The effect of electrical power quality on the performance of electric motors of submersible pumps with different capacities and operating ages in Tajora region

Mohamed I. Musa[1] , Milad A. Bshiri[2] , Ahmed E. Belhaj[2]

1-Department of Agricultural Engineering –Faculty of Agriculture – University of Tripoli

الملخص

تناولت الدراسة تأثير جودة القدرة الكهربائية على المضخات الزراعية، والتعرف على أسباب بعض الأعطال الكهربائية التي تؤثر على أدائها وعمرها الافتراضي، وذلك بإجراء القياسات باستخدام أجهزة قياس جودة القدرة الكهربائية. اختيرت مجموعة من المزارع بالوادي الغربي وبئر حمادي وبعض المناطق المجاورة لها كمنطقة دراسة في بلدية تاجوراء، اختير من هذه المزارع عدد 12 مضخة غاطسة تتراوح قدراتها ما بين (17.5 حصان) و(20 حصان) وتم تصنيفها بعدد ثلاث فئات عمرية تشغيلية (من سنة إلى سنتين – من ثلاث إلى اربع سنوات – خمس سنوات فما فوق)، أجريت القياسات الكهربائية خلال العامين (2017م و 2018م) في الفترة الزمنية الممتدة ما بين شهر (يوليو حتى سبتمبر) وهي الفترة الزمنية التي تمثل ذروة استخدام المضخات نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وازدياد الحاجة إلى ضخ الماء. أخذت قراءات كلاً من تيار البدء (Inrush Current)، وتيار التشغيل (Operating current of the pump) وجهد التشغيل (Operating voltage of the pump) بجهاز فلوك (Fluke 435) بواقع ستة قياسات لكل مضخة في موسم الصيف وبمعدل قياس واحد في كل شهر للفترة ما بين شهر يوليو إلى شهر ستمير من كل سنة، وتم تحليل نتائج حسابات معدل انحراف الجهد (Voltage Deviation)، ومعدل عدم اتزان الجهد (Unbalance Factor)، و مضاعفات تيار البدء (Inrush Current)، والزيادة في درجات حرارة المحرك الناتجة عن عدم اتزان الجهد. من خلال النتائج اتضح ان لبعض مؤشرات جودة القدرة تأثيراً واضحاً عند مستوى معنوية 5 %، على المضخات الغاطسة من الفئة العمرية فوق خمس سنوات وكان تأثير ذلك كبيراً على المضخات ذات القدرة العالية 20 حصان، حيث سجل انحراف الجهد 17.4% وبفارق معنوي كبير مع المضخات من الفئة العمرية الاولى والثانية ، لوحظ أن عدد المرات التي تجاوز فيها عدم الاتزان 2.5 % مثل 14.2% من مجموع القراءات، وكان عدد المرات التي تجاوز فيها انحراف الجهد حاجز 10 % يمثل ما نسبته 71.2 %. اما بالنسبة للمضخات 17.5 حصان فإن عدد المرات التي تجاوز فيها عدم الاتزان 2.5 % مثل 5.5% من مجموع القراءات، وكان عدد المرات التي تجاوز فيها انحراف الجهد حاجز 10 % يمثل ما نسبته 63.9 %.

Abstract

The study examined the effect of electrical power quality indices of electrical motors of agricultural pumps, and to identify the causes of some electrical faults that affect their performance and life span, by conducting measurements using electrical power quality measuring devices. A group of farms in the Western Valley and Bir Hammadi and some of their neighboring areas were selected as a study area in the municipality of Tajora. Twelve submersible pumps were selected from these farms, with capacities ranging between (17.5 HP) and (20 HP), and they were classified into three operational age groups (from one year to two years - from three to four years - five years and above).

Electrical measurements were conducted during the years (2017 and 2018) during the period between (July to September), which is the time period that represents the peak use of the pumps due to the high temperatures and the increased need for water pumping. Readings were taken of the inrush current, the operating current of the pump, and the operating voltage of the pump with the Fluke 435 device, with six measurements for each pump during the summer season, at the rate of one measurement per month for the period Between July and September of each year, the results of the calculations of the voltage deviation rate, the unbalance factor, the starting current multiples, and the increase in motor temperatures resulting from the unbalance factor. Through the results, it became clear that some of the indicators of the quality of the capacity had a clear effect at a significant level of 5%, on the submersible pumps of the age group over five years. The first and second age groups, it was observed that the number of times the unbalance exceeded 2.5%, representing 14.2% of the total readings, and the number of times the voltage deviation exceeded the 10% mark represented 71.2%. As for the 17.5 hp pumps, the number of times the unbalance exceeded 2.5% represented 5.5% of the total readings, and the number of times the voltage deviation exceeded the 10% barrier represented 63.9%.

Keywords: electrical power quality, voltage deviation, Unbalance Factor, starting .Inrush Current.

المقدمة

تعتبر الطاقة والمياه العذبة من أهم الموارد الطبيعية والضرورية للحياة، فالموارد المائية ضرورية لتلبية الاحتياجات البشرية، وضمان إنتاج الغذاء فضلاً عن التنمية الاجتماعية والاقتصادية لتحقيق الاستدامة، هناك العديد من البلدان في أفريقيا وأسيا وأمريكا اللاتينية تعتمد على آبار المياه الجوفية في أغراض الشرب والزراعة والصناعة، وتعد ليبيا نسبياً من الدول التي تزداد فيها الحاجة للماء والطاقة يوماً بعد يوم، بالإضافة إلى أن المياه الجوفية تعتبر المصدر الرئيسي للمياه، حيث تمثل أكثر من 97% من المياه المتاحة، ، ويستهلك القطاع الزراعي 70% من المياه المستخرجة من الآبار، في الماضي كانت المياه تستخرج من الآبار التقليدية بتقنيات بسيطة وادوات تقليدية محلية الصنع، حيث كانت مستويات المياه الجوفية قريبة من السطح، وقد استخدمت هذه الطرق التقليدية لملء الخزانات السطحية ليتم عن طريقها ري المحاصيل الزراعية، وبسحب المياه باستعمال الدواب مثل الجمال والحمير والأبقار، إلى حوض صغير أمام البئر ومنه يتم تصريف المياه عبر جداول ترابية، وبعد ظهور المضخات الزراعية التي تدار بواسطة المحركات الكهربائية، جرى التوسع في استخداماتها في مجالات ضخ المياه الجوفية وفي مجالات الري. في أوائل الستينيات ازداد سحب المياه الجوفية بسرعة كبيرة، مما أدى إلى تراجع منسوب المياه الجوفية في منطقة الساحل ومناطق الجنوب نتيجة للزيادة المضطردة في عدد الآبار والمضخات الكهربائية، بالإضافة إلى توسع المساحات الزراعية وزيادة الكثافة السكانية، وتطور تقنيات الري وزيادة احتياجاتها من الطاقة الكهربائية، والتي يجب توفرها بجودة عالية لتشغيل الأجهزة الكهربائية بأمان وهذا يتطلب تطوير دائم للشبكة الكهربائية. حيث تتضمن صناعة الطاقة الكهربائية بناء محطات لتوليد الكهرباء، ونقلها لمسافات بعيدة عبر أسلاك كهربائية وتوزيعها على المستهلكين في المدن والأرياف والمزارع، وهذا يقلل من كفاءة القدرة الكهربائية، عليه يجب أخذ الاحتياطات اللازمة للمحافظة على هذه الكفاءة حتى تصل إلى المستهلك بجودة عالية ومناسبة، ،

فالعمر الافتراضي لمحركات المضخات قد يتأثر بعوامل تشغيل التيار والجهد كهربائي، ومن الضروري أن تكون عوامل تشغيل المضخة بكفاءة وجودة عالية، وتعتمد كفاءة توليد الطاقة الكهربائية على النسبة بين كمية الحركة الميكانيكية الناتجة والطاقة الكهربائية المستخدمة، وتهتم هذه الدراسة بمراقبة عمل محركات المضخات الغاطسة، بإجراء القياسات وجمع البيانات والمعلومات في مناطق الدراسة باستخدام الأجهزة الحديثة، حيث تتسبب ظروف التشغيل الكهربائي المغذية للمضخات الكهربائية والناتجة عن انحراف الجهد أعطالاً في المحركات الكهربائية المضخات ، و قد يكون ذلك مصاحباً لعدم اتزان الجهد للمضخات ثلاثية الطور.

هناك الكثير من الأسباب الكهربائية التي تؤذي إلى التقليل من العمر الافتراضي لمحركات المضخات الغاطسة (Submersible pump) والمضخات السطحية (Surface pump) وتسبب في ارتفاع درجات الحرارة لمحرك المضخة بسبب التحميل الزائد (Overloading)، ومن الممكن أن تكون هذه الأسباب كهربائية أو أسباب ميكانيكية، أو أسباب هيدروليكية، وقد اعتمدنا في هذه الدراسة على تحديد أسباب الاضطرابات الكهربائية الناجمة عن ظروف التشغيل الكهربائي والتي يأتي في مقدمتها انحراف الجهد عن المعدل الطبيعي (Voltage Deviation) والذي قد يكون مصاحب لعدم اتزان الجهد (Unbalance Factor) لمحركات المضخات ثلاثية الطور، التي قد يكون لها تأثير على تيار البدء (Inrush Current)، مع الأخذ في الاعتبار الأعطال الميكانيكية، والهيدروليكية، والتي من شأنها أن تسبب في ارتفاع درجات الحرارة عن المعدل الطبيعي، وفي هذا البحث أستخدم جهاز (Fluke) لأخذ القياسات والتنبؤ بحدوث العطل قبل حدوثة، وفق المعدلات الكهربائية التي من خلالها توصلت بعض الدراسات إلى وضع حدود للاضطرابات بسبب انحراف الجهد بعدم تجاوز المعدل الطبيعي (Voltage Deviation) بقيمة منخفضة لا تتجاوز 10% للجهد المقنن (v380) وبقيمة مرتفعة لا تتجاوز 5% للجهد المقنن (v380)، أما بالنسبة لعدم اتزان الجهد في الأطوار الثلاثة لمحركات المضخات الكهربائية (Unbalance Factor) يجب أن لا تتجاوز القيمة 2.5%، كل هذه الاضطرابات تسبب زيادة في درجات الحرارة وقد تؤذي إلى أعطال في محركات المضخات الزراعية، كما أنه يمكن التنبؤ بحدوث عطل قريب في المضخة من خلال بيانات مضاعفات تيار البدء (Inrush Current) لمحرك المضخة الزراعية في حالة أن هذه المضاعفات تجاوزت المعدل الطبيعي بقميه ثمانية أضعاف، ونظراً لأهمية هذا الموضوع وتأثيراته الاقتصادية فقد تناولت الدراسة:

1. تأثير جودة القدرة الكهربائية على المضخات الغاطسة، والتعرف على أسباب بعض الأعطال الكهربائية التي تؤثر على أدائها وعمرها الافتراضي، وذلك بإجراء القياسات باستخدام أجهزة قياس جودة القدرة الكهربائية.
2. تحديد قيم الاضطرابات على شبكات التغذية، ومقارنتها بالحدود المسموح بها وفقاً لكتيبات تشغيل المضخات بقدراتها واستخداماتها المختلفة، والتعرف على مدى توافق منظومات الضخ وفق الظروف المحلية مع مواصفات التصنيع والمواصفات الدولية لأنواع متعددة من المضخات.

الدراسات السابقة

تتأثر المحركات الكهربائية بالزيادة في درجات الحرارة عن المعدلات المسموح بها، وأحد أسباب الزيادة في درجات الحرارة هو انخفاض كفاءة القدرة الكهربائية وما تسببه من انحراف في الجهد (Voltage Deviation) عن (v380) والذي يمثل الجهد المقنن، وهذا الانحراف قد يكون موجباً او سالباً، فمن المهم عدم تجاوز انحراف الجهد عن المعدل الطبيعي، بقيمة منخفضة لا تتجاوز 10% للجهد المقنن (v380) وبقيمة مرتفعة لا تتجاوز 5% للجهد المقنن (v380)، وأن لا يكون هذا الإحراف للجهد مصاحب لعدم الاتزان للجهد (Unbalance Factor voltage) حيث

أن هذه العوامل لها تأثير على عمر محرك المضخة الافتراضي و تسبب في ارتفاع درجة الحرارة لمحرك المضخة مما يسبب انهيار تدريجي أو مفاجئ لعوازل اللفة الداخلية للمحرك.

لدراسة تأثير انحراف الجهد (Voltage Deviation) وعدم اتزان الجهد (Unbalance Factor) وتأثير مضاعفات تيار البدء (Inrush Current) على المحركات الكهربائية توصلت دراسة قام بها (Dugan، 2004) وآخرون إلى أن عدم اتزان الجهد بنسبة (2.5 %) يتسبب في زيادة في ارتفاع في درجة الحرارة داخل المحركات الكهربائية بمعدل (12.5^{o}) إذا كانت ، وفي حالة ما إذا كان عدم الاتزان مصاحب لانحراف الجهد السالب بنسبة تزيد عن (10%) فإن الزيادة في درجة الحرارة قد تتضاعف، كما أن زيادة عدم الاتزان للجهد بنسبة (1%) قد تؤدي إلى عدم توازن التيار الكهربائي بنسبة تتراوح ما بين (6 % إلى 10%) مما يؤدي إلى زيادة مفاجئة في قراءات تيار البدء (Inrush Current)، (Dugan، 2004) وآخرون.

كما أجريت العديد من الدراسات على جودة القدرة الكهربائية وتأثيرها على الأجهزة والمحولات والمحركات الكهربائية المختلفة، للتقليل من الخسائر والتأثيرات السلبية بسبب انحراف الجهد السالب والموجب (Voltage) Deviation، وعدم اتزان الجهد (Unbalance Factor)، والتوافقيات (Harmonic). التي تسبب ارتفاع مفاجئ لتيار البدء (Inrush Current) وحدوث الأعطال في الأجهزة الكهربائية، وخاصة في المحولات والمحركات الكهربائية، وفي حالة تكرار انحراف الجهد وعدم اتزان الجهد الكهربائي في أي جهاز كهربائي فإن ذلك يؤدي إلى ارتفاع مفاجئ لتيار البدء متجاوزاً الحد المسموح به، وهي مؤشرات لوجود مشكلة كهربائية أو ميكانيكية في أي جهاز كهربائي، حيث أن الحد المسموح به (من 4 إلى 8 أضعاف) ومن الممكن استدراكها قبل حدوث العطل، وقد أُجريت العديد من الدراسات على تأثير جودة القدرة الكهربائية على محركات الآلات الكهربائية، ومن أهم هذه الدراسات دراسة بعنوان (مؤشر جودة الطاقة الكهربائية لتقييم تأثير التشوهات التوافقية للجهد وعدم الاتزان على المحركات الحثية ثلاثية الطور، وتتلخص هذه الدراسة في أهمية الملاحظة المستمرة لعدم اتزان الجهد، وكذلك التشوهات التوافقية للجهد والارتفاع في درجات الحرارة نتيجة للاضطراب في الجهد عند التردد الأساسي، والتي من خلالها يمكن توقع العمر الافتراضي للمحركات ثلاثية الطور(Silvio 2010) وآخرون.

كما أجريت دراسة بعنوان تحليل آثار عدم اتزان الجهد ثلاثي الأطوار على المحركات الحثية مع التركيز على زاوية عامل عدم توازن الجهد المركب. وتتلخص هذه الدراسة في تحديد مستويات عدم اتزان الجهد باستخدام معامل عدم توازن الجهد المركب (Complex Voltage Unbalance Factor – CVUF) والذي هو عبارة عن قيمة لزاوية، بالإضافة إلى صياغة ومناقشة خصائص تشغيل المحرك في ظل عدم توازن الجهد، حيث تم التركيز بشكل أساسي على تأثير زاوية CVUF على المحرك حيث وجد أن معامل عدم توازن الجهد المركب عاملاً مهماً في تحليل عدم توازن الجهد (yaw، 2001) وآخرون

كما أجريت دراسة أخرى بعنوان التقييم الكمي لتأثيرات عدم اتزان مصدر الجهد ثلاثي الطور على المحركات الحثية لدراسة تأثير عدم اتزان الجهد الثلاثي الطور على المحركات الحثية وقياسها من خلال تطبيق حالات مختلفة لعدم توازن الجهد، حيث وجد أن معامل عدم توازن الجهد المركب (CVUF) يمكن اعتماده كنموذج جيد لقياس مستويات عدم توازن الجهد. (Dekhandji، 2001) وآخرون

كما أجريت دراسة بعنون التأثيرات المقاسة للجهد المنخفض والجهد المرتفع، وعدم اتزان الجهد وتأثيره على عامل القدرة وقوة المحرك الحثي عند معدلات مختلفة من التحميل الكهربائي وقد تناولت هذه الدراسة تأثير انحراف الجهد (Voltage Deviation) بالانخفاض والارتفاع عن الجهد المقنن المغذى لمحركات الأجهزة الكهربائية ثلاثية الطور، وتأثير ذلك على أداء المحرك الحثي، وقد أجري هذا الاختبار على ثلاثة قدرات مختلفة من

المحركات الكهربائية بقوى (300 hp , 100 hp , 50 hp) على التوالي، لعدد من الآلات المختلفة، وتم تعريض كل آلة من هذه الآلات الكهربائية لخمسة ظروف تشغيلية مختلفة من انحراف الجهد المنخفض (Voltage low Deviation) وذلك بنسبة انخفاض (−10%) وانحراف للجهد المرتفع (Voltage Deviation high) بنسبة زيادة (+10%) وكان الجهد المقنن عند (v380)، وكذلك تم تعريض كل آلة من هذه الآلات الكهربائية لظروف عدم اتزان الجهد (unbalance factor) بنسبة 1.25% و 2.5%، وقد تعرضت كل آلة إلى سلسلة من الأحمال المختلفة من (25% إلى 125%) وكانت النتائج المتحصل عليها توضح التباين في سلوك كل محرك في أطواره الثلاثة من حيث خط التيار للأطوار الثلاثة، وكذلك معامل القدرة وكفاءة المحركات عند كل قدرة من القدرات الثلاثة المختلفة عند كل حمل من الأحمال المسلط عليها في هذه التجربة، وكانت النتائج في هذه التجربة أن بعض المحركات استطاعت التكيف مع الحمل المسلط عليها ولم تتأثر الكفاءة رغم الحمل وظروف التشغيل التي تم تشغيل المحرك بها، بينما تأثرت الكفاءة بصورة واضحة في بعض المحركات عند تسليط أحمال مختلفة عليها وفي ذات ظروف التشغيل، وبالاستفادة من مثل هذه الدراسات يمكننا اختبار الآلات والمحركات الكهربائية التي نشغلها في المجال الزراعي وخاصة المضخات في ظروف تشغيلية مختلفة من تذبذب الجهد بالانخفاض والارتفاع وعدم اتزان للجهد، وعند تسليط أحمال قد تفوق القدرة التشغيلية المصمم من أجلها محرك المضخة، كما هو الحال عند الاستخدام الخاطئ للمضخات الغاطسة في عملية الضخ والري في آن واحد، ما يحدث في الحقل معملياً باستخدام حساسات تعطي نتائج فورية للإجهاد الذي قد تعانيه المحركات المستخدمة بطريقة غير عملية وما يترتب عليه من خسائر اقتصادية، وهناك بعض الدراسات التي تناولت هذه المواضيع ومنها دراسة أجرية باستخدام حساسات وبرامج محاكات لانخفاض وارتفاع الجهد وكذلك عدم الاتزان الجهد وقد أعطت هذه الحساسات نتائج فورية للإجهاد الذي يعانيه عمود الدوران، ودفاعات المضخة، وكذلك مراوح التبريد، ولتجنب حدوث الأعطال في محركات المضخات وكذلك يمكن الاستناد على مثل هذه الدراسات من خلال دراسة بصمة وخصائص التيار، كذلك التنبؤ بحدوث ظاهرة التكهف. (Wallace، 1997) وآخرون.

كما أجريت دراسة ميدانية عن جودة القدرة الكهربائية لمجمع ذات العماد بطرابلس حصريا على حجرات التغذية الرئيسية، بقياس التغير في الجهود، والتيارات، ومدى اتزان الأحمال، والتردد، والتوافقيات، وغيرها من المتغيرات الكهربائية خلال يوم عطلة رسمية ويوم عمل رسمي وذلك للمقارنة بينهما، وكان فرق الجهد على الخطوط الثلاثة متزناً إلى درجة كبيرة في يوم العطلة الرسمية، بالمقارنة بيوم العمل الذي يتم فيه تشغيل أغلب الأجهزة الكهربائية كأجهزة التكييف والحواسيب إلخ (بشيري، 2015). كما أجريت نفس المقارنة لجودة القدرة الكهربائية لمصرف الصحاري فرع (السواني)، لعدة أيام، بواسطة جهاز(Fluke) حيت تم بناء نموذج محاكاة بعد القيام بالقياسات اللازمة ومقارنتها مع الحدود المسموح بها وفقاً لكتيب التشغيل، وخلصت الدراسة بوجود عدم اتزان في الخطوط الثلاثة في أيام العمل عنه في أيام العطلة الرسمية (بشيري، 2017).

وأعيد إجراء دراسة لجودة القدرة الكهربائية لمحطة تحويل الفندق الكبير بطرابلس، جهد 11/30ك.ف.، وذلك بتركيب ثلاثة أجهزة قياس على ثلاثة محولات ذات جهد مختلف، وتحليل وتقييم جودة القدرة للمتغيرات من التردد، وعدم اتزان الجهد والتيار، والتوافقيات، وتيار البدء، وبينت المقارنة وجود اختلافات في المتغيرات بين هذه المحولات (بشيري، 2015).

المواد وطرق البحث

أستخدم جهازي فلوك بنوعيهما في بداية الدراسة (435Fluke) و(345Fluke) لقياس بعض المؤشرات الكهربائية في المنظومات الكهربائية أحادية وثلاثية الطور، من خلال قراءة المتغيرات وتسجيلها بدقة حسب المتغير الزمني، ومن خلال هذه المتغيرات يمكن الوقوف على أسباب الأعطال الكهربائية أو التكهن بحدوث العطل في المضخة أو أي جهاز كهربائي قبل حدوثه، ويختص جهاز (435Fluke) بقياس المؤشرات الكهربائية للأجهزة ثلاثية الطور ومنها المحركات الكهربائية للمضخات ثلاثية الطور موضوع البحث في هذه الدراسة.

برنامج الحاسوب (Software).

برنامج Power Log 4.0 يستخدم لعرض المعلومات والقراءات التي يتم تجميعها بواسطة جهاز (345Fluke)، وكذلك برنامج Power Log 5.3 يستخدم لعرض المعلومات والقراءات التي سيتم تجميعها بواسطة جهاز (435Fluke) للمضخات ثلاثية الأطوار.

طرق وخطوات التجربة

أجريت عملية المسح الميداني في منطقة تاجوراء لاختيار المزارع المستهدفة لإجراء الاختبارات والقياسات المطلوبة على محركات المضخات الكهربائية الغاطسة المستخدمة في تلك المزارع.

من خلال الاستبانة التي وزعت على المزارعين في المزارع التي تم اختيارها وكذلك الزيارات الميدانية أمكن الحصول على بعض المعلومات الإضافية عن حالة المضخات ووضع الشبكة الكهربائية في المناطق المستهدفة للدراسة. اختيرت مجموعة من المزارع بالوادي الغربي وبئر حمادي وبعض المناطق المجاورة لها كمنطقة دراسة في بلدية تاجوراء.

بعد تحديد المزارع المطلوبة كمنطقة للدراسة، اختير عدد 12 مضخة تتراوح قدراتها ما بين (17.5 حصان و 20 حصان) وتم تصنيفها في ثلاث فئات عمرية تشغيلية (من سنة إلى سنتين – من ثلاث إلى اربع سنوات – خمس سنوات فما فوق)، أخذت القياسات لنفس المضخات بإضافة سنة تشغيلية لكل فيئة عمرية في سنة 2018.

أجريت القياسات الكهربائية خلال العامين (2017م و 2018م) في الفترة الزمنية الممتدة ما بين شهر (يوليو حتى سبتمبر) وهي الفترة الزمنية التي تمثل ذروة استخدام المضخات نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وازدياد الحاجة إلى ضخ الماء، بواقع ثلاثة قياسات في السنة الواحدة لكل مضخة.

القياسات التي أجريت بواسطة الجهاز كانت لمتوسط تيار البدء، وجهد المحرك الكهربائي للمضخة، وتيار المحرك الكهربائي للمضخة للأطوار الثلاثة اثناء التشغيل.

الحسابات التي أجريت وتشمل:

حساب انحراف الجهد Voltage Deviation باستخدام المعادلة الاتية:

$$V_{ud} = \frac{V - V_N}{V_N} \times 100 \quad \text{----------(6)}$$

V_{ud} = معدل انحراف الجهد

الجهد الفعلي أو جهد التشغيل = V

الجهد المقنن = V_N

حيث أن الجهد الفعلي هو الجهد الذي تم قراءته بالجهاز، في الأطوار الثلاثة لمحرك المضخة ((AB (V) ، BC (V) ، CA(V)) الجهد المقنن (380v).

حساب عدم اتزان الجهد Unbalance Factor باستخدام المعادلة الآتية:

$$\triangle V_{UN} = \frac{V_U}{Va} \times 100 \quad \text{----------(7)}$$

نسبة معدل عدم الإتزان في الجهد △Vun

متوسط الجهد (Va) = الجهد {v(AB)+v(BC)+v(CA)} / 3

Vu = أقصى قيمة إنحراف عن المتوسط = يتم طرح متوسط الجهد (Vn) من الجهود الثلاثة {v(AB)+v(BC)+v(CA)} ثم نختار أكبر قيمة من ناتج الطرح.

يتم تقسم أكبر قيمة أنحرف عن المتوسط على متوسط الجهد ويتم ضرب الناتج في 100 .

من خلال معرفة قيمة معدل عدم إتزان الجهد بالمنظومة الكهربائية يمكن الحصول على نسبة الزيادة في درجة الحرارة عن طريق المعادلة رقم (6).

$$\%C^O = 2\ (Vun\ \%)^2 \quad \text{----------(6)}$$

$\%C^O$ = معدل نسبة الزيادة في درجة الحرارة بسبب عدم الاتزان.

△Vun = نسبة معدل عدم الاتزان بنسبة للجهد.

حساب مضاعفات تيار البدء Inrush Current.

$$Id = \frac{Is}{Ic} \quad \text{----------(8)}$$

مضاعفات تيار البدء = I_d

I_s = قياس تيار البدء عند بداية التشغيل للأطوار الثلاثة ((C(a)، ((B(a) ، (A(a) في محرك المضخة.

I_c = قياس تيار التشغيل للأطوار الثلاثة ((B(a)، ((B(a) ، (A(a) في محرك المضخة.

(Dugan، 2006 وآخرون).

أستخدم البرنامج الإحصائي (SAS) لتحليل نتائج الجدول، احري التحليل الإحصائي للبيانات حسب التصميم Completely Randomized Design (CRD) لدراسة تأثير العمر التشغيلي على عل بعض

النموذج $Yij = \mu + A_i + E_{ij}$

μ المتوسط العام

A_i تأثير العمر

E_{ij} الخطأ التجريبي

النتائج والمناقشة

نتائج انحراف الجهد وعدم اتزان الجهد ومضاعفات تيار البدء، في مضخات منطقة الدراسة (A) تاجوراء للمضخات الغاطسة قدرة 17.5حصان .

من خلال نتائج القياسات التي أخذت في سنة 2017 للمضخات الغاطسة بقدرة 20 حصان في منطقة تاجوراء وكذلك الحسابات التي اجريت عليها والموضحة بالجدول رقم (1)، لوحظ أن عدد المرات التي تجاوز فيها عدم الاتزان 2.5 % مثل ما نسبته 5.5% من مجموع القراءات وكان عدد المرات التي تجاوز فيها انحراف الجهد حاجز 10 % يمثل ما نسبته 66.67 %، وبالمقارنة بالقياسات التي أخذت في سنة 2018 نلاحظ أن عدد المرات التي تجاوز فيها عدم الاتزان 2.5 % مثل ما نسبته 50% من مجموع القراءات على الرغم من أن عدد المرات التي تجاوز فيها انحراف الجهد حاجز 10 % مثل ما نسبته 61.11% من مجموع القياسات في تلك السنة. وكان تأثير انحراف الجهد المصاحب لعدم اتزان الجهد واضحاً في المضخة رقم 6 حيث كانت ق معدل عدم اتزان الجهد 2.68% كما سجل انحراف الجهد المنخفض قيمة تجاوزت 18.78% عن الجهد المقنن (380v) ، هذه القيم تجاوزت الحد المسموح به لتشغيل المضخة في سنة 2018 مما تسبب في زيادة مفاجئة في قراءات تيار البدء، كل ذلك كان بمثابة انذار بحدوث عطل قريب في هذه المضخة، وربما كان العمر الافتراضي الذي تجاوز الخمس سنوات كان له تأثير واضح بعدم قدرة المضخة على تحمل ظروف التشغيل السيئة.

أما بقية المضخات من رقم (1) وحتى رقم (6) وبالرغم من ظروف تشغيل بوجود انحراف في الجهد مصحوباً بعدم اتزان الجهد خصوصا في اوقات الذروة والتي تجاوزت قياساتها في بعض الأحيان الحدود المسموح بها، إلا ان قراءات تيار البدء لم تتجاوز الحدود المسموح بها.

جدول 1 يمثل قيم مضاعفات تيار البدء في الأطوار الثلاثة، والنسبة المئوية لعدم اتزان الجهد، ومعدل الزيادة في درجات الحرارة، وقيم انحراف الجهد عن المعدل الطبيعي للمضخات الغاطسة قدرة 17.5 hp بمنطقة تاجوراء.

رقم المضخة	سنة القياس	عمر التشغيل	شهور القياس	مضاعفات تيار البدء Inrush Current			معدل عدم اتزان الجهد Unbalance Factor (%)	معدل الزيادة في درجات الحرارة المتوقعة Expected temperature rise (%)	نسبة الزيادة في انحراف الجهد Voltage Deviation (%)
				A(a)	B(a)	C(a)			
1	2017	سنة	7	4.01	3.42	3.68	%1.6	%5.57	%7.8
			8	3.44	3.32	3.38	%0.98	%1.9	%10.2
			9	3.57	3.49	3.61	%0.85	%1.45	%10.2
	2018	سنتان	7	4.02	4.21	4.1	%1.12	%2.5	%6.5
			8	3.94	3.87	3.9	%0.49	%0.48	%9.3
			9	3.32	3.23	3.29	%0.8	%1.4	%13.1
2	2017	سنة	7	3.9	4.04	3.98	%0.339	%0.23	%10.5
			8	4.1	4.12	4.11	%0.17	%0.059	%8.9
			9	3.8	3.94	3.87	%0.135	%0.036	%10.55
	2018	سنتان	7	4.5	4.42	4.4	%0.22	%0.1	%7.44
			8	4.7	4.69	4.7	%0.17	%0.059	%8.39
			9	3.4	3.5	3.44	%0.61	%0.76	%12.3
3	2017	3 سنوات	7	4.11	4.2	4.1	%2.01	%8.06	%8.15
			8	4.04	4.1	4.01	%1.96	%7.68	%8.42
			9	4.03	5.1	4.09	%2.78	%15.5	%9.81
	2018	4 سنوات	7	4.2	4.5	4.3	%1.14	%2.63	%4.76
			8	3.11	3.4	3.32	%1.6	%5.15	%10.6
			9	2.9	3.24	3.04	%2.03	%8.24	%15.36
4	2017		7	3.3	3.14	3.21	%0.77	%1.2	%12.6

%10.7	%0.99	%0.7	3.6	3.57	3.7	8	3 سنوات		
%15.4	%1.5	%0.87	2.51	2.57	2.8	9			
%10.5	%1.89	%0.97	3.74	3.81	4.04	7	4 سنوات	2018	
%11.6	%1.2	%0.78	6.50	6.56	6.6	8			
%16	%3.1	%1.25	7.19	7.11	7.2	9			
%6.55	%0.335	%0.409	4.15	4.1	4.2	7	أكبر من خمس سنوات	2017	5
%9.68	%1.51	%0.869	3.8	3.89	4	8			
%11.05	%1.07	%0.73	3.74	3.7	3.78	9			
%8.18	%2.21	%1.05	4.23	4.3	4.5	7		2018	
%11.5	%1.78	%0.94	3.72	3.8	3.9	8			
%12.2	%1.34	%0.819	3.62	3.7	3.8	9			
%13.1	%9.68	%2.02	3.8	3.7	3.1	7	أكبر من خمس سنوات	2017	6
%15.86	%7.47	%1.93	3.1	2.9	2.57	8			
%15.47	%8.41	%2.05	2.74	2.7	2.6	9			
%11.8	%11.68	%2.41	7.5	7.55	7.6	7		2018	
%17.97	%7.1	%1.88	8.48	8.6	8.8	8			
%18.74	%14.35	%2.68	8.6	8.7	9.2	9			

يوضح الجدول رقم (2) ان انحراف الجهد والمحسوب كقيم متوسطة خلال سنتي الدراسة 2017، 2018، تجاوز القيمة المسموح بها وهي 10% ، وذلك في التصنيفات العمرية الثانية والثالثة للمضخات الغاطسة بمنطقة تاجوراء قدرة 17.5 حصان وقد سجلت الفئة العمرية التشغيلية الاولى نسبة مقدارها (9.598%)، وهذه النسبة منخفضة مقارنة بتصنيف العمر الثاني والثالث ، بينما كانت نسبة الزيادة في الفئة العمرية التشغيلية الثانية 11.159% وهي قيمة مرتفعة مقارنة بالنسبة المسموح بها، بينما سجلت الفئة العمرية الثالثة قيمة مرتفعة وصلت حد 12.675% ، ومن خلال النتائج اتضح وجود فروق معنوية في قيم انحراف الجهد بين التصنيفات العمرية الثلاثة للمضخات الغاطسة قدرة 17.5 حصان ، وكانت هناك فروق معنوية بين العمر الأول والعمر الثاني، وأيضاً يوجد فروق معنوية بين العمر الأول والعمر الثالث، كما يوضح الشكل (1)، من خلال هذه النتائج يتضح اهمية تأثير جودة القدرة الكهربائية التي تغذي الاحتياجات الكهربائية للمنطقة من خلال الشبكة العامة، وذلك بدراسة بعض مؤشرات الجودة ومنها مؤشر انحراف الجهد على التصنيفات العمرية الثلاثة للمضخات الغاطسة قدرة 17.5 حصان بالمنطقة، ومن خلال دراسة (Dugan، 2006 وآخرون)، فإن الحد المسموح به هو فقط 10% عن الجهد المقنن أي ما يقارب (v 340). وقد تجاوزت الزيادة في انحراف الجهد في المضخات التي تجاوز عمرها التشغيلي اكثر من سنتين الحد المسموح به، وقد يكون ذلك مؤشراً لحدوث اعطال على محركات هذه المضخات.

كما يوضح الجدول رقم (2) قيم عدم الاتزان في الجهد في التصنيفات العمرية الثلاثة للمضخات، والنتائج لم تسجل فروق معنوية لعدم الاتزان في الجهد بين العمر الثاني والعمر الثالث، ولكن كانت هناك فروق معنوية بين العمر الأول والثالث، والعمر الاول والعمر الثالث، والشكل (8 يوضح نسبة عدم اتزان الجهد في التصنيفات العمرية التشغيلية للمضخات الغاطسة قدرة 17.5 حصان بمطقة تاجوراء ، حيث سجل عدم الاتزان في العمر الأول نسبة منخفضة مقارنة بالعمر الثاني والثالث، كان متوسطات النتائج ضمن الحدود المسموح بها وفق ظروف التشغيل.

كما يوضح الجدول رقم (2) قيم مضاعفات تيار البدء في التصنيفات الثلاثة للأعمار التشغيلية للمضخات السطحية بقوة 17.5 hp في منطقة تاجوراء، حيث لم تسجل أي فروقات معنوية وكانت متوسطات النتائج ضمن الحدود المسموح بها وفق ظروف التشغيل. من خلال مقارنة ظروف التشغيل للمضخات من ناحية انحراف الجهد في

التصنيفات العمرية الثلاثة فإن العمر الثاني والثالث يوجد به تجاوزات أكبر من العمر الأول، وقد فاقت هذه التجاوزات الحد المسموح به، أما بالنسبة لعدم الاتزان في الجهد فإنه لم يتجاوز الحد المسموح به في الأعمار التشغيلية الثلاثة ، وكان لذلك تأثير إيجابي على مضاعفات تيار البدء في خمس مضخات لم يسجل بها أي ارتفاع في تيار البدء رغم ظروف التشغيل التي سببها انحراف الجهد، وقد يكون السبب في ذلك استقرار عدم اتزان الجهد وفق الحدود المسموح بها في كل المضخات الغاطسة قدرة ، 17.5.

جدول مضخات (غاطسة) قدرة 17.5hp

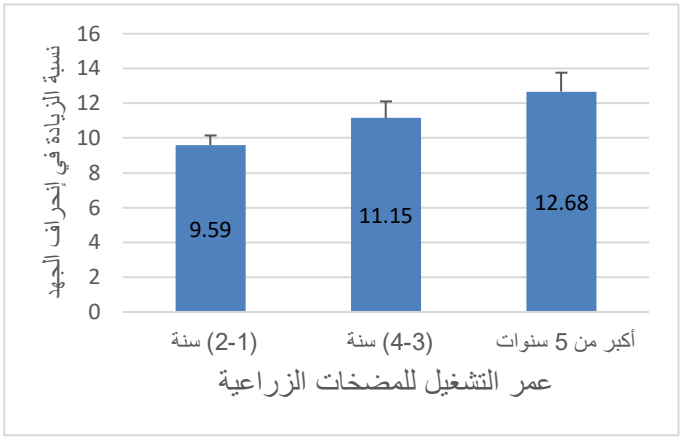
نسبة الزيادة في إنحراف الجهد (Voltage Deviation)			
عمر المضخة	المتوسطات	الأنحراف المعيار	الخطأ القياسي
العمر الأول من سنة إلى سنتان	$9.598\%^{A}$	1.94	0.561
العمر الثاني من 3 إلى 4 سنوات	$11.159\%^{B}$	3.33	0.96
العمر الثالث أكبر من 5 سنوات	$12.675\%^{B}$	3.752	1.08
المعنوية	**		
نسبة عدم إتزان الجهد (Unbalance Factor).			
عمر المضخة	المتوسطات	الأنحراف المعيار	الخطأ القياسي
العمر الأول من سنة إلى سنتان	$0.624\ \%^{A}$	0.459379	0.132611
العمر الثاني من 3 إلى 4 سنوات	$1.405\ \%^{B}$	0.664277	0.19176
العمر الثالث أكبر من 5 سنوات	$1.482\ \%^{B}$	0.755593	0.218121
المعنوية	*		
مضاعفات تيار البدء (Inrush Current)			
عمر المضخة	المتوسطات	الأنحراف المعيار	الخطأ القياسي
العمر الأول من سنة إلى سنتان	3.706^{A}	0.787891	0.036566
العمر الثاني من 3 إلى 4 سنوات	4.027^{A}	0.505773	0.084295
العمر الثالث أكبر من 5 سنوات	4.397^{A}	0.219393	0.131315
المعنوية	غ م		

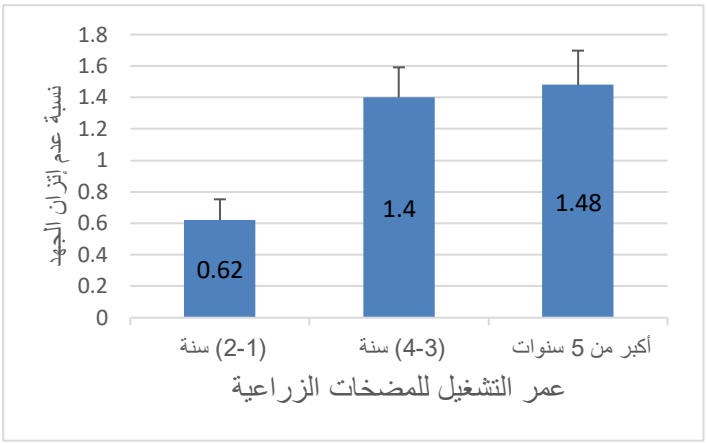
المتوسطات التي في نفس الصف تشترك في حرف واحد على الأقل لا توجد بينها فروق معنوية

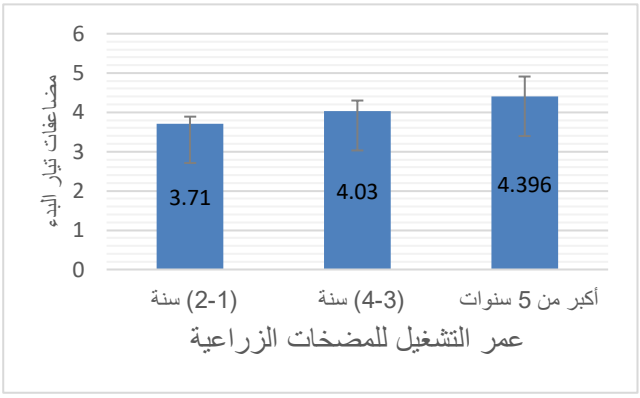
غ م : لا توجد فروق معنوية.

**: وجود فروق معنوية عند المستوى 1%

* : وجود فروق معنوية عند 5%







الشكل 2 المنطقة (A) تاجوراء لعدد ستة مصخات (غاطسة) بقوة 17.5 hp

نتائج دراسة انحراف الجهد وعدم اتزان الجهد ومضاعفات تيار البدء، في منطقة الدراسة للمضخات (الغاطسة) قدرة 20 حصان.

من خلال نتائج القياسات التي أخذت في سنة 2017 للمضخات الغاطسة بقدرة 20 حصان في منطقة تاجوراء وكذلك الحسابات التي اجريت عليها والموضحة بالجدول رقم 10، لوحظ أن عدد المرات التي تجاوز فيها عدم الاتزان 2.5 % مثل 16.67% من مجموع القراءات التي تم أخذها في هذه المجموعة المكونة من 6 مضخات، وكان عدد المرات التي تجاوز فيها انحراف الجهد حاجز 10 % يمثل ما نسبته 77.78 %، وبالمقارنة بالقياسات التي أُخذت في سنة 2018 نلاحظ أن عدد المرات التي تجاوز فيها عدم الاتزان 2.5 % يمثل 11.76 % من مجموع القراءات على الرغم من أن عدد المرات التي تجاوز فيها انحراف الجهد حاجز 10 % مثل ما نسبته 64.7 % من مجموع القياسات في تلك السنة.

وكان تأثير عدم اتزان الجهد واضحاً في المضخة رقم 12 حيث تجاوز معدل عدم اتزان الجهد 4.5 % في شهر يوليو وسبب ذلك في ارتفاع في درجة حرارة المحرك بقيمة تجاوزت 42 %، ووفق الدراسات السابقة يؤدي الاستمرار في تشغيل محرك المضخة وفق ظروف تشغيلية غير طبيعية ولفترات زمانية طويلة إلى ارتفاع درجة الحرارة عن المعدل الطبيعي داخل المحرك مما يؤدي إلى تآكل عوازل السلك الكهربائي داخل لفة المحرك. كما سُجل انحراف منخفض في الجهد التشغيلي عن الجهد المقنن (380 v) بقيمة تجاوزت 25 % في شهر أغسطس نتج عنه عدم توازن في التيار الكهربائي وتسبب في ارتفاع قيم قراءات تيار البدء لمعدلات غير طبيعية تجاوزت الحد المسموح به، كل ذلك كان بمثابة انذار بتلف محرك المضخة وتوقفها في أي لحظة، وقد حدث ذلك بالفعل وهو ما ثم التأكد منه خلال الزيارة اللاحقة للمضخة رقم 12.

جدول 3 يمثل قيم مضاعفات تيار البدء في الأطوار الثلاثة، والنسبة المئوية لعدم اتزان الجهد، ومعدل الزيادة في درجات الحرارة، ونسبة انحراف الجهد عن المعدل الطبيعي للمضخات الغاطسة قدرة hp 20 بمنطقة تاجوراء.

رقم المضخة	سنة القياس	عمر التشغيل	شهور القياس	مضاعفات تيار البدء (Inrush Current double			معدل عدم اتزان الجهد Unbalance Factor (%)	معدل درجات الحرارة المتوقعة Expected temperature rise (%)	نسبة الزيادة في انحراف الجهد Voltage Deviation (%)
				A(a)	B(a)	C(a)			
7	2017	سنة	7	5.1	4.82	5.2	% 1.69	% 5.74	% 6.81
			8	4.1	3.9	3.95	% 1.41	% 3.99	% 11.8
			9	4.52	4.3	4.4	% 0.96	% 1.8	% 8
	2018	سنتان	7	5.2	4.7	4.6	% 1.76	% 6.2	% 5.2
			8	3.6	2.9	3.2	% 1.53	% 4.69	% 17.6
			9	3.9	3.1	3.4	% 1.76	% 6.19	% 15.63
8	2017	سنة	7	3.7	3.8	4.1	% 0.62	% 0.77	8.68%
			8	2.7	3.1	3.3	% 1.98	% 7.84	% 15.3
			9	3.2	3.7	3.9	% 1.71	% 5.8	% 12.26
	2018	سنتان	7	4.9	5.1	5.4	% 1.55	% 4.82	% 3.16
			8	3.5	3.6	3.67	% 1.56	% 4.91	% 10.68
			9	3.4	3.5	3.7	% 1.03	% 2.12	% 9.34
9	2017	3 سنوات	7	3.9	3.8	4.1	0.69 %	% 0.94	% 12.3
			8	4.11	4.3	4.05	% 0.97	% 1.86	% 10.1
			9	3.9	3.9	3.75	% 1.35	% 3.63	% 11.3
	2018	4 سنوات	7	4.3	4.4	4.17	% 0.84	% 1.42	% 7
			8	2.6	2.8	2.5	% 1.12	% 2.5	% 19.1
			9	3.16	3.2	2.8	% 1.33	% 3.56	% 14.5
10	2017	3 سنوات	7	3.7	4.2	4.1	% 2.21	% 9.75	% 11.4
			8	2.3	2.9	2.8	% 2.58	% 13.37	% 20.76
			9	2.8	3.2	2.9	% 2.01	% 8.05	% 18.1
	2018	4 سنوات	7	4.2	4.6	4.5	% 1.89	% 7.21	% 6.21
			8	3.1	3.4	3.2	% 2.37	% 11.21	% 17.5
			9	8.1	7.3	7.9	% 2.07	% 8.6	% 16
11	2017	أكبر من خمس سنوات	7	4.5	4.6	4.7	% 1.64	% 5.39	% 4.9
			8	3.5	3.1	3.4	% 1.37	% 3.75	% 16.13
			9	4.1	3.8	3.9	% 1.06	% 2.26	% 10.18
	2018		7	4.6	4.3	4.4	% 1.97	% 7.77	% 8.02
			8	3.4	3.05	3.19	% 1.57	% 4.98	% 13.97
			9	4.2	3.3	3.9	% 1.53	% 4.68	% 11.37
12	2017	أكبر من خمس سنوات	7	3.6	3.4	3.5	% 1.38	% 3.8	% 12.6
			8	7.2	6.4	6.1	% 3.4	% 23.18	% 34.3
			9	8.9	8.2	7.4	% 2.78	% 15.5	% 17.47
	2018		7	10.8	10.1	9.3	% 4.58	% 42.02	% 23.14
			8	12.7	11.2	10.4	% 3.09	% 19.1	% 25.7
			9	-	-	-	-	-	-

كما يوضح الجدول رقم (4) وجود فروق معنوية لقيم عدم الاتزان في الجهد بين التصنيفات العمرية الثلاثة للمضخات نفسها، وكانت هناك فروق عالية المعنوية بين العمر الأول والعمر الثالث، وأيضاً سُجل وجود فروق معنوية بين العمر الثاني والعمر الثالث، كما توجد فروق معنوية بين العمر الأول والعمر الثاني والشكل (2) يوضح نسبة عدم اتزان الجهد في التصنيفات العمرية التشغيلية للمضخات الغاطسة قدرة 20 حصان بمطقة تاجوراء حيث كان متوسط عدم الاتزان ضمن الحدود المسموح بها، وكانت في الأعمار الثلاثة اقل من(2.5%) والتي حددتها دراسات (Dugan، 2006 وآخرون). كما يوضح الجدول رقم (4) قيم مضاعفات تيار البدء في التصنيفات الثلاثة للأعمار التشغيلية للمضخات الغاطسة قدرة 20 ، حيث سُجلت فروقات معنوية وكانت متوسطات النتائج ضمن الحدود المسموح بها في كل الاعمار التشغيلية. ولم يسجل ارتفاع مفاجئ في تيار البدء سوى في مضخة واحدة تجاوز (12 ضعف) في الطور A(A) وبالتحديد بالمضخة رقم (12) حيث تم التنبؤ بحدوث عطل خلال شهر 8 سنة 2018 وحدث العطل في شهر 9.

جدول (4) المنطقة (A) تاجوراء مضخات (غاطسة) بقوة 20 hp

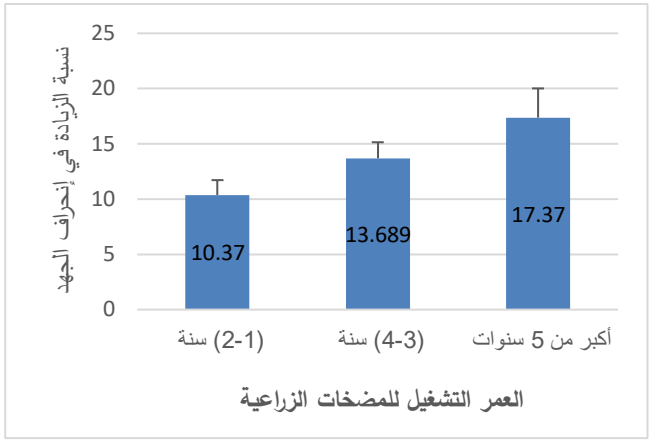
نسبة عدم إتزان الجهد (Unbalance Factor).			
عمر المضخة	المتوسطات	الانحراف المعياري	الخطأ القياسي
العمر الأول من سنة إلى سنتان	1.46 %^{A}	0.43 %	0.125 %
العمر الثاني من 3 إلى 4 سنوات	1.19 %^{A}	0.58 %	0.167 %
العمر الثالث أكبر من 5 سنوات	2.29 %^{B}	1.12 %	0.32 %
المعنوية	*		
نسبة الزيادة في إنحراف الجهد (Voltage Deviation)			
عمر المضخة	المتوسطات	• الانحراف المعياري	الخطأ القياسي
العمر الأول من سنة إلى سنتان	10.37%^{A}	4.66%	1.35%
العمر الثاني من 3 إلى 4 سنوات	13.69%^{B}	5.038%	1.45%
العمر الثالث أكبر من 5 سنوات	17.365%^{C}	9.16%	2.64%
المعنوية	**		
مضاعفات تيار البدء (Inrush Current)			
عمر المضخة	المتوسطات	الانحراف المعياري	الخطأ القياسي
العمر الأول من سنة إلى سنتان	3.87^{A}	0.71	0.21
العمر الثاني من 3 إلى 4 سنوات	4.19^{A}	1.19	0.34
العمر الثالث أكبر من 5 سنوات	6.34^{B}	3.86	1.11
المعنوية	*		

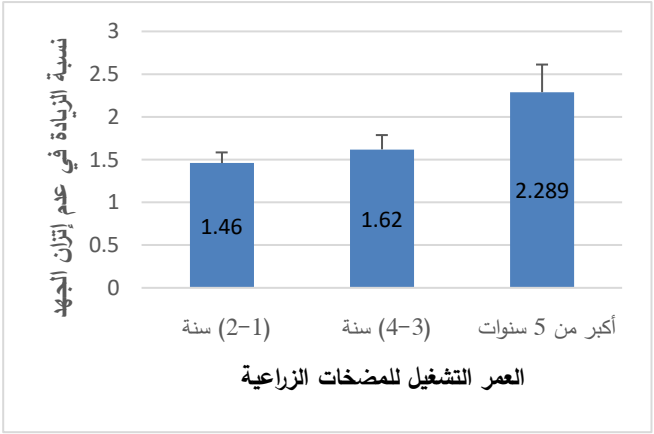
المتوسطات التي في نفس الصف تشترك في حرف واحد على الأقل لا توجد بينها فروق معنوية

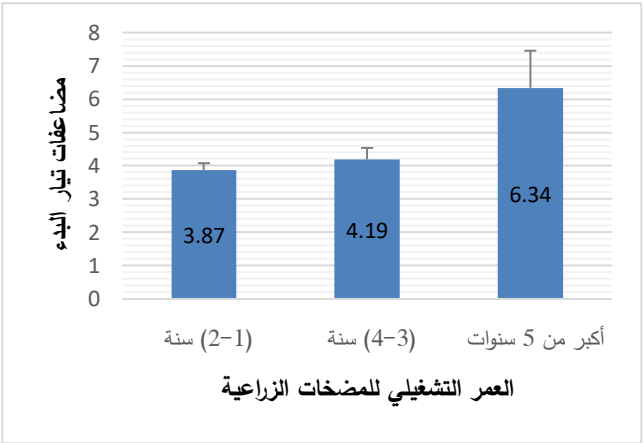
غ م : لا توجد فروق معنوية.

**: وجود فروق معنوية عند المستوى 1%

* : وجود فروق معنوية عند 5%







الشكل2 يمثل المنطقة (A) تاجوراء لعدد ستة مصخات غاطسة بقوة 20 hp

الاستنتاجات

من خلال هذه الدراسة تم التوصل إلى العديد من الاستنتاجات :

1. يمكن التنبؤ بحدوث الأعطال الكهربائية نتيجة لمشاكل التغذية بالشبكة العامة للكهرباء، والمتمثلة في انحراف الجهد عن الحدود المسموح بها، وعدم اتزان الجهد على الأوجه الثلاثة، مما يؤثر سلبا على المضخات بشكل عام وخصوصاً المضخات القديمة التي تجاوزت أعمار تشغيلها 5 سنوات وكذلك بعض المضخات التي أُجريت عليها عمليات الصيانة، حيث تسبب ذلك في ارتفاع قيم تيار البدء عن الحدود المسموح بها.
2. يمكن التنبؤ بحدوث الأعطال الميكانيكية وذلك من خلال الكشف الميداني واجراء القياسات الدورية على المحركات الكهربائية للمضخات الغاطسة ، وتحليل البيانات المتعلقة بقياسات تيار البدء.

التوصيات

1. اختيار الاوقات المناسبة عند تشغيل المضخات و ضخ المياه من الابار ، ليكون خارج اوقات الذروة وفترات النهار التي ترتفع فيها درجات الحرارة، للتقليل من انخفاض الجهد، وعدم اتزانه وما ينجم عنه من سحب تيار اضافي وخاصة تيار البدء، لتجنب ما يترتب عن ذلك من مشاكل واعطال محتملة بالمحركات الكهربائية للمضخات المستخدمة.
2. وضع محولات رافعة للجهد الكهربائي عند المستهلكين في المنا طق الزراعية لتلافي الانخفاض في الجهد الناتج عن بعد المستهلكين عن مراكز التحويل والذي قد يصل الى20 % .
3. من الضروري أخذ القياسات الدورية للمضخات والتعرف على ظروف التشغيل الكهربائية للمضخة، حتى يتم التعامل مع انحراف الجهد وعدم اتزانه بالمنظومة، تفادياً لحدوث زيادة في تيار البدء وارتفاع حرارة المحرك التي ستؤدي إلى حدوث العطل، بسبب انهيار عوازل المحرك الكهربائي.
4. في المناطق الصناعية التي تكثر فيها المصانع والورش تتأثر الشبكة الكهربائية بتيار البدء للمحركات الكهربائية الصناعية الكبيرة وقد يؤدي ذلك إلى حدوث طفرات مفاجئة وهامة (خاصة في شبكات الطاقة المنخفضة)، الأمر الذي يؤثر سلبًا على مستهلكي الكهرباء الآخرين المشمولين في نفس الشبكة.
5. الاستفادة من هذه النتائج بوضع حساسات داخل المضخة الغاطسة يتم توصيلها بالمتحكمات الدقيقة وبشاشة عرض خارجية تركب في مفتاح التشغيل، تبين الزيادة في درجات الحرارة عندما تتجاوز معدلاتها الطبيعية.
6. في المستقبل القريب قد تصبح الطاقة الشمسية أحد أهم بدائل الطاقة في العالم. لذا فإن استخدام منظومات الخلايا الشمسية كطاقة بديلة لضخ المياه الجوفية يعد من أنجح التطبيقات لأغراض الشرب، والري أو الرعي.

المراجع

المراجع العربية

1. بشيري، ميلاد 2015، تقرير قياس جودة القدرة الكهربائية لمصرف الصحاري، والفندق الكبير/ جامعة طرابلس / معمل بالبلازما.
2. بشيري، ميلاد، 2017، تقرير عن الزيارة الميدانية لمجمع ذات العماد الشركة العامة للكهرباء.
3. بشيري، ميلاد 2017، دراسة مشاكل جودة القدرة الكهربائية المرتبطة بمصابيح الفلورسنت الشائعة الاستعمال في ليبيا، جامعة طرابلس / معمل البلازما.

المراجع الإنجيلزية

4. Dugan, R. McGranaghan, M. Santoso, S. and Beaty, H.W. 2004 Power Systems Quality (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
5. Dekhandji ،Fatma Zohra, Larbi Refoufi , Hamid Bentarzi, 2015, Quantitative assessment of three phase supply voltage unbalance effects on induction motors, Int J Syst Assur Eng Manag.
6. Rengifo, Johnny. Salazar, Henryke. Buenom Alexander. and Aller, José M.2017. Experimental evaluation of the voltage unbalance in efficiency of induction motors.
7. Silvio Xavier Duarte Silvio Xavier Duarte and Nelson Kagan, Senior Member, 2010, A Power-Quality Index to Assess the Impact of Voltage Harmonic Distortions and Unbalance to Three-Phase Induction Motors, IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 25, NO. 3.
8. Wallace, A. K. Jouanne, A. R. von. Wiedenbriig, and E. J. Andrews, P. S. 1997. The measured effects of under Oltage, unbalanced voltage on the efticdency and power voltage-voltage and (2005A k) factorof induction motors over wide ranges of load
9. Yaw-Juen Wang,2001, Analysis of Effects of Three-Phase Voltage Unbalance on Induction otors with Emphasis on the Angle of the Complex Voltage Unbalance Factor, IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, VOL. 16, NO. 3