IRAQI Academic Scientific Journals
Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ) Vol.28, No.1, March 2023, pp. 116-124

تحسين كفاءة منظومة توزيع قياسية باستخدام طريقة تصحيح معامل القدرة

محمد احمد محمد
muhammed.20enp56@student.uomosul.edu.iq

وائل هاشم حمدون
waelhashem_67@uomosul.edu.iq

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم الهندسة الكهربائية - موصل - العراق

تاريخ الاستلام: 2022-4-24 استلم بصيغته المنقحة: 2-8-2022 تاريخ القبول: 21-9-2022

الملخص

أغلب الاحمال في نظام التوزيع تكون احمال حثية، وذلك بسبب طبيعة الاحمال المنزلية التي تكون معظمها محركات تستهلك قدرة غير فعالة (Reactive Power)، وهذه الاحمال تكون ذات عامل قدرة منخفض وتتسبب في هبوط الجهد وزيادة خسائر القدرة في الاسلاك، واكثر نظام يتأثر بفقد القدرة وهبوط الجهد هو نظام التوزيع منخفض الجهد 0.4 كيلو فولت، وذلك بسبب طبيعة التيار الكبير الذي يمر في هذا النظام. في هذا البحث تم اجراء محاكاة لنظام توزيع شعاعي قياسي منخفض الجهد (IEEE 30 Bus System) في برنامج (Power World Simulator) لتقييم و تحسين كفاءة نظام التوزيع عن طريق تركيب مكثفات يدوياً عند كل مستهلك لتصحيح عامل القدرة للتقليل من هبوط الجهد وخسائر القدرة الكهربائية في الاسلاك، أجريت عملية المحاكاة للنظام عند احمال ثابتة وتم التعويض عن القدرة الغير فعالة بما يعادلها يدوياً بإضافة المكثفات للحفاظ على عامل القدرة قريباً من الوحدة (Unity). الهدف الرئيسي من البحث هو دراسة تأثير تصحيح عامل القدرة عند كل مستهلك على كفاءة نظام التوزيع الكلية ليكون أساساً لتصميم وحدة تصحيح عامل القدرة تلقائياً يمكن تركيبهُ في المنازل والمباني التجارية والمصانع الصغيرة. وكانت نتائج المحاكاة واعدة لتحسين كفاءة وموثوقية النظام الكلية بنسب جيدة.

الكلمات المفتاحية :

نظام التوزيع، معامل القدرة، القدرة الغير فعالة، المكثفات، هبوط الجهد.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
https://rengj.mosuljournals.com

1.المقدمة (Introduction) :

نظام الطاقة الكهربائية يتكون عادةً من اربعة أجزاء رئيسية هي (التوليد، النقل، التوزيع، الاحمال)، منظومة التوزيع كبيرة ومعقدة وهي المرحلة التي تعمل على توصيل الطاقة الكهربائية إلى المستهلكين [1] . أغلب الاحمال المنزلية والصناعية في منظومة التوزيع الكهربائية ذات طبيعة حثية، وتعرف الاحمال الحثية بأنها الاحمال الكهربائية التي تعمل بواسطة المجال المغناطيسي الناتج من مصدر قدرة ذي تيار متردد مثل (المحركات الحثية، المحولات، الثلاجات، مكيفات الهواء، أفران الكهربائية، ومضخات المياه، مصابيح الفلورية). الاحمال الحثية تتسبب في انخفاض عامل القدرة، وبشكل عام فان عامل القدرة هو نسبة القدرة الفعالة (active power) على القدرة الظاهرية (apparent power) وبالتالي فان كان عامل القدرة منخفض هذا يعني ان القدرة الظاهرية المسحوبة تكون أعلى بكثير من القدرة الفعالة المستهلكة بسبب الاحمال الحثية التي تستهلك قدرة الغير فعالة (reactive power)،لذلك فان عامل القدرة له اهمية كبيرة في المنظومة الكهربائية في جميع انحاء العالم لأنه يحدد كفاءة نظام توزيع الطاقة الكهربائية، واذا اردنا ان نستهلك القدرة الكهربائية بشكل جيد وفعال يجب ان تكون قيمة عامل القدرة عالية قريبة من واحد. ويرجع سبب انخفاض عامل القدرة إلى الاختلاف في الطور بين موجة الجهد والتيار عند اطراف الاحمال الحثية، او احتواء الموجات على نسبة عالية من التوافقيات. ان تشغيل الاحمال المنزلية والصناعية ذات عامل قدرة منخفض له أضرار كبيرة على الشبكة الكهربائية، حيث يتسبب في سحب تيار عالي وينتج عن ذلك خسائر نحاسية كبيرة وهبوط في الجهد الكهربائي، بالإضافة إلى ذلك، فإن التشغيل عند عامل قدرة منخفض يتطلب معدات مثل (المولدات، خطوط النقل، محولات الطاقة، معدات حماية) بمقتنات أكبر للعمل بشكل صحيح، وهذا يتسبب في تكلفة مالية إضافية باهظة بالإضافة إلى الخسائر الكهربائية[2][3][4] .

ولمعالجة هذه المشكلة والعمل على تحسين عامل القدرة وتقليل الخسائر المالية والكهربائية للمنظومة الكهربائية، تقوم الشركات الكهربائية بنصب بنوك مكثفات ثابتة على التوازي مع خطوط التوزيع الثانوية لتصحيح معامل القدرة ولتقليل التيار التي تستهلكه الاحمال المحلية، ومع ذلك، فإن استخدام بنوك المكثفات الثابت من قبل شركات الكهرباء لتصحيح عامل القدرة على خطوط التوزيع الثانوية ليست حلا فعالاً في البلدان النامية، حيث يتطلب هذا العمل عمال مدربين جيداً لحساب الموقع المناسب لهذه المكثفات في خطوط التوزيع، بالإضافة إلى ذلك، فإن إصلاح وصيانة هذه المكثفات صعب ومكلف جداً، وعلاوة على ذلك، فإن بنوك المكثفات الثابتة يمكن ان تسبب ضرراً لنظام التوزيع عن طريق سحب تيار كبير في اوقات انخفاض الطلب على الطاقة من قبل المستهلكين المحليين، نتيجة لذلك أصبحت هذه الاستراتيجية لتحسين عامل القدرة في نظام التوزيع من قبل الشركات الكهربائية غير فعالة وغير اقتصادية، وبالتالي هناك حاجة ماسة وقوية لأنظمة أفضل من أجل تحسين عامل القدرة لأنظمة توزيع الطاقة للمستهلكين المحليين.

يعد تركيب انظمة تصحيح عامل القدرة التلقائي أحادي الطور من قبل كل مستهلك للطاقة في بيته أو منشأته الخاصة لتحسين عامل القدرة لأحماله أحد الخيارات الجيدة لحل المشاكل المذكورة أعلاه بالإضافة إلى انها وسيلة ممتازة لتقليل فاتورة الكهرباء للشركات التي تحاسب على كمية القدرة الخيالية [3][4].

تم اقتراح العديد من البحوث لطرق تحسين عامل القدرة ففي المصدر [5] تم اجراء دراسة حول تأثير الطاقة الكهروضوئية المتغيرة على عامل قدرة للشبكة تحت ظروف التحميل المختلفة. حيث تشير الدراسة انه في ظل حالة الحمل الغير متوازن، قد يؤدي حقن الطاقة من نظام الكهروضوئية إلى تحسين عامل القدرة للشبكة. وفي المصدر [6] تم دراسة و تصميم مرشحات قدرة لتقليل التشوه التوافقي وتصحيح عامل القدرة، حيث يقدم البحث طريقة مقترحة للتقليل من التكلفة الإجمالية للمرشحات المصممة، بحيث يكون التشوه التوافقي ضمن الحدود المقبولة وبالتالي تحسين عامل القدرة. وفي المصدرين [7] و [8] تم تقديم بحث لتحسين عامل القدرة اوتوماتيكيا حيث يقوم هذا الجهاز بقراءة عامل القدرة من خلال اشارات جهد وتيار الحمل وعن طريق تحديد التأخير الزمني لوصول اشارة التيار بالنسبة لإشارة الجهد، ومن ثم يتم تحويل هذا الزمن إلى زاوية ومعامل قدرة عن طريق متحكم دقيق، و يقوم هذا المتحكم بادخال مكثفات مختلفة حسب قيمة عامل القدرة . وفي المصدر [9] تم تقديم ورقة بحثية يقترح فيها تصحيح عامل القدرة باستخدام نموذج المكثف الكسري المقترح، حيث ان ادخال مكثف كسري سيجعل تصحيح عامل القدرة أكثر مرونة مقارنتاً بتلك التي تستخدم مكثفاً تقليدياً، واستخدم في التحكم في المكثف العاكس (Inverter) مع مقاومة لان العاكس يعمل كمصدر جهد متحكم به وبذلك يمكن تغيير قيمة المكثف عن طريق تغيير عناصر التحكم في العاكس .وفي مصدر [10] تم تقديم بحث حول العامل الاقتصادي لتصحيح عامل القدرة، وأكدت الدراسة على ان تكلفة الطاقة الكهربائية أعلى نسبياً بالنسبة لعامل القدرة الغير مصحح ، وأكدت الدراسة ايضاً ان استخدام المكثفات لتحسين عامل القدرة ضروري جداً ومهم لضمان خفض تكلفة الطاقة الكهربائية.

2.تصحيح عامل القدرة (Power Factor Correction):

عامل القدرة (Power factor) هو احد العناصر المهمة في مجال الهندسة الكهربائية، ولكن قبل ان نبدأ في تعريف عامل القدرة وكيفية تصحيحه لابُد ان نتعلم اقسام القدرة الكهربائية وتكون على ثلاث أقسام :

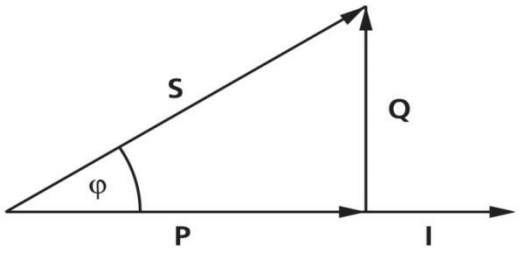
اولا: القدرة الفعالة (Active Power) ويطلق عليها أيضاً القدرة الحقيقية وهي التي يمكن ان نعبر عنها بانها القدرة المستفاد منها بصورة حركة في المحركات وبصورة ضوء في المصابيح وبصورة حرارة في السخانات، وهي حاصل ضرب الجهد الكهربائي في تياره في جيب تمام الزاوية بين الجهد والتيار كما موضح في المعادلة (1) وتقاس بالوات (Watt) ويرمز لها بالحرف(P).

ثانيا: القدرة الغير فعالة (Reactive Power) ويطلق عليها أيضاً القدرة الخيالية وهي القدرة التي تتدفق ذهاباً و اياباً بين المولد للقدرة الكهربائية وبين الاحمال، وهي لا تتحول إلى قدرة نافعة ولكن لا يمكن الاستغناء عنها لان لها دور مهم وهو توليد المجال المغناطيسي للمكائن الكهربائية. وهي حاصل ضرب الجهد في التيار في جيب الزاوية بين الجهد والتيار كما موضح في المعادلة (2)، وتقاس بالفار (Var) ويرمز لها بالحرف (Q).

ثالثا: القدرة الظاهرية (Apparent Power) وهي القدرة الكلية الناتجة من حاصل الجمع الاتجاهي بين القدرة الفعالة والقدرة الغير فعالة و الشكل (1) يبين العلاقة بين اقسام القدرة ، وهي أيضاً حاصل ضرب الجهد في التيار كما موضح في المعادلتين (3) و (4)، وتقاس بالفولت امبير (Volt Amper)، ويرمز لها بالحرف (S)[11].

$$(1) P = \sqrt{3} * V * I * \cos\theta$$

$$(2) Q = \sqrt{3} * V * I * \sin\theta$$



$$(3) S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

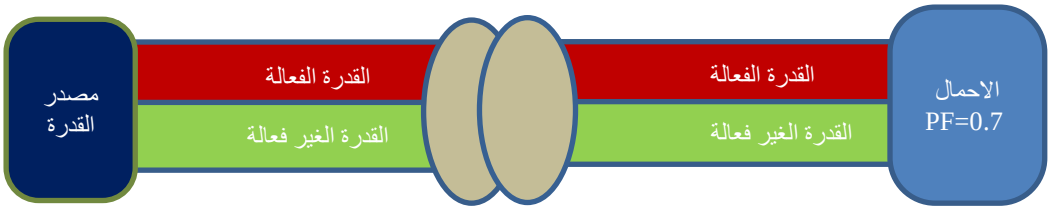
$$(4) S = \sqrt{3} * V * I$$

الشكل (1) مثلث القدرة[11] .

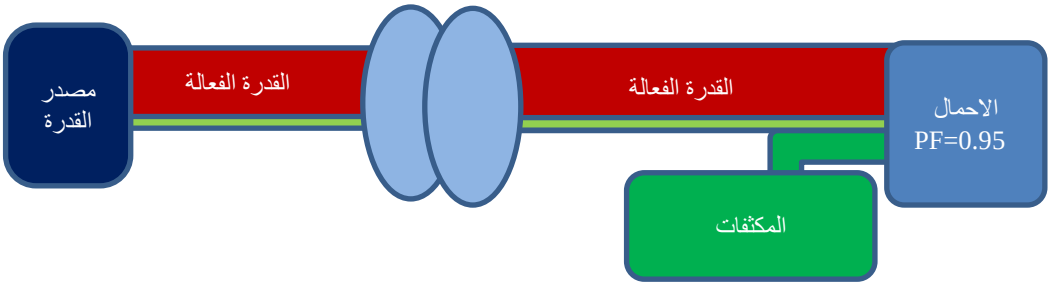
ان عامل القدرة لحمل ما والذي يمكن ان يتكون من جهاز واحد مستهلك للطاقة الكهربائية او عدداً من الاجهزة يمكن تعريفه على أنه القدرة الفعالة مقسومة على القدرة الظاهرية عند أي لحظة، ويمكن ان يكون جيب تمام الزاوية بين الجهد والتيار وهو قانون مناسب لحساب القدرة الفعالة والغير فعالة والجهد والتيار في مجال دراسة الهندسة الكهربائية، وتعتمد دقة هذا القانون على عدم وجود التيارات والجهود التوافقية للنظام[12].

نظراً لأنه يجب تحديد مقننات القدرة الظاهرية لعناصر نظام توزيع الطاقة الكهربائية عند التصميم، يتم بذل أقصى الجهود لإبقاء هذا النظام عند اقل قيمة من القدرة الظاهرية قدر الامكان، ولأنه الاحمال الحثية ذات العامل القدرة المنخفض تحتاج إلى قدرة غير فعالة وهذا يساهم في زيادة القدرة الظاهرية و مفاقيد القدرة وهبوط الجهد، لذلك يلجأ مهندسو الكهرباء إلى تحسين عامل القدرة بعدة طرق اشهرها تركيب مكثفات ذات قيم مناسبة قريبة من الاحمال وبذلك سوف تدور القدرة الغير فعالة ذهاباً و إياباً بين المكثف والحمل، وهذا يعني ان بقية نظام التوزيع لا يمر من خلالها هذه القدرة، كما مبين بالشكل ("2"أ &ب). اذا تم تحقيق عامل القدرة واحد فإن التيار المتدفق في نظام التوزيع هو تيار القدرة الفعالة فقط، لأن التيار السعوي (Ic) سوف يسير بنفس طريق سريان القدرة التي يكون التيار الحثي(I_L) من ضمنها. وكما هو معلوم فإن التيار السعوي يتقدم على الجهد ب 90 درجة على عكس التيار الحثي الذي يتأخر ب90 درجة فان سريان كلاهما بنفس الطريق يلغي أحدهما الاخر، لو كان التيار السعوي كبير إلى حد انه يساوي التيار الحثي ($Ic=I_L$) فانه لا يوجد تيار حثي يمر من خلال نظام التوزيع ولهذا السبب تسمى المكثفات احياناً "مولدات القدرة الغير فعالة". ان تركيب مكثفات لتصحيح عامل القدرة تلقائياً عند أحمال كل مستهلك يمكن ان تقلل من تكلفة فاتورة الكهرباء للشركات التي تحاسب على القدرة الظاهرية، بالإضافة إلى ذلك، فإن عامل القدرة العالي له مردود فني واقتصادي لنظام القدرة الكهربائية، فإنه يعمل على تقليل الفقد (قدرة ظاهرية وغير فعالة) في الكابلات وتقليل هبوط الجهد عند المستهلكين وبالتالي زيادة القدرة المتاحة لتجهيز الاحمال، اي مع تصحيح عامل القدرة لحمل ما مزود بالقدرة الكهربائية من محول ما، فإن التيار المار في المحول يكون اقل مما

يسمح بإضافة احمال أخرى، وقد يكون الامر اقل تكلفة من استبدال المحول بواحدة أكبر [11][12][13].



الشكل ("2" أ) القدرة الفعالة والغير فعالة في نظام التوزيع قبل تعديل عامل القدرة.



الشكل ("2" ب) القدرة الفعالة والغير فعالة في نظام التوزيع بعد تعديل عامل القدرة.

3.تحليل تدفق الحمل (Power Flow Analysis) :

يعد تحليل تدفق القدرة مكونًا حيويًا لأنظمة الطاقة. بدونها ، لا يمكن وصف كامل لأنظمة الطاقة. يمكن استخدامه لمراقبة الجهد و تدفقات القدرة الفعالة والغير فعالة في مواقع مختلفة من نظام الطاقة. علاوة على ذلك ، يمكن العثور على الخسائر القدرة الفعالة والغير فعالة في خطوط النقل. باختصار ، يمكن من خلال تحليل تدفق القدرة التحقق من الحالة العامة للنظام للتأكيد ما إذا كان يعمل في حالة صحية أم لا.

تتوفر العديد من برامج الكمبيوتر التجارية لإجراء دراسات ومحاكاة تدفق الأحمال. في هذا البحث استخدمنا برنامج Power World Simulator نظرًا لميزاته الجذابة والواضحة. من الجهة النظرية ، يتم تنفيذ حسابات تدفق الحمل في الغالب باستخدام طرق مختلفة مثل Gauss-Seidel و Newton Raphson [14]. في هذا البحث ، يتم إجراء حسابات تدفق الحمل باستخدام طريقة Gauss-Seidel لأنها تتميز بأن متطلبات الخزن قليلة وانها سهلة الفهم وتستغرق زمن قليل في اجراء الحسابات لكل تكرار ولها خصائص تقارب خطية.

$$P_i = Real\left[V_i^* \sum_{j=1}^{n} Y_{ij} V_j\right], \quad i = 1, 2 \ldots\ldots, n$$

$$Q_i = Imag\left[V_i^* \sum_{j=1}^{n} Y_{ij} V_j\right], i = 1, 2 \ldots\ldots, n$$

$$V_i^{(k+1)} = \frac{1}{Y_{ii}}\left[\frac{P_i + jQ_i}{V_i^{*(k)}} - \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{n} Y_{ij} V_j^{(k)}\right]$$

$\mathbf{P_i}$: القدرة الفعالة عند العمومي i .

$\mathbf{Q_i}$: القدرة الغير فعالة عند العمومي i .

K : عدد مرات التكرار .

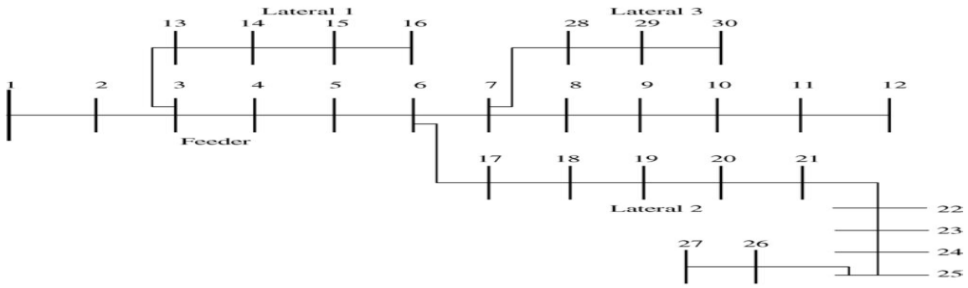
ومن المعادلات المستخدمة في هذه الطريقة هي معادلات القدرة والجهد كما موضح ادناه

4.منهجية البحث (Research Methodology):

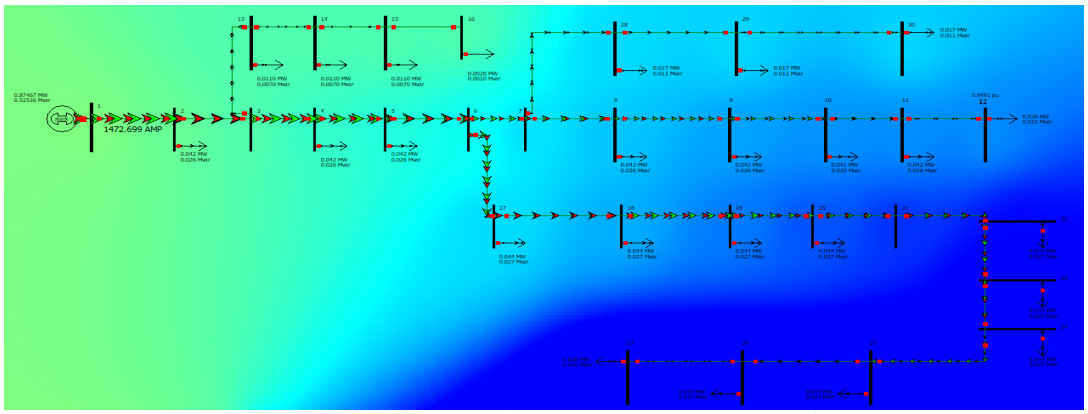
في هذا البحث، يتم دراسة منظومة توزيع شعاعية (Radial distribution system) تتكون من 30 عمومي (Bus) ، كما موضح في الشكل(3)، وتحتوي أغلب هذه العموميات (Buses) على احمال سكنية ثابتة بعامل قدرة متأخر يتراوح بين 0.84 إلى 0.86 وهذه الاحمال مجهزة بالقدرة من مصدر واحد بجهد 0.4 كيلو فولت. بيانات هذه الشبكة موضحة في الملحق (أ) مأخوذة من المصدر [15]. .تم اجراء عملية محاكاة لهذه الشبكة في برنامج (Power World Simulator) لتحليل سريان القدرة لمعرفة الجهد عند كل عمومي وخسائر القدرة الفعالة و غير الفعالة والقدرة المتدفقة في كل خط بين العموميات.

بعد تحليل سريان القدرة لهذه المنظومة في برنامج (Power World Simulator)، تبين وجود هبوط في الجهد بنسبة أكبر من (5%) في بعض العموميات خاصةً التي تكون بعيدة عن المغذي. كما موضح في الشكل(4). "اللون الأزرق يدل على وجود هبوط في الجهد واللون الاصفر يدل على أن الجهد طبيعي واللون الاحمر يدل على وجود ارتفاع في الجهد". بالإضافة إلى خسائر القدرة في الخطوط نتيجة لمرور تيار عالي بسبب استهلاك القدرة الغير فعالة.

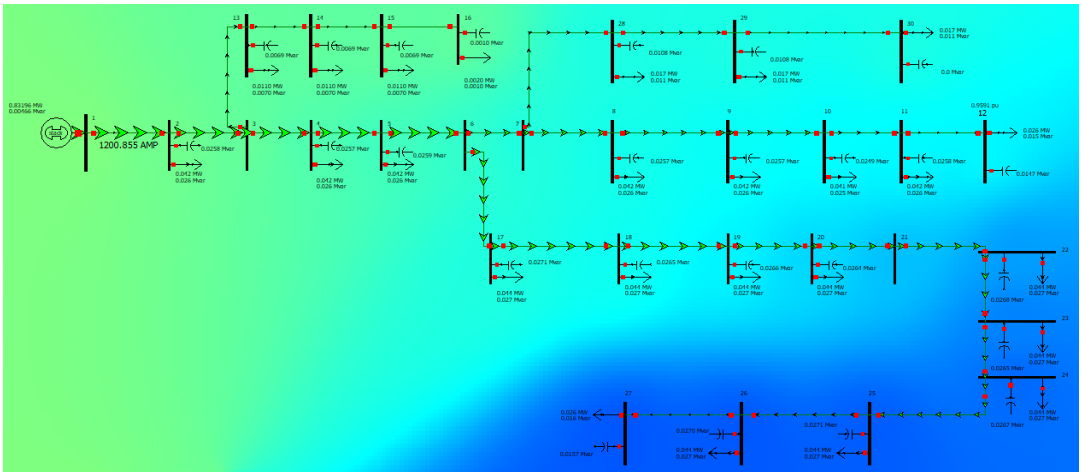
تم اقتراح طريقة وهي إضافة مكثفات عند كل عمومي بشكل يدوي، وتكون سعة هذه المكثفات مقاربة لقيمة القدرة الغير فعالة التي يحتاجها المستهلك، وذلك لتقليل الهبوط في الجهد وخسائر الخطوط وتحسين عامل القدرة للنظام بشكل عام. وقد اجرينا هذه التجربة بواسطة برنامج (Power World Simulator) عند احمال معينة، كما موضح في الشكل (5)، إن الهدف الاساسي للتجربة هو معرفة ودراسة نتائج تحسين عامل القدرة تلقائياً للأحمال المنزلية على الشبكة، حيث ان هذا العمل هو جزء من رسالة ماجستير لتصميم وتطوير وحدة تصحيح عامل القدرة والتحكم في كمية القدرة الغير فعالة تلقائياً للأحمال المنزلية. وكانت النتائج واعدة في تقليل نسبة هبوط الجهد وخسائر الخطوط، حيث يظهر الشكل انخفاض نسبة اللون الأزرق، كما قلّت خسائر الخطوط بسبب انخفاض نسبة استهلاك القدرة الغير فعالة من المغذي.



الشكل (3) نظام توزيع شعاعي (IIIE 30-Bus).[15]



الشكل (4) يوضح نسبة هبوط الجهد في العموميات قبل تعديل عامل القدرة



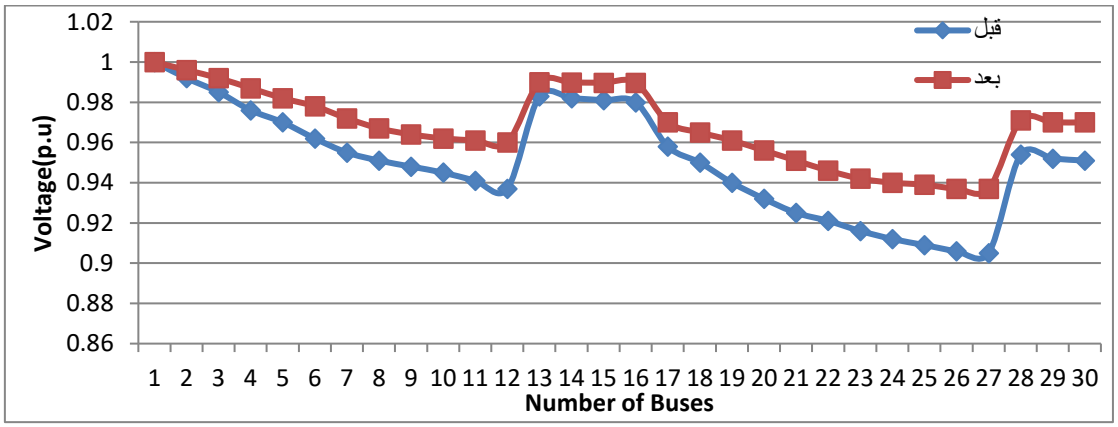
الشكل (5) يوضح نسبة هبوط الجهد في العموميات بعد تعديل عامل القدرة.

5.النتائج والمناقشة (Results and Discussion) :

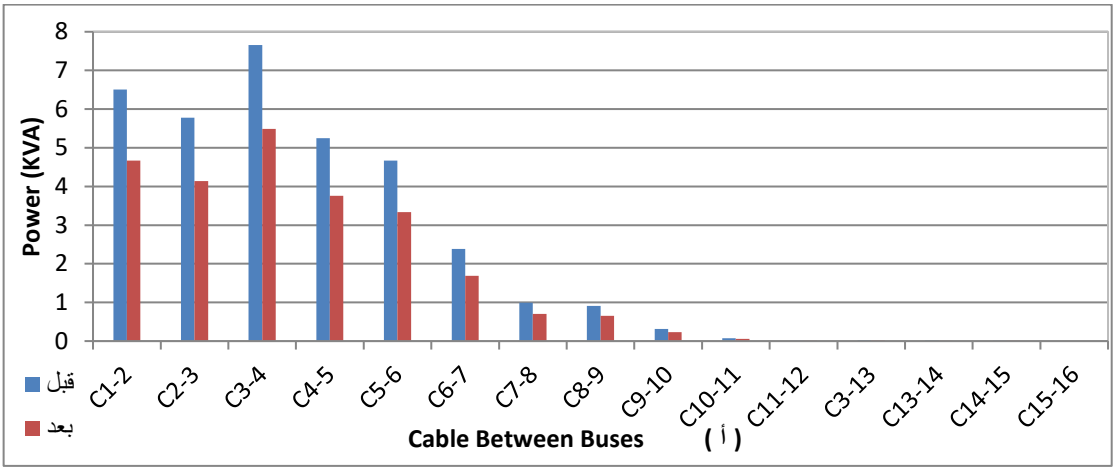
في هذا البحث، تم اجراء تجربة بواسطة برنامج (Power World Simulator) لتحسين كفاءة منظومة توزيع قياسية عن طريق تعديل عامل القدرة، حيث تم دراسة تأثير تعديل عامل القدرة للمنظومة من ثلاث جوانب، الاول تأثيره على جهد النظام والثاني تأثيره على خسائر القدرة للأسلاك الناقلة للقدرة الكهربائية والثالث تأثيره على كمية القدرة المتدفقة في الأسلاك، وكانت النتائج مشجعة. حيث ان قبل اجراء عملية التعديل لعامل القدرة كانت نسبة الهبوط في الجهد في أغلب العموميات (Busbars) خاصةً التي تكون بعيدة عن مصدر الجهد بين (5% الى 10%) من القيمة المقننة لجهد المغذي.

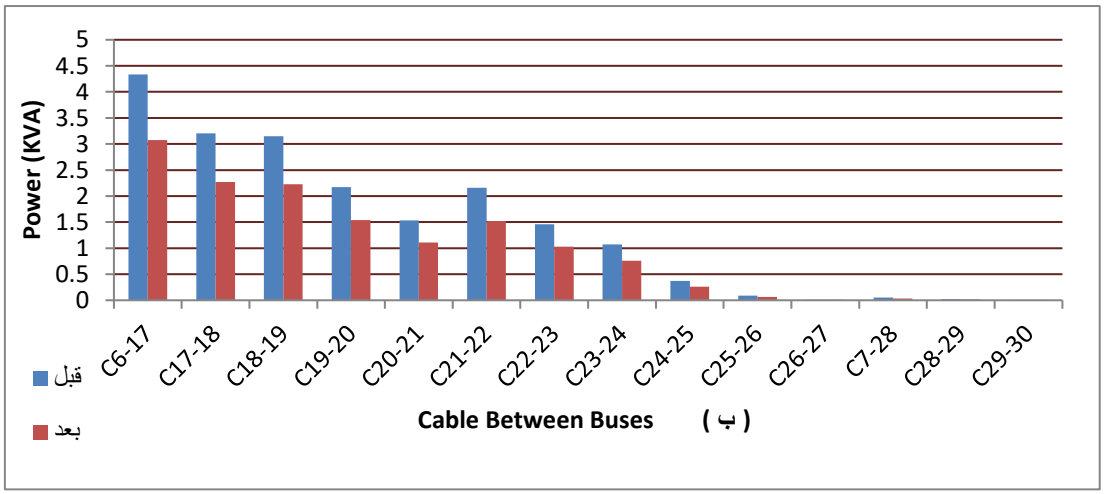
بعد اجراء عملية التعديل لعامل القدرة انخفضت نسبة الهبوط في الجهد من 2% إلى 4% كما موضح الرسم البياني في الشكل (6). أما خسائر القدرة الكهربائية الضائعة في الاسلاك انخفضت بنسبة كبيرة بلغت 28.76%. حيث بلغت الخسائر القدرة الكلية في اسلاك المنظومة قبل عملية التعديل (53.95 KVAR) وبعد التعديل انخفضت إلى (38.43 KVA)، الشكل ("7" أ & ب) يوضح انخفاض الخسائر في كل خط من منظومة التوزيع. اما القدرة الكلية المستهلكة في هذه الشبكة فقد انخفضت بنسبة 15%، حيث كانت القدرة المسحوبة من المصدر قبل عملية التعديل (1020 KVA)، وبعد عملية التعديل انخفضت إلى (836 KVA) وذلك بسبب التعويض عن القدرة الغير فعالة بواسطة المكثفات. الشكل ("8" أ & ب) يوضح سريان القدرة في كل خط قبل وبعد عملية التعويض.

تمت مقارنة هذه الدراسة مع طريقة مقترحة في سنة 2015 [16] والتي قدم فيها الباحث خوارزمية اسماها (Bat algorithm) لايجاد الحجم الامثل للمكثف وكان الهدف منها تقليل فقد القدرة الكلي للنظام. تم اختبار الطريقة على نظام توزيع شعاعي متكون من ٣٤ عمومي (IEEE 34 Bus)، حيث كانت القدرة الفعالة والغير فعالة الكلية للنظام (2873.5Kvar،4636Kw) وخسائر القدرة الفعالة للنظام(Kw 221.9) والانخفاض في الجهد على بعض العموميات وبالأخص البعيدة عن مصدر القدرة يتراوح بين (4% إلى 6%)، وبعد تركيب المكثفات انخفضت خسائر القدرة الفعالة 25% وتحسن الجهد بنسبة (0.5% _ 1%). في هذا البحث كانت النتائج أفضل نسبياً حيث بلغت نسبة تقليل الخسائر إلى 28.76٪ وارتفع الجهد بنسبة تتراوح بين (2% _ 4%).

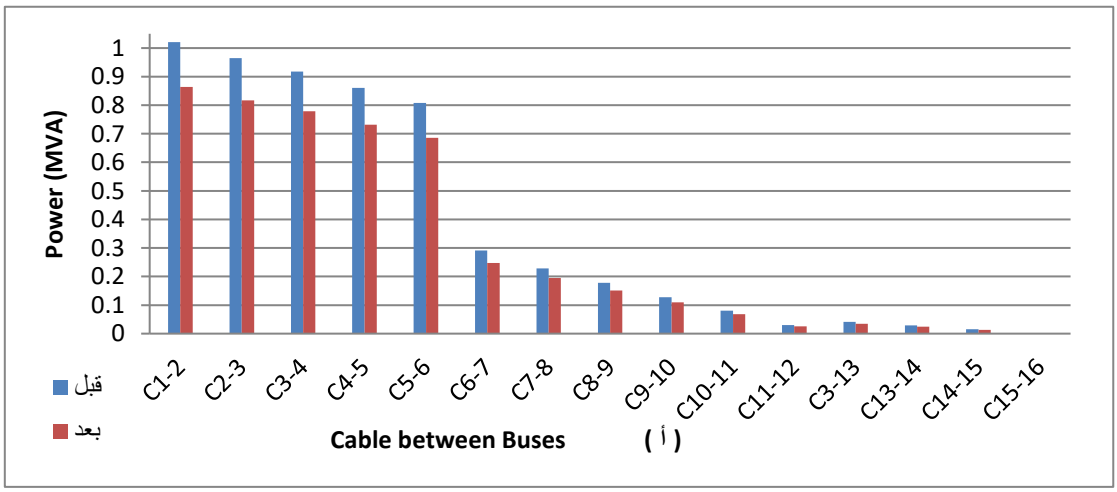


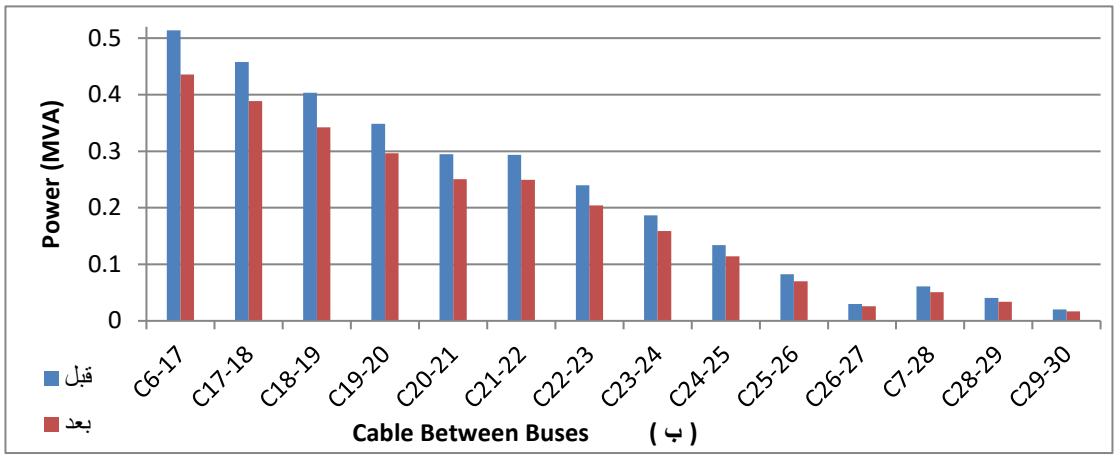
الشكل (6) يوضح قيم الجهد عند كل عمومي قبل و بعد تعديل عامل القدرة





الشكل ("7" أ & ب) يوضح قيم فقد القدرة في الاسلاك قبل وبعد تعديل عامل القدرة.





الشكل ("8" أ & ب) يوضح قيم القدرة المتدفقة في الاسلاك قبل وبعد تعديل عامل القدرة.

6 .الاستنتاجات (Conclusions) :

في هذا البحث، تم دراسة نظام توزيع شعاعي ذو الجهد المنخفض، من مشاكل نظام التوزيع الشعاعي هو هبوط الجهد، وان هبوط الجهد يتناسب طردياً مع المسافة بين مصدر التغذية والمستهلك، لذا يكون المستهلك الابعد من مصدر الجهد أكثر هبوطاً للجهد. في هذا البحث اقترحنا إضافة مكثفات يدويًا وذلك للتعويض عن القدرة الغير فعالة عند كل مستهلك لنظام قياسي ذو أحمال ثابتة، ودراسة تأثيرها على كفاءة نظام التوزيع. تمت عملية المحاكاة للشبكة بواسطة برنامج (Power World)، وقد أظهرت نتائج المحاكاة للطريقة المقترحة زيادة الجهد عند بعض العموميات (Buses) بنسبة تصل إلى 4% من الجهد المقنن للشبكة، كما انخفضت خسائر القدرة في الاسلاك بنسبة 28.76%، كما انخفضت القدرة الكلية المستهلكة في الشبكة بنسبة 15%، من خلال نتائج المحاكاة المذكورة آنفاً أثبتت هذه الطريقة كفاءتها وفعاليتها في تحسين كفاءة نظام التوزيع الشعاعي.

المراجع (References) :

[1] The Egyptian code, for the design principles and conditions for the implementation of electrical connections and installations in buildings - special systems. 2004. Volume VI: Power Factor Improvement.

[2] W. Ali, H. Farooq, M. Jamil, A. U. Rehman, R. Taimoor and M. Ahmad, "Automatic Power Factor Correction for Single Phase Domestic Loads by Means of Arduino Based TRIAC Control of Capacitor Banks," in *2018 2nd International Conference on Energy Conservation and Efficiency (ICECE)*, 2018, pp. 72–76.

[3] T. S. Gunawan, M. H. Anuar, M. Kartiwi and Z. Janin, "Development of Power Factor Meter using Arduino," in *2018 IEEE 5th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA)*, 2018, pp. 1-4.

[4] Ishak, H. Nurul, et al. "A Design of an Automatic Single Phase Power Factor Controller by Using Arduino Uno Rev-3, In *Applied Mechanics and Materials*, vol. 785, Aug. 2015, pp. 419–423.

[5] D. Al-Baik and V. Khadkikar, "Effect of variable PV power on the grid power factor under different load conditions," in *2011 2nd International Conference on Electric Power and Energy Conversion Systems (EPECS)*, 2011, pp. 1-5.

[6] M. Badr, M. Maarouf, M. M. Basyouni and S. A. Ahmed, "Reducing harmonic distortion and correcting power factor in distribution systems," in *22nd International Conference and Exhibition on Electricity Distribution (CIRED 2013)*, 2013, pp. 1-4.

[7] V.A Praveen, F. Sumaya , I. A Sumalata, K. D. Badiger, S. S. Kandagal, "Automatic Power Factor Correction Using Capacitor Banks and 8051 microcontroller," *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR) ISSN: 2321-0869*, vol. 3, no. 6, June 2015.

[8] Y. Kabir, Y. M. Mohsin, and M. M. Khan, "Automated Power Factor Correction and Energy Monitoring System," in *2017 Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)*, 2017, pp. 1–5.

[9] Y. Lu, D. Qiu, B. Zhang, Y. Chen and Y. Jiang, "Implementation of power factor corrector with fractional capacitor," in *2017 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, 2017.

Distributed Power factorcorrection Methods," *Sustainability*, vol. 12, no. 8, p. 3134, 2020.

[13] U. Shahzad, "Power Flow Analysis using Power World Simulator," *Durreesamin Journal*, vol. 3, 2017.

[14] U. Eminoglu and M. H. Hocaoglu, "A new power flow method for radial distribution systems including voltage dependent load models," *Electric power systems research*, vol. 76, no. 1–3, pp. 106–114, 2005.

[15] K. R. Devabalaji, A. Mohamed Imran, T. Yuvaraj, K. Ravi, "Power Loss Minimization in Radial Distribution System," *Energy Procedia*, vol. 79, pp. 917–923, 2015.

[10] K. Wahab, M. Rahal, and R. Achkar, "Economic Improvement of Power Factor Correction: A Case Study," *Journal of Power and Energy Engineering*, vol. 9, no. 6, pp. 1–11, 2021.

[11] Scheneider Electric. (2005). Electrical installation guide According to IEC international standards [Online]. Available: http://theguide.merlin-gerin.com.

[12] C. M. Coman, A. Florescu, and C. D. Oancea, "Improving the Efficiency and Sustainability of Power Systems Using

الملحق (أ)

Feeder section	Load		$R + jX$ (pu)
	P (pu)	Q (pu)	
1–2	0.0042	0.0026	0.0967 + 0.0397i
2–3	0	0	0.0886 + 0.0364i
3–4	0.0042	0.0026	0.1359 + 0.0377i
4–5	0.0042	0.0026	0.1236 + 0.0343i
5–6	0	0	0.1236 + 0.0343i
6–7	0	0	0.2598 + 0.0446i
7–8	0.0042	0.0026	0.1732 + 0.0298i
8–9	0.0042	0.0026	0.2598 + 0.0446i
9–10	0.0041	0.0025	0.1732 + 0.0298i
10–11	0.0042	0.0026	0.1083 + 0.0186i
11–12	0.0025	0.0015	0.0866 + 0.0149i
3–13	0.0011	0.0007	0.1299 + 0.0223i
13–14	0.0011	0.0007	0.1732 + 0.0298i
14–15	0.0011	0.0007	0.0866 + 0.0149i
15–16	0.0002	0.0001	0.0433 + 0.0074i
6–17	0.0044	0.0027	0.1483 + 0.0412i
17–18	0.0044	0.0027	0.1359 + 0.0377i
18–19	0.0044	0.0027	0.1718 + 0.0391i
19–20	0.0044	0.0027	0.1562 + 0.0355i
20–21	0.0044	0.0027	0.1562 + 0.0355i
21–22	0.0044	0.0027	0.2165 + 0.0372i
22–23	0.0044	0.0027	0.2165 + 0.0372i
23–24	0.0044	0.0027	0.2598 + 0.0446i
24–25	0.0044	0.0027	0.1732 + 0.0298i
25–26	0.0044	0.0027	0.1083 + 0.0186i
26–27	0.0026	0.0016	0.0866 + 0.0149i
7–28	0.0017	0.0011	0.1299 + 0.0223i
28–29	0.0017	0.0011	0.1299 + 0.0223i
29–30	0.0017	0.0011	0.1299 + 0.0223i

Improving the Efficiency of a Standard Distribution System Using the Correcting Power Factor Method

Muhammad A. Muhammad
muhammed.20enp56@student.uomosul.edu.iq

Wael H. Hamdon
waelhashem_67@uomosul.edu.iq

Electrical Engineering Department, Collage of Engineering, University of Mosul, Mosul, Iraq

Received: 2022-4-24 Received in revised form:2022-8-2 Accepted: 2022-9-21

ABSTRACT

Most of the loads in the distribution system are inductive loads, due to the nature of household loads, most of which are reactive power consuming motors. These loads have a low power factor and cause voltage drop and increased power losses in the wires. The system most affected by power loss and voltage drop is the low-voltage distribution system of 0.4 kV, due to the large current that passes in this system.

In this research, a simulation of a standard low-voltage radial distribution system (IEEE 30 Bus System) was carried out in the Power World Simulator Program in order to evaluate and improve the efficiency of the distribution system by manually installing capacitors at each consumer to correct the power factor to reduce voltage drop and electrical power losses in wires. The system simulation was conducted at constant loads, and the ineffective power was compensated for by its equivalent manually, by adding capacitors to keep the power factor close to Unity.

The research aims to study the effect of power factor correction for each consumer on the overall distribution system efficiency, to be a basis for designing an automatic power factor correction unit that can be installed in homes, commercial buildings, and small factories. The simulation results were promising in terms of improving the overall system efficiency and reliability.

Keywords:

Distribution system, Power factor, Reactive power, capacitor bank, Voltage drop.