تحسين معامل القدرة لمحرك حثي ثلاثي الطور رباعي الأقطاب باستخدام المكثفات

رشيد محمد المريمي (*)

قسم الهندسة الكهربائية والالكترونية – كلية الهندسة – جامعة الزاوية – ليبيا

الملخص:

تشكل الطاقة الكهربائية مكونًا رئيسيًا في تكلفة التصنيع في الصناعات الكهربائية. في التركيبات الكهربائية، قد يصبح معامل القدرة ضعيفًا بسبب المحركات الحثية والآت اللحام ومنظمات الجهد وأفران القوس وغيرها، وكل هذه الأحمال تسبب خسائر كبيرة في المصانع، وهذا يؤدي إلى مشكلة حرارية في المفاتيح الكهربائية المستخدمة في عمليات الفصل والتوصيل.

(*) Email: r.mariami@zu.edu.ly

يمكن التحكم في مقدار معامل القدرة باستخدام نظام توصيل مكثفات كهربائية على التوازي مع الأحمال لتحسين معامل قدرة هذا الحمل (المحرك الحثي ثلاثي الطور). إن تصحيح معامل القدرة الذي تم الحصول عليه باستخدام المكثفات وذلك لغرض الحصول على القدرة الفعالة المرغوب فيها واللازمة لنقل الكهرباء محليا.

إن تأثير معامل القدرة على منظومات نقل الطاقة الكهربائية وما يسببه الانخفاض في هذا المعامل من مؤثرات سلبية على التشغيل بشكل عام بالإضافة إلى المفاقيد المترتبة عنه، وما ينتج عنه من زيادة في تكاليف تشغيل منظومات نقل الطاقة، كان لابد من تطوير وانتاج طريقة لتحسين معامل القدرة المنخفض والناتج من الأحمال الحثية بقدر الإمكان بحيث يكون هذا المعامل قريباً من الواحد الصحيح. في هذه الورقة، دراسة عملية لتحسين معامل القدرة لمحرك حثي ثلاثي الطور باستخدام مكثفات كهربائية حيث تم استخدام برنامج (LVSIM-EMS) للإكمال هذه الدراسة.

الكلمات المفتاحية:

مكثف – معامل القدرة – القدرة الفعالة – القدرة غير الفعالة – القدرة الظاهرية – معامل القدرة – محرك حثي ثلاثي الطور – LVSIM-EMS

1. المقدمة

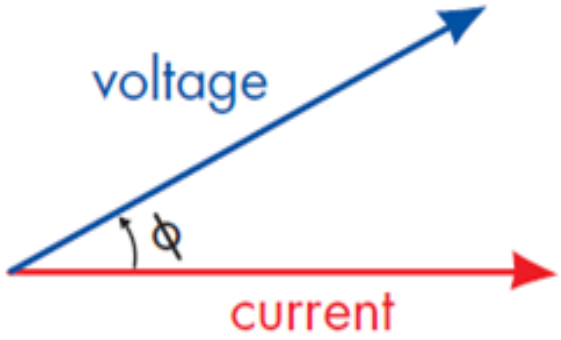
إن التطور السريع الدي يشهذه العالم هذا اليوم قد بني على أساس وجود الطاقة الكهربائية والتي تمثل الشكل الأكثر استخداماً في الصناعة والاستعمالات المنزلية وغيرها وذلك لإمكانية توليدها وتحويلها إلى جميع أشكال الطاقة الأخرى، وامكانية توليدها في أماكن بعيدة ونقلها إلى أماكن الاستهلاك. وقد ازداد الطلب على الطاقة الكهربائية بحيث تعتبر صناعة توليد

الطاقة الكهربائية من أهم الصناعات الآن في العالم نظراً لأهمية الطاقة الكهربائية في إدارة شؤون الحياة المختلفة [1 و2].

إن منظومة نقل الطاقة الكهربائية تكون في أحسن ظروف التشغيل حيث سيتم استهلاك أكبر قدر من القدرة الكهربائية المنتجة والمرغوب فيها (القدرة الفعالة) كلما كان معامل القدرة قريباً من الواحد الصحيح والعكس صحيح، أي أنه كلما قل معامل القدرة كلما كانت المفاقيد عالية بالإضافة إلى زيادة سحب القدرة الكهربائية غير المرغوب فيها وهي (القدرة غير الفعالة) والتي ستؤثر على منظومة نقل الطاقة الكهربائية بشكل كلي في كثير من الأحيان [1 و2].

يتم توليد وتوزيع معظم الطاقة الكهربائية المستخدمة في العالم بشكل جيبي. حيث أن مصادر من هذا النوع يُطلق عليها مصادر التيار المتردد (AC)، حيث يوضح الشكل (1) الجهد النموذجي وناقلات التيار في دائرة التيار المتردد وتمثيل التيار المتردد.

تسمى الزاوية (Ø) المحصورة بين الجهد والتيار بزاوية معامل القدرة ويسمى جيب تمام هذه الزاوية بمعامل القدرة، ويبين أيضاً أن جيب تمام التيار الكهربي المتردد واقع في نفس الطور مع الجهد الكهربي المتردد.



شكل (1): التمثيل القطبي لموجتي الجهد والتيار [4]

إن الأحمال المقاومية في الدائرة الكهربائية لديها معامل قدرة يساوي الواحد الصحيح، بينما بالنسبة للحمل الحثي النقي فإن معامل القدرة له صفر. ومع ذلك، من الناحية العملية، تكون الأحمال الفعالة في الدائرة الكهربائية خليط بين الأحمال المقاومية والحثية، وهذا المزيج من هذه الأحمال يجعل معامل القدرة للحمل (المحرك الحثي ثلاثي الوجه) له قيمة بين الصفر والواحد الصحيح.

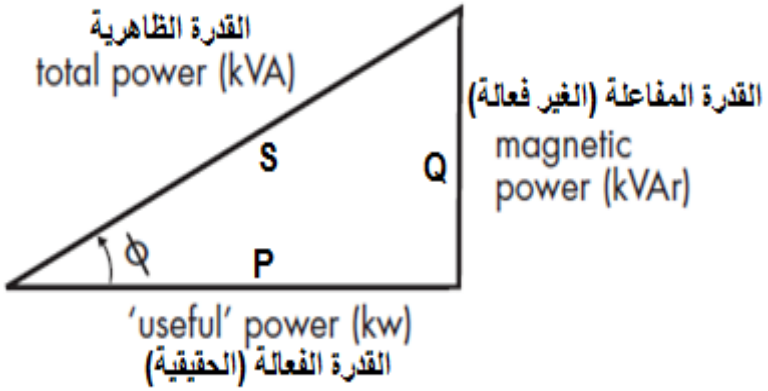
إن انخفاض معامل القدرة يسبب المزيد من الخسائر ولهذا يجب أن يكون معامل القدرة قريبًا من الوحدة. ولتحسين معامل القدرة، يتم استخدام المكثفات التحويلية، حيث أن قيمة سعة المكثف المطلوبة هي التي ستعمل على تحسين معامل القدرة للحمل الحثي (المحرك الحثي ثلاثي الطور) والشكل (2) أدناه يبين المحرك الحثي ثلاثي الطور المستخدم في التجربة العملية والمراد تحسين معامل قدرته[3 و4].

شكل (2): المحرك الحثي ثلاثي الطور المستخدم في التجربة العملية [5 و7].

في ضوء التكلفة التي ينطوي عليها تركيب المكثفات، يتم اعتبار عامل القدرة العالية من 0.8 إلى 0.9 أثناء تصميم المكثفات للتحكم في معامل القدرة للمحرك الحثي. في هذه الورقة، دراسة عملية باستخدام مكثفات كهربائية مختلفة القيم لتحسين معامل القدرة لمحرك حثي ثلاثي الوجه بواسطة برنامج (LVSIM-EMS) [3 و4].

2. تعريف معامل القدرة:

يعرف معامل القدرة على أنه النسبة بين القدرة الكهربائية الفعالة والقدرة الكهربائية الظاهرية، كما يعرف على انه جيب تمام الزاوية المحصورة بين موجتي الجهد والتيار الكهربائيتين كما مبين بالشكل (3).



شكل (3): القدرة الكهربائية المركبة ومثلث القدرة [4]

3. تأثير معامل القدرة على منظومات نقل الطاقة الكهربائية:

إن منظومات نقل الطاقة الكهربائية التي تعمل على معامل قدرة منخفض تؤدي إلى تقليل كفاءة وأداء هذه المنظومة بشكل عام، كما أن انخفاض معامل القدرة بسبب زيادة المفقودات النحاسية، أي زيادة التيار الكهربائي اللازم لنقل القدرة الكهربائية الفعالة مع خفض قيمة معامل القدرة.

إن انخفاض معامل القدرة ينتج عن زيادة قيمة التيار وهبوط الجهد خلال أجهزة التغذية وهذا يسبب خفض في جهد التشغيل مما يؤذي إلى خفض جهد التشغيل للمحركات بشكل عام وبالتالي زيادة سحب التيار والذي بدوره سيؤثر علي العمر الافتراضي لهذا المحرك، بالإضافة إلى أن معامل القدرة المنخفض أحد أسباب ظهور فرق في الطور بين موجتي الجهد والتيار.

إن انخفاض معامل القدرة يؤثر على أداء وكفاءة مصابيح الإضاءة بشكل عام وبالإضافة إلى أن زيادة مصاريف استهلاك الطاقة الكهربائية هو أحد المشاكل الناتجة من انخفاض معامل القدرة الكهربائية حيث تحمل شركات توزيع الطاقة الكهربائية المستهلك مصاريف زائدة تعتمد على مقدار الانخفاض في معامل القدرة [3 و4].

إن من الأسباب الرئيسية التي تؤدي إلى انخفاض معامل القدرة هو ارتفاع القدرة غير المرغوب فيها وهي القدرة غير الفعالة في منظومات نقل الطاقة الكهربائية التي تحتوي على أحمال حثية مثل المحرك الحثي ثلاثي الطور المبين في الشكل (2) والمقصود بالدراسة في هذه الورقة.

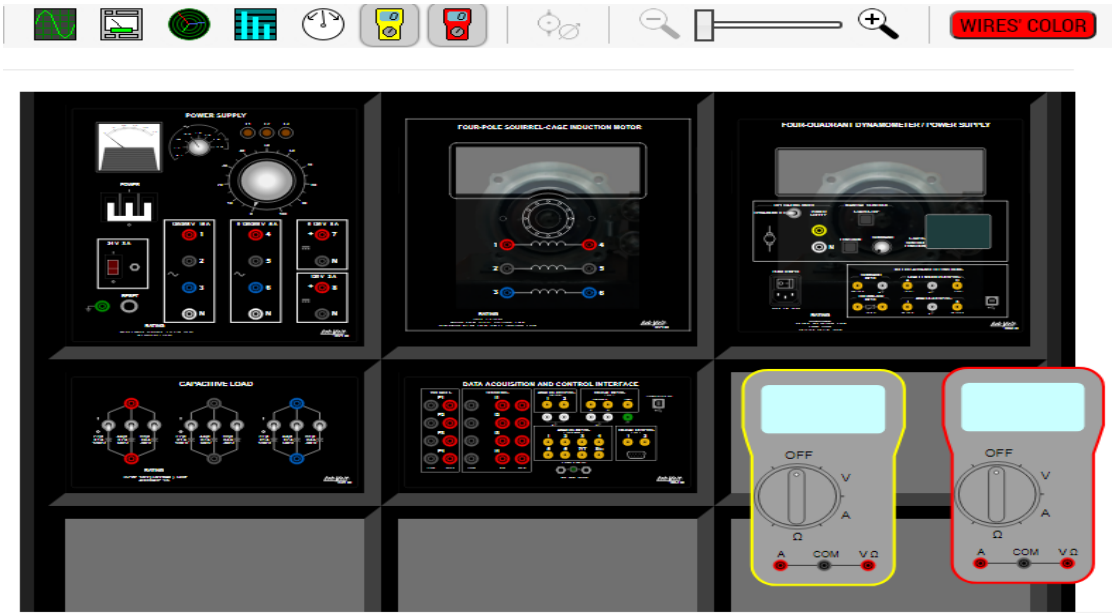
4. مميزات تحسين معامل القدرة:

من مميزات تحسين معامل القدرة الكهربائية لمحرك حثي مثلا هو زيادة القدرة الكهربائية الفعالة المرغوب فيها لهذا المحرك وهذا سيقلل القدرة الكهربائية غير المرغوب فيها وهي القدرة غير الفعالة. ان تقليل تكاليف الطاقة الكهربائية وتحسين تنظيم الجهد الكهربي في المحركات الحثية ثلاثية الطور تعتبر أحد مميزات تحسين معامل القدرة [4 و6].

5. الدراسة العملية:

في هذه الدراسة، لقد تم استخدام برنامج محاكاة الشبكات الكهربائية وتحليلها ويسمي هذا البرنامج (LVSIM-EMS) حيث يستخدم هذا البرنامج لمحاكاة الشبكات الكهربائية المترددة

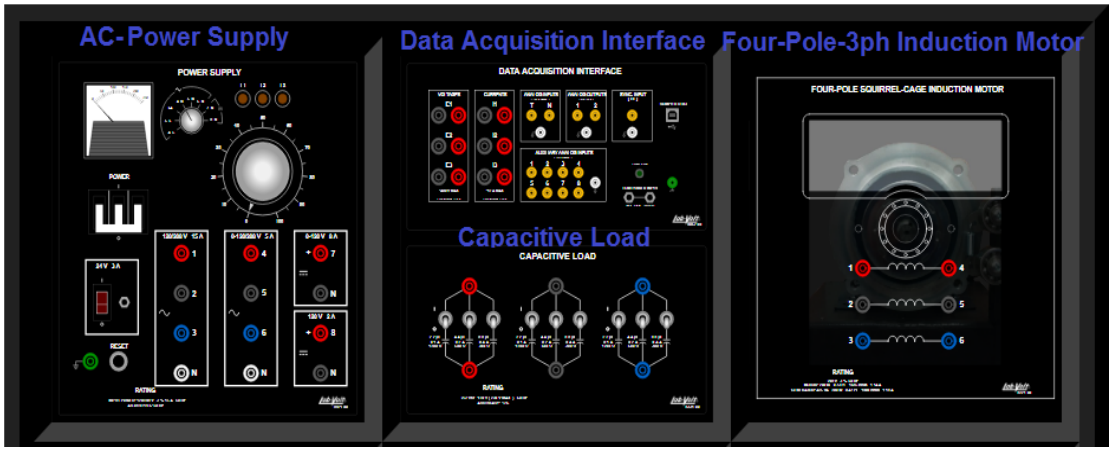
منها والتي تحوي أحمال حثية وسعوية وخليط من تلك الأحمال، حيث سيقوم هذا البرنامج بتوصيل واختبار الآلات الكهربائية المعقدة وإظهار النتائج الرقمية والبيانية بكل وضوح وبشكل صحيح ما دامت طريقة الاختبار صحيحة ويعتبر هذا البرنامج اقتصادي وغير مكلف مقارنة بعمل مثل هذه التجارب والاختبارات عملياً في موقع حقيقي خاص مثل المعامل والمختبرات العامة، والشكل (4.أ) يبين واجهة ومكونات برنامج (LVSIM-EMS) والذي تم استخدامه لإجراء هذه الورقة العلمية.



الشكل (4.أ): برنامج محاكاة واختبار الآلات الكهربائية (LVSIM-EMS).

تتكون الدراسة العملية من عدد من المكونات والأجهزة كما مبين بالشكل (4.ب) وهي مصدر التغذية المتردد وقاري البيانات ومحرك حثي رباعي الأقطاب ثلاثي الطور وحمل سعوي وقناة التغذية الرئيسية عن طريق برنامج LVSIM-EMS بالإضافة إلى حاسوب متصل الكترونياً يقوم بعرض النتائج العملية والأشكال البيانية.

قبل اجراء الجزء العملي يجب أولاً معرفة أداء مصدر التغذية المتردد من حيث العمل وإلا لن نستطيع استكمال هذا العمل حيث تم اختبار مصدر التغذية حيث يوصل هذا المصدر المتردد بقاري البيانات ويوصل قاري البيانات بمصدر تغدية أسفل مفتاح الفصل والتوصيل أيضاً، حيث يقوم قارئ البيانات بشكل أساسي بقراءة جهود وتيارات الأطوار الثلاثة وإرسال هذه النتائج إلى جهاز الحاسوب عن طريق وصلة USB متصلة برنامج LVSIM-EMS، حيث عند التشغيل مفتاح مصدر التغذية تظهر اشارة مضيئة للأطوار الثلاث تبين أن مصدر التغذية جاهز للاستخدام واستكمال التجربة العملية وتنقسم هذه التجربة العملية إلى عدة حالات يجب دراستها كما هو مبين في الأجزاء التالية.

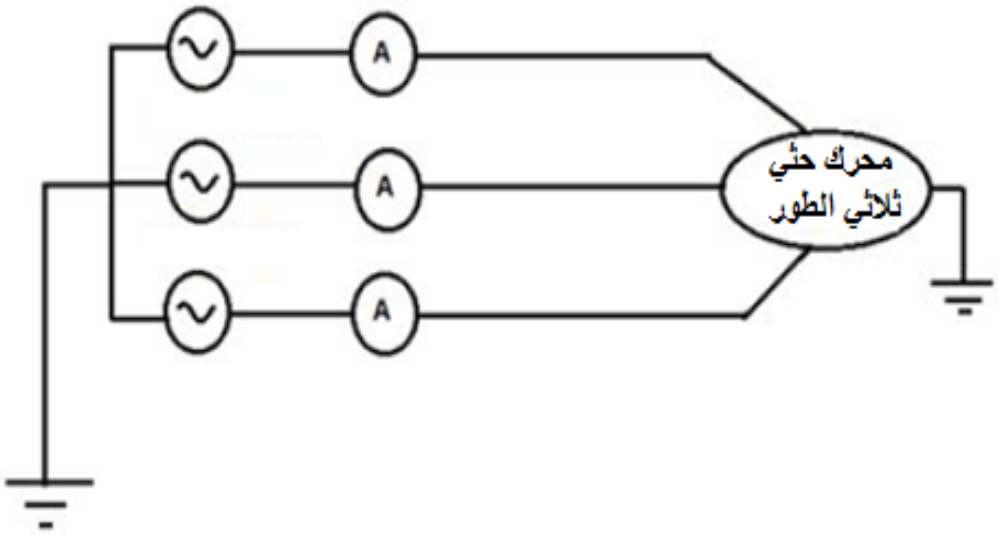


شكل (4.ب): الأجهزة المستخدمة في التجربة العملية لاختبار المحرك الحثي بواسطة برنامج LVSIM-EMS

1.5. دراسة الحالة الأولى:

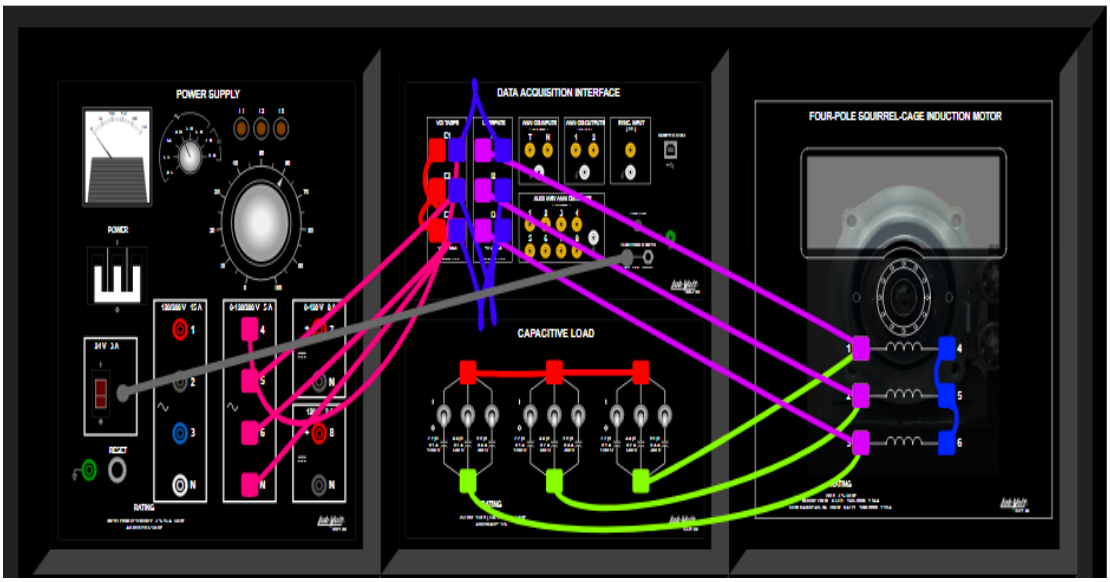
- **دراسة معامل القدرة للمحرك الحثي قبل توصيل مكثفات الكهربائية معه على التوازي:**

في الشكل (5) المبين أدناه، حيث الدائرة المكافئة للتجربة العملية المراد توصيلها لدراسة كلا من معامل القدرة والقدرة الحقيقية والقدرة الفعالة والقدرة المفاعلة قبل توصيل المكثفات الكهربائية مع الحمل (المحرك الحثي ثلاثي الوجه).



شكل (5): الدائرة المكافئة لتجربة المحرك الحثي ثلاثي الطور قبل توصيل المكثفات.

في الشكل (6) الموضح ادناه يبين كيف تم توصيل الدائرة الكهربية عملياً شاملاً برنامج (LVSIM-EMS)، حيث تم توصيل مصدر التغذية المتردد بقارئ البيانات ومنه إلى المحرك الحثي ثلاثي الطور حيث يتم تشغيل مفتاح الفصل والتوصيل بعد التأكد من التوصيل الصحيح للأجهزة الكهربائية وأجهزة القياس لتجنب الخطر الناتج منها. بعد تشغيل المفتاح على وضعية الوصل بالإضافة إلى توصيل قارئ البيانات بواسطة وصلة متصلة بجهاز الكمبيوتر مبرمج سلفاً مع برنامج (LVSIM-EMS) حيث من خلال هذا البرنامج يمكن قراءة الكميات الكهربائية مثل جهود وتيارات الأطوار الثلاثة بالإضافة إلى القدرة الكهربائية المركبة والاهم من ذلك هو قياس معامل قدرة المحرك الحثي بشكل دقيق.

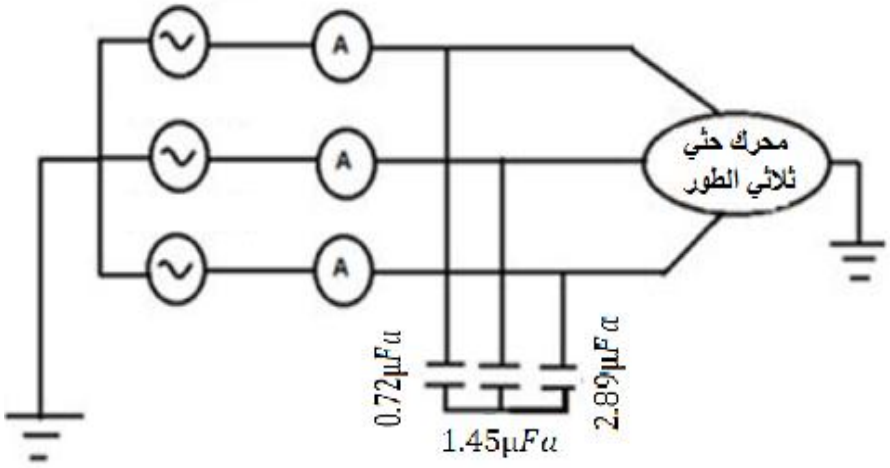


شكل (6): قياس معامل القدرة للمحرك الحثي باستخدام LVSIM-EMS قبل توصيل حزمة المكثفات.

2.5. الحالة الثانية:

- **دراسة معامل القدرة للمحرك الحثي ثلاثي الطور بعد توصيل المكثفات الكهربائية معه على التوازي:**

الشكل (7) المبين أدناه يوضح الدائرة المكافئة لدراسة جهود وتيارات الأطوار الثلاث بالإضافة إلى القدرة الكهربائية المركبة والأهم من ذلك هو حساب معامل القدرة الكهربائية عمليا حيث تم هنا إضافة مكثفات كهربائية على مراحل حيث تم توصيل مكثف لكل طور مع الحمل الحثي (المحرك الحثي ثلاثي الطور) على التوازي.



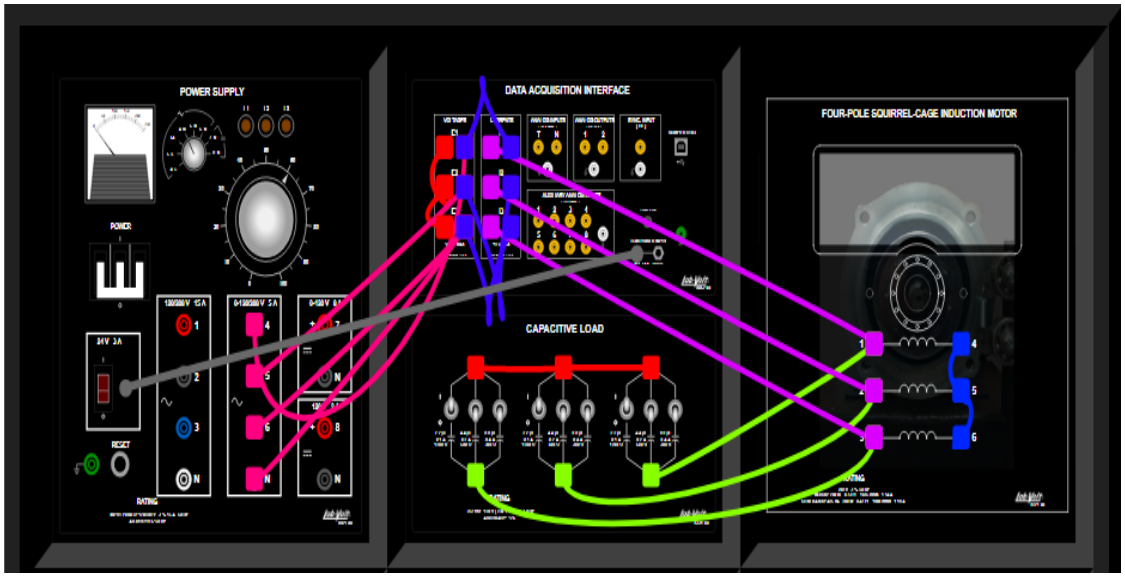
شكل (7): الدائرة المكافئة لاختبار المحرك الحثي ثلاثي الطور مع توصيل منظومة المكثفات.

شكل (8): منظومة المكثفات (الحمل السعوي) المستخدمة في تحسين معامل القدرة للمحرك الحثي[5 و7].

إن حزمة المكثفات المبينة في الشكل (8) الموضح أعلاه تتكون من تسعة مكثفات مرتبة في شكل ثلاث مجموعات، كل مجموعة مكونة من ثلاثة مكثفات متصلة مع بعضها على التوازي والتي يمكن فصلها وتوصيلها عن طريق مفاتيح الفصل والتوصيل المبينة لغرض الحصول على قيم متغيرة اثناء الاستخدام العملي والنظري. ان مجموعة المكثفات الثلاث يمكن أن يتم توصيلها بشكل مفرد للحمل الحثي ثلاثي الطور لإجراء التجارب العملية عليها. لقد تم

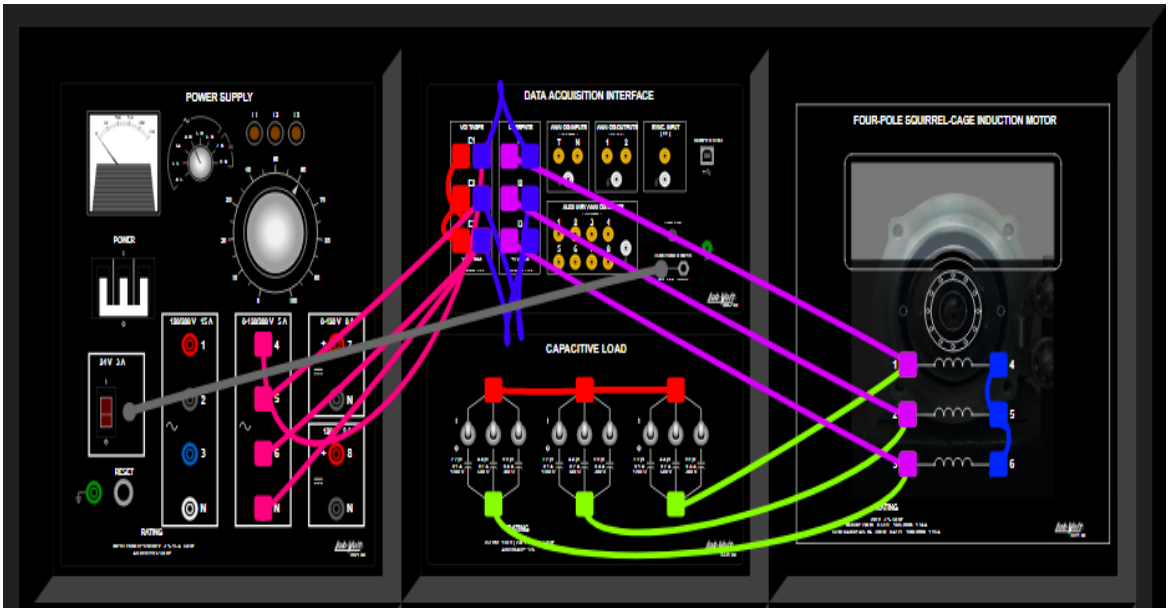
إضافة مقاومة غير مشحونة لمجموعة المكثفات عندما تم تصميمها وذلك لغرض التقليل من الجهد المتكون بين أطراف مجموعة المكثفات إلى 5% تقريباً من الجهد المسلط خلال نصف دقيقة تقريباً بعد فصل الحمل من منبع التغذية.

من الشكل (9.أ) المبين أدناه، حيث تم إضافة مكثف على التوازي سعته $0.72\mu Fa$ لكل طور مع المحرك الحثي لتحسين معامل القدرة أي التقليل بقدر الامكان من القدرة غير المرغوب فيها وهي القدرة غير الفعالة والتي بالفعل تؤثر على عمل وكفاءة المحرك الحثي ثلاثي الطور.



شكل (9.أ): إضافة مكثف على التوازي سعته $0.72\mu Fa$ لكل طور مع المحرك الحثي.

من الشكل (9.ب) المبين أدناه، حيث تم إضافة ثلاثة مكثفات على التوازي سعتهم $1.45\mu Fa$ و $2.89\mu Fa$ و $0.72\mu Fa$ لكل طور مع المحرك الحثي لتحسين معامل القدرة أي التقليل بقدر الإمكان من القدرة غير المرغوب فيها وهي القدرة غير الفعالة والتي بالفعل تؤثر على عمل وكفاءة المحرك الحثي ثلاثي الطور.



شكل (9.ب): إضافة ثلاث مكثفات على التوازي سعتهم $1.45\mu Fa$ و $2.89\mu Fa$ و $0.72\mu Fa$ لكل طور مع المحرك الحثي

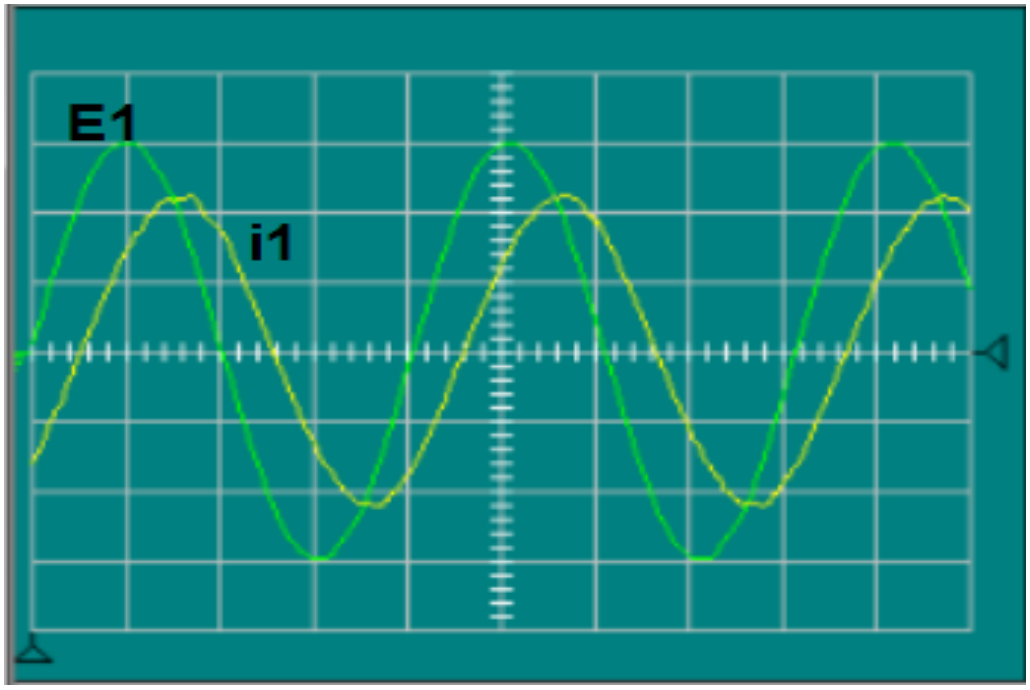
6. النتائج العملية:

1.6. الحالة الأولى: نتائج معامل القدرة قبل توصيل المكثفات الكهربائية مع المحرك الحثي ثلاثي الطور

من خلال الجدول (1) تبين النتائج المتحصل عليها من توصيل المحرك الحثي عملياً قبل توصيل مكثفات معه، حيث تم الحصول على قيم التيارات والجهود للأطوار الثلاث، بالإضافة إلى القدرة الكهربية الفعالة والقدرة الكهربائية الظاهرية والقدرة الكهربائية المفاعلة ومعامل القدرة للمحرك الحثي. الشكل (10) الموضح أدناه يبين العلاقة بين شكل موجة جهد الطور الأول وموجة تيار الطور الأول للمحرك الحثي قبل توصيل المكثفات.

الجدول (1): نتائج الجهود والتيارات والقدرة الكهربائية المركبة لكل طور ومعامل القدرة للمحرك الحثي ثلاثي الطور قبل توصيل المكثفات

نتائج الجهود والتيارات والقدرة الكهربائية المركبة لكل طور ومعامل القدرة			
الجهد الكهربي لكل طور	$E_1 = 103.8V$	$E_2 = 103.8V$	$E_3 = 103.8V$
التيار الكهربي لكل طور	$I_1 = 0.180A$	$I_2 = 0.190A$	$I_3 = 0.184A$
القدرة الحقيقية لكل طور	$P_1 = 11.33W$	$P_2 = 12.42W$	$P_3 = 12.38W$
القدرة الظاهرية لكل طور	$S_1 = 18.67VA$	$S_2 = 20VA$	$S_3 = 19.08VA$
القدرة غير الحقيقية لكل طور	$Q_1 = 15.11VAr$	$Q_2 = 15.99VAr$	$Q_3 = 14.80VAr$
معمل القدرة هو 0.600			



شكل (10): شكل موجتي الجهد والتيار الناتجة للمحرك الحثي قبل توصيل المكثفات

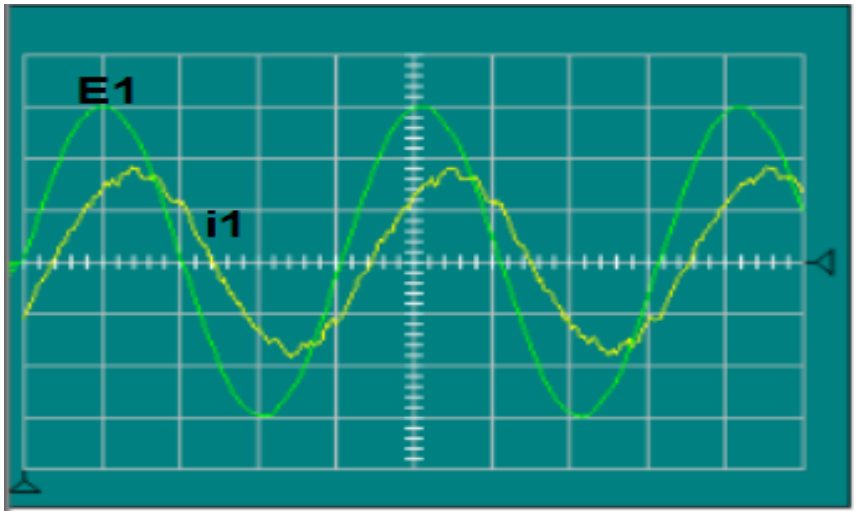
2.6. الحالة الثانية: نتائج معامل القدرة بعد توصيل المكثفات الكهربائية مع المحرك الحثي ثلاثي الطور

أولاً: حساب معامل القدرة بعد إضافة مكثف لكل طور مقداره $0.72\mu Fa$ مع المحرك الحثي ثلاثي الطور

من خلال الجدول (2) حيث تم إضافة مكثف لكل طور مقداره $0.72\mu Fa$ على التوازي مع المحرك الحثي وتم الحصول على قيم الجهود والتيارات للأطوار الثلاثة بالإضافة إلى القدرة الكهربائية الظاهرية والقدرة غير الفعالة، ومعامل القدرة المطلوب الأساسي هنا. الشكل (11) الموضح أدناه يوضح العلاقة بين موجتي التيار والجهد للطور الأول من المحرك الحثي والناتجة من إضافة مكثف كهربائي لكل طور ومتساوي في القيمة ومقداره $0.72\mu Fa$

الجدول (2): نتائج الجهود والتيارات والقدرة الكهربائية المركبة لكل طور ومعامل القدرة للمحرك الحثي ثلاثي الطور بعد توصيل المكثف $0.72\mu Fa$

نتائج الجهود والتيارات والقدرة الكهربائية المركبة لكل طور ومعامل القدرة			
الجهد الكهربي لكل طور	$E_1 = 104V$	$E_2 = 104V$	$E_3 = 104V$
التيار الكهربي لكل طور	$I_1 = 0.119A$	$I_2 = 0.130A$	$I_3 = 0.125A$
القدرة الظاهرية لكل طور	$S_1 = 12.68VA$	$S_2 = 14.01VA$	$S_3 = 13.27VA$
القدرة غير الحقيقية لكل طور	$Q_1 = 7.60VAr$	$Q_2 = 8.28VAr$	$Q_3 = 7.18VAr$
معمل القدرة هو 0.797			



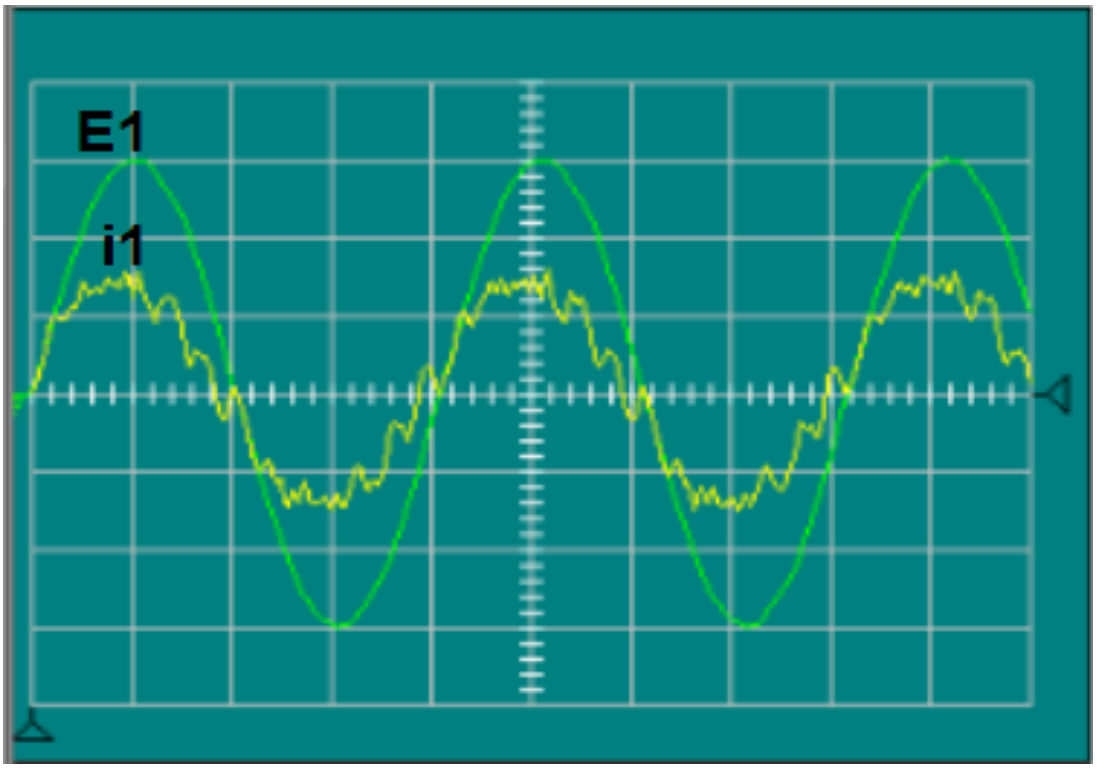
شكل (11): شكل موجتي الجهد والتيار بعد إضافة مكثف مقداره $0.72\mu Fa$ لكل طور.

ثانياً: حساب معامل القدرة للمحرك الحثي ثلاثي الطور بعد إضافة مكثفين آخرين ومقدار كل منهم $1.45\mu Fa$ و $2.89\mu Fa$ بالإضافة إلى $0.72\mu Fa$ المستخدم في الحالة الأولى.

من خلال الجدول (3) نلاحظ انه تم قياس معامل القدرة الكهربائية بالإضافة إلى القدرة الكهربائية المركبة لكل طور. الشكل (12) الموضح أسفل يبين شكل موجتي الجهد والتيار بعد إضافة المكثفات الكهربائية الثلاث لكل طور على التوازي مع المحرك الحثي ثلاثي الوجه.

الجدول (3): نتائج الجهود والتيارات والقدرة الكهربائية المركبة لكل طور ومعامل القدرة للمحرك الحثي ثلاثي الطور بعد توصيل المكثفات $0.72\mu Fa$ و $1.45\mu Fa$ و $2.89\mu Fa$

نتائج الجهود والتيارات والقدرة الكهربائية المركبة لكل طور ومعامل القدرة			
الجهد الكهربي لكل طور	$E_1 = 104V$	$E_2 = 104V$	$E_3 = 104V$
التيار الكهربي لكل طور	$I_1 = 0.099A$	$I_2 = 0.108A$	$I_3 = 0.110A$
القدرة الحقيقية لكل طور	$P_1 = 10.11W$	$P_2 = 11.29W$	$P_3 = 11.04W$
القدرة الظاهرية لكل طور	$S_1 = 10.57VA$	$S_2 = 11.66VA$	$S_3 = 11.66VA$
القدرة غير الحقيقية لكل طور	$Q_1 = -2.55VAr$	$Q_2 = -2.20VAr$	$Q_3 = -3.13VAr$
معمل القدرة هو 0.970			



شكل (12): شكل موجتي الجهد والتيار للمحرك الحثي بعد توصيل مكثفات مقدارها $1.45\mu Fa$ و $2.89\mu Fa$ و $0.72\mu Fa$

المناقشة:

- من خلال نتائج الحالة الأولى والجدول (1) نلاحظ أنه قبل توصيل المكثفات الكهربائية مع المحرك الحثي وجد أن معامل القدرة (0.6) وهو معامل قدرة منخفض والسبب في ذلك هو أن القدرة الكهربائية لكل طور وغير المرغوب فيها (القدرة غير الفعالة) أكبر مقارنة بالقدرة الكهربائية المرغوب فيها لكل طور (القدرة الحقيقية) المتكونة نتيجة الحمل الحثي.

- من خلال شكل موجتي الجهد (E_1) والتيار (I_1) المبينة في الشكل (10) نجد أن هناك فرق في الطور (زاوية الطور) بين موجتي الجهد والتيار وهذا يدل على أن معامل القدرة اقل بكثير من الواحد الصحيح نتيجة للحمل الحثي المتصل. إن انخفاض معامل القدرة يسبب ظهور فرق في الطور بين موجتي التيار والجهد بين أطراف الحمل الحثي كما بالشكل (10)، وهذا يقلل من كفاءة المحرك الحثي وعمره الافتراضي.
- من خلال نتائج الحالة الثانية ومن الجدول (2) حيث تم إضافة مكثف لكل طور مقداره $0.72\mu Fa$ حيث انخفض مقدار القدرة الكهربائية غير الفعالة وهي القدرة غير المرغوب فيها إلى النصف مقارنة بنتائج الحالة الأولى وأصبح معامل القدرة (0.797) حيث نلاحظ من هذه القياسات انه قد تحسن معامل القدرة بشكل واضح.
- وبالنظر إلى شكل موجتي الجهد والتيار المبينة في الشكل (11) نلاحظ ان زاوية الطور بين الموجتين قد قلت مقارنة بزاوية الطور لموجتي الجهد والتيار المبينة في الشكل (10) ولهذا يجب إضافة مكثفات أخرى ليصبح معامل القدرة قريباً من الواحد الصحيح.
- من نتائج الجدول (3) وبعد إضافة ثلاثة مكثفات لكل طور على التوازي مع المحرك الحثي دفعة واحدة ومقدار كل منهم $1.45\mu Fa$ و $2.89\mu Fa$ بالإضافة إلى $0.72\mu Fa$ نجد ان معامل القدرة أصبح (0.97) وازدادت قيمة القدرة الفعالة المرغوب فيها بشكل ملحوظ وقلت القدرة الكهربائية المفاعلة بشكل ملحوظ مقارنة بنتائج الحالات السابقة كما بالجدول (3) وهنا قد انتهت العملية ولا يتم إضافة أي مكثفات أخرى لان معامل القدرة قريب جداً من الواحد الصحيح وهذا هو المطلوب.
- من خلال شكل موجتي التيار والجهد المبين في الشكل (12) نلاحظ انه لا يوجد تقريباً فرق في الطور بين موجتي التيار والجهد (الموجتين في نفس الطور تقريبا) وهذا يدل على ان

معامل القدرة قريباً من الواحد الصحيح مقارنة بالحالة الأولى وقبل توصيل المكثفات حيث كان معامل القدرة (0.6)، أي ان معامل القدرة المرتفع والقريب من الواحد الصحيح لا يسبب فرق في الطور بين موجتي الجهد والتيار بين أطراف الحمل وفي هذه الحالة يعمل المحرك بكفاءة جيدة مع إطالة في عمر هذه الآلة (المحرك الحثي) وبالإضافة إلى أن تكاليف الطاقة ستكون في المستوى المطلوب ما دام أن هذه الآلة تشتغل عند معامل قدرة مقداره الوحدة تقريباً.

7. الاستنتاج:

- إن معامل القدرة المنخفض غير المرغوب فيه للغاية لأنه يسبب زيادة في التيار، مما يؤدي إلى خسائر إضافية في القدرة الفعالة في جميع عناصر نظام نقل القدرة الكهربائية بداية من مولد محطة القدرة إلى أجهزة الاستخدام بشكل عام وبالإضافة إلى زيادة القدرة الكهربائية غير المرغوب فيها (القدرة المفاعلة). لذلك ومن أجل ضمان الظروف الأكثر ملائمة لنظام التوليد من الناحية الهندسية والاقتصادية، فإنه من المهم أن يكون معامل القدرة قريبًا من الواحد الصحيح قدر الإمكان. في هذه الورقة قد تم التطرق إلى معامل القدرة وأهميته ومميزاته، بالإضافة إلى كيفية تحسين معامل القدرة الكهربائية لمحرك حثي ثلاثي الطور عملياً باستخدام برنامج (LVSIM-EMS)، حيث تم تحسين معامل القدرة للمحرك الحثي من0.6 إلى 0.97 باستخدام طريقة الربط المباشر للمكثفات على التوازي مع هذا الحمل الحثي (المحرك الحثي ثلاثي الطور).
- إن تحسين معامل القدرة لمحرك حثي لا يعني التقليل أو تحسين التوافقيات بل من الممكن ان تزداد التوافقيات غير المرغوبة فيها وبالتالي نحتاج إلى الفلاتر للتخلص منها، الامر الذي

يتطلب تكاليف قد تكون عالية جداً لغرض تحسين جودة القدرة من ناحية وخلوها من التوافقيات غير المرغوبة من ناحية أخرى.

8. المراجع:

أولاً: المراجع العربية:

[1] د. عبد المنعم موسى ، "تحسين معامل القدرة باستخدام المكثفات"، دار الراتب الجامعية، بيروت لبنان، 1994.

[2] د.م. كامليا يوسف، "المكثفات وتحسين معامل القدرة"، دار الكتب المصرية، 2009.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

[3] Samarjit Bhattacharyya, A Choudhury, H.R. Jariwala, "Case Study on Power Factor Improvement", 8372-8378 International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST), Vol. 3 No.12 December 2011- 0975-5462.

[4] Jhon Ware, "Power factor correction", IEEE Wiring Matters, spring 2006.

[5] Lab-Volt manual, https://www.google.com/search?q=labvolt+induction+motor

[6] https://www.electropro.net/2020/04/blog-post_46.html

[7] http://localhost/LVSIMWeb/global.aspx