USAID | EGYPT
FROM THE AMERICAN PEOPLE

الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

دليل ترشيد إستهلاك الطاقة الكهربائية بمحطات مياه الشرب و الصرف الصحى

يونيو ٢٠١١

تم إعداد هذا الدليل بواسطة مشروع دعم قطاع المياه و الصرف الصحي الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية

دليل ترشيد إستهلاك الطاقة الكهربائية بمحطات مياه الشرب و الصرف الصحى

مشروع دعم قطاع مياه الشرب والصرف الصحي

ممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية

Contract No. EPP-I-00-04-00020-00, Order No. 3

M-2011.6.104

قائمة المحتويات

مقدمة ٥
الفصل الأول : التعريف بمعامل القدرة وطرق تحسينه باستخدام المكثفات ٩
تعريف : معامل القدرة - القدرة غير الفعالة ٩
حوافز تحسين معامل القدرة ١٠
تخفيض الفقد الداخلي في شبكة التوزيع ١١
زيادة سعة شبكة التوزيع ١١
الحصول على مستوى أداء محسن للجهد ١١
تأثير انخفاض معامل القدرة على الشبكة ١٢
تأثير انخفاض معامل القدرة على التوليد الكهربي ١٢
غرامات انخفاض معامل القدرة ١٣
عيوب المكثفات الكهربية ١٤
الحسابات الخاصة بتصحيح معامل القدرة ١٥
تحديد قدرة المكثف اللازم للتحسين ١٦
موقع تركيب المكثفات ١٦
التصحيح الشامل (الكلي) ١٦
التصحيح الاستاتيكي (الجزئي) ١٩
تحديد قدرة المكثفات ٢١
مواصفات المكثفات ٢٣
قدرة المكثف المنفرد ٢٤
تركيب النظام وتكامله ٢٦
أجهزة التوصيل والفصل منخفضة الجهد ٢٧
أجهزة التوصيل والفصل ذات الجهد المتوسط والعالي ٢٧
طرق توصيل المكثف ٢٨
المصاهر المنفردة للمكثفات ٢٩
الفصل الثاني: استخدام جهاز القياس لتحديد قيمة لوحة تحسين معامل القدرة ٣٣
التعرف على الجهاز ٣٣
ملخص خطوات القياس ٤٦
الفصل الثالث: المعادلات الخاصة بحساب معامل القدرة والمكثفات ٤٩
المعادلات الرياضية ٥٠
الفصل الرابع: دراسة عملية ٥٧
بيانات أحمال الجهد المنخفض ٥٧
بيانات أحمال الجهد المتوسط ٦٠
نماذج توضح أعمال القياسات التي تم تسجيلها بالموقع بالمنحنيات والأشكال والتى من خلالها تم استخلاص الجداول السابقة ٦٢
الفصل الخامس: استكشاف الأخطاء وإصلاحها ٧١
مقدمة ٧١

صيانة المكثفات ٧١
كيف تتأكد من صلاحية المكثف؟ ٧١
المواصفات الفنية الخاصة بالمكثفات ٧٥
المواصفات الفنية لمكثفات الجهد المنخفض ٧٥
مكونات لوحة المكثفات ٧٦

مقدمة

تُولي شركات مياه الشرب والصرف الصحي أهمية كبيرة لأعمال ترشيد معدلات استخدام الطاقة حيث أنها من أهم البرامج التي ينبغي أن تقوم بها الشركات بصورة منتظمة ومستمرة، نظراً لضرورة ترشيد استهلاك الكهرباء في محطات تنقية وإنتاج مياه الشرب و محطات معالجة الصرف الصحى والتي ينتج عنها خفض نفقات التشغيل مما يؤدى إلى تفادى الغرامة وإمكانية الحصول على وفر إضافي فى قيمة استهلاك الكهرباء.

ونظراً لأن أعمال تنقية وتوزيع المياه و معالجة الصرف الصحى في معظم محافظات ومدن الجمهورية هي أعمال مدعمة من الدولة حيث تقوم بسداد الفروق بين تكاليف الإنتاج وتكاليف البيع، لذلك فإن أعمال تصحيح معامل القدرة وما يتبعها من خفض استهلاك الكهرباء في المياه تكتسب بعداً اقتصادياً على درجة كبيرة من الأهمية.

ملامح هذا الدليل:

يتضمن هذا الدليل العناصر الآتية:

١. تعريف معامل القدرة وحوافز تحسينه وكيفية تخفيض الفقـد الـداخلي فـي شـبكة التوزيع.

٢. التعريف بعيوب مكثفات تحسين معامل القدرة وكيفية القيام بحسابات تصحيح معامل القدرة.

٣. جداول لتحديد قدرة المكثفات والتعريف بمواصفات وخصائص تشغيل المكثفات.

٤. شرح تفصيلي كيفية استخدام جهاز القياس بالإضافة إلى ملخص لخطوات القياس.

٥. توضيح للمعادلات الخاصة بحساب معامل القدرة.

٦. تقديم نموذج متكامل لتحسين معامل القدرة من خلال دراسة عملية تتضـمن مثـال عملي محلول.

٧. كيفية تتبع الأعطال التي تظهر في لوحات تحسين معامل القدرة وأعمـال الصـيانة اللازمة.

الفصل الأول

التعريف بمعامل القدرة وطرق تحسينه باستخدام المكثفات

الفصل الأول : التعريف بمعامل القدرة وطرق تحسينه باستخدام المكثفات

تعريف : معامل القدرة - القدرة غير الفعالة

معامل القدرة هو النسبة بين القدرة الفعالة مقاسة بالكيلووات وبين القدرة الظاهرية ويتم التعبير عن القدرة غير الفعالة بالكيلوفار وتتراوح قيمة معامل القدرة بين الصفر والواحد الصحيح حيث تكون قيمته الأعلى هي الأفضل.

الاستيعاب هنا هو إمكانية استخدام المكثفات لاستيعاب الأحمال التي تتطلب قدرة غير فعالة كبيرة من الشبكة وتعمل المكثفات الموصلة بالشبكة على إمداد الأحمال ذات معامل القدرة المتأخر بمتطلبات القدرة غير الفعالة مما يقلل الطلب على هذه القدرة من شبكة التغذية.

وتكون الخطوة الأولى هي منع حدوث انخفاض في معامل القدرة في مرحلة تصميم شبكة التغذية للمحطة وذلك من خلال الاختيار الدقيق للمعدات وتوصيل الأحمال وذلك بتقويم الطلب على مركبة التيار غير الفعالة المرتبطة بالحمل ذاته وذلك بهدف تحديد كيفية تحجيمها إلى الحد الأدنى.

ويؤدي تشغيل المحركات الحثية والمحولات عند حمل جزئي على سبيل المثال إلى إيجاد معامل قدرة منخفض، وتتغير المركبة المولدة للقدرة والخاصة بتيار التغذية تقريباً وبشكل مباشر (طردياً) مع الحمل, بينما تقل مركبة تيار المغنطة الداخل بشكل طفيف فقط مع تخفيض الحمل.

ولذلك يعاني المحرك الحثي أو المحول الذي يتم تحميله بحمل صغير من ارتفاع نسبة مركبة الكيلوفولت أمبير المتأخرة بالنسبة إلى مركبة الكيلووات الفعالة المتفقة في الطور مع التيار مما يترتب عليه انخفاض معامل القدرة ويعد تحديد سعة المحركات والمحولات بشكل مناسب أحد أهم العوامل في تحسين معامل القدرة في شبكات تغذيتها كما سيأتي تفصيله

يعتبر من الممارسات العملية غير الموفقة تشغيل المحرك الحثي أو أية معدة من المعدات الأخرى في الوقت الذي لا تحتاجه العمليات, وعليه فإن الهدف الأساسي من ترشيد استهلاك الطاقة هو خفض الطلب على القدرة الظاهرية الإجمالية للحمل أو لمجموعة من الأحمال عند نقطة التوصيل المختارة من شبكة التغذية بالقدرة الكهربائية.

حوافز تحسين معامل القدرة

توجد حوافز لكل من مرافق الكهرباء والمستهلكين لتحسين معامل القدرة بالنسبة لمرفق الكهرباء يؤدي تحسين معامل القدرة إلي تخفيض فقد الشبكة وزيادة نصيب الاستخدامات المنتجة في طاقة التوليد المتاحة وعلاوة على ذلك فإن هذا يساعد أيضاً في الحفاظ على مناسيب الجهد عند القيم المطلوبة.

تشجع المرافق المستهلكين عادة للحفاظ على معامل قدرة مرتفع من خلال وضع نصوص في تعريفة الكهرباء توجب تغريم المستهلكين في حالة انخفاض معامل القدرة حيث تفرض مرافق الكهرباء في مصر غرامة مالية متزايدة القيمة على المستهلكين الذين تزيد أحمالهم التعاقدية عن ٥٠٠ كيلووات ويقل معامل القدرة لديهم عن ٩٠% ويجب أن تكون هذه الغرامة بالقدر الذي يكفي لتشجيع المستهلك لتركيب معدات تصحيح معامل القدرة.

يؤدي تصحيح معامل القدرة إلى خفض فاتورة الكهرباء والحصول أحيانا على حافز مالي من شركة التوزيع علاوة على مزايا أخرى تشمل زيادة سعة شبكة التوزيع الداخلية للكهرباء ١,. وخفض الفقد في الشبكة وتحسين ثبات الجهد ومن الفوائد التي يحصل عليها المستهلكون نتيجة لتصحيح قيمة معامل القدرة إلغاء غرامة معامل القدرة.

سعة النظام الكهربي (الكيلوفولت أمبير) هي القدرة الكلية المتاحة بالنظام الكهربي
القدرة الفعالة = حاصل ضرب القدرة الكلية في معامل القدرة

يعني معامل القدرة العالي 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 الحاجة كما أنه مع معامل القدرة العالي فان التيار الكهربي المطلوب للحمل يصبح اقل وبالتالي فان القدرة المفقودة تقل وبالتالي يقل الارتفاع في درجة حرارة الأجهزة مثل الكابلات والمحولات وقضبان التوزيع مما يزيد من العمر الافتراضي للأجهزة. يجب أن يكون معامل القدرة لنظام التوزيع الكهربي عالياً وذلك لزيادة كفاءة النظام الكهربي والاستفادة القصوى بالقدرة المولدة. لذلك فإن شركات الكهرباء تفرض غرامة مُعامل قدرة على المستهلك وتطالبه بالمحافظة على مستوى لا يقل عن ٩٠% لتجنب فرض الغرامة.

تخفيض الفقد الداخلي في شبكة التوزيع

إذا تم تثبيت القدرة الفعالة فإنه بتخفيض معامل القدرة تزيد القدرة الظاهرية المطلوبة ونتيجة لذلك يزيد الفقد في المقاومة الكهربائية للشبكة وبالرغم من صغر هذا الفقد (يمثل من ٢,٥ إلى ٧,٥ في المائة من الاستهلاك السنوي النمطي من الطاقة الكهربائية في الوحدات الصناعية إلا ان تأثيره ملموس على النطاق القومي.

ويمكن حساب نسبة تقليل الفاقد عن طريق المعادلة:

$$\% \text{ L.R} = 100 - 100 \text{ (original pf / corrected pf)}^2$$

زيادة سعة شبكة التوزيع

يؤدي انخفاض معامل القدرة إلى تقليل سعة شبكة التوزيع، فعلى سبيل المثال، عندما يكون معامل القدرة ٠,٨ فإن المحول الذي قدرته الظاهرية ٥٠٠ ك.ف.أ لا يعطي سوي ٤٠٠ ك.وات فإذا ما جري تصحيح معامل القدرة ليصبح ٠,٩ فإن نفس المحول يمكنه توفير قدرة ٤٥٠ ك.وات ويمكن الحصول على زيادة مماثلة في سعة الكابلات المستخدمة وفي قواطع الدائرة الكهربائية والمعدات الكهربائية الأخرى حيث تقل سعة جميع هذه المعدات لتوفير القدرة الفعالة حينما ينخفض معامل القدرة.

كما تؤدي زيادة معامل القدرة إلى زيادة في سعة شبكات التوزيع الكهربائية القائمة ومما يساعد ذلك على ترحيل أو تقليل المصروفات اللازمة للحصول على سعة إضافية في الشبكة.

ويمكن حساب القدرة المحررة بعد التحسين عن طريق المعادلة:

$$\text{KVA}_{\text{released}} = \{(1- (\text{PF}_{\text{initial}} / \text{PF}_{\text{corrected}})\} \text{ KVA}_{\text{initial}}$$

الحصول على مستوى أداء محسن للجهد

يمكن الحصول على جهد أكثر استقرارا وإن لم يكن ذلك في حد ذاته هدفاً من أهداف تركيب معدات تحسين معامل القدرة إلا أنه يمثل عادة أحد المزايا الإضافية التي تنتج عن تصحيح المعامل.

ويمكن حساب نسبة الارتفاع في الجهد عن طريق المعادلة:

% Voltage Rise = (Bank KVAR / KVA SC) X 100

حيث :

KVA SC = Transformer KVA / per unit transformer impedance

Example:
Per unit transformer impedance = 6%
Transformer KVA = 2000
% Voltage Rise = 0.5 %

تأثير انخفاض معامل القدرة على الشبكة

يزداد التيار المار في خط النقل الكهربي عندما يقل معامل القدرة الكهربية وذلك بتثبيت القدرة الكهربية الفعالة المنقولة على الخط الكهربي وبذلك لابد من زيادة مساحة مقطع موصلات خط النقل مما يتسبب في زيادة تكاليف الخط. وأيضا تزداد فواقد خط النقل بزيادة التيار الكهربي مما يقلل من كفاءة خط النقل وكذلك يتسبب ارتفاع التيار في زيادة انخفاض الجهد على الخط كما تقل سعة المحول للقدرة الفعالة مع مُعامل القدرة المنخفض ويزداد الجهد بداخله ولابد من زيادة مساحة مقطع قضبان التوزيع وكذلك مساحة سطح التلامس للقواطع الكهربية عند نفس قيمة القدرة الكهربية المنقولة عند معامل القدرة المنخفض.

تأثير انخفاض معامل القدرة على التوليد الكهربي

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

وبانخفاض معامل القدرة الكهربي يطلب من المولد المزيد من القدرة غير الفعالة ولكن كمية معينة من الطاقة مطلوبة لإنتاج القدرة غير الفعالة وتستمد هذه الطاقة من المحرك المبدئي للمولد أي أن جزء من سعة المحرك المبدئي تكون عاطلة. لذلك فالعمل عند معامل قدرة منخفض يقلل من كفاءة المحرك المبدئي للمولد.

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. و تلخص النقاط التالية فوائد تحسين معامل القدرة:

أ- الاستخدام الأفضل لسعة القدرة الفعالة للمحرك المبدئي للمولد.
ب- زيادة سعة القدرة الفعالة للمولد الكهربي.
ج- زيادة سعة القدرة الفعالة للمحول الكهربي.
د- زيادة كفاءة كل الوحدات بالشبكة الكهربية.
هـ- تقليل تكاليف الوحدات بالشبكة.
و- تحسين تنظيم الجهد على خطوط النقل الكهربي.

غرامات انخفاض معامل القدرة

تكون غرامة معامل القدرة هي معامل يضرب في قيمة المحصلات المعتادة عن الاستهلاك الإجمالي للكهرباء بالكيلووات ساعة. ويتوقف تقدير الغرامة على المتوسط السنوي لمعامل القدرة الذي يجري حسابه من قراءات عداد الكيلووات ساعة وعداد الكيلوفار ساعة على الوجه التالي:

أ- يتم حساب المتوسط السنوي لمعامل القدرة من العلاقة التالية:

$$Pf = KWh / ((KVARh)^2 + (KWh)^2)^{0.5}$$

ب- عندما يكون المتوسط السنوي لمعامل القدرة أقل من ٠,٩ ولكنه في نفس الوقت أكبر من أو يساوي ٠,٧ فإنه يجري حساب الغرامة كما يلي:

الغرامة =٠,٥ (٠,٩ – معامل القدرة المتوسط) محصلات الكيلووات ساعة في السنة.
ج- عندما يكون المتوسط السنوي لمعامل القدرة أقل من ٠,٧ فإن الغرامة يجري حسابها كما يلي:
الغرامة = (٠,٥ (٠,٩ – ٠,٧) + (٠,٧ - معامل القدرة المتوسط)) محصلات الكيلووات ساعة في السنة.

د- إذا لم يقم المستهلك بتصحيح معامل القدرة تتضاعف الغرامة بعد ثلاثة شهور لتصبح:
الغرامة = ٢ (٠,٩ – معامل القدرة المتوسط) محصلات الكيلووات ساعة في السنة.

هـ- يكون من حق مرفق الكهرباء أيضاً قطع الخدمة إذا لم يقم المستهلك بتصحيح معامل القدرة بعد ستة شهور أخرى تالية.

يمكن أن يؤدي رفع معامل القدرة طبقا لهيكل التعريفة المصري إلى تمكين المستهلك من تخفيض قدرته التعاقدية وينتج عن هذا استخدام مقياس مختلف لحساب تكلفة استهلاك الكيلووات ساعة ويكون الأثر المترتب على ذلك هو استخدام مجموعات أحمال ذات سعات أصغر عند التكلفة الأعلى لوحدة الطاقة وسعات اكبر للمجموعات ذات المعدلات الأرخص.

عيوب المكثفات الكهربية

يتم إنتاج المكثفات الخاصة بتحسين معامل القدرة بسعات (ك.فار) منخفضة لأسباب هندسية إلا أنه يمكن تجميعها في مجموعات لتعطي قدرات أكبر للحصول على السعة المطلوبة.
وتسمح مقدرة المكثفات على التضمين بالحصول على السعة المناسبة لمجموعة المكثفات المطلوبة وكذلك بإمكانية إضافة زيادة منها بحسب الحاجة.
يوجد عند استخدام المكثفات بعض العيوب منها:

أ- اقتصار عمرها التشغيلي على نحو ١٥ عاماً تقريباً.

ب- عدم توفر المتانة الكافية حيث يسهل حدوث الأعطال بها نتيجة لتيارات قصر الدائرة.

ج- حدوث ارتعاش عالي في الجهد.

د- صعوبة إصلاحها (يكون إصلاح المكثفات المعطوبة في العادة غير اقتصادي).

هـ - تحتاج المكثفات إلى قواطع خاصة ذات حساسية معينة لمنع حدوث العطل بها بسبب حمل متأخر أو بسبب معدات أخرى أو عندما تعمل الأحمال المتأخرة بترتيب دوري أو بسبب فصلها عن الشبكة بطريقة مفاجئة.

الحسابات الخاصة بتصحيح معامل القدرة

يمكن الحصول على عدة تعبيرات رياضية بسيطة و مفيدة نوردها فيما يلى:

$$\text{Cos } \phi = \frac{\text{Active power}}{\text{Apparent power}} = \frac{\text{KW}}{\text{KVA}}$$

$$\text{Tan } \phi = \frac{\text{Reactive power}}{\text{Active power}} = \frac{\text{KVAR}}{\text{KW}}$$

$$\text{Sin } \phi = \frac{\text{Reactive power}}{\text{Apparent power}} = \frac{\text{KVAR}}{\text{KVA}}$$

حيث :

Cos ϕ هي معامل القدرة.

Φ هي زاوية الإزاحة بين الجهد و التيار فى نفس الطور.

القدرة الظاهرية بال KVA.

القدرة الفعالة بال KW.

القدرة غير الفعالة بال KVAR.

حيث أن مركبة القدرة الفعالة تظل عادة ثابتة، بينما تتغير كل من القدرة الظاهرية و مركبة القدرة غير الفعالة مع تغير معامل القدرة، لذا يكون من الأنسب استخدام التعبير الذي يشتمل على القدرة الفعالة، والذي يمكن كتابته على النحو التالي:
القدرة غير الفعالة (ك .فار)= حاصل ضرب القدرة الفعالة في ظل الزاوية.
هذا وتتحدد قيمه ظل الزاوية بحسب زاوية معامل القدرة.

تحديد قدرة المكثف اللازم للتحسين

عند تحديد قدره المكثف اللازم لتحسين معامل القدرة يكون ذلك على النحو التالي:

أ- القدرة غير الفعالة عند معامل القدرة قبل التحسين = حاصل ضرب القدرة في ظل الزاوية قبل التحسين.

ب-القدرة غير الفعالة عند معامل القدرة بعد التحسين = حاصل ضرب القدرة الفعالة في ظل الزاوية بعد التحسين وعليه فإن قدرة المكثف اللازم لتحسين معامل القدرة يمكن حسابها من المعادلة الآتية:
القدرة غير الفعالة بالكيلو فار = حاصل ضرب القدرة الفعالة في الفرق بين ظل الزاويتين (قبل وبعد التحسين).

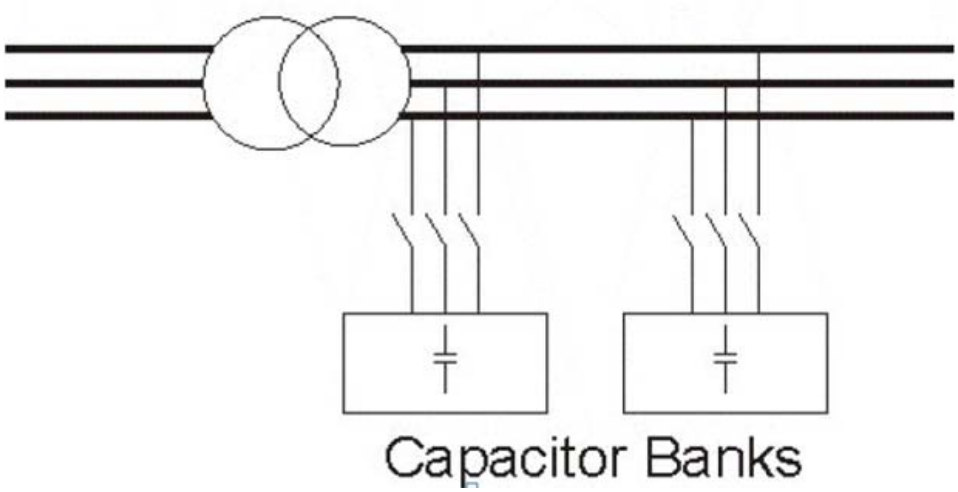
موقع تركيب المكثفات

يتم تركيب مكثفات تحسين معامل القدرة في معظم حالات التطبيقات الصناعية على شبكات التوزيع ذات الجهد المنخفض. ويجب تركيب مجموعات المكثفات بعد الأماكن المركب بها أجهزة قياس الطاقة بواسطة شركة التوزيع داخل المصنع. ويمكن وبدقة أكثر تركيب المكثفات على ثلاثة مستويات متباينة للتركيبات الكهربائية عند لوحة المفاتيح الرئيسية ذات الجهد المنخفض أو عند نقاط التوزيع لمجموعات الأحمال أو عند الأحمال المنفردة.

التصحيح الشامل (الكلي)

يمكن إجراء الاستيعاب الشامل عن طريق تركيب المكثفات عند لوحة المفاتيح الرئيسية جهة الجهد المنخفض، و يوصى بتركيب المكثف بالقرب من مدخل وحدة الخدمة على النحو المبين بالشكل رقم (١). حيث يحقق هذا الوضع أفضل المزايا حيث لا توجد إمكانية لضبط قدرة

المكثفات التي تغذى الأحمال المنفردة ذات القدرة غير الفعالة بصفة مستمرة، و مثال لذلك عند وجود عدد كبير من الأحمال الصغيرة ذات المتطلبات المتباينة من القدرة أو عند توصيل معدات ذات معاملات تحميل مختلفة.



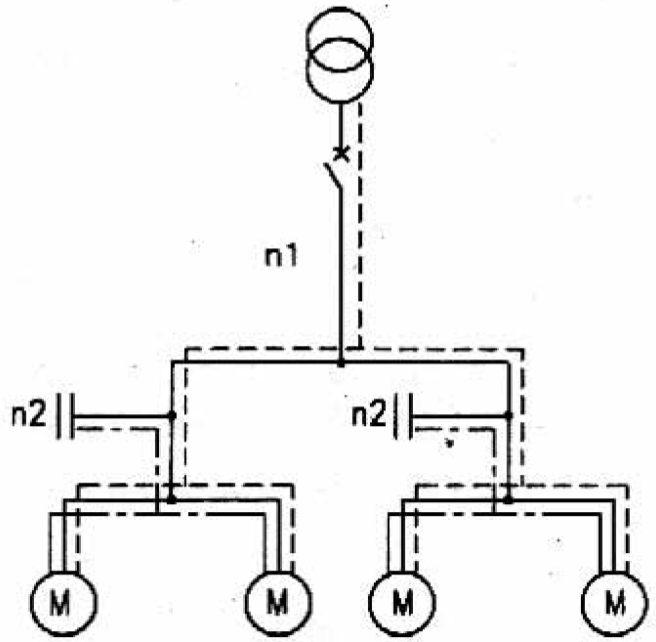
شكل رقم (١)
تركيب المكثف قرب مدخل الخدمات الرئيسي

عند اللجوء لهذا الأسلوب السابق يجب موائمة قدرة المكثف مع متطلبات القدرة غير الفعالة لمجموعة الأحمال مع مراعاة معامل التباين بين الأحمال. كما يمكن في هذه الحالة إجراء أية تركيبات أو توسعات لاحقة ببساطة نسبية كما يؤدى وجود موقع مركزي لمعدات تصحيح معامل القدرة إلى تسهيل فحص هذه المعدات.

ويؤدى الاستيعاب الشامل للقدرة غير الفعالة أيضا إلى إلغاء غرامة معامل القدرة المنخفض، و خفض حمل المحول و تخفيض سعات قواطع الدائرة المطلوبة و من ناحية أخرى يظل التيار غير الفعال موجوداً فى التركيبات المحصورة بين موضع تركيب المكثفات و بين موضع الأحمال. كما ينتج عن ذلك عدم التخلص من الفقد المساوي لقيمة (مربع التيار في المقاومة) في هذا الجزء من الشبكة.

ويؤدى تصحيح مجموعات الأحمال عند حدود منطقة التوزيع غالبا الى أفضل الطرق من الناحية العملية و فيه توفر معدات تصحيح معامل القدرة الاستيعاب المطلوب لعدد من

المحركات أو لعدد من المصابيح الفلورية التي يتم توصيلها كمجموعة باستخدام ملامس أو قاطع دائرة مشترك. وكذلك لا يتطلب ذلك تركيب مفتاح توزيع إضافي لتوصيل المكثفات بمجموعات الأحمال كما يتضح ذلك من شكل رقم (٢). ويفيد هذا الأسلوب عند وجود معامل تباين للأحمال المنفردة على الشبكة على نحو يمكن معه توفير أكثر التصحيحات فاعلية لمقدار معين من القدرة الظاهرية(ك.ف.أ.). وعلاوة على ذلك يؤدي أيضا إلى خفض الفقد في المغذيات و إلى تحسين تنظيم الجهد و ترشيد جزء من التركيبات.



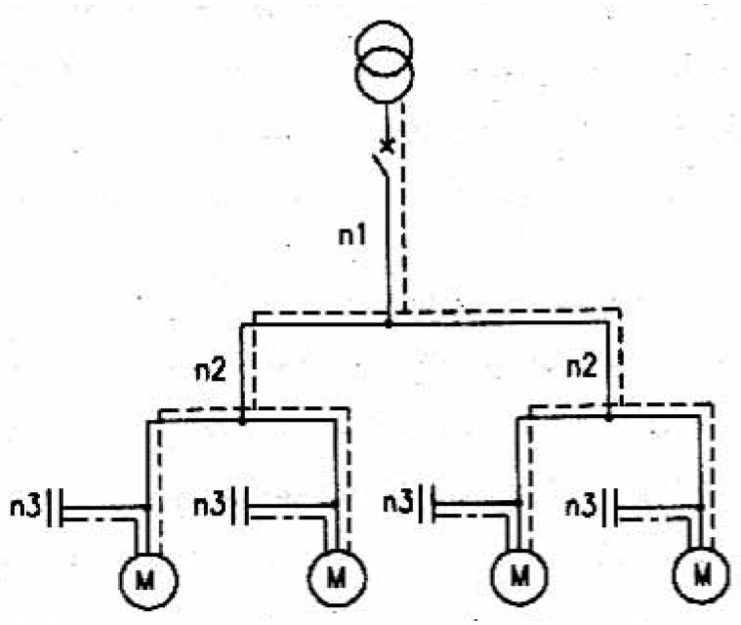
شكل رقم (٢)
تركيب المكثفات لتصحيح مجموعة من الأحمال

يؤدى عدم مرور التيار غير الفعال بين مستوى تركيب المكثفات و بين مستوى تركيب لوحة مفاتيح التوزيع الرئيسية إلى خفض تكلفة التركيبات الواقعة بين المستويين. كما يؤدى أيضاً إلى السماح بتحميل أعلى للمحول و إلى تخفيض سعة قواطع الدائرة الواقعة فى جهة الخط من المكثف.

يظل التيار غير الفعال على أي حال، موجودا في التركيبات المحصورة بين مستوى تركيب المكثفات و بين مستوى أجهزة الأحمال و عليه فإن الفقد المتناسب مع القيمة (مربع التيار فى المقاومة) يظل كما هو دون تخفيض في هذه المنطقة.

التصحيح الاستاتيكي (الجزئي)

يعتبر الاستيعاب للحمل المنفرد عند مدخلات الأحمال الحثية (المحركات عادة) هو الأكثر فاعلية من ناحية الموقع و ذلك لان القدرة غير الفعالة يتم توليدها في هذه الحالة في نفس موقع استهلاكها و بذلك يقل فقد الخط و يقل الهبوط في الجهد إلى الحد الأدنى كما ينخفض أيضا التيار فى شبكة التوزيع مما يؤدى إلى خفض تكاليف توزيع القدرة.



شكل رقم (٣)
تركيب المكثفات لتصحيح معامل القدرة لحمل منفرد

يتم في العادة توصيل المكثف بواسطة بادئ تشغيل المحرك تلقائيا إلى الشبكة و عليه فانه لا يشحن بالطاقة إلا عند الاحتياج فقط، كذلك تنتفي الحاجة إلى أجهزة مستقلة بغرض التوصيل و الفصل أو الوقاية من التيار الزائد، إذ أنها تكون موجودة مع مكونات بادئ تشغيل المحرك انظر الشكل رقم (٣). ويتم بإتباع هذا الأسلوب لترشيد التركيبات بأكملها و تخفيض أحمال المحولات و تخفيض سعة قواطع الدائرة على جهة الخط من المكثف و ذلك لأنه يتم توصيل القدرة غير الفعالة في نفس موقع استهلاكها.

يختفي التيار غير الفعال علاوة على ذلك من الكابلات المستخدمة في التوصيلات وبذلك يختفي الفقد في الخط و الذي يتناسب مع مربع قيمة التيار، و على أي حال يمكن فقط إيجاد التبرير الاقتصادي للاستيعاب المنفرد عندما تكون الأحمال كبيرة و تكون متطلبات القدرة ثابتة. حيث تقوم هذه المكثفات بصرف النظر عن مستوى تركيبها في الشبكة بإطلاق التيارات غير الفعالة فى جميع الخطوط الممتدة من موقع تركيب هذه المكثفات و حتى مصدر التوليد. يؤدى تركيب مجموعات المكثفات أقرب ما يمكن من الحمل من الناحية الهندسية البحتة إلى تعظيم تحسين معامل القدرة إذ أنه يؤدى إلى تخفيض الفقد في الخطوط في داخل المبنى بالإضافة إلى المحافظة على المزايا المتوفرة من استخدام طرق التوصيل فى المواقع الأخرى. ويجب على أى حال موازنة الميزات التي يتم الحصول عليها نتيجة للتوصيلات القريبة من الأحمال وما يصاحبها من تكاليف لازمة لعمل هذه التوصيلات .فعلى سبيل المثال قد يتطلب توصيل المكثفات بالقرب من الأحمال استخدام معدات فصل وتوصيل (مفاتيح) إضافية. وتعتبر تكلفه مجموعات المكثفات ومعدات الحماية المطلوبة كذلك عاملاً آخراً يجرى على أساسه تحديد هل من الأفضل إجراء الاستيعاب للأحمال كاملة أو لمجموعة من الأحمال.

شكل رقم (٤)
لوحة تصحيح معامل القدرة

تحديد قدرة المكثفات

يستخدم الجدول التالي في تحديد قيمة المكثفات المطلوبة لتحسين معامل القدرة عن طريق حساب معامل التحسين بمعرفة كل من معامل القدرة الحالي ومعامل القدرة المستهدف.

معامل القدرة الأصلي	معامل القدرة المستهدف							
	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93
0.50	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.303	1.337
0.51	1.093	1.119	1.146	1.174	1.202	1.230	1.257	1.291
0.52	1.051	1.077	1.104	1.132	1.160	1.188	1.215	1.249
0.53	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.171	1.205
0.54	0.966	0.992	1.019	1.047	1.075	1.103	1.130	1.164
0.55	0.926	0.952	0.979	1.007	1.035	1.063	1.090	1.124
0.56	0.887	0.913	0.940	0.968	0.996	1.024	1.051	1.085
0.57	0.849	0.875	0.902	0.930	0.958	0.986	1.013	1.047
0.58	0.812	0.838	0.865	0.893	0.921	0.949	0.976	1.010
0.59	0.775	0.801	0.828	0.856	0.884	0.912	0.939	0.973
0.60	0.741	0.767	0.794	0.822	0.849	0.878	0.905	0.939
0.61	0.706	0.732	0.759	0.787	0.815	0.843	0.870	0.904
0.62	0.672	0.698	0.725	0.753	0.781	0.809	0.836	0.870
0.63	0.640	0.666	0.693	0.721	0.749	0.777	0.804	0.838
0.64	0.607	0.633	0.660	0.688	0.716	0.744	0.771	0.805
0.65	0.576	0.602	0.629	0.657	0.685	0.713	0.740	0.774
0.66	0.545	0.571	0.598	0.626	0.654	0.682	0.709	0.743
0.67	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.679	0.713
0.68	0.486	0.512	0.539	0.567	0.595	0.623	0.650	0.684
0.69	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.620	0.654
0.70	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.564	0.591	0.625
0.71	0.399	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.563	0.597
0.72	0.370	0.396	0.423	0.451	0.479	0.507	0.534	0.568
0.73	0.343	0.369	0.396	0.424	0.452	0.480	0.507	0.541
0.74	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.480	0.514
0.75	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398	0.426	0.453	0.487
0.76	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.399	0.426	0.460
0.77	0.236	0.262	0.289	0.317	0.345	0.373	0.400	0.434
0.78	0.210	0.236	0.263	0.291	0.319	0.347	0.374	0.408
0.79	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.347	0.381
0.80	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.321	0.355
0.81	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.295	0.329
0.82	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.269	0.303
0.83	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.243	0.277
0.84	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.217	0.251
0.85	0.027	0.053	0.080	0.108	0.136	0.164	0.191	0.225

معامل القدرة الأصلي	معامل القدرة المستهدف							
	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	0.94
0.50	1.369	1.402	1.441	1.481	1.529	1.590	1.732	1.369
0.51	1.320	1.357	1.395	1.435	1.483	1.544	1.686	1.320
0.52	1.281	1.315	1.353	1.393	1.441	1.502	1.644	1.281
0.53	1.237	1.271	1.309	1.349	1.397	1.458	1.600	1.237
0.54	1.196	1.230	1.268	1.308	1.356	1.417	1.559	1.196
0.55	1.156	1.190	1.228	1.268	1.316	1.377	1.519	1.156
0.56	1.117	1.151	1.189	1.229	1.277	1.338	1.480	1.117
0.57	1.079	1.113	1.151	1.191	1.239	1.300	1.442	1.079
0.58	1.042	1.076	1.114	1.154	1.202	1.263	1.405	1.042
0.59	1.005	1.039	1.077	1.117	1.165	1.226	1.368	1.005
0.60	0.971	1.005	1.043	1.083	1.131	1.192	1.334	0.971
0.61	0.936	0.970	1.008	1.048	1.096	1.157	1.299	0.936
0.62	0.902	0.936	0.974	1.014	1.062	1.123	1.265	0.902
0.63	0.870	0.904	0.942	0.982	1.030	1.091	1.233	0.870
0.64	0.837	0.871	0.909	0.949	0.997	1.058	1.200	0.837
0.65	0.806	0.840	0.878	0.918	0.966	1.027	1.169	0.806
0.66	0.775	0.809	0.847	0.887	0.935	0.996	1.138	0.775
0.67	0.745	0.779	0.817	0.857	0.905	0.966	1.108	0.745
0.68	0.716	0.750	0.788	0.828	0.876	0.937	1.079	0.716
0.69	0.686	0.720	0.758	0.798	0.840	0.907	1.049	0.686
0.70	0.657	0.691	0.729	0.769	0.811	0.878	1.020	0.657
0.71	0.629	0.663	0.701	0.741	0.783	0.850	0.992	0.629
0.72	0.600	0.634	0.672	0.712	0.754	0.821	0.963	0.600
0.73	0.573	0.607	0.645	0.685	0.727	0.794	0.936	0.573
0.74	0.546	0.580	0.618	0.658	0.700	0.767	0.909	0.546
0.75	0.519	0.553	0.591	0.631	0.673	0.740	0.882	0.519
0.76	0.492	0.526	0.564	0.604	0.652	0.713	0.855	0.492
0.77	0.466	0.500	0.538	0.578	0.620	0.687	0.829	0.466
0.78	0.440	0.474	0.512	0.552	0.594	0.661	0.803	0.440
0.79	0.413	0.447	0.485	0.525	0.567	0.634	0.776	0.413
0.80	0.387	0.421	0.459	0.499	0.541	0.608	0.750	0.387
0.81	0.361	0.395	0.433	0.473	0.515	0.582	0.724	0.361
0.82	0.335	0.369	0.407	0.447	0.489	0.556	0.698	0.335
0.83	0.309	0.343	0.381	0.421	0.463	0.530	0.672	0.309
0.84	0.283	0.317	0.355	0.395	0.437	0.504	0.645	0.283
0.85	0.257	0.291	0.329	0.369	0.417	0.478	0.620	0.257

جدول معامل التصحيح

مواصفات المكثفات

ينبغى توصيف مكونات الدائرة اللازمة لتحسين معامل القدرة بمجرد تحديد إستراتيجية الاستيعاب الأمثل للقدرة غير الفعالة، وعلى وجه التحديد توصيف المكثفات.حيث يجب أن تكون المكثفات قادرة على التشغيل المستمر بشرط عدم الإخلال بأي من الحدود التالية:

أ- يتم اختيار قدرة المكثفات بزيادة بنسبة ١٣٥% من القدرة غير الفعالة (ك.فار.) المكتوب على لوح بيانات المكثف والتي تشمل القدرة غير الفعالة الإضافية المصاحبة للجهد الزائد عما هو مكتوب على لوح التوصيف عند التردد الأساسي، بشرط أن تكون في الحدود المسموح بها لتردد الجهد والمنصوص عليها ولجهود التوافقيات وتفاوت التصنيع.

ب- يتم اختيار جهد المكثفات بزيادة بنسبة ١١٠% من القيمة المتوسطة للجهد المقنن مقدرا على أساس قيمة الجهد الفعال.

يتم تقدير قدرة المكثف على أساس أقصى درجة حرارة للجو المحيط به وبافتراض السماح بتسرب الحرارة منه بالإشعاع وبالحمل وتؤثر ظروف التركيب وكيفية توزيع وتثبيت المكثفات بشكل ملحوظ على تسرب الحرارة منها وبالتالي على حدود درجات الحرارة التي قد تعمل فيها. حيث تتعرض المكثفات المركبة خارج المبنى والمعرضة لضوء الشمس المباشر والتهوية الجيدة لارتفاع أقل فى درجات الحرارة مقارنة بمثيلتها التي تعمل داخل المبنى في وجود هواء ساكن. هذا وتنقص عموما أعمار المكثفات عند تعرضها لاجهادات زائدة، أو تغيير كيميائي, أو عطب فيزيائي, أو تغيرات متكررة في درجات الحرارة.

شكل رقم (٥)
المكثف الكهربي

يجب كتابة البيانات التالية على لوحة بيانات المكثف وفقا للمواصفات الأمريكية

أ. اسم جهة التصنيع.
ب. رقم مسلسل غير متكرر.
ج. النوع والنموذج والطراز الخاص بجهة التصنيع, أو رقم الكتالوج.
د. سنة الصنع.
ه. القدرة غير الفعالة المعتادة.
و. الجهد المقنن (قيمة فعالة).
ز. نوع التوصيل.
ح. التردد المعتاد.
ط. المنسوب الأساسي لتحمل العزل للجهد.
ي. نص يفيد ما إذا كان سائل العزل قابل أو غير قابل للاشتعال، وفى حالة قابليته للاشتعال يجب توضيح كميته باللتر أو بالجالون.
ك. النص على ما إذا كان المكثف يحتوى على وسيلة داخلية للتفريغ.

يجب أن تكون رؤية أية علامة إضافية أو ملصقات على بدن المكثف ممكنة للواقف على منسوب الأرضية. ويجب استخدام اللون الأزرق لتمييز المائع ويحظر أن يحتوى على مادة ثنائى الفنيل متعددة الكلورة الممنوع استخدامها دوليا كسائل للعزل. وأيضا يجب توضيح المعلومات المتعلقة بأمان الأشخاص أو المعدات جيدا, أما على لوحة البيان الملتصقة على وعاء المكثف, أو على صحيفة التعليمات. حيث يجب الرجوع إلى المواصفات القياسية المحلية والدولية لمعرفة أية متطلبات متعلقة بالنواحي الفنية أو بالأمان.

يجب بيان الاعتبارات الأخرى المتعلقة بمواصفات وخصائص تشغيل المكثفات والمستقاة من المواصفات القياسية الأمريكية وهى:

قدرة المكثف المنفرد:

أ. يوجد عادة عدد محدود من القدرات المتاحة للمكثفات المستخدمة فى الجهود المنخفضة ٦٠٠ و ٢٤٠ فولت.

ب. توجد بعض القدرات من ١ الى ١٥ كيلو فار. تغطى الاستخدامات الخاصة بالمحركات, أما المكثفات الأكبر من ذالك فهى متاحة بقدرات تصل الى ٦٠٠ كيلو فار عند جهد ١٣.٢ كيلو فولت وذلك بالنسبة للاستخدامات ثلاثية الأطوار.

ج. عندما يعمل المكثف عند تردد اقل من المعتاد يتم تخفيض التيار والقدرة غير الفعالة (ك.فار.) بمقدار يتناسب مع تردد التشغيل.

أقصي جهد:

أ. تسبب المكثفات الموصلة على التوازي ارتفاعاً في الجهد عند نقاط توصيلها ولهذا يراعى أنها قد تتعرض أثناء التشغيل إلى جهد زائد مقارنه بالأنواع الأخرى من المعدات وعليه فان معدلات الجهد الخاصة بالمكثفات والجهد الزائد والمسموح عنده بتشغيلها والمكتوبة على لوحة البيانات الخاصة بها تكون عادةً أعلى من نظائرها الخاصة بالمحركات وبالمعدات الأخرى.

ب. إذا تطلب الأمر تشغيل المكثفات على جهود أعلى من المعتاد (ويشمل ذلك تشغيلها في وجود توافقيات) فيجب الرجوع إلى منتج المكثفات لاستشارته بشأن الاستخدام المطلوب.

الوقت اللازم للتفريغ:

أ. تنص المواصفات القياسية المستخدمة في بعض الدول الأجنبية مثل الولايات المتحدة الأمريكية على تفريغ المكثفات عندما يصل الجهد المتبقي عليها إلى ٥٠ فولت أو أقل خلال دقيقة واحدة وذلك للمكثفات التي تعمل عند جهد ٦٠٠ فولت أو أقل وخلال ٥ دقائق للمكثفات التي يزيد جهد تشغيلها عن ٦٠٠ فولت ويجرى فى المعتاد إجراء التفريغ بواسطة مقاومات تفريغ داخلية.

ب. لا يتطلب الأمر على أى حال استخدام المقاومات عندما تكون المكثفات متصلة بصوره مباشرة (وبدون وسائل لقطع التوصيل) بمسارات تفريغ أخرى مثل المحركات والمحولات.

تأثير التوافقيات:

أ. عندما يكون جهد التشغيل قريبا" من الجهد المقنن فأنه يندر تعرض المكثفات للتحميل الزائد بفعل التوافقيات ومع ذلك فأنه لا يمنع بالضرورة توافر هامش جهد كاف لاستيعاب تيارات وجهود التوافقيات التي قد تتعرض لها المكثفات.

ب. تنص المواصفات الامريكية على ضرورة تحمل المكثفات لما قيمته ١٣٥% من قدرتها غير الفعالة (ك.فار.) المقننة ويشمل ذلك التوافقيات الأساسية والثانوية.

تركيب النظام وتكامله

٢-٨-١ تعتبر مفاتيح فصل وتوصيل المكثفات وأجهزة الوقاية من التيار الزائد من أهم المكونات في أعمال تركيب المكثفات إذ تعمل على وقاية مجموعات المكثفات على السواء وكذلك على المساعدة في تامين وضمان تكامل التشغيل الشامل للشبكة. ويجب توافر مقدرة التوصيل والفصل السريعيين في هذه المكونات. كما يجب صمود المكثفات للتيارات المندفعة العابرة التي قد تصل قيمتها إلى ١٠٠ مثل قيمة التيار المعتاد. وعليه يجب أن تكون قيم التيار المقنن التقريبية بالنسبة لأجهزة الوقاية وكذلك قواطع الدائرة والمصاهر بنحو ١,٥ إلى ١,٧ ضعفا من قيمة تيار المكثف المقنن.

من الممكن أن يلحق بالحمل نفسه وكذلك بالمعدات الأخرى تلف بالغ عندما تكون المكثفات متصلة بخط التغذية على غير المطلوب (عندما لا يكون هناك حمل متأخراً يجب استيعابه) ولهذا يجب تركيب مفاتيح توصيل وفصل المكثفات على نحو يمكن معه تلافى حدوث التلف. ويتم غالباً في حالة المحركات تركيب المكثفات في جهة تغذية المحرك بعد المفتاح وذلك لتسهيل توصيل وفصل المكثفات مع تشغيل وإيقاف المحرك وعلى أن يتم تركيب مفتاح

منفصل للمكثفات يتم التحكم فيه بواسطة مفتاح المحرك حتى يتحقق فصل المكثف عن المحرك تلقائياً. إلا أنه عندما يتم فصل المحرك عن جهد المصدر تتوقف عادةً المشكلات المصاحبة لعملية التوصيل والفصل على منسوب جهد أجهزة التوصيل والفصل.

أجهزة التوصيل والفصل منخفضة الجهد

من النادر حدوث مشاكل لقواطع الجهد المنخفض الهوائية عند قطع تيار دائرة المكثفات فجأة أو عند فصلها وتشغيلها بطريقة متلاحقة وكذلك بالنسبة لقواطع التيار المقولبة وللملامسات أو للمفاتيح الملحقة بمعدات مخصصة للاستخدامات الصناعية. و يجب اختيار أجهزة التوصيل والفصل على أساس زيادة في قيمة المكثف وبصفة مستمرة لا تقل عن نسبة ١٣٥% (يتم تقدير هذه الزيادة في حالة الجهود ذات المنحنى الجيبى وعلى أساس أن قيمة الجهد الفعال تكون مساوية للجهد المقنن عند التردد المعتاد). حيث يجب أن تكون سعة هذه الأجهزة مناسبة لمواجهة القطع الفجائي الذي يتفق مع استطاعة الشبكة على استيعاب القصر فى الدائرة.

أجهزة التوصيل والفصل ذات الجهد المتوسط والعالي

يتسبب إعادة تشغيل القوس الكهربائي داخل أجهزة التوصيل والقطع الخاصة بالمكثفات فى إيجاد مشكلة في خطوط الكهرباء عالية الجهد أو عند المواضع التي يتم فيها توصيل أو قطع مجموعات المكثفات الضخمة التي تصل قدرتها إلى مابين ١٠٠٠٠ و ١٥٠٠٠ كيلو فار العاملة عند جهد ١٣,٨ كيلو فولت أو ما يزيد على ذلك. ولا يوجد عموما إلا عدد قليل من المنشآت الصناعية الضخمة التي توجد بها مثل مجموعات المكثفات هذه كما لا يوجد إلا عدد قليل من المصانع التي يجرى فيها تركيب أعداد كبيرة من المكثفات على شبكات التوزيع الابتدائية إذ يتم تركيبها في المعتاد على دوائر التغذية ذات الجهد المنخفض.

ويؤدي استخدام أجهزة التوصيل والفصل بصفة متكررة إلى حدوث مشكلة عندما يتطلب كثرة توصيل وفصل مجموعة المكثفات عمل نظام خاص لصيانة الملامسات، وفي مثل هذه الحالات يوصي باستخدام أجهزة التوصيل والفصل التخلخلية وعلى أى حال يجب الإنتباه إلى حدوث تدهور شديد في سعة قواطع الدائرة التخلخلية عند استخدامها في توصيل وفصل المكثفات.

تحدث المشكلات أحياناً عند توصيل وفصل مكثفات المحركات عندما تكون قدرة المكثف كبيرة للغاية أو عندما تستخدم المكثفات على سبيل الخطأ على محركات عكس الدوران.

توجد ثلاثة عوامل يمكن أن تحد من قيمة المكثفات التي يمكن توصيلها وفصلها مع المحرك وهي:

أ- حدوث تيار تدفق كبير عند إعادة التوصيل.
ب- وجود عزم دوراني عابر.
ج- حدوث جهد زائد نتيجة للإستثارة الذاتية.

تسري المحددات السابقة عندما يتم توصيل المكثف على جانب الحمل بالنسبة إلى بادئ تشغيل المحرك ويحدث عادة لتسهيل توصيل وفصل المحرك مع المكثف كوحدة واحدة. كما يمكن الحد من تيار التدفق عن طريق توصيل ملف حث ذاتي على التوالي مع الكابل الموصل بين الملامس وبين قضبان التغذية. كما يمكن الحد من التيارات المارة أثناء التوصيل وضماناً لطول عمر المكثف، عن طريق توصيل ملف حث ذاتي في الكابل الموصل بين المكثف وبين قضبان التغذية الخاصة بالمعدات (بالنسبة لمجموعات المكثفات التي يتم توصيلها وفصلها أوتوماتيكياً) أو بين المكثف وبين قضبان التغذية الرئيسية (بالنسبة لمجموعات مكثفات المكونة من مرحلة واحدة).

طرق توصيل المكثف

يجب اخذ المعلومات السابقة في الاعتبار في حالة المحركات ذات القصور الذاتي العالي والتي تتعرض لإعادة التوصيل بمعدلات سريعة. وتتوقف عادة الحماية المختارة لمجموعة المكثفات على كيفية توصيل الشبكة بالأرضي وعلى ما إذا كانت مجموعة المكثفات ذاتها موصلة بالأرض أم لا.

توجد في المعتاد ثلاث طرق شائعة لتوصيل المكثفات بالشبكات ثلاثية الأطوار وهذه الطرق هي:

أ. توصيل نجمة ذات نقطة تعادل يتم توصيلها بالأرض.
ب. توصيل نجمة ذات نقطة تعادل غير موصلة بالأرض.
ج. توصيل دلتا.

يمكن بوجه عام استخدام مجموعات المكثفات غير الموصلة بالأرضي مع أي شبكة أما بالنسبة لمجموعة المكثفات الموصلة بالأرضي فإنها مقصورة على الشبكات ذات التوصيل نجمة والتي تتصل نقطة التعادل بها اتصالاً جيداً بالأرض. ولا يوصي وبوجه عام باستخدام مجموعات المكثفات الموصلة نجمة وذات نقطة تعادل متصلة بالأرض مع الشبكات غير المتصلة بالأرض أو المتصلة بها عن طريق مقاومة أو عن طريق ملف حثي.
يؤدي استخدام مجموعات المكثفات الموصلة نجمة وذات نقطة تعادل متصلة بالأرض مع أي من الشبكات السابقة إلى تعرضها لجهود عالية فوق الحدود المسموح بها أو إلى مواجهة صعوبة التنسيق بين الحماية المطلوبة للمكثفات وبين الحماية المطلوبة للشبكة. ويقتصر توفير وقاية مجموعة المكثفات في المعتاد على استخدام عدة أجهزة وقاية بصورة منسقة وفي إطار مخطط.

من تلك الأجهزة المستخدمة المصاهر المنفردة ومرحلات عدم الإتزان التي توفر الإنذار واستكشاف المشكلات التي تحدث داخل مجموعة المكثفات ومرحلات التيار الزائد المستخدمة لوقاية مجموعة المكثفات ضد التلف. وتستخدم المصاهر المختلفة لعزل وحدات المكثفات التالفة أما مرحلات التيار الزائد فتوفر الحماية ضد تلف مجموعة المكثفات في حالة حدوث قصر في الدائرة بين طورين أو بين طور والأرض وتوفر مرحلات عدم الاتزان كذلك الإنذار وتتبع المشكلات داخل المجموعة التي قد يتعذر تتبعها بواسطة مرحلات التيار الزائد.

المصاهر المنفردة للمكثفات

يجب عموما استخدام المصاهر للوقاية من التيار الزائد بالرغم من أن وقاية المكثفات العاملة على جهود أقل من ٦٠٠ فولت يمكن أن تتم بواسطة أجهزة التيار الزائد الخاصة بالمحركات. ويجب على أي حال التنويه بأن المصاهر لا توفر الوقاية التامة للمكثفات خاصة عند وجود التوافقيات، حيث قد يتعرض المصهر لبعض التلفيات المقلقة في الأحوال العادية وذلك بسبب التوافقيات. وعلى عكس ما هو متوقع فإن المصهر الذي يتم اختياره بسعة زائدة لن يوفر الوقاية الكافية. حيث قد يؤدي وجود التوافقيات بالدائرة إلى تعقيد عملية تحديد مقاس المصهر وبنفس القدر الذي تحول فيه التوافقيات من تحديد عناصر الاستخدام الأخرى للمكثفات.
يمكن استخدام المصاهر مع المكثفات المنفردة أو مع مجموعات صغيرة من المكثفات الموصلة على التوازي. ويلاحظ أن استخدام المصاهر لا يهدف إلى وقاية المكثفات من التيار الزائد بنفس القدر الذي تستخدم من اجله مع المعدات الكهربائية الأخرى مثل المحركات.

تتراوح نسبة مقننات التيار الخاصة بمصاهر المكثفات بين ١٦٥ و ٢٥٠% من قيمة التيار المسموح مروره بالمكثف وذلك لمواجهة تيار الذروة. وتكون الوقاية من التيار الزائد باستخدام المصاهر محدودة حتى في نهاية الحالات التي يتم تقدير السعات بشكل مناسب، إذ خلافاً للمعتاد إتباعه مع المعدات الكهربائية الأخرى والتي يدل انفجار المصهر على حدوث عطب فعلي، قد يدل في حالة المكثف أيضاً على مرور تيار زائد.

تصميم المصاهر

تصمم المصاهر المنفردة بشكل خاص لمواجهة التيارات العابرة وبعد قطع الدائرة لمواجهة جهد الاستشفاء وإن كان ذلك بدرجات نجاح متباينة (تتوقف في بعضها على وجود التوافقيات).

وتتوفر المصاهر الانفجارية للاستخدام مع المعدات التي يجري تركيبها خارج المبني ويعرف " معامل انصهار المصهر" بأنه النسبة بين التيار المعتاد والتيار الاسمي للمكثف, وتتراوح قيمة هذا المعامل في المعتاد بين ١,٣٥ و ١,٦٥ وذلك لمصاهر المكثفات المنفردة.

يجب اختيار نوع وسعة المصاهر بعناية وذلك بحسب العلاقة بين خصائص الزمن والتيار المناسبة وكذلك حسب الجهد. وينبغي الالتزام بسعة المصهر الذي يوصي بها منتج المكثف وتعتبر خاصية العلاقة بين الزمن والتيار للمصهر من أهم العوامل إذ أنها مقياس الأداء الخاص به على خلاف قيمة التيار الذي قد تمثل فقط قيمة اسمية وضعت لنوع معين من المصاهر.

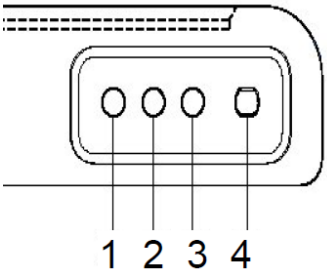
الفصل الثاني

استخدام جهاز القياس لتحديد قيمة لوحة تحسين معامل القدرة

الفصل الثاني: استخدام جهاز القياس لتحديد قيمة لوحة تحسين معامل القدرة

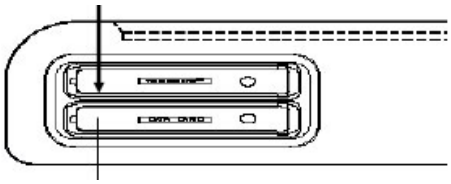
التعرف على الجهاز

كما هو موضح بالشكل ١ المقابل
(الشكل يعرض منظر سفلي للجهاز)
١- لمبة بيان الشحن
٢- لمبة بيان للحالة
٣- لمبة بيان للمصدر الكهربي
٤- مفتاح التشغيل \ الإغلاق



شكل (١)
منظر سفلي للجهاز

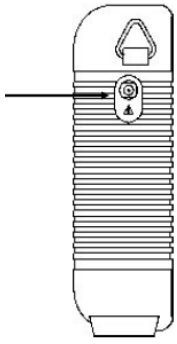
كما هو موضح بالشكل ٢ المقابل (الشكل يعرض الجانب السفلي للجهاز)
مكان وضع بطاقة التخزين (عدد ٢ بطاقة)



شكل (٢)
الجانب السفلي للجهاز

كما هو موضح بالشكل ٣ المقابل (الشكل يعرض الجانب الأيمن للجهاز)

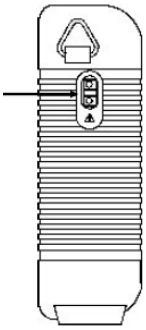
فتحة توصيل الشاحن



شكل (٣)
الجانب الأيمن للجهاز

كما هو موضح بالشكل ٤ المقابل (الشكل يعرض الجانب الأيسر للجهاز)

فتحة التوصيل بالكمبيوتر



شكل (٤)
الجانب الأيسر للجهاز

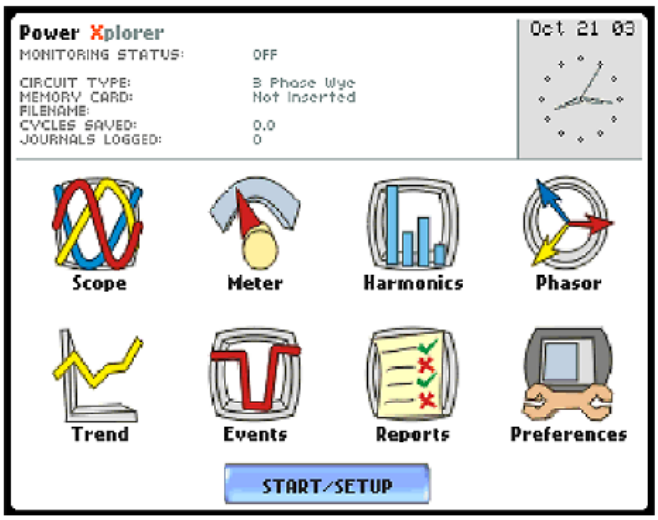
كما هو موضح بالشكل ٥ المقابل (الشكل يعرض الجانب العلوي للجهاز)

فتحة توصيل كابلات القياس

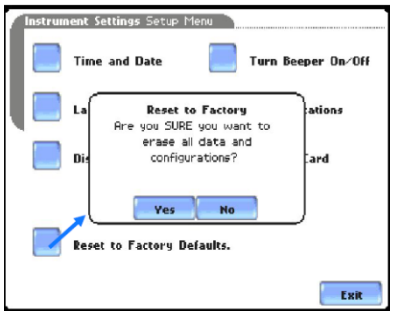
شكل (٥)
الجانب العلوي للجهاز

كما هو موضح بالشكل ٦ المقابل (الشكل يعرض شاشة الجهاز)
القائمة الرئيسية توضح:

الوقت والتاريخ ورقم إصدار الجهاز
Scope لإظهار شكل الموجة
Trend لإظهار عدادات القياس
Harmonics لإظهار التوافقيات
Phasor لإظهار التمثيل الاتجاهي للموجة
Trend لإظهار الشكل البياني
Events لإظهار الاحداث
Reports لإظهار التقارير
Preferences الإعدادات
Start/Setup بدء وإعداد القياس

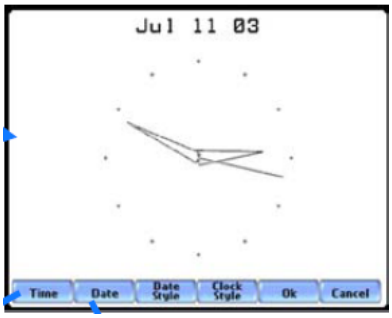


شكل (٦)
شاشة الجهاز



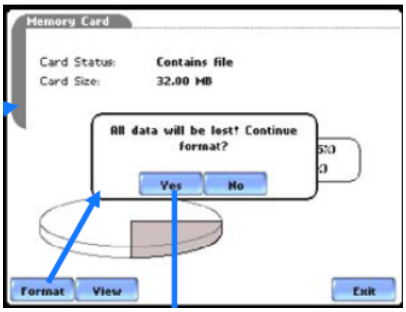
لضبط إعداد المصنع:

- من القائمة الرئيسية اضغط علىPreferences
- قم باختيار Reset to factory defaults
- كما بالشكل اضغط Yes



لضبط الوقت و التاريخ:

- من القائمة الرئيسية اضغط علىPreferences
- قم باختيار Time and Date
- قم بضبط الوقت والتاريخ كما بالشكل



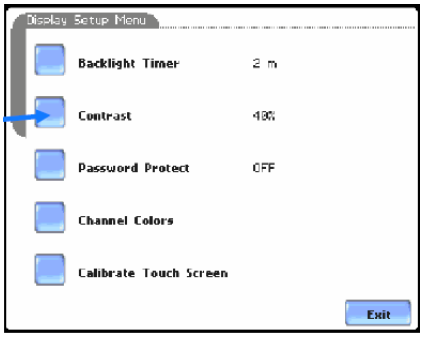
لعمل إعداد للبطاقة :

- من القائمة الرئيسية اضغط علىPreferences
- قم باختيار Format
- كما بالشكل اضغط Yes
- اضغط OK

لتغيير اللغة :

- من القائمة الرئيسية اضغط علىPreferences
- قم باختيار Language
- قم باختيار اللغة ثم اضغط OK

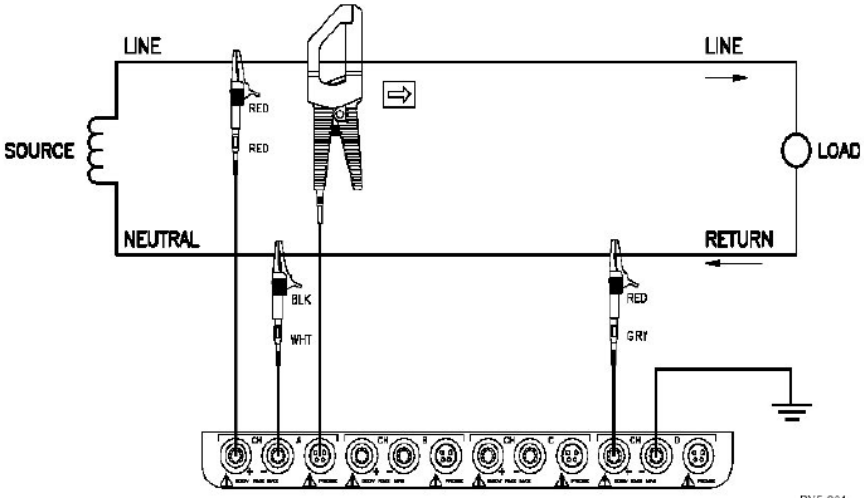
<u>لتغيير خصائص العرض:</u>
- من القائمة الرئيسية اضغط علىPreferences
- قم باختيار Display Preferences
- قم بضبط خصائص العرض كما بالشكل المقابل



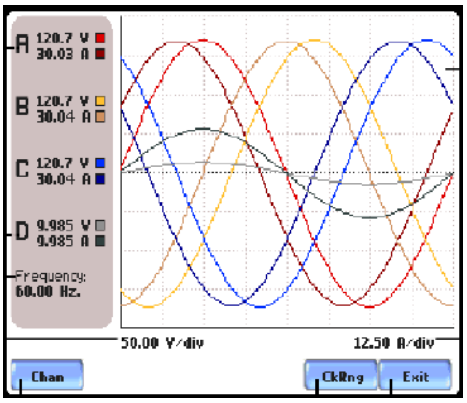
القياس اللحظي بدون تسجيل

Real-Time Monitoring

كما هو موضح بالشكل طريقة التوصيل

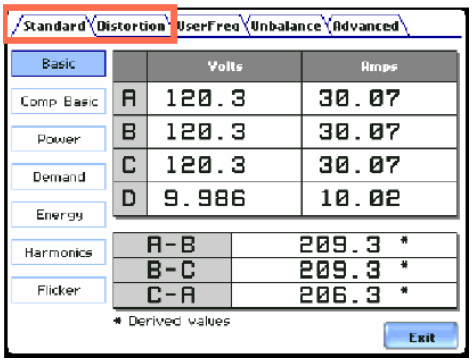


1- SCOPE



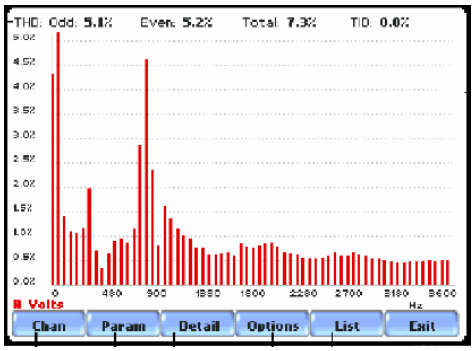
- من القائمة الرئيسية اضغط علىScope
- سيظهر شكل الموجة كما هو موضح بالشكل
- ستظهر قيم الجهد والتيار والتردد على الجانب الأيسر
- يمكن إظهار أو إخفاء الموجات بالضغط علىChan

2- METER



- من القائمة الرئيسية اضغط علىMeter
- سيتم استعراض القيم المقاسة كما هو موضح بالشكل

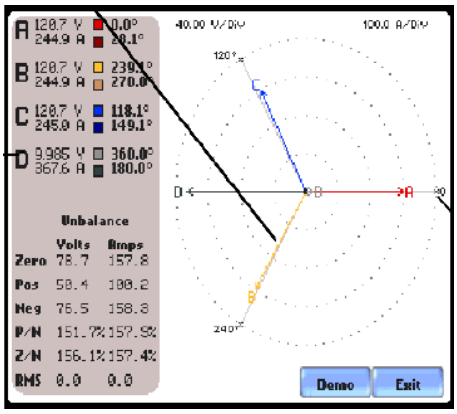
3- HARMONICS



- من القائمة الرئيسية اضغط علىHarmonics
- سيتم استعراض قيم التوافقيات كما هو موضح بالشكل

للتغيير بين الاوجه Chan
للتغيير بين القيم المعروضة (الجهد- التيار- القدرة) Param
لعمل تكبير (zoom) على التوافقيات المعروضة Detail
لتحديد خيارات العرض Option
للعرض على شكل قائمة List

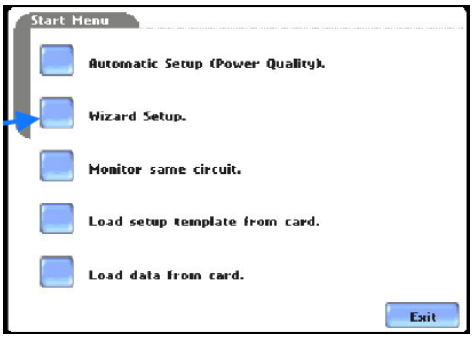
4- PHASORS



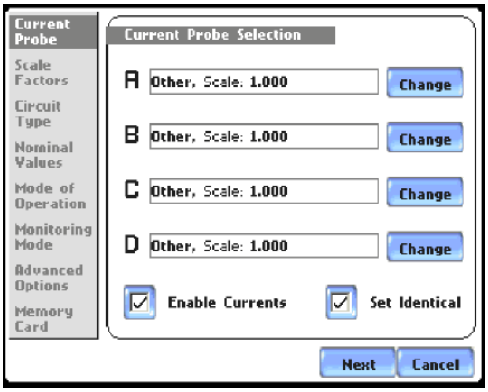
- من القائمة الرئيسية اضغط على Phasor
- سيتم استعراض التمثيل الاتجاهي كما هو موضح بالشكل

التسجيل طويل المدي

Long-term Monitoring

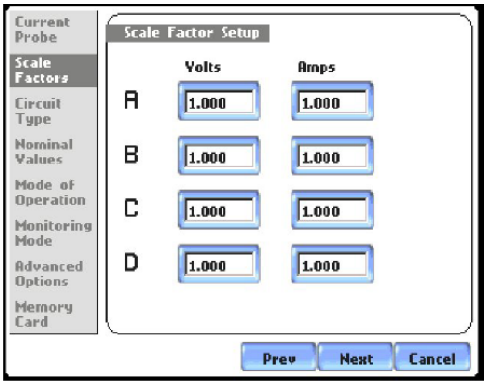


- من القائمة الرئيسية اضغط على Start/Setup
- سيظهر الشكل المقابل قم بالضغط على Wizard Setup



الصفحة الأولي Current prob

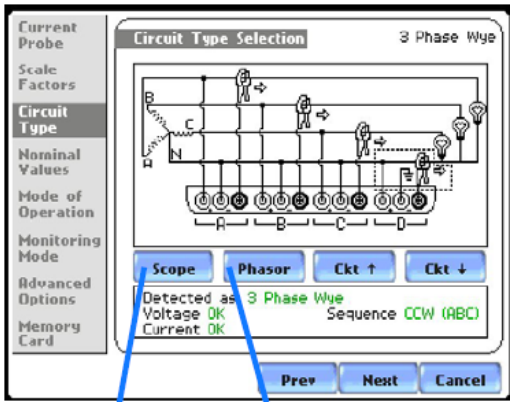
هذه الصفحة لاختيار أنواع كابلات التيار المستخدمة في القياس كما بالشكل المقابل
بعد الاختيار اضغط على Next



الصفحة الثانية Scale Factor

هذه الصفحة لاختيار مقياس عرض للأوجه ويستخدم في حالة القياس من محولات التيار والجهد كما بالشكل المقابل

بعد الاختيار اضغط على Next



الصفحة الثالثة Circuit Type

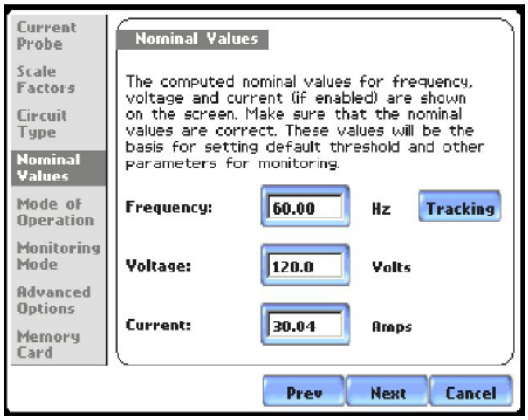
هذه الصفحة لاختيار نوع دائرة التوصيل مثل نجمة أو دلتا كما بالشكل المقابل

Scope إظهار شكل الموجة والتأكد من صحة التتابع

Phasor إظهار التمثيل الخطي للموجة والتأكد من صحة التتابع

CKT لاختيار الدائرة حسب التوصيل

بعد الاختيار اضغط على Next



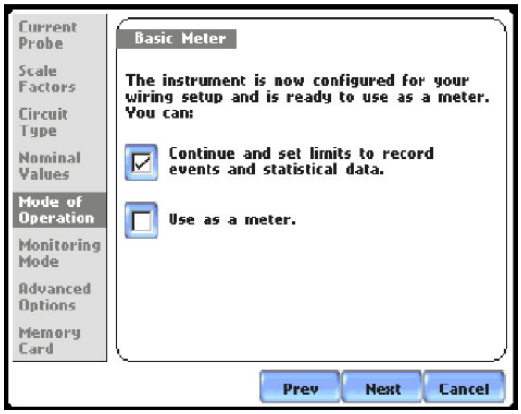
الصفحة الرابعة Nominal Values

هذه الصفحة لإدخال قيم التيار والجهد والتردد كما بالشكل المقابل

بعد إدخال القيم اضغط على Next

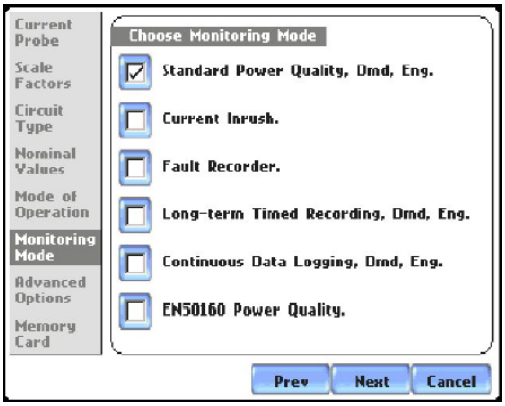
الصفحة الخامسة Mode of operation

هذه الصفحة لاختيار إما قياس أو تسجيل
كما بالشكل المقابل
الاختيار الأول تسجيل
الاختيار الثاني قياس
بعد الاختيار اضغط على Next



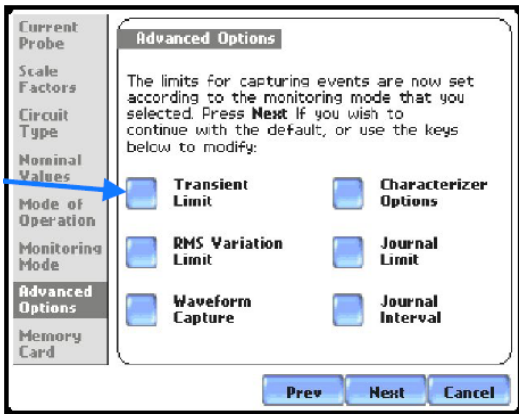
الصفحة السادسة Monitoring mode

هذه الصفحة لاختيار نظام التسجيل كما بالشكل المقابل
بعد إدخال القيم اضغط على Next



الصفحة السابعة Advanced option

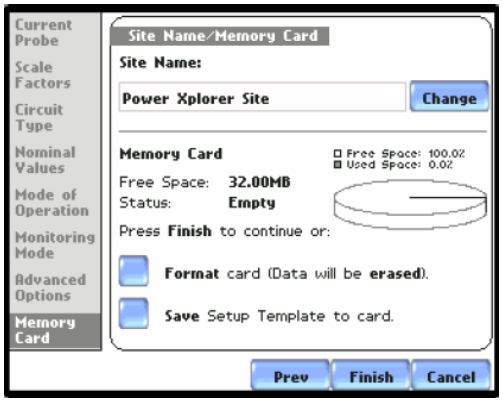
هذه الصفحة لضبط خيارات إعدادات التسجيل كما بالشكل المقابل
Transient Limitلضبط قمة التيار والجهد
RMS Variation Limit لضبط تغير التيار والجهد
Waveform Capture لاختيار الأوجه المراد مراقبتها
Characterizer Optionلضبط المعايير القياسية
Journal Interval لضبط فترات التقاط القيم المسجلة
بعد الانتهاء اضغط علىNext



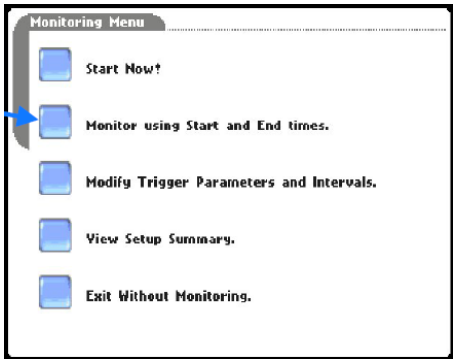
الصفحة الثامنة Memory Card

هذه الصفحة لإظهار معلومات بطاقة التخزين كما بالشكل المقابل

بعد الانتهاء اضغط على Finish

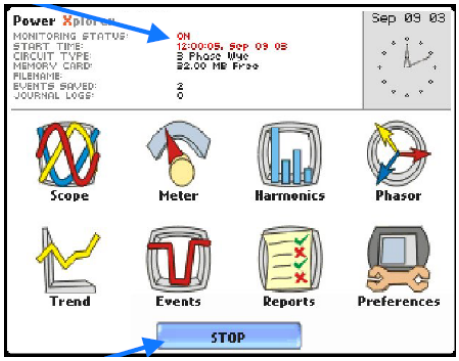


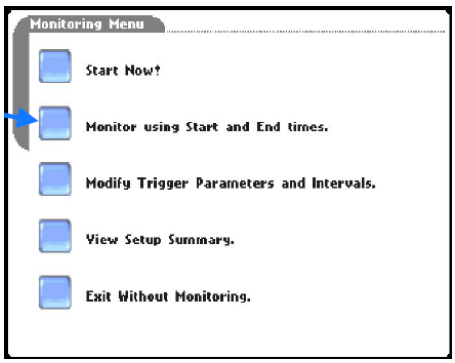
Start Now لبدء التسجيل والعودة للقائمة الرئيسية كما بالشكل المقابل



STOP للدخول لقائمة إيقاف التسجيل كما بالشكل المقابل

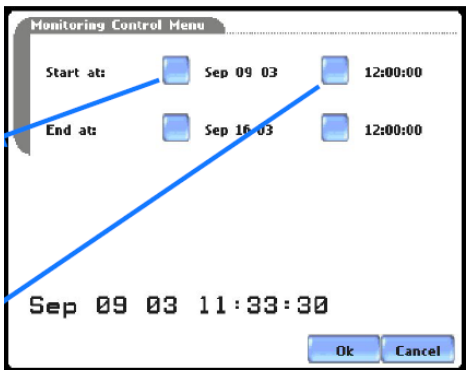
Stop now لإيقاف التسجيل





Monitor using start and end times

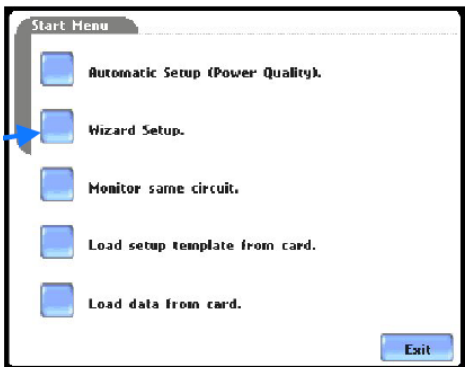
تسجيل محدد بوقت بدء وانتهاء كما بالشكل المقابل



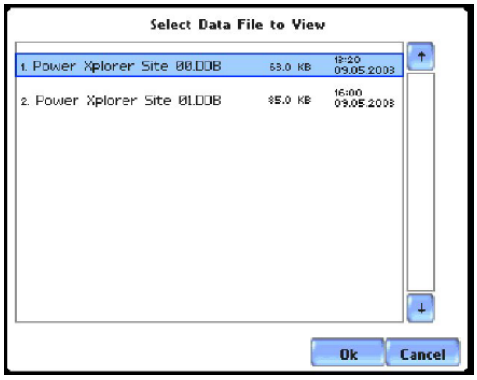
قم باختيار زمن البدء والانتهاء بالوقت والتاريخ كما بالشكل
بعد الانتهاء اضغط على OK

إظهار(استرجاع) البيانات

Viewing Data

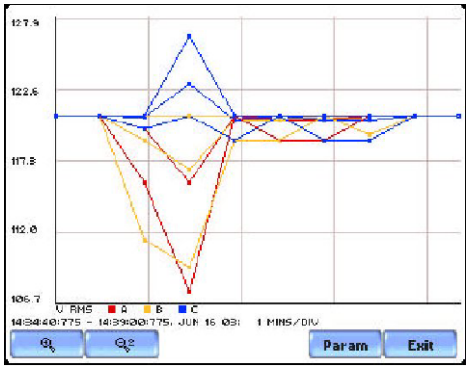


لإظهار البيانات المسجلة على البطاقة كما بالشكل المقابل
من القائمة الرئيسية اضغط على Start/Stop
ثم اضغط على Load data from card



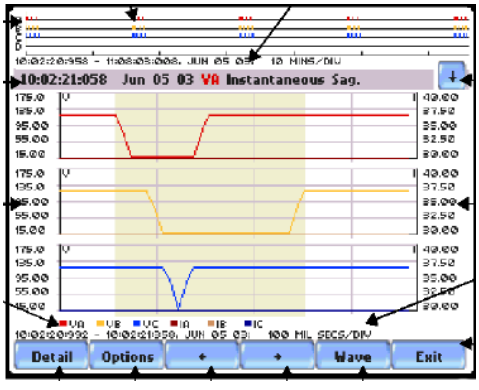
قم باختيار الملف المراد تحميله كما بالشكل
بعد الانتهاء اضغط على OK

1- TREND



- من القائمة الرئيسية اضغط على Trend
- سيتم استعراضها كما هو موضح بالشكل

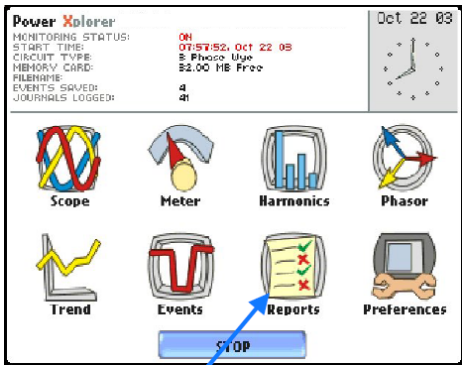
2- EVENTS



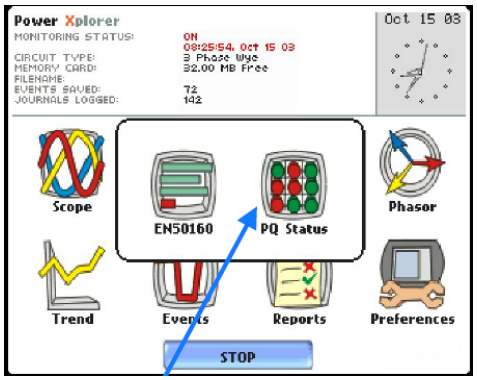
- من القائمة الرئيسية اضغط على Events
- سيتم استعراضها كما هو موضح بالشكل

3- REPORTS

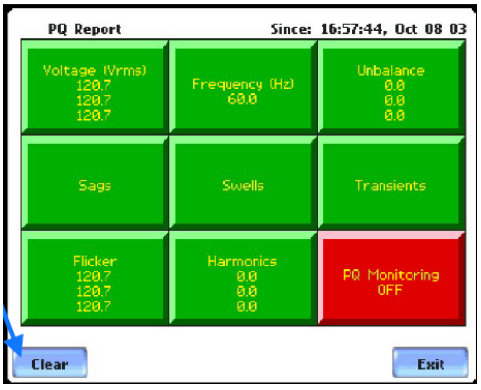
- من القائمة الرئيسية اضغط على Reports
- سيتم استعراضها كما هو موضح بالشكل

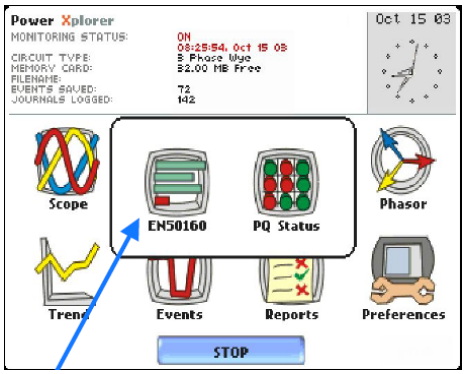


- قم باختيار نوع التقرير كما بالشكل المقابل
- قم بالضغط على PQ Status-

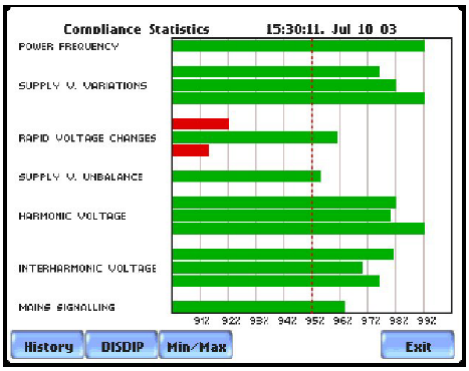


- سيتم عرض القائمة كما بالشكل المقابل
اضغط على البيان المراد عرضه





- أو قم باختيار نوع آخر للتقرير كما بالشكل المقابل
- قم بالضغط على EN50160



سيتم عرض قائمة كما بالشكل المقابل

ملخـص خطوات القياس

١. قم بتوصيل جهاز القياس بالطريقة الصحيحة .
٢. قم بإعداد الجهاز للقياس كما سبق ذكره سالفا.
٣. ابدأ القياس واترك الجهاز حتى وقت إيقاف التسجيل.
٤. بعد التسجيل قم بتوصيل بطاقة الذاكرة الخاصة بجهاز القياس على جهاز الكمبيوتر وقم بنقل البيانات المسجلة إلى جهاز الكمبيوتر.
٥. قم بتشغيل برنامج التحليل الملحق بجهاز التوصيل (Dran view) وافتح البيانات المسجلة للقياسات في البند السابق.
٦. اضغط مرتين على الزر الأيسر على أداة التحكم (الفأرة) على المنحنيات التي تظهر على واجهة البرنامج عند فتح ملف التسجيل.
٧. قم باختيار القيم المراد عرضها (القدرة الفعالة ومعامل القدرة و....) ثم OK
٨. من قائمة عرض قم باختيار (data list) ستظهر القيم عل شكل أرقام عددية للملف المقاس.
٩. من قائمة ملف قم باختيار حفظ باسم واكتب الاسم.
١٠. اذهب للملف الذي تم حفظه وقم بفتحه باستخدام برنامج الاكسل.
١١. اختر أعلى قيمة قدرة فعالة مناسبة واقل قيمة معامل قدرة مناسبة وذلك لاستخدامهما في إيجاد قيمة المكثفات المطلوبة.
١٢. بعد معرفة قيمة معامل القدرة الحالي من البند السابق ومعامل القدرة المستهدف يمكن تحديد قيمة معامل التصحيح من الجدول المرفق بالفصل الأول.
١٣. حاصل ضرب معامل التصحيح في قيمة القدرة الفعالة (من بند ١١) يساوي قيمة المكثفات المطلوبة للحمل للحصول على معامل القدرة المستهدف.

الفصل الثالث

المعادلات الخاصة بحساب معامل القدرة والمكثفات

الفصل الثالث

المعادلات الخاصة بحساب معامل القدرة والمكثفات

يوضح هذا الفصل المعادلات المستخدمة في تصميم لوحة التحسين وتحديد قدرة المكثفات المطلوبة للوصول لمعامل القدرة المستهدف كما توضح كيفية تحديد وحساب القيم الكهربية بعد التحسين وذلك للوصول إلى التصميم الأمثل لتحسين معامل القدرة مما يتيح مميزات مالية وأخرى فنية.

الرموز المستخدمة في المعادلات كما بالجدول التالي:

C	Capacitance (farads)
f_s	System Frequency
f	Frequency (Hertz)
I	Current (amps)
I_1, I_2	Currents of bank or stages being switched and of bank or stage already energized
$I_{max\ peak}$	A peak value calculated without damping. In practical circuits it will be about 90 percent of this value
I_h	RMS current (amps) at harmonic (h)
Kvar	Reactive Power (kvar)
kVA_{tx}	Three-phase transformer rating
Z_{tx}	Nameplate impedance (%)
kVAr	Three-phase capacitor bank rating
KVA	Total Power (kVA)
kV	kilovolts (kv)
KW	Real Power (kw)
L_{eq}	Total equivalent inductance per phase between capacitor banks or stages, in microhenrys
PF	Power Factor (no unit)
P	Real Power (KW)
Q	Reactive Power (kvar)
S	Total Power (KVA)
Subscript I	Initial
Subscript d	Desired
Subscript 3φ	Three Phase
Subscript 1φ	Single Phase
Subscript LN	Line to Neutral
Subscript LL	Line to Line
Subscript SC	Short Circuit
T_h	Single Frequency TIF at harmonic (h)

V_n	Harmonic Voltage magnitude
V_{rms}	Root mean square (rms) value of voltage
V_{LL}	Rated maximum voltage in kilovolts
I_{rms}	Root mean square (rms) value of current
I_{sc}	Symmetrical rms short-circuit current, in amperes
V_{pk}	Peak magnitude
X_c	Capacitive Reactance (ohms)
X_C	Capacitive reactance (Ω)
X_L	Inductive reactance (Ω)
R	Resistance (Ω)
X_n	Filter inductor - reactance (Ω)
n	Harmonic at which filter is tuned
θ	Power factor angle

المعادلات الرياضية

١- المكثفات المتصلة على التوازي

$$C_{total} = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots\ldots$$

٢- المكثفات المتصلة على التوازي

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \ldots$$

٣- حساب Xc

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{kv^2 \times 1000}{k\,var}$$

٤- حساب القيمة السعوية للمكثف C

$$C=\frac{10^6}{(2\pi f)X_c}=\frac{kvar \times 1000}{(2\pi f)(kv)^2}$$

٥- حساب قدرة المكثف

$$kvar=\frac{(2pfc)(kv)^2}{1000}=\frac{(kv)^2}{1000X_c}$$

٦- حساب معامل القدرة

$$\text{Power Factor}=Pf=Cos\theta=\frac{KW}{KVA}$$

$$Tan\theta=\frac{kvar}{KW}$$

٧- حساب القدرة غير الفعالة المطلوبة لتحسين معامل القدرة

$$kvar=KW(Tan\theta_1-Tan\theta_2)$$

$\theta_1=Cos^{-1}Pf_1$ Initial Power Factor Angle

$\theta_2=Cos^{-1}Pf_2$ Final Power Factor Angle

٨- حساب القدرة الظاهرية

$$KVA_{3\phi} = \sqrt{3}E_{LL}I = \sqrt{P_{3\phi}^2 + Q_{3\phi}^2}$$

$$KVA_{1\phi} = V_{LN}I = \sqrt{P_{1\phi}^2 + Q_{1\phi}^2}$$

$$KVA = \frac{KW}{PF}$$

٩- حساب القدرة غير الفعالة

$$KVAR_{3\phi} = \sqrt{3}E_{LL}I\sin\theta = \sqrt{S_{3\phi}^2 - P_{3\phi}^2}$$

$$KVAR_{1\phi} = E_{LN}I\sin\theta = \sqrt{S_{1\phi}^2 - P_{1\phi}^2}$$

١٠- حساب القدرة الفعالة

$$KW_{3\phi} = \sqrt{3}E_{LL}I\cos\theta = \sqrt{S_{3\phi}^2 - Q_{3\phi}^2}$$

$$KW_{1\phi} = E_{LN}I\cos\theta = \sqrt{S_{1\phi}^2 - Q_{1\phi}^2}$$

١١- حساب نسبة تنظيم الجهد بعد التحسين

$$\%\ \text{Voltage Rise} = \frac{\text{Bank Kvar}}{KVA_{sc}} x100$$

$$KVA_{sc} = \frac{\text{Transformer KVA}}{\text{Per Unit Transformer Impedance}}$$

١٢ - حساب القدرة المحررة بعد التحسين

$$KVA_{reduced} = (1 - \frac{PF_{initial}}{PF_{corrected}}) KVA_{load}$$

١٣ - حساب نسبة تقليل الفاقد بعد التحسين

$$\% L.R = 100 - 100(\frac{\text{Original PF}}{\text{Corrected PF}})^2$$

١٤ - حساب قيمة تيار المكثف

$$I = \frac{KVAR_{3\phi}}{\sqrt{3}E_{LL}} = \frac{KVAR_{1\phi}}{E_{LN}}$$

١٥ - حساب قيمة التشوه الكلي

$$THD = \frac{\sqrt{(V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \ldots + V_n^2)}}{V_1}$$

١٦ - حساب قيمة RMS

$$RMS = \sqrt{(V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \ldots + V_n^2)}$$

١٧ - حساب معامل القدرة بالإزاحة DPF

$$DPF = Cos\theta = kW/kVA$$

١٨ - حساب معامل القدرة الكلي TPF

$$TPF = P/(V_{rms} * I_{rms})$$

١٩ - حساب تردد الرنين

$$H = \sqrt{(X_C/X_L)} \approx \sqrt{\frac{(100 * kVA_{sc})}{(kVAr * Z\%_{tr})}}$$

٢٠ - حساب معامل القمة CF

$$CF = \frac{V_{pk}}{V_{rms}} (\sqrt{2} \text{ if } THD = 0)$$

الفصل الرابع

دراسة عملية
(مثال عملي محلول)

الفصل الرابع
دراسة عملية

مقدمة

يهدف هذا الفصل إلى ترسيخ فهم معامل القدرة وذلك بمثال عملي لإحدى محطات مياه الشرب والصرف الصحي والتي تمت دراستها بالفعل بهدف إيجاد مواطن الضعف والقصور بالنظام الكهربي ثم استنتاج طريقة لترشيد استهلاك الطاقة الكهربية وتحسين معامل القدرة باستخدام المكثفات.

ويبين هذا الفصل نموذج متكامل لتحسين معامل القدرة عن طريق المكثفات وكيفية حساب قيمة المكثفات المطلوبة ومواصفاتها ومكان تركيبها وتقليل الفقد في الطاقة وتحسين الجهد الكهربي ورفع كفاءة التغذية الكهربية بشكل عام ، وجدير بالذكر أيضا تخفيض أو منع الغرامات المفروضة على المحطة من قبل شركة الكهرباء نتيجة لانخفاض معامل القدرة وذلك عن طريق تحسينه ورفعه إلى قيمة أعلى من ٠,٩

وتحتوي هذه المحطة على أحمال تعمل عند جهد منخفض وأخرى تعمل عند جهد متوسط وقد تمت الدراسة لكل منهما.

بيانات أحمال الجهد المنخفض

يبين الجدول متوسط القيم التي تم تسجيلها والبيانات الخاصة بأحمال الجهد المنخفض والتي تم تسجيلها من خلال أجهزة تسجيل وتحليل القدرة الكهربائية (Power Analyzer):

البيان	القيمة
معامل القدرة الحقيقي	٠,٧
معامل القدرة المطلوب	٠,٩٢
القدرة الظاهرية	٤٠٥,٢ كيلوفولت امبير
القدرة غير الفعالة	٢٣٨,١ كيلوفار
القدرة الفعالة	٣٢٦,٣ كيلووات
الجهد الكهربي	٣٨٠ فولت
قدرة المحول	١٥٠٠ كيلوفولت امبير

أولاً: حسابات المكثفات الثابتة المطلوبة

$$KVAR = KW (Tan \theta_1 – Tan \theta_2)$$

حيث:

$\theta_1 = \cos^{-1} pf_1$ = Initial Power Factor Angle
$\theta 2 = \cos^{-1} pf_2$ = Final Power Factor Angle

KVAR = 326.3X 0.591 = **193 KVAR**

إذاً المكثفات المطلوبة للحصول على معامل قدرة ٠,٩٢ حوالي ١٩٣ كيلوفار

بإضافة ٣٥% كمعامل أمان نظرا لعدم التحميل الكامل على المحول أثناء القياس وتحسباً للأحمال المستقبلية تكون المكثفات المطلوبة قدرة ١٩٣ x ١,٣٥= **٢٦٠ كيلوفار.**

ثانياً: حسابات المكثفات للخطوات المطلوبة

يمكننا عمل ١١ خطوة كل خطوة ٢٥ كيلوفار ويتم توصيل الخطوات عند زيادة الأحمال وفصلها عند انخفاض الأحمال.

ثالثاً: مكان وضع اللوحة

أفضل مكان لوضع لوحة تحسين معامل القدرة هو أن تكون بجانب الأحمال قدر المستطاع وبما أن الأحمال بالمحطة في أماكن مختلفة فيكون المكان الأمثل لوضع اللوحة بجانب لوحة التوزيع العمومية

رابعاً: حساب قدرة مفتاح اللوحة

I = 260000/ (380 x √3) =395 A

إذاً يمكننا وضع مفتاح جهد منخفض ثلاثي **٤٠٠ أمبير كمفتاح عمومي للوحة**

خامساً: حساب الارتفاع في الجهد

% Voltage Rise = (Bank KVAR / KVA SC) X 100

حيث :

KVA SC = Transformer KVA / per unit transformer impedance
Per unit transformer impedance = 5.51%
Transformer KVA = 1500
% Voltage Rise = 0.88%

إذاً الارتفاع في الجهد نتيجة لتحسين معامل القدرة تقريبا **٠,٨٨%**

سادساً: حساب القدرة المحررة بعد التحسين

$KVA_{released} = \{(1- (PF_{initial} / PF_{corrected})\} KVA_{initial}$
$KVA_{released}$ = **97 kVA**

سابعاً: حساب تقليل الفاقد بعد التحسين

% L.R = 100 – 100 (original pf / corrected pf) ^{2}
% L.R =42%

ثامناً: حساب المال السنوي المتوفر بعد التحسين

يتم تحديد سعر الكهرباء على أساس معامل قدرة ٠,٩ وفي حالة انخفاض متوسط معامل القدرة خلال سنة مالية كاملة عن ٠,٩ يزاد سعر الطاقة الكهربائية بمقدار ٠,٥ % لكل ٠,٠١ من انخفاض معامل القدرة عن ٠,٩ حتى يصل معامل القدرة إلى ٠,٧ وفي حالة انخفاض معامل القدرة عن ٠,٧ يزاد سعر الطاقة الكهربائية بمقدار ١% لكل ٠,٠١ من انخفاض معامل القدرة عن ٠,٧ على أن يلتزم المنتفع في هذه الحالة بتركيب الأجهزة اللازمة لتحسين معامل القدرة خلال ثلاثة شهور من تاريخ إخطاره وفي حالة عدم تركيب أجهزة تحسين معامل القدرة خلال تلك المهلة يزاد سعر الطاقة الكهربية بمقدار ٢% لكل ٠,٠١ من انخفاض معامل القدرة عن ٠,٩

وبالنسبة للجهد المنخفض بالمحطة متوسط معامل القدرة هو٠.٧ تكون الزيادة ٢٠ X ٠,٥% = **١٠%** من الفاتورة الإجمالية السنوية وهذه القيمة يمكن توفيرها عن طريق تحسين معامل القدرة بحيث لا يقل عن ٠,٩

بيانات أحمال الجهد المتوسط

يبين الجدول متوسط القيم التي تم تسجيلها والبيانات الخاصة بأحمال الجهد المتوسط:

البيان	القيمة
معامل القدرة الحقيقي	٠,٨٣
معامل القدرة المطلوب	٠,٩٢
القدرة الظاهرية	٤٦٠ كيلوفولت أمبير
القدرة غير الفعالة	٢٦٠ كيلوفار
القدرة الفعالة	٣٨٧,٥ كيلووات
الجهد الكهربي	٣٣٠٠ فولت
قدرة المحول	٢٠٠٠ كيلوفولت أمبير

أولاً: حسابات المكثفات الثابتة المطلوبة

$$\mathbf{KVAR = KW\ (Tan\ \theta_1 - Tan\ \theta_2)}$$

حيث:

$\theta_1 = \cos^{-1} pf_1$ = Initial Power Factor Angle
$\theta 2 = \cos^{-1} pf_2$ = Final Power Factor Angle

KVAR = 387.5X 0.243 =94 **KVAR**

إذاً المكثفات المطلوبة للحصول على معامل قدرة ٠,٩٢ حوالي ٩٤ كيلوفار

بإضافة ٢٠% كمعامل أمان تكون المكثفات المطلوبة قدرة ٩٤ x ١,٢= **١١٣ كيلوفار**

ثانياً: حسابات المكثفات للخطوات المطلوبة

يمكننا عمل ٦ خطوات كل خطوة ٢٠ كيلوفار ويتم توصيل الخطوات عند زيادة الأحمال وفصلها عند انخفاض الأحمال.

ثالثاً: مكان وضع اللوحة

أفضل مكان لوضع لوحة تحسين معامل القدرة هو أن تكون بجانب الأحمال قدر المستطاع وبما أن الأحمال بالمحطة في أماكن مختلفة فيكون المكان الأمثل لوضع اللوحة بجانب لوحة التوزيع العمومية

رابعاً: حساب قدرة مفتاح اللوحة

$I = 113000/ (3300 \times \sqrt{3}) = 20$ A

إذاً يمكننا وضع مفتاح جهد متوسط ثلاثي اكبر من **٢٥ أمبير**

خامساً: حساب الارتفاع في الجهد

% Voltage Rise = (Bank KVAR / KVA SC) X 100

حيث :

KVA SC = Transformer KVA / per unit transformer impedance
Per unit transformer impedance = 6.1%
Transformer KVA = 2000
% Voltage Rise = 0.35%

إذاً الارتفاع في الجهد نتيجة لتحسين معامل القدرة تقريبا **٠,٣٥%**

سادساً: حساب القدرة المحررة بعد التحسين

$KVA_{released} = \{(1- (PF_{initial} / PF_{corrected})\} KVA_{initial}$
$KVA_{released}$ = **45 kVA**

سابعاً: حساب تقليل الفاقد بعد التحسين

% L.R = 100 – 100 (original pf / corrected pf) ^{2}
% L.R =18.6%

ثامناً: حساب المال السنوي المتوفر بعد التحسين

يتم تحديد سعر الكهرباء على أساس معامل قدرة ٠,٩ وفي حالة انخفاض متوسط معامل القدرة خلال سنة مالية كاملة عن ٠,٩ يزاد سعر الطاقة الكهربائية بمقدار ٠,٥ % لكل ٠,٠١ من انخفاض معامل القدرة عن ٠,٩ حتى يصل معامل القدرة إلى ٠,٧ وفي حالة انخفاض معامل القدرة عن ٠,٧ يزاد سعر الطاقة الكهربائية بمقدار ١% لكل ٠,٠١ من انخفاض معامل القدرة عن ٠,٧ على أن يلتزم المنتفع في هذه الحالة بتركيب الأجهزة اللازمة لتحسين معامل القدرة خلال ثلاثة شهور من تاريخ إخطاره وفي حالة عدم تركيب أجهزة تحسين معامل القدرة خلال تلك المهلة يزاد سعر الطاقة الكهربية بمقدار ٢% لكل ٠,٠١ من انخفاض معامل القدرة عن ٠,٩

وبالنسبة للجهد المتوسط بالمحطة متوسط معامل القدرة هو ٠,٨٣ تكون الزيادة ٧ X ٠,٥% = **٣,٥%** من الفاتورة الإجمالية السنوية وهذه القيمة يمكن توفيرها عن طريق تحسين معامل القدرة بحيث لا يقل عن ٠,٩.

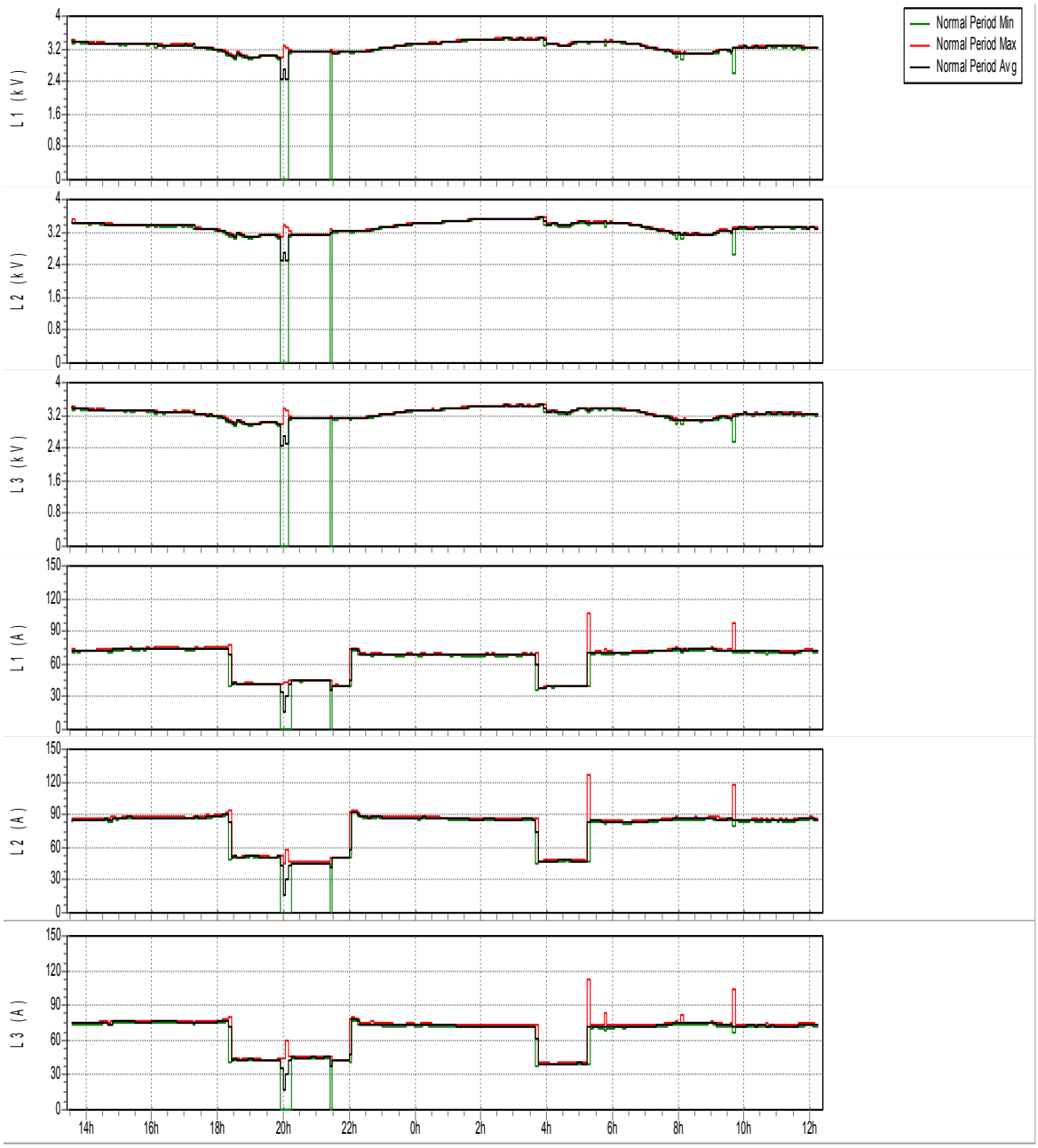
نماذج توضح أعمال القياسات التي تم تسجيلها بالموقع بالمنحنيات والأشكال والتى من خلالها تم استخلاص الجداول السابقة.

أولاً: نموذج للبيانات المسجلة للتغذية الرئيسية للجهد المتوسط والتي توضح أعمال تسجيل كل من الجهد والتيار على الأوجه الثلاثة (الفازات) والتردد أيضاً

الوقت	جهد خط ١	جهد خط ٢	جهد خط ٣	تيار خط ١	تيار خط ٢	تيار خط ٣	التردد
13:34:35 405ms	3425.4	3488.4	3426.601	71.558	84.675	74.805	49.914
13:39:35 405ms	3381.601	3445.2	3379.801	71.948	85.195	74.545	49.907
13:44:35 405ms	3364.2	3428.4	3362.4	72.078	85.584	74.675	49.909
13:49:35 405ms	3361.801	3426	3360.601	71.948	85.454	74.675	49.913
13:54:35 405ms	3355.2	3419.4	3352.801	72.208	85.584	74.805	49.9
13:59:35 405ms	3352.2	3415.801	3350.4	72.337	85.584	74.805	49.906
14:04:35 405ms	3352.801	3417.601	3351	72.208	85.584	74.805	49.911
14:09:35 405ms	3349.2	3412.801	3347.4	72.208	85.454	74.805	49.903
14:14:35 405ms	3348	3410.4	3346.801	72.208	85.195	74.805	49.901
14:19:35 405ms	3344.4	3406.801	3342.601	72.337	85.195	74.805	49.9
14:24:35 405ms	3345	3406.801	3342.601	72.467	85.324	74.805	49.916
14:29:35 405ms	3346.801	3409.801	3344.4	72.467	85.454	74.805	49.912
14:34:35 405ms	3343.2	3405.601	3342	72.857	85.714	75.195	49.94
14:39:35 405ms	3330.601	3393.601	3329.401	72.857	85.974	75.454	49.939
14:44:35 405ms	3330	3393	3328.801	71.428	84.415	74.026	49.936
14:49:35 405ms	3329.401	3391.801	3328.2	71.428	84.415	74.026	49.929
14:54:35 405ms	3325.2	3388.801	3324.601	73.506	86.623	75.974	49.917
14:59:35 405ms	3319.801	3384.601	3319.801	73.376	86.623	76.104	49.91
15:04:35 405ms	3309	3374.4	3308.401	73.376	86.753	76.104	49.897
15:09:35 405ms	3314.401	3379.801	3314.401	73.506	87.013	76.234	49.929
15:14:35 405ms	3309.601	3374.4	3307.801	74.026	87.532	76.493	49.915
15:19:35 405ms	3310.2	3376.2	3308.401	74.156	87.792	76.493	49.877
15:24:35 405ms	3310.801	3376.2	3308.401	74.286	87.792	76.493	49.914

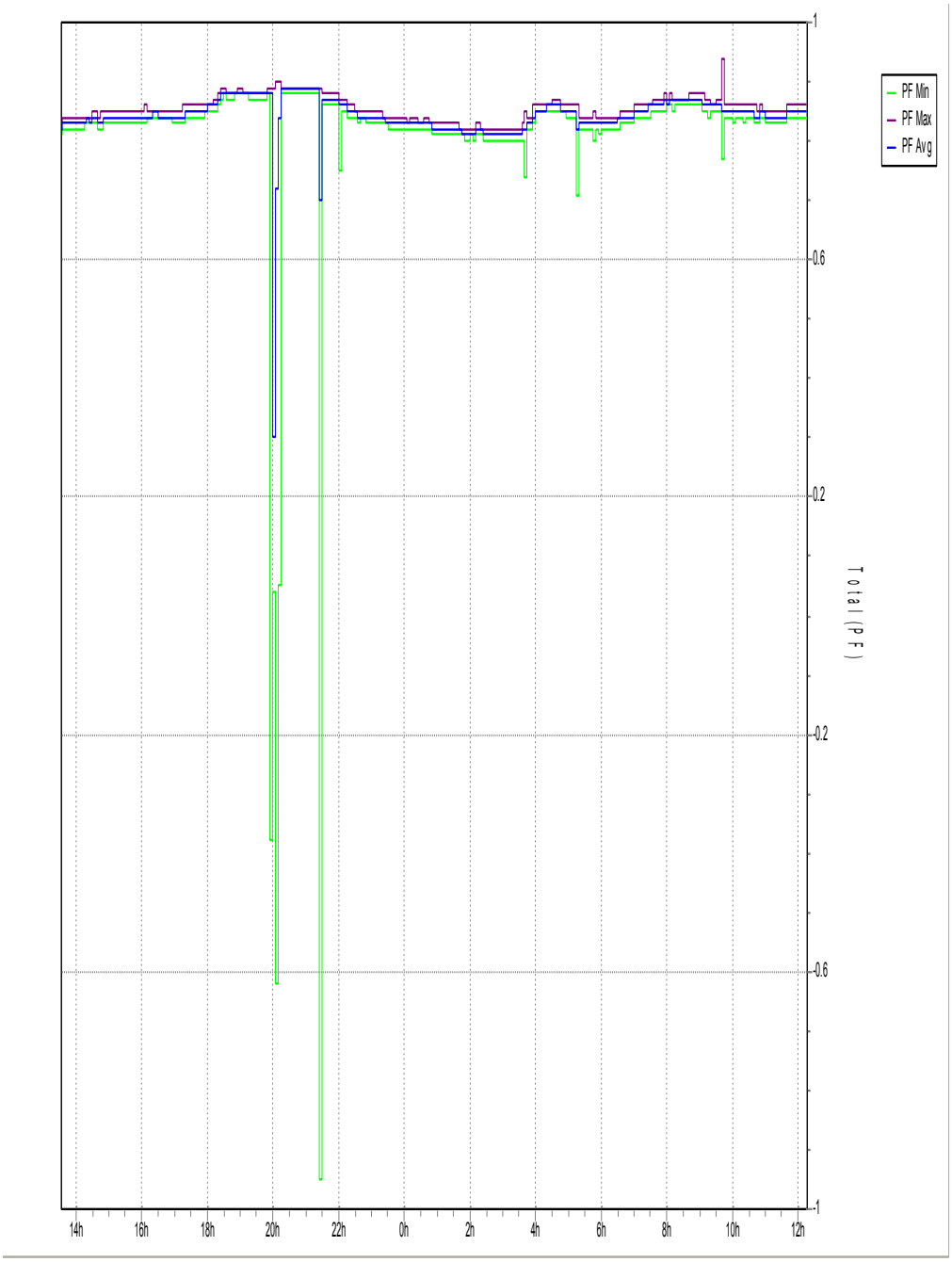
ثانياً: نموذج للبيانات المسجلة للتغذية الرئيسية والتى توضح أعمال تسجيل كل من القدرة الفعالة وغير الفعالة والظاهرية ومعامل القدرة

الوقت	القدرة الفعالة	القدرة غير الفعالة	القدرة الظاهرية	معامل القدرة
14:29:35 405ms	377500	245000	452500	0.83
14:34:35 405ms	380000	245000	455000	0.84
14:39:35 405ms	380000	242500	452500	0.84
14:44:35 405ms	372500	242500	445000	0.83
14:49:35 405ms	372500	242500	445000	0.83
14:54:35 405ms	385000	245000	457500	0.84
14:59:35 405ms	382500	242500	455000	0.84
15:04:35 405ms	382500	242500	455000	0.84
15:09:35 405ms	385000	242500	457500	0.84
15:14:35 405ms	387500	242500	457500	0.84
15:19:35 405ms	387500	242500	460000	0.84
15:24:35 405ms	387500	242500	460000	0.84
15:29:35 405ms	385000	242500	457500	0.84
15:34:35 405ms	385000	242500	455000	0.84
15:39:35 405ms	385000	242500	455000	0.84
15:44:35 405ms	385000	242500	457500	0.84
15:49:35 405ms	385000	242500	457500	0.84
15:54:35 405ms	385000	242500	457500	0.84
15:59:35 405ms	385000	242500	457500	0.84
16:04:35 405ms	385000	242500	457500	0.84
16:09:35 405ms	385000	242500	457500	0.84
16:14:35 405ms	385000	240000	457500	0.84
16:19:35 405ms	385000	240000	455000	0.84
16:24:35 405ms	385000	240000	455000	0.85



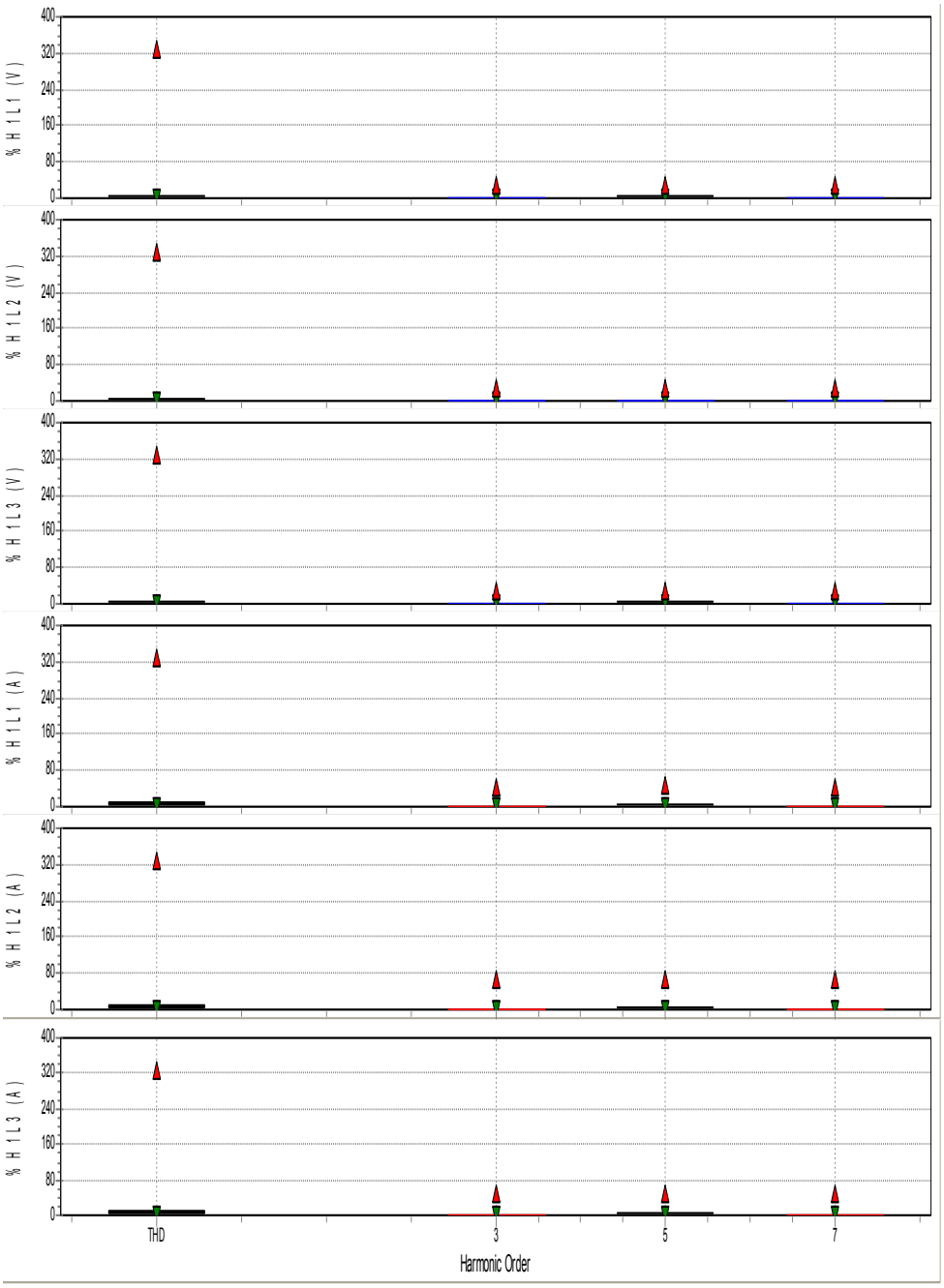
رسم تخطيطى للجهد و التيار
(الدخول الرئيسى)

ثالثاً: يوضح الشكل البياني التالي بعض إمكانيات أجهزة قياس وتسجيل وتحليل القدرة الكهربائية التى تم توريدها إلى الشركات التابعة من خلال المشروع حيث يمكن من خلال البرامج (software) الخاصة بالجهاز استعراض جميع العلاقات المسجلة بالنسبة للوقت وفى الشكل التالي يوضح تغير معامل القدرة على مدار فترة التسجيل المتاحة .



رسم تخطيطي لمعامل القدرة
(الدخول الرئيسي)

رابعاً: يوضح الشكل البياني التالي أيضاً إمكانيات أجهزة قياس وتسجيل وتحليل القدرة الكهربائية التى تم توريدها إلى الشركات التابعة من خلال المشروع لتسجيل التوافقيات



رسم تخطيطي للتوافقيات
(الدخول الرئيسي)

خامساً: الأحمال المنفردة

يتم قياس الأحمال المنفردة لمدة ١٠ دقائق فقط بواقع قراءة كل ٥ دقائق ومن خلال القياسات التي تم تسجيلها وبنفس الطريقة السابقة الموضحة في الأشكال السابقة يتم استخلاص هذه الجداول عن طريق البيانات التي تم تحميلها على أجهزة القياس لكل حمل على حدة.

١- طلمبات المياه المرشحة (٢٥٠ كيلووات)

جهد خط ١-٢	جهد خط ٢-٣	جهد خط ٣-١	تيار خط ١-٢	تيار خط ٢-٣	تيار خط ٣-١	التردد
3361.801	3420	3351.601	137	133	131	49.985
3363	3420.601	3352.2	137	133	131	49.994

القدرة الفعالة	القدرة غير الفعالة	القدرة الظاهرية	معامل القدرة
196500	125500	234500	0.84
197000	125500	234500	0.84

٢- طلمبات العكرة (٧٥ كيلووات) يمكن استخلاص الجداول التالية:

	جهد خط ٢	جهد خط ٣	تيار خط ١	تيار خط ٢	تيار خط ٣	التردد
231	235.76	234.07	94	118	101	49.97
231.04	235.82	234.07	93	118	101	49.998

القدرة الفعالة	القدرة غير الفعالة	القدرة الظاهرية	معامل القدرة
50500	50500	71800	0.7
51300	51100	72800	0.7

٣- طلمبات الغسيل (١١٠ كيلووات) يمكن استخلاص الجداول التالية:

جهد خط ١	جهد خط ٢	جهد خط ٣	تيار خط ١	تيار خط ٢	تيار خط ٣	التردد
231.07	235.98	234.64	157	182	162	49.951
231.27	236.1	234.82	155	181	160	49.93

القدرة الفعالة	القدرة غير الفعالة	القدرة الظاهرية	معامل القدرة
81700	76400	112600	0.72
85400	77900	115800	0.73

٤- طلمبات الروبة (٧٥ كيلووات) يمكن استخلاص الجداول التالية:

جهد خط ١	جهد خط ٢	جهد خط ٣	تيار خط ١	تيار خط ٢	تيار خط ٣	التردد
227.2	231.79	233.58	143	166	150	49.983
226.91	231.52	233.32	145	168	152	49.995

القدرة الفعالة	القدرة غير الفعالة	القدرة الظاهرية	معامل القدرة
88500	51400	103200	0.85
93400	51600	106900	0.87

الفصل الخامس

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

الفصل الخامس
استكشاف الأخطاء وإصلاحها

مقدمة

يهدف هذا الفصل إلى بيان كيفية تتبع الأعطال التي تظهر في لوحات تحسين معامل القدرة وفهم طريقة التعامل معها والتي قد تحدث نتيجة لخطأ في توصيل اللوحة أو أعطال تظهر أثناء التشغيل سواء نتيجة تعطل احد مكونات اللوحة أو نتيجة لخطأ في التشغيل .

صيانة المكثفات:

تحتاج المكثفات لصيانة دورية بسيطة وسهلة وهي عبارة عن عمل نظافة للمكثف ومكونات اللوحة وإحكام ربط جميع الأطراف علما بأن الحرارة الناتجة عن عدم إحكام ربط الوصلات قد تتسبب في إتلاف المكثف.

وقبل إدخال المكثفات في الخدمة يجب إجراء تفريغ شحناتها بواسطة مقاومات التفريغ، ولا يتم التفريغ عن طريق عمل قصر بين طرفي المكثف حيث يتسبب هذا في انهيار المكثف وكذلك يجب مراعاة إجراء تفريغ شحنة المكثف قبل نقله من مكان إلى آخر.

كيف تتأكد من صلاحية المكثف؟

يمكن التأكد من صلاحية المكثف عن طريق أفوميتر يعمل بالبطارية كالآتي:

المكثف السليم يشير إلى دائرة قصر عند بداية توصيل أطرافه بالأفوميتر ثم تبدأ قيمة المقاومة ترتفع تدريجيا حتى تصل إلى قيمة ثابتة والتي عندها يتساوى جهد بطارية الأفوميتر مع جهد شحن المكثف.

المكثف السليم يعطي مقاومة لانهائية بين كل طرف والأرض من أول مرة.

يمكن الاستعانة بالجدول التالي في تتبع الأعطال وتحديد أسبابها

No.	Error	Cause
1	**No capacitors message** **لا يوجد مكثفات**	Control contacts (contactors) are not connected or are not working correctly **الكونتاكتورات غير موصلة أو موصلة بطريقة خاطئة**
		the fuses of the capacitor stages have not been installed **الفيوز منصهر أو غير موجود**
		the current transformer is not located between power supply and loads (including PFC) **محول التيار غير موضوع بين مصدر الطاقة والاحمال +المكثفات**
2	**Defect capacitor message** **عطل بالمكثفات**	individual capacitor stages only have 2-phases connections to the mains **سقوط احد الفازات الثلاثة**
		the defect capacitor stages do not draw a symmetrical current from the 3 phases **المكثف لا يسحب تيار متساوي على الثلاث فازات**
3	**No current in current path** **لا يوجد تيار**	fault in the current transformer connection **خطأ في محول التيار**
		the current transformer is located in the wrong place **محول التيار في مكان خاطئ**
		the current transformer ratio is too high **نسبة محول التيار عالية جدا**
4	**Harmonic over current in the capacitor** **توافقيات عالية لتيار المكثف**	The programmed limiting value for the ”harmonic over current” is exceeded **تخطي النسبة المسموح بها للتوافقيات**

5	**Target power factor not reached** **غير قادر على الوصول لمعامل القدرة المستهدف**	The operating point of the control relay is above the control band and if all available capacitor stages have already been activated **نقطة تشغيل المنظم (معامل القدرة المستهدف) اعلى من قدرة اللوحة**
6	**No measuring voltage** **لايوجد جهد**	This message indicates that the control relay with connected terminal has been put into operation; however no voltage can be measured at this input at present. **غياب جهد القياس عن المنظم رغم ان المنظم يعمل**
7	**Control relay not working or no displays on the front of the control relay** **المنظم لا يعمل**	No or wrong voltage has been applied to the control relay **جهد تغذية المنظم غير موجود او موصل بطريقة خاطئة**
8	**Stage indicator lights up, however capacitor contactors are not switched on** **إشارة بيان الخطوة مضيئة وبالرغم من ذلك الكونتاكتور مازال مفتوحا**	Control circuit not connected correctly or no control voltage or No zero conductor at contactors **خلل بدائرة توصيل الكونتاكتور إما عن طريق التوصيل الخاطئ أو لا يوجد نقطة تعادل على طرف ملف الكونتاكتور**
9	**Displayed power factor is less than target power factor, even though the control relay has activated all stages** **المنظم يعرض معامل قدرة اقل من المستهدف حتي في حالة تشغيل كل الخطوات**	Error in the control circuit or Error in the capacitor current circuit or system too small **خطأ في دائرة التحكم أو خطأ في ادخال قيمة تيار المكثف أو ان قدرة اللوحة صغيرة**
10	**Under compensation** **اقل من القيمة التعويضية المطلوبة**	Capacitors are all connected and P.F. is lower than the set-point value. **كل المكثفات موصلة ومازال معامل القدرة اقل من المستهدف**
11	**Over compensation** **أعلى من القيمة التعويضية المطلوبة**	All capacitors are disconnected and P.F. is higher than the set-point value **كل المكثفات مفصولة ولكن معامل القدرة أعلى من المستهدف**
12	**Low current** **التيار قليل**	Current value is 2.5% lower than full scale value **قيمة التيار اقل من ٢,٥% من القيمة الكاملة المقننة**

13	**High current** **التيار زائد**	Current value is 120% higher than full scale value **قيمة التيار أعلى من ١٢٠% من القيمة الكاملة المقننة**
14	**Low voltage** **جهد قليل**	Voltage value is -15% lower than lower rated voltage **قيمة الجهد تنخفض عن – ١٥% من القيمة المقننة**
15	**High voltage** **جهد عالي**	Voltage value is +10% higher than higher rated voltage **قيمة الجهد ترتفع عن +١٠% من القيمة المقننة**
16	**Capacitor overload** **زيادة حمل على المكثف**	Current value flowing in the capacitors is higher than the set threshold **تيار المكثف زائد**
17	**Over temperature** **درجة الحرارة عالية**	Internal temperature value is higher than the set threshold **درجة الحرارة أعلى من المسموح**
18	**Insulation breakdown** **انهيار العزل**	Can be over voltage, transient voltage due to switching / lightning or over temperature **قد يكون نتيجة جهد عالي نتيجة الفصل والتوصيل أو ارتفاع درجة الحرارة**
19	**Blown fuse** **انصهار الفيوز**	Low fuse rating, high temperature or bad connection on terminals **قيمة الفيوز صغيرة أو ارتفاع درجة الحرارة أو نقطة توصيل غير جيدة على الأطراف**

المواصفات الفنية الخاصة بالمكثفات

تستخدم معدات تحسين معامل القدرة لأي شبكة كهربائية لتحسين معامل القدرة من ٠,٥ إلى ٠,٩٨ تقريباً وذلك بتوصيل المكثفات آلياً على مراحل بواسطة جهاز ذي حساسية للقدرة غير الفعالة أو ذي حساسية لمعامل القدرة أو الاثنين معاً.
تحتوي لوحة المكثفات على: مكثفات القدرة – مقاومات التفريغ – ملفات كبح – قواطع تيار – مصهرات ذات سعة قطع عالية – مفتاح تلامس – أجهزة تحكم – أجهزة قياس.
ولاختيار لوحة المكثفات اللازمة يجب إمداد المورد بالمعلومات الآتية:

١. قيمة القدرة غير الفعالة المطلوبة
٢. قيمة الجهد المقنن – التردد – عدد الأوجه
٣. القيمة المتوقعة للزيادة في الجهد
٤. نوع الأحمال الصناعية
٥. أقصى حدود لدرجات الحرارة
٦. موضع تركيب المكثفات
٧. طبيعة مصدر التغذية
٨. إذا كان توصيل المكثفات مباشرة مع محرك فانه يجب معرفة الخصائص الدقيقة عن المحرك مع مراعاة ألا يتعدي التيار المقنن للمكثف ٩٠% من تيار المغنطة للمحرك
٩. يجب معرفة نوع مبدئ الحركة المستخدم مع المحركات
١٠. أي حالات غير عادية – مثل تركيب المكثفات في جو يساعد على الصدأ

المواصفات الفنية لمكثفات الجهد المنخفض
يجب أن تنص المواصفات على حالة الجو المحيط

- أقصي درجة حرارة
- الرطوبة النسبية
- جو مملوء بالأتربة
- جو مشبع بالأملاح

البيانات الفنية:

١. الجهد المقنن للتشغيل
٢. التردد المقنن
٣. مفاقيد العزل (وات \ كيلو فار)
٤. الالتئام الذاتي
٥. درجة الحرارة
٦. أقصى جهد مسموح به للمكثفات

مكونات لوحة المكثفات

١. المكثفات

يجب أن تكون من النوع الجاف داخل وعاء محكم وتحتوي على مقاومات لتفريغ الشحنة للوصول إلى جهد أقل من أو يساوي ١٠% من قيمة الجهد المقنن للتشغيل.

٢.المصهرات ذات سعة القطع الكبيرة

تستخدم لحماية المكثفات من الأعطال المختلفة ويعتمد التيار المقنن للمصهرات على التيار المقنن للمكثفات المستخدمة أما سعة قطع المصهر فتكون أكبر من أو يساوي ١٠٠ كيلو أمبير.

٣. قواطع التحكم الهوائية (مفاتيح التلامس)

يراعي أن توضع مواصفات القواطع حسب قيمة مرحلة المكثفات المتصلة به مع مراعاة أن يكون جهد ملف القاطع ٢٢٠ فولت تيار متردد.

٤. جهاز تحكم

جهاز تحكم ذو حساسية عالية للتغيير في قيمة القدرة غير الفعالة حيث يمكن الحصول منه على تشغيل عدد معين من المراحل آلياً ويكون حدود تحسين معامل القدرة من ٠,٥ – ٠,٩٨

٥. خلية المكثف

تصنع الخلية من هيكل معدني ملحوم مصنوع من الصلب ولا يقل سمكه عن ٣ مم و تحتوي الخلية على حوامل لتثبيت المكثفات وقواطع التيار والمصهرات والمفاتيح الهوائية وكذلك أجهزة التحكم و يجب معالجة جسم الخلية ضد الصدأ قبل دهانه ببوية الفرن كما تحتوي الخلية على قضبان توزيع رئيسية مصنوعة من النحاس.

٦. قاطع التيار

يحدد التيار المقنن لقواطع التيار تبعا لقدرة وحدة المكثفات المتصلة به بينما تكون سعة القطع لا تقل عن ٣٠ كيلو أمبير ويتحمل قاطع التيار حالات الجهود المفاجئة الناتجة عن عمليات الفصل والتوصيل – جهد العزل ١٠٠٠ فولت لجميع قيم القواطع.

USAID | EGYPT
FROM THE AMERICAN PEOPLE

الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

أعد هذا الدليل مشروع دعم قطاع المياه و الصرف الصحي الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية
بموجب عقد رقم EPP-I-00-04-00020-00, Order No. 3 بالتعاون مع الشركة القابضة لمياه الشرب و الصرف الصحى
www.egyptwwss.org