تأثير بعض مؤشرات جودة القدرة الكهربائية على اداء محركات المضخات الغاطسة بمنطقة الدراسة ببلية ترهونة

محمد عيسى موسى[1] ميلاد احمد بشيري[2] احمد عياد بالحاج[2]

قسم الهندسة الزراعية - كلية الزراعة - جامعة طرابلس[1]

. الهيئة الليبية للبحث العلمي[2]

تاريخ الاستلام 2023/09/21 isamohammed 00@gmail.com

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. حُددت بعض المزارع في سوق الأحد (فم ملغة) و بعض المزارع القريبة من حدودها كمنطقة دراسة في بلدية ترهونة، ، اختير من هذه المزارع عدد 12 مضخة غاطسة بقدرة (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 الغاطسة. 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 نتائج الدراسة يتضح عدم وجود مشاكل في التغذية بالشبكة العامة للكهرباء، وعليه فإن ظروف التشغيل لمجموعة المضخات التي شملتها الدراسة كانت جيدة، وقيم تيار البدء كانت ضمن الحدود المسموح بها في الأعمار التشغيلية الثلاثة للمضخات، لم تتجاوز 4.5 ٪ ، عند مستوى معنوية 5 ٪ ولم تسجل فروقات معنوية بينها. وكذلك مؤشر انحراف الجهد و لكل المضخات لم يتجاوز الحاجز المسموح به، حيث سجلت النتائج 3,12 ٪ ، 7.2 ٪ ، 9.33 ٪ للفئات العمرية الاولى، والثانية والثالثة على التوالي لمحركات المضخات فدرة 17.5 حصان مع تسجيل فروق منعنوية بينها، كما سجلت النتائج 5 ٪ ، 7.6 ٪ ، 10 ٪ للفئات العمرية الاولى، والثانية والثالثة على التوالي لمحركات المضخات فدرة 20 حصان مع تسجيل فروق منعنوية بينها

الكلمات الدالة: جودة القدرة الكهربائية ،انحراف للجهد، اتزان الجهد، مضاعفات تيار البدء.

المقدمة

هناك الكثير من الأسباب الكهربائية التي تؤذي إلى التقليل من العمر الافتراضي لمحركات المضخات الغاطسة (Submersible 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، و 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:

تأثير جودة القدرة الكهربائية على المضخات الغاطسة، والتعرف على أسباب بعض الأعطال الكهربائية التي تؤثر على أدائها وعمرها الافتراضي في المنطقة التي اختيرت للدراسة، وذلك بإجراء القياسات باستخدام أجهزة قياس جودة القدرة الكهربائية.

لدراسة تأثير انحراف الجهد (Voltage Deviation) وعدم اتزان الجهد (Unbalance Factor) على المحركات الكهربائية، توصلت دراسة قام بها (Dugan، 2004) وآخرون إلى نتائج تبين ان تجاوز عدم اتزان الجهد قيمة (2.5 ٪) يؤدي إلى زيادة درجة الحرارة داخل المحركات الكهربائية بمعدل (12.5^{o})، إذا صاحب ذلك انحراف في الجهد السالب بنسبة تزيد عن (10٪) فإن الزيادة في درجة الحرارة قد تتضاعف، كما أن زيادة عدم الاتزان للجهد بنسبة (1٪) يؤدي إلى عدم توازن التيار الكهربائي بنسبة تتراوح ما بين (6 ٪ إلى 10٪) مما يؤدي إلى زيادة مفاجئة في قراءات تيار البدء (Inrush Current). وقدأجريت 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. 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.

كما أجرية دراسة بعنوان تحليل آثار عدم اتزان الجهد ثلاثي الأطوار على المحركات الحثية، مع التركيز على زاوية عامل عدم توازن الجهد المركب. Analysis of Effects of Three-Phase Voltage) Unbalance on Induction Motors with Emphasis on the Angle of the Complex (Voltage Unbalance Factor. وتتلخص هذه الدراسة في تحديد مستويات عدم اتزان الجهد بإستخدام معامل عدم توازن الجهد المركب (Complex Voltage Unbalance Factor - CVUF) والذي هو عبارة عن قيمة زاوية، 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 (CVUF) عاملاً مهماً في تحليل عدم توازن الجهد (yaw، 2001) وآخرون

كما أجريت دراسة أخرى بعنوان التقييم الكمي لتأثيرات عدم إتزان مصدر الجهد ثلاثي الطور على المحركات الحثية. Quantitative assessment of three phase supply voltage unbalance effects on induction motors. لدراسة تأثير عدم إتزان 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 إعتماده كنموذج جيد لقياس مستويات عدم توازن الجهد. (Dekhandji، 2001) 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) حيث 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

الأجهزة المستخدمة.

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 ترهونة لاختيار المزارع المستهدفة لإجراء الاختبارات والقياسات المطلوبة على محركات المضخات الكهربائية المستخدمة في هذه المزارع.

من خلال الإستبانة 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.

حُددت منطقة سوق الأحد (فم ملغة) والمزارع القريبة من حدودها كمنطقة دراسة في بلدية ترهونة. بعد تحديد المزارع المطلوبة كمناطق للدراسة، اختيرت في كل منطقة عدد 12 مضخة غاطسة و12 مضخة سطحية بإجمالي 24 مضخة في كل منطقة، تتراوح قدراتها ما بين (17.5 hp) و(20 hp) وتم تصنيفها في بعدد 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، وتكرار عملية الري، بواقع ثلاثة قياسات في السنة الواحدة لكل مضخة .

القياسات التي أجريت بواسطة الجهاز كانت لمتوسط تيار البدء (Inrush Current) في بداية التشغيل للأطوار الثلاثة وجهد المضخة في بداية التشغيل للأطوار الثلاثة، وتيار المضخة أثناء التشغيل للأطوار الثلاثة.

الحسابات التي أجريت وتشمل:

حساب انحراف الجهد Voltage Deviation. باستخدام المعادلة الاتية:

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

معدل انحراف الجهد = V_{ud}

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:

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

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).

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

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

△Vun = نسبة معدل عدم الاتزان بنسبة للجهد.

حساب مضاعفات تيار البدء Inrush Current.

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

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).

دراسة انحراف الجهد وعدم اتزان الجهد ومضاعفات تيار البدء للمضخات (الغاطسة) بقوة hp 17.5.

من خلال نتائج القياسات التي أخذت في سنتي 2017 و 2018 للمضخات الغاطسة بقدرات 17.5 hp في منطقة ترهونة بالجدول رقم (1) لم نسجل إلا قراءة واحدة لعدم اتزان الجهد تجاوزت فيه القيمة الحد المسموح به 2.5 ٪، كما أن قيم انحراف الجهد التي تجاوزت قيمة 10 ٪ مثل ما نسبته 22.2 ٪ من مجموع القيم المحسوبة، وهي قيم محسوبة لقياسات سُجلت أثناء أوقات الدروة فقط كما لم تُسجل أي زيادة مفاجئة في تيار البدء.

جدول (1) يمثل قيم مضاعفات تيار البدء (Inrush Current) والنسبة المئوية لعدم اتزان الجهد (Factor Unbalance) ومعدل الزيادة في درجات الحرارة (Expected temperature rise)، وقيم انحراف الجهد (Voltage Deviation) عن المعدل الطبيعي للمضخات (الغاطسة) قدرة 17.5 حصان في منطقة الدراسة.

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)			
1	2017	سنة	7	4.3	4.4	4.3	%0.29	%0.35	% 2.4
			8	4.2	4.5	4.3	%0.089	%0.031	% 2
			9	4.5	4.7	4.5	%0.09	%0.032	% 2.9
	2018	سنتان	7	4.3	4.4	4.3	%0.133	%0.07	% 1.5
			8	4.1	4.2	4.1	%0.08	%0.027	%4.9
			9	4.7	4.8	4.7	%0.21	%0.19	% 3.5
2	2017	سنة	7	4.8	4.9	4.6	%0.318	% 0.2	% 1.3
			8	4.5	4.56	4.4	% 0.21	% 0.088	% 3.7
			9	4.6	4.6	4.56	% 0.2	% 0.081	% 4.55
	2018		7	4.2	4.2	4.7	% 0.258	% 0.133	% 2.7

		سنتان	8	4.3	4.3	4.3	% 0.19	% 0.07	% 3.8
			9	4.26	4.3	4.2	% 0.3	% 0.18	%4.15
3	2017	3 سنوات	7	4.7	4.6	4.6	% 0.47	% 0.44	% 1.68
			8	4.3	4.1	4.1	% 0.57	% 0.67	% 7.34
			9	3.8	3.7	3.7	% 0.25	% 0.12	% 8.39
	2018	4 سنوات	7	4.32	4.3	4.36	% 0.84	% 1.4	% 3.97
			8	3.7	3.6	3.7	% 0.41	% 0.34	% 7.13
			9	3.3	3.2	3.3	% 0.26	% 0.14	% 10.5
4	2017	3 سنوات	7	4.4	4.2	4.2	% 1.14	% 2.6	% 5.89
			8	3.9	3.7	5.6	% 1.085	% 2.36	% 11.02
			9	3.3	3.8	3.86	% 1.2	% 2.88	% 7.86
	2018	4 سنوات	7	4.9	4.6	4.5	% 1.32	% 3.48	% 4.45
			8	3.8	3.8	3.71	% 1.094	% 2.39	% 9.23
			9	3.9	3.9	3.8	% 0.66	% 0.88	% 9.1
5	2017	أكبر من خمس سنوات	7	4.7	4.1	4.73	% 0.66	% 0.88	% 2.78
			8	4.3	4.2	4.27	% 0.47	% 0.44	% 5.02
			9	4.37	4.27	4.3	%0.81	%1.3	% 4.02
	2018		7	4.8	4.7	4.67	% 0.36	% 0.25	% 1.79
			8	4.1	4.3	4.2	% 0.99	% 1.97	% 7.47
			9	3.9	4.1	4.07	% 0.44	% 0.38	% 8.2
6	2017	أكبر من خمس سنوات	7	3.1	3.78	3.7	% 2.02	% 8.16	%13.1
			8	2.9	3.7	3.8	% 1.93	% 7.47	%15.86
			9	3.1	3.7	3.8	% 2.05	% 8.41	%15.47
	2018		7	3.9	4.1	4.3	% 2.41	% 11.68	%11.8
			8	2.7	2.9	3.1	% 1.88	% 7.1	%17.97
			9	2.6	3.1	3.2	% 2.68	% 14.35	%18.74

كما يوضح الجدول رقم (2) وجود فروق معنوية بين تأثير انحراف الجهد على التصنيفات العمرية الثلاثة للمضخات الغاطسة بمنطقة ترهونة بقوة 17.5 hp، وكانت هناك فروق معنوية بين العمر الأول والعمر الثاني، وأيضاً توجد فروق معنوية بين العمر الأول والعمر الثالث، كما يوضح الشكل (12) تأثير انحراف الجهد على التصنيفات العمرية الثلاثة للمضخات الغاطسة بمنطقة ترهونة بقوة 17.5 hp، حيث كانت نتائج متوسطات انحراف الجهد للعمر الأول والثاني ضمن الحدود المسموح بها، بينما كانت متوسط نتائج العمر الثالث بنسبة (10.18٪)، وهذه النسبة مرتفعة مقارنة بتصنيف العمر الأول والثاني، ومن خلال دراسة (P. Pillay and M. Manyage، 2002) و(Dugan، 2006 وآخرون)، فإن الحد المسموح به 10٪ عن الجهد المقنن أي ما يقارب (V340)، فإن نسبة العمر الثالث بالنسبة لانحراف الجهد فوق المسموح به بنسبة ضئيلة، كما يوضح الجدول

رقم (2) وجود فروق معنوية بين تأثير عدم الاتزان على تصنيفات العمرية الثلاثة للمضخات نفسها، حيث أنه يوجد فروق معنوية بين العمر الأول والعمر الثالث وهناك فروق معنوية بين العمر الثاني والعمر الثالث. والشكل (1) يوضح نسبة متوسط تأثير عدم الاتزان للجهد والأعمار التشغيلي الثلاثة للمضخات الغاطسة بمطقة تاجوراء بقوة 17.5 hp، حيث سجلت نسبة عدم الاتزان في العمر الثالث نسبة مرتفعة بقيمة (1.39 ٪) مقارنة بالعمر الأول والثاني، حيث كانت متوسط عدم الاتزان الجهد ضمن الحدود المسموح بها في الأعمار الثلاثة، أي أن هذه المجموعة من المضخات لم تعاني من ارتفاع في عدم الاتزان عن الحد المسموح به ومن خلال دراسة (P. Pillay and M. Manyage، 2002) و(Dugan، 2006 وآخرون)، فإن تجاوز عدم اتزان الجهد عن المعدل المسموح به بنسبة (2.5٪) يسبب زيادة في درجة الحرارة بحدود 12.5 درجة مئوية.

جدول 2 للمضخات الغاطسة قدرة 17.5 حصان

نسبة الزيادة في انحراف الجهد (Voltage Deviation)			
عمر المضخة	المتوسطات	الانحراف المعياري	الخطأ القياسي
العمر الأول من سنة إلى سنتان	3.12٪^{A}	1.17	0.34
العمر الثاني من 3 إلى 4 سنوات	7.2٪^{B}	2.78	0.803
العمر الثالث أكبر من 5 سنوات	10.19٪^{C}	6.08	1.75
المعنوية	**		
نسبة عدم اتزان الجهد (Unbalance Factor).			
عمر المضخة	المتوسطات	الانحراف المعياري	الخطأ القياسي
العمر الأول من سنة إلى سنتان	0.19٪^{A}	0.085	0.0245
العمر الثاني من 3 إلى 4 سنوات	0.77٪^{B}	0.39	0.11
العمر الثالث أكبر من 5 سنوات	1.39٪^{C}	0.85	0.245
المعنوية	**		
مضاعفات تيار البدء (Inrush Current)			
عمر المضخة	المتوسطات	الانحراف المعياري	الخطأ القياسي
العمر الأول من سنة إلى سنتان	3.7^{A}	0.788	0.13
العمر الثاني من 3 إلى 4 سنوات	4.03^{A}	0.505	0.08
العمر الثالث أكبر من 5 سنوات	4.397^{A}	0.22	0.03
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٪

تم استخدام البرنامج الإحصائي SAS لتحليل نتائج الجدول

التحليل بواسطة التجارب العاملية

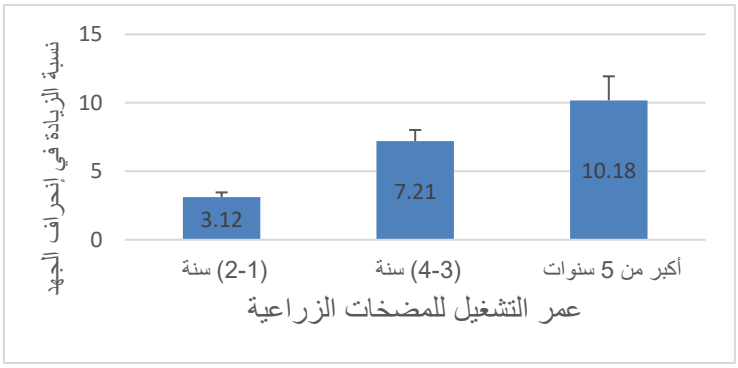
التصميم CRD

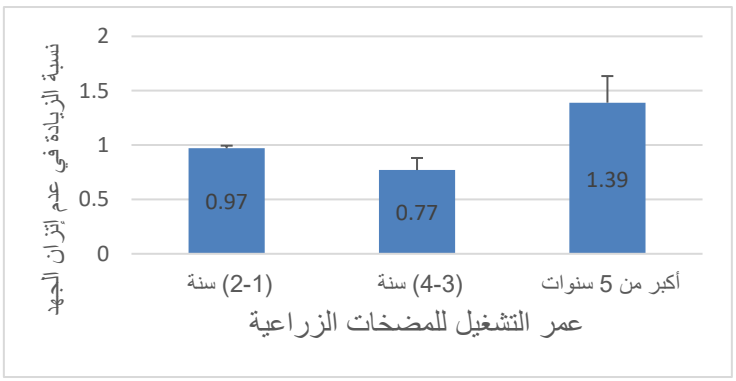
النموذج $Yij = M + A_i + E_{ij}$

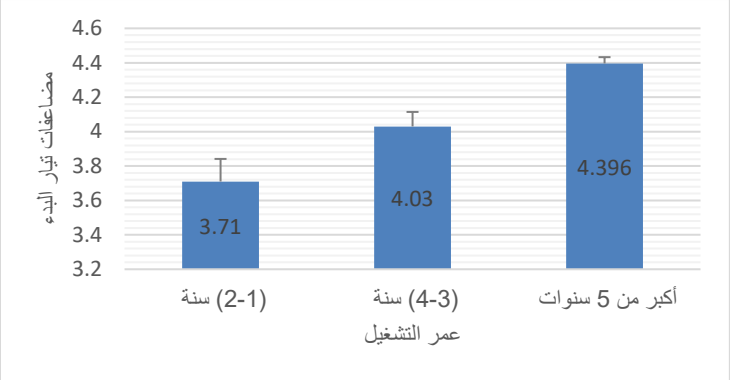
M المتوسط العام

A_i تأثير العمر

E_{ij} الخطأ التجريب







الشكل (1) مصخات غاطسة قدرة 17.5 حصان

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

من خلال نتائج القياسات التي أخذت في سنتي (2017 و 2018) في الجدول رقم (3) للمضخات الغاطسة بقدرات 20 حصان، فإن كل القياسات بالنسبة لعدم الاتزان لم تتجاوز 2.5 ٪، ومجموع القراءات التي تجاوز فيها انحراف الجهد 10٪ تمثل ما نسبته فقط 16.67 ٪ في سنة 2017، و 33.3 ٪ في سنة 2018 وقد سُجلت أيضاً هذه القيم العالية أثناء القياسات في أوقات الدروة فقط ولم تُسجل أي زيادة مفاجئة في تيار البدء، ويمكن القول ان ظروف التشغيل كانت جيدة.

جدول 3 يمثل قيم مضاعفات تيار البدء (Inrush Current) والنسبة المئوية لعدم اتزان الجهد (Unbalance Factor)، ومعدل الزيادة في درجات الحرارة (Expected temperature rise)، وقيم انحراف الجهد عن المعدل الطبيعي (Voltage Deviation) للمضخات (الغاطسة) قدرة 20 حصان.

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)			
13	2017	سنة	7	4.7	4.6	4.75	٪ 0.242	٪ 0.11	٪ 2.29
			8	4.5	4.43	4.6	٪ 0.69	٪ 0.95	٪ 5.24
			9	4.63	4.63	4.69	٪ 0.38	٪ 0.29	٪ 3.44

	2018	سنتان	7	4.76	4.8	4.9	٪ 0.39	٪ 0.31	٪ 1.87
			8	4.4	4.5	4.58	٪ 0.33	٪ 0.227	٪ 6.53
			9	4.3	4.3	4.34	٪ 0.14	٪ 0.041	٪ 7.66
14	2017	سنة	7	4.8	4.9	4.74	٪ 0.7	٪ 0.99	٪ 3.37
			8	4.3	4.4	4.37	٪ 0.73	٪ 1.06	٪ 7.97
			9	4.5	4.38	4.37	٪ 0.68	٪ 0.92	٪ 5.97
	2018	سنتان	7	4.9	4.79	5.07	٪ 0.54	٪ 0.58	٪ 1.42
			8	4.2	4.14	4.28	٪ 0.67	٪ 0.89	٪ 9.84
			9	4.7	4.6	4.56	٪ 0.69	٪ 0.96	٪ 4.68
15	2017	3 سنوات	7	4.3	4.4	4.49	٪ 1.35	٪ 3.67	٪ 7.39 □
			8	3.2	3.4	3.49	٪ 1.358	٪ 3.69	٪ 12.74
			9	4.36	4.4	4.45	٪ 0.96	٪ 1.86	٪ 8.1
	2018	4 سنوات	7	4.65	4.8	4.9	٪ 0.97	٪ 1.87	٪ 2.8
			8	2.9	3.1	3.2	٪ 2.032	٪ 8.25	٪ 13.7
			9	6.7	6.5	6.9	٪ 1.45	٪ 4.22	٪10.05
16	2017	3 سنوات	7	4.7	4.8	4.73	٪ 0.45	٪ 0.41	٪ 3.45
			8	4.62	4.71	4.65	٪ 0.467	٪ 0.44	٪ 8.11
			9	4.54	4.64	4.56	٪ 0.614	٪ 0.755	٪ 7.47
	2018	4 سنوات	7	4.78	4.88	4.81	٪ 0.22	٪ 0.09	٪ 2.13
			8	4.58	4.71	4.63	٪ 0.69	٪ 0.942	٪ 10.6
			9	4.63	4.8	4.74	٪ 0.89	٪ 1.57	٪ 4.95
17	2017	أكبر من خمس سنوات	7	4.7	4.5	4.28	٪ 0.998	٪ 1.99	٪3.45
			8	4.3	4.1	4.02	٪ 1.351	٪ 3.63	٪ 8.1
			9	4.37	4.2	4.1	٪ 1.353	٪ 3.65	٪ 7.74
	2018		7	4.78	4.8	4.92	٪ 0.69	٪ 0.94	٪ 2.1
			8	4.1	3.9	3.84	٪ 1.37	٪ 3.77	٪ 10.55
			9	4.5	4.42	4.31	٪ 0.88	٪ 1.54	٪ 4.95
18	2017	أكبر من خمس سنوات	7	4.3	4.1	4.15	٪ 0.93	٪ 1.74	7.44٪
			8	3.37	3.1	3.2	٪ 1.03	٪ 2.13	٪ 14.89
			9	3.3	3.16	3.17	٪ 0.73	٪ 1.06	٪ 11.48
	2018		7	3.7	3.55	3.49	٪ 0.88	٪ 1.54	٪ 6.82
			8	2.79	2.54	2.67	٪ 0.86	٪ 1.495	٪ 16.53
			9	8.2	7.3	7.9	٪ 1.13	٪ 2.567	٪ 17.92

كما يوضح الجدول رقم (4) وجود فروق معنوية لقيم إحراف الجهد على التصنيفات العمرية الثلاثة للمضخات الغاطسة قدرة 20 حصان، وكانت هناك فروق معنوية بين العمر الأول والعمر الثاني، وأيضاً يوجد فروق معنوية بين العمر الأول والعمر الثالث.

كما يوضح الشكل (4) تأثير انحراف الجهد على التصنيفات العمرية الثلاثة للمضخات الغاطسة بمنطقة ترهونة بقوة 20 hp، حيث كانت نتائج متوسطات انحراف الجهد لجميع الأعمار ضمن الحدود المسموح به، ومن خلال دراسة (P. Pillay and M. Manyage، 2002) و(Dugan، 2006 وآخرون)، فإن الحد المسموح به 10٪ عن الجهد المقنن أي ما يقارب (340 v)، كما يوضح الجدول رقم (4) وجود فروق معنوية بين قيم عدم الاتزان على تصنيفات العمرية الثلاثة للمضخات نفسها، وكانت هناك فروق معنوية بين العمر الأول والعمر الثاني، وأيضاً يوجد فروق معنوية بين العمر الأول والعمر الثالث، والشكل (2) يوضح متوسط قيم عدم الاتزان للجهد في الأعمار التشغيلية الثلاثة للمضخات الغاطسة قدرة 20 hp، حيث سجل متوسط عدم الاتزان للجهد مستويات ضمن الحدود المسموح بها في الأعمار الثلاثة، حسب دراسة (P. Pillay and M. Manyage، 2002) و(Dugan، 2006 وآخرون)، فإن تجاوز عدم اتزان الجهد المعدل المسموح به بنسبة (2.5٪) يسبب زيادة في درجة الحرارة بحدود 12.5 درجة مئوية.

جدول4 (المضخات الغاطسة) قدرة 20 حصان

نسبة الزيادة في انحراف الجهد (Voltage Deviation)			
عمر المضخة	المتوسطات	الانحراف المعياري	الخطأ القياسي
العمر الأول من سنة إلى سنتان	5.023%^{A}	2.66	0.768
العمر الثاني من 3 إلى 4 سنوات	7.62%^{B}	3.77	1.089
العمر الثالث أكبر من 5 سنوات	9.33%^{C}	5.069	1.4639
المعنوية	*		
نسبة عدم اتزان الجهد (Unbalance Factor).			
عمر المضخة	المتوسطات	الانحراف المعياري	الخطأ القياسي
العمر الأول من سنة إلى سنتان	0.515%^{A}	0.208	0.060
العمر الثاني من 3 إلى 4 سنوات	0.954%^{B}	0.518	0.149
العمر الثالث أكبر من 5 سنوات	1.017%^{B}	0.238	0.067

المعنوية	*		
مضاعفات تيار البدء (Inrush Current)			
عمر المضخة	المتوسطات	الانحراف المعياري	الخطأ القياسي
العمر الأول من سنة إلى سنتان	4.54^{A}	0.224	0.037
العمر الثاني من 3 إلى 4 سنوات	4.595^{A}	0.83	0.138
العمر الثالث أكبر من 5 سنوات	4.13^{A}	1.192	0.199
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٪

تم استخدام البرنامج الإحصائي SAS لتحليل نتائج الجدول

التحليل بواسطة التجارب العاملية

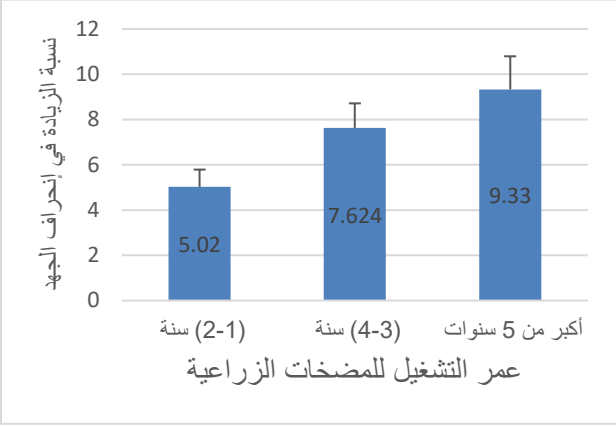
التصميم CRD

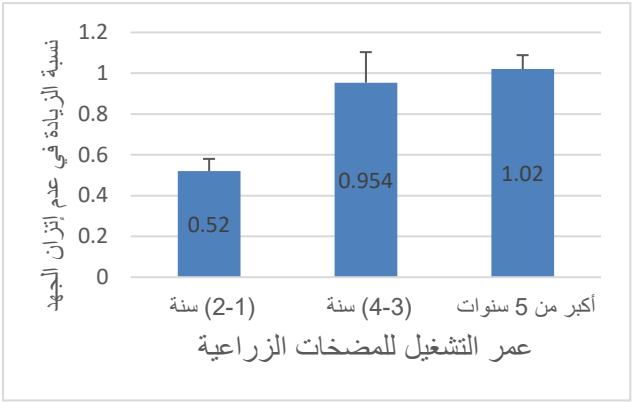
النموذج $Yij = M + A_i + E_{ij}$

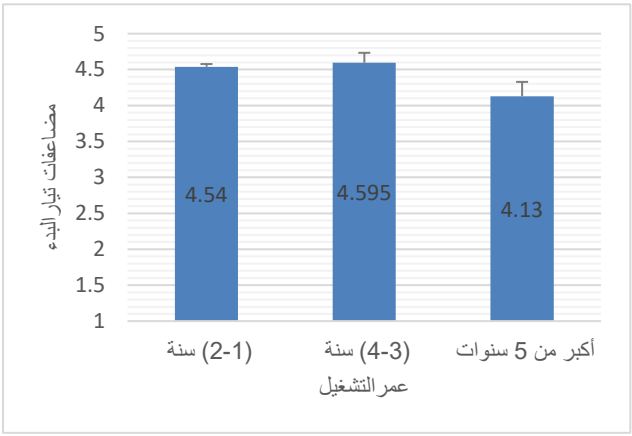
M المتوسط العام

A_i تأثير العمر

E_{ij} الخطأ التجريبي







شكل (2) مصخات غاطسة قدرة 20 حصان

الاستنتاجات

1. من خلال نتائج الدراسة يتضح عدم وجود مشاكل في التغذية بالشبكة العامة للكهرباء بمنطقة الدراسة خلال الفترة الزمنية للموسمين 2017، 2018، وعليه ظروف التشغيل لمجموعة المضخات التي شملتها الدراسة كانت جيدة، وقيم تيار البدء كانت ضمن الحدود المسموح بها في الأعمار التشغيلية الثلاثة للمضخات، لم تعاني المضخات المدروسة من ارتفاع في عدم اتزان الجهد تجاوز الحد المسموح به، و كان مؤشر انحراف الجهد لكل المضخات ضمن الحدود المسموح بها.

2. من خلال الكشف الميداني واجراء القياسات الدورية على المحركات الكهربائية للمضخات الغاطسة، وتحليل البيانات المحسوبة يمكن توقع الأعطال قبل حدوثها.

المراجع

المراجع العربية

1. بشيري، ميلاد 2015، تقرير قياس جودة القدرة الكهربائية لمصرف الصحاري، والفندق الكبير/ جامعة طرابلس / معمل بالبلازما
2. بشيري، ميلاد، 2015، تقرير عن الزيارة الميدانية لمجمع ذات العماد الشركة العامة للكهرباء.

المراجع الإنجليزية

3. 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.
4. Dugan, R. McGranaghan, M. Santoso, S. and Beaty, H.W. 2004 Power Systems Quality (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
5. 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.
6. Yaw-Juen Wang,2001, Analysis of Effects of Three-Phase Voltage Unbalance on Induction motors with Emphasis on the Angle of the Complex Voltage Unbalance Factor, IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, VOL. 16, NO.