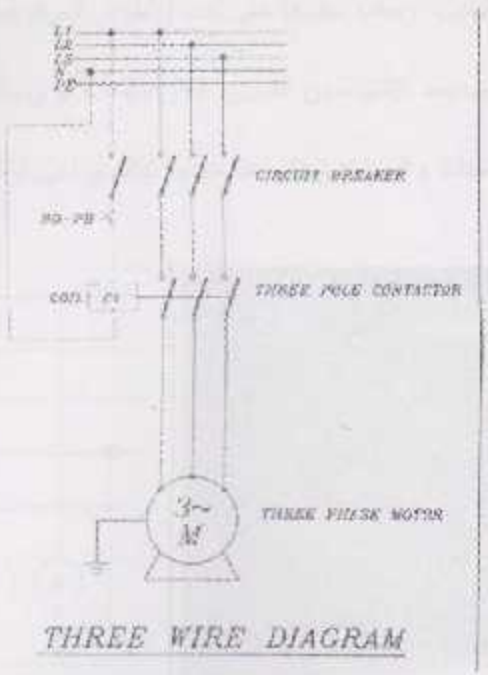
الشكل (2-7) أجزاء القاطع المغناطيسي نوع Telemecanique

وهناك أمور يجب التنبه لها عند اختيار القاطع المغناطيسي من أهمها:

- اختيار القاطع المناسب لقدرة الحمل وعدد مرات التشغيل.
- أن يتناسب القاطع المغناطيسي مع الحمل المتصل به.
- أن يتحمل تيار البدء العالي للحمل المتصل به دون فصل الحمل.
- أن يتم اختيار عدد الملامسات المساعدة حسب المطلوب.
- يفضل ألا يزيد جهد التشغيل لملف التحكم عن 220 فولتا وذلك لأسباب تتعلق بالأمان.
- يوجد نوع خاص من الكنتاكتورات تستخدم في لوحات تحسين معامل القدرة لها مقاومات لاحتواء الشرارة الكهربائية لحظة وصل أو فصل الحمل عنها.



الشكل (2-8) أطراف التلامس الرئيسية (1,2,3,4,5,6) والمساعدة للكنتاكتور و لملف K



الشكل (9-2) تشغيل محرك ثلاثي الطور باستخدام قاطع مغناطيسي
وضاغط تشغيل (الدائرة الرئيسية مع دائرة التحكم (خاصة)

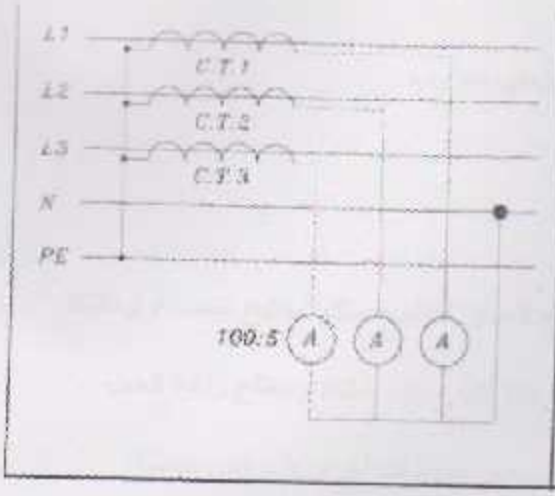
2.1.4 محولات التيار:

تستخدم محولات التيار المبينة في الشكل(10-2) في عملية القياس ليتم بواسطتها قياس تيارات ذات قيم كبيرة لا يمكن قياسها مباشرة بأجهزة قياس صممت لقياس تيارات صغيرة وكذلك لمراقبة الأحمال الكهربائية المختلفة في كثير من الأحيان، بالإضافة إلى التحكم في فصل ووصل أحمال أخرى (وسائل تحكم خاصة) عن طريق إمرار إشارة كهربائية بقيمة مناسبة خاصة عندما تكون مقررات التيار ذات قيم عالية جدا كما هو الحال في محطات التوليد أو محطات التحويل.

وتستخدم محولات التيار كذلك عند الحاجة لمعرفة قيمة التيار المسحوب من المصادر ثلاثية الأطوار (ذات القدرات العالية) والتي ترتبط مع القضبان العمومية التي تتصل مع أحمال ذات مقررات تيارية عالية نسبيا فيتم عندها تركيبها ضمن لوحات التوزيع الكهربائية لتسهيل عملية القياس.فمحول التيار (C.T) عبارة عن محول ثنائي الملفات يوصل ملفه الابتدائي على التوالي مع الخط المراد قياس تياره (الحمل) ويقيس ملفه الثانوي تيارا صغير بنسبة (100 : 5) مثلا يتناسب مع جهاز قياس التيار كما هو موضح في الشكل (11-2) الذي

بين طريقة توصيلها مع الحمل، ويعتمد عددها على عدد الأطوار المراد قياس التيار لها خاصة إذا كانت الأحمال غير متماثلة. ويجب بعد الانتهاء من القياس إغلاق ملفه الثانوي وذلك لأنه يتولد فيها جهد عال جدا مما يشكل خطورة على الملفات والمستخدم على حد سواء. لذلك يراعى توصيل ملفه الثانوي بالأرضي.

الشكل(10-2) محولات التيار(c.t.) لقياس تيار القضبان

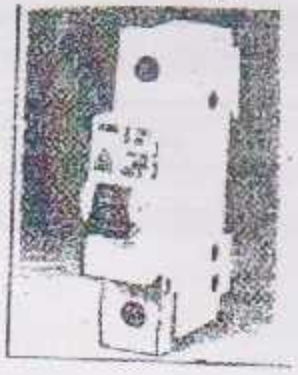


الشكل (11-2) طريقة توصيل محولات التيار مع القضبان العمومية في لوحات التوزيع لقياس التيار

2.1.5 تجهيزات وإجراءات الحماية:

تجهيزات الحماية يجب أن تعمل بشكل صحيح ويجب التأكد من ذلك من قبل تكون خاضعة للمواصفات التي تضمن حياة الإنسان وحماية الآلات والمحافظ الكهربائي.

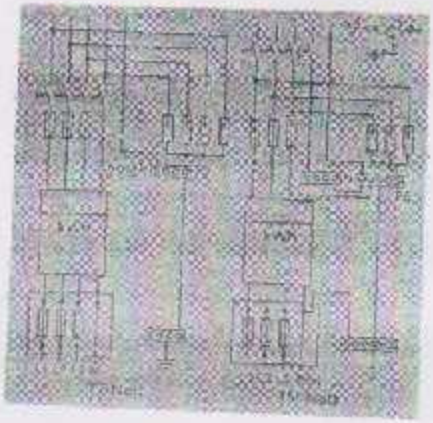
شكل (12-2)
مفاتيح نصف اوتوماتيك



2.1.5.1 فحص تجهيزات الحماية:

لحماية حياة وصحة الإنسان والحيوان ولتجنب الأضرار مثل الحريق يجب أن

- حماية ضد القصر "short".
- حماية ضد زيادة الحمل.
- حماية ضد اللمس المباشر.



كثيرا ما تكون الأجهزة والمنشآت تعمل بشك جيد ولا يوجد فيها أي عطل. ولكن يجب معرفة الحماية هل تعمل بشكل جيد لتجنب حدوث الأخطار في حالة حدوث العطل ولذلك يجب فحص تجهيزات الحماية حالة:

- تركيب منشاة جديدة.
- تجديد أو زيادة على منشاة جديدة.صيانة أي جهاز.
- المراقبة والفحص الدوري كل مدة معينة حسب جدول زمني معروف .

2.1.5.2 تجهيزات الحماية:

للحماية ضد التيار الزائد والقصر تستعمل الفيوزات ومفاتيح الحماية الخاصة بذلك "مفاتيح نصف اوتوماتيك "شكل(2-12) الذي يستخدم لحماية الخطوط وللحماية من زيادة التيار يمكن استخدام مفتاح زيادة الحمل "over load" أو استخدام دوائر حماية خاصة بذلك، ويمكن عمل تجهيزات أخرى لأغراض خاصة:

- مفتاح الإرث "FI" earth leakage لمراقبة تيار التسرب "تيار العطل" غير العازل.
- مفتاح مراقبة أعطال الجهد حيث تفصل هذه الأجهزة في حالة زيادة الجهد أو نقصانه عن حد معين أو ضياع احد الفازات.
- مفاتيح مراقبة مقاومة العازل التي تفصل عندما تقل عن حد معين. شكل (2-13) .

2.1.5.2.1 الفيوزات Fuses:

تقسم الفيوزات عدة تقسيمات من حيث الشكل حسب التصنيف الألماني:

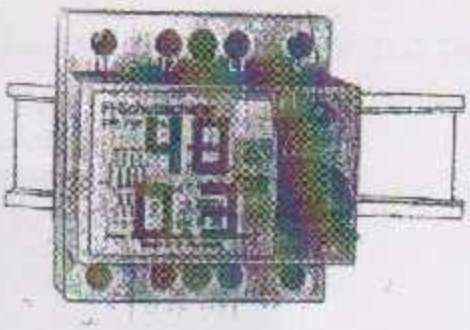
2.1.5.2.2 فيوز نوع D:

يتكون الفيوز من شكل يشبه البرغي وقاعدة له شكل(2-14) . ويظهر تلف الفيوزات عن طريق علامة تبرز بعد احتراقه وقد تم تمييز هذه الفيوزات بالألوان في الجدول التالي:

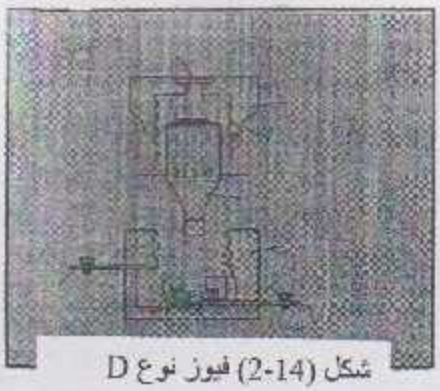
تيار الفيوز الإسمي	2	4	6	10	16	20	25	A
لون قاعدة الفيوز	وردي	بني	بنفسجي	أحمر	رمادي	أزرق	أصفر	

تيار الفيوز الإسمي	35	50	63	80	100	A
لون قاعدة الفيوز	أسود	أبيض	نحاسي	فضي	أحمر	

جدول (2-1)



شكل(13-2) مفاتيح مراقبة



شكل (14-2) فيوز نوع D

وتقسم الفيوزات أيضا حسب الجهد. حيث يكون جهد التشغيل 500V للفيوزات حتى D.C 63A أو A.C.

تيار القصر يبلغ في A.C 50KA وفي D.C 8KA.

2.1.5.2.3 فيوزات نوع Do:

تشبه هذه الفيوزات في الشكل البرغي أيضا كما في الفيوزات من نوع D ولكن الأبعاد تختلف وجهد التشغيل A.C 400V أو D.C 250V.

2.1.5.2.4 فيوزات نوع NH:

وتسمى فيوزات سكين شكل (15-2) ولها قاعدة خاصة بها شكل (16-2) .

ويظهر تلف أو حرق الفيوز بظهور إشارة على الفيوز ويوجد تصنيف لهذه الفيوزات كما في الجدول التالي:

جهد التشغيل حتى 600V A.C و 440V D.C وتيار الفصل في A.C يساوي 50KA يبلغ 25KV.

شكل (2-15) فيوزات سكين

شكل (2-16) قاعدة فيوزات سكين

حجم الفيوز	00	0	1	2	3	
تيار الفيوز Amper	حتى 100	35-160	80-250	125-400	315-630	Amper

2.1.5.3 مفتاح حماية الخطوط:

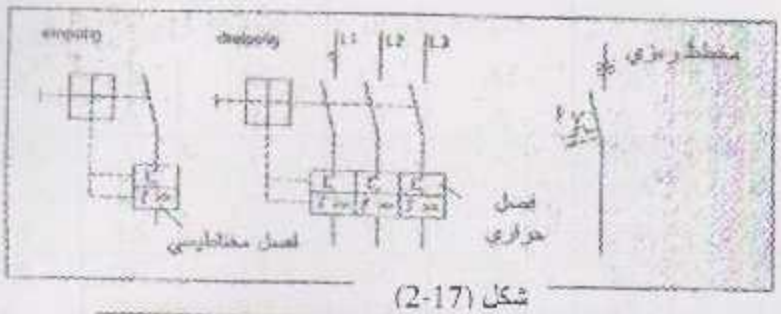
2.1.5.3.1 مفتاح نصف اوتوماتيك:

تستخدم هذه المفاتيح لحماية خطوط الشبكة الكهربائية وتتميز عن الفيوزات فى إمكانية استخدامها لأكثر من مرة وعملها الأصلي هو حماية الخطوط أما عملها الثانوي هو الحماية من زيادة الحمل.

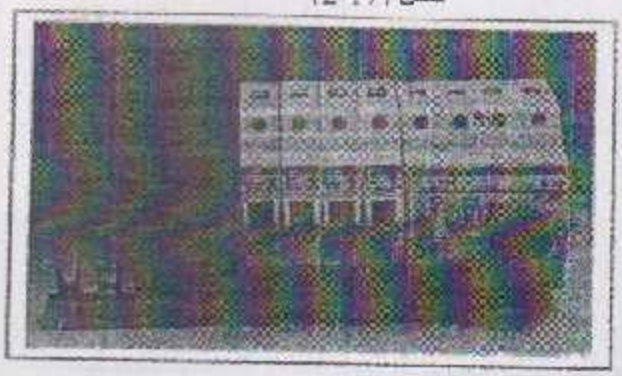
توجد منها درجات بالأمبير:

6,10,16,20,25,32,40,50,63,80، وتعمل على تيار مستمر 220/380V أو 240/415 تيار متردد وتيار

الفصل يبلغ 10KA,6KA,3KA شكل(2-17)، شكل (2-18) .



شكل (2-17)



شكل(2-18)

2.1.5.3.2 اختيار الفيوزات ومفاتيح حماية الخطوط:

من أهم النقاط في تجهيزات الحماية هو اختيارها بشكل صحيح لتؤدي عملها في الوقت المناسب والطرق

المخصصة لعملها.

وعند اختيار الفيوزات ومفاتيح حماية الخطوط يجب اخذ الأمور التالية بعين الاعتبار:

- جهد التشغيل.
- تيار الحمل.
- تيار القصر.

لكمية التيار فيتعلق بمساحة مقطع الموصل واختياره يتم حسب تحمل هذا الموصل للتيار والذي يحدد التيار

هو الحمل "المستهلك" ويتم ذلك عن طريق الجدول التالي:

1. مجموعة رقم 1 عبارة عن موصل أو عدة موصلات داخل ماسورة.
2. مجموعة رقم 2 عبارة عن كيبل عادي.

3. مجموعة رقم 3 عبارة عن خطوط هوائية.

جدول لأكبر كمية تيار (I) مسموح به للمرور خلال الموصلات غير المدفونة في الأرض في درجة حرارة أكبر ٣٠ درجة مئوية.

مساحة مقطع السلك mm^2	مجموعة رقم ١		مجموعة رقم ٢		مجموعة رقم ٣	
	Cu A	Al A	Cu A	Al A	Cu A	Al A
0.75	-	-	12	-	15	-
1	11		15	-	19	-
1.5	15	-	18	-	24	-
2.5	20	15	26	20	32	26
4	25	20	34	27	42	33
6	33	26	44	35	54	42
10	45	36	61	48	73	57
16	61	48	82	64	98	77
25	83	65	108	85	129	103
35	103	81	135	105	158	124
50	132	103	168	132	198	155
70	165	-	207	163	245	193
95	197	-	250	197	292	230
120	235	-	292	230	344	268
150	-	-	335	263	391	310
185	-	-	382	301	448	353
240	-	-	453	357	528	414
300	-	-	504	409	608	479
400	-	-	-	-	726	569
500	-	-	-	-	830	649

جدول (2-2)

2.1.5.3.3 الفيوزات المستخدمة مع مقاطع الأسلاك:

يجب أن يكون تيار الفصل لتجهيزات الحماية اقل من التيار في حالة القصر التام لا الاتصال التام بين (الفاز والنيوترل) مثلا. عبر تيار القصر يمكن حساب المقاومة الدائرية Loop Resistance في الشبكات الكهربائية ويجب أن تكون اقل ما يمكن وهذا مهم في اختيار أجهزة الحماية.

الفيوزات المستخدمة مع مقاطع الأسلاك:

مساحة مقطع السلك mm^2	مجموعة رقم ١		مجموعة رقم ٢		مجموعة رقم ٣	
	Cu A	Al A	Cu A	Al A	Cu A	Al A
0.75	-	-	6	-	10	-
1	6	-	10	-	10	-
1.5	10	-	10[1]	-	20	-
2.5	16	10	20	16	25	20
4	20	16	25	20	35	25
6	25	20	35	25	50	35
10	35	25	50	35	63	50
16	50	35	63	50	80	63
25	63	50	80	63	100	80
35	80	63	100	80	125	100
50	100	80	125	100	160	125
70	125	-	160	125	200	160
95	160	-	200	160	250	200
120	200	-	280	200	315	200
150	-	-	250	200	315	250
185	-	-	315	250	400	315
240	-	-	400	315	400	315
300	-	-	400	315	500	400
400	-	-	-	-	630	500
500	-	-	-	-	630	500

جدول (3-2)

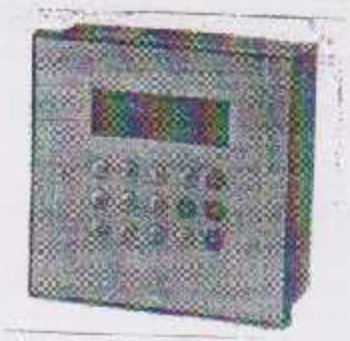
2.1.6 جهاز التحكم بمعامل القدرة :

ان هذا الجهاز يقوم بحساب القدرة الفعالة والقدرة المفاعلة من المصدر حيث يقوم بقياس الجهد والتيار ويحدد ما إذا كانت القدرة صادرة أو واردة.ان جهاز التحكم يتعرف على مراحل المخارج بالنسبة للمكثفات ويقوم بوصلهم أو فصلهم بطريقة تتلاءم مع الظروف الحقيقية. ان جهاز التحكم يأخذ بعين الاعتبار التغيرات في الذبذبة في الحمل المفاعل ويتبع مبدأ المفتاح الدائم هذا يضمن الحصول على معامل القدرة المطلوب مما يحدد قيمة المكثف الثابتة والتي عادة تضاف إلى قدرة المكثف المقاسة وهذا مفيد للتعويض الإضافي للقدرة المفاعلة للمحول.

2.1.6.1 أنواع أجهزة التحكم:

1. أجهزة التحكم الالكتروني والتي تعتمد على ملف التيار في اخذ الإشارة بوصل أو فصل المكثف المطلوب.
2. أجهزة التحكم الالكتروني والتي تعتمد على المؤقتات.

ففي هذه الحالة يتم عادة اخذ قراءات للأحمال على مدى اليوم أو الأسبوع يتبين من خلال ذلك ان هناك أحمال في ساعات معينة ثابتة أو شبه ثابتة وبناء على ذلك يتم برمجة المؤقتات لعملية إدخال أو إخراج المكثفات عن الخدمة.



شكل(19-2) جهاز التحكم بمعامل القدرة

الفصل الثالث

القدرة ومعامل تحسين القدرة

3.1 مقدمة

3.2 القدرة الفاعلة

3.3 القدرة المفاعلة

3.4 القدرة الظاهرية

3.5 معامل القدرة

3.6 طرق تعويض القدرة المفاعلة باستخدام المكثفات

3.1 مقدمة:

إن أغلب الأجهزة في منظومات القوى تحتاج إلى قدرة فعالة لازمة لعمل تلك الأجهزة ينشأ عن ذلك بطبيعة الحال أن تزيد كمية الكيلو فولت أمبير المطلوبة لنفس القدرة الفعالة إن هذا يمكن ترجمته إلى زيادة التيار الكلي المطلوب للحمل لكي يعمل على نفس مقنن القدرة الفعالة.

ولكي تعمل المنظومة الكهربية كلها بطريقة مستقرة فانه يلزم أن يكون هناك مصدر لتوليد هذه الفعالة فإذا لم يكن هناك أحمال ذات قدرة فعالة متقدمة وموصلة على التوازي مع أحمال القدرة الفعالة المتأخرة على نفس قضيب التوزيع بحيث تتلاشى القدرتان الفعالتان بعضهما فانه يتعين على مصدر التغذية إمداد قضيب التوزيع بالقدرة الفعالة المتأخرة اللازمة للأحمال.

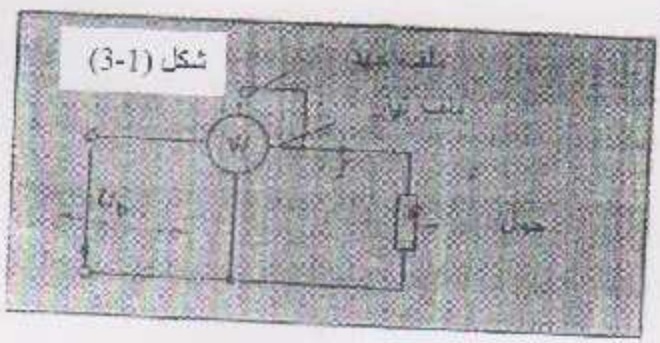
إن ذلك يرجع بالآثار السيئة على جميع أجهزة الخدمة كما يتم ترجمته إلى مبالغ إضافية من المال يدفعها المستهلك.

3.2 القدرة الفاعلة Active Power:

وهي التي تستهلك كلية في المقاومات بالدائرة الكهربية ويرمز لها بالرمز P.

3.2.1 قياس القدرة الفاعلة:

- يستعمل لقياس القدرة الحقيقية جهاز يحتوي على ملف للتيار وملف للجهد شكل(3-1) يجب توصيلهم بشكل صحيح.



شكل (3-1) جهاز قياس القدرة الفاعلة 1 فاز

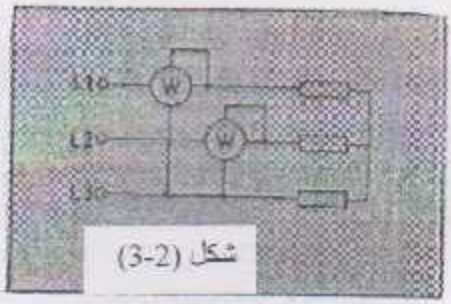
- في الأحمال المتماثلة تكون القدرة الكلية 3.P معامل القدرة P.F:

$$P.F = P/S = P/U.I \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

أما في الأحمال غير المتماثلة تستخدم ثلاثة أجهزة قياس قدرة لكل فاز جهاز.

ويجب الانتباه إلى خط النيوترل المحايد هل يسمح أن يكون موصول أو غير موصول.

وتوجد طريقة لقياس القدرة يستخدم فيها فقط جهازين شكل (2-3) والقدرة الكلية في هذه الطريقة يتم حسابها بجمع قراءة العدادين.



شكل (2-3)

شكل (2-3) جهاز قياس القدرة الفاعلة 3 فاز

وفي حالة وجود معامل قدرة اقل من 0.5 يكون الانحراف سالب وهنا يجب عكس قطبية ملف التيار في العدادين ليدور بالعكس.

3.3 القدرة المفاعلة Reactive Power:

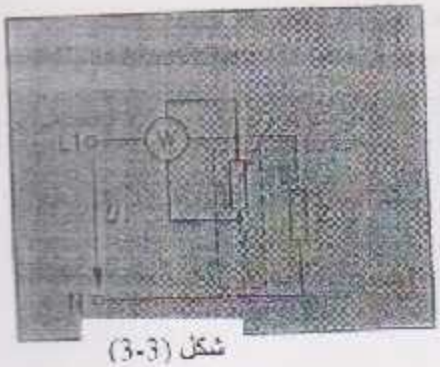
ويرمز لها بالرمز Q وهي القدرة الممتصة أو المعادة بواسطة الملفات أو المكثفات بالدوائر الكهربية. وحيث أن التيار والجهد على المقاومات يكونان في نفس الطور بينما يسبق الجهد التيار بزاوية 90 درجة في حالة الملف ويتأخر الجهد عن التيار بزاوية 90 درجة فان القدرة المفاعلة تكون متعامدة على القدرة الفاعلة.

3.3.1 قياس القدرة المفاعلة:

يمكن قياس القدرة الظاهرية وقياس القدرة الفاعلة وحساب القدرة المفاعلة Q :

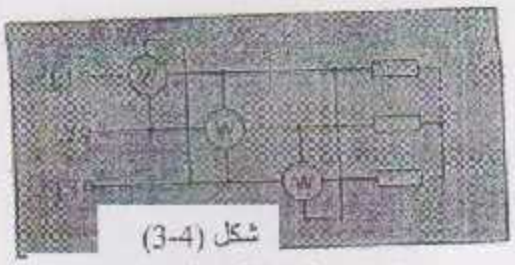
$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

ويمكن استخدام أجهزة القياس شكل (3-3) في نظام 1 فاز وفي نظام 3 فاز يمكن قياس القدرة المفاعلة شكل (3-4).



شكل (3-3)

جهاز قياس القدرة المفاعلة (1 فاز)



شكل (3-4)

جهاز قياس القدرة المفاعلة (3 فاز)

3.4 القدرة الظاهرية:

وهنا نتعرف على نوع ثالث من القدرة الكهربية وتسمى بالقدرة الظاهرية وهي القدرة الكهربية الكلية التي يغذي بها المصدر الدوائر الكهربية المحتواة على جميع العناصر الكهربية ويرمز لها بالرمز S.

$$S = VI \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

3.4.1 قياس القدرة الظاهرية:

القدرة في دوائر التيار الثابت والمتردد يمكن حسابها عن طريق قياس الجهد وقياس التيار :

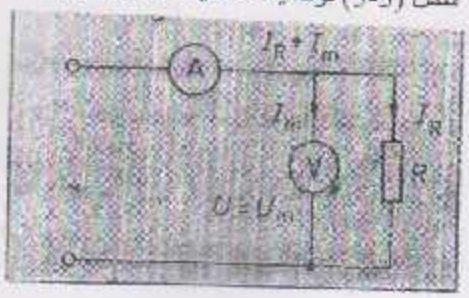
$$S = U.I \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

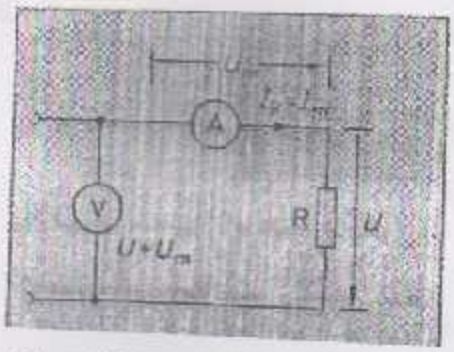
ويوجد احتمالان للتوصيل شكل (3-5) و شكل(3-6).

في الشكل (3-5) توصيلة صحيحة لقياس الجهد حيث يمر تيار صغير جدا في جهاز قياس الجهد.

أما شكل (3-6) فهي توصيلة صحيحة لقياس التيار لتقليل الهبوط في الجهد على جهاز قياس التيار" الاميتر".

شكل (3-5) توصيلة صحيحة لقياس الجهد





شكل (3-6) توصيلة صحيحة لقياس التيار

3.4.1.1 مثلث القوى:

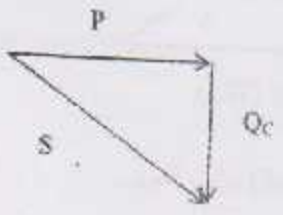
الكميات الثلاث القدرة الفعالة والقدرة المفاعلة والقدرة الظاهرية يمكن كتابة العلاقة بينهما بالعلاقة الاتجاهية الآتية:

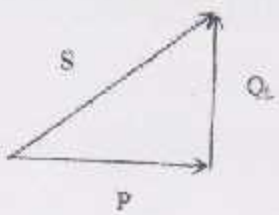
$$S = P + JQ \quad \ldots\ldots(5)$$

$$P = P < 0°,\ Q_L = Q_L < 90°,\ Q_c = Q_c < 90° \quad \ldots\ldots(6)$$ مع

للحمل الحثي يمكن كتابة متجه القدرة الظاهرية كالتالي:

$$S = P + JQ_L \quad \ldots\ldots(7)$$





شكل(أ-7-3) مخطط القوى لحمل حثي (ب-7-3) مخطط لقوى حمل سعوي

عندما تحتوي الدائرة الكهربية على كل من العناصر الحثية والسعوية فان مركبة المفاعلة تمثل القوى تتحدد بالفرق بين القدرة المفاعلة لكل منهم.

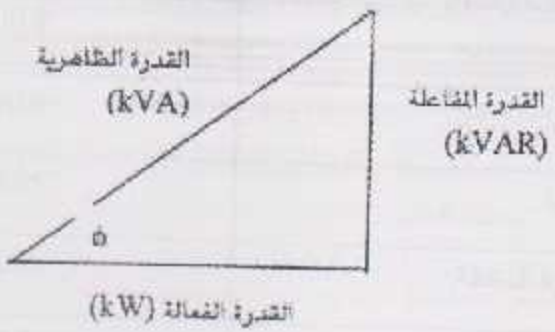
3.5 معامل القدرة:

معامل القدرة هو النسبة بين القدرة الفعالة والتي تستهلك فعلا بالأحمال وتقاس بالكيلو وات (Kw) والقدرة الكلية المطلوبة والتي تسمى القدرة الظاهرية وتقاس بالكيلو فولت أمبير. القدرة الفعالة هي التي تنجز العمل الحقيقي مثل إنتاج الحرارة، الضوء، الحركة... الخ. القدرة المفاعلة هي التي تساعد على وجود المجال الكهرومغناطيسي وتقاس بالكيلو فولت أمبير مفاعلة (Kvar) . القدرة الكلية وتسمى القدرة الظاهرية وهي مزيج من القدرة الفعالة والقدرة المفاعلة وتقاس بالكيلو فولت أمبير (Kva).

معامل القدرة = P.F = القدرة الفعالة / القدرة الكلية

i.e. $P.F = P/S$ .....(8)

ويقيس معامل القدرة فعالية نظام القدرة الكهربي المستخدم ويعني معامل القدرة العالية أن النظام الكهربي يستخدم بفعالية كبيرة بينما معامل القدرة المنخفض يشير إلى الاستخدام السيئ للنظام الكهربي. عندما يكون معامل القدرة مساويا الواحد فان ذلك يعني أن القدرة المنتجة بواسطة النظام الكهربي تستهلك لإنتاج العمل الفعال. على الجانب الآخر فان المعدات المفاعلة هي المعدات التي تستخدم الملفات الحثية أو المكثفات مثل المحركات الكهربية والمحولات ... الخ.



شكل(8-3) مثلث القوى

وهناك نسبة كبيرة من الآلات المستخدمة في الصناعة لها معامل قدرة منخفض. أي منشأة صناعية تحتوي على أنواع المعدات والآلات الكهربية الآتية ويكون لها معامل قدرة منخفض والتي تتطلب خطوات لتحسين معامل القدرة.

أ- كل أنواع المحركات الحثية والتي تمثل معظم الأحمال الصناعية.

ب- ثيراستور القوى والذي يستخدم للتحكم في محركات التيار المستمر والعمليات الكهرو كيميائية.

ت- محولات القوى ومنظمات الجهد.

ث- آلات اللحم الكهربي.

ج- أفران القوس الكهربي والأفران الحثية.

ح- المنفات الخافقة والأنظمة المغناطيسية.

خ- كشافات الفلورسنت والنيون.

ويعطي الجدول(1-3) معاملات القدرة للصناعات المختلفة.

الصناعة	معامل القدرة
صناعة النسيج	0.65/0.75
صناعة الكيماويات	0.75/0.85
اللحام بالقوس الكهربي	0.35/0.4
أفران القوس الكهربي	0.7/0.9
أعمال الاسمنت	0.78/0.8
مصانع الملابس	0.35/0.6
الأعمال المعدنية	0.6/0.85
الثلاجات الكبيرة الحافظة	0.7/0.8
سباكة المعادن	0.5/0.7
صناعة البلاستيك	0.6/0.75
معدات الطباعة	0.55/0.7
المحاجر	0.5/0.7

3.5.1 تأثيرات معامل القدرة:

أ- سعة النظام الكهربي:

الكيلو فولت أمبير هي القدرة الكلية المتاحة بالنظام الكهربي.

القدرة الفعالة = القدرة الكلية * معامل القدرة. معامل القدرة العالي يعني زيادة سعة النظام الكهربي المتاح ومع زيادة سعة النظام الكهربي يصبح الجهد أكثر استقرارا عند توصيل وفصل الأحمال الكهربية وكذلك يمكن إضافة أحمال أكثر للنظام الكهربي عند الاحتياج.

ب- مفاقيد النظام الكهربي:

مع معامل القدرة العالي فان التيار الكهربي المطلوب للحمل يصبح اقل وبالتالي فان القدرة المفقودة (I^2R) تقل وبالتالي فان الارتفاع في درجة حرارة الأجهزة مثل الكابلات والمحولات وقضبان التوزيع وهكذا يقل مما يزيد من العمر الافتراضي للأجهزة.

ت- تكاليف شركات الكهرباء:

يجب أن يكون معامل القدرة لنظام التوزيع الكهربي عالي وذلك لزيادة كفاءة النظام الكهربي والاستفادة القصوى بالقدرة المولدة. لذلك فان شركات الكهرباء تفرض غرامة معامل قدرة على المستهلك وتطالبه بالمحافظة على مستوى لا يقل عن 95% لمعامل القدرة لتجنب فرض الغرامة.

ث- خطوط النقل الكهربي:

التيار المار في خط النقل الكهربي يزداد عندما يقل معامل القدرة الكهربية وذلك بتثبيت القدرة الكهربية الفعالة المنقولة على الخط الكهربي وبذلك لا بد من زيادة مساحة مقطع موصلات خط النقل مما يتسبب في زيادة تكاليف الخط. وأيضا بزيادة التيار الكهربى تزداد مفاقيد خط النقل الكهربي مما يقلل من كفاءة خط النقل وكذلك يتسبب ارتفاع التيار في زيادة انخفاض الجهد على الخط.

ج- التأثير على المحولات الكهربية:

معامل القدرة المنخفض تقل معه سعة المحول للقدرة الفعالة (Kw capacity) ويزداد الجهد بداخله.

ح- التأثير على المواطع وقضبان التوزيع:

لابد من زيادة مساحة مقطع قضبان التوزيع وكذلك مساحة سطح التلامس للقواطع الكهربية عند نفس قيمة القدرة الكهربية المنقولة عند معامل القدرة المنخفض.

خ- 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.

3.5.2 مميزات تحسين معامل القدرة:

عند عمل الشبكات الكهربية بمعامل قدرة منخفض تزداد التكاليف الرئيسية لمحطات التوليد وأنظمة النقل والتوزيع الكهربي. ولذلك فمن المستحسن للمستهلك والمغذي أن تعمل الشبكات الكهربية عند معامل قدرة مرتفع. والنقاط التالية تلخص فوائد تحسين معامل القدرة:

أ- زيادة سعة القدرة الفعالة للمولد الكهربي.

ب- زيادة سعة القدرة الفعالة للمحول الكهربي.

ت- زيادة كفاءة كل الوحدات بالشبكة الكهربية.

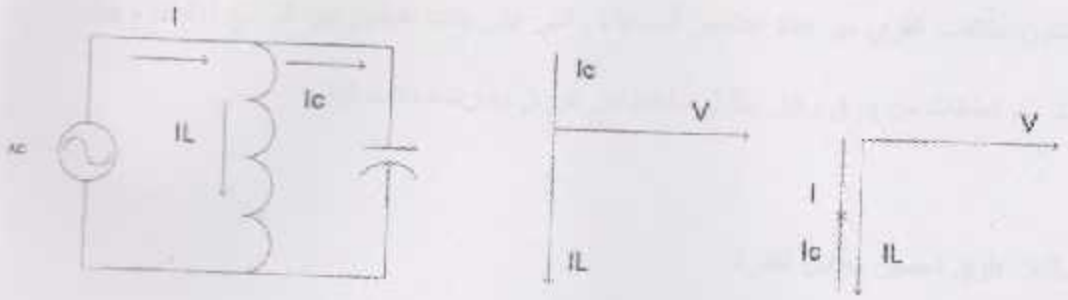
ث- تقليل تكاليف الوحدات بالشبكة.

ج- تحسين تنظيم الجهد على خطوط النقل الكهربي.

3.5.3 تحسين معامل القدرة:

للحصول على أفضل ميزة اقتصادية من القدرة الكهربية فإن كلا من محطات التوليد وأماكن الاستهلاك لابد أن تعمل بكفاءة عالية. ولتحقيق ذلك فمن الضروري أن يكون معامل القدرة عالي للنظام الكهربي. معظم الأحمال في أنظمة التوزيع الكهربى الحديثة أحمال حثية والتي تعني أنها تحتاج لمجال كهرومغناطيسي لعملها. وابسط الطرق لتحسين معامل القدرة هي إضافة مكثفات تحسين معامل القدرة لمحطة التوزيع الكهربية. وتعمل مكثفات القوى كمولدات تيار متفاعلة. وبإضافة

تيار المكثفات المفاعلة فان التيار الكلي للنظام الكهربي سيقل. ولدراسة كيفية تحسين معامل القدرة في الدوائر الحثية نضع مكثف على التوازي مع ملف يغذي مصدر كهربي كما في الشكل(9-3).



شكل(9-3) وضع مكثف على التوازي مع ملف

التيار الأولي بالدائرة قبل توصيل المكثف هو I_L ويتأخر عن جهد المصدر بزاوية 90 وهو التيار الكلي المسحوب من المصدر وعند وضع المكثف على التوازي مع الملف فانه يسحب تياراً سعويا مقداره I_C

يتقدم عن جهد المصدر بزاوية مقدارها 90 درجة وفي هذه الحالة يكون التيار الكلي المسحوب من المصدر هو مجموع التيارات في الملف والمكثف:

$$I = I_L - I_C \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

والإشارة السالبة تعني أن I_C على 180 درجة من I_L . لذلك فان القدرة المفاعلة الكلية في هذه الحالة تساوي

$$Q = V (I_L - I_C) = Q_L - Q_C \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

وبالنظرة العامة للمفاعلة الكلية نجد أن جزءاً من المفاعلة الحثية قد عوضت بالمفاعلة السعوية مما يقلل من المفاعلة الكلية المطلوبة من المصدر. هذا التقليل من المفاعلة المطلوبة يؤدي إلى تحسين معامل القدرة الكلية للدائرة، هذه العملية تسمى التعويض (Compensation).

لذلك فانه من اجل تعويض القدرة غير الفعالة الحثية (Inductive Reactive Power) بشكل غير فعال، يجب تحديد سعة المكثف اللازمة لذلك.

وتعتبر المكثفات من أكثر الأجهزة المستخدمة في تحسين معامل القدرة وتصنع مكثفات القدرة حاليا بأشكال وإحجام مختلفة.

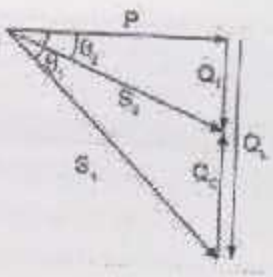
وتتكون مكثفات القوى من عدة عناصر أساسية، والتي تبنى بلف طبقتين من شرائح الألمنيوم بين عدد من الطبقات من ورق رقيق عازل مختلط من الورق وشريحة بلاستيكية.

3.5.4 طرق تحسين معامل القدرة:

يمكن استخدام إحدى الطريقتان الآتيتين لتحسين معامل القدرة:

أ- **بتثبيت القدرة الفعالة:**

عند استخدام المكثفات لتحسين معامل القدرة من cosθ1 إلى cosθ2، فان تغيير قيم القدرة الظاهرية (S) موضح في الشكل (3-10) حيث أن:



S_1: القدرة الظاهرية للحمل قبل تحسين معامل القدرة .

P: القدرة الفعالة للحمل وهي ثابتة.

Q_L: القدرة غير الفعالة المتأخرة للحمل قبل التحسين.

S_2: القدرة الظاهرية للحمل بعد التحسين.

Q_T: القدرة غير الفعالة المتأخرة بعد التحسين.

شكل(3-10) تحسين معامل القدرة بتثبيت القدرة

وعليه فان القدرة غير الفعالة المتقدمة اللازمة لتحسين معامل القدرة يمكن حسابها على النحو الآتي:

$$\tan\theta_1 = Q_L / P \quad \ldots\ldots(11)$$

$$\tan\theta_2 = Q_T / P \quad \ldots\ldots(12)$$

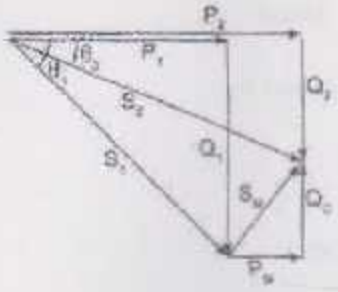
$$\tan\theta_1 - \tan\theta_2 = Q_L / P - Q_T / P = (Q_L - Q_T) / P = Q_C / P \quad \ldots\ldots(13)$$

أي أن :

$$Q_C = P\,(\tan\theta_1 - \tan\theta_2) \quad \ldots\ldots(14)$$

ب- طريقة تثبيت القدرة الظاهرية:

يوضح الشكل (3-11) أن القدرة الظاهرية قبل تحسين معامل القدرة (S_1) تساوي بالارقام القدرة الظاهرية بعد التحسين (S_2) وكذلك :



شكل (3-11) تحسين معامل القدرة بتثبيت القدرة الظاهرية

P_1: القدرة الفعالة للحمل قبل تحسين معامل القدرة.

Q_1: القدرة غير الفعالة المتأخرة للحمل قبل التحسين.

Q_2: القدرة غير الفعالة المتأخرة للحمل بعد التحسين.

فإذا تم تحسين معامل القدرة باستخدام محرك تزامني ذي إثارة عالية فان:

S_M: القدرة الظاهرية الداخلة على المحرك.

Q_C: القدرة غير الفعالة المتقدمة الداخلة على المحرك.

P_M: القدرة الفعالة الداخلة على المحرك.

ان الخسائر في المحرك تكون عادة اقل من PM وبذلك فان القدرة المتبقية تمثل الحمل الميكانيكي الذي يقاد باستخدام المحرك.

3.5.5 طريقة الجداول لتحسين معامل القدرة:

وهي من الطرق شائعة الاستعمال وتعطي مقدن المكثف المطلوب لتحسين معامل القدرة من معامل القدرة الموجود بالفعل إلى معامل القدرة المراد الوصول إليه.

بفرض أن معامل القدرة المراد تحسينه هو $\cos\theta_1$ فانه يمكن كتابة المعادلات التالية:

معامل القدرة = $\cos\theta_1$.

القدرة الفعالة = (القدرة الظاهرية) * .cosθ1

(القدرة غير الفعالة) 1 = (القدرة الظاهرية) 1 * .sinθ1

(القدرة غير الفعالة) 1 = القدرة الفعالة * tanθ1 .

وبفرض ان معامل القدرة تم تحسينه إلى cosθ2 فان:

معامل القدرة = cosθ2.

القدرة الفعالة = (القدرة الظاهرية) * .cosθ2

(القدرة غير الفعالة) 2 = (القدرة الظاهرية)*sinθ2 .

(القدرة غير الفعالة) 2 = القدرة الفعالة * tanθ2 .

لذلك فان قدرة المكثف المطلوبة تساوي QC = (القدرة غير الفعالة) 1 – (القدرة غير الفعالة) 2

(القدرة الفعالة) (tanθ1 – tanθ2) = (القدرة الفعالة) (معامل الضرب)

اي أن معامل الضرب = tanθ2 – tanθ1 ويبين الجدول (2-3) معامل الضرب لتحسين معامل القدرة من قيمة لأخرى.

معامل القدرة المراد تحسينه	معامل الضرب لتحسين معامل القدرة الى :								
	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.90	0.85	0.80
0.60	1.333	1.190	1.130	1.082	1.041	1.004	0.849	0.713	0.583
0.61	1.229	1.156	1.096	1.048	1.007	0.970	0.815	0.679	0.549
0.62	1.265	1.122	1.062	1.014	0.973	0.936	0.781	0.645	0.515
0.63	1.233	1.090	1.030	0.982	0.941	0.904	0.749	0.613	0.483
0.64	1.201	1.058	0.998	0.950	0.909	0.872	0.717	0.581	0.451
0.65	1.169	1.026	0.966	0.918	0.877	0.840	0.685	0.549	0.419
0.66	1.138	0.990	0.935	0.887	0.846	0.809	0.654	0.518	0.388
0.67	1.108	0.965	0.905	0.857	0.816	0.779	0.624	0.488	0.358
0.68	0.078	0.935	0.875	0.827	0.786	0.749	0.594	0.458	0.328
0.69	1.049	0.906	0.846	0.789	0.757	0.720	0.565	0.429	0.299
0.70	1.020	0.877	0.817	0.769	0.728	0.691	0.536	0.499	0.270
0.71	0.992	0.849	0.789	0.741	0.700	0.663	0.508	0.372	0.242
0.72	0.964	0.821	0.761	0.713	0.672	0.635	0.470	0.344	0.214
0.73	0.936	0.793	0.733	0.685	0.644	0.606	0.452	0.316	0.186
0.74	0.909	0.766	0.706	0.658	0.617	0.580	0.425	0.289	0.159
0.75	0.882	0.739	0.679	0.631	0.590	0.553	0.398	0.262	0.132
0.76	0.855	0.712	0.652	0.604	0.563	0.526	0.371	0.235	0.105

0.079	0.209	0.345	0.500	0.537	0.578	0.626	0.686	0.829	0.77
0.052	0.182	0.381	0.473	0.510	0.551	0.559	0.659	0.802	0.78
0.26	0.156	0.292	0.447	0.484	0.525	0.573	0.633	0.776	0.79
---	0.130	0.266	0.421	0.458	0.499	0.574	0.607	0.750	0.80
---	0.104	0.240	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724	0.81
---	0.078	0.214	0.369	0.406	0.447	0.495	0.555	0.698	0.82
---	0.052	0.188	0.343	0.380	0.421	0.469	0.529	0.672	0.83
---	0.026	0.162	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646	0.84
---	---	0.136	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620	0.85
---	---	0.109	0.264	0.301	0.342	0.390	0.450	0.592	0.86
---	---	0.083	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567	0.87
---	---	0.056	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540	0.88
---	---	0.028	0.183	0.220	0.261	0.309	0.369	0.512	0.89
---	---	---	0.155	0.192	0.233	0.281	0.341	0.484	0.90
---	---	---	0.127	0.164	0.205	0.253	0.313	0.456	0.91
---	---	---	0.097	0.134	0.175	0.223	0.283	0.426	0.92
---	---	---	0.066	0.103	0.144	0.192	0.252	0.395	0.93
---	---	---	0.034	0.071	0.112	0.160	0.220	0.363	0.94
---	---	--	---	0.037	0.078	0.126	0.186	0.329	0.95
---	---	---	---	---	---	0.089	0.149	0.292	0.96
---	---	---	---	---	---	0.048	0.108	0.251	0.97
---	---	---	---	---	---	---	0.060	0.203	0.98
---	---	---	---	---	---	---	---	0.143	0.99

جدول (2-3) معامل الضرب لتحسين معامل القدرة من cos01 إلى cos02 متأخر

ملاحظات:

- يتبع تعشيق المكثفات تيارات عالية جدا لفترة قصيرة جدا. لكن من الممكن أن تؤدي إلى إتلاف نقاط تلامس الكنتاكتورات الخاص بتوصيل وفصل هذا المكثف. ولذلك توجد كنتاكتورات خاصة لهذه العملية تحتوي على مجموعة مقاومات تحد من التيار المار بها ويتم فصل هذه المقاومات بعد انتهاء فترة تيارات التعشيق العالية.
- ينشا عن طول فترة وجود المكثفات بالدائرة. أو درجات الحرارة العالية انخفاض عزل المكثف من الداخل مما يؤدي إلى ارتفاع ضغطه وانفجاره. وتوجد بعض مكثفات بها نظام امن لعدم الانفجار عبارة عن صمام يتمدد كلما زاد الضغط داخل المكثف ليلغي عمل هذا المكثف من الدائرة.

- إذا كان معامل القدرة ذات قيمة ثابتة وتريد تحسينه إلى قيمة معينة من الممكن استخدام الجدول لاستخراج قيمة المكثف المطلوب.
- مثال: إذا كان معامل القدرة 0.70 وتريد تحسينه إلى 0.95 فيوضع قيمة مكثف 0.691 كيلو فار لكل 1 كيلو وات

ملحوظة:

بالنسبة للمحركات الحثية شائعة الاستخدام ينخفض معامل قدرتها كلما عملت بدون حمل. ففي حالة دوران المحرك بدون أي حمل يكون معامل قدرتها 0.3 تقريبا. تزداد هذه القيمة كلما زاد تحميل المحرك ليصل إلى 0.9 وهو يعمل بالحمل الكامل.

3.6 طرق تعويض القدرة المفاعلة باستخدام المكثفات:

يمكن تعويض القدرة المفاعلة باستخدام المكثفات بطرق مختلفة تعتمد على ظروف التشغيل وطبيعة هذه الأحمال. فقد يتم التعويض إفراديا أو على مجموعات أو بشكل مركزي، وقد يتطلب الأمر استخدام أكثر من طريقة بآن واحد.

3.6.1 تعويض القدرة المفاعلة افراديا:

تستخدم هذه الطريقة لتحسين معامل القدرة للأحمال التي تتطلب ظروف تشغيلها العمل المستمر مثل المحولات، آلات اللحام، المحركات، مصابيح الإنارة ...الخ، حيث يعتبر التعويض افراديا لهذه الأحمال أكثر اقتصادية.

وفي اغلب الأحيان يتم وصل مكثفات التعويض مباشرة مع الأحمال دون استخدام قواصم حماية أو أدوات تحكم إضافية. لان وصل وفصل وحماية المكثفات يتم بواسطة نفس القواصم وأدوات التحكم الخاصة بالأحمال الموصولة معها.

ونبين فيما يلي قدرات المكثفات اللازمة للربط مع المحولات والمحركات:

3.6.1.1 المحولات:

يجب تعويض القدرة المفاعلة للمحولات بربط مكثفات على التفرع في طرف الجهد المنخفض للمحولة بغض النظر عن الأحمال المربوطة على هذه المحولة:

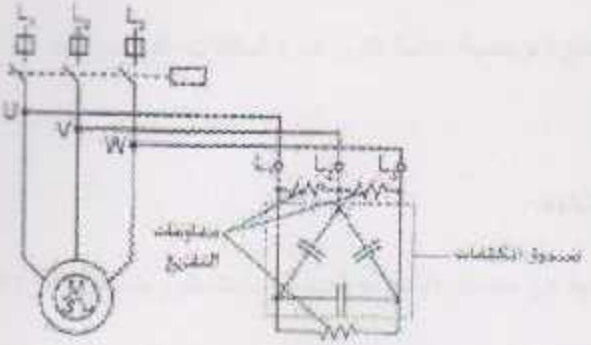
والجدول (3-3) يعطي قدرة المكثف اللازم لتصحيح معامل القدرة للمحولة حسب قدرة المحولة وبغض النظر عن الأحمال المربوطة معها.

جدول (3-3) قدرة المكثف اللازم لتصحيح معامل القدرة بمحولات القدرة

الاستطاعة الاسمية للمحولة KVA	التوتر الاسمي للمحولة في طرف الجهد العالي		
	5 - 10 KV	15 - 20 KV	35 - 60 KV
	للمكثف Kvar	القدرة الاسمية Kvar	الاستطاعة Kvar
25	2	2.5	3
50	3.5	5	6
75	5	6	7
100	6	8	10
160	10	12.5	15
250	15	18	22
315	18	20	24
400	20	22.5	28
630	28	32.5	40

3.6.1.2 المحركات ثلاثية الطور:

يتم تعويض القدرة المفاعلة للمحركات ثلاثية الطور بربط مكثفات على التفرع مع الأطوار الثلاثة ويفضل أن تكون مربوطة بشكل مثلثي لأسباب اقتصادية (كلفة المكثفات ذات التوتر 380 فولط اقل من المكثفات 220 فولط). والجدول (4-3) يعطي قدرة المكثفات الواجب ربطها مع المحرك حسب قدرتها.



شكل (3-12) تحسين أحادي لمعامل القدرة

جدول (3-4) العلاقة بين القدرة غير الفعالة للمكثف والقدرة المقننة للمحرك

1 - 1.9	0.5
2 - 2.9	1
3 - 3.9	1.5
4 - 4.9	2
5 - 5.9	2.5
6 - 7.9	3
8 - 10.9	4
11 - 13.9	5
14 - 17.9	6
18 - 21.9	7.5
22 - 29.9	10
30 - 39.9	$Q_c = 40\%$ Pn
40 - 49.9	$Q_c = 45\%$ Pn

ملاحظة: حين إضافة مكثفات التعويض لمحرك كهربائي يتم إقلاعه يدويا باستخدام مفتاح محوري مثلا وبإقلاع نجمي مثلثي يجب الانتباه إلى أن المكثفات قد تسبب بعض المشاكل حين الانتقال من الوصل النجمي إلى المثلثي إذا كانت دارة الوصل تسبب انقطاعا في التغذية عند تبديل الوصل عن طريق المفتاح من نجمي إلى مثلثي. ولتلافي حصول ذلك يجب أن يكون مفتاح التبديل وطريقة الوصل بحيث تبقى المكثفات موصولة إلى المنبع عند لانتقال من الوضع النجمي إلى الوضع المثلثي.

أما عند استخدام الكنتاكتورات في إقلاع المحركات بطريقة نجمي – مثلثي فيتم وصل المكثفات إلى المحرك عن طريق كنتاكتور خاص، حيث تدخل المكثفات بكامل قدرتها عند الإقلاع، وعند توقف

المحرك تفرغ شحنة المكثفات عن طريق جهاز تفريغ يحوي مقاومات تفريغ عندما تكون قدرة المكثفات حتى 50 Kvar، ووشائع تحريضية عندما تكون قدرة المكثفات اكبر من ذلك.

3.6.1.3 مصابيح الإضاءة:

تعتبر المصابيح الكهربية هي مصدر الإضاءة الكهربية حيث تقوم بتحويل القدرة الكهربية إلى قدرة ضوئية ويوجد أنواع كثيرة من المصابيح الكهربية تختلف في تركيبها وطرق تشغيلها. وفيما يلي تصنيف المصابيح الكهربية.

1. مصابيح الفتيلة(Filament lamps) وتتضمن ما يلي:

أ- المصابيح المتوهجة Incandescent lamps.

ب- مصابيح التنجستن الهالوجينية Tungsten halogen lamps.

ت- المصابيح العاكسة Reflection lamps.

2. مصابيح التفريغ الغازي (Gas-discharge lamps) وتتضمن ما يلي:

أ- مصابيح الفلورسنت Fluorescent lamps.

ب- مصابيح الصوديوم ذات الضغط المنخفض

Low pressure sodium lamps (SOX)

ت- مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالي

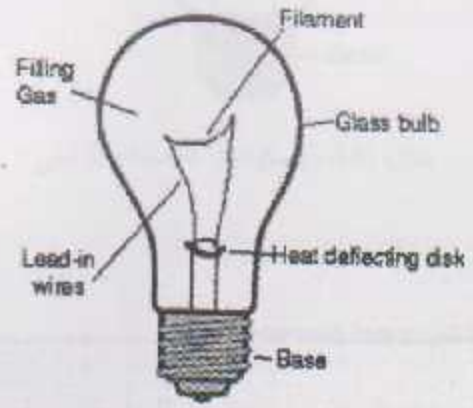
High pressure sodium lamps (HPS)

ث- مصابيح الزئبق ذات الضغط العالي High pressure mercury lamps (HPM) .

ج-مصابيح الهاليد المعدني Metal halide lamps

3.6.1.3.1المصابيح المتوهجة(Incandescent lamps):

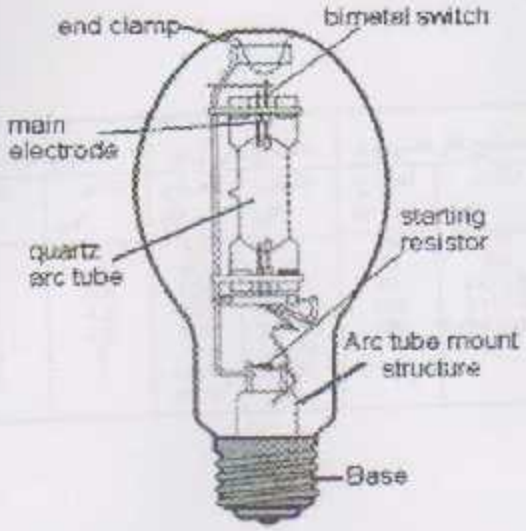
تنتج مصابيح الفتيلة المتوهجة ضوءا عند تسخين الفتيلة، ويتوهج عند مرور تيار كهربي به. وتعمل الفتيلة المتوهجة في وسط مفرغ من الهواء أو وسط يحتوي على غاز خامل ويوضح شكل(13-3) مكونات المصباح المتوهج. الكفاءة الضوئية للمصابيح المتوهجة المستخدمة في إضاءة الطرق حوالي 21 lm/w المصابيح المتوهجة المستخدمة لإضاءة الطرق تتصل مع بعضها على التوالي وعلى التوازي. توجد أنواع مختلفة من الكشافات تستخدم مع المصابيح المتوهجة.



شكل (13-3) مكونات المصباح المتوهج

3.6.1.3.2مصابيح الزئبق(Mercury lamps)

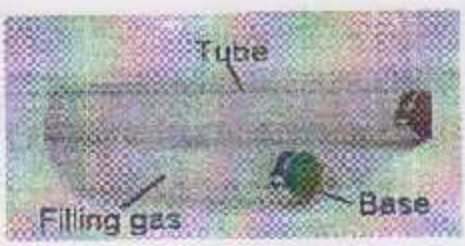
توجد أنواع متعددة من مصابيح بخار الزئبق، والتي تتكون من بوصلتين (bulb)، إحداهما بوصيلة داخلية(أو أنبوبة قوس) والتي يحدث بها القوس الكهربي والأخرى الخارجية تحفظ أنبوبة القوس من تغيرات درجات الحرارة وفي بعض الأحيان تعمل كمرشح لإبعاد بعض أطوال الموجات من إشعاعات القوس. كذلك بعض التوصيلات الخارجية تحتوي على طبقة من الفسفور وتعرف هذه المصابيح بمصابيح الزئبق الفلورسنتية .(Fluorescent-mercury lamps)ويوضح شكل (14-3) مصباح زئبقي.



شكل (3-14) مكونات المصباح الزئبقي

3.6.1.3.3مصابيح الفلورسنت(Fluorescent lamps):

يتكون المصباح من أنبوبة مملوءة بغاز الارجون عند ضغط منخفض ونقط من الزئبق، وقطبين عبارة عن فتيلة سلك مكسوة بالتنجستن كما في الشكل (3-15) ويجهز مع المصباح ملف خانق (ballast) كما في شكل (3-16).



شكل (3-15) مكونات مصباح الفلورسنت

شكل (3-16) الملف الخانق لمصباح الفلورسنت

جدول (5-3) سعة المكثف اللازم لتصحيح معامل القدرة لمصابيح الإنارة الغازية حسب نوعها وقدرتها.

مصابيح فلورسانت		مصابيح بخار الزئبق		مصابيح بخار الصوديوم	
المصباح W	المكثف µF	المصباح W	المكثف µF	المصباح W	المكثف µF
20	--	50	7	35	20
22	3	80	8	55	20
25	3.5	125	10	90	2×13.5
32	4.5	250	18	135	2×13.5
40	4.5	400	2×13.5	180	1×20.1×25
40	6	700	2×30		
65	7	1000	3×20		
		2000	37		

3.6.1.4.4 مصابيح الإنارة الغازية:

يمكن تعويض القدرة المفاعلة للمصابيح الغازية (فلورسانت، زئبق، صوديوم، ..) لتحسين عامل قدرتها بربط مكثف لكل مصباح على حدة.

حين تشغيل مجموعة من المصابيح الغازية المعوضة بمكثفات، يجب الانتباه إلى تيار إقلاع المكثفات الكبير حيث يؤدي هذا التيار إلى فصل قواطع الحماية عندما تكون قدرة مجموعة من المصابيح قريبة من التيار الاسمي للقواطع. وفي هذه الحالة يجب تخفيف الحمل عن هذا القاطع أو استخدام نموذج قاطع نموذج L أو Q التي تتميز بفصل بطئ للتيارات الكبيرة العابرة.

من مساوئ تعويض المصابيح افراديا عندما تعمل على مجموعات كبيرة، تعذر تحديد المكثف العاطل، حيث يتطلب ذلك وقتا وجهدا كبيرين، وينصح في حالة تشغيل المصابيح على مجموعات استخدام التعويض للمجموعة بكاملها.

3.6.2 تعويض القدرة المفاعلة على مجموعات:

وتستخدم هذه الطريقة لتعويض القدرة المفاعلة لمجموعة من الأحمال التي تعمل معا. ويجب ربط المكثفات مع مجموعة من الأحمال هذه بحيث يتم وصل وفصل الأحمال و المكثفات بوقت واحد لتجنب عمل المكثفات

بمفردها وتجنب حدوث ظاهرة الحمل السعوي. كما يجب تقدير قدرة المكثف اللازم لتعويض مجموعة المصابيح حسب نوعها وقدرتها الإجمالية.

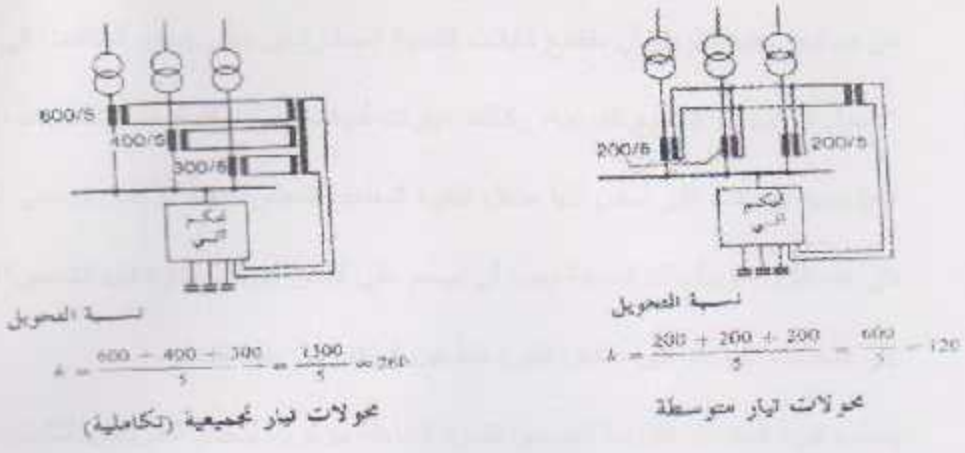
3.6.3 تعويض القدرة المفاعلة مركزيا:

تستخدم طريقة تعويض القدرة المفاعلة مركزيا عندما تكون الأحمال متعددة وذات عوامل قدرة مختلفة، ويعمل كل منها بشكل مستقل وأوقات متفاوتة. ويتم التحكم بمكثفات التعويض اللازمة بشكل آلي يسمح بإدخال وإخراج المكثفات من الخدمة حسب الحاجة وحسب معامل القدرة الفعلي، وبحيث يبقى معامل القدرة الإجمالي لمجموعة من الأحمال قريبا من القيمة المطلوبة.

يتألف نظام التعويض المركزي من:

- مجموعة المكثفات.
- جهاز تحكم آلي لمعامل القدرة حيث يقيس (بواسطة محول تيار) القدرة المفاعلة المطلوبة عند جهة الدخول ويصدر الأمر بإدخال أو إخراج المكثفات اللازمة آليا.
- كنتاكتورات لوصل وفصل المكثفات.
- فواصم حماية للمكثفات.
- عناصر تفريغ للمكثفات.

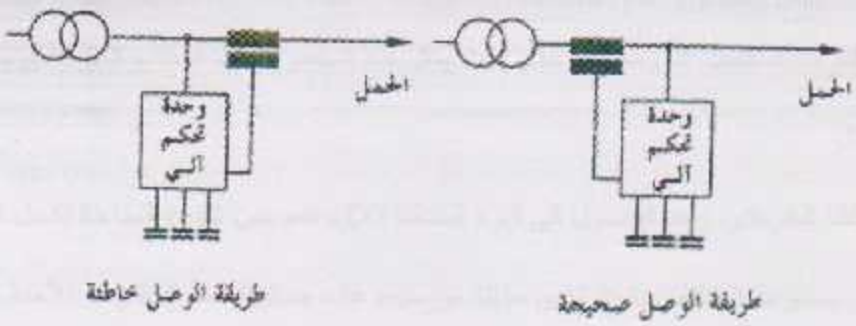
عندما تكون الأحمال متناظرة تقريبا يمكن استخدام محول تيار واحد، أما عندما تكون الأحمال غير متناظرة فيجب استخدام ثلاث محولات تيار، وعند وجود خطوط تغذية متعددة تتم مراقبة عوامل القدرة لكل خط وتستخدم لهذا الغرض محولات تيار تجميعية(تكاملية). وحين تكون



شكل (17-3) محولات التيار المتوسطة والتجميعية

نسب التحويل لمحولات التيار للأحمال متساوية يمكن استخدام محولة متوسطة كما هو موضح بالشكل (3-17):

وفي كل الأحوال يجب وضع محولات التيار التي ستراقب وضع القدرة المفاعلة قبل جهاز التحكم من جهة التغذية، لان وضعها بعد جهاز التحكم سيؤدي إلى بقاء المكثفات موصولة مع الأحمال مهما كان معامل القدرة وحتى حين فصل الأحمال فان عدم مرور التيار في محولات التيار سيبقى المكثفات موصولة وبالتالي سيؤدي إلى حمل سعوي باتجاه التغذية، والشكل(18-3) يوضح ذلك:



شكل (18-3) الطريقة الصحيحة لوصل محولات التيار ووحدة التحكم بوصل وفصل مكثفات التعويض آليا.

يركب نظام التعويض عادة قرب لوحة توزيع التوتر المنخفض الرئيسية لتعويض كافة الأحمال الموجودة في المنشأة بما فيها الإنارة. وتعتبر هذه الطريقة اقتصادية أكثر من الطرق الأخرى، إضافة إلى سهولة الصيانة والمراقبة لان المكثفات مركبة في مكان واحد.

من مساوئ هذه الطريقة أن مقاطع كابلات التغذية الصادرة من مكان وجود المكثفات إلى الأحمال أو لوحات التوزيع الفرعية، وكذلك عبارات أدوات الحماية (قواطع، كنتاكتورات، .. الخ) يجب أن تحدد على أساس أنها ستنقل القدرة المفاعلة المطلوبة لهذه الأحمال وبمعنى آخر فان هذه الكابلات وأدوات الحماية يجب أن تصمم على أساس عوامل القدرة قبل التحسين!!!.

لأن المكثفات تقوم بتحسين معامل القدرة فقط قبل المكثف من جهة التغذية.

تحسب قدرة المكثفات اللازمة لتعويض القدرة المفاعلة مركزيا، بإحدى الطريقتين التاليتين:

3.6.3.1 الطريقة الأولى: طريقة معامل القدرة الإجمالي:

يتم حساب معامل القدرة الإجمالي لمجموعة الأحمال وبمعرفة القدرة الفعلية الكلية لهذه الأحمال يمكن حساب استطاعة المكثف اللازم لتحسين معامل القدرة لمجموعة الأحمال من Cosφ1 إلى Cosφ2 باستخدام الجدول(2-3) لمرة واحدة.

3.6.3.2 الطريقة الثانية: طريقة مجموع القدرات الفردية:

يتم حساب قدرة المكثف اللازمة لتحسين معامل القدرة بالاستعانة بالجدول (2-3) لكل حمل بمفرده، ثم يتم جمع قدرات المكثفات اللازمة لكل حمل حيث يمثل هذا المجموع قدرة المكثف اللازم لتعويض القدرة الكاملة الأحمال.

وفي كلتا الطريقتين وبعد الوصول إلى قدرة المكثف اللازم لتعويض القدرة المفاعلة لكامل الأحمال يجب اختيار مجموعة المكثفات بحيث تكون مؤلفة من مجموعات صغيرة مناسبة لقدرات الأحمال الفردية وذلك ليقوم جهاز التحكم الآلي بفصل أو وصل العدد الملائم من مجموعات المكثفات الصغيرة حسب قدرة ومعامل القدرة للأحمال المربوطة بالتغذية.

الفصل الرابع

مخططات اللوحات الكهربائية للمستشفى الأهلي

4.1 مقدمة

4.2 المنحنيات و الرسوم البيانية.

4.1 مقدمة:

لقد تم اختيار المستشفى الأهلي التابع لجمعية أصدقاء المريض في الخليل للقيام بدراسة الأحمال الموجودة فيه ومعالجة المشاكل الكهربائية بما فيها معامل القدرة ، تبلغ مساحة مباني المستشفى 27.500 متر مربع، تنقسم إلى قسمين ؛ هما:

1. المبنى الرئيسي .
2. مبنى الخدمات.

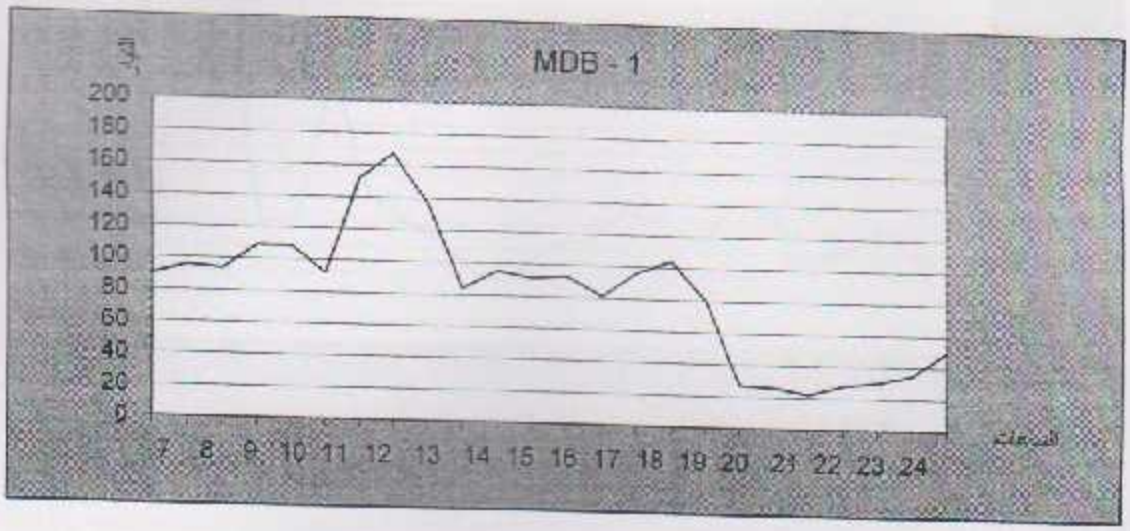
تقوم بلدية الخليل بتزويد المستشفى بالطاقة الكهربائية عن طريق خط ضغط عالي بقدرة 6.6 ك.ف ، وتم تركيب محول خاص للمستشفى بقدرة 830 ك.ف.أ ، يستهلك المستشفى ما نسبته 50% من الطاقة التي تزوده البلدية به.

يوجد في المستشفى ثلاث مولدات كهربائية احتياطية بقدرة 500 ك.ف.أ لكل واحد. ونظرا لان المستشفى الأهلي يحتوي على أجهزة حساسة مثل الأشعة والمختبرات فان ذلك يحتاج إن تكون الطاقة الكهربائية المزود بها في أحسن حال .

إن الهدف الأساسي من اختيار المستشفى الأهلي بالذات لدراسة الأحمال ورفع معامل القدرة إلى 0.95 لان ذلك يوفر على المستشفى مبالغ طائلة(الناحية الاقتصادية)، كما أن المستشفى الأهلي يتطور باستمرار ويحتاج إلى مزيد من الطاقة الكهربائية، ورفع معامل القدرة يسمح بزيادة الأحمال في المستشفى. كما أن رفع معامل القدرة يؤدي إلى أن تعمل الأجهزة الالكترونية في المستشفى على أفضل وجه وتعطي أحسن النتائج.

لقد تم اخذ قراءات الأحمال في المستشفى الأهلي على مدى 24 ساعة ، أسبوع ، شهر ، سنة. وقد تم الاستعانة ببلدية الخليل لأخذ قراءات الشهر والسنة.

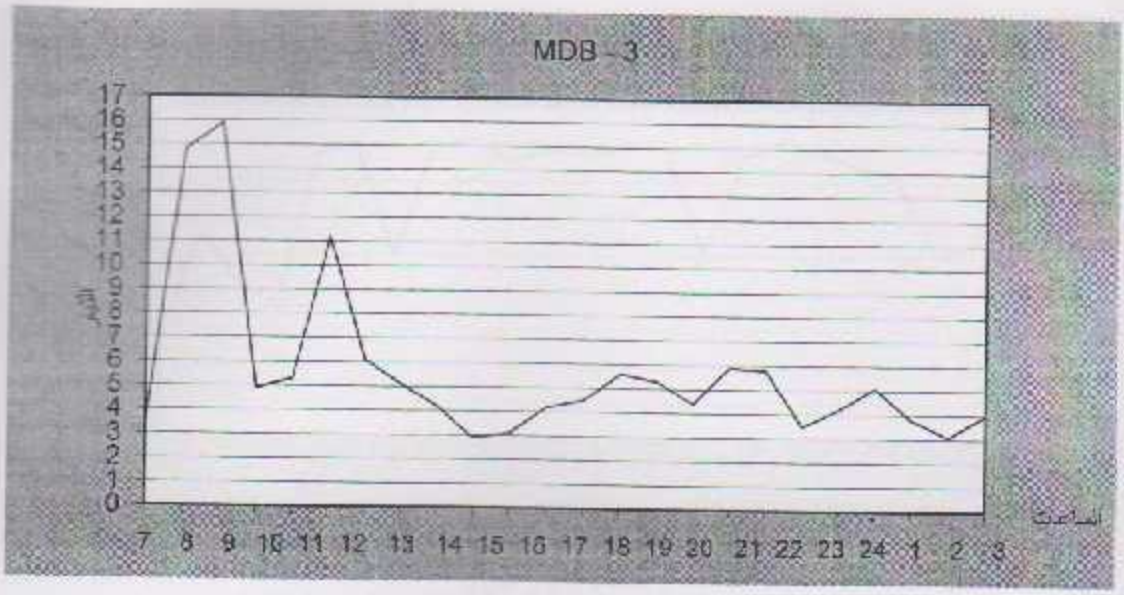
4.2 المنحنيات والرسوم البيانية:



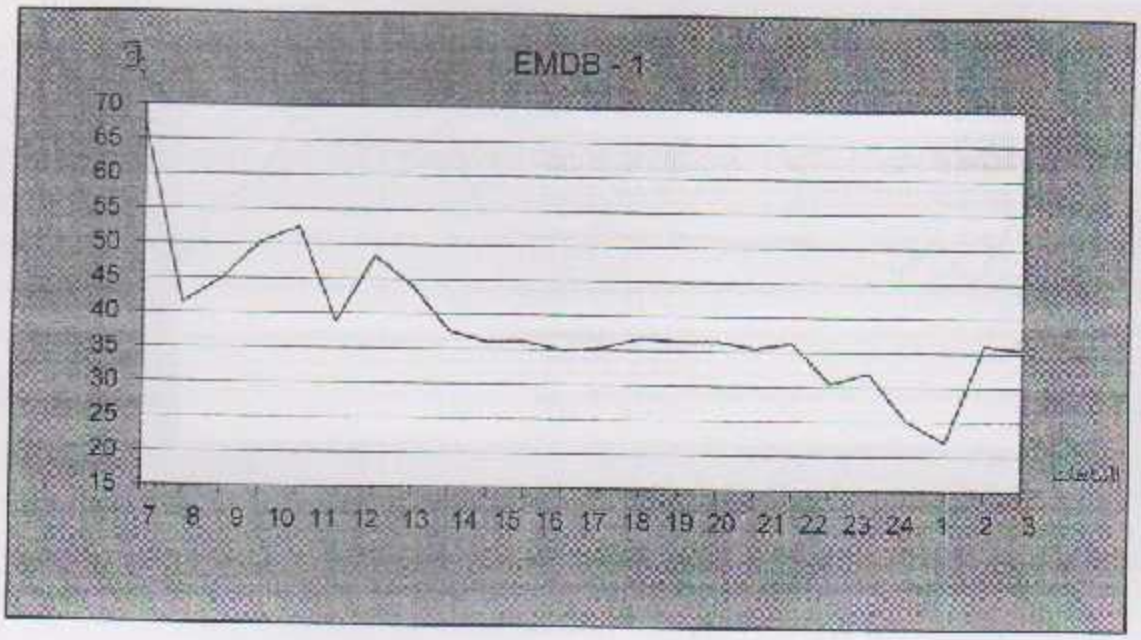
شكل (4-1) الأحمال الكهربائية للوحة الرئيسية الأولى

شكل (4-2) الأحمال الكهربائية للوحة الرئيسية الثانية

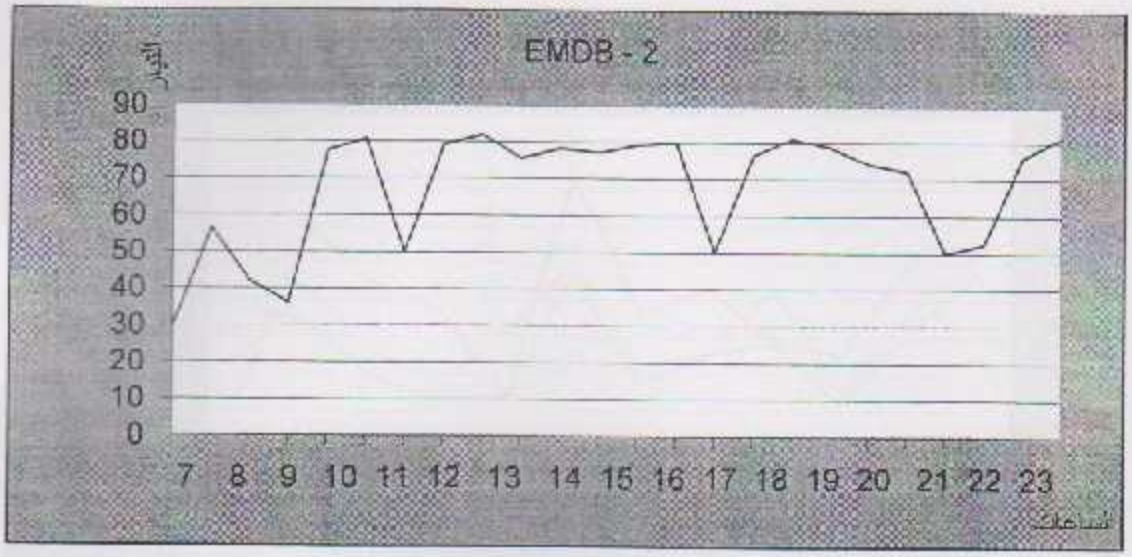
جامعة بوليتكنك فلسطين
Palestine Polytechnic University
(PPU)
The Library المكتبة
Acc. 1164
Class.



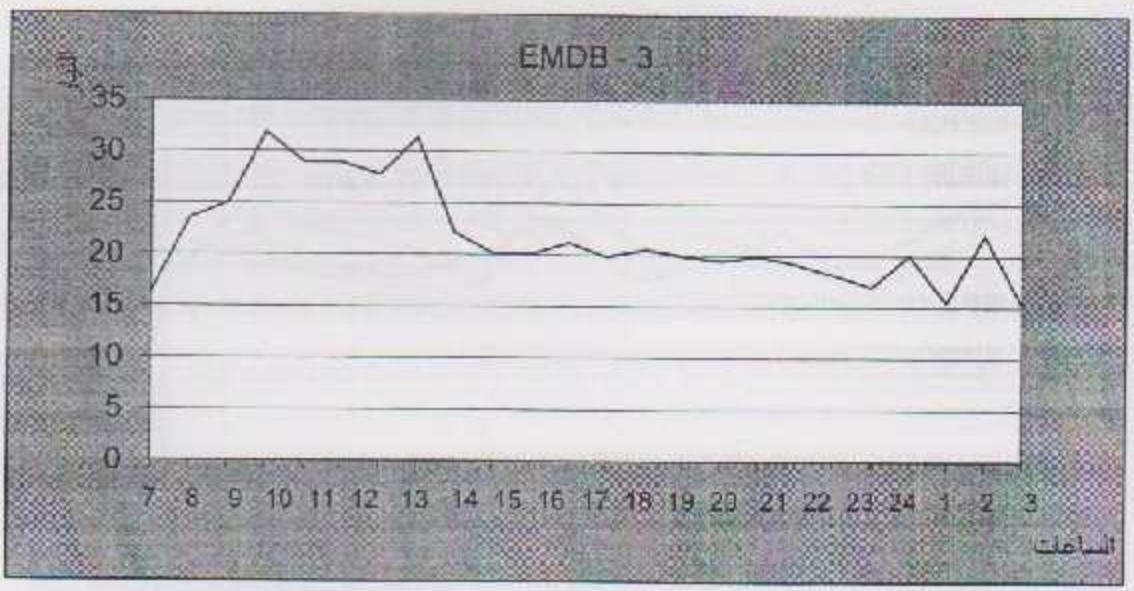
شكل (4-3) الأحمال الكهربائية للوحة الرئيسية الثالثة



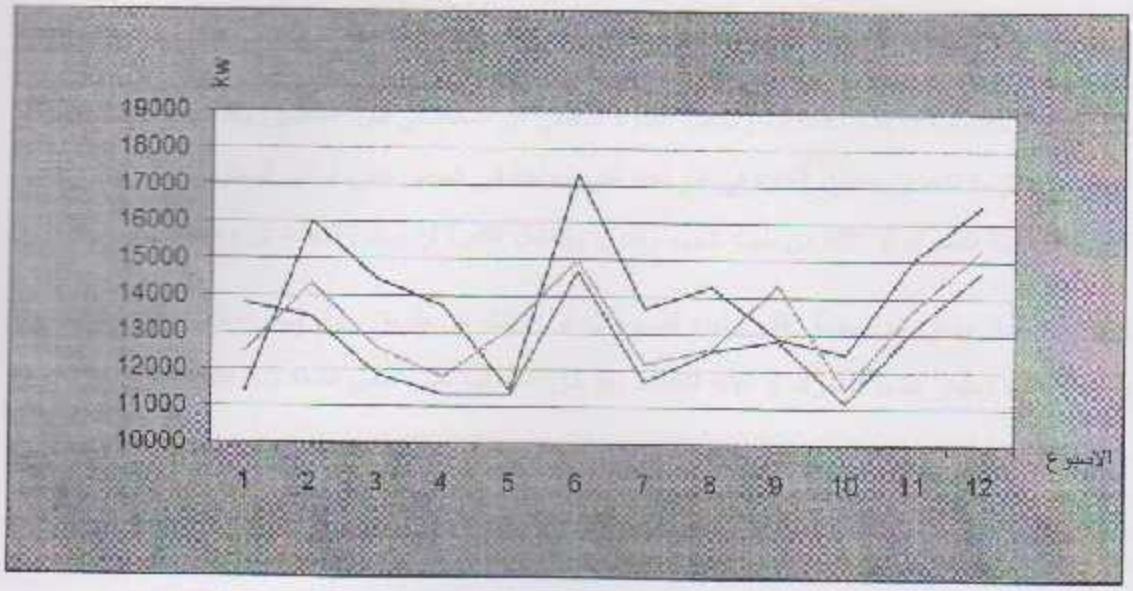
شكل (4-4) الأحمال الكهربائية للوحة الطوارئ الرئيسية الأولى



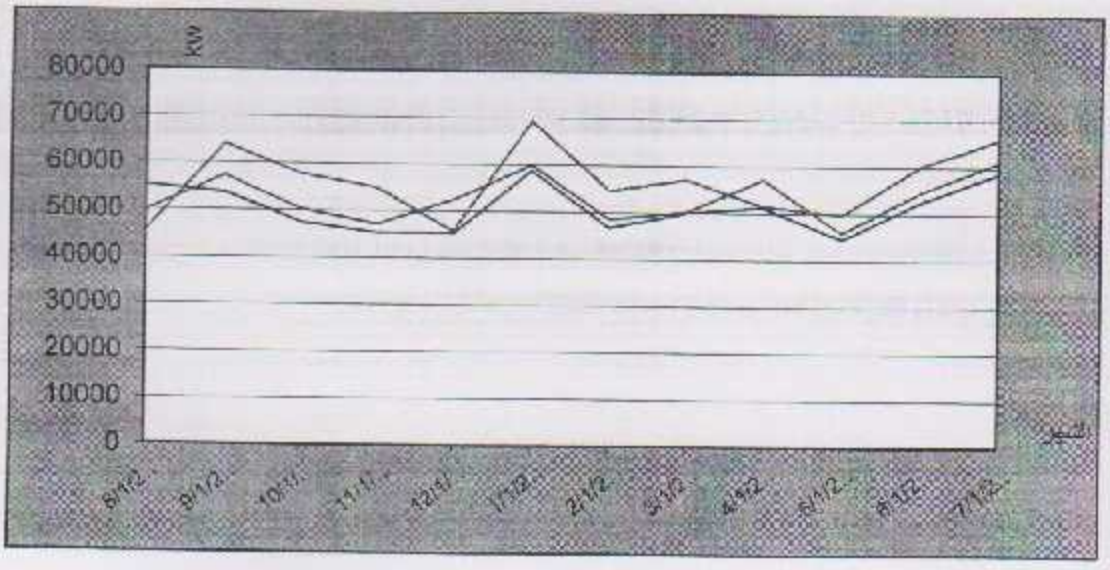
شكل (4-5) الأحمال الكهربائية للوحة الطوارئ الرئيسية الثانية



شكل (4-6) الأحمال الكهربائية للوحة الطوارئ الرئيسية الثالثة



شكل (4-7) الأحمال الكهربائية للخطوط الثلاثة المغذية خلال أسبوع



شكل (4-8) الأحمال الكهربائية للخطوط الثلاثة المغذية خلال سنة

4.3 مخططات اللوحات الكهربائية في المستشفى الأهلي:

تمثل هذه المخططات الأحمال الحقيقية ومعامل القدرة الحقيقي في المستشفى قبل التحسين وقد تم احتساب قدرة المكثفات اللازمة لتحسين معامل القدرة في اللوحات التي بحاجة إلى تحسين على أساس المعلومات الموجودة على اللوحة الاسمية للمحرك أو الآلة من حيث الجهد والتيار ومعامل القدرة ان وجد والكفاءة ان وجدت.

وفي أحيان أخرى تم قياس معامل القدرة لهذه المحركات أو الآلات عن طريق جهاز قياس معامل القدرة الخاص بذلك، وكذلك اعتبار كفاءة المحرك أو الآلة 80%، وقد كان الحساب على أساس المعادلات التالية:

$$P_E = P_M / \eta \quad \text{.....(1)}$$

$$Q_C = P_E * \text{معامل الضرب} \quad \text{.....(2)}$$

حيث:

P_M: القدرة الميكانيكية.

P_E: القدرة الكهربائية.

η: الكفاءة.

P.F: معامل القدرة.

Q_C: قدرة المكثف.

يتم استخراج معامل القدرة من الجدول (3-2) صفحة 36.

الفصل الخامس

الاستنتاجات والتوصيات

5.1الاستنتاجات

5.2 التوصيات

5.3 الجدوى الاقتصادية من عملية التحسين

5.1 الاستنتاجات

1. يتبين أن هناك مناطق في المستشفى الأهلي تحتاج إلى تحسين معامل القدرة بشكل موضعي وأخرى بشكل مركزي بدون وحدة التحكم ، ومناطق أخرى تحتاج إلى تحسين مركزي مع نظام التحكم الخاص بذلك كما تبين أن هناك مناطق لا تحتاج إلى تحسين مثل المناطق التي بها وحدات إنارة لأنها محسنة موضعيا.
2. المناطق التي تحتاج إلى تحسين بطريقة التحسين الموضعي:
   - أ- الأحمال الصغيرة والتي يمكن تركيب وحدة التحسين مباشرة عليها.
   - ب- الأحمال الصغيرة والتي يمكن تركيب وحدة التحسين عليها بشكل مركزي على خط التغذية الرئيسي في اللوحة الفرعية.
   - ت- الأحمال التي يمكن تركيب وحدات التحسين عليها بشكل مركزي مع جهاز تحكم لان هذه الأحمال متغيرة وليست ثابتة مثل المصاعد.

لقد تم اخذ القراءات للأحمال الكهربائية في المستشفى الأهلي حيث تبين من ذلك انه لا يمكن استخدام أجهزة تحكم تعتمد على الزمن في تصميم هذه اللوحات وذلك لان الأحمال متغيرة باستمرار وبشكل مفاجئ.

5.2 التوصيات:

1. نوصي أن تقوم مصلحة الكهرباء بتحسين معامل القدرة لجميع المعدات الكهربائية من محولات وغيره لما لذلك من فائدة اقتصادية للمصلحة وللمستهلك .

2. نوصي مصلحة الكهرباء أن تقوم بإلزام المستهلكين للكهرباء بتحسين معامل القدرة ورفعه إلى نسبة معقولة حتى لا يترتب عليهم أي غرامة مالية .

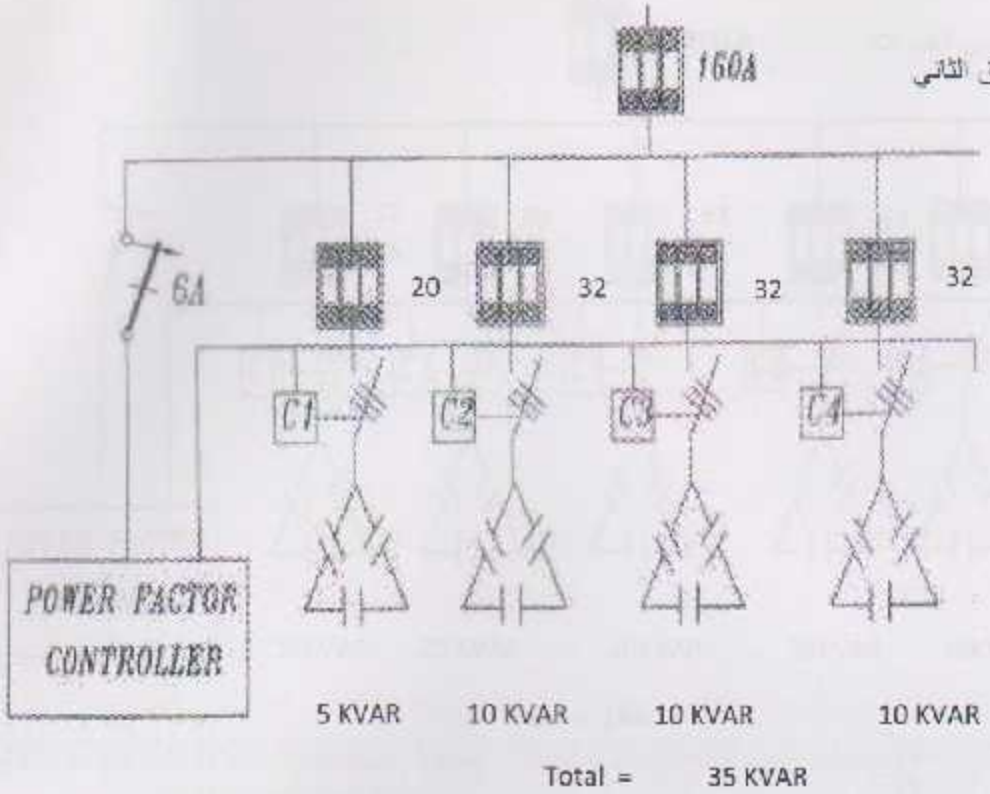
3. نوصي المستهلكين للطاقة برفع معامل القدرة للأحمال الكهربائية لديهم وخاصة أصحاب المصانع لأن ذلك يعود عليهم بالفائدة الاقتصادية وإطالة عمر الآلات والمعدات التي يملكونها .

4. نوصي المستشفى الأهلي بعمل ما هو مطلوب بالجدول التالي:

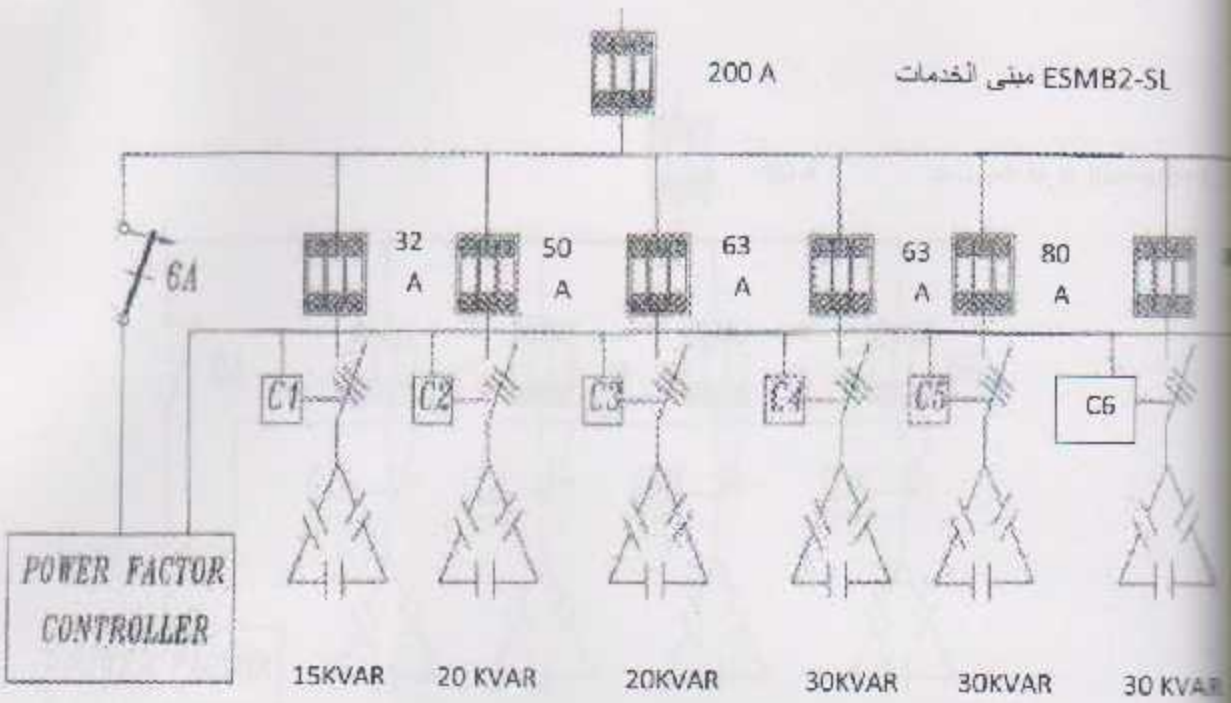
اسم اللوحة	نوع التحسين	قيمة المكثف
1. الغاز الطبي	تحسين موضعي على خط التغذية	16.39 KVAR
2. الرنين المغناطيسي MRI	تحسين موضعي على خط التغذية	25.13 KVAR
3. لوحة ESMB9-G - الأشعة	تحسين موضعي	6.19 KVAR

1. تصوير صدر ا 2. تصوير صدر ب	تحسين موضعي	6.83 KVAR
4. لوحة ESMB2-2 (غرفة التكييف)	تحسين مركزي مع لوحة التحكم	34.76 KVAR
5. لوحة ESMB1-2 1. التكييف 2. مراوح السطح 3. لوحة المراوح	تحسين مركزي مع تحكم تحسين موضعي تحسين مركزي مع تحكم	16.68 KVAR 6.35 KVAR 11.78 KVAR
6. لوحة EMCC-2	تحسين مركزي مع تحكم	13.32 KVAR
7. لوحة EMCC-1	تحسين مركزي مع تحكم	28.85 KVAR
8. لوحة المضخات B102	تحسين موضعي لكل محرك	9.73KVAR محرك كبير 2.17KVAR محرك صغير
9. لوحة ESMB2-SL	تحسين مركزي مع جهاز التحكم	144.52 KVAR
10. مصاعد L.G	تحسين مركزي مع جهاز التحكم	21 KVAR
11. لوحة MCC-4	تحسين مركزي مع جهاز التحكم	70.36KVAR
12. لوحة SMB1-S1	تحسين مركزي مع جهاز التحكم	168.84 KVAR
13. مصاعد أوتيس	مركزي مع تحكم	21 KVAR

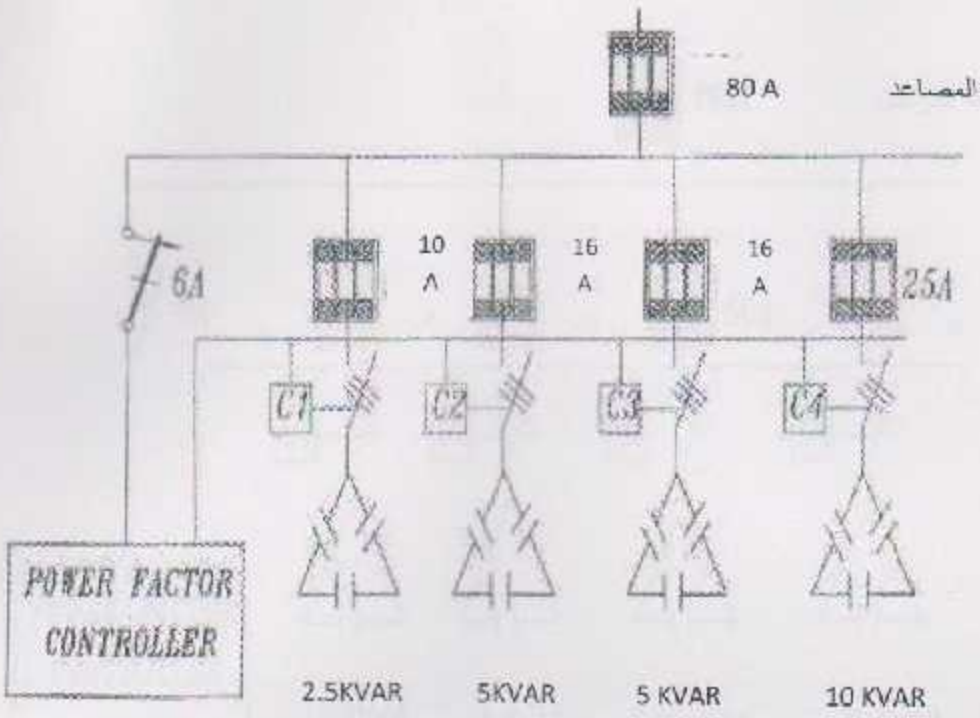
جدول (1-5) اللوحات التي بحاجة إلى تحسين معامل القدرة



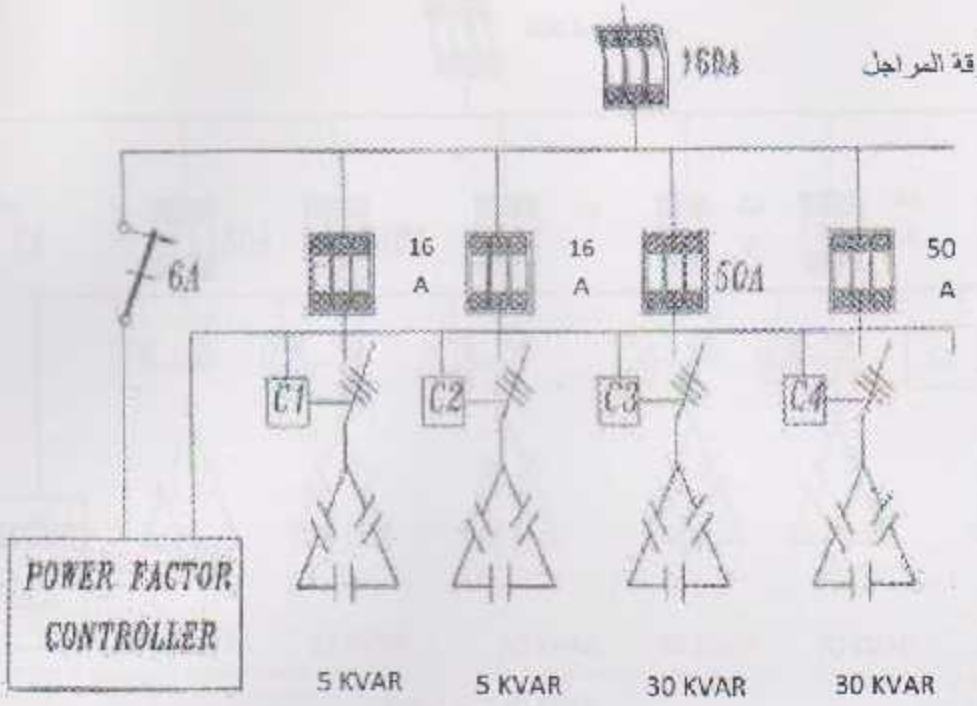
شكل (1-5) التحسين المركزي لمعامل القدرة



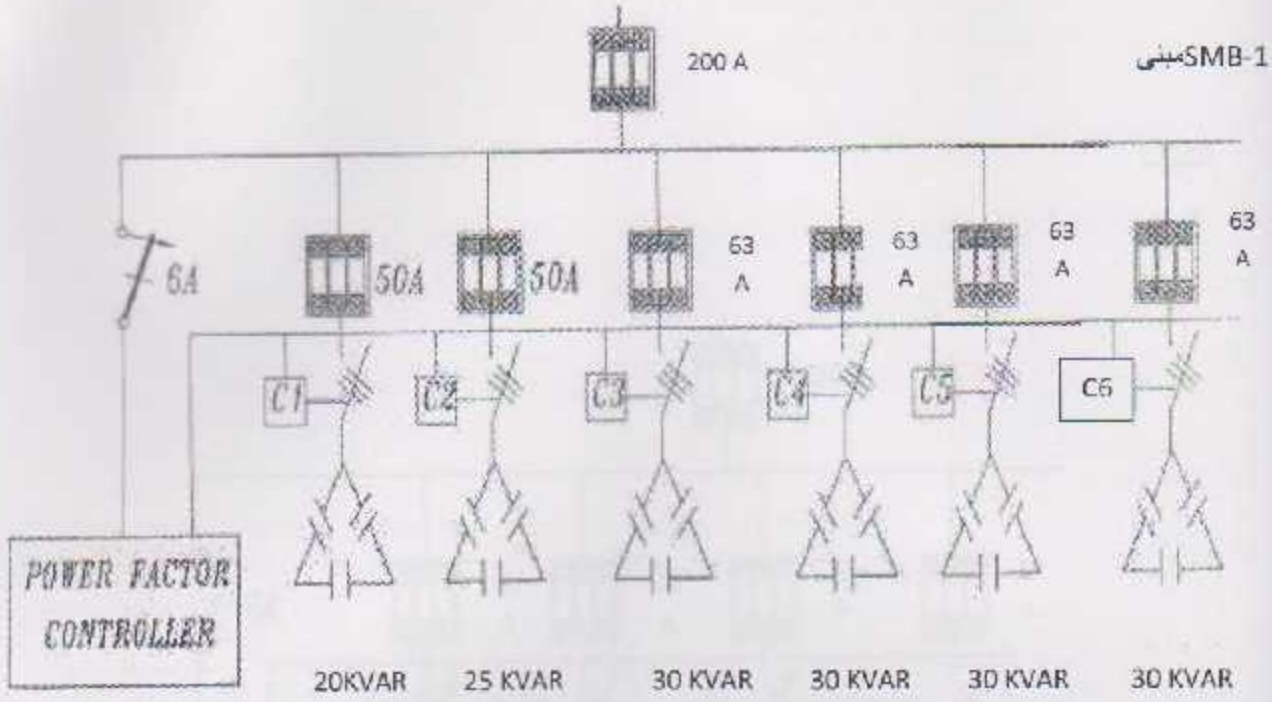
شكل (2-5) التحسين المركزي لمعامل القدرة



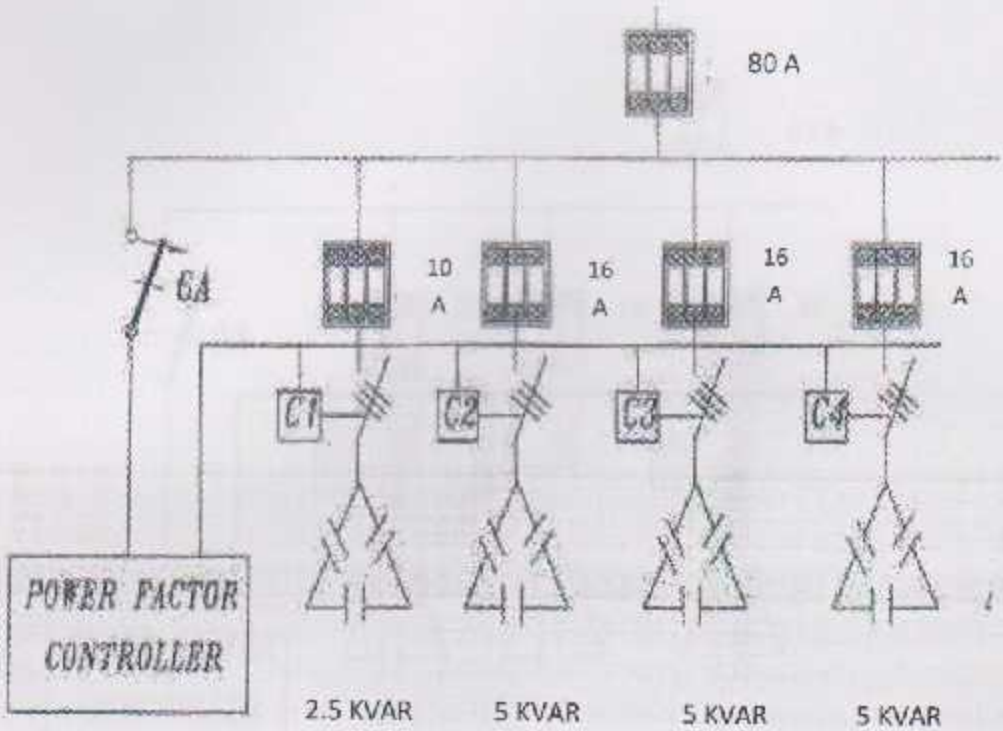
شكل (3-5) التحسين المركزي لمعامل القدرة



شكل (4-5) التحسين المركزي لمعامل القدرة

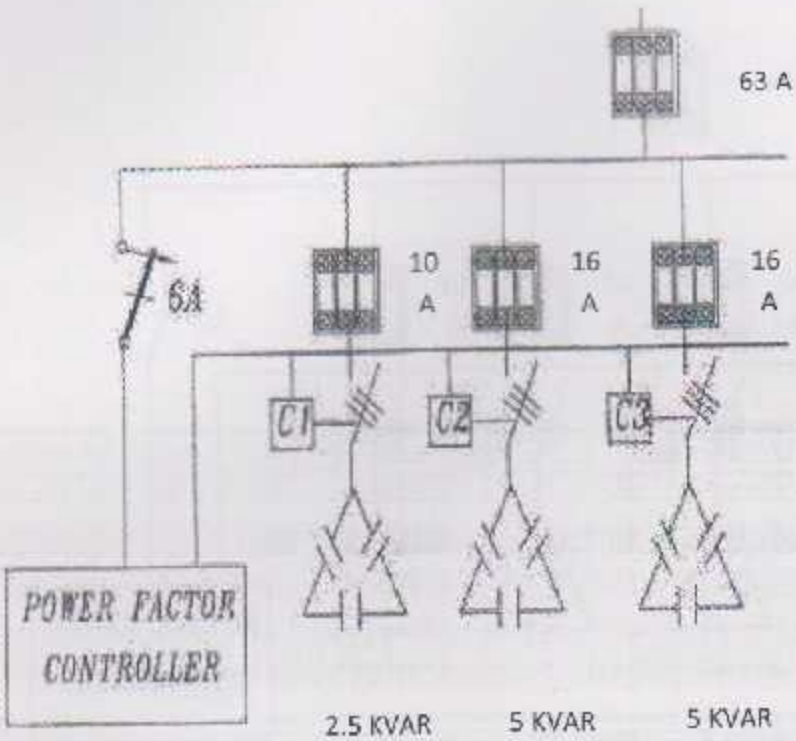


شكل (5-5) التحسين المركزي لمعامل القدرة

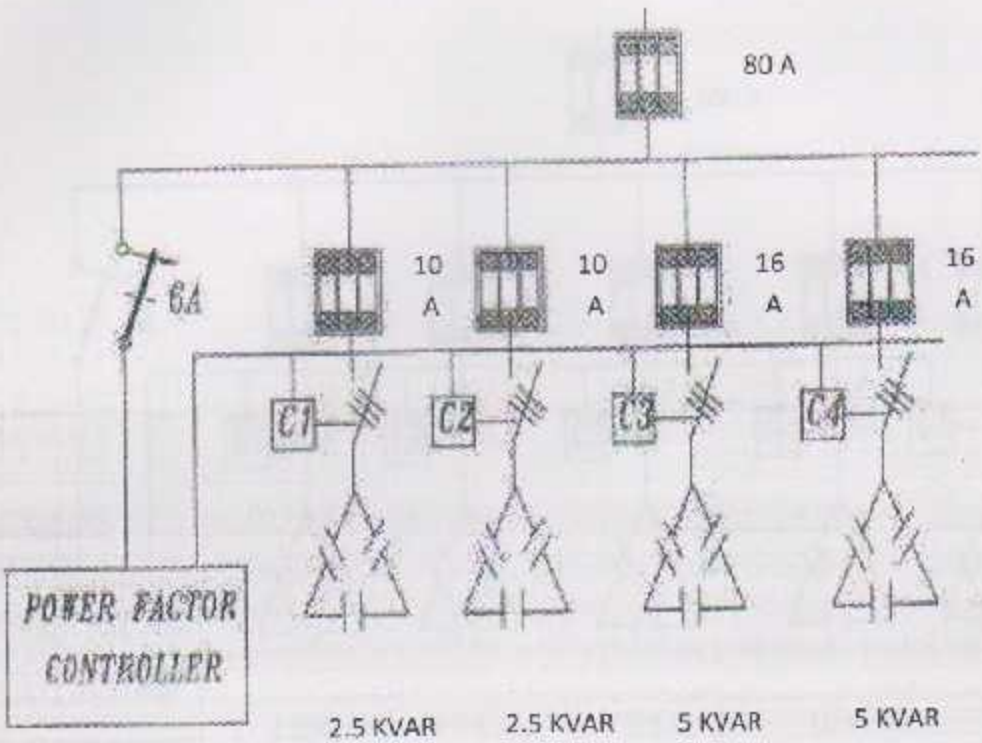


شكل (6-5) التحسين المركزي لمعامل القدرة

لوحة المراوح



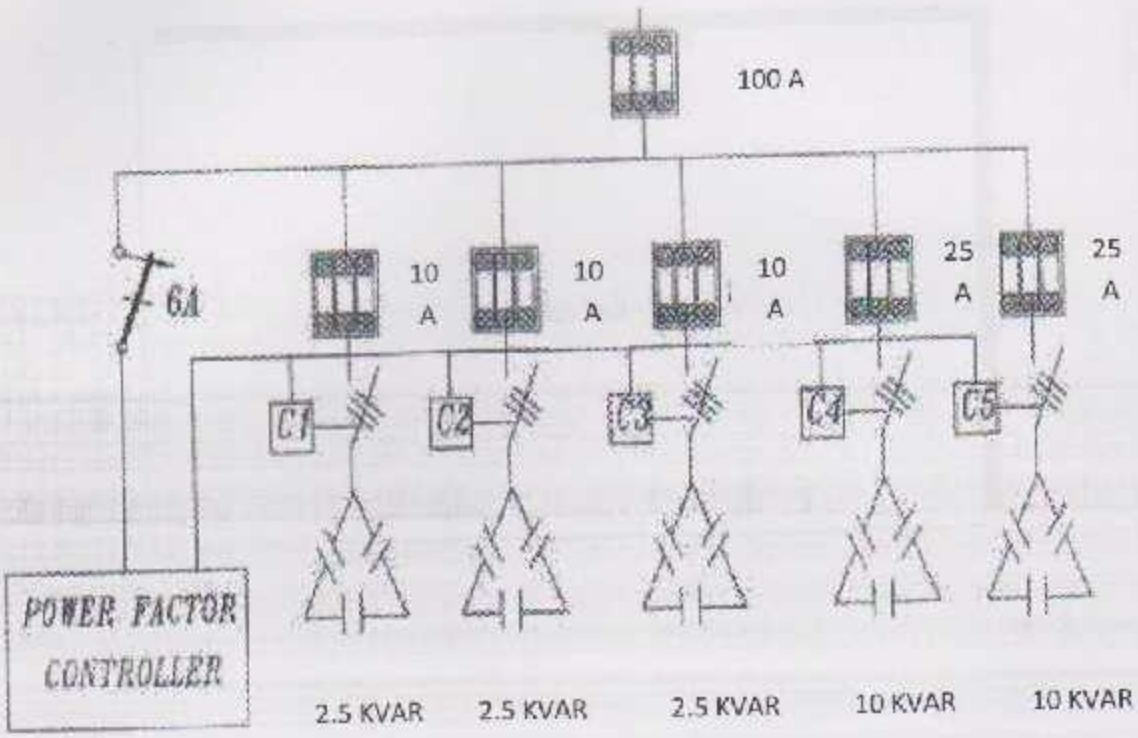
شكل (7-5) التحسين المركزي لمعامل القدرة



Total = 13.32 KVAR

شكل (5-8) التحسين المركزي لمعامل القدرة

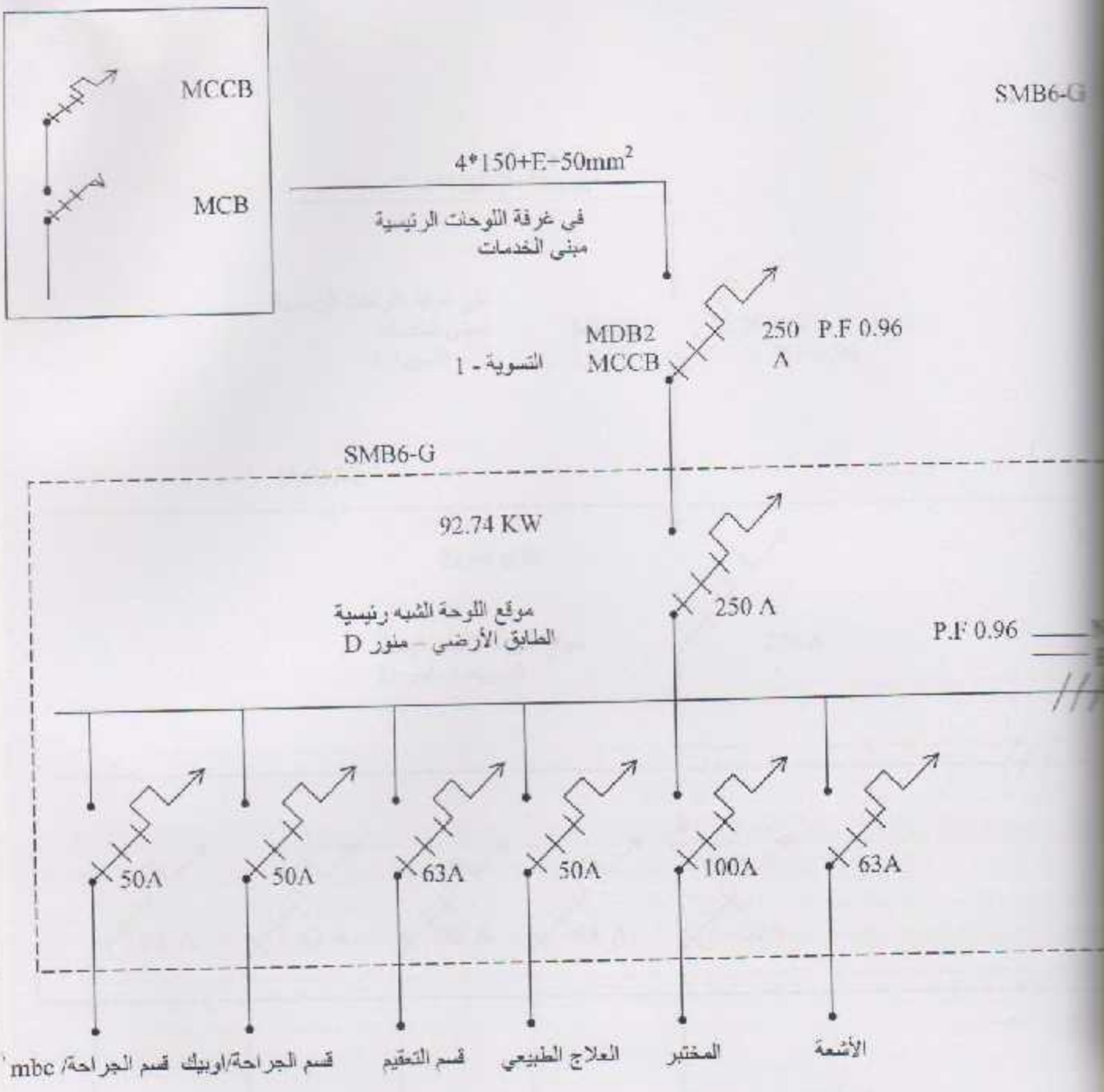
EMCC-1



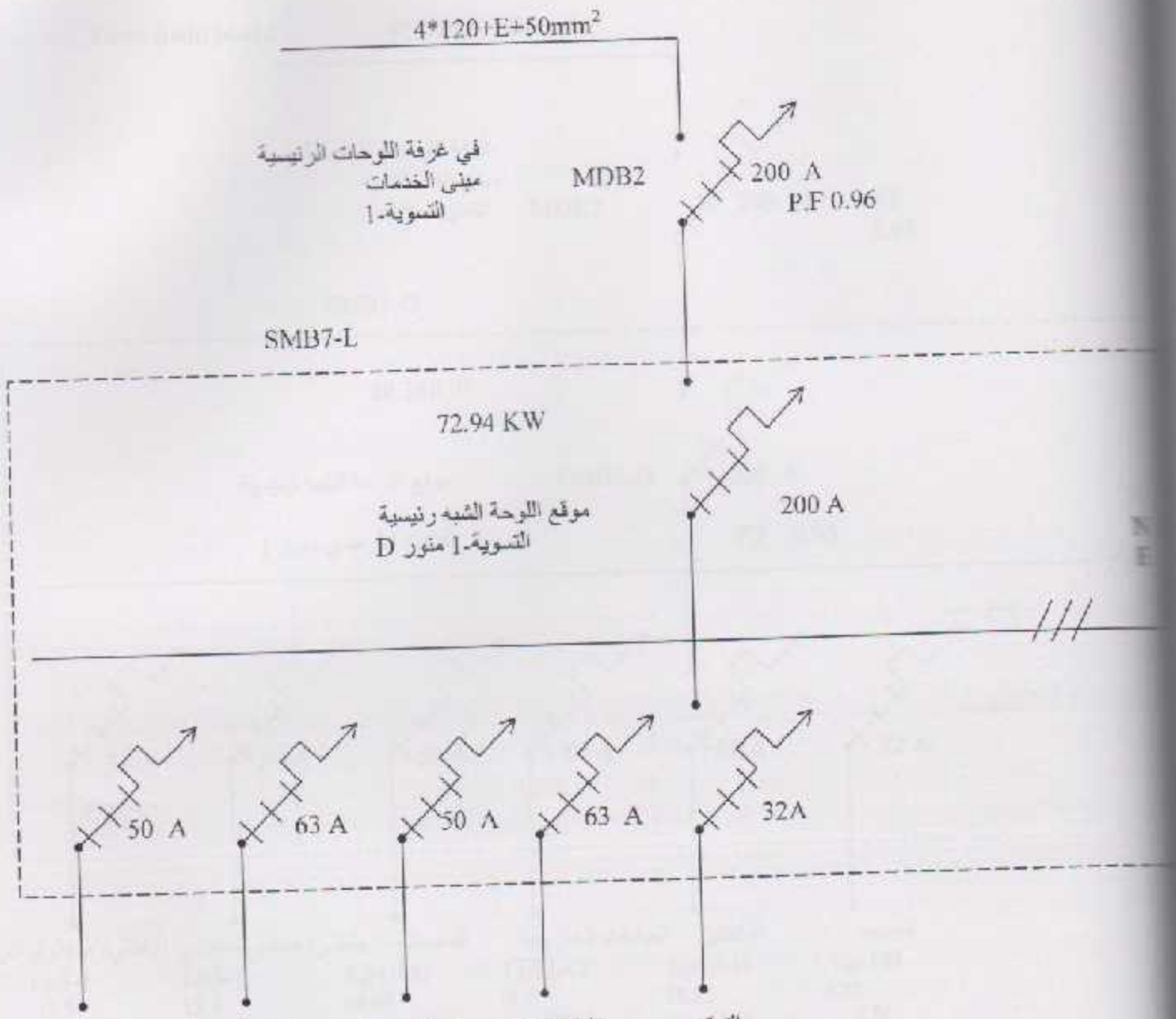
Total = 28.85 KVAR

شكل (9-5) التحسين المركزي لمعامل القدرة

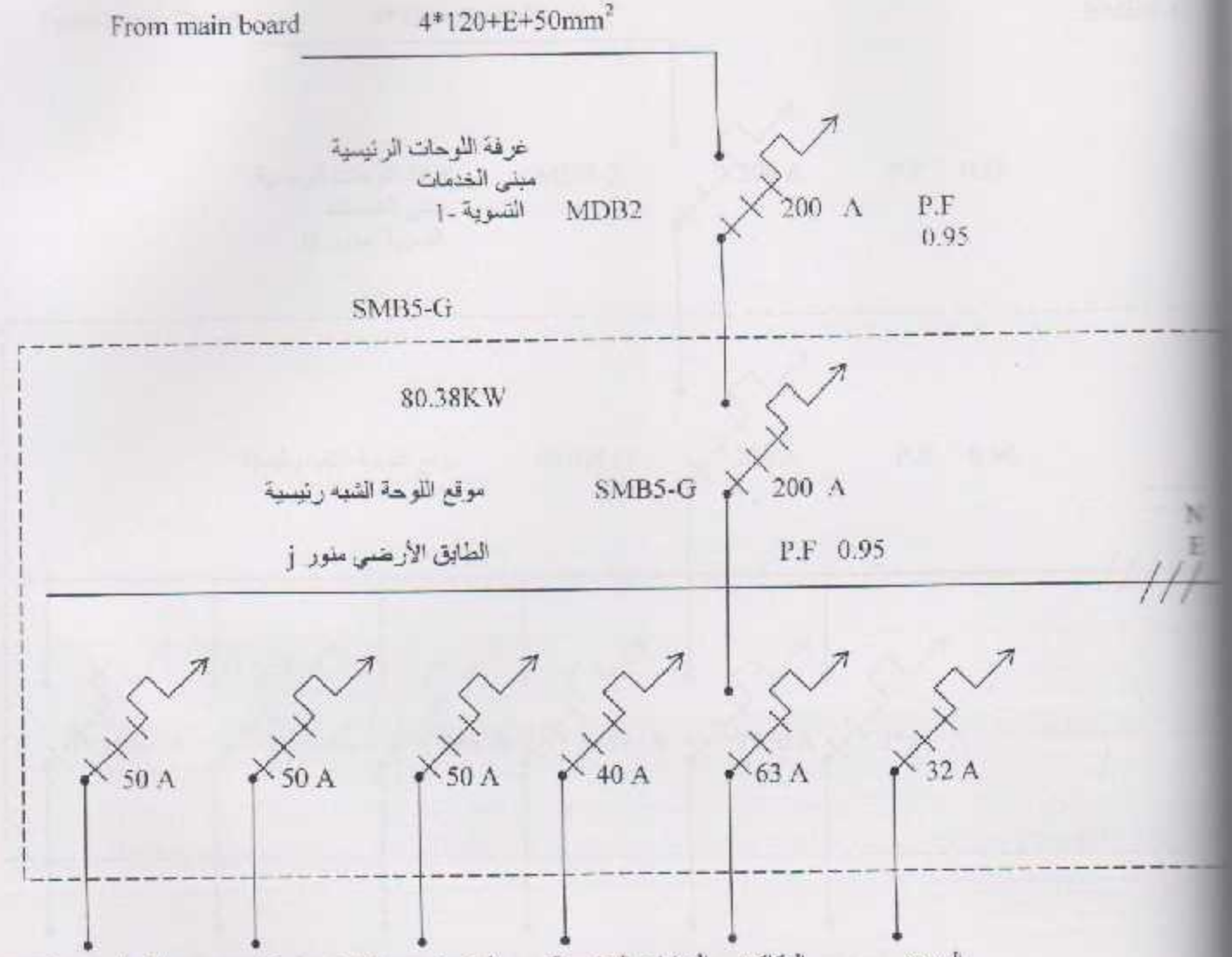
الملحقات



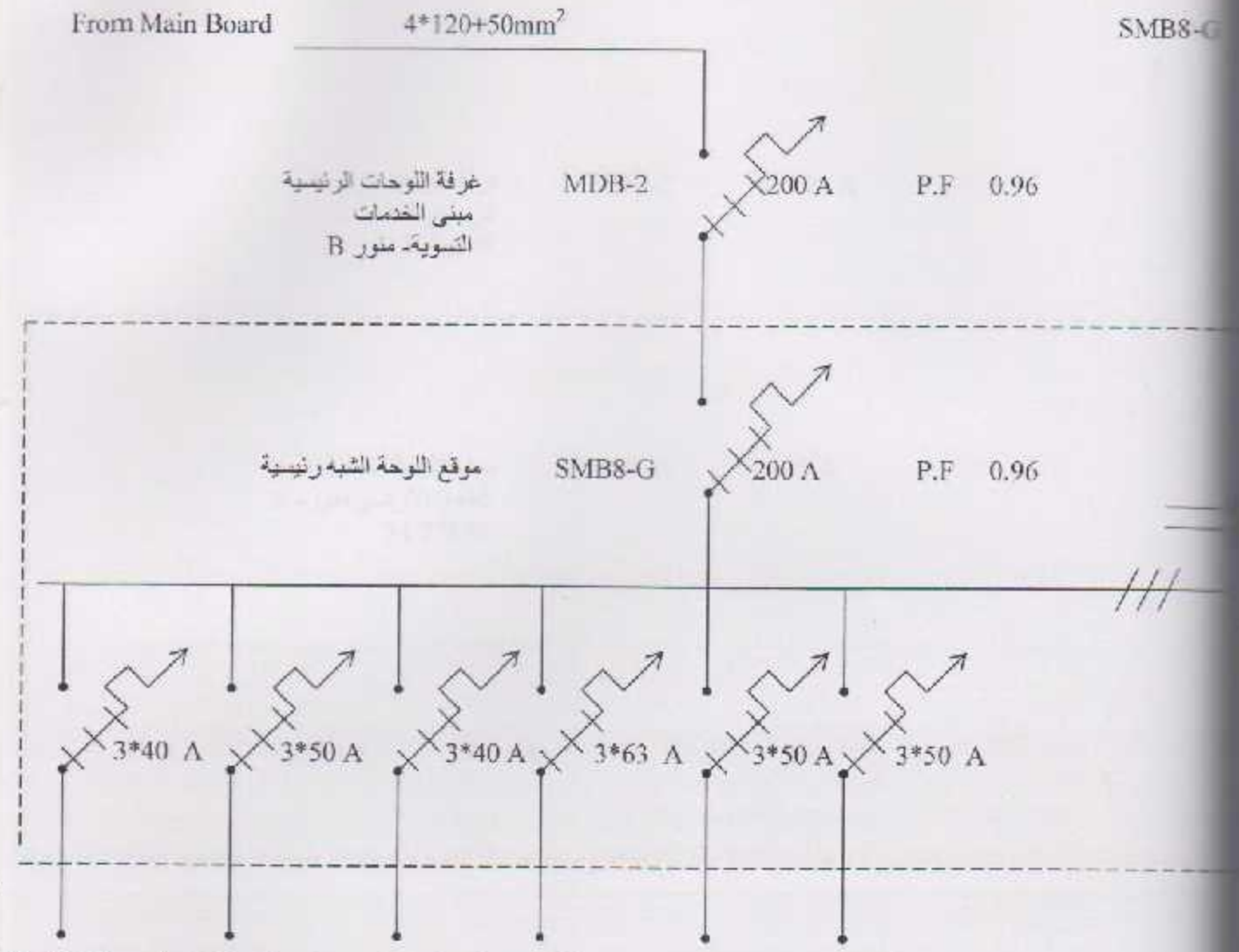
ج إلى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث أن جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.



تحتاج إلى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث أن جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة

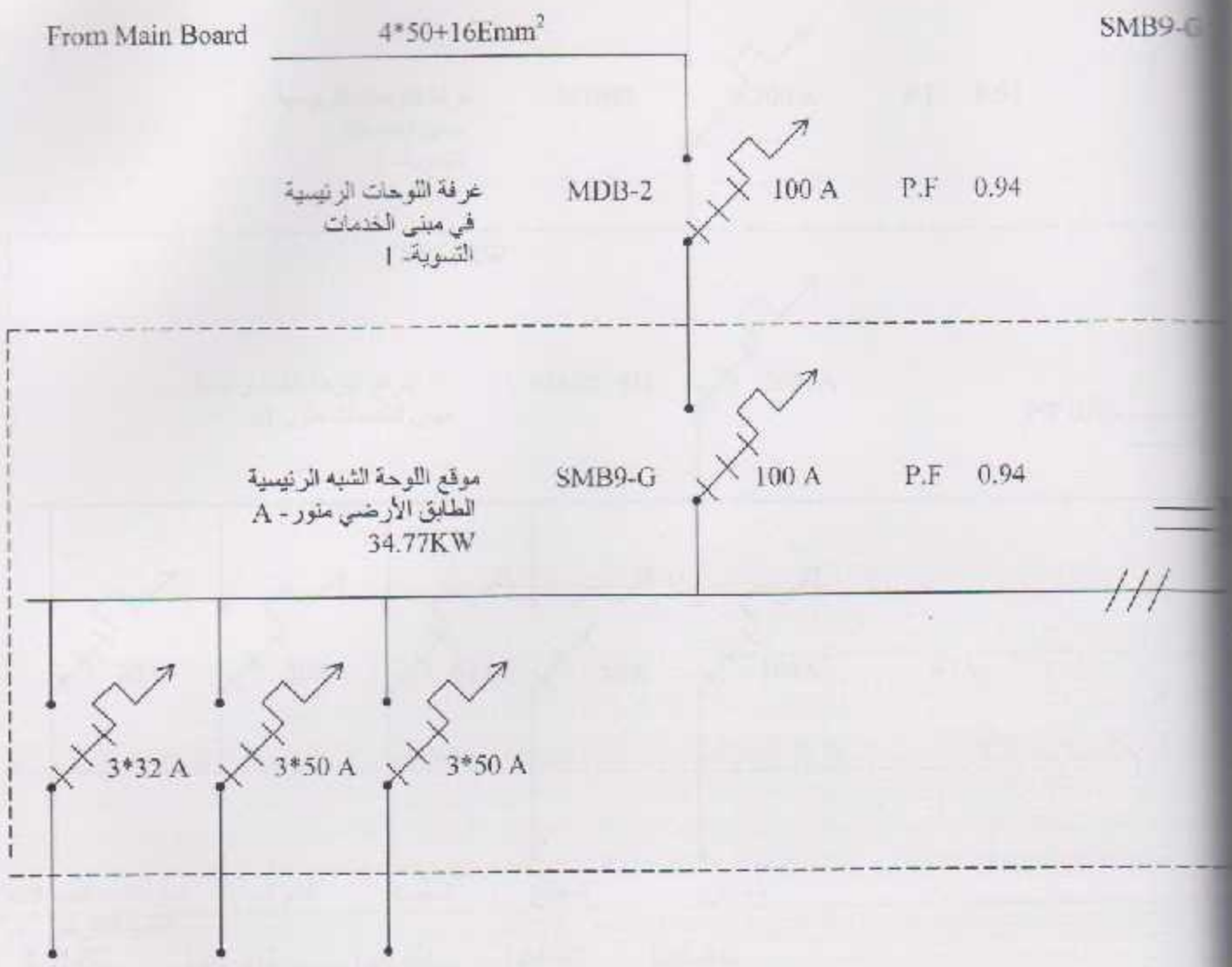


حتاج الى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث ان جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.

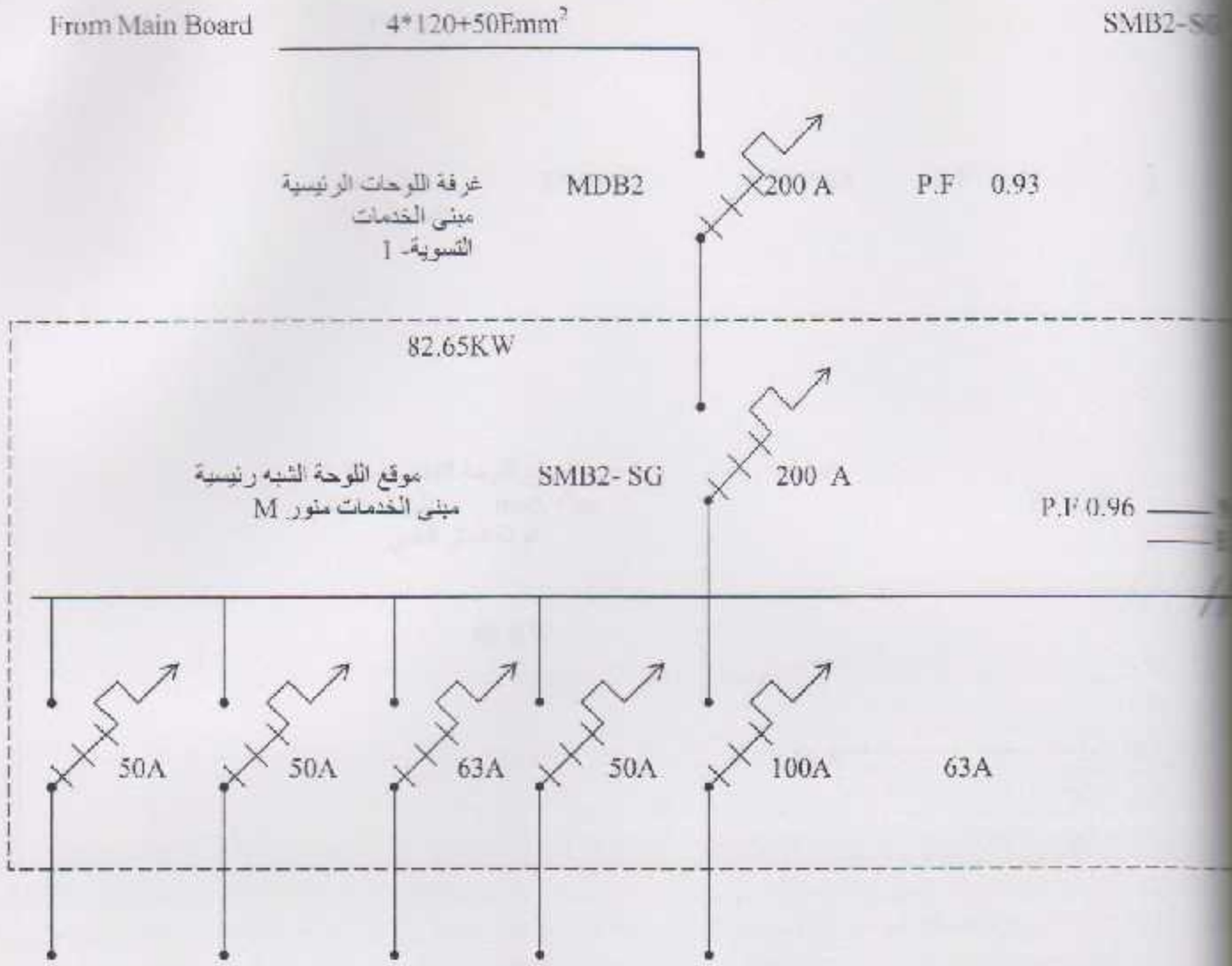


العناية المكثف	قسم الجراحة/اوبيك	الممرات والدرج	الإدارة	الإدارة	العيادات
Lp7-1	Lp4-1	Lp2-G	Lp4-G	Lp5-G	Lp13-G
9.97 KW	9.08 KW	8.36 KW	16.05 KW	12.52 KW	14.4 KW
lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets
P.F 0.96	P.F 0.95	P.F 0.94	P.F 0.93	P.F 0.96	P.F 0.97

...حتاج إلى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث أن جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.

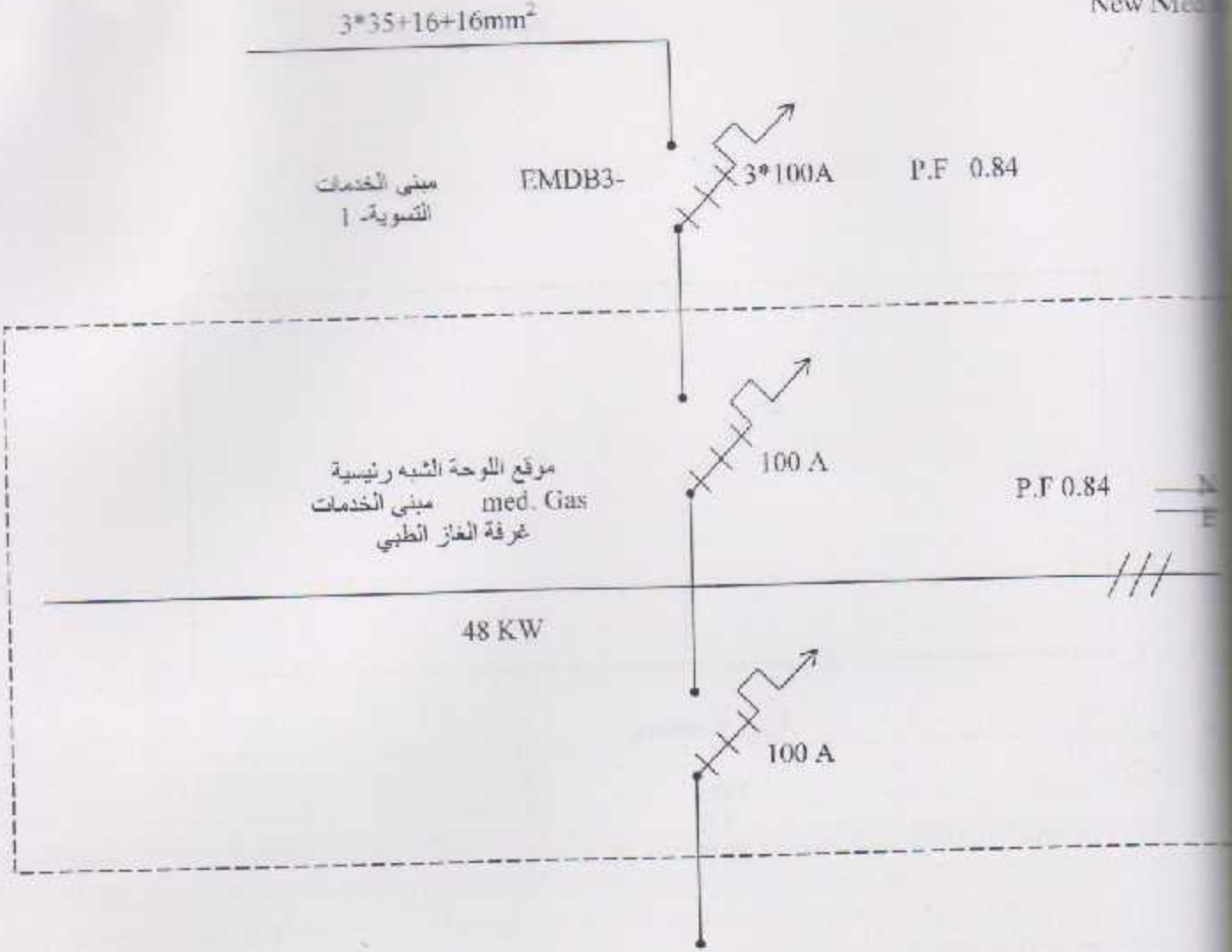


تحتاج إلى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث أن جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.



Lp1-SL	Lp2-SG	Lp3-S1	Lp4-S2	Lp5-SG
18.26 KW	20.08 KW	16.56 KW	18.48 KW	9.3 KW
lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets
P.F 0.91	P.F 0.92	P.F 0.93	P.F 0.92	P.F 0.92

تحتاج إلى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث أن جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.



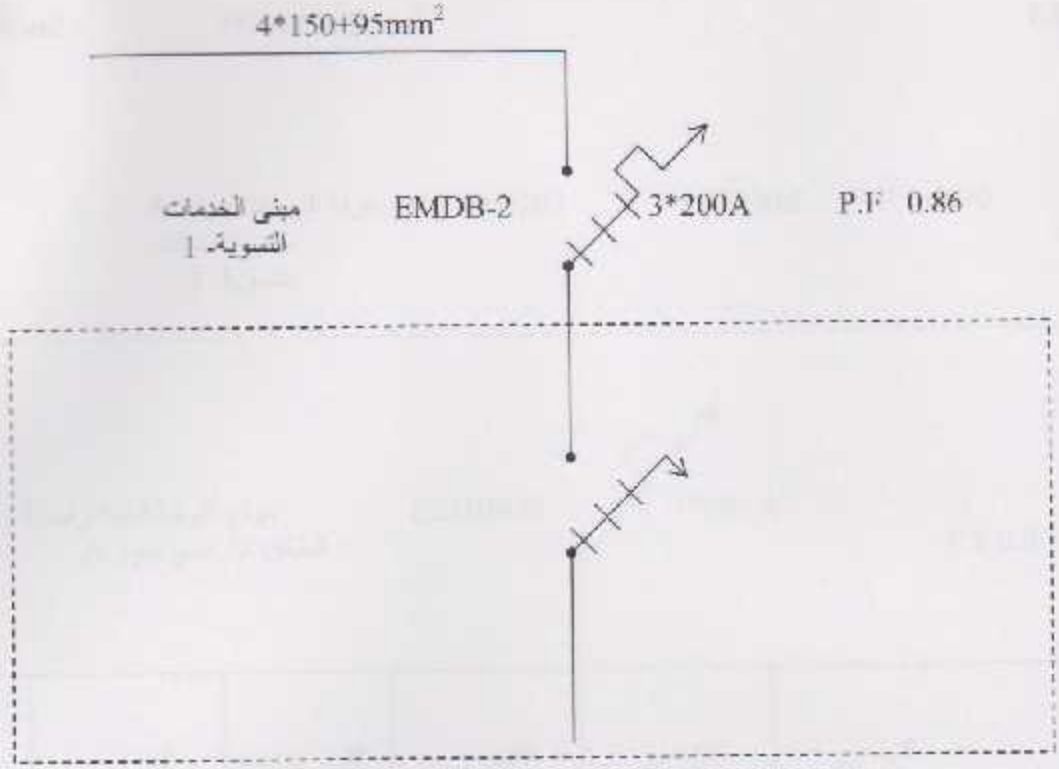
نكتب المعادلات

Pm = 48 KW
PE = 51.73 KW

من الجدول يمكن حساب قيمة المكثف المطلوب حيث Φ1= 0.84 و Φ2=0.95

QC = PE * معامل الضرب
= 51.73*0.314 = 16.39KVAR

التحسين موضعي على خط التغذية الرئيسي.

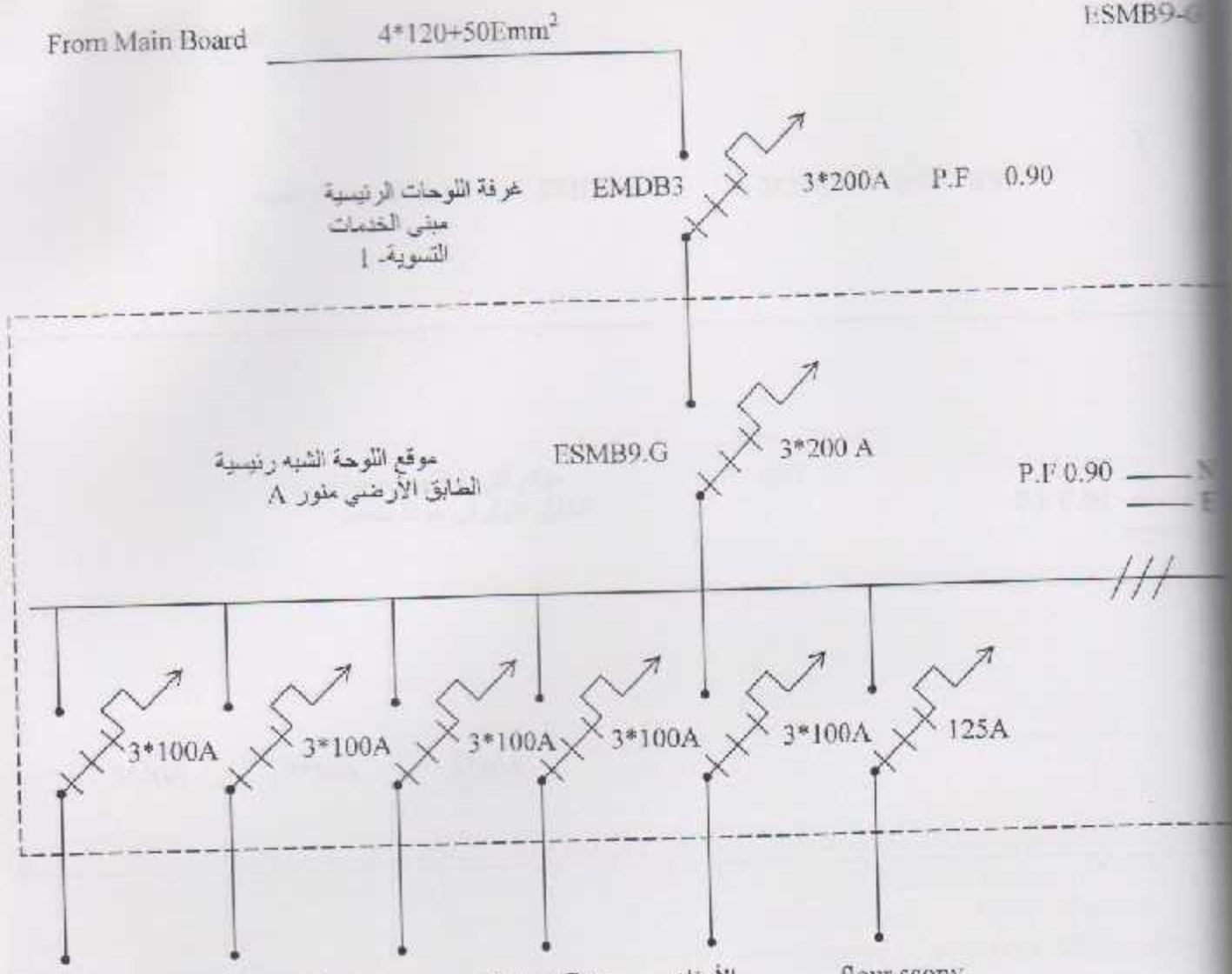


الرنين المغناطيسي

MRI
P.F
0.86

PE = 95.21 K
PM = 93 KW

استنادا إلى المعادلة في الشكل السابق ينتج QC – 25.13 KVAR
التحسين على الخط الرئيسي بشكل فردي



1. التحسين موضعي بسبب ارتفاع معامل القدرة لباقي الأحمال ولان تكلفة عمل تحسين مركزي مع جهاز تحكم مرتفع الثمن.
2. التحسين على الأحمال التالية.

أ. تصوير الصدر الجهاز رقم 1 .

$\eta = 0.8$

$\eta = Pout / Pin = PM / PE$

$PE = 23.5 / 0.8 = 29.37$ KW

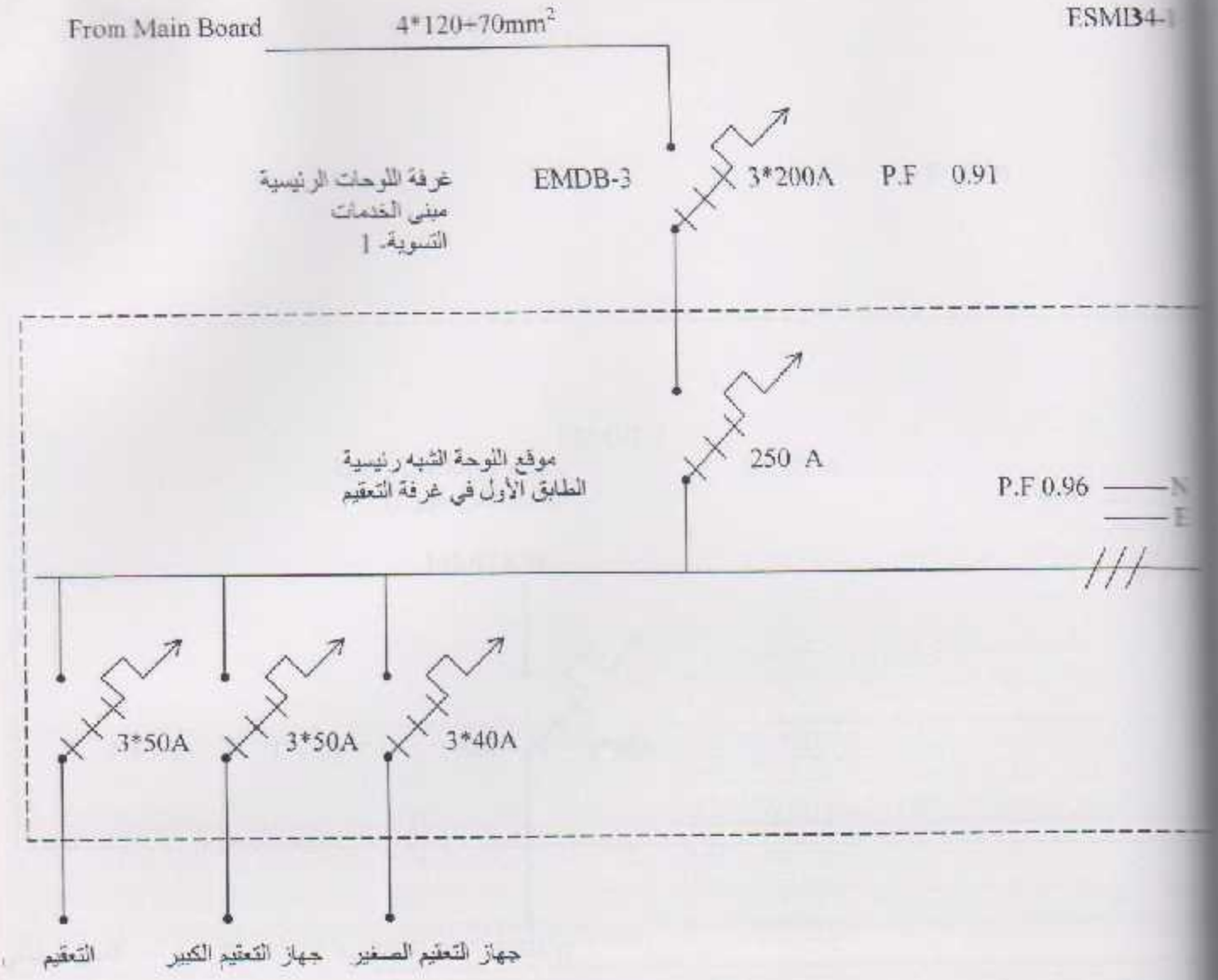
$QC = PE^*$ (من الجدول) معامل الضرب

$Q1 = 0.88$, $Q2 = 0.95$

$QC = 29.37 * 0.211 = 6.19$ KVAR

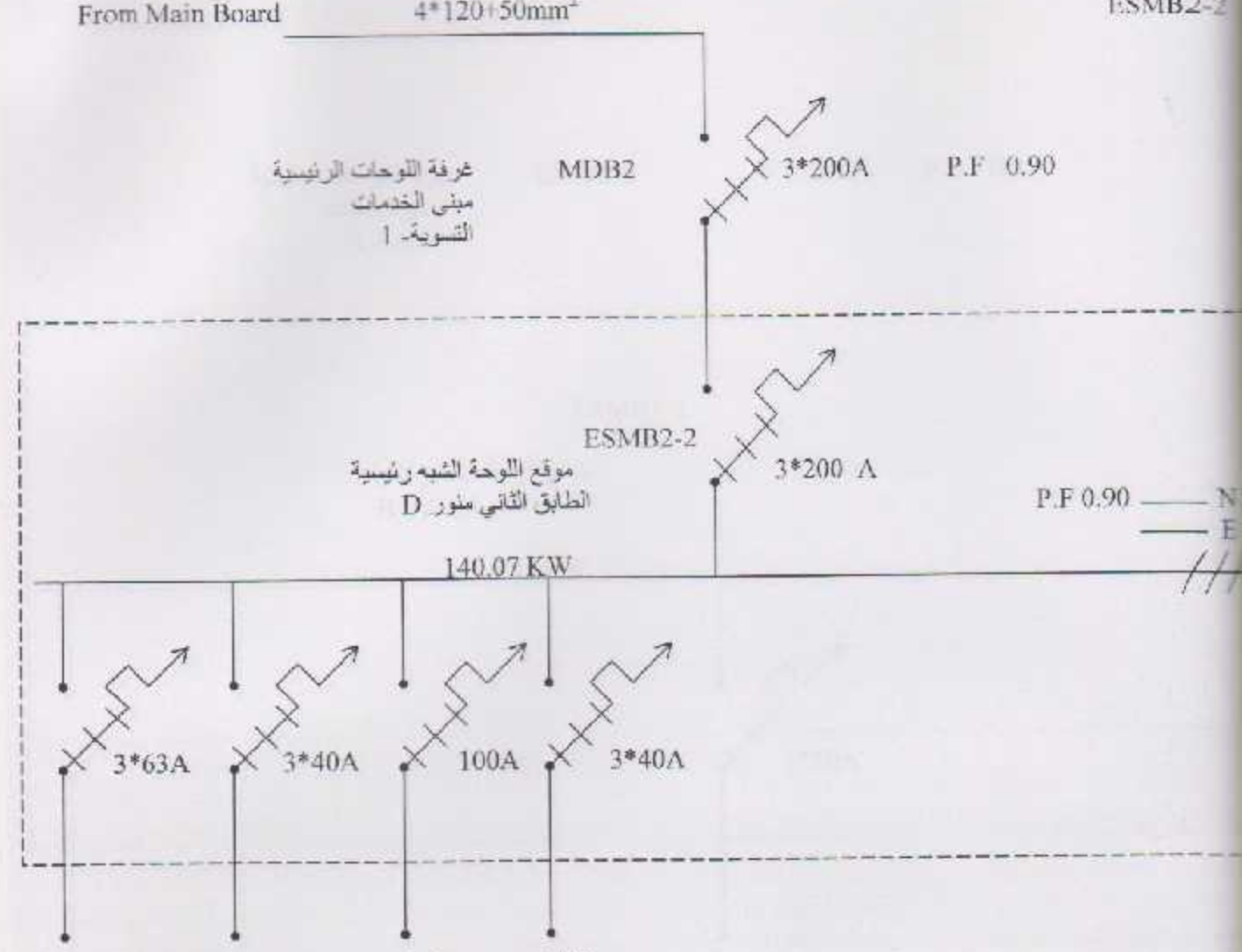
ب. تصوير الصدر الجهاز رقم 2

$QC = 29.37 * 0.291 = 6.83$ KVAR



LP6-1	STRILIZ 1	STRILIZ
19.88 KW	18 KW	5 KW
lighting sockets		
P.F 0.91	P.F 0.92	P.F 0.93

تحتاج إلى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث أن جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.



ELP2-2	ELP2-3	Fan A.H.U	EI.P6-
20.42 KW lighting sockets	8.25 KW lighting sockets	65.9 KW	8.4 KW lighting sockets
P.F 0.92	P.F 0.93	P.F 0.80	P.F 0.92

التحسين مركزي لمحركات وحدات مناولة الهواء(مكيف) فقط
مع تحكم ويبين المخطط صفحة (87) اللوحة التصميمية لذلك

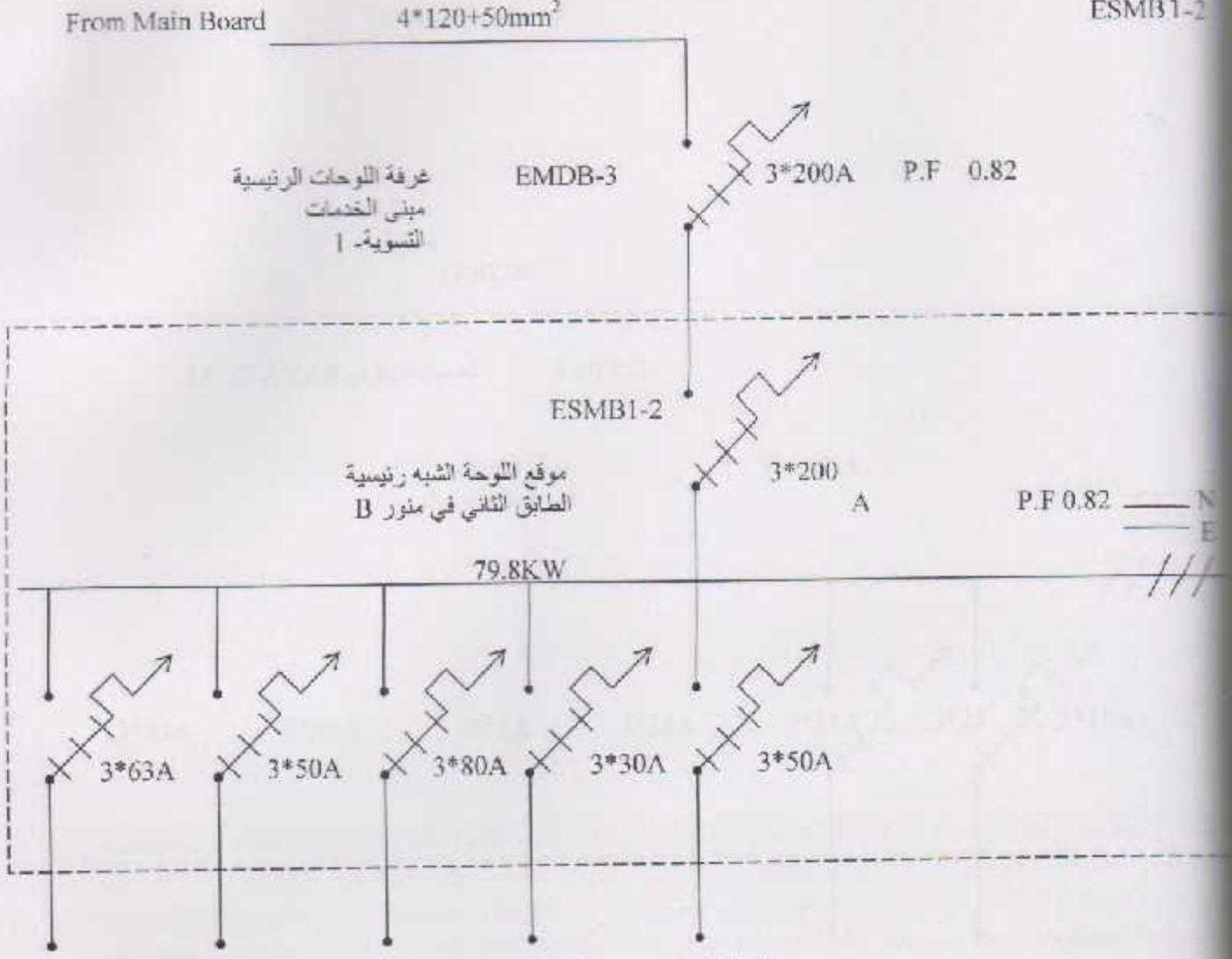
PM =65.9KW

PE=PM / η = 82.37 KW

معامل الضرب QC=PE*

من الجدول Q1=0.80 , Q2=0.95

QC=82.37 * 0.421 = 34.67KVAR



الأطفال	الأطفال	التكييف	لوحة السطح	لوحة المراوح
ELP1-2	ELP1-3	Board A.H.U	Roof Fan	Fan Board
16.72 KW	13.32 KW	31.7 KW	8 KW	16.25 KW
lighting sockets	lighting sockets			
P.F 0.92	P.F 0.92	P.F 0.80	P.F 0.81	P.F 0.72

التحسين مركزي مع تحكم على الأحمال التالية :
Board A.U.H.1

PM = 31.7KW , PE =39.62KW
QC = 39.62 * 0.421 = 16.68 KVAR

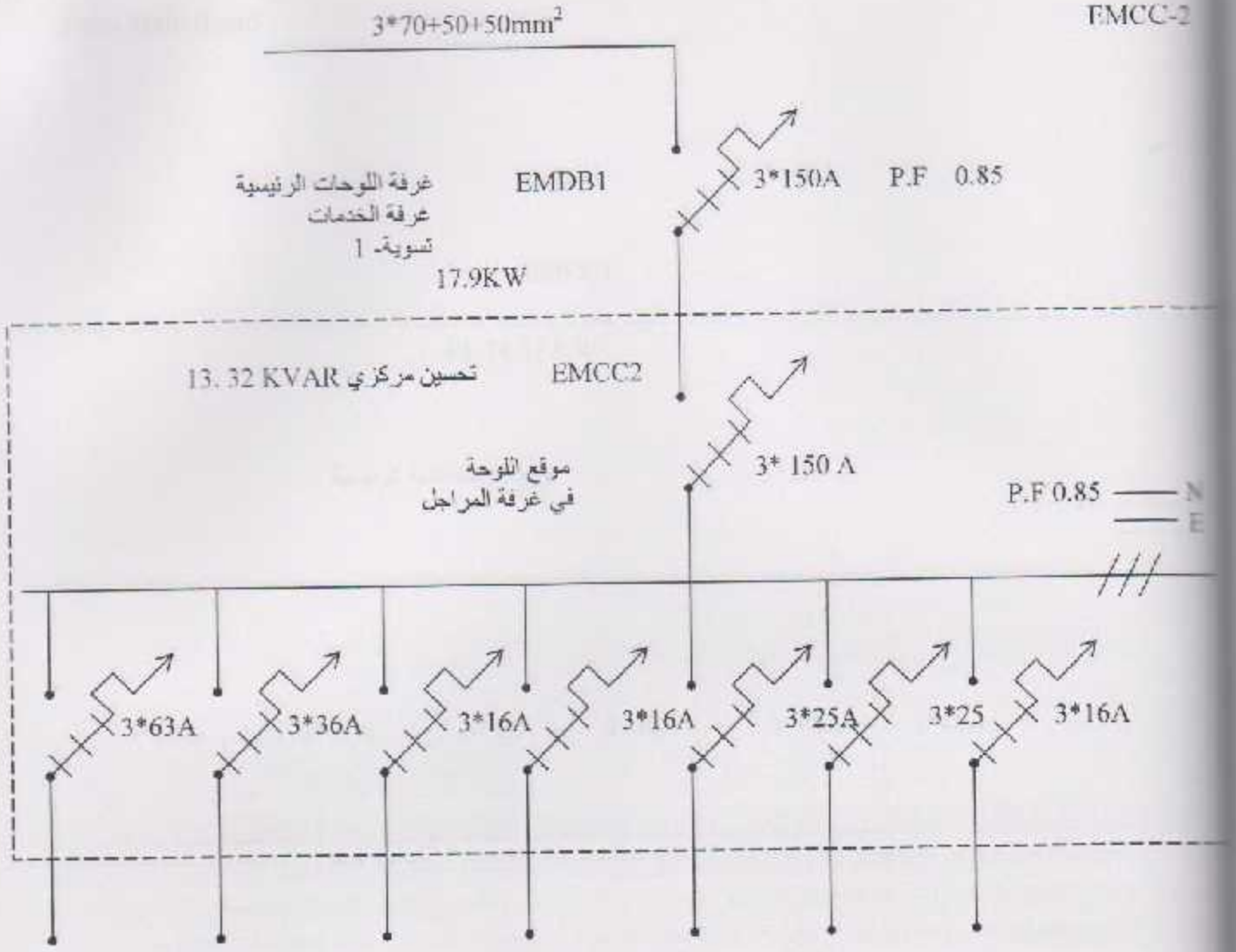
كما يبين المخطط صفحة (92)
Fan Board .2
التحسين مركزي مع تحكم كما يبين المخطط صفحة (93)

PM= 16.25KW , PE= 20.31KW
QC = 20.31 * 0.581 = 11.78 KVAR

Roof fan .3

PM = 8KW , PE = 10KW
QC = 10 * 0.635 = 6.35 KVAR

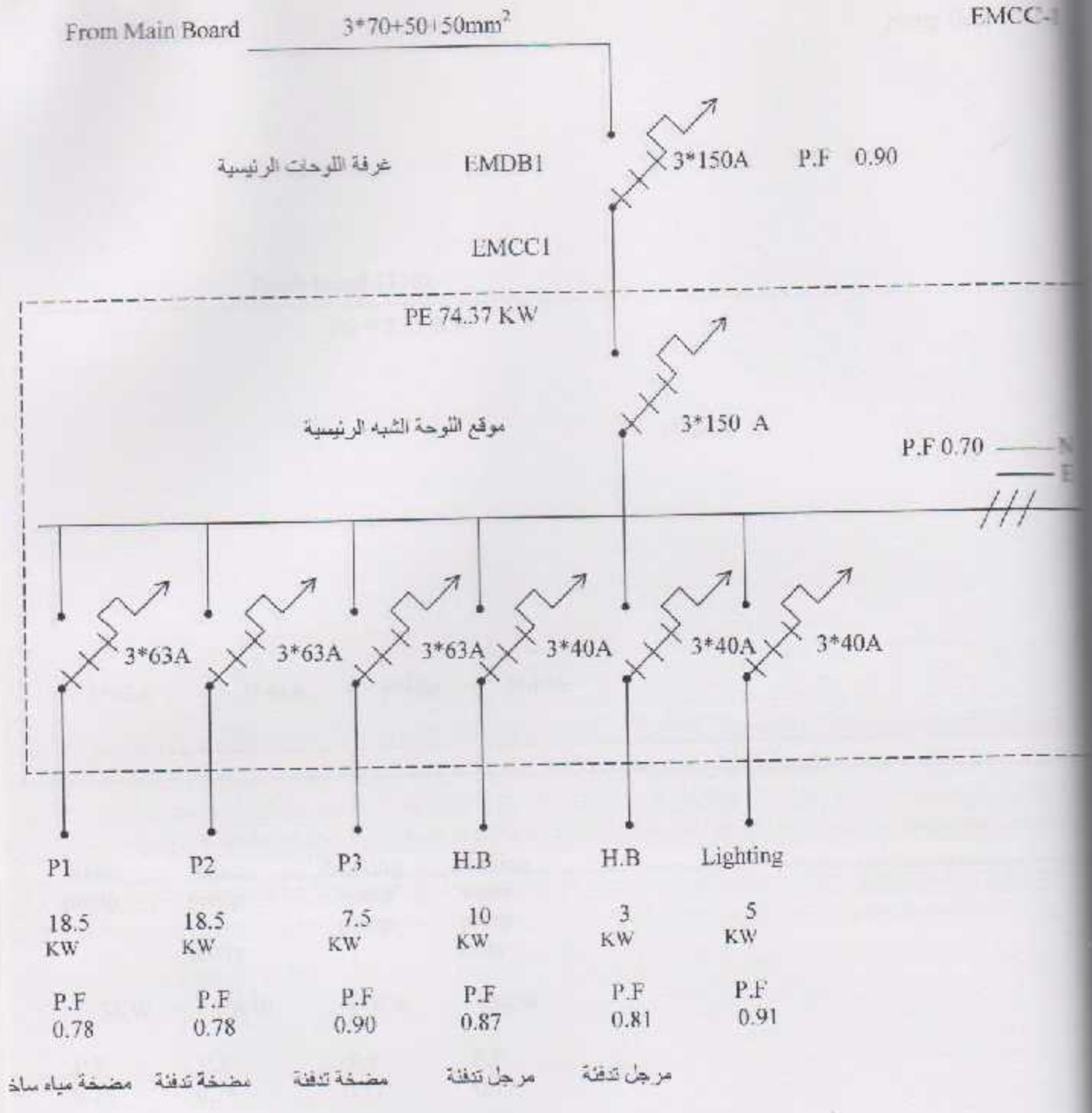
التحسين موضعي على المحرك



Steam Boiler	Steam Boiler	Water pump	Water pump	d.p	w.p st-By	s.p st-By
1.5 KW	5.5 KW	4 KW	0.7 KW	1.5 KW	4 KW	0.7 KW
P.F 0.85 مرجل بخار	P.F 0.61 مرجل بخار	P.F 0.88 مضخة مياه	P.F 0.88 مضخة مياه	P.F 0.72 مضخة سولار	P.F 0.72 مضخة مياه	PF 0.71 مضخة مياه

PM = 17.9 KW
PE = 22.37 KW
QC = 13.32 KVAR

تحسين مركزي مع جهاز تحكم كما هو موضح في المخطط صفحة (94)

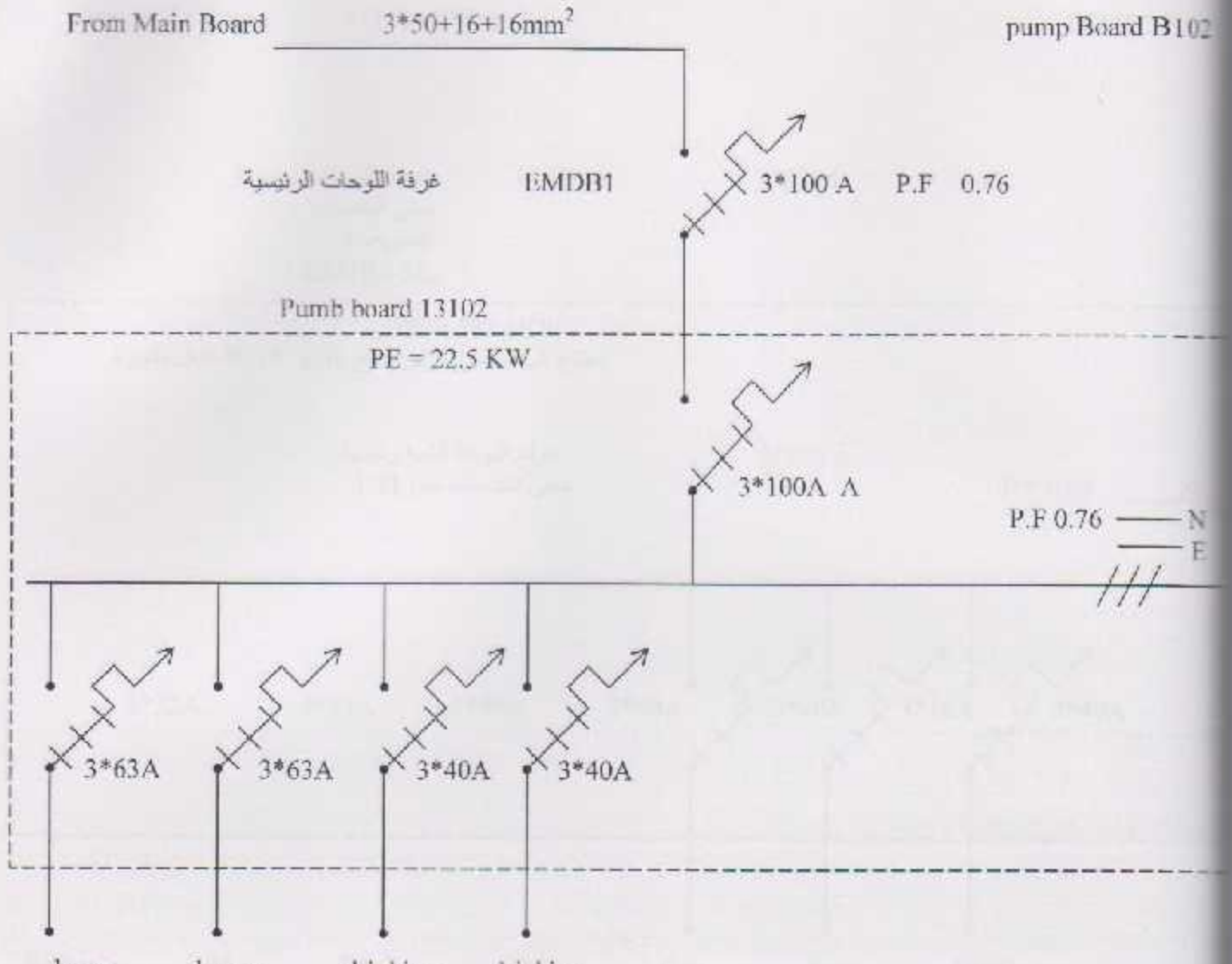


التحسين مركزي مع جهاز تحكم كما هو موضح في المخطط صفحة (95)

PM – 59.5 KW

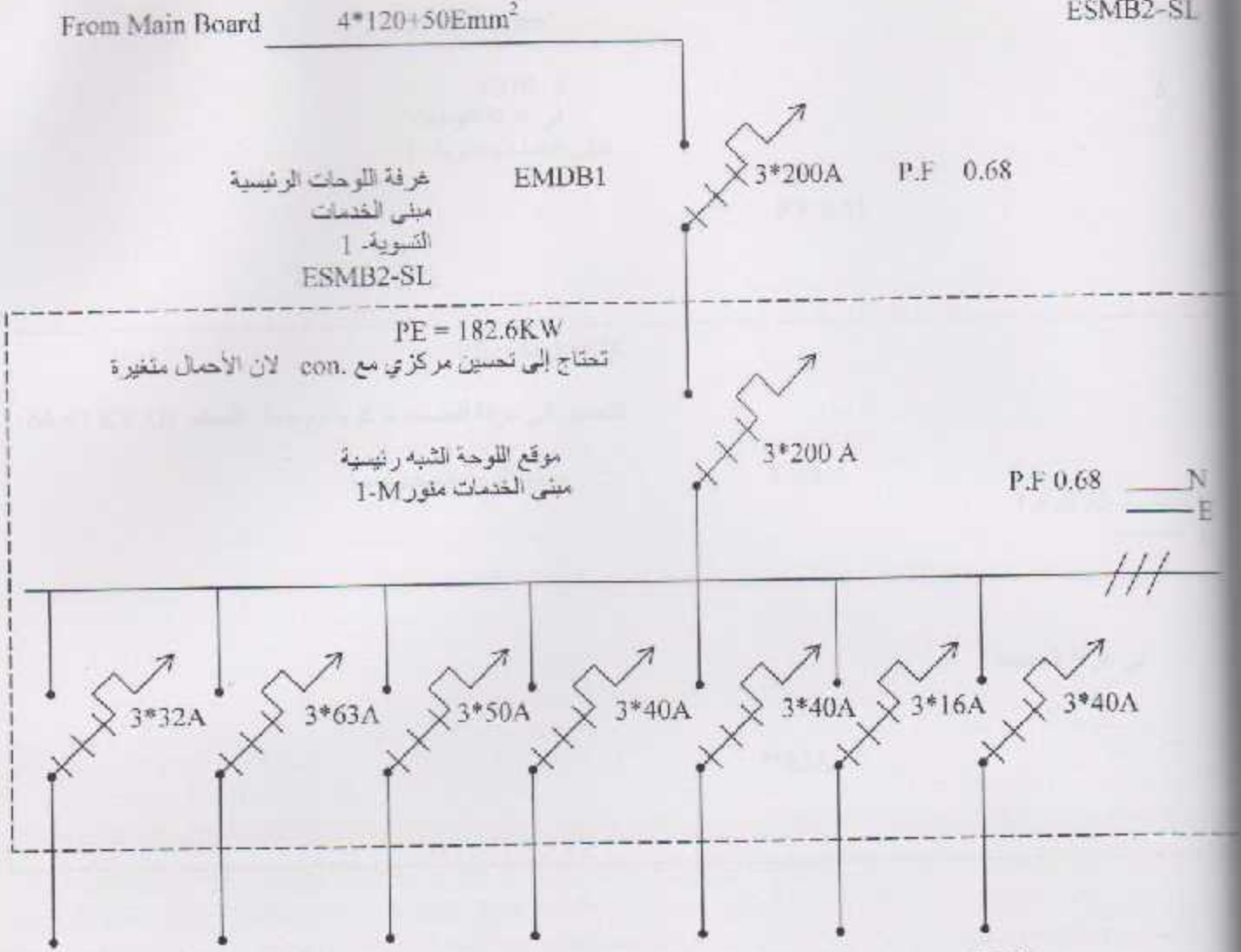
PE = 74.37 KW

QC – 28.85 KVAR



PM – 18KW
PE = 22.5 KW
QC = 22.50 * 0.526
= 11.8 KVAR

المضخات تعمل بشكل تناوبي كل مرة واحدة.
تمت الحساب على أساس تشغيل مضختين في آن واحد واحدة شرب وواحدة غطس
التحسين موضعي.



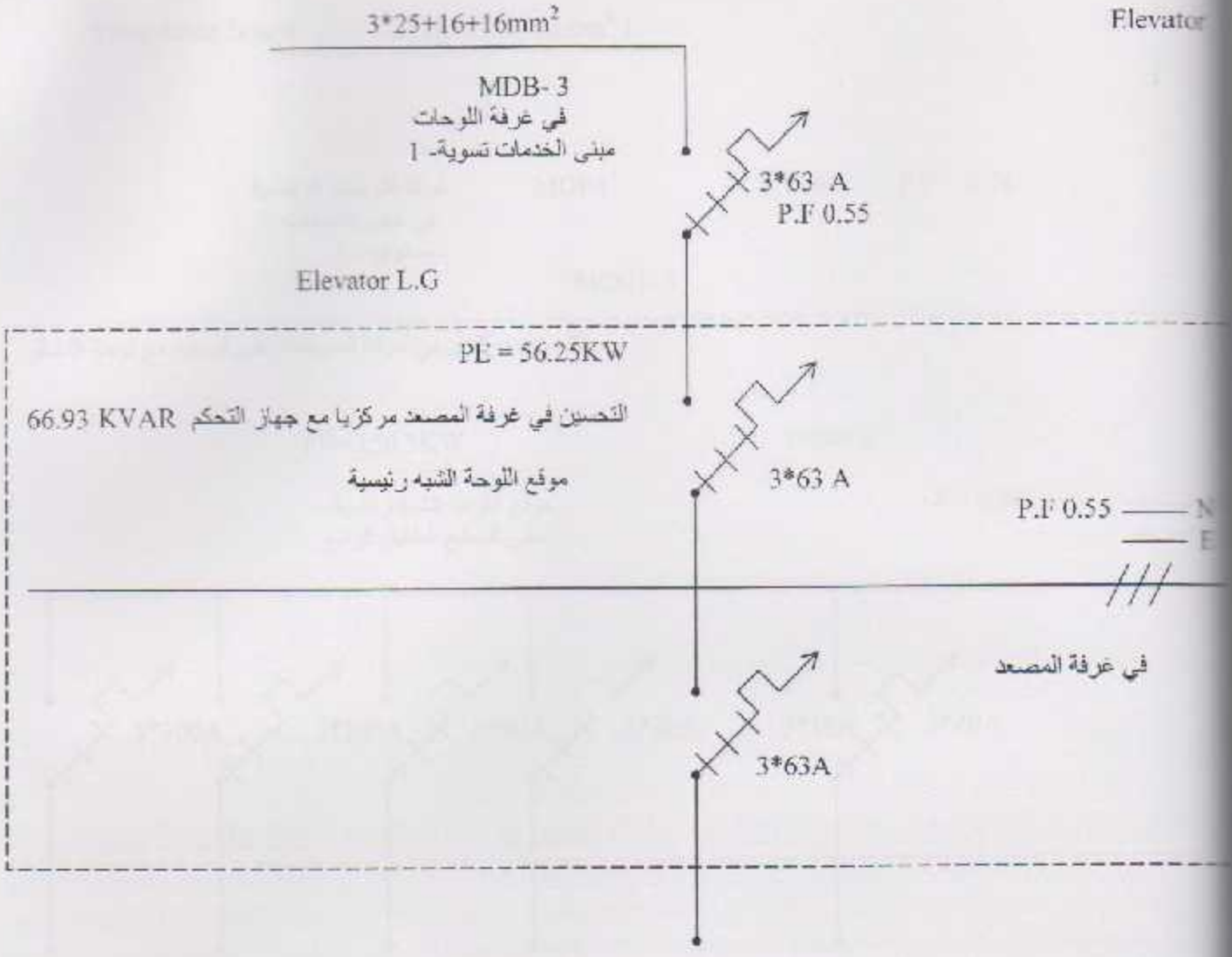
EB5 fuel. pump	EB6 medical gas	EB-7 laundry	EB8 cold rooms	Gen. fan	Fans	EB-9 sump pump
15 KW	25 KW	81.6 KW	18 KW	7 KW	3 KW	10 KW
P.F 0.78	P.F 0.84	P.F 0.58	P.F 0.83	P.F 0.82	P.F 0.68	P.F 0.86

مضخة تصريف مياه عادمة. مراوح المحولات مراوح المحرك الثلاجات المطبخ المغسلة الغاز الطبي مضخة الوقود

PM = 146.1
PE = 182.6

هذه اللوحة يجب أن تستخدم طريقة التحسين المركزي مع جهاز تحكم
هو مبين في صفحة (88)

Q1 = 0.68 , Q2 = 0.95
QC = 144. 52 KVAR



45KW
Elv.L.G

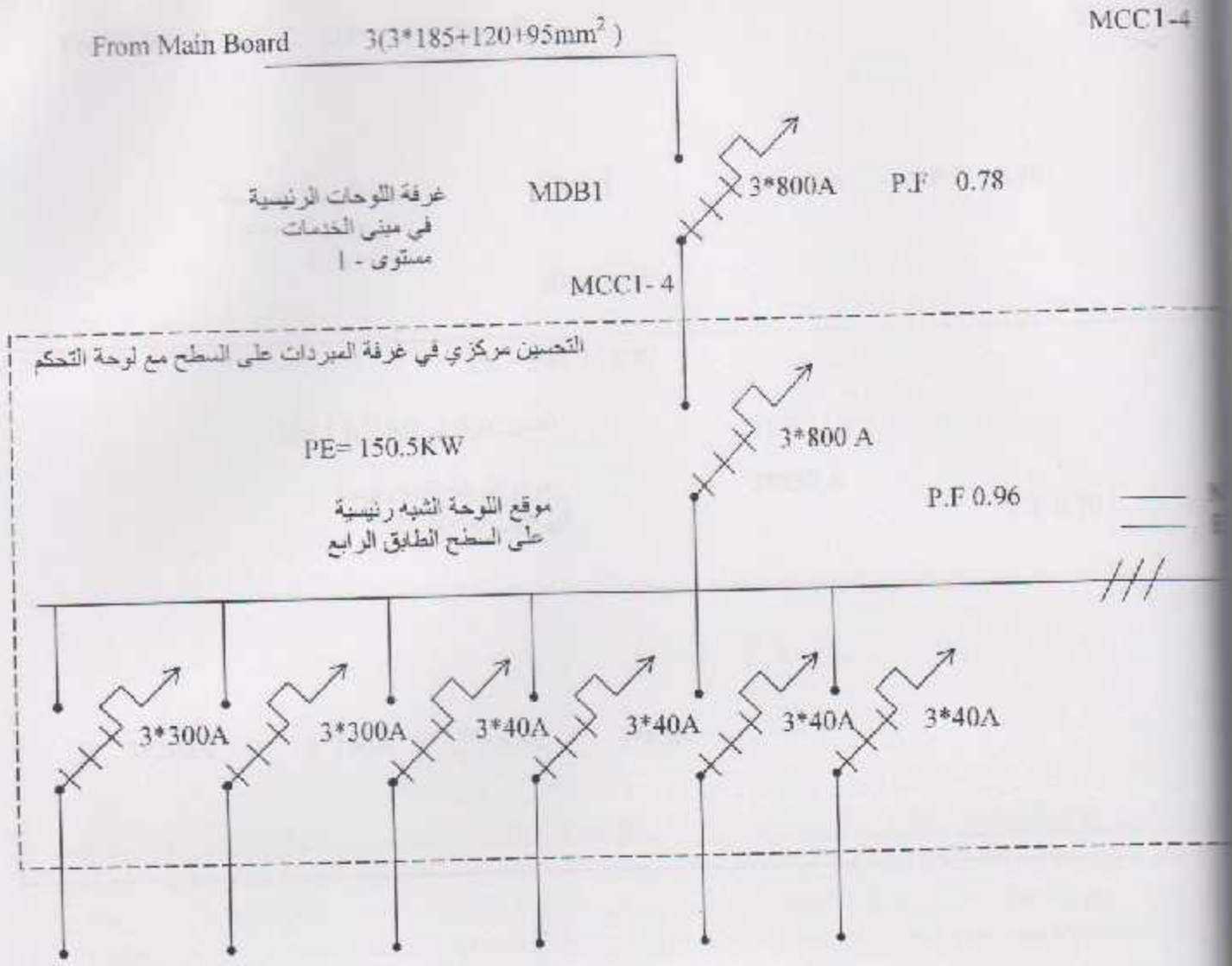
P.F
0.82

56.25 * 1.19 = 66.93 KVAR

PM = 45 KW
PE = 56.25KW

QC =21 KVAR

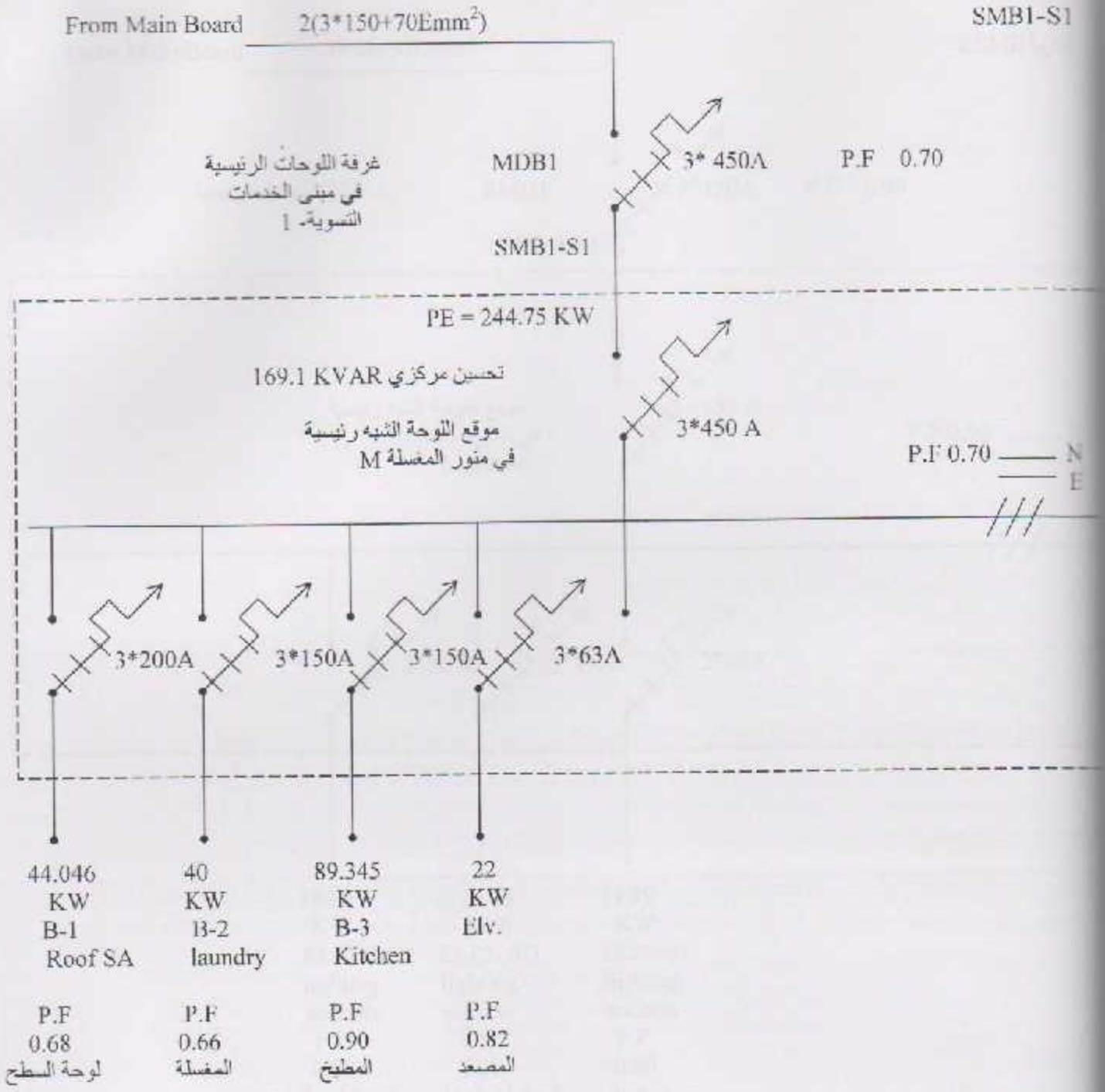
لان الأحمال تتغير وتدور بكلا الاتجاهين لا يصح بعمل تحسين موضعي وهنا ينصح بعمل تحسين مركزي مع جهاز تحكم.
وبين المخطط صفحة(89) المخطط التصميمي لذلك.



chiller 1	chiller 2	chiller water pump	chiller water pump	fans	softnar
101 KW P.F 0.78 المبرد1	101 KW P.F 0.78 المبرد2	7.5 KW P.F 0.80 مضخة المبرد1	7.5 KW P.F 0.86 مضخة المبرد2	4.4 KW P.F 0.66 مراوح	7.5 KW P.F 0.81 تقطير

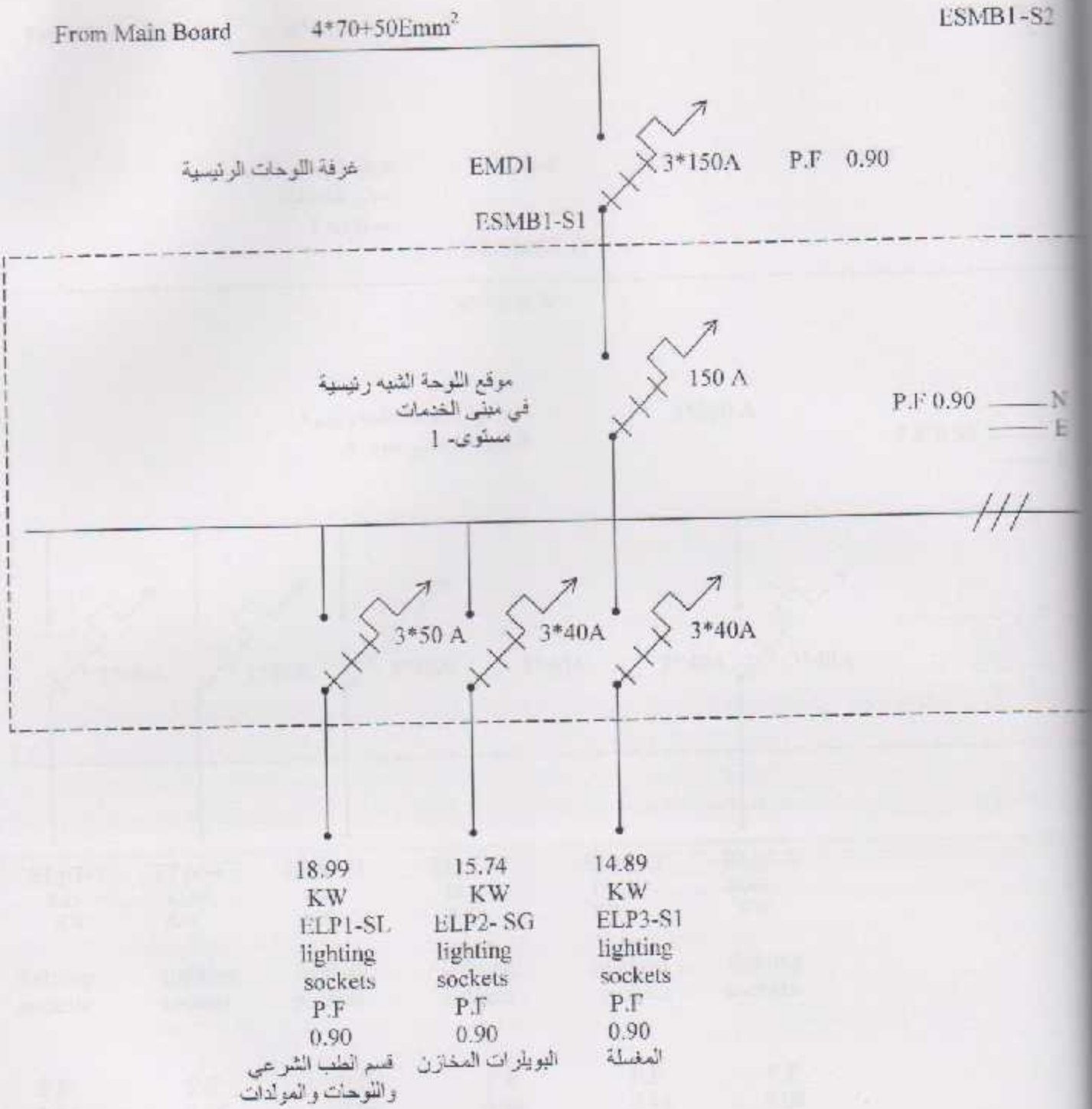
QC = 70.36 KVAR

التحسين مركزي مع جهاز تحكم كما هو مبين في صفحة (90)

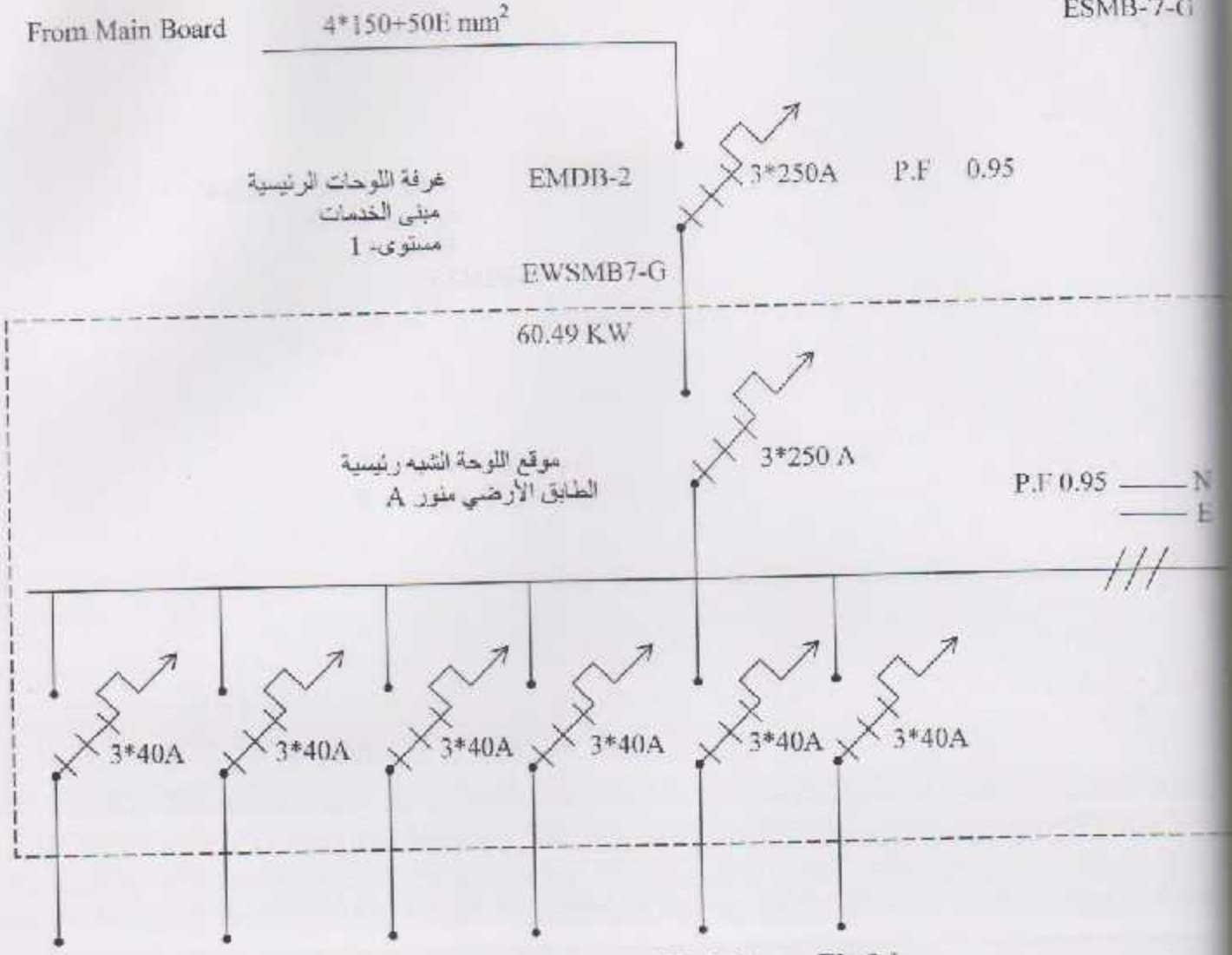


بسبب وجود أحمال متغيرة ومتحركة من أعلى إلى أسفل وبالعكس أي انه باتجاهين ينصح
باستخدام التحسين المركزي مع تحكم كما هو مبين في صفحة (91)

QC = 168.48 KVAR

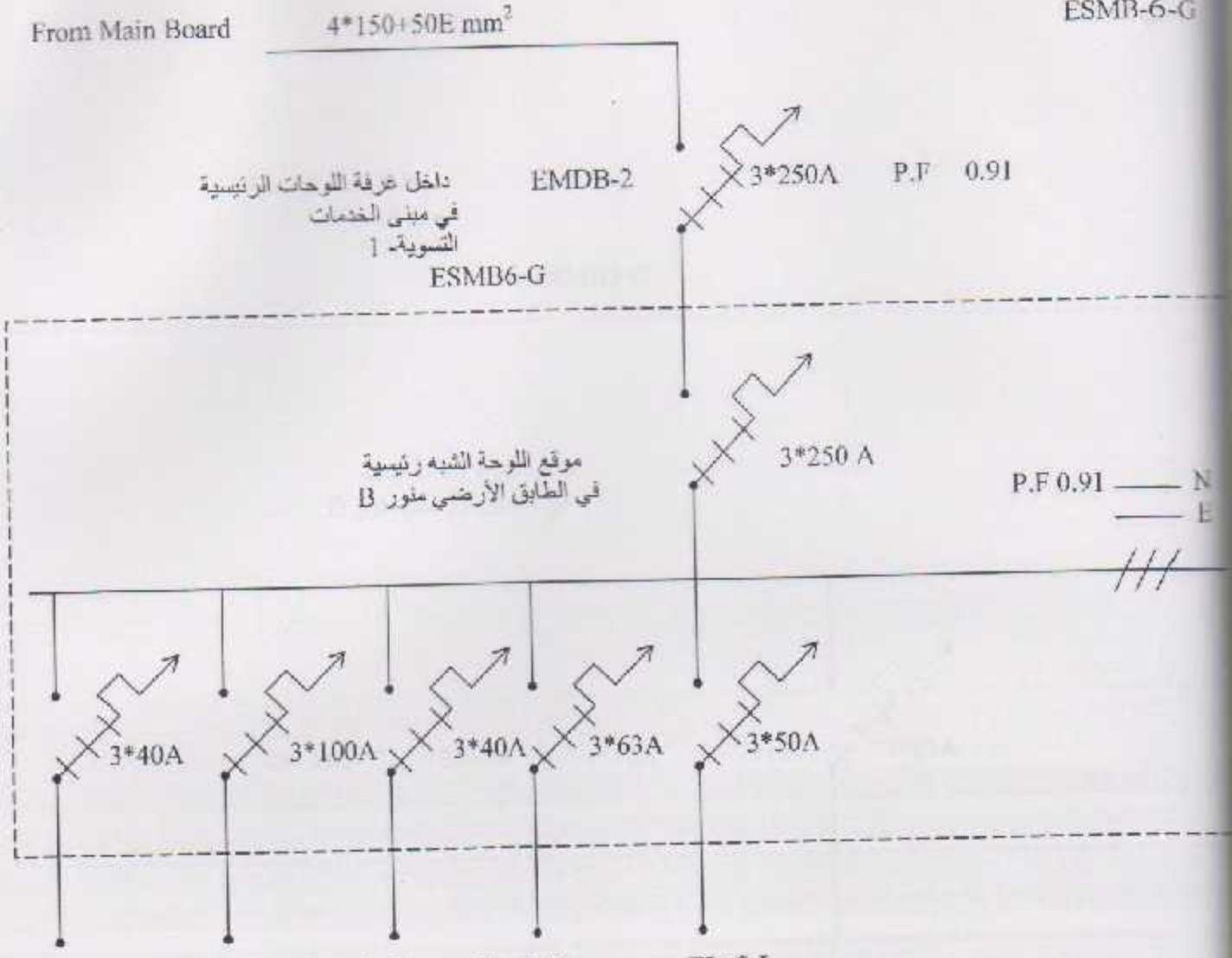


تحتاج إلى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث أن جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.



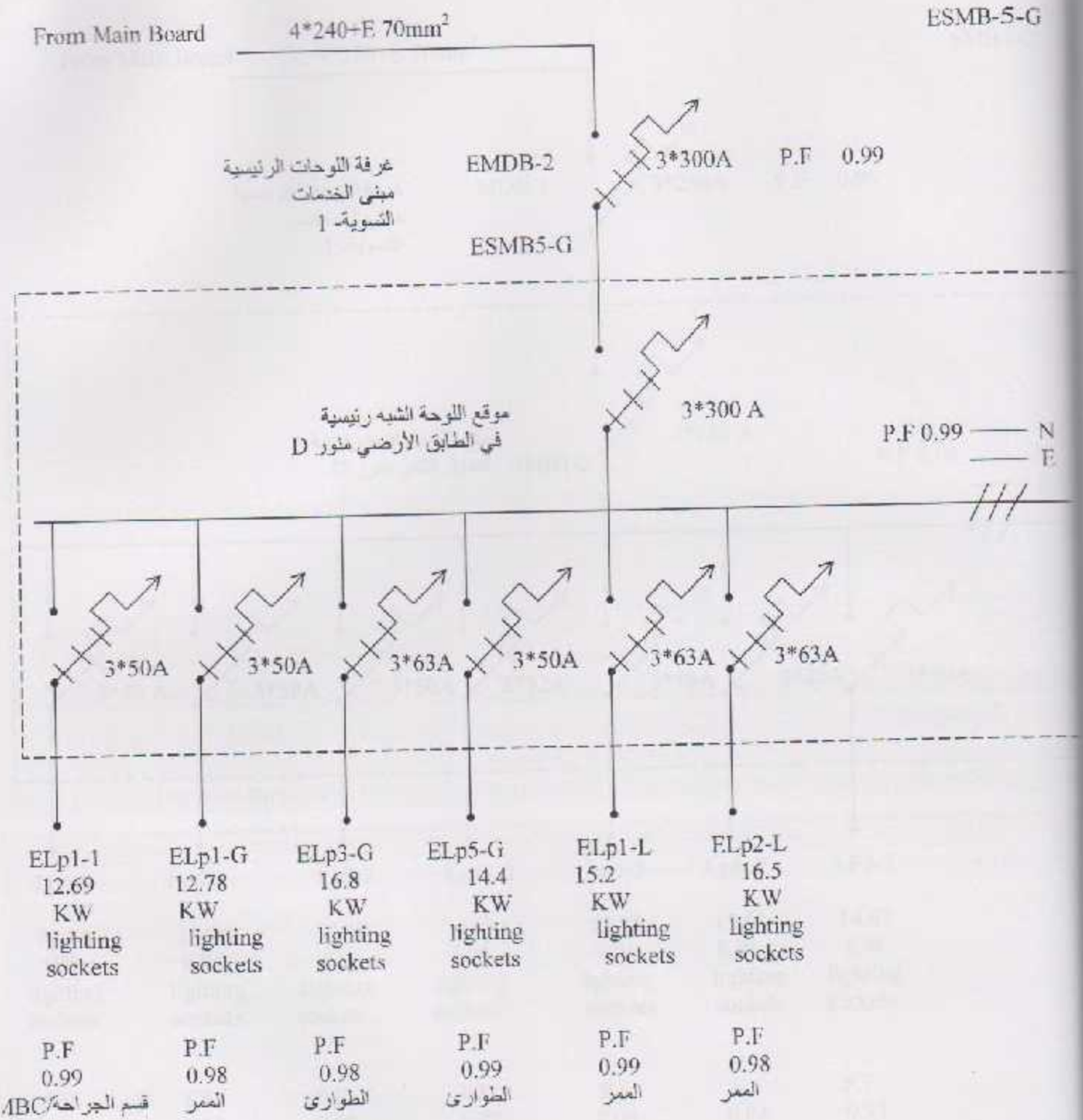
ELp7-1	ELp6-G	ELp7-G	ELp8-G	ELp9-G	ELp3-L
9.05 KW	9.195 KW	9.57 KW	10.75 KW	11.28 KW	10.65 KW
lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets
P.F 0.95	P.F 0.95	P.F 0.95	P.F 0.94	P.F 0.93	P.F 0.98
العمليات	الاشعة	الاشعة	المختبرات	المختبرات	الملجا

تحتاج إلى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث أن جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.

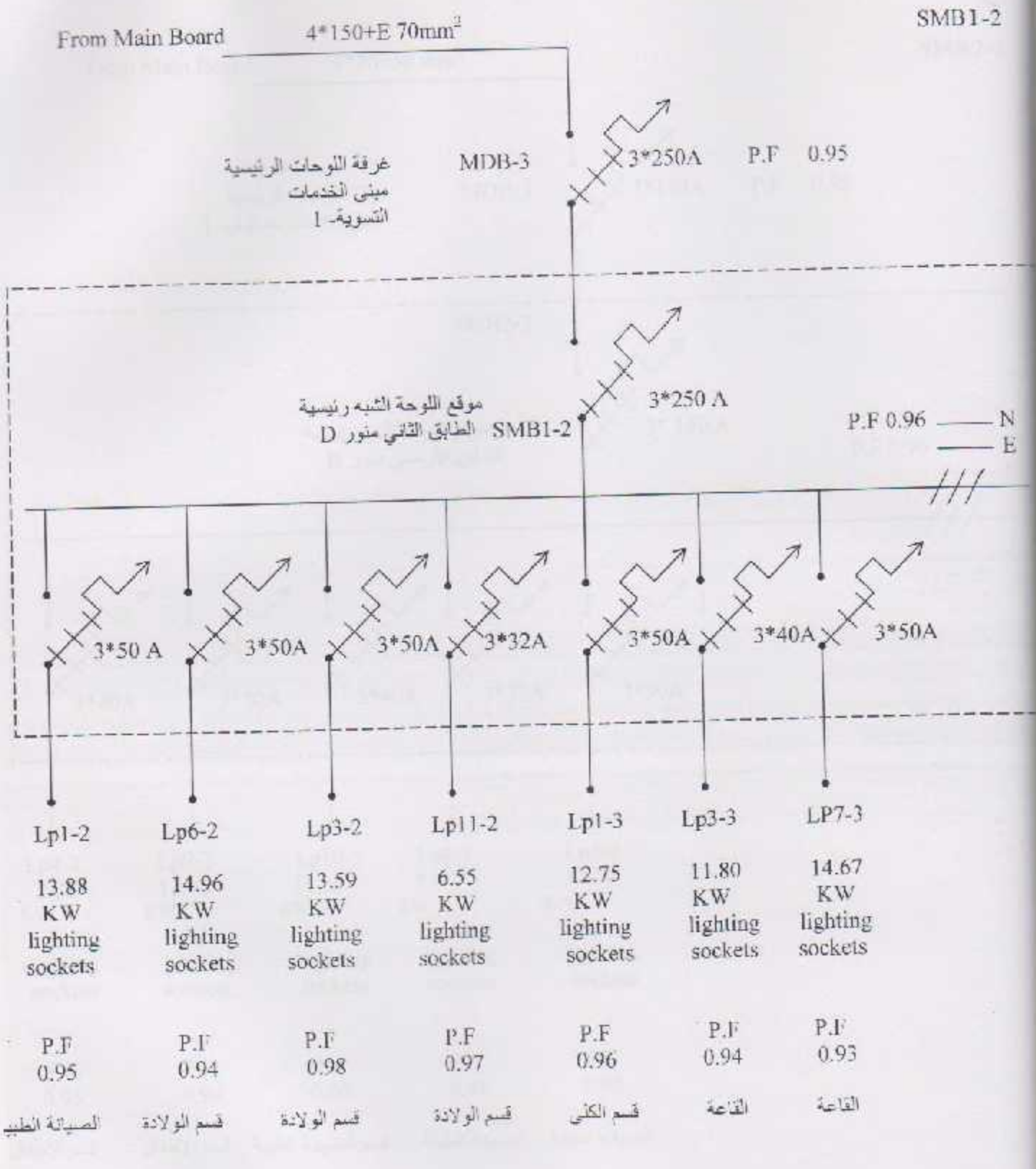


Lp2-1	ELp3-1	ELp2-G	ELp4-G	ELp8-L
8.83 KW	23.56 KW	7.76 KW	18.18 KW	14.86 KW
lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets	lighting sockets
P.F 0.94	P.F 0.93	P.F 0.90	P.F 0.96	P.F 0.91
الممر	الحروق	الأشعة	الإدارة	

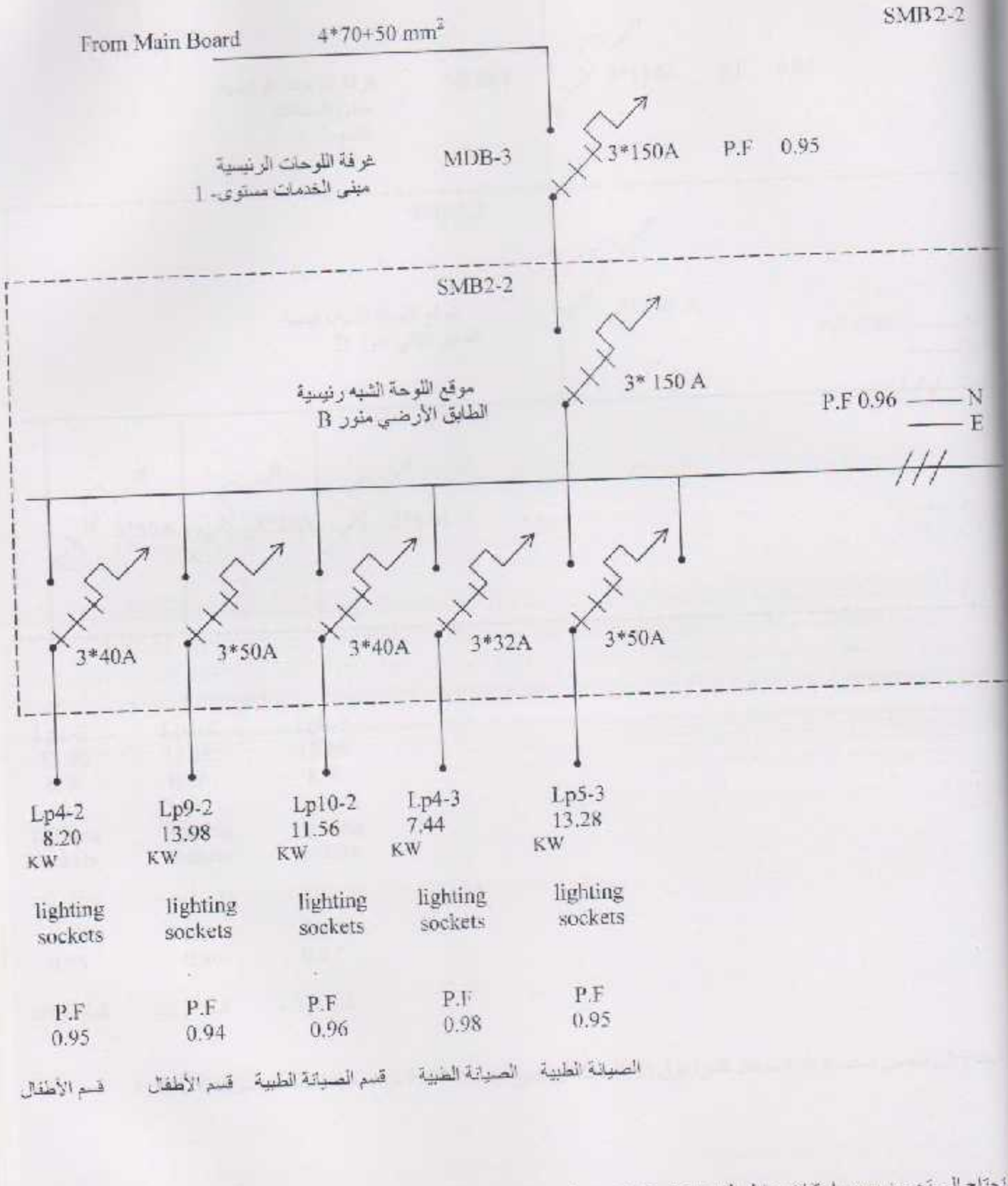
لا تحتاج إلى تحسين



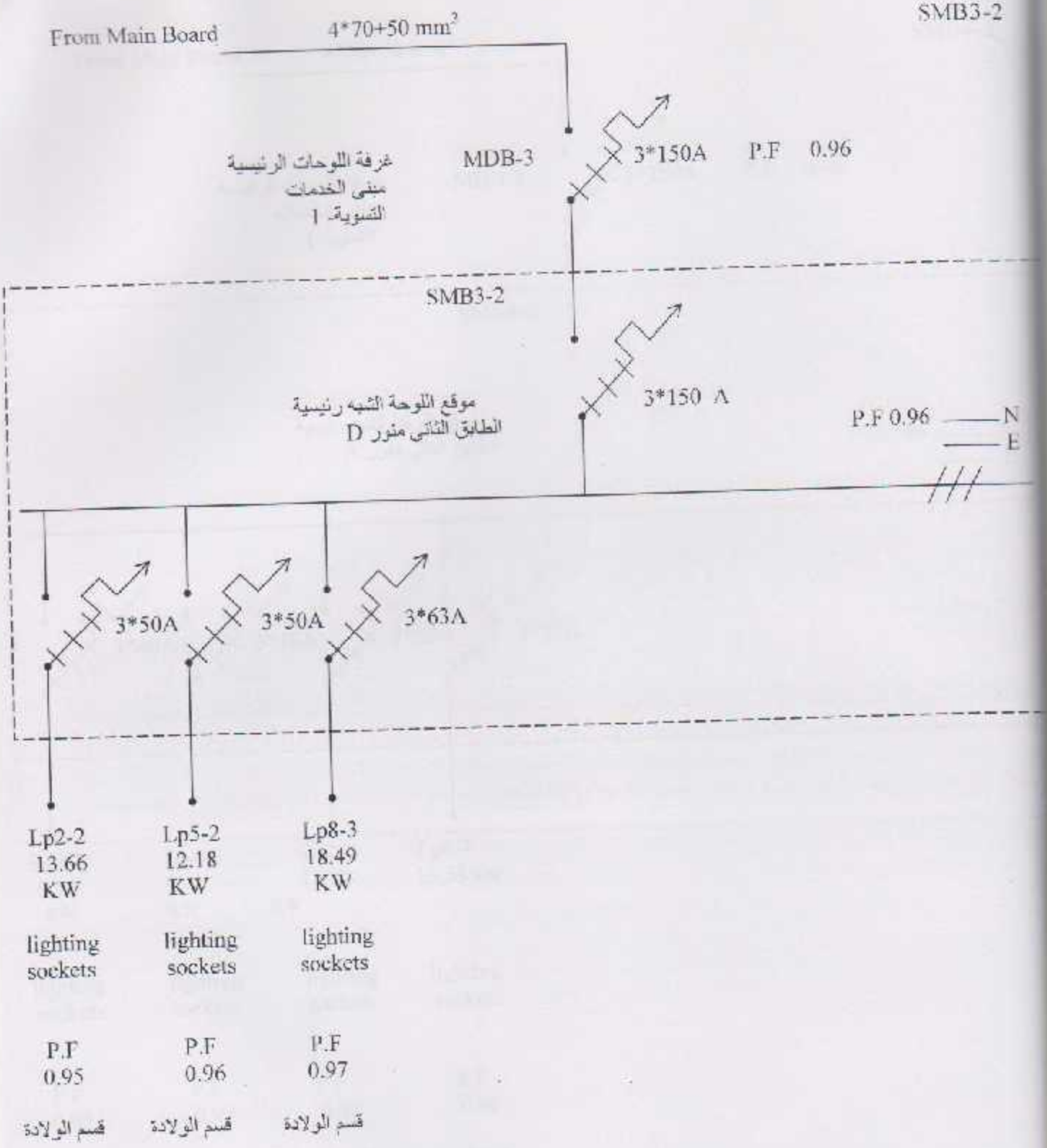
لا تحتاج إلى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث أن جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.



تحتاج إلى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث أن جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.

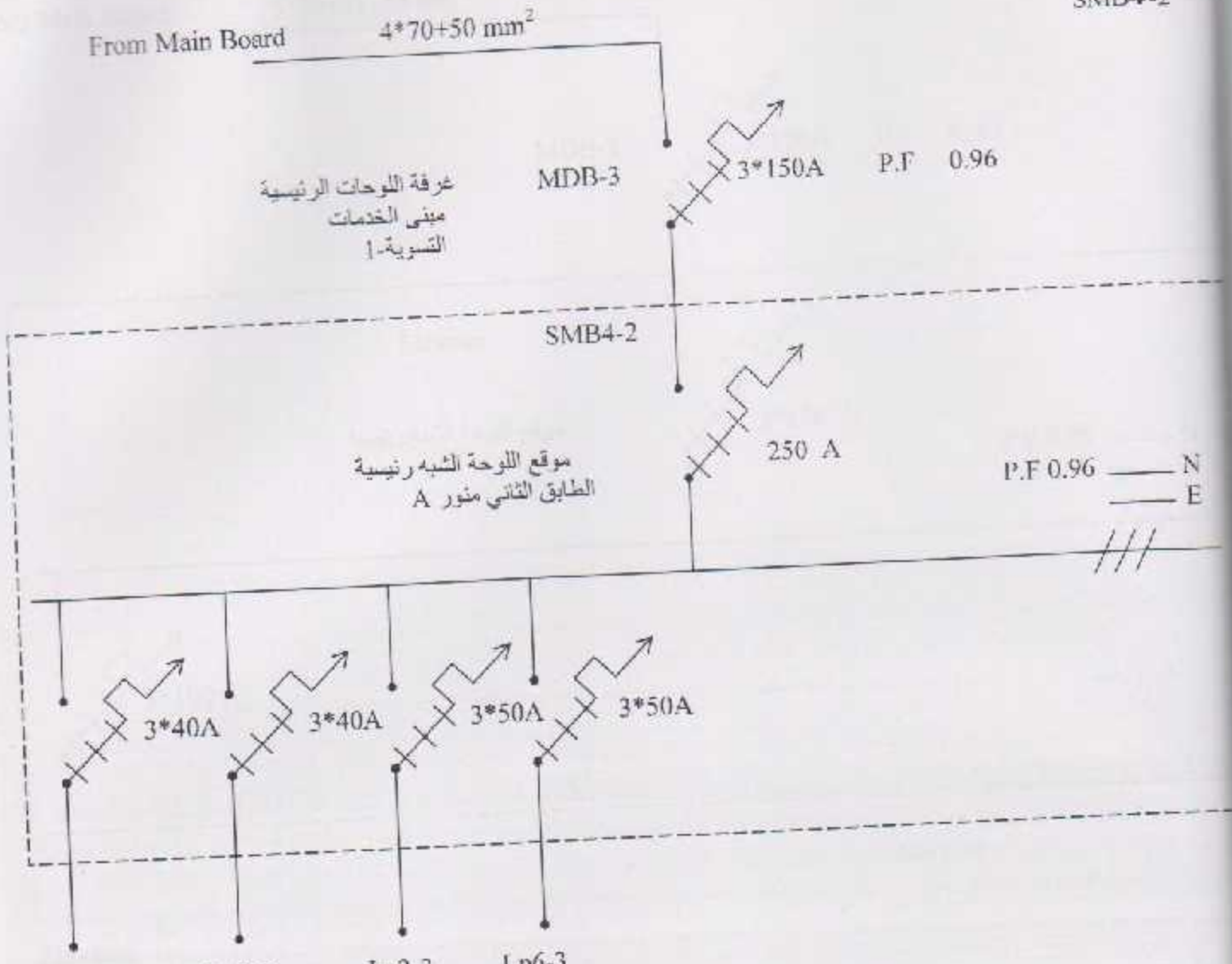


تحتاج إلى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث أن جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.

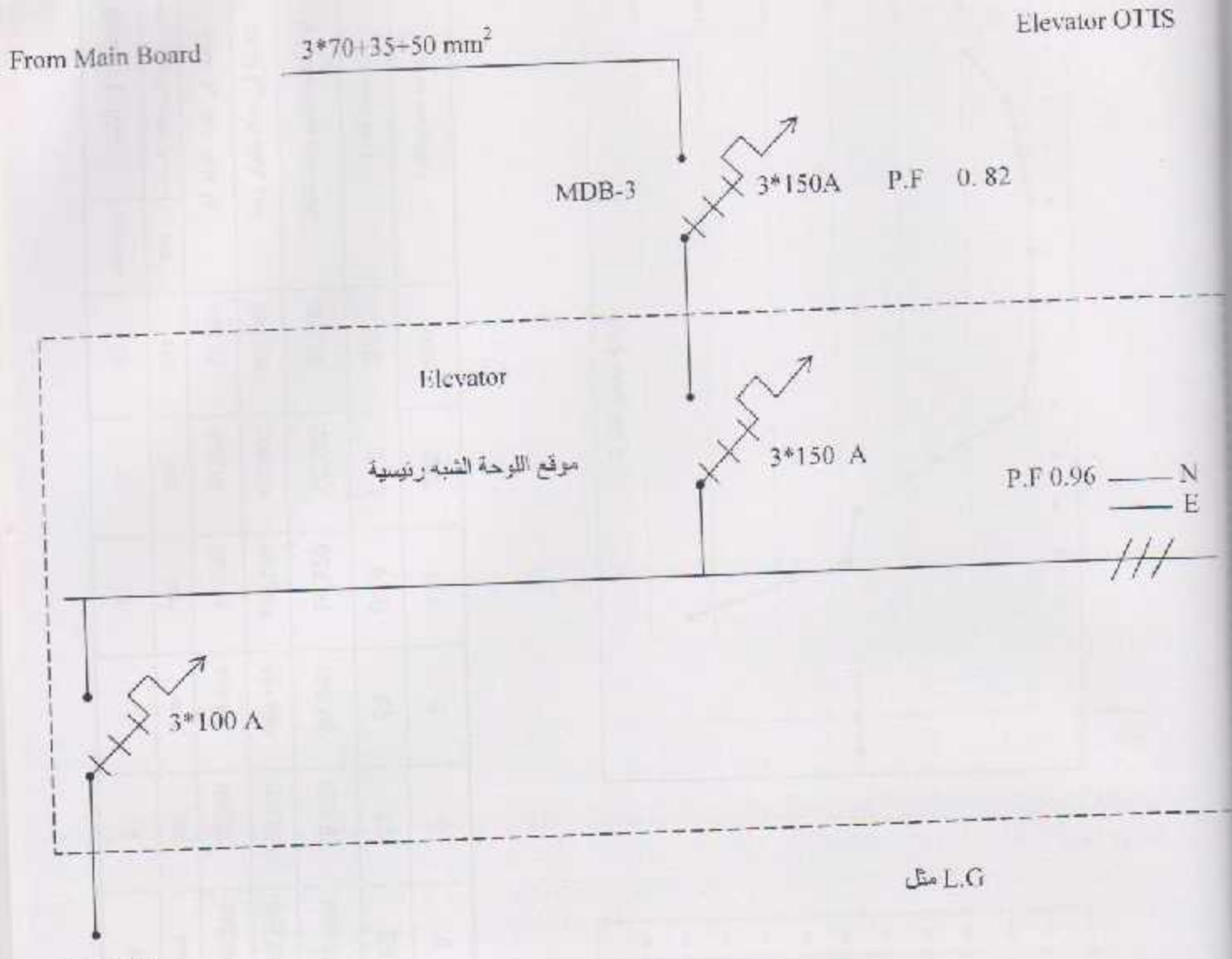


لا تحتاج إلى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث أن جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.

SMB4-2



تحتاج الى تحسين بسبب ارتفاع معامل القدرة فوق 0.90 حيث ان جميع وحدات الإنارة مركب بها مكثف لتحسين معامل القدرة.



Elevator
45KW

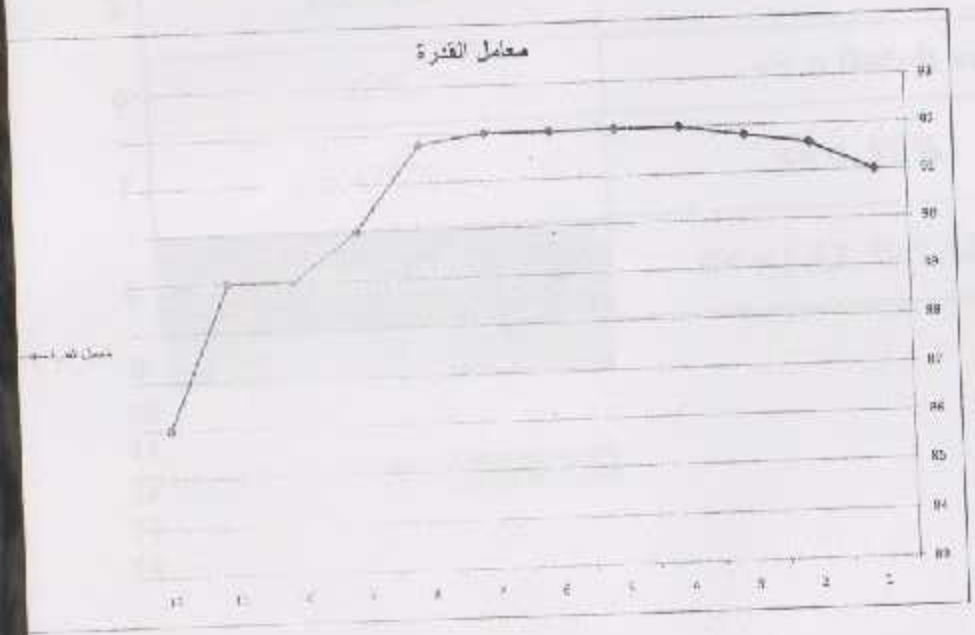
P.F
0.82

مصعد OTIS

QC – 21 KVAR

التحسين مركزي لان الحمل متغير ويتحرك باتجاهين.
ويبين المخطط صفحة (89) المخطط التصميمي لذلك.

الخدمة / الاسم		معامل الضرب	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13403	مستشفى صدقاء المريض	240	7298	7567	7825	8156	8422	8698	8977	9245	9577	9971	400	856
الكمية في عداد الكيلو قار			71,520	64,560	81,920	79,440	63,840	66,240	68,960	64,320	79,680	94,560	102,720	109,440
الكمية في عداد الكيلو وات			155,768	147,600	143,760	188,168	150,240	157,680	160,320	148,640	167,520	186,000	203,040	188,880
قيمة الكمية الكيلو وات - شيكل			80,999	76,752	74,755	97,847	78,125	81,994	83,366	77,293	87,110	96,720	105,581	98,218
معامل القدرة			91	91.6	91.8	92	92	92	92	91.8	90	89	89	86
غرامة معامل القدرة			908	292	117	0	0	0	0	173	1476	2764	2923	5377



#	A	B
1	KWh	KVAR
2	188880	[illegible]
3		
4	98217.6	<< = سعر الكمية المباعة
5	86.53%	<< = COS(ATAN(KVAR/KWh))
6	92%	<< = Defult value
7	5.475%	<< = 92% - A5
8	5,377.35	<< = (A7 % * A4) * A12
9		
10		
11		
12	1	
13		
14		

نوع التعرفة

صناعي	0.52
انارة	

قم بادخال ما هو باللون الاخضر

القيمة	من	الى
1.5	1	70
1.25	71	80
1	81	91
0	92	100

قائمة المصادر والمراجع

1. المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، (تقنية التوزيع الكهربائي- معامل القدرة وطرق تحسينه)، المملكة العربية السعودية.

2. الشعباني، م.صبر حسين،(دليل المهندس الكهربائي)، محمد سرور للطباعة الالكترونية، حلب،1997.

3. موسى، د. عبد المنعم ، (المكثفات-تحسين معامل القدرة)، دار الراتب الجامعية، بيروت، 1994.

4. جرجس، وجيه، (دوائر التحكم الآلي)، دار نوبار للطباعة، 2000.

5. وزارة التربية والتعليم، (كهرباء استعمال)، فلسطين،2006.