مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (30) العدد (2) 2008
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (30) No. (2) 2008

التصميم بمساعدة الحاسوب ونمذجة أسس نظام عمل محطة ضخ تعمل بتغذية كهربائية من خلايا شمسية

الدكتور سمير نمر كفا *
الدكتور رائد النجار **

(تاريخ الإيداع 23 / 4 / 2007. قُبِل للنشر في 2008/4/9)

□ الملخّص □

يقدم هذا البحث نموذج رياضي يصف العلاقة بين شدة الإشعاعات الشمسية من جهة و بين نظام عمل تجهيزات محطة ضخ المياه عند مختلف احتمالات تركيب الإدارة الكهربائية من جهة أخرى ، حيث جرى باستخدام الحاسب الآلي تحليل الأداء الوظيفي لمحطات الضخ الشمسية عند مختلف حالات توجيه الخلية الشمسية ، وذلك في أربع احتمالات مختلفة للإدارة الكهربائية ضمن الظروف المناخية للقطر العربي السوري ، واعتماداً على نظرية التدفق الأعظمي لتكامل مختلف الفترات الزمنية /في الساعة– اليوم– السنة/.

وفي النهاية تم محاولة تعميم مواصفات المضخات النابذة المدارة من محرك كهربائي لا تزامني ، بحيث نستطيع تحديد بارامترات نظام عمل المضخة وعلاقتها بتغير بارامترات الخلية الشمسية.

كلمات مفتاحية: خلية شمسية، محرك كهربائي، مضخة.

*أستاذ – قسم هندسة التصميم والإنتاج –كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية . سورية.
** مدرس – قسم هندسة التصميم والإنتاج –كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية . سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (30) العدد (2) 2008
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (30) No. (2) 2008

Computer-Aided Design and the Simulation System of a Pumping Station being electrically-fed by Solar Cells.

Dr. Samir Nmr Kafa*
Dr. Raid Al-Najjar**

(Received 23 / 4 / 2007. Accepted 9 / 4 / 2008)

□ ABSTRACT □

This paper provides a mathematical model for describing the relationship between the intensity of solar radiation on one hand and between the operating system of pumping station equipment in the different possibilities of electric circuit installation, on the other. We have used a computer to analyze the functional performance of solar pumping stations at various stages of directing the solar cell, namely in four different possibilities of the electrical circuit within the climatic conditions of Syrian Arab Republic taking into account the theory of maximum flow for the integration of different time periods /hour-day-year/. Finally, we have attempted to generalize the specifications of pumps not being run by a simultaneous electric engine. In so doing, we can specify the parameters of the pump operating system and its relationship with parametric changes of the solar cell.

Keywords: Solar Cell, Electrical Motor, Pump.

***Professor, Department of Design and Production Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
****Assistant Professor, Department of Design and Production Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering , Tishreen University , Lattakia , Syria.**

مقدمة:

إن القلق الذي ساد ومازال يسود العالم منذ بداية الألفية الثالثة حول مسائل مصادر الطاقة. قد دفع إلى البحث عن طرق أفضل لاستخدام هذه المصادر، وأصبح الحفاظ على الطاقة وترشيد استهلاكها هدفاً استراتيجياً يتقدم على كافة الأهداف والسياسات لجميع بلدان العالم. وفي هذا المجال لا بد من ذكر الحقيقتين التاليتين:

* إن الصعوبات المتعلقة بإنتاج الطاقة واستهلاكها ليست آنية بل هي مستمرة ويجب أن نتعلم كيف نتعامل معها.

* إن مشكلة الطاقة هي مشكلة تتصف بالشمولية أي أن جميع الأمم والشعوب معنية بها ومن ضمنها بالطبع القطر العربي السوري.

فمنذ عام 1970 تطور الاهتمام بالطاقة الشمسية من جديد وذلك نظراً للارتفاع المستمر لتكاليف المنابع التقليدية للطاقة وانخفاض كمياتها بالإضافة إلى ما يصيب البيئة من تلوث.

وتعتبر الطاقة الشمسية المتوفرة أبداً والخالية من التلوث . إحدى الطاقات المرتقبة للمستقبل للإسهام في حل مشكلة الطاقة لقطرنا العربي السوري ولكثير من بلدان العالم. ويمكن للطاقة الشمسية أن تستثمر بأشكال مختلفة وفي مجالات عديدة كاستخدامها في عملية تطوير طرق ري الأراضي الزراعية في سوريا ، حيث تتعلق هذه العملية بالظروف المناخية والطبيعية خاصة في الأماكن المعزولة والبعيدة عن خطوط التزود بالطاقة الكهربائية ، إضافة لما ذكر أعلاه من ارتباط أسعار الوقود بسياسات الدول الكبرى ومشاكل الحصول عليه وتفاقم المشكلة المناخية. دفعنا إلى البحث عن وسائل جديدة ومصادر طاقة بديلة ونظيفة مناخياً من أجل تغذية محطات ضخ المياه لري الأراضي الزراعية بالطاقة الكهربائية من خلية شمسية[1].

إن غزارة الطاقة الشمسية في قطرنا العربي السوري من جهة ، وكثرة مشاكل الطاقة والتزود بالمياه من جهة ثانية ، جعل التفكير بإنشاء محطات شمسية فعالة لضخ المياه تفكيراً واقعياً وعملياً للغاية.

وجدير بالذكر بأن تغير شدة الأشعة الشمسية خلال فترة زمنية معينة ، يؤدي إلى تغير بارامترات الخلايا الشمسية (*Solar Cells*) كمصدر تغذية ذو استطاعة محدودة ، مما يعني فرض شروط خاصة لنظام عمل محطة الضخ ، كأن يكون عملها متوافقاً مع عمل الخلية الشمسية.

غير أنه وحتى وقتنا الراهن ، فإن معظم الأعمال النظرية والعملية التطبيقية المنشورة والمعممة ، لا تأخذ بعين الاعتبار العلاقة التي تربط بين شروط ومواصفات شدة الإشعاعات الشمسية وتحولها بمساعدة " الخلايا الشمسية . *Solar Cells* " إلى طاقة كهربائية مناسبة ، وبين بنية تجهيزات محطات الضخ ونظام عملها.

هدف البحث:

يتلخص في نمذجة أسس نظام عمل محطة ضخ تعمل بخلية شمسية ويتكون من : "خلية شمسية . محرك مقاد كهربائياً . مضخة مع حوض تجميع المياه " ، ووضع خوارزمية تقوم بتحديد تغير حجم الماء المتدفق من محطة الضخ وعلاقة هذا التغير بكمية الإشعاعات الشمسية الواردة ومواصفات التجهيزات المركبة.

مسائل البحث الرئيسية:

بداية لتحقيق الهدف المذكور أعلاه ، لا بد من تحديد النقاط الرئيسية التالية:

- كمية الطاقة الشمسية الواردة في سوريا على المناطق الزراعية التي تتطلبها المضخات لرفع المياه اللازمة [2].
- معرفة مواصفات الأنظمة السائدة والموجودة لدفع المياه بمساعدة الطاقة الشمسية [3].
- وضع نمذجة حاسوبية للطرق الهندسية التي تقوم بحساب نظام العمل في محطات الضخ ذات التجهيزات المختلفة المغذاة بواسطة خلية شمسية.

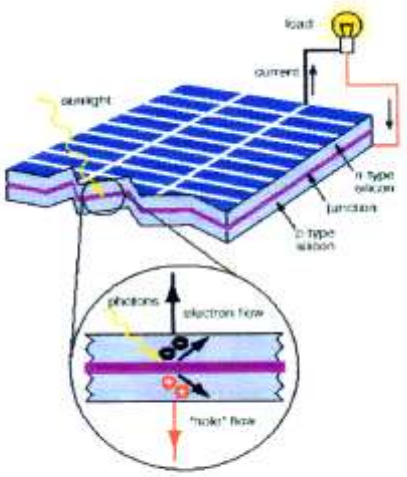
أهمية البحث وقيمته التطبيقية:

وتتلخص في أنها تقدم توصيات لاختيار البارامترات الرئيسية وأنظمة عملها على قاعدة المواصفات الوظيفية والطاقية الناتجة عنها ، لمختلف احتمالات تصميم محطات الضخ الشمسية ، وهذا بدوره سوف يؤدي إلى رفع فعالية نظام العمل التالي : / خلية شمسية . محرك . مضخة . حوض تجميع المياه/ حيث يمكن استخدام نتائج هذا البحث عند تصميم أنظمة عمل محطات ضخ تعمل بمصادر الطاقة المتجددة.

الدراسة التحليلية:

تم الاطلاع على أنظمة ضخ المياه الموجودة في الواقع والتي تعمل بواسطة تغذية كهربائية من خلية شمسية وتحليلها ودراسة مختلف نماذج آليات القيادة ومخططات وصل تجهيزات محطات ضخ المياه بواسطة الطاقة الشمسية ونتيجة ذلك خلصنا إلى أن التصميم الذي يجب أن يقوم بتحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى كهربائية يجب أن يتوفر فيه ما يلي:

- غياب الأقسام الدوارة.
- السهولة والأمان عند العمل حتى في الأيام الغائمة.
- جودة استثمار منظومة العمل ، وطول زمن الخدمة بالإضافة إلى الإقتصادية العالية والكلفة المتدنية للصيانة والاستثمار [3].



أنظر الشكل /1/

يبين نموذج لخلية شمسية

ولذلك وقع الاختيار على الخلية الشمسية التي تُعرف على أنها أداة مصنعة من مادة نصف ناقلة تعمل على مبدأ المفعول الفولت الفوتوني في تحويل الضوء إلى كهرباء وذلك بامتصاص إشعاع ذي طاقة أكبر من عرض القطاع المحظور E_g لنصف الناقل ، مما يؤدي إلى توليد أزواج من الإلكترونات والثقوب وبسبب التوزع المناسب للحقل الكهربائي الساكن للمتصل الثنائي في الخلية الشمسية يتم فصل هذه الأزواج حيث تتجه الإلكترونات نحو الطبقة n والثقوب نحو الطبقة p ليتشكل عندها فرق كمون بين سطحي الخلية /أنظر الشكل المرفق/ .

ولتحقيق هذا التصميم هناك مدخلان أساسيان لربط وتوصيل محطة ضخ المياه من خلية شمسية هما:

1. ربط مباشر.
2. ربط عن طريق مدخرة كهربائية تقوم بتجميع الطاقة لاستهلاكها لاحقاً.

ولوحظ أنه لزيادة فعالية عمل محطات ضخ المياه الشمسية فمن الضروري جعل البارامترات التالية أعظمية:

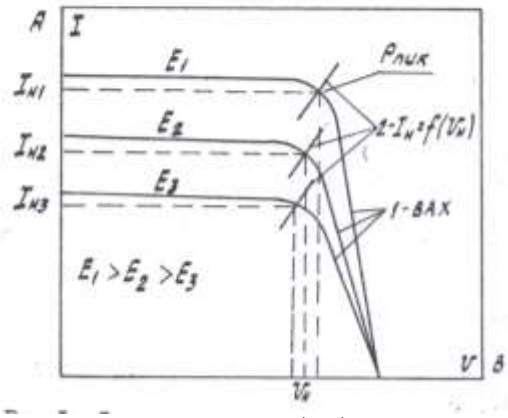
k_c . معامل استخدام استطاعة الخلية الشمسية.

$Q(t)$. تدفق المضخة في وحدة الزمن.

η_c . مردود النظام.

I_H, ν_H . مواصفات الحمولة وتتمثل بتوتر وشدة التيار اللازمين لتدوير محرك المضخة.

ولجعل هذه البارامترات أعظمية لا بد من جعل مواصفات الخلية الشمسية (فولط ، أمبير) متوافقة مع مواصفات حمولة المضخة في جميع مجالات تغير شدة الإشعاعات الشمسية وبمعنى آخر لا بد لهذه المواصفات أن تتقاطع في منطقة استطاعة ذروة الخلية الشمسية (كما هو موضح بالشكل /1/) [4].



شكل /2/ يبين توافق مواصفات الحمولة $I_H = f(\nu_H)$ مع مواصفات (فولط . أمبير) للخلية الشمسية

حساب شدة الإشعاع الشمسي لتحديد السطح المُستقبِل ، وذلك في الظروف والشروط المناخية للقطر العربي السوري:

من أجل التحليل الفعال لنظام الطاقة الشمسية لا بد من المعرفة الدقيقة لقيم شدة الإشعاع الشمسي في المناطق المدروسة.

ولحساب شدة الإشعاعات الشمسية النافذة والمنعكسة فقد تم إدخال معامل التصحيح k والذي يتحدد من خلال العلاقة بين المجموع الحسابي لشدة الإشعاع الشمسي مع الإشعاع الممكن قياسه بظروف القطر العربي السوري وذلك

اعتماداً على طريقة الاستكمال الخطي من الداخل يمكن الحصول على هذا المعامل لكل يوم على مدار السنة [5]، ولقد أخذت معطيات تغير شدة الإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار و على مدار السنة من دراسة أعددتها هيئة الأرصاد والمناخ السورية بدمشق للعام 2006 [2].

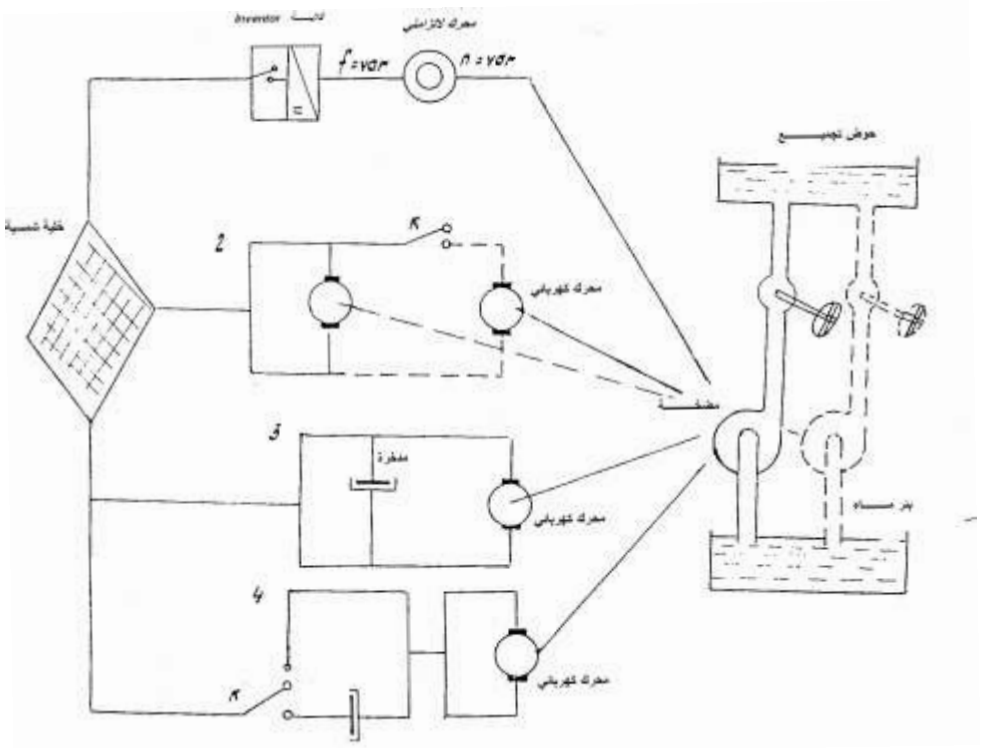
دراسة الاحتمالات المطروحة لتركيب تجهيزات وحدة الضخ الشمسية:

من دراسة وتحليل عمل محطات الضخ الشمسية والعلاقة التي تربط بين عناصرها وأثر تغير شدة الإشعاعات الشمسية الواردة على بارامتراتها فقد تم اقتراح أربعة احتمالات لتركيب التجهيزات في الوحدة الشمسية ووضع تصميم ملائم لمحطة الضخ الشمسية . الشكل (2) :

وهذه الاحتمالات الأربعة هي:

1. وحدة ضخ يتم التحكم بسرعة دورانها بواسطة محرك كهربائي لاتزامني.
2. وحدة ضخ يقودها عدد من / المحركات الكهربائية– المضخات/.
3. وحدة ضخ مع مدخرة كهربائية تقوم بتغذية مجموعة /المحرك– المضخة/ فقط من مدخرة كهربائية.
4. وحدة ضخ حسب الاحتمال / 3 / ولكن مع تعديل بحيث أن (المحرك– المضخة) يتغذى من مدخرة كهربائية تحقق مايلي :

$P_{sc} < P_{ab}$ أو بوجود فائض في الطاقة بالزمن المتبقي من الخلية الشمسية.



الشكل /3/ يبين تركيب تجهيزات محطات الضخ الشمسية

جدير بالذكر بأن التيار المتولد من الخلية الشمسية هو تيار مستمر دوماً ، فإذا تم اختيار الربط المباشر ، يستخدم عندها إما محرك تيار مستمر أحادي الطور لاتزامني أو محرك تيار متناوب أحادي الطور لاتزامني مع وجود

قلابة (*Inventor*) وظيفتها تحويل التيار المستمر إلى متناوب . أما في حال تم الربط عن طريق مدخرة كهربائية تقوم بتجميع الطاقة لاستهلاكها لاحقاً ، فإن المحركات المستخدمة في هذه الحالات هي قطعاً محركات تيار مستمر أحادية الطور لاتزامنية.

ويلاحظ أنه عند التوصيل المباشر لمجموعة /محرك– مضخة/ مع الخلية الشمسية وبغية الحصول على عمل فعال للوحدة على مدار زمن التشغيل لا بد من الحفاظ على الشروط الحدية التالية:

$$P_{sc} = P_H \Big/ \eta_c$$

P_{sc} – استطاعة الخلية الشمسية .

P_H . الاستطاعة المفيدة للمضخة .

η_c . مردود النظام.

P_{ab} . استطاعة المدخرة

بالنسبة لكل مستويات شدة الإشعاع الشمسي فقد كانت استطاعة المضخة المطلوبة قريبة بشكل كافي من الاستطاعة المثلى (استطاعة الذروة) للخلية الشمسية والتي تعتبر دالة رياضية ترتبط بالإشعاع.

$$P_{sc} = f(E)$$

E . *شدة الإشعاع الشمسي.*

وتحدد من مواصفات (فولط + أمبير) للخلية الشمسية $I_{sc} = f(v_{sc})$.

I_{sc} . شدة التيار المولد في الخلية الشمسية.

v_{sc} . فرق الكمون (فولط) على طرفي الخلية الشمسية. } مواصفات خرج الخلية.

من ناحية أخرى فإن استطاعة المضخة المطلوبة تتعلق بنوع الميكانيزم وقانون تغير عزم المقاومة مع القيمة الفعلية والاسمية لعدد دورات الدولاب العامل. بمعنى آخر تعتبر استطاعة المضخة المطلوبة تابعاً رياضياً لعدد الدورات أي :

$P_H = f(n)$ ويتم الحصول عليها من مواصفات حمل (محرك– مضخة) أي: $I_H = f(v_H)$.

من تقاطع هاتين المواصفتين (فولط . أمبير الخلية الشمسية . الحمولة) نحدد قيمة الاستطاعة المولدة والمنقولة أي (المحرك– المضخة) أي أن الاستطاعة المولدة هي تابع رياضي لمتغيرين هما:

سرعة دوران محور المضخة ، وشدة الإشعاعات بحيث أن: $P = f(n,E)$.

ولكي نحفاظ على القيمة العظمى للاستطاعة المولدة على مدى تغير شدة الإشعاع الشمسي لا بد من التحكم بسرعة دوران دولاب العمل .

حيث تحسب تغير الاستطاعة المطلوبة من خلال العلاقة :

$$P = \rho g H Q$$

وعليه يلاحظ أن تغير الاستطاعة المطلوبة للمضخة يتعلق بعزم حمولة التهوية أي: $M = k n^2$ ، أي أن تغير الاستطاعة يتناسب مع مكعب تغير سرعة دوران دولاب العمل أي : $P = k n^3$ ، لذلك فإن مسألة معايرة وتنظيم الاستطاعة سوف تقود بالضرورة إلى معايرة وتنظيم سرعة دوران المحرك الكهربائي [3].

الدراسة التنفيذية وصياغة الموديل الرياضي لنظام عمل تجهيزات وحدة الضخ العاملة من خلية شمسية:

لتنفيذ الخوارزمية التي تقوم بنمذجة وحساب نظام عمل تجهيزات وحدة الضخ عند التغذية من خلية شمسية لا بد من وضع المحددات التالية:

- إهمال التغير في ارتفاع مستوى الحوز المائي السفلي على مدار السنة.
- اعتبار الضياعات الموضعية والضياعات على طول خط أنابيب النقل ثابتة.
- اعتبار أن سعة حوض تجميع المياه اليومي معادلاً لكمية المياه اليومية المستهلكة خلال فترة الصيف [6].
- لا يجب أن يتعلق مردود المضخة دائماً بسرعة دوران عمود المكنة (لا تؤخذ بعين الاعتبار الضياعات الحجمية).

وتتألف مدخلات برنامج حساب نظام عمل المضخة المربوطة مباشرة مع الخلية الشمسية ، أو عبر مدخرة كهربائية مما يلي:

- مخططات بيانية لشدة ورود الإشعاعات الشمسية ، مع الأخذ بعين الاعتبار مكان تواجد محطة الضخ ، وتؤخذ من هيئة الأرصاد والمناخ السورية [2].
- المساحة المتوفرة والشروط المناخية المتوفرة في مكان تركيب وحدة الضخ . /المساحة تؤخذ من الواقع ، أما الشروط المناخية فتؤخذ أيضاً من هيئة الأرصاد والمناخ السورية / .
- بارامترات الخلية الشمسية ونأخذ كمثال المواصفات التالية (تباع في السوق المحلية من مصادر مختلفة وبأسعار مقبولة):
  - المساحة $F_{sc}=10m^2$ والمردود 15% .
  - مواصفات المضخة وتصاغ على شكل دوال رياضية جدولية حيث أن :

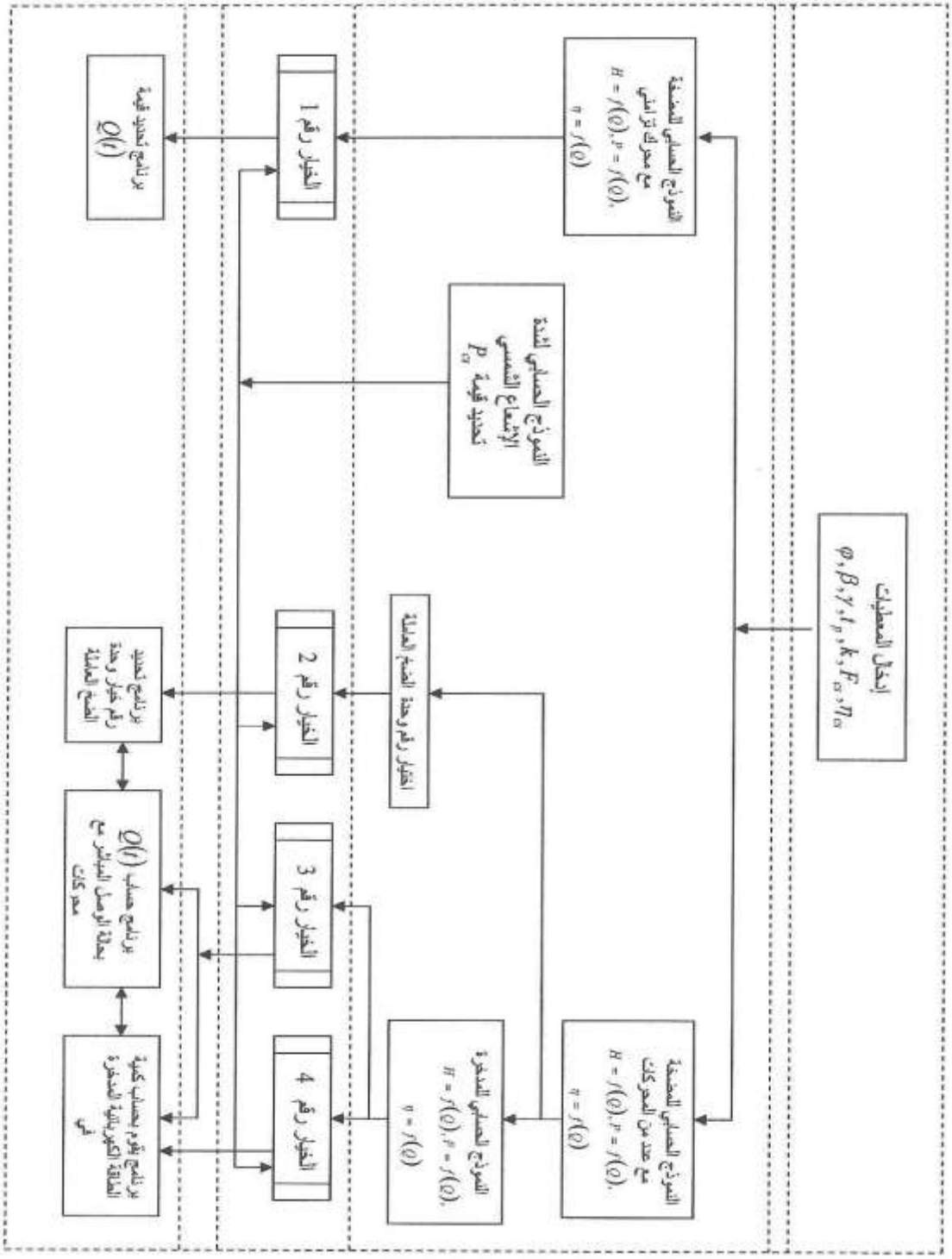
$$H=f(Q)\,,\ P=f(Q)\,,\ \eta=f(Q)$$

وذلك عند سرعة الدوران الأسمية للدولاب العامل.

  - الارتفاع المانومتري $H=H_c$.

ونتيجة الحسابات الأولية لكمية الإشعاعات الشمسية الواردة والجهد التقني للطاقة الشمسية ، أصبحت الاحتمالات الأربعة المقترحة لتركيب تجهيزات محطة الضخ ملائمة فقط لوضعيتي استقبال سطح الخلية الشمسية حيث :

$\beta=\varphi=34^{\circ}$ وأيضاً $\gamma=\gamma_s$: $\beta=B_z$ (عوامل تتبع الشمس) .



الشكل /4/ يبين المخطط العام لحساب أنظمة عمل مختلف تركيبات محطة الضخ

ولأجل التحليل التفصيلي لنظام عمل محطات الضخ أجريت كل الحسابات لثلاثة أيام فقط في السنة (صيفاً اليوم 173– ربيعاً اليوم 83 وشتاءً اليوم 350) والشكل /3 / يبين مخططات حساب أنظمة عمل وحدات الضخ في حالة التغذية من خلية شمسية [7].

تبين من المخطط السابق /3/ أن الاحتمال الأول من احتمالات التركيب يقوم بإيجاد التدفق وبالتالي كمية (حجم) الماء المتدفق عبر وحدة الضخ في يوم واحد حيث تقوم الخوارزمية أولاً بحساب كمية الإشعاعات الشمسية الساقطة على السطح المختار والمحدد عند الزاوية المعطاة. وبالعلاقة مع مردود الخلية الشمسية η_{sc} ومساحتها F نحصل على استطاعة الخرج [9].

وبالأخذ بعين الاعتبار مراديد كل عناصر وحدة الضخ يمكن تحديد وحساب استطاعة المضخة وبالتالي سرعة دورانها والتي بدورها تحدد التدفق والارتفاع .

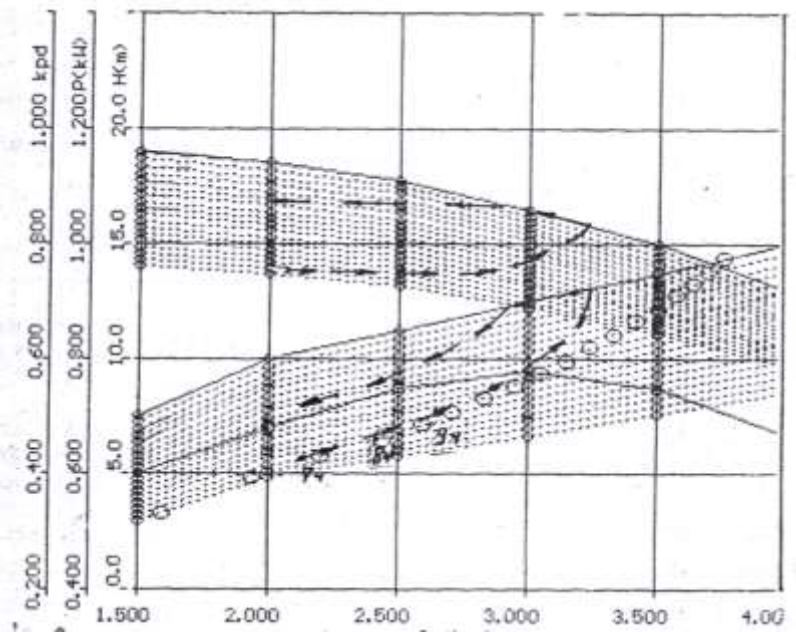
وجدير بالذكر أنه عند اللحظة الأولى لعمل المضخة فإن الارتفاع يؤخذ مساوياً للقيمة الدنيا $H = H_{\min}$ أما بالنسبة لكل ساعة عمل لاحقة فيجري تصحيح هذا الارتفاع اعتماداً على العلاقة:

$$H = H + {}^{v}\!/_{F_{Bak}}$$

حيث: v – حجم (كمية الماء الموجودة في الحوض (M^3).

F_{Bak} . مساحة الحوض .

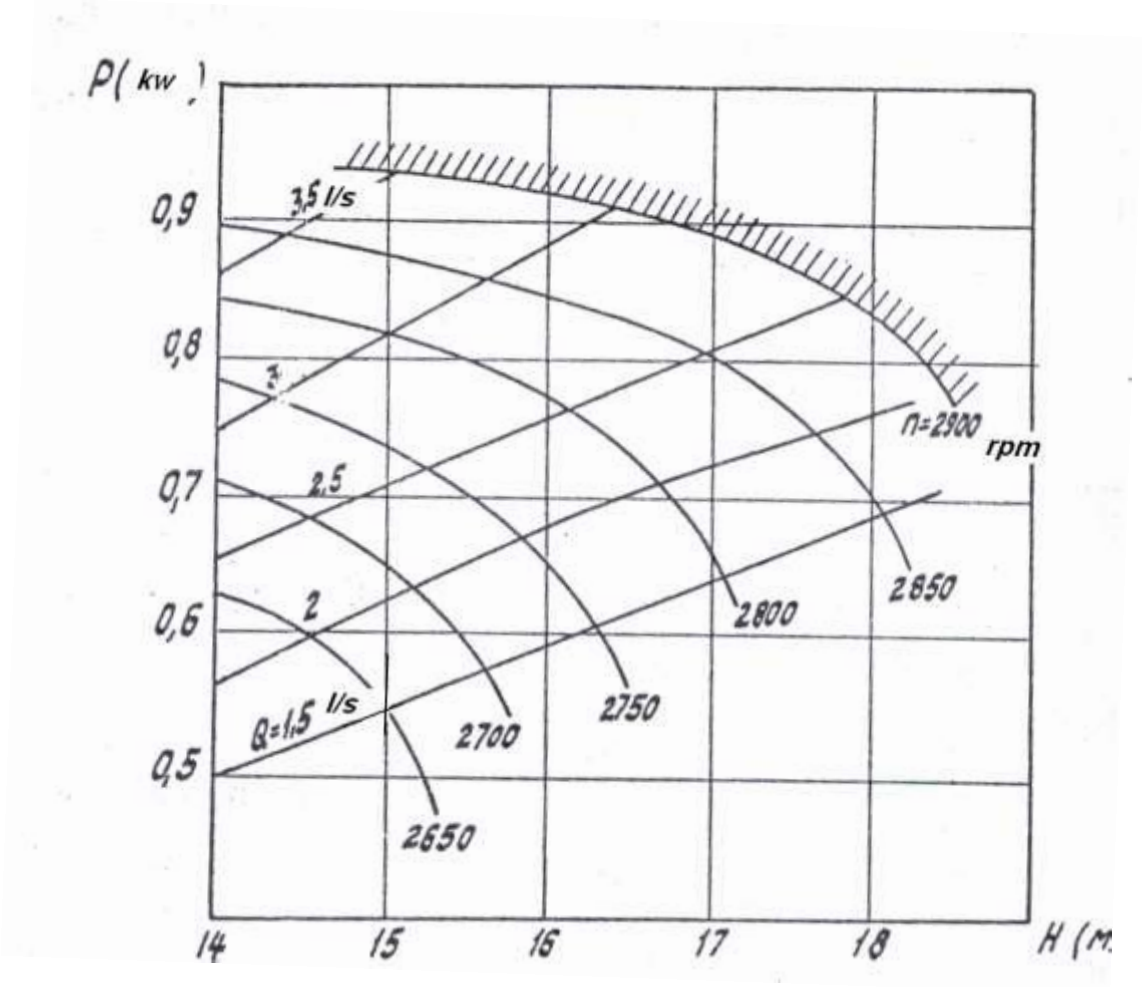
يبين الشكل /4/ حركة نقطة العمل خلال يوم لسطح (Q-H) خلال معايرة وتنظيم سرعة دوران الدولاب العامل [8].



الشكل /5/ يبين حركة نقطة العمل على السطح (Q-H) عند معايرة سرعة دوران محرك لا تزامني

إن نتائج الحساب قد أتاحت إمكانية وضع مواصفات عمل عامة لمحطة ضخ وذلك من خلال معايرة وتنظيم سرعة الدوران (الشكل 5).

من هذه المنحنيات يمكن تحديد بارامترات المضخة ونظام عملها عند أية ظروف مقدمة.



الشكل /6/ يبين المواصفات العامة لعمل المضخة وذلك من خلال معايرة وتنظيم سرعة دوران محرك لا تزامني

وصف البرنامج ومناقشة النتائج :

يبحث البرنامج [10,11] في حساب حجم الماء المتدفق خلال عام واحد وذلك عن طريق جمع حجوم الماء لكل يوم عمل في محطة الضخ ويؤمن البرنامج . عند الطلب . معلومات كافية وتفصيلية خلال أية مرحلة زمنية.

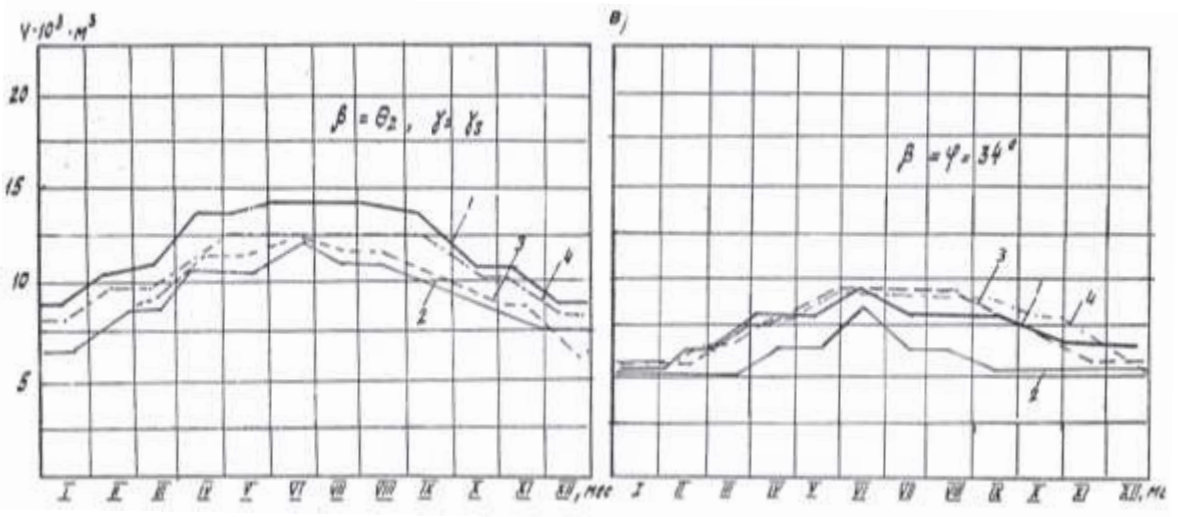
أما بالنسبة للاحتمال الثاني من احتمالات التركيب فقد اختيرت وحدتي ضخ تعملان على محرك تيار مستمر بتغذية مباشرة من الخلية الشمسية. استطاعة كل مضخة 0,5 كيلو واط.

يتلخص نظام العمل الذي يحتوي على n مضخة في أنه يجب أن تحدد من البداية استطاعة الخلية الشمسية ومن ثم تقدير . هل تكفي . هذه الاستطاعة لتشغيل مضخة واحدة أم لا ؟ . في حالة عدم الكفاية يعاد حساب الاستطاعة من جديد. ثم مع زيادة استطاعة الخلية الشمسية تشغل المضخة الثانية.

أما في حالة تغذية (المحرك– المضخة) عن طريق مدخرة كهربائية فقط (أي الاحتمال الثالث) فإن كل الطاقة الواردة عن طريق الخلية الشمسية يتم تجميعها في المدخرة الكهربائية ومن ثم تصرف لتشغيل مجموعة (المحرك– المضخة).

وجدير بالذكر أنه إذا كانت تغذية (المحرك– المضخة) تتم عن طريق خلية شمسية أو عن طريق مدخرة كهربائية ففي كلتا الحالتين يجب أن تكون مشروطة باستطاعة الخلية الشمسية ويتم اختبار كفاية هذه الاستطاعة لتغذية المحرك مباشرة ، و في حالة عدم الكفاية تجري عملية شحن المدخرة الكهربائية وتجميع الطاقة اللازمة (الاحتمال الرابع).

وقد تم عرض كميات وحجوم المياه السنوية للاحتمالات الأربعة في الشكل رقم (6-A-B) المنحنيات(1–4).



الشكل (7) ويبين الحجوم السنوية للمياه في الاحتمالات الأربعة لتركيب محطة ضخ تعمل من خلية شمسية

حيث :

A – حالة سطح موجه.

B – حالة سطح مائل بزاوية $\beta = \varphi = 34^o$.

ملاحظة: إن الرقم من 1–4 هو رقم الاحتمال .

الاستنتاجات والتوصيات:

وتتلخص في النقاط التالية:

1. إن تغذية محطة ضخ تعمل بالطاقة الكهربائية المولدة من خلية شمسية هو ممكن من الناحية التقنية.
2. إن دراسة شدة الطاقة الشمسية في القطر العربي السوري تدل على فعالية استخدام الطاقة الشمسية لتشغيل محطات ضخ المياه وخاصة في مجال ري الأراضي الزراعية.
3. لكي نصل إلى تدفق أعظمي للمياه وبالتالي نرفع استخدام استطاعة الخلية الشمسية لا بد من بناء نظام عمل مرن لمحطة الضخ يتناسب مع تغيّر بارامترات خرج الخلية الشمسية. أي بمعنى آخر جعل مواصفات الخلية الشمسية (فولط– أمبير) متوافقاً مع مواصفات الحمولة لمحطة الضخ.
4. عند تشغيل محطة الضخ من الخلية الشمسية فإن توافق كلتا الصفتين المذكورتين في البند السابق تمّ عن طريق تغير سرعة دوران الدولاب العامل في المضخة.

5. يمكن تعميم مواصفات المضخة التي تعمل عن طريق محرك إدارة كهربائية لاتزامني وذلك على قاعدة ما تم من حسابات بحيث يمكن تحديد نظام عمل المضخة وفقاً لتغير بارامترات الخلية الشمسية.

6. اعتماداً على نظرية التدفق الأعظمي للمياه فقد تم التوصل من خلال البحث على علاقة رياضية تربط بين مساحة سطح الخلية الشمسية واستطاعة الضخ.

7. تم التأكد من أن أفضل احتمالات تركيب محطة الضخ هي:

أ- وصل مباشر لآلية (محرك- مضخة) تعمل بتيار متناوب معاير مع خلية شمسية موجهة.

ب- تغذية (المحرك- المضخة) من مدخرة كهربائية مربوطة مع خلية شمسية موجهة.

المراجع:

1. *AT-Taqah wattanniyah journals* , Damascus, , No 26 –Jan 1987, 12-15 p (Arabic language).
2. *Climate Information – Directorate of Meteorology* - Damascus .2006(Arabic language).
3. KAFA S , *Hydraulic machines & Systems* ,Tishreen Unv- 2006 , 453 p (Arabic language).
4. DUFFIE J.A & BECKMAN W.A , *Solar Engineering of Thermal Process* , *Wiley Interscience*, New York – 1986 , 350 p (English language).
5. AGAMI REDDY. T, *The design and sizing of active solar thermal systems* , Oxford : Clarendon Press- 1987, 511 p (English language).
6. ROBERT L, *Fluid mechanics with engineering applications*, McGraw Hill -1997 , 470 p (English language).
7. KAVALEN H, *Water power journals ,I.P.C.* Business press, London -2000. p. 21-25 (English language).
8. JAGDISH LAL, *Hydraulic machines* , London – 1999 , 394 p (English language).
9. BEREZIN P.S, *Numerical Methods*, T_2. – McGraw-Hill, 2002 (English language).
10. *JULIEN HENNEFELD, Turbo Pascal* 7.00 – OOP ; Borland 1995 (English language).
11. KAFA S , *Computers & Programming* , Tishreen Unv- 2004, 392 p (Arabic language).