ISSN: 1994-7801
المجلة العراقية لدراسات الصحراء
العدد الخاص للمؤتمر العلمي الأول
المجلد-٢، العدد-٢، ٢٠١٠

تطوير منظومة توربينية لاستخراج المياه الجوفية العميقة

عبيد مجيد علي البجاري
المعهد التقني - الحويجة

الكلمات المفتاحية: منظومة توربينية، المياه الجوفية العميقة.

تاريخ الاستلام: ٢٠٠٩/١١/١٢ تاريخ القبول: ٢٠١٠/٥/٢٢

المستخلص:

بالنظر لقلة الأمطار في الآونة الأخيرة مما أدى إلى نزول مستوى المياه الجوفية بشكل كبير وخصوصاً في الأراضي الصحراوية ، لذلك فقد استوجب استخدام مضخات توربينية متعددة المراحل ولكن هذه المضخات تحتاج إلى قدره عالية لتشغيلها عند استخدامها في الآبار العميقة بسبب خسائر الاحتكاك والخسائر الناتجة من استخدام المساند والأعمدة الدوارة التي تنقل الحركة ، كما ان هذه المضخات عادة ما يتم تشغيلها باستخدام محركات كهربائية مما يستوجب وجود مصدر للطاقة الكهربائية بالقرب من البئر وهذا غالباً ما يكون غير موجود في الأراضي الصحراوية .

تم في البحث الحالي دراسة المضخات المستخدمة لاستخراج المياه الجوفية من الآبار الارتوازية العميقة والتي شاع استخدامها في الآونة الأخيرة نتيجة نزول مستوى المياه الجوفية الناتج من الجفاف ، وكان الهدف من الدراسة لتطوير هذه المضخات من اجل تحسين أدائها وزيادة كفاءتها وبالتالي تقليل الطاقة اللازمة لتشغيل هذه المضخات، حيث تم استخدام منظومة هيدروليكية لتشغيل المضخة والاستغناء عن المحركات الكهربائية وكذلك الاستغناء عن الأعمدة الدوارة والمساند وبالتالي تقليل الطاقة اللازمة لتشغيل المضخة .

أجريت دراسة عملية على مضخة توربينية ذات مواصفات معلومة تعمل بمحرك كهربائي تم نصبها على بئر ارتوازي بعد أن تم قياس عمق البئر ومستوى سطح الماء في البئر ، وعند تشغيل المضخة التوربينية تم اخذ البيانات المطلوبة لإجراء الدراسة ، بعد ذلك تم تصميم نموذج نظري مطور للمضخة التوربينية يعمل بالهايدروليك وتحت نفس الظروف الخارجية الخاصة بالبئر وقد تم حساب مواصفات النموذج الجديد المطور باستخدام المعادلات النظرية ، وعند مقارنة النتائج التي حصلنا عليها للمضخة التوربينية التي تم نصبها وتشغيلها على البئر الارتوازي مع النتائج التي تم الحصول عليها للنموذج النظري المطور تبين أن النموذج الجديد ذو كفاءة أعلى من المضخة المستخدمة حيث أن المضخة المصممة في النموذج النظري المطور تحتاج إلى طاقة اقل بكثير لتشغيلها للحصول على نفس التصريف.

DEVELOPMENT OF TURBINE SYSTEM FOR PUMPING DEEP UNDERGROUND WATER

Obaid Majeed Ali (Asst. Lecturer)

Technical Institute of Haweja-kirkuk

E-mail:Obaid_majeed@yahoo.com

Keywords: Turbine System, Deep Undergroundwater.

Received: 12/11/2009 **Accepted:22/5/2010**

Abstract:

As a result of rainfall lack in the last years, the level of ground water was draw down especially in the desert lands , so it was important to use multistage turbine pumps , but this pumps need consume high power when use on the deep wells , because of the friction and transmission losses , the electrical energy usually used in these pumps which not available in the desert lands .

In this study a multistage turbine pumps which is used widely in the deep wells in the last years as a result of lack of rain and decrease of under ground water. The goal of this study is to develop these pumps in order to improve performance and increase the efficiency to economize the power used in these pumps.

A field study has been done on a specified turbine pump instilled on a deep well after locating the well depth and the water level in the well, when starting the turbine pump the necessary data for the study was recorded. Then a developed theoretical hydraulic model for the turbine pump is designed under the same water well conditions, and calculating the new pump parameters using the theoretical equations. By comparing the recorded parameters of the installed turbine pump with the results parameters from the theoretical model , it shows that the new model is efficient more than the used pump , where the designed pump in the theoretical model consume energy less than the instilled pump for the same flow rate .

قائمة الرموز:

الرمز	المعنى	الوحدات
d	القطر الداخلي للأنبوب	m
f	معامل الاحتكاك للأنابيب	---
G	التعجيل الأرضي	$m/\sec.^2$
H	الارتفاع الكلي	m
hf	خسائر الاحتكاك في الأنابيب	m
$h_{\min.}$	خسائر الارتفاع في الصمامات وملحقات ربط الأنابيب	m
h_l	خسائر الارتفاع	m
I	التيار	Amber
K_2	معامل يعتمد على بيانات المضخة	---
L	الطول المكافئ للأنبوب	m
p	الضغط	N/m^2
Pe	القدرة اللازمة لتشغيل المحرك الكهربائي	KW
Pw	القدرة اللازمة لتشغيل المضخة	KW
Q	التصريف	$m^3/\sec.$
t	الزمن	Sec.
V	الفولتية	volt
Vol.	الحجم	m^3
Z	الارتفاع من سطح الماء إلى نقطة الضخ	m
θ	زاوية فرق الطور بين الفولتية والتيار	Degree
v	معدل سرعة جريان الماء	m/sec.
ρ	كثافة الماء الكتلية	Kg/m^3
γ	كثافة الماء الوزنية	N/m^3
η_p	كفاءة المضخة	---

المقدمة:

تعتبر المضخات التوربينية متعددة المراحل واحدة من أهم الوسائل المستخدمة لاستخراج المياه الجوفية من الآبار الارتوازية العميقة حيث انه وبسبب قلة الأمطار بصورة عامة في السنوات الماضية مما أدى إلى نزول مستوى مناسيب المياه الجوفية في الآبار الارتوازية لمسافات عميقة بعيداً عن مستوى سطح الأرض وخصوصاً في المناطق الصحراوية بحيث يتعذر استخراج الماء بواسطة المضخات الدوارة ، ونظراً لان المضخات التوربينية متعددة المراحل تمتاز بإمكانية استخراج المياه من الآبار الارتوازية العميقة وبتصريف كبير حيث أن مبدأ عملها مشابه لمبدأ عمل المضخات ذات الدفاعة المروحية ، ولكنها تحتوي على أكثر من دفاعه مروحية موضوعة بالقرب من بعضها على عمود إدارة عمودي ويعتمد تصريف المضخة على قطر المضخة وعدد الدفاعات المروحية [1] لذلك فقد شاع استخدامها في المناطق التي يكون منسوب المياه الجوفية بعيداً عن مستوى سطح الارض وأصبح الاعتماد عليها بصورة رئيسية في استخراج المياه التي تستخدم في الزراعة وسقي الحيوانات وكذلك تستخدم للشرب بعد معالجتها في المناطق التي لا تتوفر فيها المياه السطحية .

تسعى التكنولوجيا الحديثة دائماً إلى تحسين كفاءة المنظومات المستخدمة في كافة المجالات وبما أن المضخات التوربينية التي يتم تشغيلها بواسطة محركات كهربائية تستهلك مقدار كبير من الطاقة الكهربائية وحيث أن توفير الطاقة الكهربائية أصبح من أهم التحديات في الحاضر والمستقبل وكذلك عدم توفر الطاقة الكهربائية في اغلب المناطق الصحراوية ، لذلك فقد تم في هذا البحث إجراء تطوير على تصميم المضخة التوربينية لزيادة كفاءتها بحيث تعطينا المضخة نفس التصريف باستخدام طاقة اقل مما يؤدي إلى توفير مقدار كبير من الطاقة وباستخدام منظومة هيدروليكية تعتمد على السائل الهيدروليكي لنقل الطاقة من المحرك إلى المضخة بدلاً أعمدة الإدارة المستخدمة مع المحرك الكهربائي في النموذج الذي تمت دراسته ، تضمنت التحسينات على المضخة التي أجريت الدراسة عليها تغيير تصميم المضخة وذلك بإزالة بعض الأجزاء التي تستهلك طاقة إضافية وتعيق مرور الماء خلال أنبوب السحب حيث تم الاستغناء عنها في النموذج المصمم الجديد بحيث نتج عن هذه التحسينات زيادة مساحة مجرى الماء وتقليل الطاقة اللازمة لتشغيل المضخة ولنفس التصريف ومن دون الحاجة إلى توفر الطاقة الكهربائية .

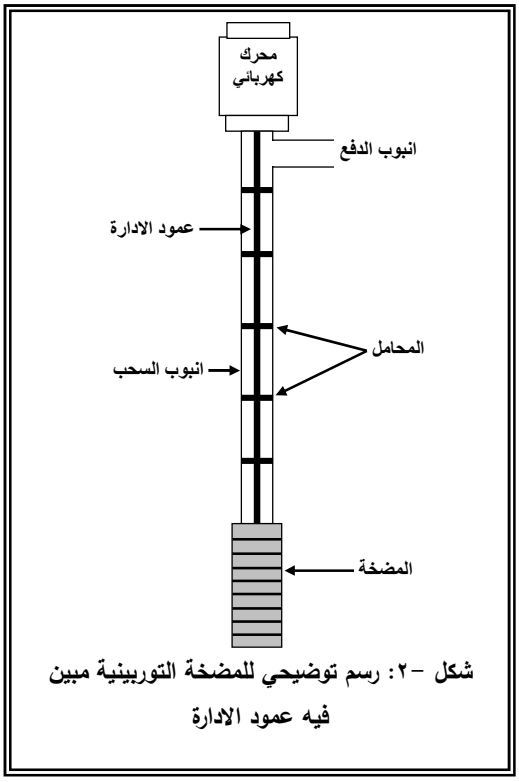
الجانب العملي والحسابات:

المضخة التوربينية المستخدمة

تم إجراء الدراسة في هذا البحث على مضخة توربينية الشكل (١) حيث تتكون هذه المضخة من محرك كهربائي ثلاثي الأطوار ، قدرة المحرك (22KW) والذي يكون وضعة عمودياً فوق البئر يربط المحرك الكهربائي مع عمود الإدارة الشكل (٢) والذي يتكون بدورة من مجموعة من القطع يبلغ

طول كل قطعة 1800mm وبقطر 21mm تكون مربوطة مع بعضها عند النهايات بواسطة حلقات وصل مسننة ويمر عمود الإدارة خلال أنبوب سحب الماء ويكون متمركزاً داخلة ومسنود بمحامل شكل (٣) توضع داخل أنبوب السحب على مسافات متساوية بمقدار 1800mm على طول أنبوب السحب ويكون عدد المحامل بعدد قطع عمود الإدارة المستخدم إي إن هنالك محمل لكل قطعة من عمود الإدارة حيث يصل عمود الإدارة بين المحرك الكهربائي من الجهة العليا والمضخة من الجهة السفلى لأنبوب السحب والتي تكون داخل البئر تحت مستوى سطح الماء . والجدول رقم(١) يبين مواصفات المضخة المستخدمة .

شكل –١: المضخة التوربينية منصوبة على البئر



شكل –٢: رسم توضيحي للمضخة التوربينية مبين فيه عمود الادارة

شكل -٣: المحامل المستخدمة في أنبوب السحب

الجدول -١: مواصفات المضخة التي تم نصبها على البئر

التصريف L/sec.	عدد الدفاعات المروحية	قطر أنبوب السحب	عدد أعمدة الإدارة	قدرة المحرك الكهربائي KW	الارتفاع الكلي للمضخة m (H)
10 – 15	9	125 mm	20	22	70 - 100

حساب تصريف المضخة

تم نصب المضخة التوربينية على بئر ارتوازي بعمق (100m) يقع في منطقة الكيصومة جنوب غربي قضاء الحويجة وتم قياس مستوى سطح الماء في البئر قبل تشغيل المضخة ، بعد ذلك تم تشغيل المضخة والانتظار لفترة من الزمن إلى أن استقر مستوى الماء في البئر وتم قياسه ، ثم بدئنا بقياس تصريف المضخة حيث كان أنبوب الدفع الخارج من المضخة يصب في حوض مكعب الشكل ذو أبعاد معلومة (4m×2m× 2m) وقد تم قياس التصريف باستخدام ساعة توقيت لحساب ارتفاع الماء في الحوض وبالتالي حساب كمية الماء في الحوض لزمن معين وبأخذ معدل عدة قراءات تم حساب التصريف للمضخة باستخدام المعادلة التالية:

$$Q = \frac{Vol.}{t}$$

حساب قدرة المحرك الكهربائي

ولغرض قياس الطاقة الكهربائية التي يستهلكها المحرك الكهربائي تم قياس الفولتية التي يستهلكها باستخدام جهاز رقمي متعدد القياسات من نوع (LCR-9073) وقياس التيار بواسطة جهاز قياس التيار نوع (Philips) طراز (PM) .

باستخدام القراءات التي تم الحصول عليها وبما إن المحرك الكهربائي ثلاثي الأطوار تم حساب القدرة الفعلية التي يستهلكها المحرك الكهربائي باستخدام المعادلة التالية [2] :

$$Pe = \sqrt{3}\, I\, V\, COS(\theta) \qquad (1)$$

حساب قدرة المضخة

لحساب القدرة اللازمة لتشغيل المضخة تم استخدام المعادلة التالية :

$$Pw = \frac{Q\, H\, \gamma}{K_2\, \eta_p} \qquad (2)$$

حيث تم قياس تصريف المضخة عملياً ، كما تم إيجاد الارتفاع الكلي للمضخة (Total Head) باستخدام معادلة برنولي [3] :

$$H = \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2g} + Z + h_l \qquad (3)$$

حيث تمثل h_l خسائر الارتفاع (Head Losses) وتحسب من المعادلة:

$$h_l = hf + h_{\min.}$$

ويمكن حساب hf و $h_{\min.}$ للأنابيب والملحقات المستخدمة مع الأنابيب من المعادلات التالية:

$$hf = f\frac{L}{d} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{\min.} = Loss\ of\ head\ in\ valves\ and\ fittings$$

حيث يتم حساب المقادير الموجودة في هذه المعادلات باستخدام جداول معدة لهذا الغرض [4] .

النموذج النظري المقترح

من خواص السائل الهيدروليكي القدرة على نقل كمية كبيرة من الطاقة خلال أنابيب صغيرة وخراطيم مرنة ، ومن الخواص الأساسية للنظام الهيدروليكي القدرة على تسليط قوة أو عزم تدوير مضاعف بصورة سهله جداً بغض النظر عن المسافة بين الدخول والخروج ،من دون الحاجة إلى تروس نقل الحركة الميكانيكية ، ويتم ذلك من خلال تغيير التدفق لكل دوره بين المضخة والمحرك في المنظومة الهيدروليكية ، في النموذج النظري الحالي سوف يتم تغيير تصميم منظومة الضخ التوربينية للحصول على كفاءة أعلى واستهلاك اقل للطاقة ولنفس التصريف .

كما سيتم الاستغناء عن المحرك الكهربائي نظراً لعدم توفر الطاقة الكهربائية في اغلب المناطق الصحراوية وأستبدله بمحرك ديزل يوضع على سطح الأرض بالقرب من البئر يقوم المحرك بتدوير مضخة هيدروليكية الشكل(٤).

الشكل-٤: المضخة الهيدروليكية المستخدمة في النموذج النظري

والتي تعتبر اقتصادية (رخيصة الثمن) وبسيطة التركيب وموثوق بأدائها وتستخدم لضخ سائل الهيدروليك وبضغط عالي والتي تربط إلى خزان مغلق يحتوي على زيت الهايدروليك حيث تقوم بسحبة من الخزان وتدفعه عبر أنبوب خاص لنقل الهايدروليك مصمم لتحمل ضغط الهايدروليك العالي إلى المحرك الهايدروليكي الذي يتم ربطة مباشرة إلى المضخة التوربينية من الأسفل داخل البئر تحت مستوى سطح الماء والذي يقوم بتدويرها، مما يستوجب استخدام محرك هايدروليكي الشكل (٥).

الشكل-٥: المحرك الهيدروليكي المستخدمة في النموذج النظري

ذو حجم خاص يتلاءم مع قطر البئر وقدرة حصانيه تكفي لتشغيل مضخة الماء والتي تم حسابها من المعادلة رقم (٢) ، ويمتاز هذا النوع من المحركات الهيدروليكية بأنه يوفق بصوره كبيره بين السعر والأداء وذلك بإنتاج قدرة بكلفة مقبولة ، وهذه المحركات تعمل بصورة جيدة ضمن مدى واسع من التطبيقات .

وبعد ذلك يكمل الزيت دورته المغلقة بالرجوع إلى خزان الزيت ، وفائدة خزان الزيت احتواءه على كمية اضافيه من الزيت لغرض التعويض في كمية الزيت في حالة حدوث نضح وكذلك عند انكماش وتمدد الزيت بسبب التغير في درجة حرارته ، كما يساعد الخزان أيضا على فصل الهواء من السوائل .

النتائج ومناقشتها

عند دراسة النموذج الذي تم نصبة على البئر وتشغيله نلاحظ فيه إن القدرة تنتقل من المحرك الكهربائي إلى المضخة عن طريق عمود الإدارة والذي يمتد عبر أنبوب سحب الماء وهذا العمود يعتبر حمل إضافي على المحرك حيث إن هذا العمود يستند داخل أنبوب السحب بمحامل ويدور داخل هذه المحامل مما يولد قوة احتكاك بين عمود الدوران والمحامل والتي تسبب خسائر في القدرة بالإضافة إلى الخسائر الناتجة عن وزن العمود ، كما أن وجود عمود الإدارة داخل أنبوب السحب يقلل من مساحة أنبوب السحب الداخلية وبالتالي يعيق حركة مرور الماء وعليه فان نقل القدرة من المحرك إلى المضخة التوربينية بواسطة الزيت عبر أنابيب نقل الهايدروليك يؤدي إلى الاستغناء عن عمود الإدارة وبالتالي التخلص من خسائر القدرة الناتجة عنه .

كما أن المحامل تقلل من مساحة أنبوب السحب وتعيق مرور الماء داخلة حيث أن المساحة التي يمر من خلالها الماء أثناء عبور المحامل تساوي تقريباً ٦٥% من مساحة أنبوب السحب النازل في البئر وبالتالي تقلل التصريف مما يؤدي إلى زيادة الحمل على المحرك .

وبما أن النموذج النظري المقترح لا يحتاج إلى استخدام محامل فان ذلك يؤدي إلى زيادة مساحة أنبوب السحب وبالتالي زيادة التصريف .

تم حساب القدرة التي يستهلكها النموذج النظري الحالي باستخدام المعادلة رقم (٢) لحساب القدرة اللازمة لتشغيل مضخة الماء بثبوت التصريف بعد إيجاد الارتفاع الكلي للمضخة (Total Head) باستخدام المعادلة رقم (٣) على فرض إن كفاءة المضخة ثابتة ، وبما أن المضخة مربوطة بصورة مباشرة مع المحرك الهايدروليكي لذلك يجب أن تزيد قدرة المحرك الفعلية بنسبة ٢٠% على القدرة التي تحتاجها المضخة [5] لتجنب تحميل المحرك .

بعد حساب القدرة الفعلية التي يستهلكها المحرك الهيدروليكي في النموذج النظري الحالي عند نفس مواصفات البئر لإعطاء نفس التصريف ومقارنتها مع القدرة التي تم حسابها للنموذج الذي تمت دراسته عملياً باستخدام المعادلة رقم (١) تبين أن القدرة المستهلكة في النموذج النظري اللازمة لتشغيل المحرك الهيدروليكي وبنفس التصريف للمضخة اقل بنسبة ٤٧% من القدرة المستهلكة اللازمة لتشغيل المحرك الكهربائي في النموذج الذي تمت دراسته عملياً ، وهذا يبين مدى تأثير عمود الإدارة والمحامل ومقدار الخسائر الناتجة عنهما.

كما أن الاستغناء عن عمود الإدارة والمحامل يعني التقليل من كلفة تصنيع منظومة الضخ وتسهيل نصب المنظومة على البئر الارتوازي وذلك لان عمود الإدارة يتكون من عدة قطع مما يتطلب ربطها إثناء نصب منظومة الضخ الواحدة تلو الأخرى وإنزالها إلى داخل البئر عمودياً وبصورة مستقيمة بحيث يتكون عمود أداره ذو وزن كبير يصعب السيطرة عليه خصوصاً في الآبار العميقة عندما يكون طول العمود كبيراً جداً .

أما بالنسبة لعملية الصيانة في حالة حدوث عطل في المنظومة التي تمت دراستها عملياً فان استخراج مضخة الماء يتطلب استخراج جميع المساند وأعمدة الإدارة وفصلها عن بعضها وهذه العملية مكلفة جداً، في حين أن صيانة المنظومة في النموذج الجديد يكون سهل جداً ويمكن سحب مضخة الماء والمحرك الهيدروليكي وذلك بواسطة سلك سحب يكون مربوط بهما عند إنزالهما .

من جهة أخرى فانه يستوجب استخدام الشحوم لتزييت مناطق تماس عمود الإدارة مع المحامل في النموذج الذي تمت دراسته عملياً لتقليل الاحتكاك مما يؤدي إلى تلوث المياه الخارجة من البئر بهذه الشحوم بينما في النموذج الجديد ونظراً للاستغناء عن المحامل وعمود الإدارة فانه لا يحدث تلوث في المياه الخارجة من البئر.

الاستنتاجات والتوصيات:

أن استخدام عمود الإدارة لنقل القدرة من المحرك إلى المضخة يسبب خسائر في القدرة نتيجة وزن العمود والاحتكاك مع المساند التي يرتكز عليها داخل أنبوب سحب الماء .

إن وجود المساند داخل أنبوب سحب الماء يقلل المساحة الداخلية للأنبوب وبالتالي يعيق جريان الماء ويقلل التصريف .

تصنيع نموذج عملي للمضخة الهيدروليكية لغرض استخدامه في الآبار الارتوازية .

المصادر:

1-Naser B. Abdullah, 2004. Power Electronics and Their Application in Power System. Baghdad, Iraq, p271.
http://negative-pressure.net

2-Merle C. Potter, David C. Wiggert, 2002. "Mechanics of Fluid" 3rd Edition, Wadsworth Group, USA, p107.

٣- الطائي، رياض عبد الله ، ١٩٩٩. " معدات الري " دار الكتب والوثائق ببغداد (٣٣٢)، العراق، ص ٢٨٢.

4--Sahu G. K. 2000. "Pumps" New Age International (p) Ltd. Publishers, New Delhi K p181.