الطاقات المتجددة

المحاضرة (٥)

طاقة الشمس - ٣

نظري

الدكتور داود ملوك

المجمعات الشمسية الكهربائية (الخلايا الكهروضوئية) أو (الخلايا الشمسية):

يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية بشكل مباشر من خلال آلية التحويل الكهروضوئية للطاقة الشمسية. ويقصد بالتحويل الكهروضوئي تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بوساطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية). وهناك بعض المواد التي تقوم بعملية التحويل الكهروضوئية تدعى **أشباه الموصلات** كالسيليكون والجرمانيوم وغيرها. وقد تم اكتشاف هذه الظاهرة من قبل بعض العلماء في أواخر القرن التاسع عشر حيث وجدوا أن الضوء يستطيع تحرير الإلكترونات من بعض المعادن، وقد نال العالم ألبرت انشتاين جائزة نوبل في عام ١٩٢١ لاستطاعته تفسير هذه الظاهرة.

ماهي المادة شبه الموصلة؟

من المعلوم أن هناك مواد موصلة للتيار الكهربائي وأخرى عازلة، فالنحاس موصل جيد ومنه تصنع الأسلاك الكهربائية بينما الخشب موصل رديء جدا أو عازل بعنى أنه لا ينقل التيار الكهربائي، غير أن هناك مواد تقع بين المواد شديدة التوصيل و المواد العازلة، وتعرف هذه المواد باسم أشباه الموصلات والمقصود بذلك أن هذه المواد تصبح موصلة للتيار في ظروف معينة وعازلة في ظروف أخرى.

أشباه الموصلات هي عناصر رباعية التكافؤ (يحتوي غلاف الذرة الخارجي على أربعة الكترونات)، وتكون عازلة تماماً في درجة الصفر المطلق وتزداد درجة توصيلها بارتفاع درجة حرارتها أو عند تعرضها لإشعاع بطاقة كافية. ومن أمثلتها السيلكون (Si) الذي يحتوي 14 الكتروناً، حيث ترتبط 10 الكترونات بالنواة و 4 الكترونات تكون في الغلاف الخارجي لنواه الذرة.

تعريف الخلية الشمسية:

الخلايا الشمسية أو الخلايا الكهروضوئية والتي تسمى ايضاً الفوتوفلطية (Photovoltaic Cells)، هي محولات تأخذ الطاقة من أشعة الشمس وتحولها إلى نوع اخر من الطاقة، حيث تقوم هذه الخلايا بتحويل أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء. وتصنع الخلايا الشمسية من السيليكون والذي هو من أشباه الموصلات.

تُصف الخلايا الشمسية مع بعضها البعض ويتم تركيبها وترتيبها على سطح واحد يسمى لوح الطاقة الشمسية (Solar Panel) والذي يتم توجيهه نحو الشمس، ويدعم اللوح بإطار من الألمنيوم لحمايته من الصدمات، ويختلف عدد الخلايا الشمسية في اللوح الواحد حسب استطاعة اللوح.

إذاً يتكون اللوح الشمسي من مجموعة من الخلايا الشمسية، وتجدر الإشارة إلى أن هذه الخلايا تكون متصلة مع بعضها البعض على التوالي (الطرف الموجب متصل مع الطرف السالب). ونطلق على مجموعة الألواح والتجهيزات المرافقة، والتي تقوم بتزويد موقع معين أو منشأة بالمحطة الشمسة أو الكهروضوئية، أو الموقع الشمسي وتسمى أحيانا المزارع الشمسية.

يبين الشكل (١) صورة فوتوغرافية للألواح الشمسية.

الشكل (١) صورة فوتوغرافية للألواح الشمسية

ميزات الخلايا الشمسية:

١- هادئة حيث انها لا تصدر تلوث ضوضائي.
٢- لا تحتوى على أي عناصر ميكانيكية.
٣- عديمة التلوث للبيئة.
٤- تنتج الطاقة في اي مكان.
٥- تعمل بشكل جيد حتى مع وجود الغيوم وبرودة الطقس.

كيف تعمل الخلية الشمسية ؟

اليوم أغلب الخلايا الشمسية المستخدمة تكون مصنوعة من مادة بلورية تدعى السيلكون (ذرة السيليكون رباعية التكافؤ حيث يحتوي غلاف الذرة الخارجي على أربعة الكترونات)، وتتكون الخلية الشمسية من وصلة من طبقتين خفيفتين من السيليكون:

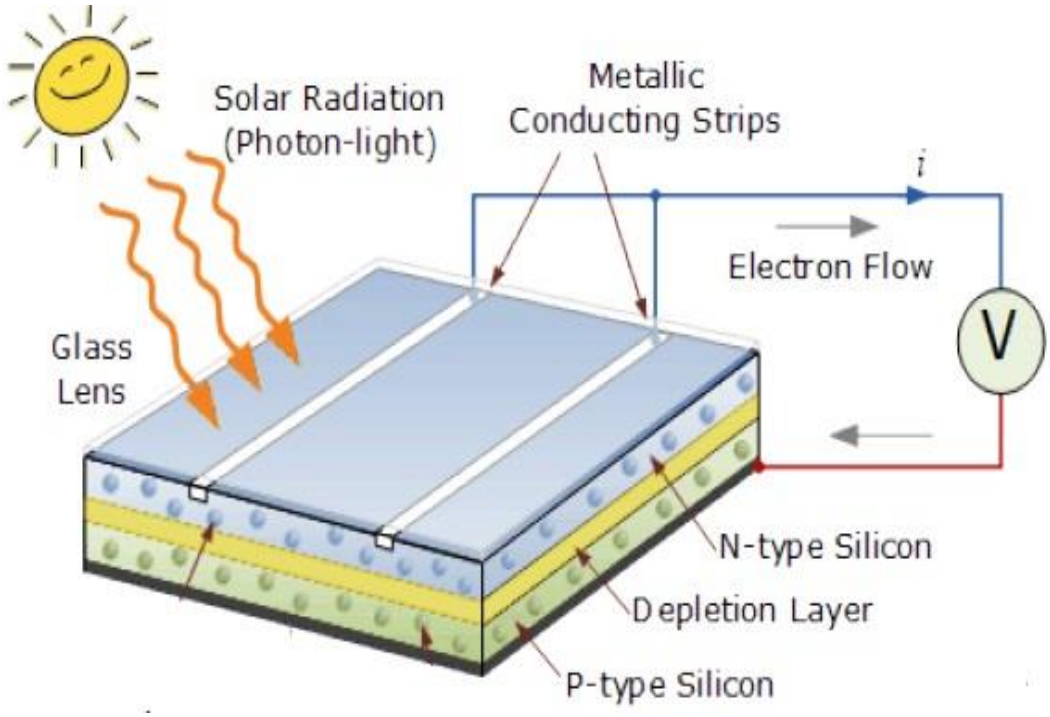
الطبقة الأولى تتكون من السيلكون النقي الذي يتم تطعيمه (doping) أو تشويبه بذرات من عنصر الفوسفور (ذرة الفوسفور خماسية التكافؤ حيث يحتوي غلاف الذرة الخارجي على خمسة الكترونات)، وفي هذه الحالة هذا الجزء من الخلية الشمسية سوف يعطينا الجزء السالب **N-type**، أي نكون قد حصلنا على الطرف السالب للخلية.

أما الطبقة الثانية فتتكون أيضاً من السيليكون النقي ولكن يتم تطعيمه بذرات من عنصر البورون (ذرة البورون ثلاثية التكافؤ حيث يحتوي غلاف الذرة الخارجي على ثلاثة الكترونات)، وفي هذه الحالة هذا الجزء من الخلية الشمسية سوف يعطينا الجزء الموجب **P-type**، أي نكون قد

حصلنا على الطرف الموجب للخلية. وهنا نكون قد كونا طبقتين مختلفتين من نوع N-type ومن نوع P-type، وعند تلامس الطبقتين يتم تكوين وصلة P/N junction (وهنا تتشكل منطقة العبور أو منطقة الاستنزاف Depletion Layer)، وبهذا نكون قد حصلنا على طرف سالب وطرف موجب للخلية الشمسية.

يعتمد مبدأ عمل الخلايا الشمسية على امتصاص أشعة الشمس وتحويل الطاقة الشمسة إلى طاقة كهربائية. وعند سقوط الاشعة الشمسية على سطح الخلية تحفز الفوتونات الساقطة الالكترونات للانتقال عبر المنطقة الفاصلة بين الطبقتين (منطقة العبور أو الاستنزاف Depletion Layer)، وهذا الانتقال يؤدي الى تكون فرق جهد وبالتالي سريان تيار كهربائي عبر الخلية يمكن الاستفادة منه.

ويبين الشكل (٢) رسم تخطيطي لكيفية عمل الخلية الشمسية



الشكل (٢) رسم تخطيطي لكيفية عمل الخلية الشمسية

والخلية الشمسية الاعتيادية الواحدة تنتج فرق جهد مقداره **(0.5) فولت**، وتيار مقداره **(2.5) أمبير** وهذا يعادل طاقه عظمى تصل الى **(1.25) واط**. ويمكن لبعض الخلايا انتاج طاقه اكبر اعتمادا على نوعية التصميم. **(تجدر الإشارة أنه على الطالب حفظ الأرقام السابقة التي تخص جهد وتيار وطاقة الخلية الشمسية، حيث أنها لن ترد ضمن المعطيات في حالة حل المسائل).**

ملاحظة: الاستطاعة (واط) = فرق الجهد (فولت) × شدة التيار (أمبير)

مسألة:

احسب كمية القدرة التي يمكن الحصول عليها من موقع شمسي يحتوي على 500 لوح شمسي، كل لوح مكون من 100 خلية شمسيه. واحسب كفاءة التحويل للموقع اذا علمت ان مقدار الطاقة الشمسية التي تسقط على اللوح الواحد تعادل 1000 واط.

الحل:

القدرة المنتجة من اللوح الواحد =عدد الخلايا × فولتية الخلية الواحدة × تيار الخلية الواحدة

القدرة المنتجة من اللوح الواحد = 100 × 0.5 × 2.5

القدرة المنتجة من اللوح الواحد = 125 واط

القدرة الكلية المنتجة = عدد الالواح × الطاقة المنتجة من اللوح الواحد

القدرة الكلية المنتجة = 500 × 125

القدرة الكلية المنتجة = 62500 واط = 62.5 كيلوواط

$$\text{كفاءة التحويل} = \frac{\text{القدرة الخارجة}}{\text{القدرة الداخلة}} \times 100$$

$$\text{كفاءة التحويل} = \frac{62500}{1000 \times 500} \times 100 \approx 12\%$$

أنظمة الضخ الكهرو شمسية

إن ضخ المياه له تاريخ طويل عبر التاريخ، وقد تم تطوير العديد من الطرق لضخ الماء بهدف تقليل الجهد والطاقة المبذولة والحصول على مردود أفضل. واستخدمت هذه الطرق مصادر متنوعة من الطاقة مثل الطاقة البشرية وطاقة الحيوانات و الطاقة الهيدروليكية (النواعير) و الوقود الأحفوري وطاقة الرياح وأخيراً الطاقة الشمسية.

إن الموارد المائية السطحية آخذة بالنضوب لأسباب عديدة منها التغيرات المناخية وزيادة الطلب للأعمال الزراعية والصناعية، كما أوجب التقدم الحضاري زيادة مضطردة في الحاجة للمياه. من هذه المعطيات تلعب النظم الكهروشمسية دوراً متزايد الأهمية في مجالات ضخ المياه لمختلف الاستخدامات (الاستخدامات المنزلية – الري ...الخ) نظراً لإمكانية استخدام تقنية الطاقة الكهروشمسية كبديل عن مولدات الديزل في المواقع التي لا تتوفر فيها الشبكة الكهربائية.

1- <u>تطبيقات الطاقة الكهروشمسية في ضخ المياه:</u>

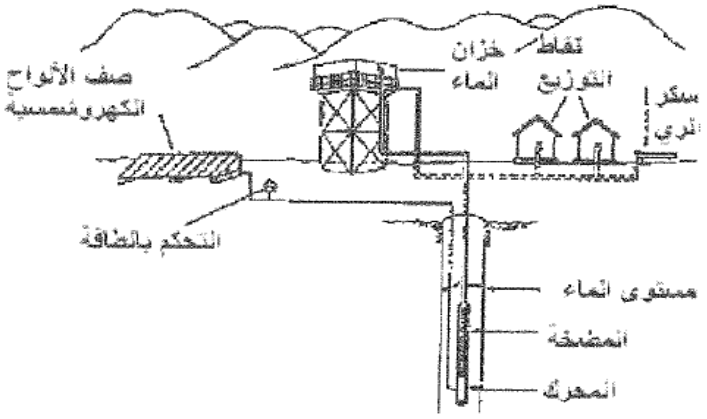
تستعمل المضخات الكهروشمسية في ثلاث تطبيقات أساسية:

1- إمداد القرى بالمياه.

2- سقاية المواشي.

3- ري الأراضي الزراعية.

يبين الشكل (1) مضخة شمسية لتزويد القرية بالماء



الشكل (١)

2- <u>مكونات نظام الضخ الكهرو شمسي:</u>

يتألف نظام الضخ الكهروشمسي من الأجزاء الرئيسة التالية:

1- مصفوفة الألواح الكهروشمسية وملحقاتها.

2- مجموعة المحرك والمضخة، ويشملان الأجزاء التي تحول الخرج الكهربائي لمصفوفة الألواح الكهروشمسية إلى طاقة هيدروليكية.

3- الخزان ونظام التوزيع الذي يسوق الماء إلى نقاط الاستخدام المطلوبة.

3- <u>حجم نظام الضخ الكهرو شمسي:</u>

1- تحديد الحاجة للمياه:

الخطوة الأولى في تحديد حجم نظام الضخ الكهروشمسي هي تحديد كمية الماء التي نحتاجها. فإذا تفاوتت الحاجة للماء في أثناء الفصل يجب أن نعتمد الكمية الأكبر التي نتوقع أن نستهلكها.

ويبين الجدول(1) بعض المعطيات بشكل تقريبي لاستعمال الماء :

بعض المعطيات بشكل تقريبي لاستعمال الماء

التطبيق	الاستهلاك التقريبي
العائلة	(190) لتر باليوم للشخص بشكل وسطي
الماشية والخيول	(38-57) لتر باليوم لكل رأس
الأبقار الحلوبة	(76-114) لتر باليوم لكل رأس
الخراف والماعز	(7.6) لتر باليوم لكل رأس
الحيوانات الصغيرة	(0.96) لتر باليوم لكل (11) كغ من وزن الجسم
الدواجن	(23-45.6) لتر باليوم لكل (100) طير
الأشجار الصغيرة	(57) لتر باليوم في الطقس الجاف

الجدول(1) **الجدول للاطلاع**

2- تحديد مصدر الماء:

إن تحديد نظام الري يتعلق بشكل كبير بنوع مصدر الماء وموقعه بالنسبة إلى المكان الذي نريد أن نزوده بالماء، فمصدر الماء سيكون إما عميقاً (بئر) أو سطحياً (بركة، جدول، سيل)، وتكون الآبار مفضلة بسبب نوعية الماء الجيدة والوثوقية بها.

على أية حال، إن الآبار مكلفة بسبب الحفر خصوصاً عندما تكون المياه عميقة كما أن مصادر المياه السطحية يمكن أن تتفاوت بشكل موسمي حيث إن كمية الماء ونوعيته تكون منخفضة في أثناء الصيف عندما يكون الطلب عليه أكثر.

بالنسبة للآبار يجب أن تكون الاحتياجات التالية معروفة ومحددة:

- مستوى الماء الساكن.
- اختلافات العمق الموسمية.
- تدفق (نسبة) تعويض الماء.
- نوعية الماء.

3- ملائمة موقع مصدر الماء للطاقة الشمسية:

يجب أن يكون موقع مصدر الماء ملائماً لتركيب نظام ضخ الماء الشمسي المستخدم.

عند تركيب نظام ضخ الماء الشمسي يجب أن تكون الأمور التالية معروفة:

- يجب أن تكون الألواح الكهروشمسية موجهة باتجاه الجنوب في النصف الشمالي من الكرة الأرضية بدون وجود الظل خلال كامل النهار.
- يجب أن تكون المواقع محضرة لوضع مضخة الماء والخزان وأجهزة النظام الأخرى.
- يجب أن يكون صف الألواح الكهروشمسية قريبا من موقع المضخة لتقليل طول السلك وكلفة التركيب.
- إذا استعملت المدخرات يجب أن تكون جافة وأن توضع في المكان الصحيح.
- إذا كان الماء مطلوباً على مدار العام فإن موضوع تجمد المياه يجب أن يكون مدروساً وبخاصة في المناطق التي تنخفض فيها درجة الحرارة إلى ما دون درجة التجمد، وهذا يستدعي استخدام مقاومات حرارية في الشتاء؛ لذلك فإن المناطق الحارة هي المفضلة من أجل تخزين الماء .

بالإضافة لذلك يجب معرفة البيانات عن الاستعمالات الشمسية الإقليمية المتوقعة. تزودنا هذه المصادر بعدد ساعات اليوم التي يكون فيها الإشعاع الشمسي كاملاً في الصيف والشتاء.

4- خزان الماء:

جميع أنظمة ضخ الماء الشمسية تستخدم خزاناً، للمياه والسبب في ذلك هو من أجل خزن الماء بدلاً من خزن الكهرباء في المدخرات، بذلك يتم تخفيض كلفة النظام وتعقيداته.

الطريقة العامة التجريبية لتحديد حجم الخزان أن يكون على الأقل يكفي لمدة من ثلاثة إلى خمسة أيام من الماء .

حساب منظومة الري بالطاقة الشمسية

هناك عدة طرق لتحديد المضخة وصف الألواح الكهروشمسية:

1- الطريقة الأولى:

لحساب المضخة التي نحتاجها وكمية الطاقة المطلوبة من صف الألواح الكهروشمسية يجب معرفة كمية الماء المطلوبة باليوم، وخصائص مصدر الماء وقيمة المسافات (العمودية والأفقية) التي سيتم ضخ الماء إليها.

من أجل ذلك يجب حساب قيمة ارتفاع الضخ الديناميكي (H_d) الذي هو مجموع :

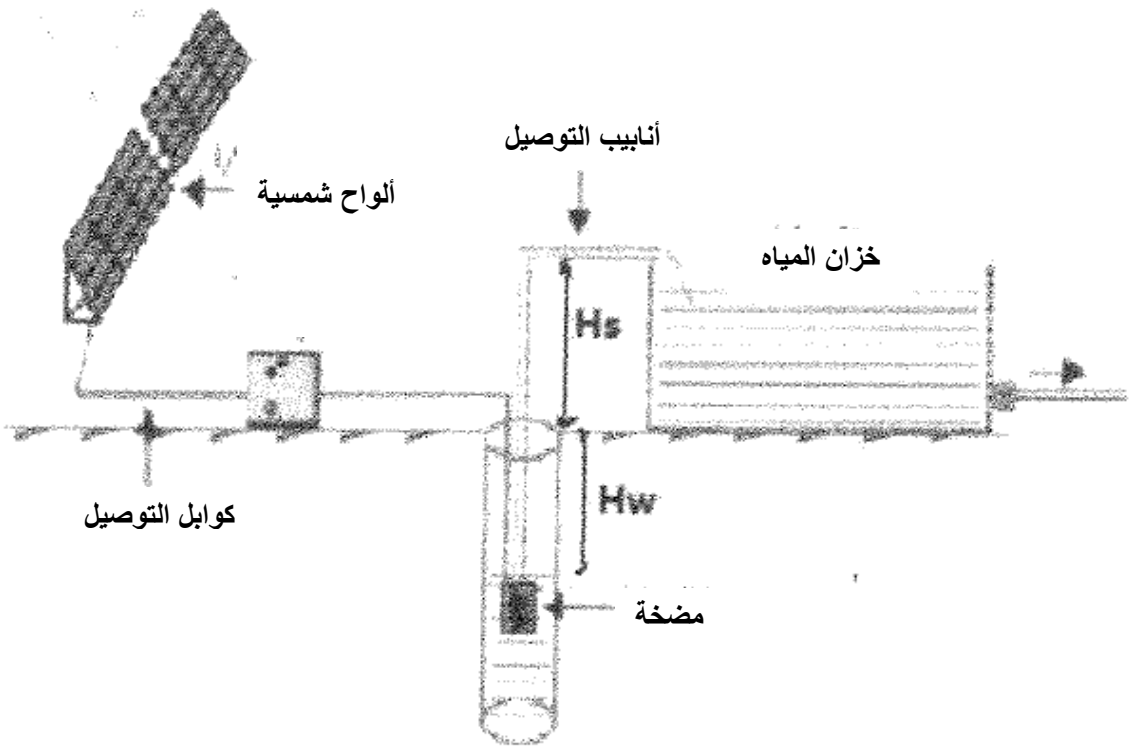
- ارتفاع الضخ الستاتيكي (الساكن) للماء (H_w).
- ارتفاع الضخ الستاتيكي (الساكن) للخزان (H_s).
- ضياعات الاحتكاك في الأنابيب H_f.

$$H_d = H_w + H_s + H_f$$

يقاس ارتفاع الضخ الستاتيكي للماء(H_w) اعتباراً من سطح الأرض بجانب البئر إلى أدنى مستوى يمكن أن يصل إليه سطح الماء في البئر، ويقاس الارتفاع الستاتيكي للخزان(H_s) اعتباراً من سطح الأرض بجانب البئر إلى أعلى نقطة في الخزان، ويمكن تحديد هذه القيم باستخدام خريطة طبوغرافية أو مقياس ارتفاع.

ضياعات الاحتكاك في الأنابيب هي مقاومة السطح الداخلي للأنبوب لتدفق الماء، وبشكل عام فإن الأنبوب ذو القطر الأصغر وقيمة الضخ الأعلى يعطي مقاومة أعلى. وتقدر ضياعات الاحتكاك بهبوط الضغط الذي يُكافأ بارتفاع، وتحدد قيمته بمعرفة التدفق وقطر الأنبوب الداخلي.

وضياعات الاحتكاك لها قيم جدولية



لحساب تدفق المضخة مقدراً بـــ(لتر بالدقيقة) يمكن استخدام المعادلة التالية :

$$Q = \frac{L}{\sum h} \times \frac{l/h}{60\min}$$

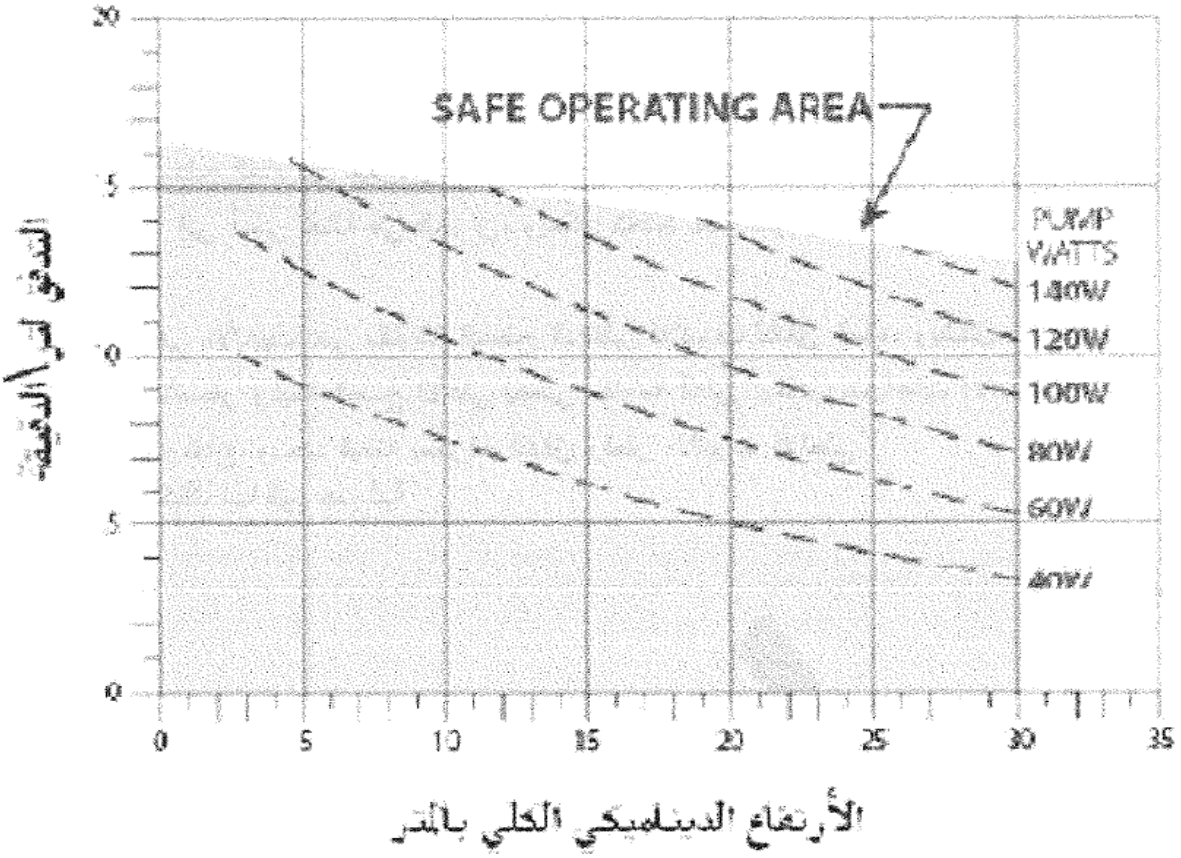
حيث:

Q(l/min): تدفق المضخة.

L: عدد اللترات المطلوبة من الماء في اليوم.

$\sum h$: عدد ساعات الذروة للشمس في اليوم.

نعود إلى المخططات (الكتالوكات) المزوّدة من قبل المنتجين لتحديد المضخة الملائمة وحجم صـــف الألواح الشمسية كما في الشكل التالي:



المخطط للاطلاع

2- الطريقة الثانية:

تحسب استطاعة المضخة الشمسية من المعادلة التالية:

$$E_h = \frac{Q \cdot H_d \cdot \rho \cdot g}{3.6 \times 10^6}$$
$$= 0.002725 (Q \cdot H_d)$$

حيث E_h(kWh/day): الاستطاعة الهيدروليكية اللازمة في اليوم لضخ حجم معين من الماء مقداره Q (m^3/day) لارتفاع H_d(m).

ρ (kg/m^3): الكتلة النوعية للماء.

g(m/s^2): تسارع الجاذبية.

وبالتالي: الاستطاعة الكهربائية اللازمة للمضخة في اليوم هي:

$$E_{el} = \frac{E_h}{\eta_{MP}}$$

حيث:

E_{el}(kWh/day): الاستطاعة الكهربائية اللازمة للمضخة في اليوم.

η_{MP}: مردود المضخة.

مثال : مزرعة مساحتها فدان واحد تحتاج 79 m^3 ماء في اليوم والمطلوب حساب المنظومة الشمسية علماً عدد ساعات الاشعاع 5.4 h في اليوم, وطول الانبوب الواصل من سطح الماء في البئر الى الخزان 108 m

الحل :

- حساب قدرة المضخة الشمسية :

*حساب القدرة الهيدروليكية للمضخة :

(Kw.h/ d) E_h = 0.002725* H*Q

E_h= 0.002725*113.4* 79 = 24.41 KW.h/d

هناك بعض المراجع تحسب فاقد الاحتكاك من :

0.05 * الارتفاع الكلي = 108 *0.05 =5.4 m

فيصبح ارتفاع الضخ الهيدروليكي H= 108 +5.4 = 113.4 m

الاستطاعة الكهربائية اللازمة للمضخة:

$$L_{e=}\frac{E_h}{\mu_P}$$

μ_P : مردود المضخة و تتراوح ما بين 0.8—0.4 وفي هذه المسألة تم أخذها 0.7

$$L_{e=}\frac{E_h}{\mu_P}=\frac{24.41}{0.7}=34.87\ \frac{kw.h}{d}$$

وتكون استطاعة المضخة P:

$$P=\frac{L_e}{psh}=\frac{34.41}{5.4}=6.4\ KW$$ **= 6400 W**

* استطاعة الالواح الشمسية المطلوبة وهي نفسها استطاعة المضخة P

$$\text{عدد الالواح}=\frac{L_e}{\text{استطاعة االلوح}}=\frac{6400}{400}=16\ \text{لوح}$$

على فرض تم انتقاء الواح استطاعة اللوح يساوي 400 w

نهاية المحاضرة