

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

مجال : علوم المادة

شعبة : فيزياء

تخصص : فيزياء طاقوية و الطاقات المتجددة
من إعداد الطالبين : مداسي وائل و برزيقة عماد الدين

العنوان

تحسين معامل الاستطاعة لنظام الضخ الكهروشمسي

نوقشت علنا بتاريخ : 2018/06/10

أمام اللجنة المكونة من الاساتذة :

رئيس اللجنة

أستاذ محاضر ب

د/ بلحاج محمد مصطفى

مناقش

أستاذ محاضر ب

د/ سوداني محمد البار

مشرف

أستاذ محاضر أ

د/ رابح بو عنان

السنة الجامعية : 2018/2017

اهداء

الى من نظمت كلماتي فانتظمت قافيتي

الى منارتي التي تقتدي بها فلكي

الى من ربنتي فأحسنت خلقي

امي

الى رفاق دربي خلاني والنفوس البريئة الى رياحين حياتي

اخوتي

و الشكر موصول لكل من سند اعوجاج ظهورنا ودلنا لسبل الرشاد الى الارواح التي احتوتنا فأوتنا

سواء من بعيد كان أو من قريب

قائمة المحتويات

-1-	الفصل الأول: مقدمة.....
-1-	1-1 : الطاقة الشمسية.....
-2-	2-1: استخدامات الطاقة الشمسية:
-2-	1-2-1 : الاستخدامات الحرارية.....
-3-	1-2-1: الاستخدامات الكهربائية.....
-4-	3-1 : الإشعاع الشمسي.....
-6-	4-1: تأثير سماكة الغلاف الجوي على الاشعاع الشمسي المباشر.....
-7-	1-5 : الزوايا الشمسية.....
-13-	7-1 :الوضعية الجغرافية
-14-	8-1:الوضعية الجيولوجية
-15-	9-1:الوضعية المرفولوجية.....
-18-	الفصل الثاني: كيفية توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية.....
-18-	مقدمة:.....
-18-	1-2:التحويل المباشر للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية.....
-19-	2-2:تعريف الخلايا الكهروضوئية.....
-20-	3-2 : مكونات الخلية الكهروضوئية.....
-22-	4-2 : طريقة عمل الخلية الكهروضوئية.....
-23-	5-2 : أنواع الخلايا الكهروضوئية.....
-23-	2-5-1: الخلايا السليكونية.....
-26-	2-5-2: خلايا الغاليوم ارسنايد.....
-26-	3-5-2: خلايا الكوبيرانديوم ديسلنايد.....
-26-	4-5-2: خلايا الكادميوم تليرايد.....
-27-	6-2: الخصائص الكهربائية للخلايا والألواح الكهروضوئية.....
-29-	7-2: ربط الألواح الكهروضوئية على التسلسل.....
-30-	8-2: ربط الألواح الكهروضوئية على التفرع.....
-31-	9-2: المولد الكهروضوئي.....
-37-	الفصل الثالث: نظام الضخ الكهروضوئي.....
-37-	مقدمة.....
-37-	1-3:العوامل المتحكمة في نظام الضخ.....

-37-	..... 2-3: أقسام المضخات
-37-	..... 3-3: أنواع أنظمة الضخ العاملة بالطاقة الشمسية
-38-	..... 1-3-3: مضخة غاطسة طاردة مركزية متعددة المراح
-39-	..... 2-3-3: مضخة غاطسة محورية مع محرك سطحي
-39-	..... 3-3-3: المضخات غاطسة ذات مكبس
-40-	..... 4-3-3: مجموعة محرك ومضخة سطحية (عائمة)
-41-	..... 5-3-3: مضخة الامتصاص السطحية
-41-	..... 4-3: مكونات نظام الضخ الكهروضمسي
-43-	..... 5-3: خصائص المضخة
-46-	..... 6-3: خصائص القناة
-47-	..... 1-6-4: حساب الضياع الطاقوي داخل القناة
-47-	..... 7-4: اختيار الخزان
-49-	..... الفصل الرابع: التعديل التجريبي لمعامل الاستطاعة لنظام الضخ الكهروضمسي
-49-	..... مقدمة
-50-	..... 1-4: تحديد طريقة السقي و كمية الماء
-51-	..... 2-4: تحديد خصائص الضخ
-53-	..... 3-4: اختيار نوع المضخة وقوتها الهيدروليكية
-51-	..... 1-3-4: مضخات المياه التي تعمل بالتيار المستمر DC
-52-	..... 2-3-4: مضخات تعمل بالتيار المتردد AC:
-54-	..... 4-4: حساب قدرة مضخات المياه
-55-	..... 5-4: حساب الطاقة و الاستطاعة المطلوبة
-56-	..... 6-4: الحساب العددي لخصائص النظام الكهروضمسي لمنطقة معينة
-59-	..... 7-4: تحديد مواصفات المموج onduteur
-59-	..... 8-4: تحديد عدد الألواح على التسلسل و عدد الفروع منها على التفرع
-60-	..... 9-4: الحسابات المنجزة لمشروعين في منطقتين مختلفتين بولاية ورقلة
-62-	..... 10-4: دراسة تعديل معامل الاستطاعة $Cos(\emptyset)$ الأنظمة
-63-	..... 11-4: دراسة مخبرية لتعديل معامل الاستطاعة $Cos(\emptyset)$ لمضخة
-67-	..... 12-4: تطبيق تقنية تعديل معامل الاستطاعة $Cos(\emptyset)$

الخاتمة

قائمة المراجع

قائمة الأشكال

- 3 - الشكل (1-1): مخطط يوضح مجالات استخدام الطاقة الشمسية
- 5 - الشكل (1-2): الأجزاء الأساسية للإشعاع
- 6 - الشكل (1-3) سماكة الغلاف الجوي تحدد شدة الإشعاع الشمسي المباشر
- 7 - الشكل (1-4) تغير شدة الإشعاع الشمسي بين الصيف والشتاء
- 9 - الشكل (1-5) زاوية السمات الرأسية Z , زاوية الارتفاع β , زاوية السمات الأفقية Ψ_s
- 12 - الشكل (1-6) زاوية ميل السطح γ , زاوية سمات السطح Ψ_k , زاوية سقوط الإشعاع θ_k
- 14 - الشكل (1-7) الإشعاع المباشر الساقط على الأسطح الأفقية والمائلة
- 13 - الشكل (8-1) وضعية ورقلة من الجزائر
- 14 - الشكل (9-1) صورة جيولوجية لورقلة
- 15 - الشكل (10-1) صورة مرفولوجية لورقلة
- 16 - الشكل (11-1) مقطع هيدروجيولوجي المار عبر حوض ورقلة
- 16 - الشكل (12-1) وضعيات طبقات المياه السطحية والجوفية
- 20 - الشكل (1-2) البنية الذرية للسليكون
- 21 - الشكل (2-2) ناقل من النوع (p)
- 21 - الشكل (3-2) ناقل من النوع (n)
- 22 - الشكل (4-2) يوضح التركيب الأساسي للخلية الكهروضوئية
- 23 - الشكل (5-2) مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية
- 23 - الشكل (6-2) مكونات الخلية الكهروضوئية
- 24 - الشكل (7-2) لوح كهروضوئي مصنوع من خلايا كهروضوئية أحادية التبلور
- 25 - الشكل (2-8) لوح شمسي مصنوع من خلايا كهروضوئية متعددة البلورات

- 25- الشكل (2-9) لوح شمسي مصنوع من خلايا كهروضمسية عشوائية .
- 27- الشكل (2-10) خلية كهروضمسية ولوح كهروضمسي وصف كهروضمسي
- 28- الشكل (2-11) لخلية كهروضمسية مثالية
- 29- الشكل (2-12) تغير قيم الجهد والتيار تبعًا للإشعاع الشمسي
- 30- الشكل (2-13) الخاصية المثالية للألواح الكهروضمسية المربوطة على التسلسل
- 31- الشكل (2-3) الخاصة المثالية للألواح الكهروضمسية المربوطة على التفرع
- 38- الشكل (3-1) نظام ضخ كهروضمسي يعمل بمضخة غاطسة طاردة مركزية متعددة المراحل
- 39- الشكل (3-2) نظام ضخ كهروضمسي يستخدم مضخة غاطسة محورية مع محرك سطحي
- 40- الشكل (3-3) نظام ضخ كهروضمسي يستخدم مضخة غاطسة ذات مكبس
- 40- الشكل (3-4) نظام ضخ كهروضمسي يستخدم مجموعة (محرك-مضخة) سطحية
- 41- الشكل (3-5) نظام ضخ كهروضمسي يستخدم مضخة امتصاص سطحية
- 42- الشكل (3-6) نظام ضخ كهروضمسي بتيار متناوب (AC)
- 42- الشكل (3-7) نظام ضخ كهروضمسي بتيار مستمر (DC)
- 43- الشكل (3-8) المكونات الداخلية للمضخة الغاطسة الطاردة المركزية
- 44- الشكل (3-9) معطيات حول اختيار المضخة
- 45- الشكل (3-10) اختيار المضخة انطلاقًا من ارتفاع الضغط الكلي HMT و التدفق (Débit)
- 46- الشكل (3-11) يبين خصائص ضياح الحمل بدلالة قطر القناة
- 49- الشكل (1-4) صورة و المخطط الجيولوجي لمنطقة ورقلة
- 50- الشكل (2-4) المخطط الهيدروليكي للمنطقة
- 51- الشكل (3-4) اعماق الابار السطحية و الجوفية
- 51- الشكل (4-4) مخطط دائرة مضخة DC
- 52- الشكل (4-5) مخطط دائرة مضخة AC

- 53- الشكل (4-6) مضخة سطحية
- 53- الشكل (4-7) مضخات غاطسة
- 58- الشكل (4-8) خصائص اللوح الشمسي
- 59- الشكل (4-9) موج التيار المستمر
- 59- الشكل (4-10) خصائص المموج المستعمل
- 60- الشكل (4-11) المخطط الانسيابي لحساب نظام الضخ الكهروشمسي
- 63- الشكل (4-12) التيار الكلي قبل التعديل
- 63- الشكل (4-13) التيار الكلي بعد التعديل
- 64- الشكل (4-14) توصيل مكثفة بدارة نظام الضخ

قائمة المنحنيات

- 4 - منحني (1-1) الثابت الشمسي بدلالة أيام السنة
- 28- منحني (2-1) لخلية كهروضمسية مثالية
- 29- المنحني (2-2) تغير قيم الجهد والتيار تبعًا للإشعاع الشمسي
- 30- المنحني (2-3) الخاصية المثالية للألواح الكهروضمسية المربوطة على التسلسل
- 31- المنحني (2-4) الخاصة المثالية للألواح الكهروضمسية المربوطة على التفرع
- 33- منحني (2-5) نقطة القدرة العظمى (MPP)
- 33- منحني (2-6) خط تغير نقطة القدرة العظمى
- 35- منحني (2-7) خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح
- 35 - منحني (2-8) تغير موقع نقطة الطاقة العظمى تبعًا للإشعاع الشمسي

قائمة الجداول

- 4 - الجدول (1-1) طاقة الإضاءة لمختلف أطيف الإشعاع الشمسي خارج المجال الجوي
- 6- الجدول (1-2) المواد العاكسة و معاملات الانعكاس لكل مادة
- 50- الجدول (1-4) طرق السقي الفلاحي ومردودها
- 61- الجدول (4-2) النتائج المحصل عليها من البرنامج المعلوماتي
- 62- الجدول (4-3) دراسة تقنو اقتصادية لتقدير سعر لنظام الضخ الكهروشمسي للمنطقة رقم 1
- 64- الجدول (4-4) دراسة مخبرية لتعديل معامل الاستطاعة $\cos(\emptyset)$ لمضخة
- 65- الجدول (4-5) معطيات نظام الضخ للمنطقتين 1 و 2 قبل تعديل معامل الاستطاعة
- 66- جدول (4-6) النتائج المتحصل عليها بعد تعديل معامل الاستطاعة
- 67- جدول (4-5) الدراسة التقنو اقتصادية لنظام الضخ بعد تعديل معامل الاستطاعة

تعتبر الضخ الكهروضوئى من أهم اشتغالات للري بالطاقات المتجددة المستعملة في المناطق النائية, المعزولة أو البعيدة عن شبكة توزيع الطاقة الكهربائية

في هذا المنوال من اجل التخفيض من التكلفة المادية و المساحة المخصصة للالواح الكهروضوئى تم انجاز هذه الدراسة حول تحسين معامل الاستطاعة لنظم الضخ الكهروضوئى بتعويض جزء من الطاقة الممتصة من الألواح باستعمال تقنية تعديل الطاقة بتوصيل المكثفات السعوية المنتجة للطاقة الردية (المفاعلة) التي تمتصها الملفات الكهرومغناطيسية للمضخات .

وكانت الطريقة المستعملة هي رفع معامل الاستطاعة من قيمة 0.7 الى قيمة 0.98 للمضخات الأحادية و ثلاثية الاطوار مما نتج عن طريق التجربة المخبرية و برنامج محاكاة تخفيض شدة التيار الممتص الى حوالي 30 % وبالتالي تخفيض 30 % من عدد الالواح الكهروضوئى اللازمة لهذا النظام

Résumé

Le pompage photovoltaïque est l'une des utilisations les plus importantes des énergies renouvelables pour irrigation dans les zones isolées ou éloignées du réseau de distribution d'électricité.

Pour la réduction du coût matériel et le surface des panneaux photovoltaïque , cette étude été réalisé sur l'amélioration de facteur de puissance des systèmes de pompage photovoltaïque par la compensation d'une partie de l'énergie absorbée par le bobinages électromagnétique en utilisant l'association des condensateurs électriques qui produisant l'énergie réactive absorbé par les bobinages des pompes .

La méthode utilisée est d'ajuster le facteur de puissance de la valeur de 0,7 à la valeur de 0,98 pour les pompes mono et triphasés, ce qui entraîne par une expérience de laboratoire et un programme de simulation la réduction de l'intensité du courant adsorbé à environ

Abstract

Photovoltaic pumping is one of the most important uses of renewable energy for irrigation in isolated or remote areas of the electricity grid.

For the reduction of the material cost and the surface of the photovoltaic panels, this study was carried out on the power factor improvement of the photovoltaic pumping systems by the compensation of a part of the energy absorbed by the electromagnetic windings by using the combination of electrical capacitors that produce the reactive energy absorbed by the windings of the pumps.

The method used is to adjust the power factor from the value of 0.7 to the value of 0.98 for single and three-phase pumps, resulting in a laboratory experiment and a simulation program to reduce the power factor. current intensity adsorbed at about 30% and therefore a reduction of 30% number of photovoltaic panels required for this system.

الفصل الأول

استغلال الطاقة الشمسية

مقدمة:

الشمس هي مصدر الحياة ومصدر الطاقات على الأرض، فالطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض تتحول إلى شكلين رئيسيين :طاقة كيميائية وطاقة حرارية، وكل منها يتجلى بعدة مظاهر تؤدي لنشوء عدد من الطاقات . فعند سقوط أشعة الشمس على أوراق النباتات تدخر في النبات على شكل طاقة كيميائية عضوية، وتشكل هيكلًا للنباتات ومصدرًا لغذائه ولغذاء الكائنات الحية بشكل عام. إن تراكم الكميات الكبيرة من هذه العضويات الحية عبر السنين، وخضوعها لظروف مناسبة من الأكسدة والإرجاع، حولت الطاقة الكيميائية المخزنة فيها إلى طاقة كيميائية أخرى شكلت مصدر الوقود الأحفوري من النفط والغاز والفحم.

أما الأثر الحراري للطاقة الشمسية فيتجلى ظاهرًا عند سقوط الأشعة الشمسية على الغلاف الجوي فيؤدي لتسخينه تسخينًا متفاوتًا، وبالتالي :حدوث التيارات الهوائية ، وبالنتيجة ظهور طاقة الرياح، ويشكل تبخر كميات هائلة من مياه البحار والمحيطات مصدرًا للطاقة المائية على الأرض. إن التسخين المباشر لسطح البحار والمحيطات يؤدي لارتفاع درجة حرارة السطح مع المحافظة على درجة حرارة منخفضة في القاع وتعرف الطاقة الناتجة من هذه الظاهرة بالطاقة الحرارية في البحار والمحيطات.

ترتبط طاقة المد والجزر مباشرة مع الشمس ولو بشكل ضئيل أي بمدى قربها أو بعدها عن الأرض، ويعتقد أن الطاقة الكامنة الجوفية في باطن الأرض هي طاقة مستمدة من الشمس؛ لأن معظم النظريات الحديثة تؤكد أن الأرض تعود في منشئها إلى الشمس إذ إنه انفصلت عنها (الكوكب الأم) وبردت قشرتها الخارجية، أما أعماقها فما زالت ملتهبة تشع الحرارة إلى الجهات كافة. بدأ الإنسان استخدام الطاقة الشمسية منذ القرن الثالث قبل الميلاد، وذلك باستخدام المرايا لتركيز أشعة الشمس، ثم تتالت هذه الاستخدامات وتطورت تطورا كبيرا حتى استخدام هذه الطاقة في إطلاق الأقمار الصناعية التي تتزود بالطاقة الشمسية عن طريق الخلايا الكهروضوئية.

1-1: الطاقة الشمسية :

تأتي أهمية الطاقة الشمسية من اعتبارها أهم مصادر الطاقة المتجددة خلال القرن الحالي؛ لأن الطاقة التقليدية (الأحفورية) مهددة بالنضوب ، وكذلك بما خلفته من آثار كارثية على بيئة الأرض من تلوث وارتفاع في درجة حرارة الأرض ،والتي سببت تغيرات مناخية في جو الأرض.

لذلك فإن جهود كثير من الدول تتوجه نحو استثمار الطاقة الشمسية ، وترصد لها المبالغ اللازمة لتطوير المنتجات ، والبحوث الخاصة باستغلال الطاقة الشمسية كأحدى أهم مصادر الطاقة البديلة للنفط والغاز ، وقد أعطي النصيب الأوفر في البحوث والتطبيقات لمجال تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء وهو ما يعرف باسم Photovoltaïque.

وهذا المصدر من الطاقة هو أمل الدول النامية في التطور حيث أصبح توفر الطاقة الكهربائية من أهم العوامل الرئيسية لإيجاد البنى الأساسية فيه، ولا يتطلب إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية مركزية في التوليد بل تنتج الطاقة ، وتستخدم بالمنطقة نفسها أو المكان ، وهذا ما يوفر الكثير من التكلفة في النقل والمواصلات.

وتعتمد هذه الطريقة بصورة أساسية على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية ، وتوجد في الطبيعة مواد كثيرة تستخدم في صناعة الخلايا الكهروضوئية، والتي تجمع بنظام كهربائي وهندسي محدد لتكوين ما يسمى باللوحة الشمسية الذي يعرض بدوره لأشعة الشمس بزوايا معينة لينتج أكبر قدر من الكهرباء.

وتعد بحوث تخزين الطاقة الشمسية من أهم مجالات التطوير اللازمة في تطبيقات الطاقة الشمسية وانتشارها على مدى واسع ، حيث إن الطاقة الشمسية رغم أنها متوفرة إلا أنها ليست في متناول اليد وليست مجانية بالمعنى المفهوم .فسعرها الحقيقي عبارة عن المعدات المستخدمة لتحويلها من طاقة شمسية إلى طاقة كهربائية ، وكذلك تخزينها إذا دعت الضرورة . ورغم أن هذه التكاليف حالياً تفوق تكلفة إنتاج الطاقة التقليدية إلا أنها لا تعطي صورة كافية عن مستقبلها لأنها آخذة في الانخفاض المتواصل بفضل البحوث الجارية والمستقبلية.

1-2: استخدامات الطاقة الشمسية :

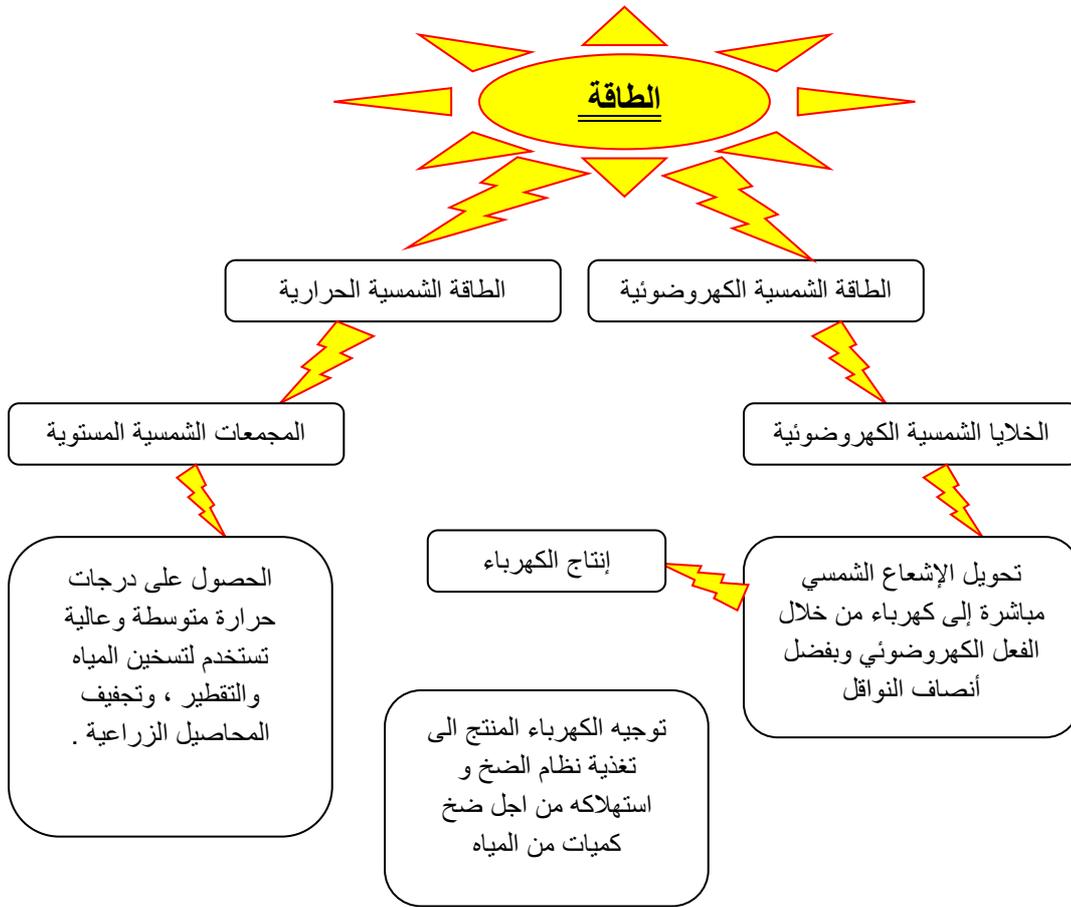
1-2-1: الاستخدامات الحرارية :

وهي أقل تعقيداً من سابقتها ويمكننا الحصول عليها بمجرد تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية عن طريق المجمعات الشمسية والمواد الحرارية.

1-2-2: الاستخدامات الكهربائية :

ونحصل على هذه الطاقة من خلال آلية التحويل الكهروضوئي للطاقة الشمسي ، يقصد بالتحويل الكهروضوئي تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية) .

والشكل التالي يوضح كيفية تحويل الطاقة الشمسية ومجالات استخدامها :



الشكل (1-1): مخطط يوضح مجالات استخدام الطاقة الشمسية

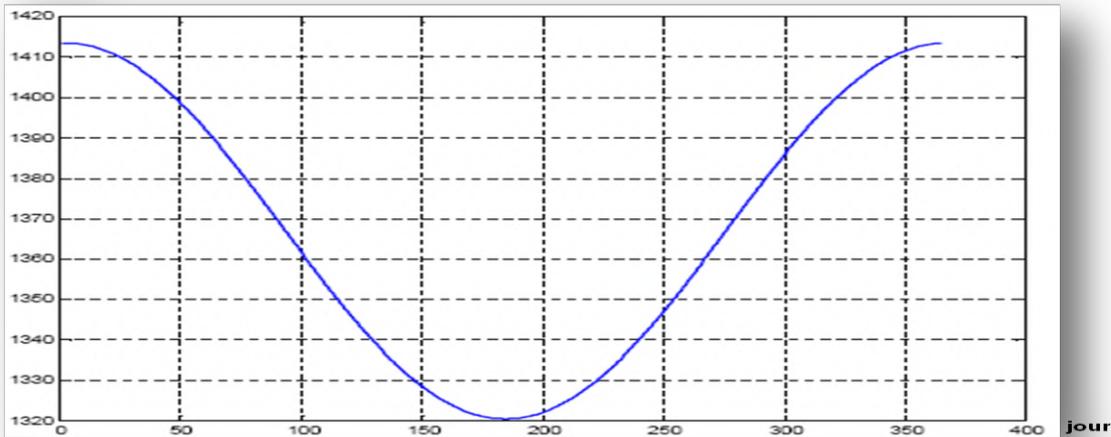
3-1 : الإشعاع الشمسي:

الإشعاع الشمسي هو الطاقة الصادرة عن الشمس تصل إلى الأرض في شكل أشعة الكهرومغناطيسية (rayonnements Electromagnétiques) بسرعة الضوء بزمّن قدره 499 ثانية (8 دقائق و 19 ثانية) ، وهذه الأشعة مقسمة كما في الجدول (1-1).

الجدول(1-1): يوضح طاقة الإضاءة لمختلف أطيف الإشعاع الشمسي خارج المجال الجوي

منطقة الطيف	طول الموجة (μm)	طاقة الإضاءة (w/m^2)	نسبة الطيف (%)
تحت الحمراء (IR)	$0.70 <$	695	50.8
المرئية (V)	0.40-0.70	559	40.9
فوق البنفسجية (UV)	$0.40 >$	113	8.3

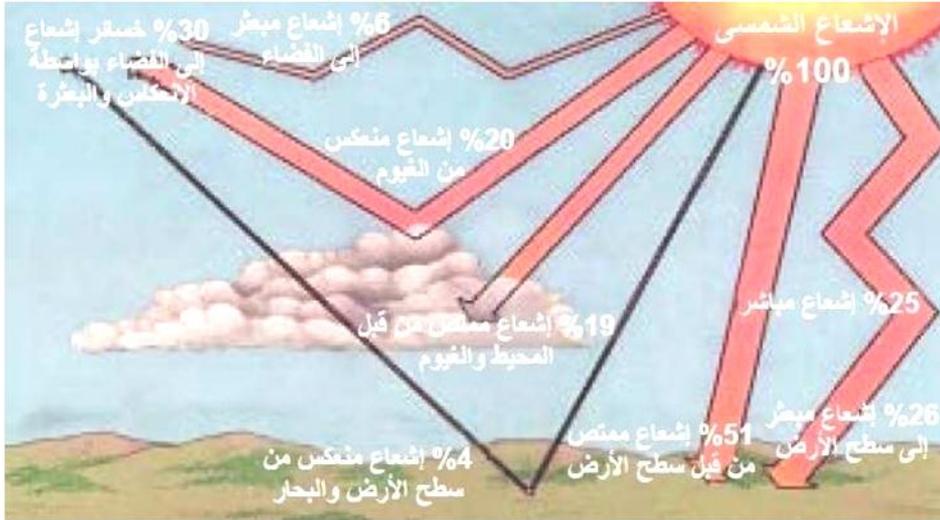
R(W/m²)



منحنى (1-1): الثابت الشمسي بدلالة أيام السنة

تتكون مجموعة الإشعاعات التي ترتطم بسطح الخلية الكهروضوئية أو بمساحة معينة على سطح الأرض كما هو موضح في الشكل (1-1) من ثلاثة أجزاء أساسية وهي:

- 1- حزمة الإشعاع المباشر (Paquet de rayonnement direct).
- 2- حزمة الإشعاع المبعثر (Paquet de rayonnement dispersé).
- 3- حزمة الإشعاع المعكوس (Paquet de rayonnement inverse).



الشكل (1-2): الأجزاء الأساسية للإشعاع

الجزء الأول يعرف نفسه وهو عبارة عن شعاع مباشر أي في خط مباشر من الشمس إلى الأرض ويشكل نسبة كبيرة من هذه الأجزاء في الأيام المشمسة. أما في الأيام الغائمة فإن الشمس مغطاة بالغيوم والشعاع المباشر يكون تقريبا معدوم، وبالتالي تشكل الحزمة الضوئية المبعثرة الأغلبية العظمى في ذلك اليوم. وبما أن هذا الشعاع يأتي من أنحاء متفرقة من السماء فيطلق عليه اسم إشعاع السماء، وتكون كميته حوالي 10 % إلى 20 % للسماء الصافية وبتحود 100% للسماء الغائمة. أما الجزء الثالث والأخير فهو مكمل للحزمة الضوئية الكاملة التي ترتطم بالخلية الكهروضوئية، وهو عبارة عن الإشعاعات الشمسية المنعكسة بواسطة الوسائط المختلفة المحيطة بالخلية.

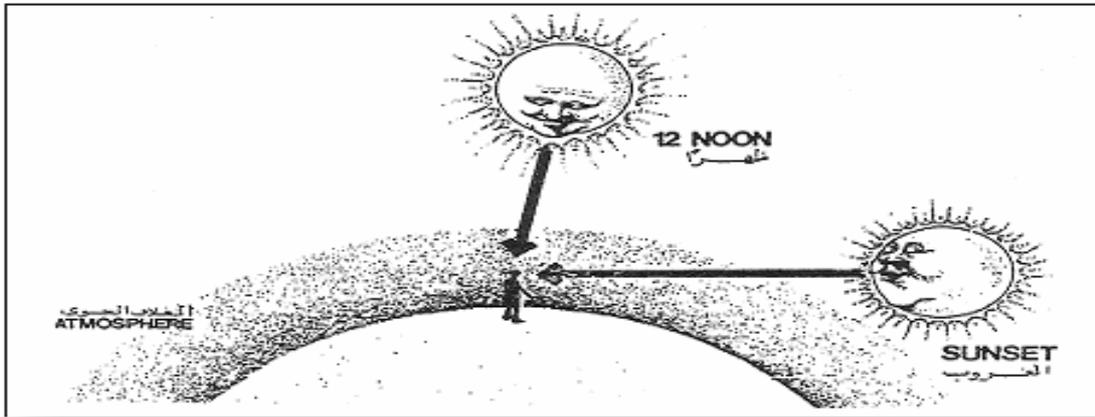
إن كمية الإشعاع المنعكس على سطح الخلية يكون مختلف الكمية بسبب اختلاف السطوح العاكسة. الجدول 1 يبين ذلك لأن ذلك يؤخذ في الحسبان عندما نريد إيجاد كمية الشعاع الساقط على نقطة معينة من الأرض.

الجدول (1-2): المواد العاكسة و معاملات الانعكاس لكل مادة

Materials	Reflection coefficient (r0)
Neige	0.7-0.87
Béton	0.31-0.33
Toitures goudronnées et gravillonnées	0.12-0.15
Routes asphaltées	0.10-0.12

بالإضافة إلى مكونات طبقة الغلاف الجوي فإن العامل الأكثر أهمية في تحديد مقدار الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض هو سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الإشعاع الشمسي.

عند منتصف النهار تكون الشمس عمودية، وبالتالي تكون سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الإشعاع الشمسي أصغرية والطاقة الواصلة للأرض تكون أعظمية، أما عند الشروق و الغروب فإن سماكة الغلاف الجوي التي سيمر خلالها الإشعاع الشمسي تكون أعظمية والطاقة الواصلة للأرض تكون أصغرية كما في الشكل (1-2) ولهذا السبب فان حجم طاقة الإشعاع الشمسي يكون مرتفعا في المناطق ذات الارتفاع الكبير عن سطح البحر

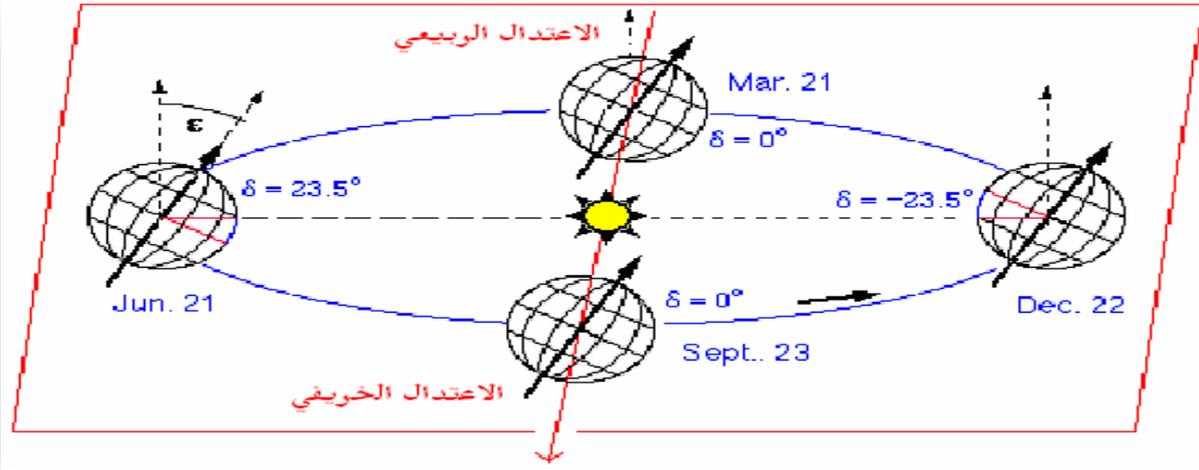


الشكل (1 - 2) : سماكة الغلاف الجوي تحدد شدة الإشعاع الشمسي المباشر

4-1 : تأثير سماكة الغلاف الجوي على الإشعاع الشمسي المباشر:

أيضا نلاحظ تغير شدة الإشعاع الشمسي بين الصيف والشتاء بسبب ميل الأرض و دورانها حول الشمس .فيكون القطب الشمالي في شهر جوان مواجه للشمس، ولهذا تتطلق الأشعة الشمسية إلى الجزء

الشمالي من الكرة الأرضية بصورة عمودية تقريبا أما في شهر ديسمبر فإن القطب الشمالي ينحرف بعيداً عن الشمس باعثة أقل كثافة من الطاقة كما في (الشكل 3-1)
تعرف كثافة الطاقة بأنها مقدار الطاقة الساقطة مقدر ب الكيلوواط-ساعة على المتر المربع من سطح الأرض في زمن معين



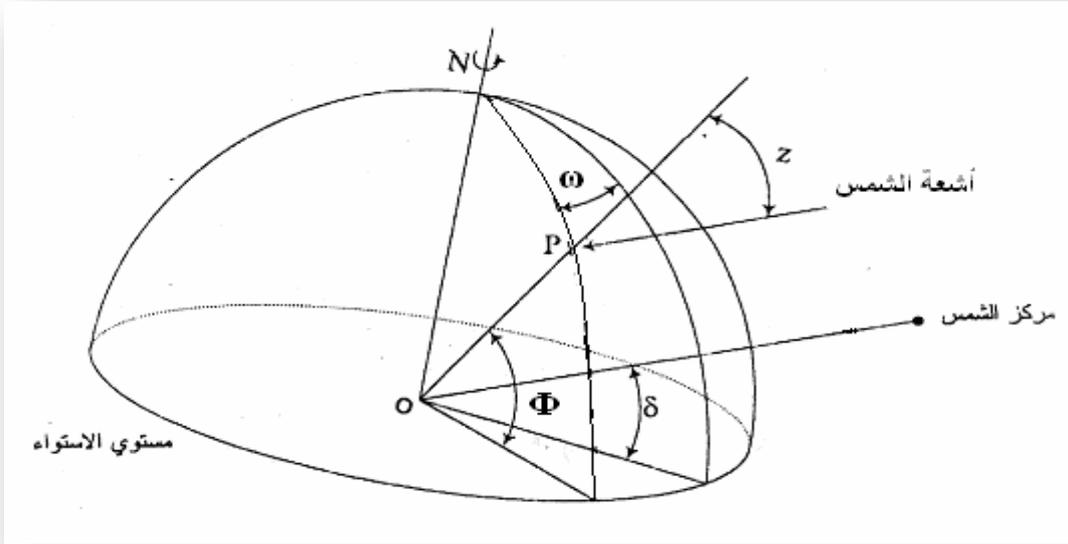
الشكل (3-1) تغير شدة الإشعاع الشمسي بين الصيف والشتاء

5-1 الزوايا الشمسية:

بما أن شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض تابع لموقع سطح الأرض بالنسبة للشمس فإنه من الضروري تحديد بعض الزوايا الهندسية الموضحة للعلاقة بين سطح الأرض والشمس والشكل (3-1) يبين نقطة على سطح الأرض مواجهة لأشعة الشمس .

1 خط العرض (Φ):

خط العرض لنقطة ما :هو الموقع الزاوي للنقطة المدروسة بالنسبة إلى مستوي خط الاستواء، ويفرض خط العرض موجب شمال خط الاستواء، وحسب الشكل (3-1) هو الزاوية بين الخط (OP) ومسقطه على مستوي خط الاستواء.



الشكل (4-1) خط العرض Φ , الانحراف الساعي ω , الانحراف الشمسي δ

2- زاوية الانحراف الشمسي (δ):

تعرف بأنها المسافة الزاوية لأشعة الشمس بالنسبة لمستوي خط الاستواء، شمالا تفرض موجبة.

وحسب الشكل (4-1) هي الزاوية بين الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس ومسقط هذا الخط على مستوي خط الاستواء.

نتيجة للطبيعة الإهليجية لمسار الأرض حول الشمس فإن قيم زاوية الانحراف تتغير بين $(+23.5^\circ)$ في الانقلاب الصيفي (-23.5°) في الانقلاب الشتوي . نتيجة لذلك فإن قيمة زاوية الانحراف (بالدرجات) لأي يوم بالسنة يمكن اعتبارها ثابتة وتحسب من العلاقة التجريبية التالية:

$$(1-1) \quad \delta = 23.45 * \sin \left[\left[\frac{360}{365} \right] * [284 + n] \right] \quad (5)$$

حيث : n هو رقم اليوم في السنة .

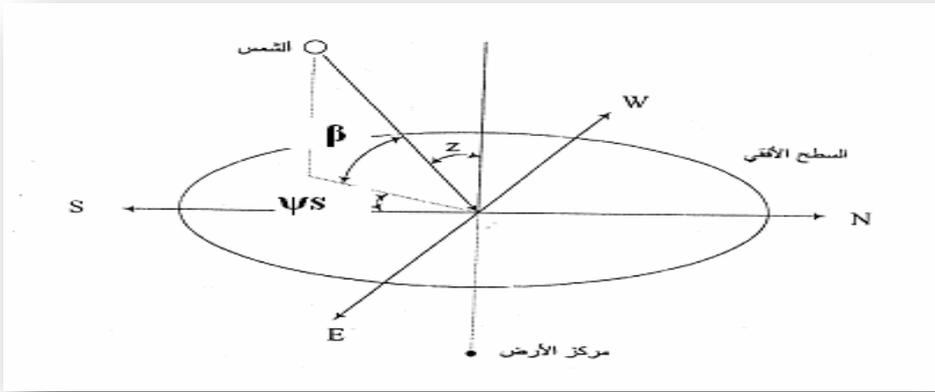
3- الزاوية الساعية (ω):

الزاوية الساعية لنقطة ما على سطح الأرض هي الزاوية الواجب أن تدورها الأرض لتضع خط طول هذه النقطة تحت الشمس مباشرة وحسب الشكل هي الزاوية المقاسة على مستوي خط الاستواء بين مسقط خط الطول ومسقط الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس.

الزاوية الساعية عند الظهيرة تساوي الصفر وتفرض موجبة بعد الظهر حيث إن تحرك الأرض على خط الطول يستغرق ساعة واحدة لذلك يمكن كتابة الزاوية الساعية بالدرجات كمايلي:

$$(2-1) \quad \omega = \pm \frac{1}{4} * \left[\text{الشمس شكل لاتمام الدقائق عدد} \right] \quad (5)$$

حيث :الإشارة الموجبة تدل على ساعات بعد الظهر والإشارة السالبة تدل على ساعات الصباح. بالإضافة للزوايا الهندسية الثلاث الموضحة في الشكل (4-1) فمن الملائم لحساب الإشعاع الشمسي تحديد موقع الشمس بالنسبة للسماء من خلال الزوايا الموضحة في الشكل (5-1)



الشكل (5-1) زاوية السمات الرأسية Z , زاوية الارتفاع β , زاوية السمات الأفقية ψs

4- زاوية السمات الشمسي الرأسية (Z) : هي الزاوية بين أشعة الشمس والشاقول.

5- زاوية الارتفاع الشمسي (β) : هي الزاوية بين أشعة الشمس والمستوي الأفقي .

$$(3-1) \quad Z + \beta = \frac{\pi}{2} = 90^\circ \quad (5)$$

وهكذا نجد أن العلاقة بين هذه الزوايا معطاة كما يلي :

$$(4-1) \quad \cos Z = \sin \beta = (\sin \Phi \cdot \sin \delta) + (\cos \Phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega) \quad (5)$$

6- زاوية السمات الشمسي الأفقية (ψs) : هي الزاوية المقاسة في المستوي الأفقي بين الجنوب ومسقط

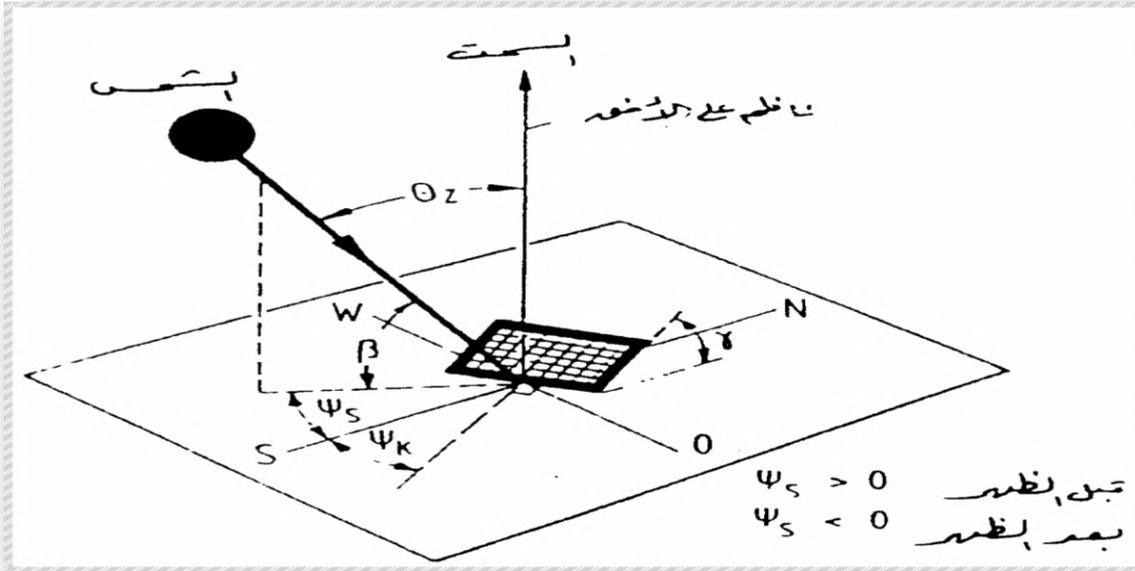
أشعة الشمس، و الاتجاه نحو الغرب يعد موجباً، هذه الزاوية تحسب وفقاً للعلاقة التالية:

$$(5-1) \quad \cos \psi_s = \frac{(\sin \beta \cdot \sin \Phi - \sin \delta)}{(\cos \beta \cdot \cos \Phi)} \quad (5)$$

لحساب الإشعاع الشمسي الساقط على السطح المائل من الضروري حساب ثلاث زوايا أخرى تتعلق باتجاه السطح كما يتضح من الشكل (6-1)

7- زاوية ميل السطح γ : هي الزاوية بين السطح والمستوي الأفقي .

8- زاوية سمت السطح (Ψk) : هي الزاوية المقاسة في المستوي الأفقي بين مسقط المستقيم المتعامد مع السطح والجنوب والاتجاه نحو الغرب يعد موجباً .



الشكل (6-1) زاوية ميل السطح γ , زاوية سمت السطح Ψk , زاوية سقوط الإشعاع θk

9- زاوية السقوط الشمسي (θk) : هي الزاوية بين أشعة الشمس والخط العمودي على السطح . للسطح الأفقي يكون $(z = \theta k)$. والمعادلة التالية تبين العلاقة بين هذه الزوايا والزوايا السابقة لأي سطح معطى:

$$\cos \theta k = (\sin \beta \cdot \cos \gamma) + (\cos \beta \sin \gamma \cdot \cos(\psi s - \psi k)) \quad (5)$$

6-1 شدة الإشعاع الشمسي على الأسطح الأفقية و المائلة :

تتوقف شدة الإشعاع الساقط على سطح الأرض لموقع محدد عند زمن ما على توجيه السطح و ميله .
 علماً أن السطح المتعامد مع أشعة الشمس سوف يستقبل أكبر كمية من الإشعاع ع الشمسي، لكن عملية تتبع الشمس غالباً ما تكون مكلفة و غير عملية في كثير من الحالات . تبين أن الحل الأكثر ملائمة هو باستخدام المجمعات المائلة في الإنشاءات العملية وبالتالي :من الضروري حساب الإشعاع الشمسي الساقط على الأسطح المائلة .

يبين الشكل (7-1) الإشعاع المباشر الساقط على الأسطح الأفقية والمائلة وهكذا نستطيع كتابة العلاقات التالية :

شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض في يوم صحو يمكن التعبير عنه بالعلاقة التالية:

$$E_{dir s} = A \cdot e^{\frac{B}{\sin \beta}} = A \cdot e^{-Bm} \quad (5)$$

(7-1)

$E_{dir s}$ (W/m²): الإشعاع الشمسي المباشر عند سقوط حر .

A (W/m²): الإشعاع الشمسي النظري عند كثافة هواء تساوي الصفر .

B معامل توهين الغلاف الجوي .

β زاوية ارتفاع الشمس .

m كثافة الهواء

$$m = \frac{1}{\sin h}$$

وبالتالي : فإن الإشعاع الشمسي الساقط على سطح أفقي يحسب من العلاقة التالية:

$$E_{dir h} = E_{dir s} \cdot \sin \beta \quad (5)$$

(8-1)

تغير قيم A, B يتوقف على التغير السنوي للمسافة بين الأرض والشمس والتغير الفصلي في محتوى الغلاف الجوي من الرطوبة ومكونات أخرى .

يجب في الأماكن التي يغلب عليها الجو الصافي والجاف (الأماكن المرتفعة) أو الأماكن التي يسود

فيها الجو الغائم والرطب ضرب القيم الناتجة من العلاقة (10-1) بمعامل الصفاء

يعطي كتاب ASHREA. للتطبيقات (الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء)

علاقة مبسطة لحساب الإشعاع المبدد من السماء و الساقط على سطح اختياري على الأرض كنسبة من

الإشعاع الشمسي المباشر الساقط بشكل حر كما يلي :

$$E_{dfu} = C \cdot E_{dir s} \cdot F_{ss} \quad (5)$$

(9-1)

E_{dfu} (W/m²): الإشعاع الشمسي المبدد من السماء

C معامل تشتيت الإشعاع الشمسي معطى في الجدول (2-1)

F_{ss} المعامل الزاوي بين السطح والسماء , حيث :

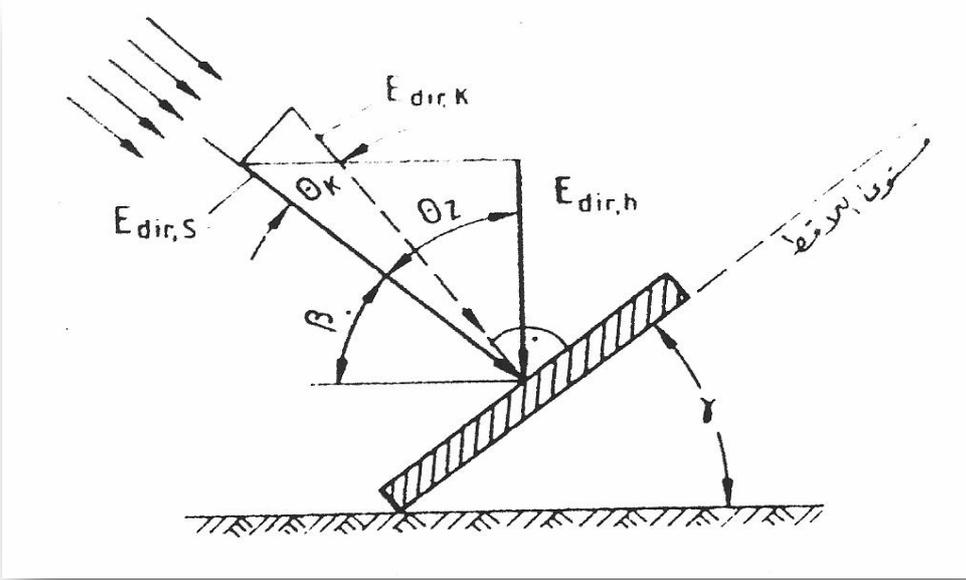
$$F_{ss} = 0.5(1 - \cos \gamma) \quad (5)$$

$F_{ss} = 0.5s$ للسطح العمودي

$F_s=0.5s$ للسطح الأفقي

أخيرًا الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي هو مجموع الأشعة المباشرة والمبددة:

$$(10-1) \quad H = E_{dir,h} + E_{dfu} \quad (5)$$



الشكل (7-1) الإشعاع المباشر الساقط على الأسطح الأفقية والمائلة (5)

$$(11-1) \quad \cos \theta_k = \frac{H_{Bt}}{H_{Bn}} \quad (5)$$

$$(12-1) \quad \cos Z = \frac{H_B}{H_{Bn}} \quad (5)$$

حيث H_{Bt} الإشعاع المباشر على السطح المائل $[W/m^2]$

تعطى شدة الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على الأسطح المائلة بشكل اختياري بالعلاقة التالية:

$$(13-1) \quad H_t = E_{dir,h} R_B + E_{dfu} \cdot \left[\frac{1+\cos \gamma}{2} \right] + H_{\rho g} \cdot \left[\frac{1-\cos \gamma}{2} \right] \quad (5)$$

حيث ρ_g : معامل انعكاس الأرض للأشعة المباشرة والمبددة وفي الحسابات الحالية تؤخذ ثابتة

R_B معامل ميل الإشعاع المباشر

التعريف بمنطقة الدراسة:

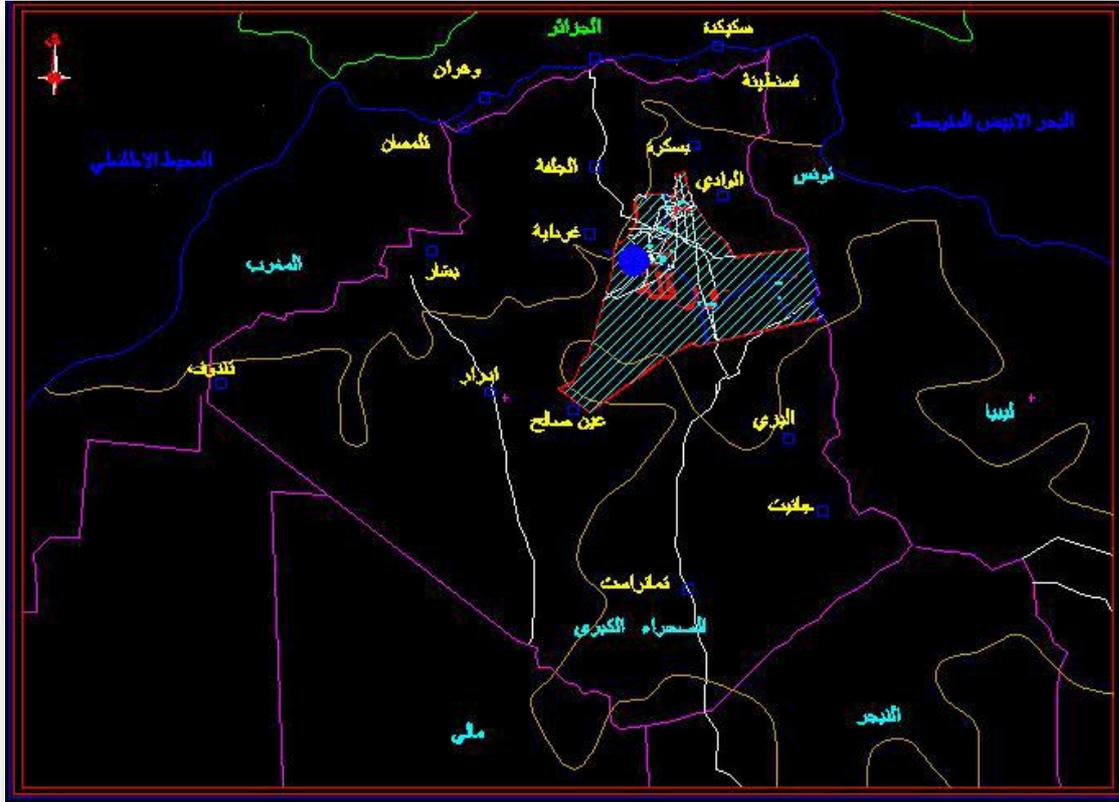
7-1 الوضعية الجغرافية

إن ولاية ورقلة أو ناحية ورقلة بصفة عامة تتميز بكبر المساحة الجغرافية حيث تتربع على مساحة 140000 هكتار منها مناطق سكانية واغلبها مناطق فلاحية و رعوية معزولة، تحيط بمدينة ورقلة بلديات تابعة لها وهي الرويسات، عين البيضاء، حاسي بن عبد الله، انقوسة .

حيث تقع وفق الإحداثيات الجغرافية التالية

$$X = 710'000 ; Y = 3'530'000$$

$$X = 730'000 ; Y = 3'600'000$$



الشكل (8-1) وضعية ورقلة من الجزائر (5)

يحتها من الشمال حاسي الخفيف وواد ميزاب ومن الجنوب قارة كريمة ومن الشرق جبل الدرينة وخشم الريح ومن الغرب بمنديل وكاف ، المسافة من الشمال إلى الجنوب 80 كم ومن الشرق إلى الغرب 30 كم

8-1 الوضعية الجيولوجية

تتميز ناحية ورقلة بأنها مختلفة جيولوجيا حيث أن كل منطقة لها خصائص جيولوجية وذلك راجع للطبيعة التكوينية للطبقات الأرضية ونوعية كل طبقة

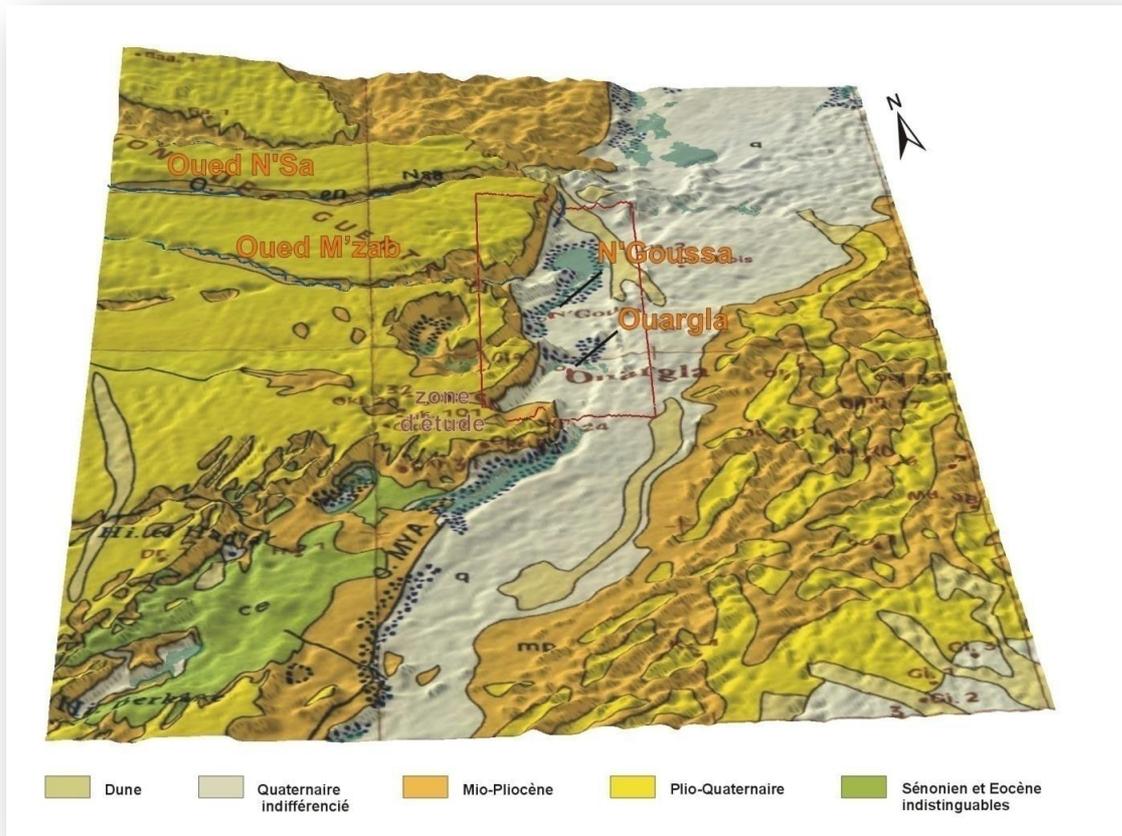
*طبقة سطحية : بعمق يصل إلى 30 متر

*طبقة ميوبليوسان : بعمق يصل إلى 180متر

*طبقة سينونيان : بعمق يصل إلى 250 متر

*طبقة سينونيان ايوسان : بعمق يصل إلى 360 متر

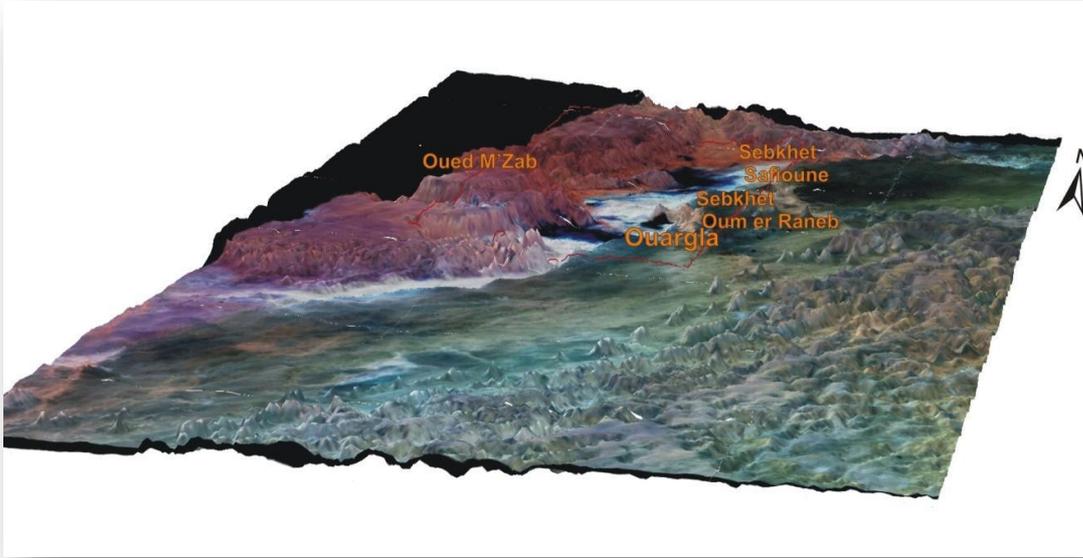
*طبقة البيان : بعمق يصل إلى 1100متر



الشكل (9-1) صورة جيولوجية لورقلة

9-1 الوضعية المرفولوجية

رغم الطابع السائد لمدينة ورقلة بأن لها أرضية مستوية في الغالب إلا أنها تتميز بمرفولوجية متباينة خاصة جهة الشمال بمنطقة انقوسة (منطقة جنين) ومنطقة واد مزاب والصورة أسفله الملتقطة بالقمير الصناعي توضح ذلك



الشكل (10-1) صورة مرفولوجية لورقلة

10-1 الوضعية الهيدروجيولوجية

رغم أن حوض ورقلة يعتبر من اخفض الأحواض على مستوى الجزائر إلا أنه مرتفع ب: 200 متر على سطح البحر حيث يتميز بوفرة المياه الجوفية منها ما هو محصور في خزان ارضي أي غير متجدد لعدم سريانه ومنه ما هو متجدد لوجود سريان ارضي للماء , كل ذلك تتحكم فيه الطبقات الأرضية وطريقة توضعها

حيث حسب ما ذكرنا سابقا من طبقات جيولوجية فهي تحتوي على مياه جوفية أو سطحية

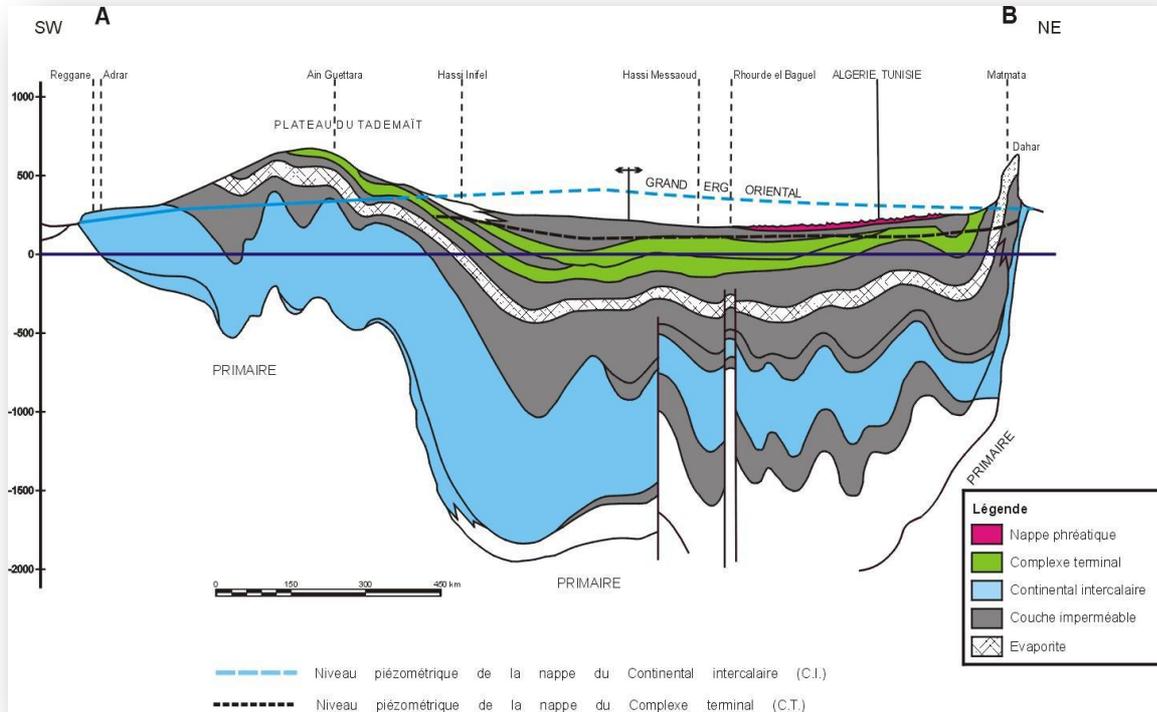
*مياه سطحية

*مياه جوفية في طبقة المركب النهائي

* مياه جوفية في طبقة القاري

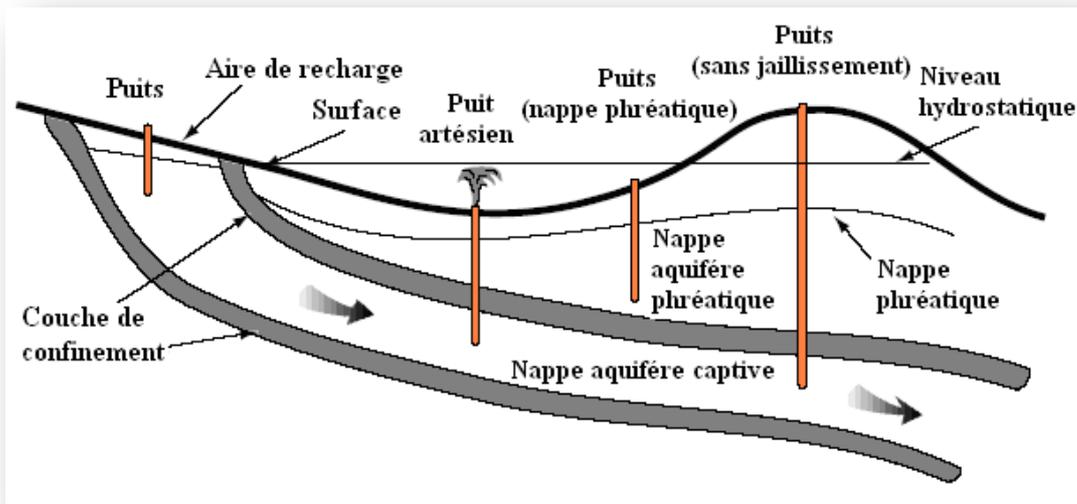
*مياه جوفية في طبقة ألبان

والمقطع الهيدروجيولوجي الذي يمر عبر حوض ورقلة يبين بالتفصيل العمق وكيفية انحصار المياه الجوفية داخل مختلف الطبقات .



الشكل (11-1) مقطع هيدروجيولوجي المار عبر حوض ورقلة

والمقطع التخطيطي التالي يبين بصورة أوضح وضعية الطبقات المياه السطحية والجوفية .



الشكل (12-1) وضعيات طبقات المياه السطحية والجوفية

الفصل الثاني

توليد الطاقة الكهربائية
باستخدام الطاقة الشمسية

مقدمة:

يمكن للطاقة الشمسية أن تتحول إلى طاقة كهربائية بطريقتين أساسيتين هما: التحول الحراري، والتحول المباشر باستخدام الخلايا الكهروضوئية.

2-1 التحويل المباشر للطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية

تعد الخلايا الكهروضوئية أحد أهم الأساليب المعروفة والأكثر تفضيلاً لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية في المستقبل القريب ، ويتصف هذا الأسلوب بمزايا عديدة مقارنة مع الأسلوب الترموديناميكي أهمها :

- عدم الحاجة إلى تنظيم المراحل والعمليات الحرارية اللازمة.
- تعد بنية محطات القدرة العاملة بهذا الأسلوب أبسط بكثير، حيث إنها تحتوي ألواحًا ثابتة مما يعطي إمكانية إنقاص وأحياناً الاستغناء كلياً عن صيانة مثل هذه المحطات ، وبالتالي سيكون استثمارها سهلاً في المناطق البعيدة والمعزولة حيث لا يتوفر الكادر الفني المختص ، وبالتالي فإن مصاريف التشغيل والصيانة قليلة.
- إمكانية تصميم خلايا كهروضوئية بحجوم مختلفة ومهام متنوعة و يمكن أن تتألف من أقسام مستقلة، وبمردود عمل يتطابق مع مردود الخلية بكاملها.
- وجود إمكانية كبيرة لتطوير وتصنيع الخلايا الكهروضوئية من حيث النوع والحجم (العنصر الرئيس في المحطات الكهروضوئية) وذلك بهدف إنقاص حجمها وكلفتها وزيادة استطاعتها.
- تعد الخلايا الكهروضوئية ذو موثوقية عمل عالية.
- بالإضافة لذلك فإن الخلايا الكهروضوئية قادرة على العمل بكفاءة وجودة عالية ولمدة طويلة وغير محدودة.

إن السبب الرئيسي لعدم انتشار الخلايا الكهروضوئية المصنعة من أنصاف النواقل في الحياة العملية هو ارتفاع أسعارها ، حيث كانت الكلفة النوعية لإنتاج واحد واط من الاستطاعة المركبة تساوي (\$50) عام

1970م أما في عام 1988 وبفضل تقدم تكنولوجيا إنتاج الخلايا الكهر وشمسية وتحسين نوعية العمل فقد انخفضت هذه الكلفة حتى (5 \$) ، وينخفض في الوقت الحالي ثمن الخلايا الكهروشمسية باستمرار. تعد مادة السليكون أحد أهم أنصاف النواقل المستخدمة في تصنيع الخلايا الكهروشمسية التي تعد بسيطة التركيب وأصبحت مدروسة بشكل جيد ، ففي عام 1954 تمت صناعة أول خلية كهروشمسية سليكونية في معهد بل لابز Bell labs في الولايات المتحدة الأمريكية بمردود (6%). ومن الجدير بالذكر أن السليكون كمادة نقية لا يوجد في الطبيعة على حالة منفردة بل في صورة متحدة، وهو من أكثر العناصر انتشارًا على سطح الأرض بعد الأوكسجين، وهو موجود في الطبقات الخارجية للأرض ويوجد في الطبيعة في صورة أكسيد سيليكًا.

2-2 تعريف الخلايا الكهروشمسية

الخلايا الكهروشمسية محولات تأخذ الطاقة من أشعة الشمس وتحولها إلى نوع آخر من الطاقة حيث تقوم الخلايا الشمسية بتحويل نور الشمس إلى كهرباء وتطرد كمية كبيرة من الحرارة بدون أي إجراءات مؤثرة (ضوضاء أو تلوث أو إشعاع أو صيانة...).

توجه ألواح الخلايا الكهروشمسية بزواوية ميل مناسبة في مواجهة الشمس كي تسقط أشعة الشمس عمودياً عليها . تحول الخلايا الشمسية الطاقة الشمسية مباشرة إلى قدرة كهربائية بدون عمليات وسيطية، فهي تمتص معظم الطيف الشمسي وتحول جزءاً من هذه الإشعاعات إلى طاقة كهربائية و يمكن استخدامها في الحال أو تخزينها.

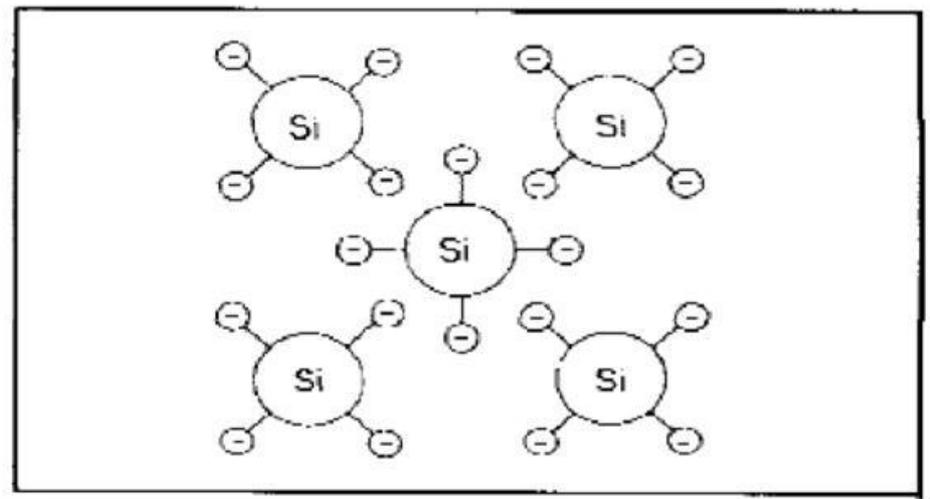
وتصمم المنظمات من هذا النوع أساساً لأجل المنشآت في المواقع البعيدة والمعزولة لفترات طويلة حيث تتصف مثل هذه المواقع عادة بقساوة عالية في طقسها، لذلك يجب أن تكون هذه المنظومات ذات مقاومة عالية للرياح والرطوبة والبرد والعواصف الرملية، وأن تحاط بتصميم ضد هجمات الطيور والحيوانات والتآكل ، لهذا فإن المواد الأساسية التي تثبت بها الخلايا يجب أن تقاوم هذه الأشياء المحيطة ومعدن هذه الخلايا لا يتعرض للتآكل، وهذه نقطة مهمة جداً حيث تصنع غالبية الخلايا الكهروشمسي من السليكون وهو نصف معدن وقد يكون عازلاً وناقلاً في حالته كناقلاً لا تكون إلكترونات ذراته مرتبطة بإحكام مما يؤدي إلى جريانها بسهولة عندما يطبق عليها جهد كهربائي ، بينما تكون إلكترونات ذراته في حالة العازل

مرتبطة بشدة ولا يحدث جريان للإلكترونات عندما يطبق عليها جهدا كهربائيا ومن أسباب اختيار السليكون أنه:

- عالي التوصيل الحراري.
- الثبات الجيد مع الطقس المحيط.
- عازل للكهرباء.
- عالي القدرة.

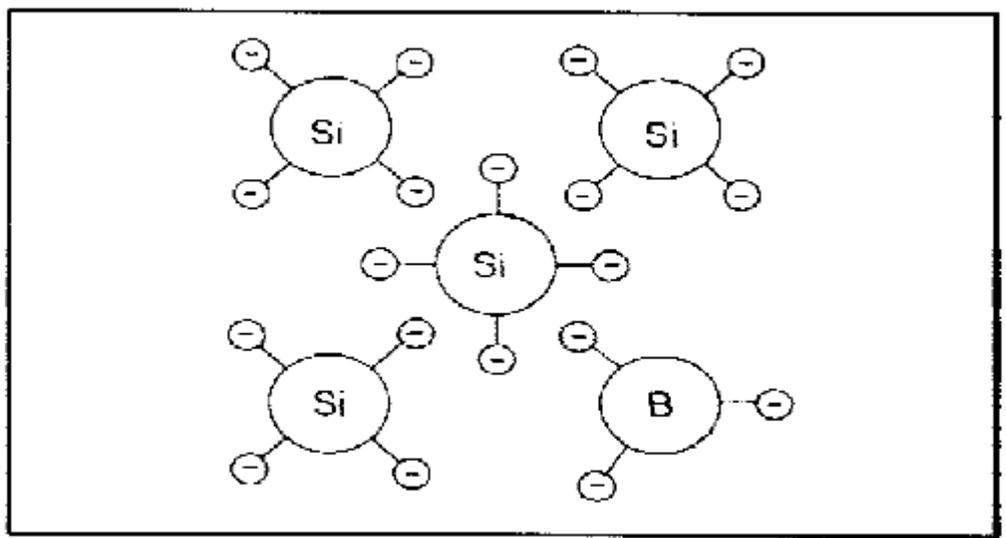
2-3 مكونات الخلية الكهروضوئية

تتكون الخلية الكهروضوئية من طبقة رقيقة من مادة السليكون، هذه المادة هي إحدى مواد أشباه النواقل المعروفة . تمتلك ذرة السليكون أربع إلكترونات تكافئية و تشترك مع ذرات السليكون المجاورة في رابطة تساهمية (تشاركية) كما في الشكل (1-3)



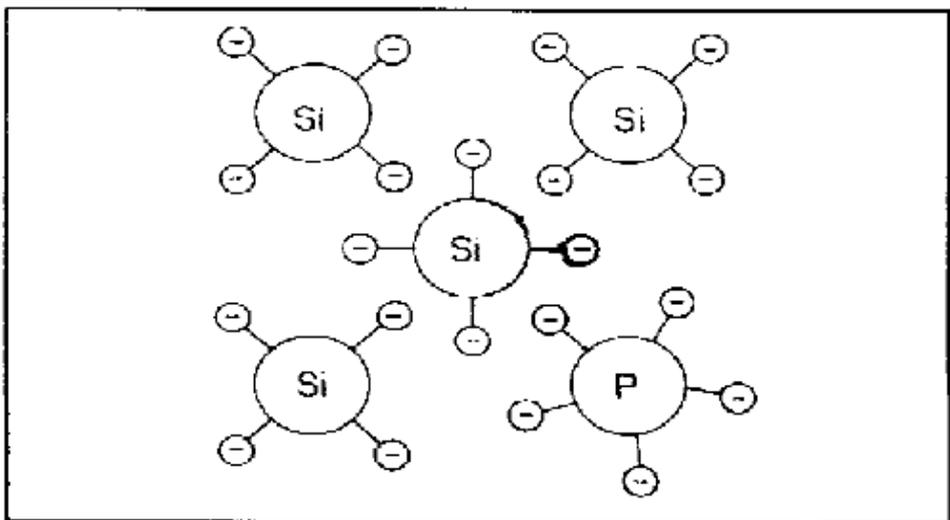
الشكل (1-2) البنية الذرية للسليكون

لتوليد الشحنة الموجبة في الخلية الكهروضوئية تدخل ذرات البورون التي تمتلك ثلاث إلكترونات تكافئية في تركيب السيلكون الصافي . ترتبط هذه الذرات مع ذرات السيلكون ويتشكل ثقب إيجابي الشحنة بدلا من الإلكترون الرابع المفقود . تسمى مادة السيلكون مع شوائب البورون ناقلا إيجابيا أو من النوع (p) كما في الشكل (2-2) .



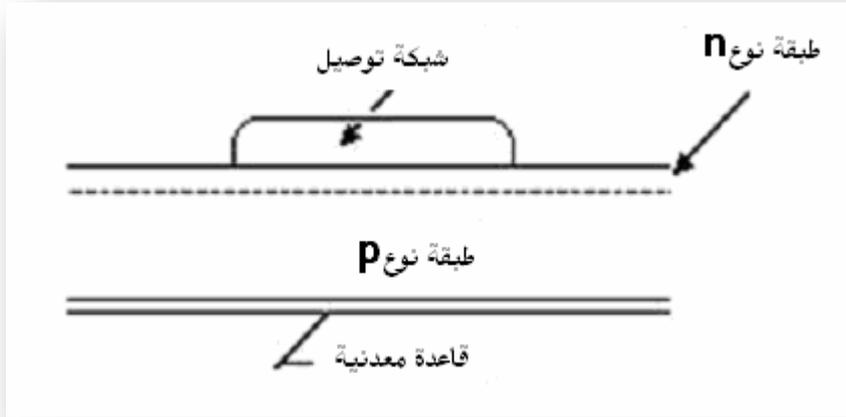
الشكل (2-2) ناقل من النوع (p)

لتوليد الشحنة السالبة في الخلية الكهروضوئية تدخل ذرات الفوسفور التي تمتلك خمس إلكترونات تكافئية في تركيب السيلكون الصافي، ترتبط هذه الذرات مع ذرات السيلكون ويتشكل إلكترون سلبى الشحنة . تسمى مادة السيلكون مع شوائب الفوسفور ناقلا سلبياً أو من النوع (n) كما في الشكل (2-3)



الشكل (2-3) ناقل من النوع (n)

تصنع الخلايا الكهروضوئية بوضع طبقة من النوع (n) و طبقة من النوع (p) معا , بهذا نكون قد حصلنا على المأخذ الموجب و المأخذ السالب للخلية الكهروضوئية .

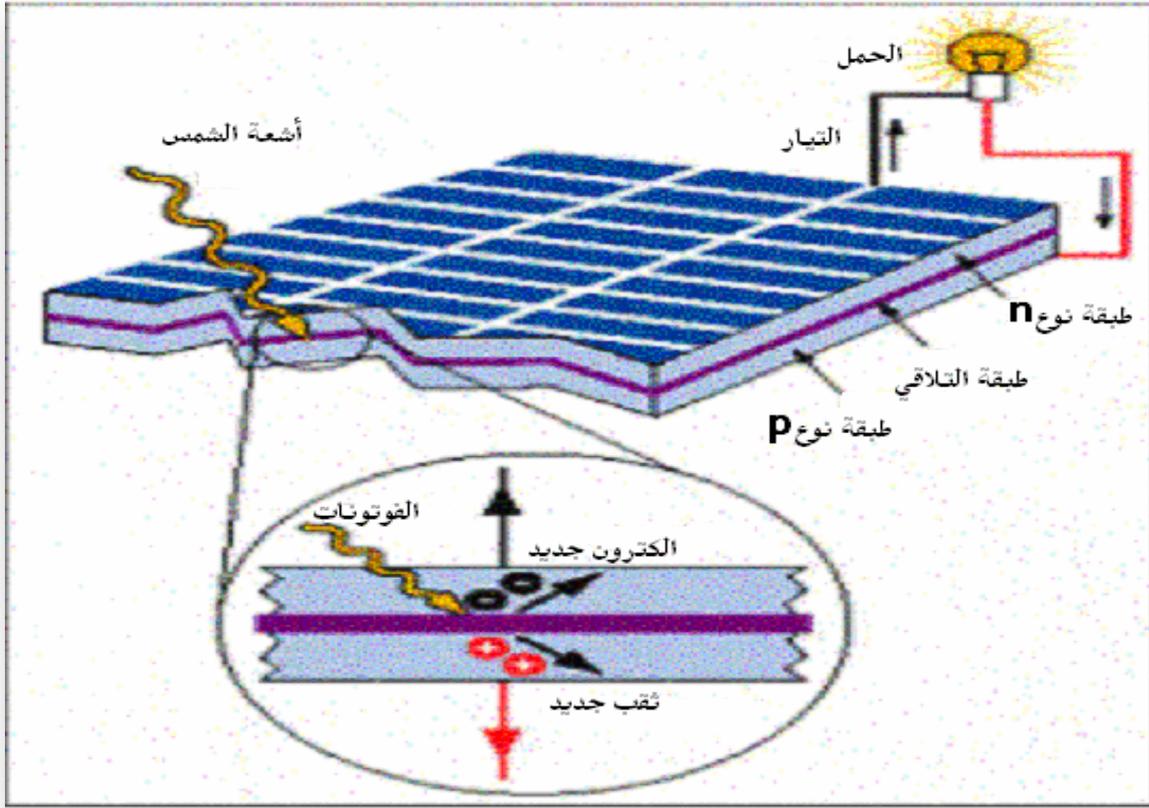


الشكل (2-4) يوضح التركيب الأساسي للخلية الكهروضوئية

4-2 طريقة عمل الخلية الكهروضوئية

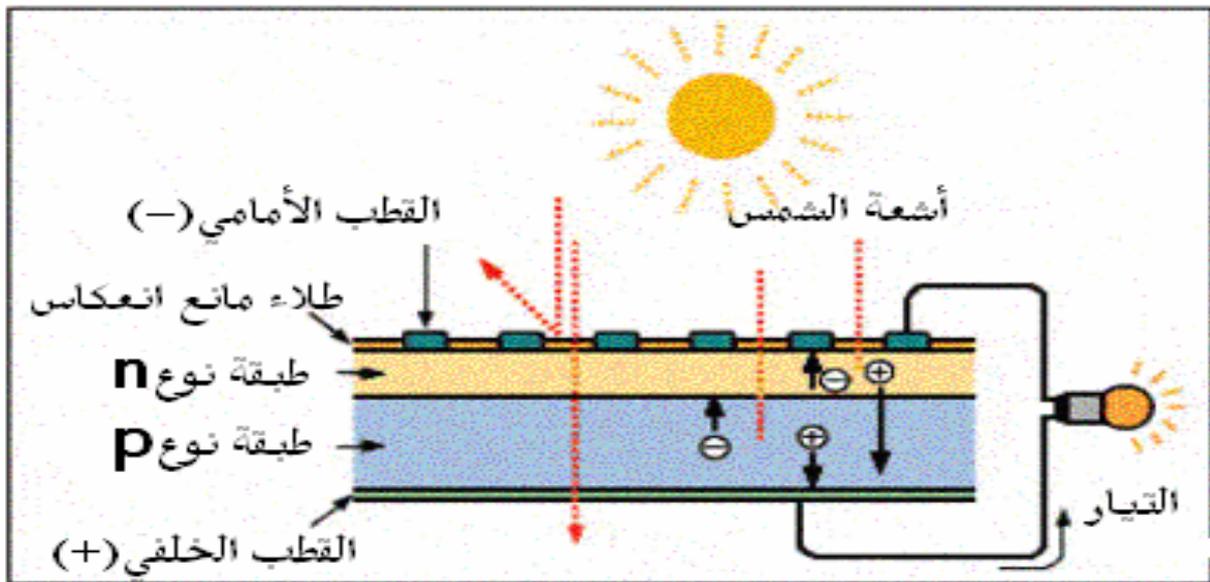
من الشكل (2-5) نلاحظ أنه عند سقوط ضوء الشمس على الخلية يمر هذا الضوء من خلال سطح الخلية و يمتص جزء منه بواسطة الطبقة الأولى للخلية وهي الطبقة التي تحتوي على الفسفور، أما أغلبية الضوء الساقط على هذه الخلية فيقوم بامتصاصه الجزء الخاص بذلك أي الطبقة التي تحتوي على خليط السيلكون بالبورون .

يتكون من خلال هذه العملية إلكترونات حرة الحركة يمكنها السريان خلال الموصل الكهربائي في أطراف الخلية، و تزداد هذه الحركة بزيادة كثافة الضوء الساقط على الخلية، وبالتالي يتشكل التيار الكهربائي المستمر. من هنا يمكننا توصيل حمل كهربائي على أطراف هذه الخلية والاستفادة من حركة الإلكترونات الناتجة من تسليط ضوء الشمس على الخلية .



الشكل (2-5) مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية

يبين الشكل (2-6) مكونات خلية كهروضوئية، حيث تتألف الخلية الكهروضوئية المثالية من غطاء زجاجي لختم الخلية والكترودين أحدهما خلفي والآخر أمامي وطبقات من شبه المعدن.



الشكل (2-6) مكونات الخلية الكهروضوئية

2-5 أنواع الخلايا الكهروضوئية :

2-5-1 الخلايا السليكونية :

أ-الخلايا السليكونية أحادية البلورة (Monocrystalline silicon sells):

معظم الخلايا السليكونية الأحادية البلورية المتوفرة في الأسواق ذات كفاءة تقارب 15 % وتعرف الكفاءة بأنها النسبة المئوية من الطاقة الشمسية الساقطة على اللوح الكهروضوئية التي يتم تحويلها إلى كهرباء. وبالرغم من ميزة الكفاءة العالية التي تختص بها الخلية الكهروضوئية أحادية البلورة فإن سعرها مرتفع جدًا لكونها مصنعة من سليكون أحادي البلورة وعالي النقاوة حيث طريقة التصنيع عالية التكاليف وتحتاج إلى عمال مهرة. الشكل (3-5) يبين لوحا كهروضوئيا مصنوعًا من خلايا كهروضوئية أحادية .



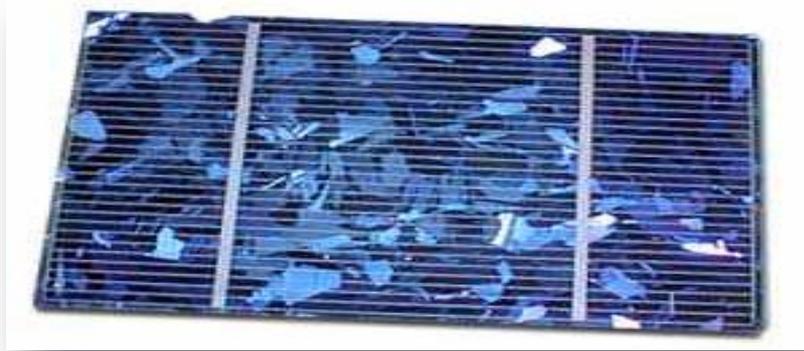
الشكل (2-7) لوح كهروضوئسي مصنوع من خلايا كهروضوئية أحادية التبلور

ويتم حاليًا تصنيع بعض الخلايا من سليكون أقل نقاوة، وهذه الخلايا تكون أرخص سعرًا وتنتج بكلفة أرخص باستخدام عمليات مختلفة قليلة الكلفة لكنها ذات كفاءة أقل وعمر زمني أقل.

ب-الخلايا السليكونية المتعددة البلورات (Polycrystalline silicon cells):

بالرغم من كون الخلايا الكهروضوئية المتعددة البلورات أرخص وأسهل تصنيعًا من الخلايا الأحادية البلورة بسبب النقاوة الأقل للمادة الأولية إلا أنها أقل كفاءة، وذلك كون حاملات الشحنة (الإلكترونات والثقوب) المولدة من قبل فوتونات الإشعاع الشمسي يمكن أن تتجمع على الحدود بين الحبيبات داخل السليكون المتعدد البلورات، وقد وجد أن كفاءة هذه الخلايا تتحسن عند عملية تصنيع المادة بطريقة تكون فيها الحبيبات كبيرة الحجم، ويتم ذلك بتبريد السليكون المذاب ببطء ثم توجه الخلايا من الأعلى إلى الأسفل،

وذلك للسماح للإشعاع الشمسي بالتغلغل بعمق خلال الحبيبات. الشكل (2-6) يبين لوحًا شمسيًا مصنوعًا من خلايا كهروضمسية متعددة البلورات

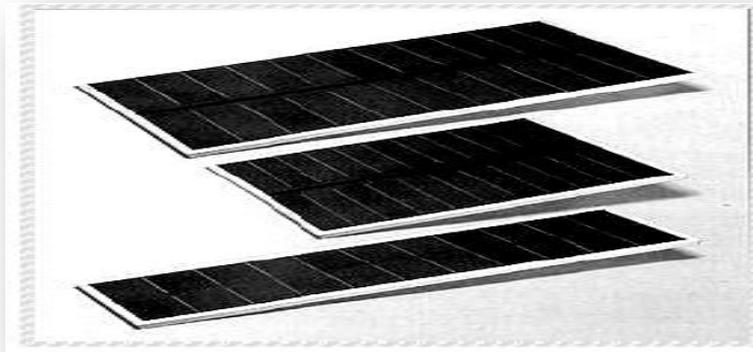


الشكل (2-8) لوح شمسي مصنوع من خلايا كهروضمسية متعددة البلورات

تصل كفاءة الخلايا السليكونية المتعددة البلورات إلى 12 % أو أكثر بقليل.

ج- الخلايا السليكونية الغير بلورية (Amorphous silicon sells):

يمكن تصنيع الخلايا الكهروضمسية بطريقة أرخص من طرق تصنيع الخلايا السليكونية الأحادية والمتعددة البلورات، وهذه الخلايا تسمى بالخلايا السليكونية العشوائية (A-Si) حيث تكون ذرات السليكون فيها أقل ترتيبًا من النوع البلوري. ففي السليكون العشوائي لا ترتبط كل ذرة ارتباطًا كاملاً مع الذرات المجاورة، إنما تترك ما يسمى بالرباط المتدلي، وتستطيع امتصاص إلكترونات إضافية عند إجراء عملية الطلاء. الشكل (3-6) يبين لوحًا شمسيًا مصنوعًا من خلايا كهروضمسية غير بلورية



الشكل (2-9) لوح شمسي مصنوع من خلايا كهروضمسية غير بلورية .

ومن سلبيات هذه الخلايا قلة كفاءتها مقارنة بالخلايا السليكونية البلورية الأحادية والمتعددة البلورات، وأعلى كفاءة تم الحصول عليها مخبرياً من طرف العالم الياباني كانيكا (kaneka) سنة 2010 لا تتجاوز (11 %).

د - الخلايا السليكونية الشريطية :

يتم في هذه الطريقة إنتاج شريط من السليكون الأحادي البلورية باستخدام سليكون متعدد البلورية أو من سليكون أحادي مذاب.

2-5-2 خلايا الغاليوم أرسنايد :

ليس السليكون المادة الوحيدة الملائمة للاستخدام في تصنيع الخلايا الكهروضوئية، فهناك مواد أخرى يمكن استخدامها كـالغاليوم أرسنايد . وهي ملائمة جداً للاستخدام في تطبيقات الخلايا الشمسية لكونها ذات معامل امتصاص عالي للضوء . كما تتمتع بكفاءة جيدة، ويمكن أن تعمل تحت ظروف درجة حرارة عالية نوعاً ما بدون تناقص في أدائها كـالخلايا السليكونية وبعض أشباه النواقل التي تعاني من هذه المشكلة.

2-6-3 خلايا الكوبرانديوم ديسلنايد :

مواد من أشباه النواقل مركبة من النحاس والأنديم والسلينايد (CIS). وقد استخدمت في تصنيع خلايا وصلت كفاءتها مخبرياً إلى (12 %)

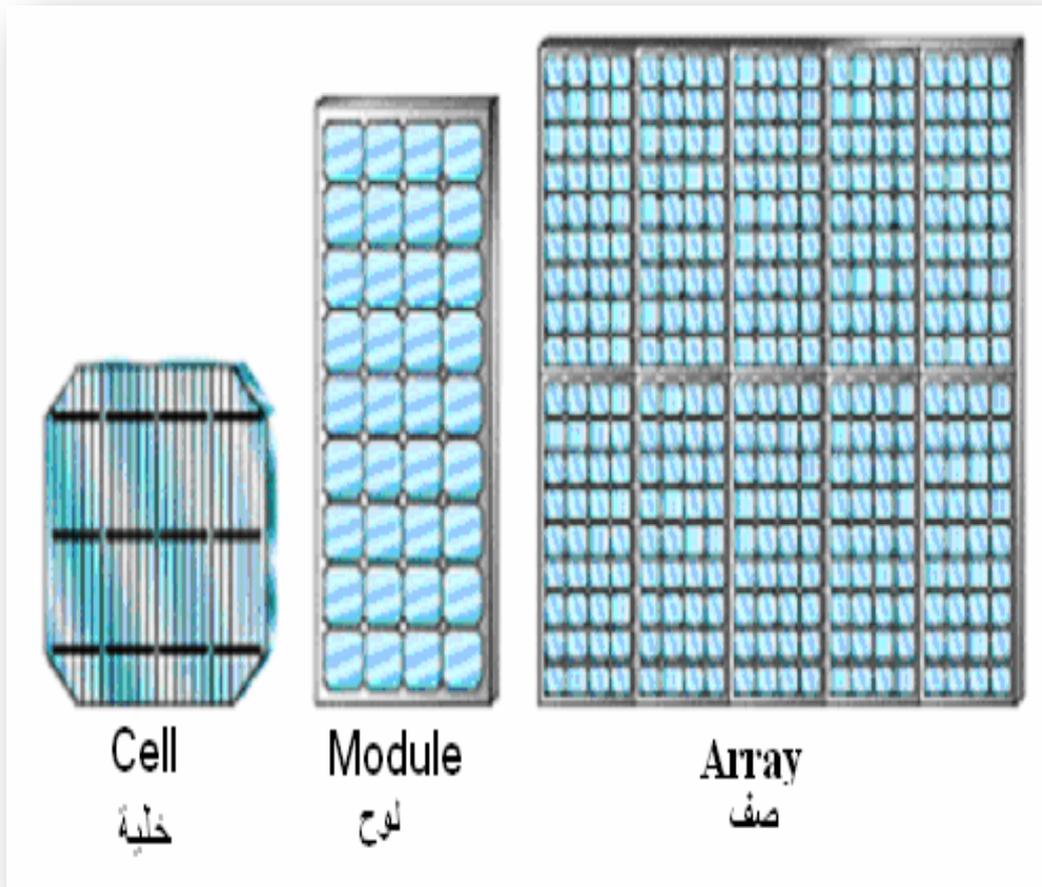
2-5-4 خلايا الكادميوم تليرايد (CdTe) :

هي مواد من أشباه النواقل مناسبة لاستخدام الخلايا الكهروضوئية تتألف من الكادميوم و التليرايد . ومن محاسن هذه الخلايا إمكانية تصنيعها باستخدام عملية بسيطة ورخيصة من الطلاء الكهربائي . وقد وصلت كفاءة هذه الخلايا إلى (10 %) بدون تناقص في الكفاءة عند الاستخدام . لكن من مساوئها أن الكادميوم مادة سامة جداً.

2- الخصائص الكهربائية للخلايا والألواح الكهروضوئية :

يتألف اللوح الكهروضوئي (Module) من عدد من الخلايا التي تكون موصولة على التسلسل والتفرع مع بعضها البعض ضمن لوحة واحدة، ويجب أن تكون محمية من الماء والرطوبة والحرارة والسقوط حيث توضع الخلايا الكهروضوئية في غلاف محكم مصنوع من الزجاج المسطح المفرد أو المضاعف، ويصل الإشعاع الشمسي إلى هذه الخلايا من خلال الزجاج ويمكن تجميع الألواح مع بعضها لتشكيل الصف (Array) الذي يكون بحجم معين.

تركب الصفوف الكهروضوئية لزيادة مساحة التعرض المباشر للشمس، وتوضع عادة في منطقة خالية من ظل الأبنية والأشجار باتجاه الشمس وبزاوية مناسبة الشكل (3-7) يبين خلية كهروضوئية ولوحًا كهروضوئيًا وصفًا كهروضوئيًا .

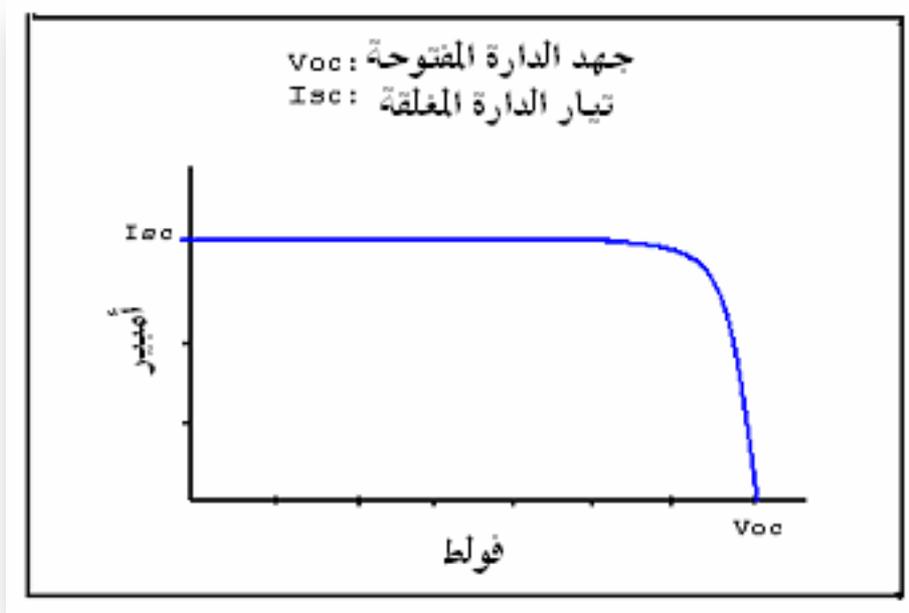


الشكل (2-10) خلية كهروضوئية ولوح كهروضوئي وصف كهروضوئي

تكون الطاقة الكهربائية المتولدة من الخلية الكهروضوئية بشكل تيار مستمر (DC) وتعتمد شدة هذا التيار على بارامترين: الأول هو الأشعة الشمسية الساقطة، والثاني هو التيار والفولط المطلوب للحمل. ويعتمد مردود اللوح الكهروضوئي على مردود هذه الخلايا.

وتعرف الخلية الشمسية ذات المساحة (100 cm^2) بأنها بطارية شمسية تقوم بإنتاج فولطية مقداره (0.5 v) والتيار يتناسب مع شدة الإشعاع الشمسي يصل مقداره ما بين ($2.5-3 \text{ A}$) في حالة شدة الإشعاع الشمسي القصوى.

تحدد الخلية الكهروضوئية بفرق جهد دارتها المفتوحة والتيار دارتها المغلقة والمنحنى (3-1) يوضح جهد الدارة المفتوحة بدلالة تيار الدارة المغلقة لخلية كهروضوئية مثالية

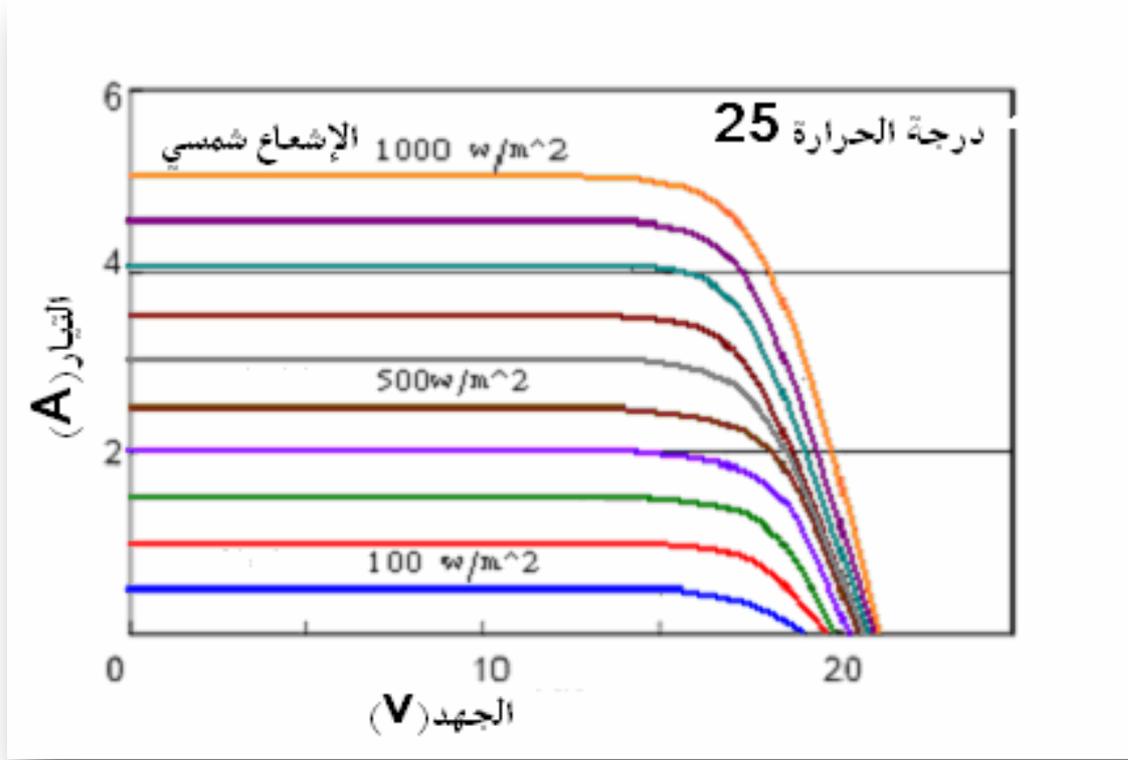


منحنى (1-2) لخلية كهروضوئية مثالية

فرق جهد الدارة المفتوحة هو الفولط الذي تعطيه الخلية الكهروضوئية عندما لا يمر في الدارة أي تيار، وهو الفولط الأعظمي الذي تعطيه الخلية الكهروضوئية من الإشعاع الشمسي.

أما تيار الدارة المغلقة فهو التيار المار في الخلية الكهروضوئية إلى دارة خارجية بدون حمل أو مقاومة، وهو التيار الأعظمي الذي تستطيع الخلية الكهروضوئية توليده من الإشعاع الشمسي (تيار القصير)، إن فرق الجهد المتولد من الخلية الكهروضوئية يبقى ثابتاً عند كل مستويات الإشعاع الشمسي الساقط لكن

التيار المتولد يتغير بشكل مباشر تبعًا لقيم الإشعاع الشمسي الساقط عند كل لحظة زمنية كما في المنحنى (1-2).



المنحنى (2-2) تغير قيم الجهد والتيار تبعًا للإشعاع الشمسي

7-2 ربط الألواح الكهروضوئية على التسلسل : Modules in Series

في الحالة المثالية عند ربط مجموعة من الألواح الكهروضوئية المتماثلة عددها (n)

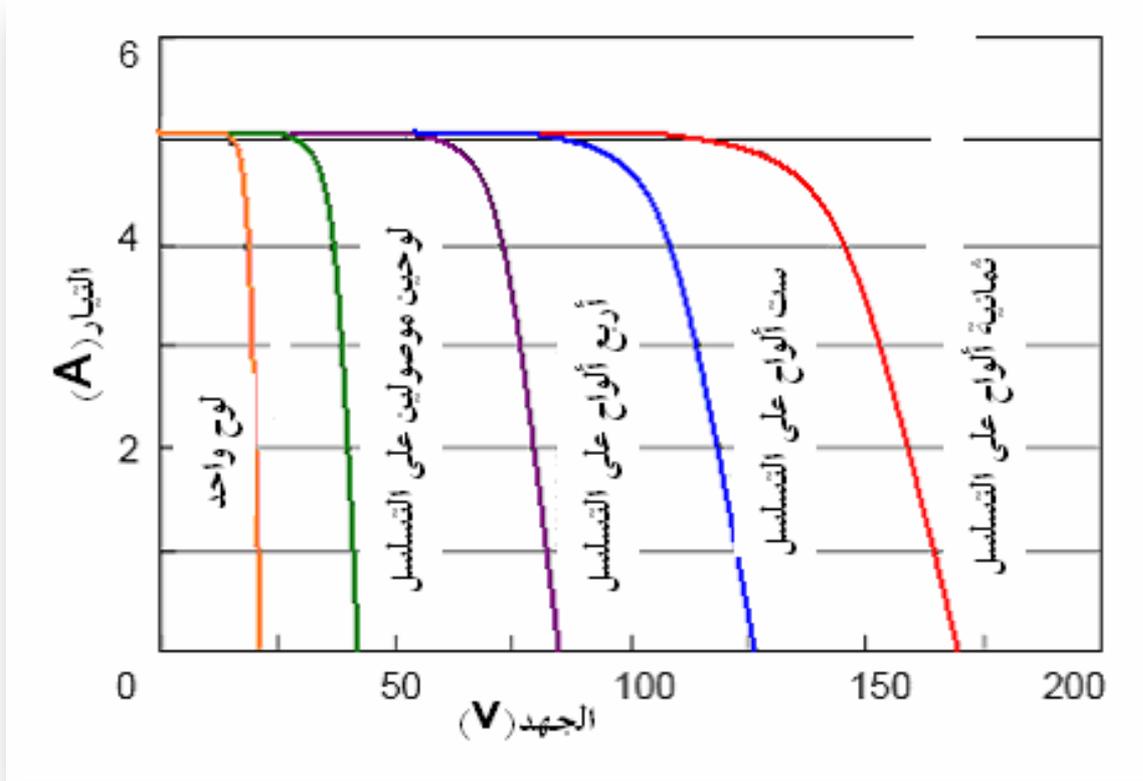
على التسلسل فإن فرق جهد الدارة المفتوحة يساوي عدد الألواح مضروبًا بفولط لوح واحد (5) :

$$(1-2) \quad V_{sg} = n \cdot V_{oc1} = n \cdot V_{oc2} = n \cdot V_{oc3} = \dots = n \cdot V_{ocn} \longrightarrow (I=0)$$

أما عندما يكون التيار ($I > 0$) أي عند وجود حمل كهربائي فإن :

$$(2-2) \quad V_{sg} = \sum_1^n V_n = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \longrightarrow (I > 0)$$

المنحنى (3-2) يوضح الخاصية المثالية ل (n) لوح شمسي متماثل مربوط على التسلسل



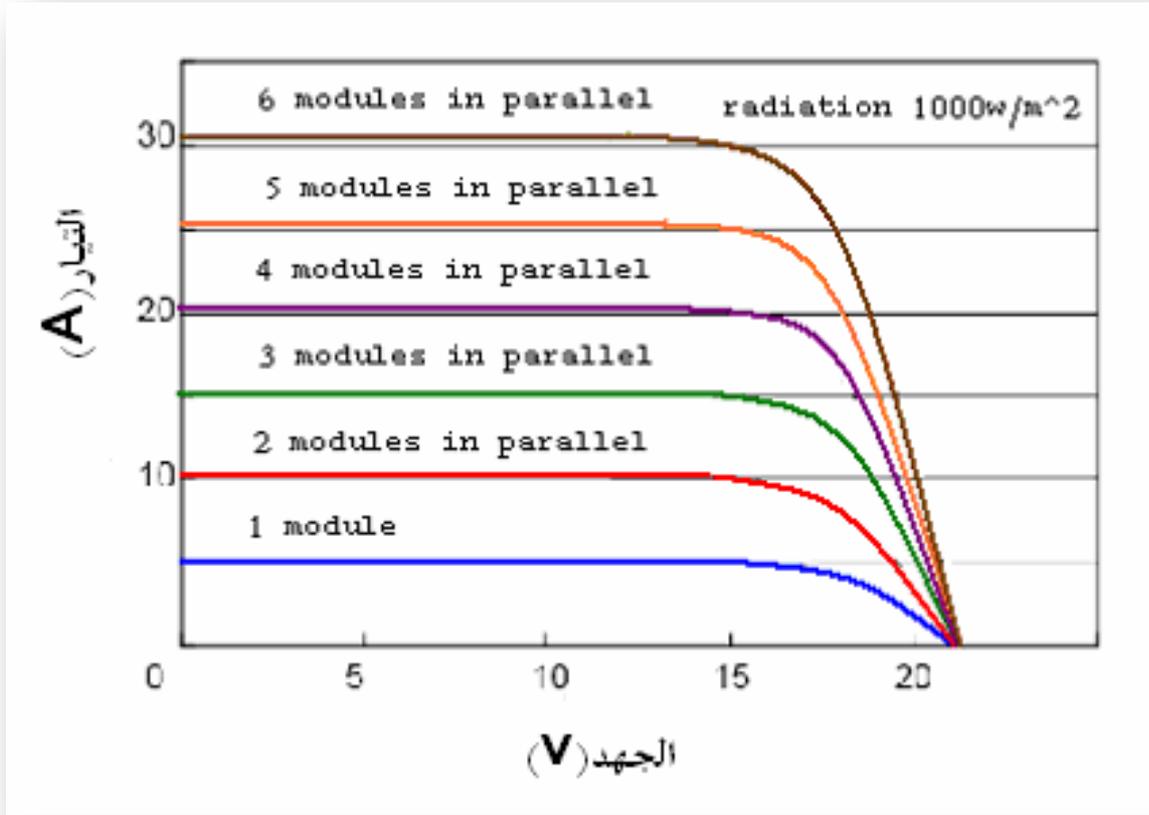
المنحنى (3-2) الخاصية المثالية للألواح الكهروضوئية المربوطة على التسلسل

8-2 ربط الألواح الشمسية على التفرع : Modules in Parallel

في حالة ربط عدد (n) من الألواح الشمسية المتماثلة على التفرع فإن الفولط الناتج يساوي فولط لوح واحد و التيار الناتج يساوي مجموع التيارات الخاصة لكل لوح (1----n) (5) :

$$(3-2) \quad I_{sg} = \sum_1^n I_n = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

$$(4-2) \quad V_{sg} = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$



المنحنى (2-4) الخاصة المثالية للألواح الكهروضوئية المربوطة على التفرع (5)

2-9 المولد الكهروضوئي : Solar Generator

بما أن مردود الخلايا الكهروضوئية منخفض نسبياً (لا يتجاوز 16%)، لذا يجب استخدام العديد من الألواح الكهروضوئية للحصول على قدرة كهربائية كبيرة، مجموعة هذه الألواح تسمى بالمولد الكهروضوئي.

يعتمد الفولط الناتج من المولد الكهروضوئي على مجموعة الألواح الشمسية الموصولة على التسلسل، وتكون طاقة المولد الكهروضوئي أكبر من طاقة اللوح الواحد عندما تكون الألواح موصولة على التفرع.

إن المجموعة المتكاملة للألواح الكهروضوئية المربوطة مع بعضها البعض تتم بتركيب الملحقات من (تنشيت الألواح الكهروضوئية وأجهزة مراقبة وصندوق تجميع وأسلاك ومكونات أخرى).

إن تيار الخرج وجهده للمولد الكهروضوئي هو (5) :

$$(5-2) \quad V_{out} = \sum_1^n V_n = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

$$(6-2) \quad I_{out} = \sum_1^m I_m = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_m$$

حيث : (n) عدد الألواح المربوطة على التسلسل. (m) عدد الألواح المربوطة على التفرع.

والقدرة الناتجة من المولد الشمسي في هذه الحالة تعطى بالمعادلة التالية : (5)

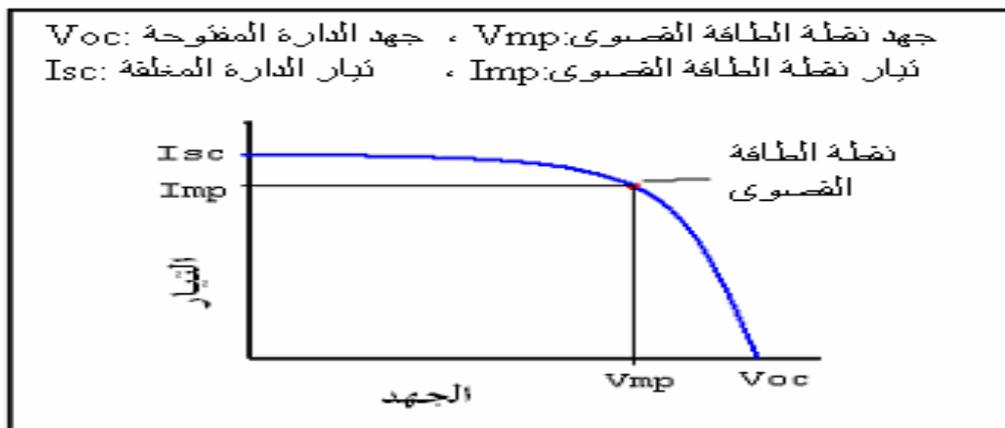
$$(7-2) \quad P_{out} = \sum_1^n V_n \sum_1^m I_m = (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n) \cdot (I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_m)$$



الشكل (15-2) مولد كهروضمسي مؤلف من 12 لوح شمسي (3)

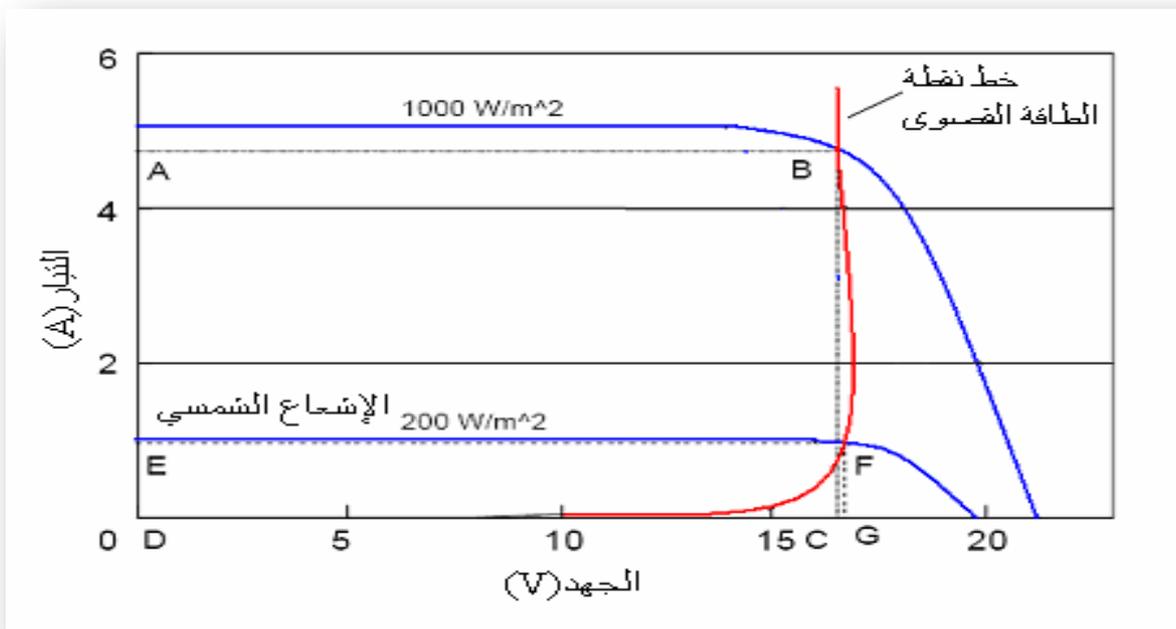
نقطة القدرة العظمى Maximum Power Point :

هي النقطة التي تكون عندها القدرة المتولدة من الخلية الكهروضمسية أكبر ما يمكن، أي أن نقطة القدرة العظمى (MPP) هي نقطة القمة بين خط التيار وخط الجهد على منحنى (1-3) التي تعطي أكبر مساحة على هذا المخطط , كما في المنحنى (5-3) .



منحنى (5-2) نقطة القدرة العظمى (MPP) (5)

إن التغير في شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة حرارة الخلية الكهروضوئية يؤدي إلى تغيير موقع نقطة القدرة العظمى (MPP) والمنحنى (6-3) يبين خط تغير نقطة القدرة العظمى ابتداءً من شدة إشعاع 100w/m حتى من شدة إشعاع 1000 w/m على منحنى (1-3).



منحنى (6-2) خط تغير نقطة القدرة العظمى (5)

وتحسب نقطة القدرة العظمى (MPP) للوح الشمسي من العلاقة التالية (5) :

$$P_{md-max} = V_{md} \cdot I_{md}$$

$$\left. \begin{array}{l} V_{cl} = n_{cl} \cdot V_{cl} \\ I_{cl} = m_{cl} \cdot I_{cl} \end{array} \right\} \Rightarrow P_{md-max} = m_{cl} \cdot n_{cl} \cdot V_{cl} \cdot I_{cl} \quad (3-8)$$

حيث أن : Pmd-max هي القدرة العظمى الخارجة من اللوح الكهروضوئي.

Vm : هو الفولط الخارج من اللوح الكهروضوئي عند نقطة (MPP).

Imd : هو التيار الخارج من اللوح الكهروضوئي عند نقطة (MPP).

Vcl : هو الفولط الخارج من خلية واحدة.

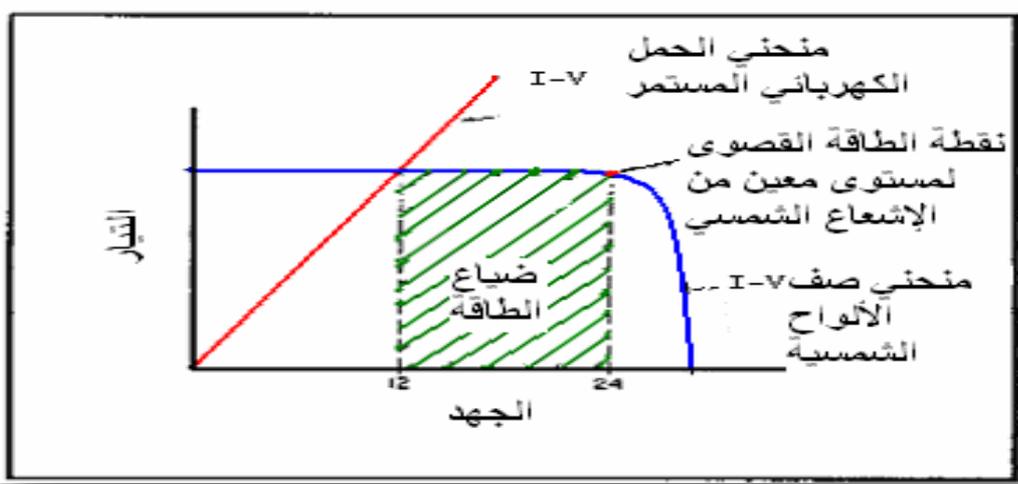
Icl : هو التيار الخارج من خلية واحدة.

Ncl : عدد الخلايا المربوطة على التسلسل في لوح واحد

Mcl : عدد الخلايا المربوطة على التفرع في لوح واحد.

يكون تيار الحمل الكهربائي المستمر (DC) وفولطه على منحنى (1-2) بشكل خط مستقيم مائل، فعند زيادة الطاقة الكهربائية الأولية يرتفع التيار بنسبة ثابتة بالنسبة للفولط. فإذا تم تصميم المولد الكهروضوئي لتوليد (24) فولط والحمل يتطلب (12) فولط فقط فإن الحمل مهما زاد تبقى الطاقة ثابتة التي تقابل 12 فولط وبالتالي: سينتج عنه ضياع في الطاقة.

المنحنى (7-2) يبين خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح .

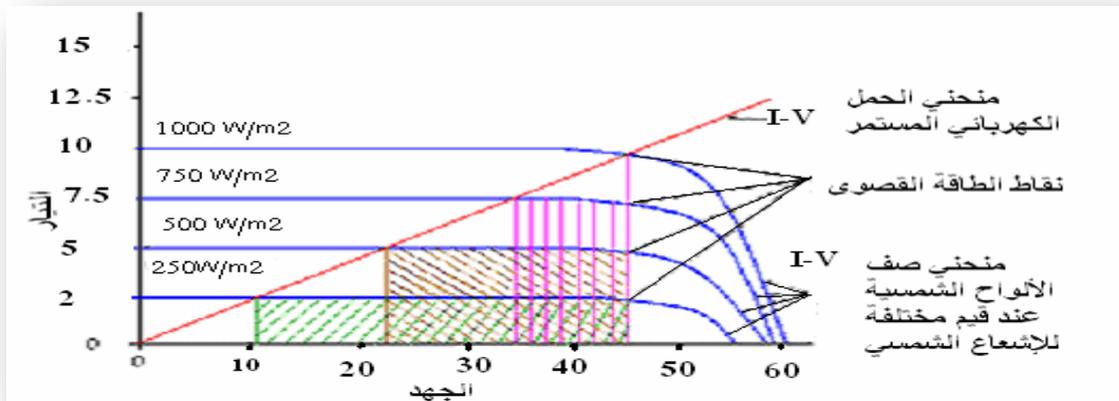


منحنى (7-2) خط الحمل الكهربائي وخط القدرة الذي لم يصمم بشكل صحيح⁽⁵⁾

بالإضافة إلى الاختلاف في شكل منحنى (1-2) بين الحمل الكهربائي وخط القدرة للخلايا الكهروضوئية، هناك اختلاف مستمر في مستوى تيار الطاقة الكهروضوئية الذي يتغير بدوره حسب التغير في مستوى الإشعاع الشمسي الساقط المتوفر على مدار اليوم، وبالتالي : يتغير موقع نقطة الطاقة العظمى بشكل مستمر على المنحنى (1-2).

أدت هذه التقلبات في موقع نقطة الطاقة العظمى وعدم تساوي هذه النقاط مع بعضها البعض إلى وجود عدة نقاط على طول الخط المستقيم المائل للحمل الكهربائي المستمر على المنحنى (1-2) كما في

منحنى(8-2)



منحنى (8-2) تغير موقع نقطة الطاقة العظمى تبعاً للإشعاع الشمسي

الفصل الثالث

نظام الضخ الكهروضوئي

مقدمة

إن نظام الضخ الكهروشمسي للمياه عامة يعمل حسب المعطيات المتوفرة أو العوامل التي تتحكم في نظام الضخ وهم ثلاث عوامل أساسية :

1-3 : العوامل المتحكمة في نظام الضخ : [5]

1-1-3 عامل بعد المياه (العمق): وهو بدوره ينقسم إلى قسمين :

* بعد أفقي : ويتمثل في المياه على سطح الأرض مثل (بحيرة , نهر جدول ...) .

* بعد عمودي : وهو ما يعرف بالمياه الجوفية أو المياه الأرضية التي تكون مدخرة في طبقات الأرض.

2-1-3 عامل السقي : وهو مد شبكة السقي حيث أن طول الشبكة ونوعيتها وطريقة السقي .

3-1-3 عامل تخزين المياه : يتمثل في وجود خزان أو حوض لتخزين المياه لان النظام يعتمد كليا على وجود الشمس , حيث يكون الخزان يكفي على الأقل ثلاثة أيام للسقي .

إن عامل بعد المياه بقسميه السطحي والعمودي أدى بدوره إلى اختلاف نوع الضخ الشمسي حيث اختلفت آلة الضخ وهي المضخة المستعملة حيث نتطرق بصفة عامة إلى أنواع المضخات

2-3 تعريف المضخة : هي آلة تقوم بامتصاص سائل منخفض الضغط لطرح سائل مرتفع الضغط . هذه الزيادة في الضغط هي تحويل طاقة ميكانيكية إلى طاقة هيدروليكية

1-2-3 أقسام المضخات : تنقسم المضخات إلى قسمين :

* مضخات حجمية (les pompes volumétriques) : وهي

أ- مضخات حجمية ذات حركات متناوبة (les pompes volumétriques à mouvement alternatives) وهي نوعان :

- مضخة ذات مكبس (la pompe à piston).

- مضخة ذات غشاء (la pompe à membrane).

ب- مضخات حجمية ذات حركات دوارة (les pompes volumétriques à mouvement rotatives) وهي ثلاث أنواع

- مضخة مسننة (la pompe à engrenage)

- مضخة لولبية (la pompe à vis)

- مضخة ذات ألواح (la pompe à palette)

* مضخات توربينية (la turbo pompe) وهي ثلاث أنواع :

- مضخات محورية ذات حركات محورية (la pompes axiales ou à hélice à écoulement axial)

- مضخات طاردة مركزية ذات حركات قطرية (les pompes helico-centrifuges à écoulement diagonal)

- مضخات طاردة مركزية ذات حركات شعاعية (les pompes centrifuges à écoulement radial)

3-3 أنواع أنظمة الضخ العاملة بالطاقة الشمسية [5]

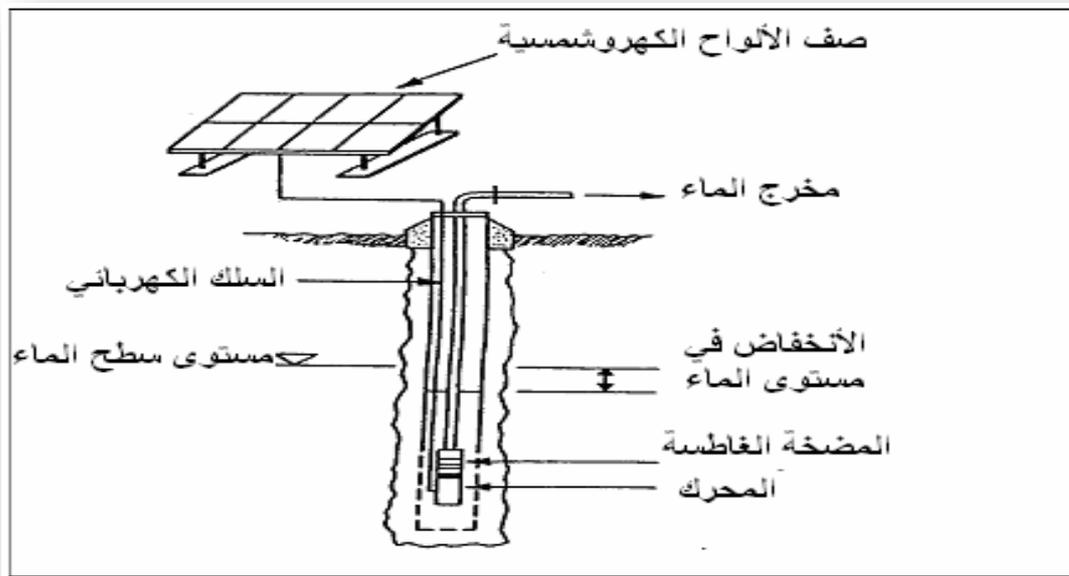
تصنف أنظمة الضخ الكهروضمسية بشكل أساسي إلى خمس أنواع رئيسية:

3-3-1 مضخة غاطسة طاردة مركزية متعددة المراحل: هذا النوع هو الأكثر شيوعاً من بين أنواع

المضخات الشمسية المستعملة لتزويد القرى بالماء. ويتميز هذا النوع بأنه سهل التركيب وتكون مجموعة (محرك-مضخة) مغمورة بالماء بعيداً عن الأخطار المحتملة. يمكن أن تتركب المضخة مع محرك تيار

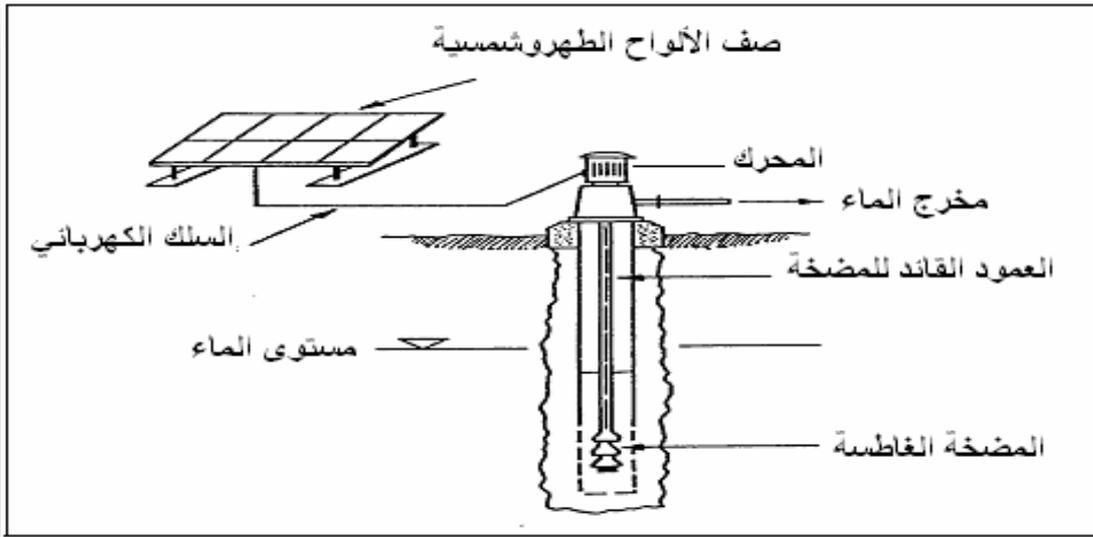
متناوب أو تيار مستمر مع وجود معرج عند استخدام نظام التيار المتناوب، وإذا تم استخدام محرك تيار مستمر مع مسفرات فمن الضروري أن تسحب الأجهزة من البئر كل سنتين تقريباً لاستبدال المسفرات.

يستخدم هذا النوع في أنظمة الضخ الكهروضمسية ذات الاستطاعات الأقل من 1500W .



شكل (3-1) نظام ضخ كهروضمسي يستخدم مضخة غاطسة طاردة مركزية متعددة المراحل (5)

3-3-2 مضخة غاطسة محورية مع محرك سطحي: تم استخدام هذا النظام على نحو واسع بالمضخات التوربينية في سواحل غرب أفريقية في فترة السبعينيات. يتميز هذا النوع من المحركات بسهولة تبديل المسفرات، وإجراء الصيانات الأخرى بسبب كون المحرك مركبا على سطح البئر. كفاءة هذا النظام منخفضة بسبب ضياعات الطاقة الموجودة في محامل عمود نقل الحركة بين المحرك و المضخة، ومن عيوبه أيضاً كلفة التركيب العالية . وبشكل عام .يمكن استبدال هذا النظام بنظام محرك ومضخة غاطسين .

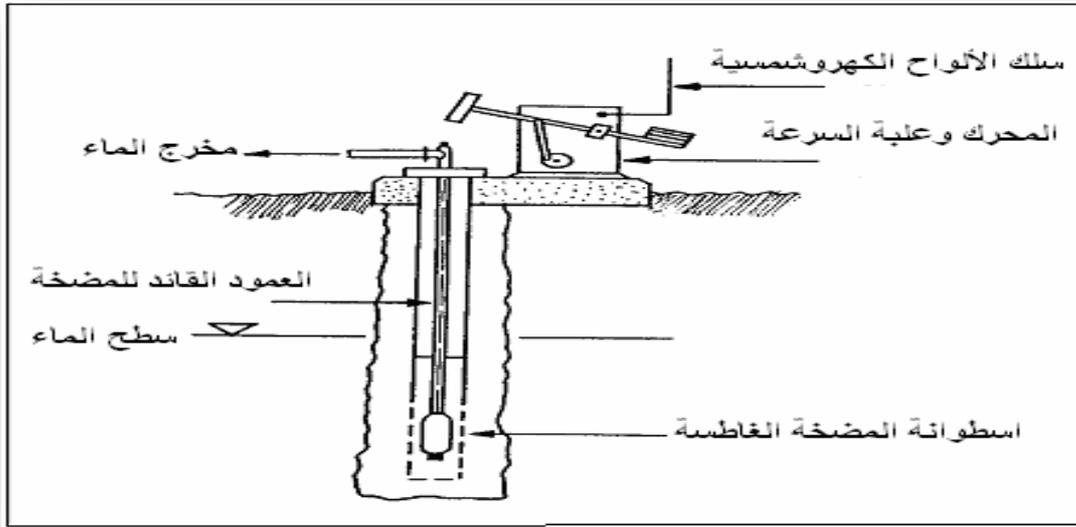


شكل (2-3) نظام ضخ كهروضمسي يستخدم مضخة غاطسة محورية مع محرك سطحي (5)

3-3-3 المضخات غاطسة ذات مكبس : يناسب هذا النوع من المضخات ارتفاعات الضخ العالية، والتدفقات المنخفضة، ويتناسب تدفق هذه المضخات مع سرعة دورانها.

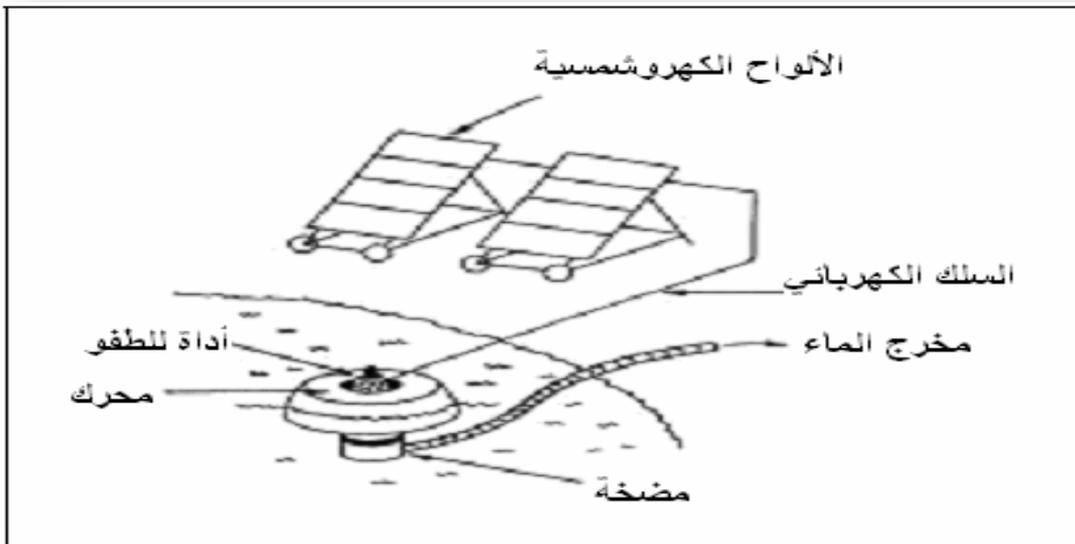
تكون قوى الاحتكاك في ارتفاعات الضخ العالية منخفضة بالمقارنة مع القوى الهيدروليكية، وهذا يجعل المضخات الترددية ذات الإزاحة الموجبة أكثر كفاءة من المضخات النابذة في هذه الحالة.

تخلق المضخات الغاطسة ذات مكبس حملا دوريا على المحرك الذي يحتاج من أجل كفاءة جيدة لأن يكون متوازناً، لذلك تكون مكونات المضخة الشمسية غالباً ثقيلة ومتينة و تكون أجهزة التحكم الكهربائية المستخدمة ذات ممانعة تيار متماثلة.



شكل (3-3) نظام ضخ كهروضمسي يستخدم مضخة غاطسة ذات مكبس (5)

3-3-4 مجموعة محرك ومضخة سطحية (عائمة) : إن تنوع مجموعات الضخ السطحية يجعلها مناسبة لعمليات الري ضمن الأفنية والآبار المفتوحة. تتميز هذه المضخات بسهولة الحمل و التنقل وعدم عمل المضخة بدون ماء تكون المضخات السطحية على الأغلب مضخات غاطسة بمرحلة واحدة وتعتمد بشكل واسع على محركات تيار مستمر بدون مسفات. تتركب الألواح الكهروضمسية في هذا النوع من أنظمة الضخ غالباً على عجلات خاصة لتسهيل نقلها مع مجموعة الضخ.

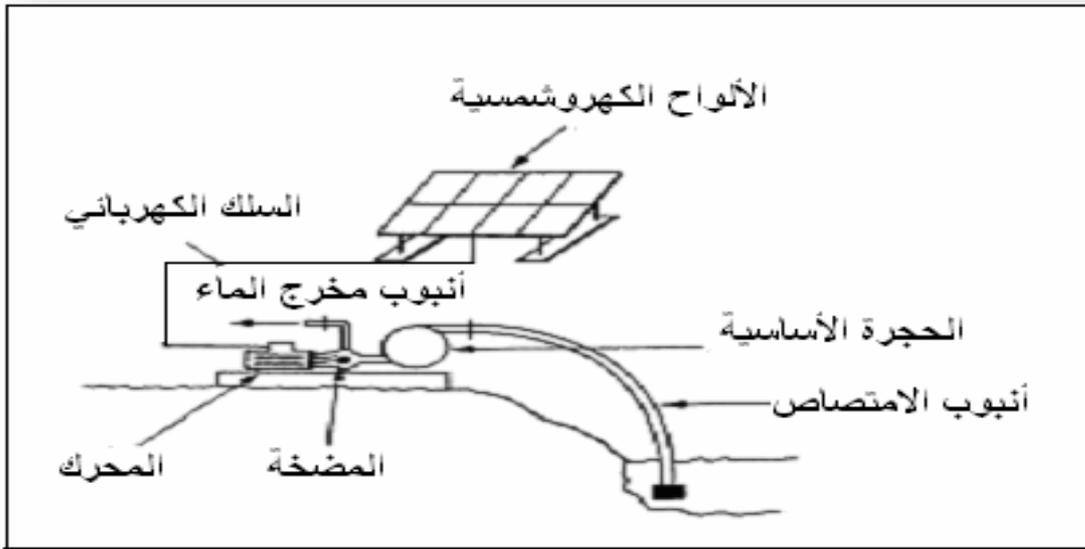


شكل (3-4) نظام ضخ كهروضمسي يستخدم مجموعة (محرك-مضخة) سطحية (5)

3-3-5 مضخة الامتصاص السطحية:

ينصح بعدم استخدام هذه المضخات إلا في الحالات التي يكون فيها مراقب فني موجودا بشكل مستمر قرب المضخة. على الرغم من أن كون حجرة المضخة مليئة بالماء وصمامات منع خروج الماء تعمل بشكل دائم إلا أن احتمالات فقدان الماء من الحجرة واردة.

هذه المضخات غير عملية عندما يكون ارتفاع أنبوب الامتصاص أكثر من (8) أمتار.



شكل (3-5) نظام ضخ كهروضمسي يستخدم مضخة امتصاص سطحية (5)

3-4 مكونات نظام الضخ الكهروضمسي : يتكون نظام الضخ الكهروضمسي من المكونات التالية:

1. الألواح الشمسية حيث تلعب دور مولد الطاقة في النظام و تعتبر مصدر الطاقة و التغذية.
2. المموج وهذا الأخير يلعب دور أساسيا حيث انه يحول التيار المتناوب الى تيار مستمر يغذي المضخة.
3. المضخة التي تتغذى على الطاقة الكهربائية و تحولها الى طاقة هيدروليكية.
4. الخزان و شبكة توصيل المياه والسقي.

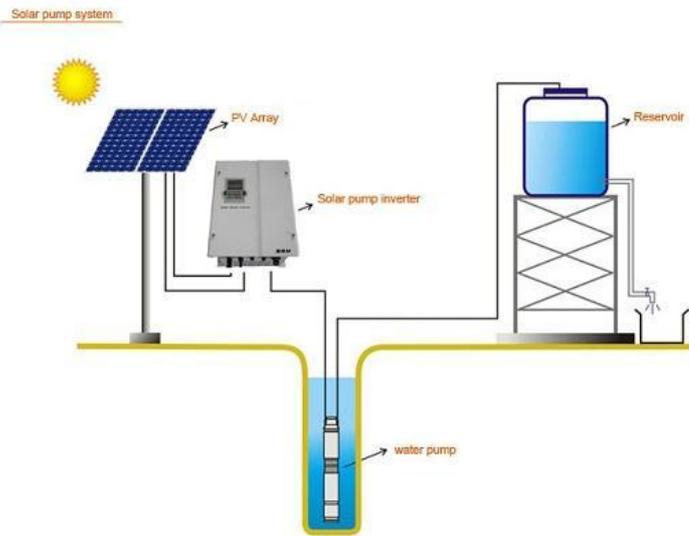
و على العموم فهناك نوعان من أنظمة الضخ الكهروضمسية بحسب التيار الكهربائي المستخدم:

نظام الضخ الكهروضمسي المتناوب (AC): هذا النوع من المضخات أكثر انتشارا من مضخات التيار المستمر. و يمكن أن نجد منها مضخات تعمل بالتيار المتردد أحادي الطور (فاز واحد) و مضخات أخرى تعمل بالتيار ثلاثي الطور (3 فاز).

من تابع هذه الدورة و فهمها سيعلم أنه من البديهي أننا نستحق موج مع هذا النوع من المضخات لتحويل الكهرباء المستمر إلى متردد. و عادة ما تحتوي موجات مضخات المياه بالطاقة الشمسية على منظم MPPT لاستغلال القدرة القصوى للألواح [5]

نظام الضخ الكهروضمسي المستمر (DC) : في هذا النوع يمكن أن توصل المضخة بشكل مباشر إلى الألواح الكهروضمسية أو عن طريق مدخنة نجد هذه المحركات خاصة مع المضخات ذات القدرة الصغيرة و المتوسطة. و باستعمال هذه النوع من المضخات فإننا لا نستحق موج ليحول التيار المستمر إلى تيار متردد. لكننا نستحق فقط منظم شحن MPPT أو ما يسمى في السوق متحكم مضخة المياه الشمسية (Solar pump controller) لتوفير التيار المستمر الكافي من الألواح الشمسية للمضخة. و عادة ما يكون منظم المضخات الشمسية مجهزا ببعض أدوات الحماية كمتابعة مستوى المياه سواء في البئر أو في الخزان.

والفرق بين النظامين هو وجود مغير التيار في النظام المتناوب وهذا عائد لنوع المضخة المستخدمة :

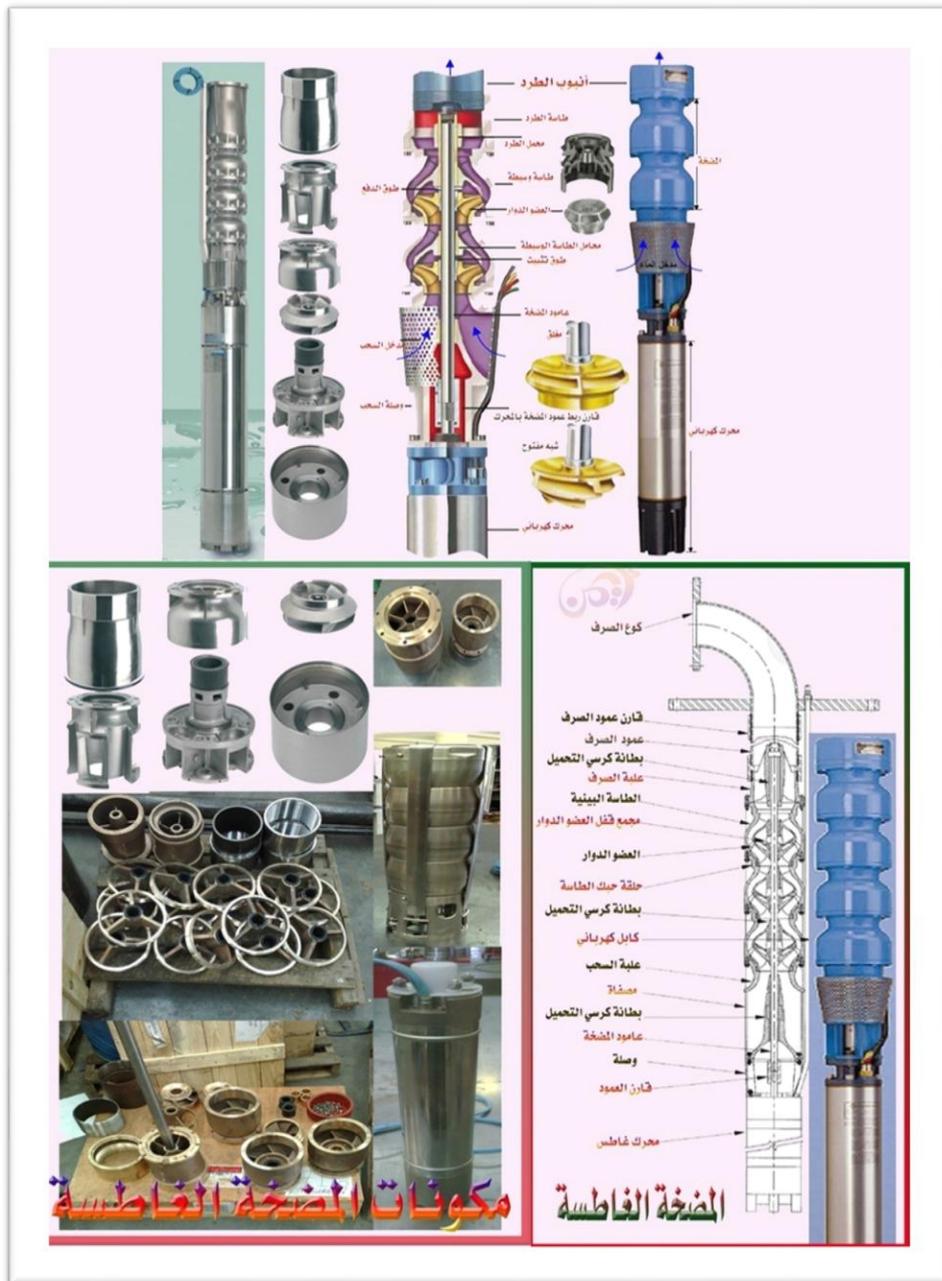


الشكل (3-6) نظام ضخ كهروضمسي بتيار متناوب (AC)



الشكل (3-7) نظام ضخ كهروضمسي بتيار مستمر (DC) (5)

3-5 خصائص المضخة : إن معيار اختيار نوع المضخة من مضخة غاطسة بكل أنواعها أو مضخة سطحية بكل أنواعها تتحكم فيه طبيعة المكان حيث في دراستنا هذه لمنطقة ورقلة نجد أن المياه جوفية متوفرة وغياب المياه السطحية يجعل الاختيار المناسب هي مضخة غاطسة والشكل التفصيلي للمكونات الداخلية للمضخة الغاطسة الطاردة المركزية [5] :



الشكل (3-8) المكونات الداخلية للمضخة الغاطسة الطاردة المركزية.

أما المعايير التقنية لتحديد المضخة فهي كالتالي [5] :

- التدفق (Débit) : وهي كمية المياه التي تضخ في وقت زمني معين وتقاس ب (م³/سا) أو

(ل/سا) أما في ضخ المياه باستعمال الطاقة الشمسية فتكون وحدة القياس (م³/ج)

- ارتفاع الضغط الكلي HMT: وهو الاختلاف في الضغط بالمتري بين مستوى الامتصاص ومستوى الطرح أو الضخ. أو طول القناة من المستوى الديناميكي إلى مستوى إلى مستوى الطرح أو الضخ ويعطى وفق العلاقة :

$$(1-3) \quad HMT = Hgt + \Delta H$$

Hgt : هو الارتفاع بين المستوى الديناميكي ومستوى الطرح أو الضخ ويعطى وفق العلاقة التالية :

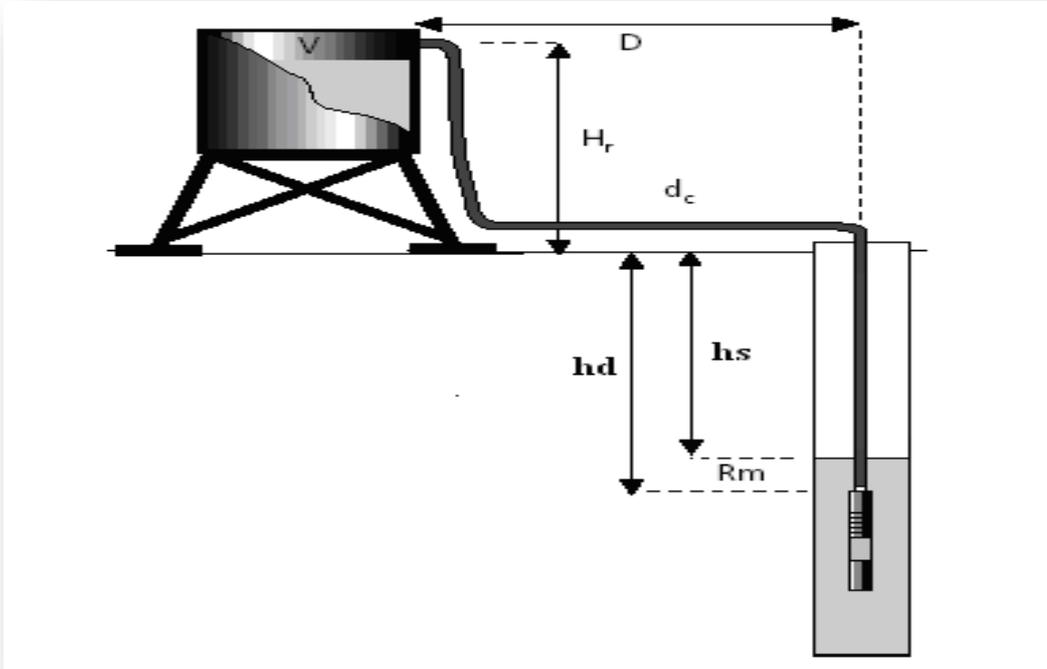
$$(2-3) \quad Hgt = Hr + Hd$$

Hs : وهو المسافة بين المستوى الساكن للماء في البئر و سطح الأرض .

Hd : وهو المسافة بين المستوى الديناميكي و سطح الأرض.

Hr : وهو المسافة من سطح الارض الى مستوى الطرح أو الخزان

Hd-Hs= Rm : الفرق بينهما يسمى مستوى التنزيل (رياتمو) وهو مساوي لتدفق المياه الجوفية نحو البئر



الشكل (3-9) معطيات حول اختيار المضخة (1)

ΔH : وهو الضياع الطاقوي الناتج عن احتكاك الماء بسطح القناة ويقدر ب 10% أو أكثر من مقدار ارتفاع الضغط الكلي HMT ويعطى بالعلاقة :

$$\Delta H = 10\% * HMT$$

ويكون هذا الضياع ناتج عن الارتفاع Hd بدلالة الطول L للقناة وقطر القناة D وفق العلاقة ل Darcy-Weisbach

$$(3-3) \quad h_d = \lambda \frac{L V^2}{D 2g}$$

λ : معامل احتكاك جدار القناة

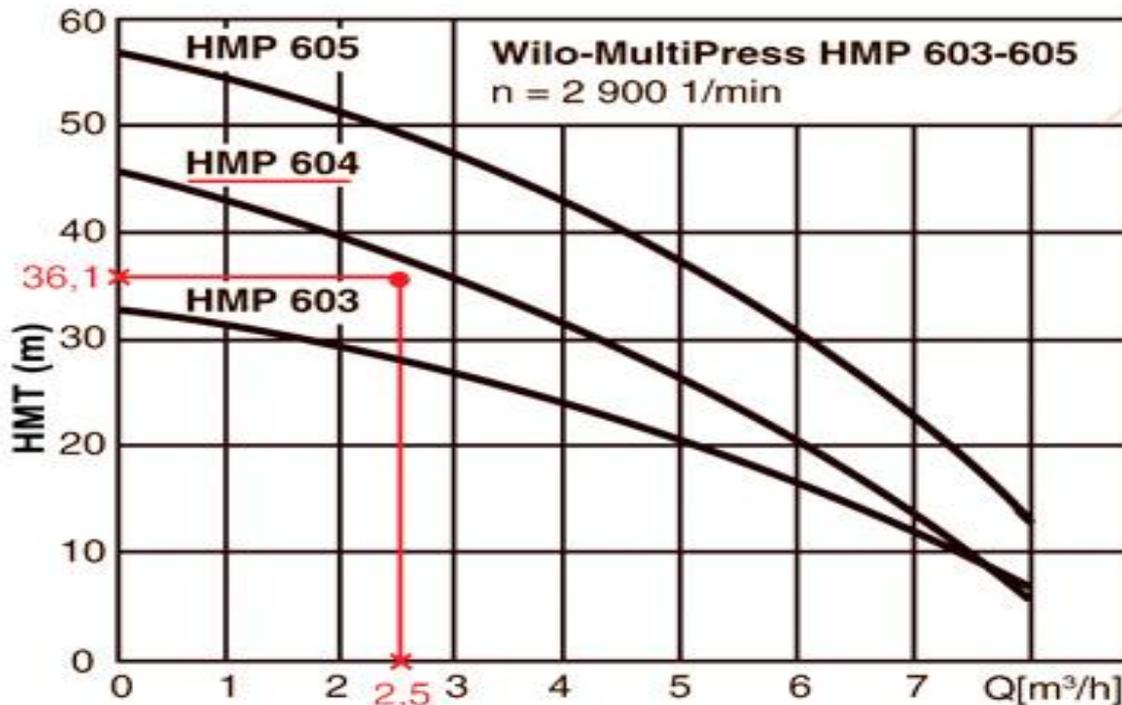
V: السرعة المتوسطة للسائل m/s

L: طول القناة m

D: قطر القناة m

g : تسارع الجاذبية الأرضية m/s^2

كذلك الضياع الطاقوي يكون في الإكسسوارات أو لواحق القناة من (كوع بكل زواياه , صمام الغلق...) وبالتالي يكون اختيار المضخة حسب المعلومات السابقة ملخصا بالمنحنى أسفله



الشكل (10-3) اختيار المضخة انطلاقا من ارتفاع الضغط الكلي HMT و التدفق (Débit) (1)

التدفق m ³ /h	قطر الأنابيب (DN)												
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	65	80	100	125	150	200	
0,2	15	3											
0,5	100	20	5	1									
0,7	200	40	10	2									
1	400	80	24	5	2								
1,5		170	50	10	5	1							
2		300	90	20	9	3							
3			210	45	22	6	2						
4			320	76	35	10	5	1					
5				130	60	18	7	2					
6				170	80	25	10	3					
7				250	120	35	13	3					
8				330	140	45	17	5	1				
9					190	57	21	6	2				
10					230	70	25	7	2				
12					330	100	35	10	3	1			
15						150	53	16	5	2			
20						260	88	28	8	3	1		
25						440	138	44	13	4	2		
30							188	63	19	6	2		
40							325	112	33	11	4		
50								175	52	17	7	1	
60								250	76	24	10	2	
70								340	102	33	13	3	
80									134	43	17	4	
100									210	68	26	6	
150										153	58	12	
200											272	104	22

pertes de charge exprimées en mm

الشكل (3-11) يبين خصائص ضياع الحمل بدلالة قطر القناة

3-6 خصائص القناة : إن قطر القناة المستعملة يكون وفق جدول أو مخطط يشرح فيه عملية اختيار القناة المناسبة حيث تكون نسبة الضياع الطاقوي اقل على العكس تزيد نسبة الضخ والتدفق لذلك وجدت علاقة تقريبية (approximation) لاختيار قطر القناة

$$(4-3) \quad D = K \sqrt{Q}$$

D : قطر القناة m

K : معامل متغير بين 0.75 و 1.40

Q : التدفق الأعلى أو الذروة m³/s

وحسب معادلة الاستمرارية كالتالي :

نستخرج من هذه المعادلة السرعة المتوسطة⁽¹⁾

$$(5-3) \quad Q = \frac{\pi D^2}{4} V$$

$$(6-3) \quad V_m = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_m^2}$$

إن قطر القناة التجاري الأكثر تقريب وملائمة مع الأجهزة المستعملة لأفضل نتيجة يعطى بالعلاقة : .

$$(7-3) \quad D_m = \sqrt{Q}$$

1-6-3 حساب الضياع الطاقوي داخل القناة⁽¹⁾ :

أ - الضياع الطاقوي الخطي

$$(8-3) \quad \Delta H_L = \frac{\lambda \cdot V^2 \cdot L}{2 \cdot g \cdot D} = \frac{\lambda \cdot L}{2 \cdot g \cdot D \cdot A^2 \cdot (3600)^2} \cdot Q^2$$

- Q: تدفق السريان (m³ /h).
- L : طول القناة (m).
- A : مساحة القناة (m²).
- V : السرعة المتوسطة لسريان السائل (m/s).
- D : قطر القناة (m).
- g : تسارع الجاذبية الارضية 9.81 m/s².

7-3 اختيار الخزان : من الأحسن أن يكون الخزان يكفي لثلاثة أيام أي بسعة 2000 م³ .

الفصل الرابع

التعديل التجريبي لمعامل

الاستطاعة لنظام الضخ

الكمروشمسي

مقدمة:

للدراصة مشروع انشاء نظام ضخ كهروشمسي او محطة ضخ كهروشمسية و الحسابات الخاصة باختيار المضخات و تحديد مواصفات المولدات الشمسية تتطلق من دراسة الطبيعة الجيوفيزيائية والموقع الجغرافي للمنطقة تم تحديد الاحتياجات الخاصة بالسقي و الطريقة المتبعة ، بعدها تحسب الاستطاعة المطلوبة للضخ وتختار المضخة المناسبة و الاستطاعة الكهربائية اللازمة لتغديتها .

1..درسة الطبيعة الجيوفيزيائية لمنطقة الدراسة [5]

منطقة ورقلة جيولوجيا لها عدة خصائص من حيث تنوع الطبقات الأرضية ونوعية كل طبقة

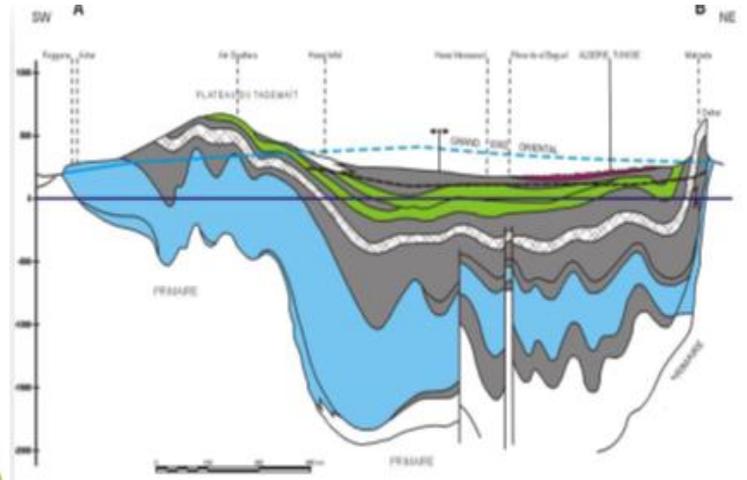
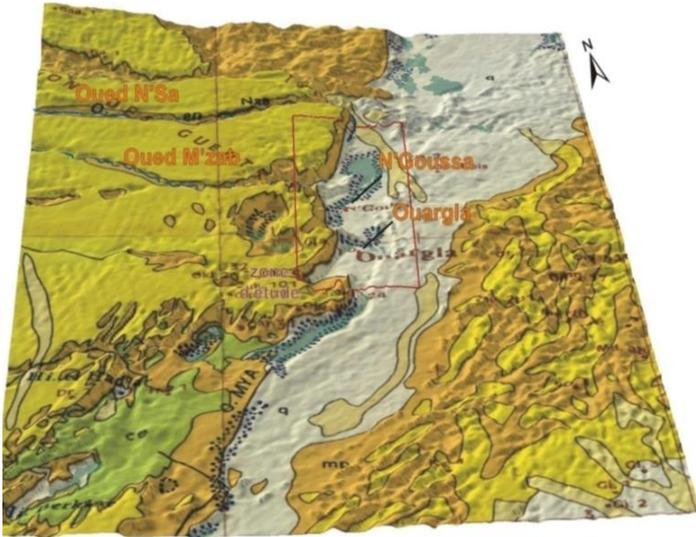
-طبقة سطحية : بعمق يصل الى 30 متر

*طبقة ميوبليوسان : بعمق يصل إلى 180متر

*طبقة سينونيان : بعمق يصل إلى 250 متر

*طبقة سينونيان ايبوسان : بعمق يصل إلى 360 متر

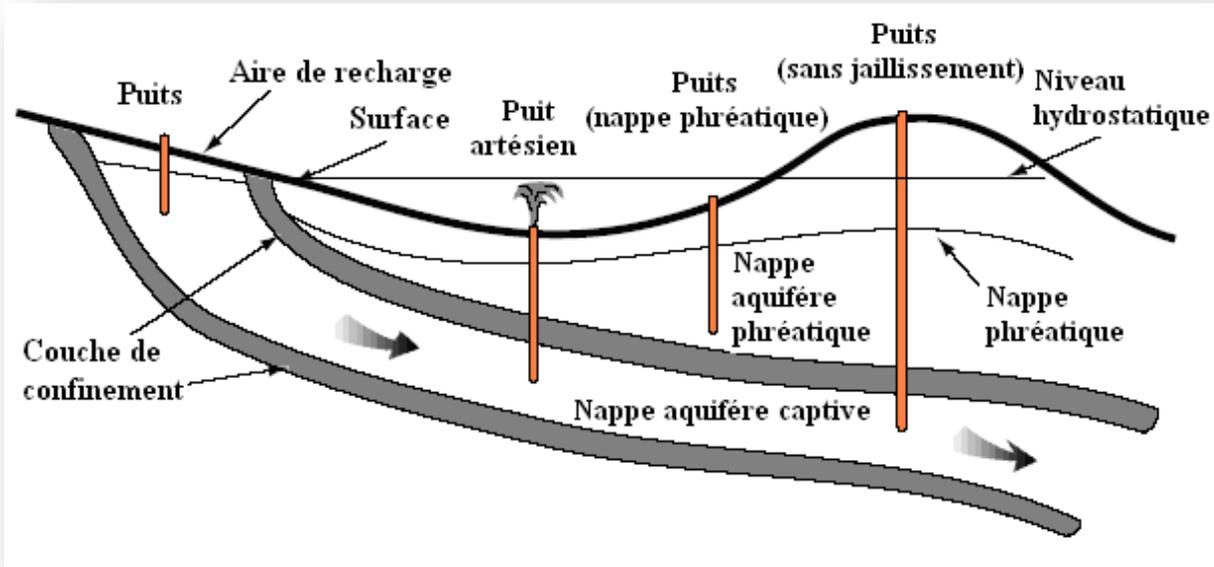
*طبقة البيان : بعمق يصل إلى 1100متر



الشكل (1-4) صورة و المخطط الجيولوجي لمنطقة ورقلة

ومنها نجد الاعماق من 30 الى 1100 متر في لمختلف الطبقات في المنطقة .

ونجد المخطط الهيدروليكي للمنطقة :



الشكل (2-4) المخطط الهيدروليكي للمنطقة

1-4 تحديد طريقة السقي و كمية الماء:

جدول (1-4) طرق السقي الفلاحي ومردودها

المردود (%)	تقنية السقي المستعملة
90	سقي مجهري (بالتقطير)
80	سقي بالتشهير
50	سقي بالتسلل

الاستهلاك لليوم والشهر للنخلة

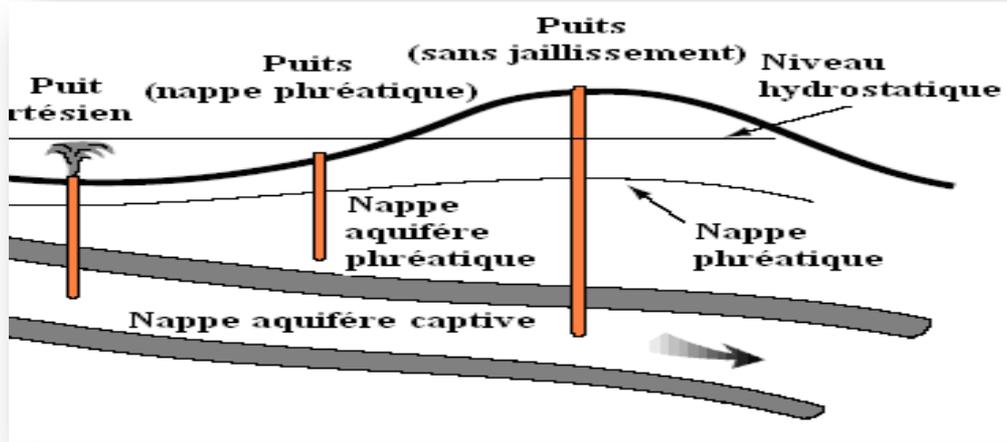
الشهر	V شهر (m ³ /h)	V يوم (m ³ /h)
مارس	763	24.61
جويلية	1976.6	59.76

القيمة الاستهلاك الدنيا

القيمة الاستهلاك القصوى

2-4 تحديد خصائص الضخ

عمق الابار و ارتفاع الخزانات وطول القنوات [5] وحساب الضياع الطاقوي في الإكسوارات أو الملحقات .



الشكل (3-4) اعماق الابار السطحيه و الجوفية

3-4 اختيار نوع المضخة وقوتها الهيدروليكية:

1-3-4 مضخات المياه التي تعمل بالتيار المستمر DC :

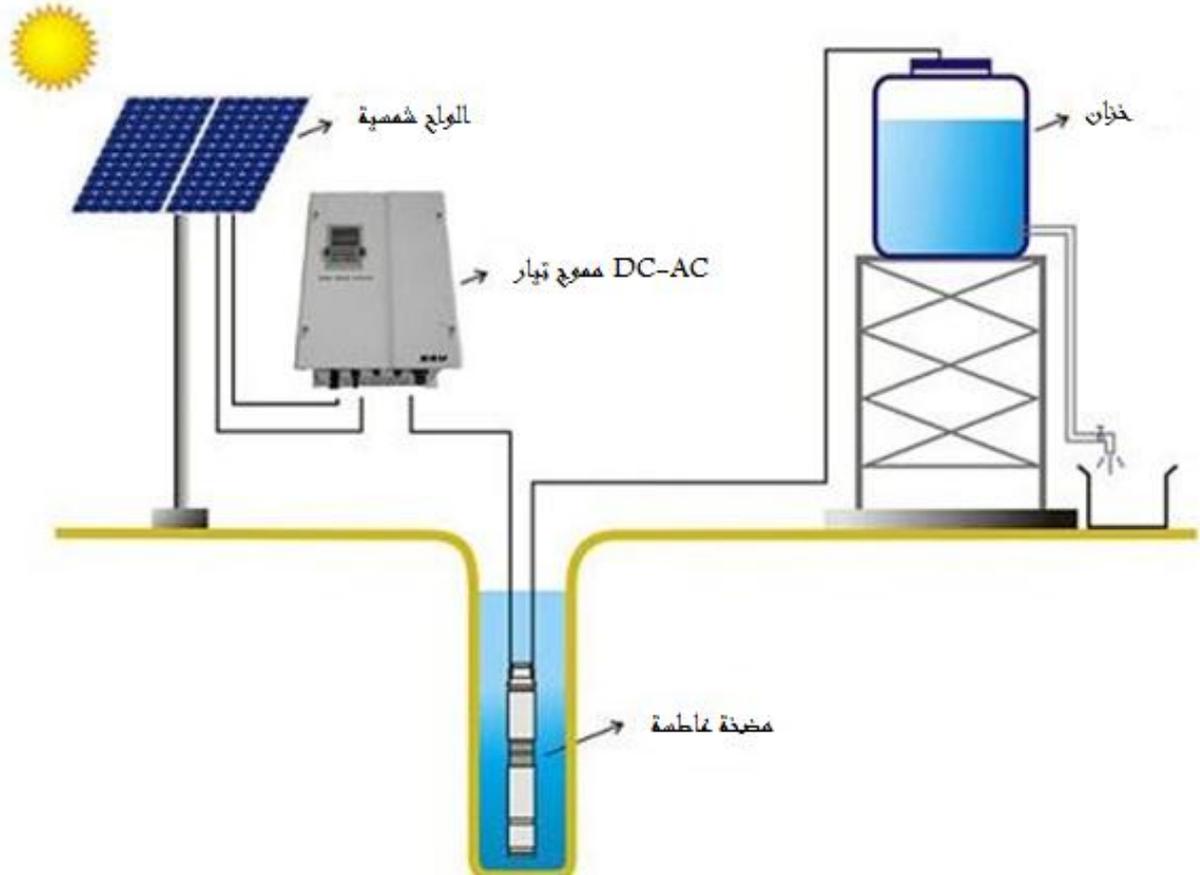
نجد هذه المضخات ذات القدرة الصغيرة و المتوسطة. و لا تستعمل المموج onduler ليحول التيار المستمر إلى تيار متردد. لكن يستعمل معها منظم الجهد او الشحن régulateurs ويكون استعمال البطاريات أمر غير ضروري نظرا لاستعمال خزانات المياه وهنا و خزانات المياه دائما أفضل من البطاريات من ناحية عمرها الافتراضي و تكلفة صيانتها.



الشكل (4-4) مخطط دائرة مضخة DC

4-3-2 مضخات تعمل بالتيار المتردد AC:

وهي المضخات الأكثر انتشاراً، نجد منها مضخات تعمل بالتيار المتردد أحادي الطور (monophasée) و مضخات أخرى تعمل بالتيار ثلاثي الأطوار (triphásées) ونجد تركيب المموج ضروري مع هذا النوع من المضخات لتحويل الكهرباء المستمر إلى متردد.



الشكل (4-5) مخطط دائرة مضخة AC

3-3-4 المضخات السطحية:

توضع على سطح الأرض اي لا تنزل في البئر. و لا تستعمل مع الآبار العميقة لكنها تستعمل في الآبار التي لا يتجاوز عمقها عشرة أمتار و منسوب المياه لا يقل فيها عن ثلاثة أمتار.



الشكل (4-6) مضخة سطحية

4-3-4 المضخات الغاطسة:

هي مضخات اسطوانية ذات طرفها الضعيف بحيث يمكن إنزالها داخل البئر و تعمل غاطسة في الماء



الشكل (4-7) مضخات غاطسة

4-4 حساب قدرة مضخات المياه:

لحساب قدرة المضخة المناسبة سنقوم بثلاثة مراحل هي كآآتي:

1. حساب كمية تدفق المياه المطلوبة و لمناسبة
2. حساب الارتفاع المانومتري الجملي (HMT) أو ارتفاع الضغط الديناميكي (TDH)
3. اختيار المضخة المناسبة

كمية تدفق المياه = كمية المياه اللازمة / عدد ساعات ظهور الشمس
أي

$$\text{تدفق المياه } Qh / QT = Nhs \text{ لتر في الساعة} \quad (1-4)$$

في ضخ المياه باستعمال الطاقة الشمسية فتكون وحدة القياس (m³/j)

حساب الارتفاع المانومتري الكلي HMT

HMT : وهو الاختلاف في الضغط بالمتري بين مستوى الامتصاص ومستوى الطرح أو الضخ.
أو طول القناة من المستوى الديناميكي إلى مستوى إلى مستوى الطرح أو الضخ ويعطى وفق العلاقة :

$$HMT = Hgt + \Delta H \quad (2-4)$$

Hgt : هو الارتفاع بين المستوى الديناميكي ومستوى الطرح أو الضخ ويعطى وفق العلاقة التالية :

$$Hgt = Hr + Hd \quad (3-4)$$

Hs : وهو المسافة بين المستوى الساكن للماء في البئر و سطح الأرض .

Hd : وهو المسافة بين المستوى الديناميكي و سطح الأرض.

Hr : وهو المسافة من سطح الارض الى مستوى الطرح أو الخزان

$$Hd - Hs = Rm \quad (4-4)$$

الفرق بينهما يسمى مستوى التنزيل (رياتمو) وهو مساوي لتدفق المياه الجوفية نحو البئر

ΔH : وهو الضياع الطاقوي الناتج عن احتكاك الماء بسطح القناة ويقدر ب 10% أو أكثر من

مقدار ارتفاع الضغط الكلي HMT ويعطى بالعلاقة [5] :

$$(5-4) \quad \Delta H = 10\% * HMT \quad \checkmark$$

ويكون هذا الضياع ناتج عن الارتفاع Hd بدلالة الطول L للقناة وقطر القناة D وفق لعلاقة

Darcy-Weisbach

$$(6-4) \quad h_d = \lambda \frac{L V^2}{D 2g}$$

λ : معامل احتكاك جدار القناة

V: السرعة المتوسطة للسائل m/s

L: طول القناة m

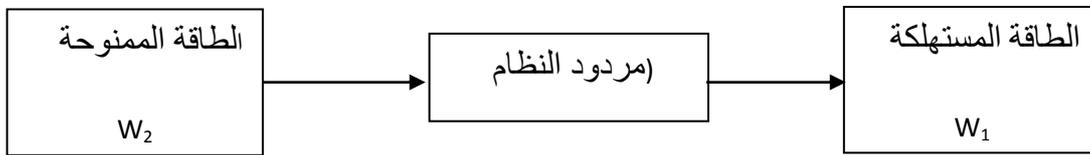
D: قطر القناة m

g: تسارع الجاذبية الأرضية m/s²

كذلك الضياع الطاقوي يكون في الإكسسوارات أو لواحق القناة من (كوع بكل زواياه , صمام الغلق...)

5-4 حساب الطاقة و الاستطاعة المطلوبة

تقدير الطاقة اللازمة لهذا النظام .



مخطط الطاقة

نقوم بحساب الثابت الهيدروليكي

$$(7-4) \quad C_H = \frac{\rho_{eau} \times g}{3600} \left[\frac{kg \cdot s \cdot h}{m^2} \right]$$

6-4 الحساب العددي لخصائص النظام الكهروشمسي لمنطقة معينة :

• حساب قطر القناة :

$$D = \sqrt{Q} \quad (8-4)$$

يمكن اختيار قطر القناة المتوفرة تجاريا 0.05 م هي 0.06 م أي 120 مم

• حساب الضياع الطاقوي

الضياع الطاقوي الخطي : نحسب عدد رينولد

$$V_m = \frac{4Q}{\pi D_m^2} \quad (9-4)$$

$$Re = \frac{V_m \cdot D_m}{\nu} \quad (10-4)$$

حساب نجد λ و K و طول القناة كاملا حتى الخزان L

نحسب ΔH_L

حساب الضياع الطاقوي الثانوي : نحدد عدد الاكواع و الصمامات و الملحقات

$$\Delta H_s = \sum \frac{K_i \cdot V^2}{2 \cdot g} \quad (11-4)$$

- الضياع الطاقوي الكلي

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_s \quad (12-4)$$

- حساب :

$$Hgt = H_r + H_d \quad (13-4)$$

و نحسب ارتفاع الضغط الكلي HMT

$$HMT = Hgt + \Delta H_T \quad (14-4)$$

نحدد مستوى للإشعاع الشمسي الأدنى في المنطقة والمقدر I_r [W/m²]

حساب الطاقة الهيدروليكية اللازم توفيرها للمضخة:

$$E_h = C_H \cdot Q_j \cdot HMT \quad (15-4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} C_H : \text{ ثابت هيدروليكي (2.725 kg.s.h/m}^2\text{)} \\ Q_j : \text{ التدفق اليومي الازم (m}^3\text{/j).} \\ Hmt : \text{ ارتفاع الضغط الكلي (m).} \end{array} \right.$$

$$W_2 = \frac{W_1}{\eta_1} \quad (16-4)$$

η_1 : مردود المضخة التوربينية حسب نوع المضخة

W_2 : استطاعة المضخة

- اختيار المضخة : يتم اختيار المضخة على حسب الخصائص والاستطاعة اللازمة.
- اختيار المموج (العاكس) : إن استطاعة المموج W_3 يجب أن تكون أكبر من استطاعة المولد الكهروشمسي و أكبر من استطاعة المضخة .

$$W_3 = \frac{W_2}{\eta_2} \quad (16-4)$$

η_2 مردود العاكس

حساب المولد الكهروشمسي : من أجل معرفة عدد الألواح الشمسية و معايير منظم الجهد :

حساب استطاعة الذروة PC للنظام الكهروشمسي M

$$P_c = \frac{W_3}{K_p \cdot I_r} \quad (17-4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_c : \text{ استطاعة الذروة (Wc)} \\ I_r : \text{ الإشعاع الشمسي الأقل لليوم (kWh/m}^2\text{.j)}, \\ K_p : \text{ معامل الإنتاج التقائي حالة استعمال مدخرة حالة التخزين: (0,5 à 0,65),} \\ \text{وفي حالة عدم التخزين (0,67 à 0,8);} \end{array} \right.$$

حساب العدد اللازم للألواح الشمسية أو النظام:

$$N_T = \frac{P_c}{P_u} \quad (18-4)$$

الاستطاعة اللوح الواحد (Pu)

لدينا الواح شمسية متوفرة بصنع جزائري لها الخصائص التالية :



TYPE	20700-4
Peak Power (Pmax)	250W
Peak circuit voltage(Voc)	21.0V
Max. Power voltage(Vmp)	17.7V
Short circuit current(Isc)	5.90A
Max. Power current (Imp)	4.66A
Power tolerance range	±3%
Maximum System Voltage	DC1000V
Temperature Range	-40°C~+60°C
Weight	8kg
Dimensions	1195x541x30mm
All technical data standard test condition:	AM-1.5 E-1000W/m ² Tc=25°C
Module Application:	Class A

الشكل (4-8) خصائص اللوح الشمسي

- استطاعة مثالية مقدرة ب 250 W

- فرق الكمون المثالي 21 V

- فرق الكمون في حالة دارة مفتوحة 24.5 V

- تيار 12 A

- أبعادها 1.6 m × 1.6 m = 1.6 m² للوحة الواحدة

بعد حساب NT نحسب مساحة النظام الكهروشمسي وهي : مساحة اللوح الواحد * NT

7-4 تحديد مواصفات المموج :onduleur



الشكل (9-4) مموج التيار المستمر

بناء على المواصفات التقنية المتوفرة تختار قيمة الجهد المستمر الداخلة من الألواح و التيار المطلوب للعمل على 220 فولط او 380 فولط .

مثال لنموذج تجاري للمموج :

Entrée (DC)	
Puissance DC max.	4200 W
Tension DC max.	550 V
Plage de tension photovoltaïque, MPPT	125 V - 440 V
Plage recommandée à puissance nominale	175 V - 440 V
Courant d'entrée max.	2 x 15 A
Nombre de MPP trackers	2
Nombre max. d'entrées (en parallèle)	2 x 2
Sortie (AC)	

الشكل (10-4) خصائص المموج المستعمل

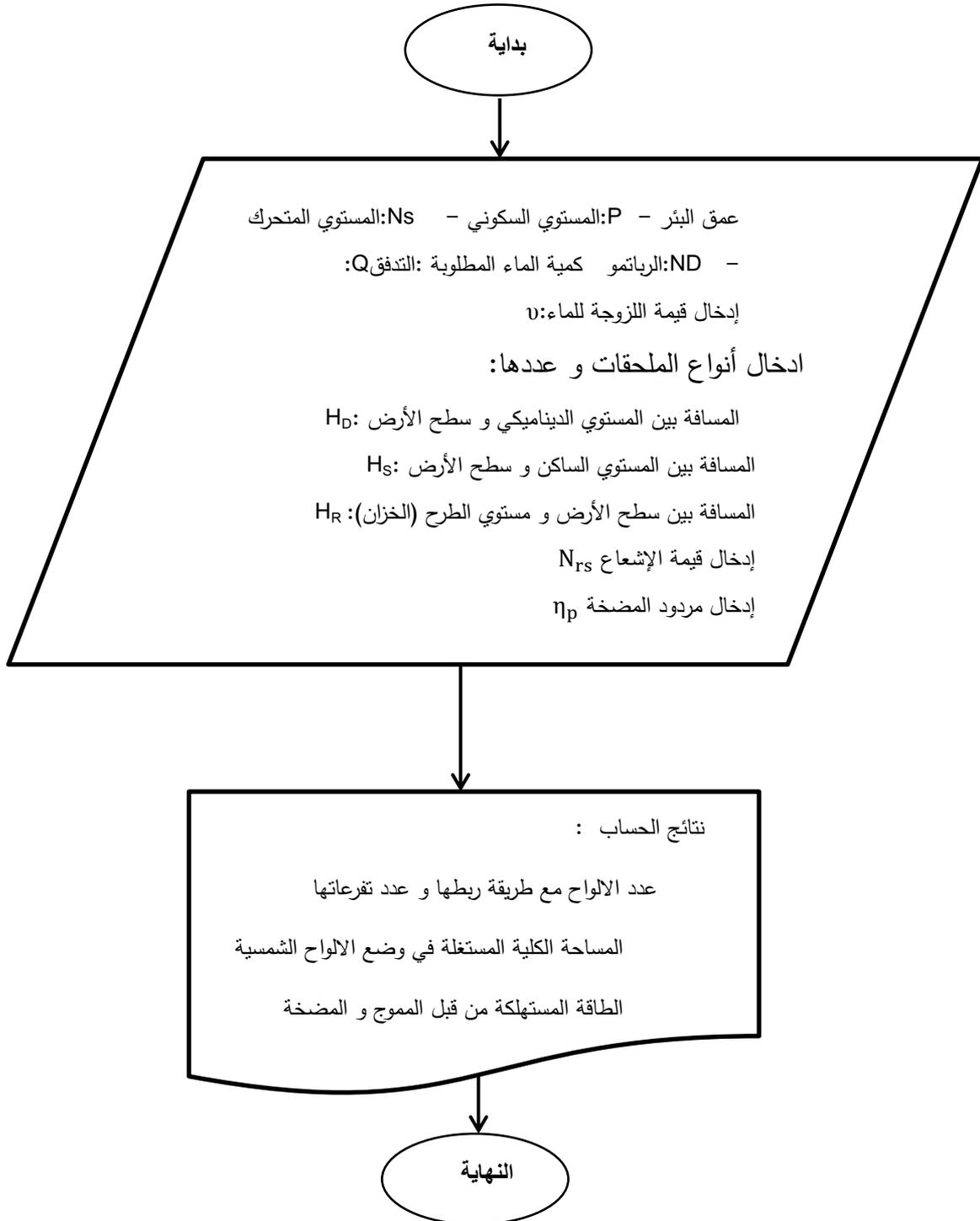
8-4 تحديد عدد الألواح على التسلسل و عدد الفروع منها على التفرع :

يكون وفق العلاقات التالية :

$$(19-4) \quad \text{nombre maximal de modules en série} = E \left(\frac{U_{max}}{U_{co} \times 1.15} \right)$$

$$(20-4) \quad \text{Nombre de chaînes en parallèle} = E \left(\frac{I_{max}}{I_{cc} \times 1.25} \right)$$

9-4 الحسابات المنجزة لمشروعين في منطقتين مختلفتين بولاية ورقلة :



الشكل (4-11) المخطط الانسيابي لحساب نظام الضخ الكهروشمسي

الجدول (4-2) النتائج المحصل عليها من البرنامج المعلوماتي [5]:

	معطيات المنطقة رقم 1	معطيات المنطقة رقم 2
التدفق اليومي	60 m ³ /j	60 m ³ /j
المستوى السكوني	30 m	80 m
المستوى المتحرك	34.4 m	90.5 m
ارتفاع الخزان	3 m	3 m
طول القناة	42.5 m	98.5 m
كوع	4	4
الإشعاع الشمسي	5.157 kWh/m ² .j	5.157 kWh/m ² .j
مردود المضخة	$\eta_1 = 68 \%$	$\eta_1 = 68 \%$
مردود المموج	$\eta_2 = 96 \%$	$\eta_2 = 96 \%$
قطر القناة	0,06 m	0,06 m
مستوى النزول	4.4 m	10.5 m
HMT	37.96 m	94.65 m
الطاقة الهيدروليكية	6206.46 Wh	15475.27 Wh
استطاعة المضخة	9127.14 Wh	22757.75 Wh
استطاعة المموج	9507.43 Wh	23705.98 Wh
عدد الألواح الشمسية	10	24
استطاعة الذروة العظمى	2333.66 Wc	5818.8 Wc
مساحة المولد الكهروشمسي	16 m ²	38.4 m ²

جدول (3-4) دراسة تقنو اقتصادية لتقدير سعر لنظام الضخ الكهروشمسي للمنطقة رقم 1 : [5]

المجموع	الكمية بالوحدة	الكمية	مكونات النظام الكهروشمسي
269000,00DA	26900,00DA	10	الواح المولد الكهروشمسي
110000,00DA	110000.00DA	01	المضخة
70000,00DA	70000.00DA	01	العاكس
85000,00DA	85000,00DA	/	الملحقات
534000,00DA			مجموع كامل المكونات
150000,00DA			اشغال الهندسة المدنية
684000,00 DA			المجموع الكلي

10-4 دراسة تعديل معامل الاستطاعة $Cos(\phi)$ الأنظمة الضخ الكهرو شمسي :

جل الآلات الحركية الدورات تستهلك في ملفاتها طاقة كهرومغناطسية تسمى الاستطاعة المفاعلة او الردية Qx تقاس بوحدة (Var).

و الاستطاعة في هذه الحالة تكون محصلة شعاعية S تتكون من مركبتين :
الاستطاعة الفعالة P تقاس ب W و المفاعلة Q تقاس ب Var.

$$\text{حيث: } S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{[فولت-امبير VA].} \quad (21-4)$$

و منها فان التيار الممتص من المموج و بالتالي من المولد الكهروشمسي :

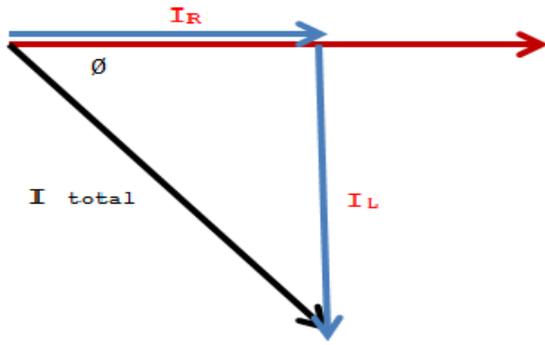
$$I = \sqrt{I_R^2 + I_X^2} \quad (22-4)$$

I_L : هو التيار الذي تستهلكه الوشيعة

باستعمال تقنية التعديل بواسطة توصيل المكثفات السعوية C مع شبكة الآلات يمكن توفير الاستطاعة الحثية المستهلكة في الوشائع والملفات من الاستطاعة السعوية المنتجة من المكثفات . وتحسين معامل الاستطاعة من 0.75 او اقل الى 0.98 .

$$\text{من قانون الممانعة} \quad Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}} \quad (23-4)$$

$$\text{نجد علاقة التيار المطلوب} \quad I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} \quad (24-4)$$



قبل التعديل

يكون التيار الكلي I_{total} كبير و معامل

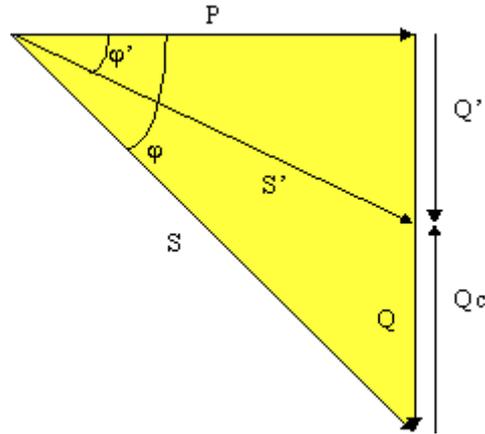
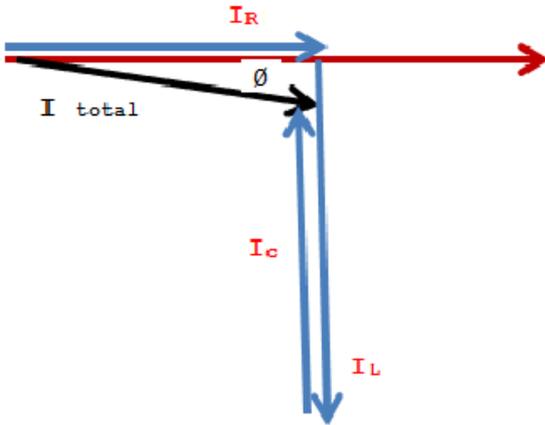
الاستطاعة $\cos(\phi) \ll 1$

الشكل(4-12) التيار الكلي قبل التعديل

بعد التعديل

يكون التيار الكلي I_{total} اقل و تنقص الاستطاعة الظاهرية الممتصة من المولد و معامل

الاستطاعة $\cos(\phi) \sim 1$



الشكل(4-13) التيار الكلي بعد التعديل

11-4 دراسة مخبرية لتعديل معامل الاستطاعة $\cos(\phi)$ لمضخة :

نخضع المضخة الى اختبارات بالتيار المستمر لحساب قيمة المقاومة الاومية R وبالتيار المتناوب

الممانعة الحثية XL معامل الاستطاعة $\cos(\phi)$

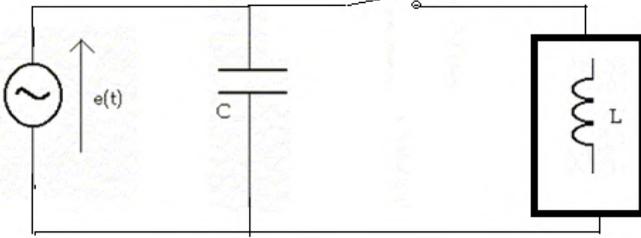


جدول (4-4) دراسة مخبرية لتعديل معامل الاستطاعة $\cos(\phi)$ لمضخة:

الاختبار بالتيار المتناوب (بالحمولة الاسمية)			الاختبار بالتيار المستمر (بجهد منخفض)		
Z	I	V		I	U
146.66Ω	1.5	220	R=102 Ω	0.294	30
XL=145.42 , L=0.463 H					

$$(25-4) \quad \phi = \tan^{-1} \left(\frac{\omega L}{R} \right) \quad \phi = 45^\circ$$

$$\cos(\phi) = 0.7$$



لتعديل معامل الاستطاعة من 0.7 الى 0.98

نوصل مكثف بسعة C تحسب من العلاقات :

$$(26-4) \quad S = U * I = 330 \text{ VA}$$

$$(27-4) \quad P = S * \cos(\phi) = 231$$

$$(28-4) \quad Q = S * \sin(\phi) = 231 \text{ Var}$$

الشكل (4-14) توصيل مكثفة بدارة نظام الضخ

الاستطاعة المطلوبة من المكثف للتعديل ليصبح $\cos(\phi_2) = 0.98$

$$Q_C = P * (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$(29-4) \quad C = \frac{Q_C}{U^2 * \omega} \quad \text{ومنه}$$

بعد الحساب نحصل :

$$Q_C = 184.8 \text{ Var}$$

$$C = 1,21510^{-5} \text{ F} \quad \text{سعة المكثف اللازمة :}$$

بالنسبة للاستطاعات و التيار الجديد بعد التعديل :

$$(30-4) \quad Q_N = Q - Q_C = 46.6 \text{ Var}$$

$$SN=U*I=235 \text{ VA}$$

وبذلك نحسب التيار الجديد $I = \frac{SN}{U}$ (31-4)

$$I=1.07 \text{ A}$$

و بالمقارنة مع التيار قبل التعديل $\frac{I_N}{I}=0.71$ النتيجة تخفيض 30% من شدة التيار .

جدول(4-5) معطيات نظام الضخ للمنطقتين 1 و 2 قبل تعديل معامل الاستطاعة:

	المنطقة 1	المنطقة 2
حنفية غبق	1	1
كوع	4	4
الإشعاع الشمسى	5.157 kWh/m ² .j	5.157 kWh/m ² .j
Kp	0.79	0.79
مردود المضخة	η1 = 68 %	η1 = 68 %
مردود المموج	η2 = 96 %	η2 = 96 %
قطر القناة	0,06 m	0,06 m
مستوى النزول	4.4 m	10.5 m
HMT	37.96 m	94.65 m
الطاقة الهيدروليكية	6206,46	15475,27
استطاعة المضخة	9127,14	22757,75
استطاعة المموج	9507,43	23705,98
استطاعة الذروة العظمى	2333,66	5818,8
عدد الألواح الشمسية	10	24
مساحة المولد الكهروضوئى	16	38,4

جدول (4-6) النتائج المتحصل عليها بعد تعديل معامل الاستطاعة:

بتعديل معامل الاستطاعة من 0,7 الى 0,98 نحصل		
استطاعة المضخة	657,15	1638,558
استطاعة المموج	6845,3496	17068,3056
استطاعة الذروة العظمى	1680,2352	4189,536
استطاعة التعديل QC	1814 var	4523 var
سعة المكثف الازم C	$1.19 \cdot 10^{-4} F$	$2.976 \cdot 10^{-4} F$
عدد الألواح الشمسية	7	17
مساحة المولد الكهروضمسي	12	28

4-12 تطبيق تقنية تعديل معامل الاستطاعة $\cos(\phi)$ على مشاريع الضخ الكهروشمسي :
 نعيد الحسابات بالبرنامج لمشروعي المنطقة 1 و المنطقة 2 حيث :

	معطيات المنطقة رقم 1	معطيات المنطقة رقم 2
التدفق اليومي	60 m ³ /j	60 m ³ /j
المستوى السكوني	30m	80 m
المستوى المتحرك	34.4m	90.5 m
ارتفاع الخزان	3 m	3 m
طول القناة	42.5m	98.5 m
حنفية الغلق	1	1

4-13 دراسة تقنو اقتصادية بعد التعديل للمشروع رقم 1 بالنسبة للالواح رقم 1 : []

جدول (4-5) الدراسة التقنو اقتصادية لنظام الضخ بعد تعديل معامل الاستطاعة:

مكونات النظام الكهروشمسي	الكمية	الكمية بالوحدة (DA)	المجموع (DA)
الواح المولد الكهروشمسي قبل التعديل	10	26900,00	269000,00
الواح المولد الكهروشمسي بعد التعديل	7	26900,00	188300
العاكس قبل التعديل	01	70000.00	70000,00
العاكس بعد التعديل	01	63000.00	63000.00

ونلاحظ تخفيض نسبة معتبرة من تكلفة المولد الكهروشمسي . مما يجعل هذه التقنية في غاية الاهمية من الناحية الكهربائية و الناحية الاقتصادي.

خاتمة

الخاتمة

ما زالت المولدات الخاصة بالضخ الكهروضوئى مكلفة وتستهلك مساحة كبيرة لوضع الألواح الشمسية إضافة الى مردود المنخفض لبعض التجهيزات الذي يصل الى 60 % .

ورغم ان النظام الكهروضوئى مقارنة بالأنظمة الأخرى غير مكلف جدا وسهل النقل وسهل الصيانة و طريقة تركيب النظام الكهروضوئى سهلة ولا تحتاج الى يد عاملة خبيرة مقارنة مع الأنظمة الأخرى الا ان الاستطاعات المطلوبة لتغديه مضخات 220 فولط و 380 فولط أحادية و ثلاثية الطور كبيرة جدا كما ان اختبار المناوبات لتحويل الطاقة الكهربائية المستمرة الى متناوبة لازال أدائها ضعيف و تكلفتها عالية . وعليه فان استغلال تقنية تعديل الطاقة بتوصيل المكثفات مع شبكة المضخات يوفر تخفيض جزء من التكلفة بمعدل 30 % تقريبا . كما يقلص عدد الألواح و المساحة المستغلة لتركيبها وهذا ما تبين لنا من خلال انجازنا لهذا العمل ويبقى البحث متواصل في إمكانية تخفيض أكثر من الطاقة المنتجة من المولد الكهروضوئى ويمكن ان تكون بتقنيات الكترونية اخرى كاستعمال تقنية الهاشر لتنظيم صرف الاستطاعة بالتحكم في التردد .

المراجع

المراجع بالعربية

1. توفيق سفيان ,فهر حياتي , عبد العزيز الذبحاني .المضخات الشمسية في اليمن
2. مجلة العلوم .والتكنولوجيا ,العام 2002 المجلد 7 العدد2
3. مديرية الموارد المائية بورقلة
4. الوكالة الوطنية للموارد المائية بورقلة
5. شبوعات حمزة و بوفنيك عباذ مذكرة الضخ الشمسي لسقي محيطات فلاحية بمنطقة ورقلة 2017

المراجع بالأجنبية

6. ASHRAE, 1995-1996. (America Society of Heating , Refrigeration and Air Conditioning Engineers). ASHRAE Handbook of HVAC Applications.
7. Brown, L., 2006. using solar energy to pump livestock water , British Columbia, Order No. 590.305-6 .
8. Garg, H.P., 1987. Advances in solar energy technology, Volume 3. Reidel Publishing, Boston, MA.
9. Groundwater, 2001. Waterlines, Vol.20, No.2, ITDG Publishing
10. Hadj Arab, A., F. Chenlo, K. Mukadam, and J. L. Balenzategui, 1999. Performance of PV water pumping systems, Renewable Energy, v. 18, no. 2, p.191
11. Harsono, H., S. Tokuda, and S. Rahardjo, 2003. Evaluation of performance of photovoltaic system with maximum power point (MPP), Solar energy materials & solar cells, Elsevier, pp 673-678.
12. Helikson, H.J , Haman, D.Z and C.D. Baird, 1991. Pumping Water for Irrigation Using Solar Energy, Florida cooperative Extension Service Fact Sheet EES-97.
13. Marsh, L., 2001. Pumping water from remote locations for livestock watering, Virginia Cooperative Extension, Publication 442-755, 8 pp.

14. Fraenkel, P., 1997. Water Pumping Devices, A handbook for users and choosers. ITDG Publishing.
15. Florida Solar Energy Center, 1988. Photovoltaic design, course manual. Cape Canaveral, FL.
16. Salameh, Z., and D. Taylor, 1990. Step-up maximum power point tracker for photovoltaic arrays, Solar energy volume 41, No. 1, pp 57-61.
17. Stokes, K., Saito, P., and C. Hjelle, 1993. Photovoltaic Power as a Utility Service: Guidelines for Livestock Water Pumping, Sandia National Laboratories report SAND 93-7043.