استخدام برامجيات تتبع الإشعاع الشمسي لإيجاد أنواع جديدة من المركزات الشمسية

علي هادي عبد المنعم الحمداني * حسنين حكمت محمد *

تاريخ قبول النشر ٢٠٠٣/٣/١٧

المستخلص

تم في هذا البحث تصميم مركز للأشعة الشمسية جديد يعمل على مبدأ الانعكاس الكلي داخل الموشور ليركز الأشعة الشمسية الساقطة من مختلف الاتجاهات على خلية شمسية . تم إجراء الحسابات لزوايا الموشور مع الأخذ بنظر الاعتبار زوايا سقوط الشمس على مدار السنة في مدينة بغداد . يتألف التصميم البصري من موشور ثلاثي الأوجه قائم الزاوية توضع الخلية على أحد جوانب الموشور ويوجه رأس الموشور نحو الشمال . أوضحت النتائج زيادة في تركيز الأشعة الشمسية مع تقليل مساحة الخلية الشمسية المستخدمة.

المقدمة

يؤدي استخدام المركزات الثابتة (Static concentrators) ذات معامل الانكسار العالي إلى زيادة عامل التركيز بسبب تجمع الأشعة القادمة من مختلف زوايا سقوط أشعة الشمس على الخلية الكهروضوئية وبذلك يعوض عن توجيه الخلية لتتبع موقع الشمس في السماء ، لذا فأن استعمال عدسات فرنل يؤدي إلى زيادة كفاءة الخلية للسبب أعلاه [١] ، كما أن شكل الخلية يؤثر على كمية الطاقة المتجمعة وبالتالي يؤدي إلى زيادة كفاءة الخلية [٢] ، يؤدي استخدام المركزات الموشورية المصنوعة من الزجاج إلى تحسين كفاءة الخلية من خلال استخدام الانكسار الداخلي. فعند سقوط الضوء على السطح الأعلى للمركز ينكسر فيسقط على السطح الخلفي للمركز فينعكس باتجاه السطح العلوي وهنا تكون زاوية السقوط في الوسط الأكبر كثافة اكبر من الزاوية الحرجة لذلك الوسط ، وعليه يحصل انعكاس كلي للضوء من السطح العلوي ويسقط باتجاه الخلية الكهروضوئية [٣] . تم تصميم المركز بعد الأخذ بنظر الاعتبار عدة عوامل مهمة منها اختلاف موقع الشمس في السماء على مدار السنة وهذا من شانه أن يغير زاوية سقوط أشعة الشمس على المركز والعامل الثاني أبعاد الخلية الكهروضوئية والذي يؤدي إلى تغيير أبعاد المركز دون الزوايا. والعامل الثالث هو معامل انكسار مادة المركز والذي يؤدي إلى تغير زوايا راس الموشور. تتمتع مدينة بغداد بنسبة عالية نسبياً من عدد ساعات السطوع الشمسي إذ تكون القيم الفعلية والمحتملة لعدد ساعات السطوع الشمسي بحدود ٤٣٨,٧ ساعة خلال شهر تموز بينما تنخفض هذه النسبة الى ٣٠٧ ساعة خلال شهر كانون الأول [٤] . كما ان متوسط نسبة عدد ساعات سطوع الشمس الفعلية خلال سنة كاملة هي بحدود ٠,٧٤٣ او ٧٤,٣% وهذه القيم مأخوذة من المعدلات السنوية المقاسة للفترة من عام ١٩٤١ ولغاية عام ١٩٨٠ استناداً إلى نشرات هيئة الأنواء الجوية العراقية. يهدف البحث الى زيادة كفاءة أداء الخلية الشمسية وتقليل كلفتها من خلال استخدام المركزات الشمسية الجديدة والذي يؤدي الى تقليل حجم الخلية وزيادة الشدة الساقطة عليها.

الحسابات الهندسية للمركز

تألف المركز الشمسي الموشوري الشكل (الموضح في الشكل (١)) من موشور مصنوع من مادة شفافة للضوء ذات معامل امتصاص قليل

* الهيئة العامة للبحث والتطوير الصناعي / مركز بحوث الطاقة والبيئة

جداً للأطوال الموجية التي تقع ضمن الاستجابة العظمى للخلية الشمسية. تبلغ أقصى زاوية ميلان للشمس عن الخط العمودي للسمت في الشتاء (ξ ٢٣.٤٥ +) حيث إن ξ هي زاوية ميلان الشمس في الاعتدالين الربيعي والخريفي والتي تمثل خط العرض في تلك المنطقة والتي تساوي ٣٣,٤ درجة في مدينة بغداد وفي الصيف تبلغ زاوية ميلان الشمس عن العمود (٢٣.٤٥ – ξ) ويعني هذا ان الاختلاف في ميلان الشمس لمدينة بغداد يتراوح بين (٥٦.٩ – ٩.٩) درجة عن الخط الشاقولي، لذا يوضع المركز ليكون العمود على السطح العلوي له يصنع زاوية مقدارها (= ξ ٣٣.٤) باتجاه الجنوب مع الخط الشاقولي. بالرجوع إلى الشكل (١– a) ، فأذا فرضنا ان سقوط الشعاع الشمسي يصنع زاوية مقدارها ٢٣,٤٥ درجة مع العمود على السطح فينكسر بزاوية مقدارها δ والتي تحسب من خلال قانون سنيل :

$$\sin 23.45 = n \sin \delta$$

$$\delta = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 23.45}{n}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{0.3979}{n}\right)$$

(١)

حيث ان n تمثل معامل انكسار الوسط المصنوع منه المركز الشمسي (وهو في الغالب من الزجاج أي أن $n = ١.٥$)، وعند سقوط الشعاع على السطح العاكس الخلفي للمركز فإنه ينعكس باتجاه السطح العلوي ويسقط على السطح العلوي بزاوية مقدارها κ والتي تعطى بالمعادلة :

$$\kappa - \alpha = \alpha - s \Rightarrow \kappa = 2\alpha - s$$

يجب أن تكون قيمة κ اكبر او مساوية للزاوية الحرجة (Critical angle C.A.) للوسط المصنوع منه المركز وعليه يمكن تحديد زاوية رأس الموشور على هذا الأساس بحيث تعطى بالعلاقة :

$$\alpha = \frac{C.A. + \delta}{2}$$

(٢)

حيث ان الزاوية الحرجة تعتمد على معامل انكسار مادة الوسط المصنوع منه المركز .

$$C.A. = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right)$$

(٣)

وبتعويض المعادلتين (٢) و (٣) بالمعادلة (١) نحصل على :

$$\alpha = \frac{1}{2}\left[\sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) + \sin^{-1}\left(\frac{0.3979}{n}\right)\right]$$

(٤)

ويعرف عامل التركيز الهندسي بأنه نسبة المساحة التي يسقط عليها الضوء إلى مساحة الخلية الكهروضوئية ، عندها يكون أقصى نسبة تركيز هندسية $G.C.R.$ للمركز الموشوري في حالة سقوط الشمس عموديا:

$$G.C.R. = \frac{1}{\tan \alpha}$$

(٥)

النتائج

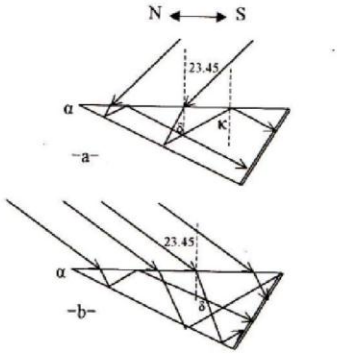
من خلال استعمال المعادلات التي ذكرت آنفاً نجد في حالة استعمال الزجاج في تصنيع الموشور الذي معامل انكساره ١,٥ تكون زاوية الانكسار في حالة سقوط الأشعة شتاء بزاوية ٢٣,٤٥ درجة عن العمود على السطح العلوي للموشور ينكسر الشعاع النافذ إلى الداخل بزاوية $\delta = ١٥.٤$ درجة لذا يسقط الشعاع المنكسر على السطح العاكس السفلي بزاوية $(\alpha - \delta)$ تساوي ١٣,٢ درجة والتي تنعكس من السطح العاكس لتسقط على السطح العلوي بزاوية ٤١,٨ درجة فيحصل انعكاس كلي للشعاع الساقط لان زاوية السقوط اكبر من الزاوية الحرجة للزجاج وبالتالي تسقط الأشعة على الخلية الشمسية. وفي حالة سقوط الأشعة بصورة عمودية على المركز (ويحصل ذلك في الأعتدالين الخريفي والربيعي من السنة) ينفذ الشعاع الى داخل الموشور عبر السطح العلوي بدون انكسار فيسقط على السطح السفلي بزاوية ٢٨,٦ درجة ثم ينعكس من السطح العاكس السفلي ليسقط على السطح العلوي بزاوية ٥٧,٢ درجة وهي اكبر من الزاوية الحرجة فيحصل انعكاس كلي للأشعة لتسقط على الخلية الشمسية. وعند سقوط الأشعة بزاوية ٢٣,٤٥ درجة صيفاً تنكسر من السطح العلوي بزاوية ١٥,٤ درجة فتسقط على السطح العاكس السفلي بزاوية $(\alpha + \delta)$ وتساوي ٤٤ درجة فتنعكس

لتسقط على السطح العلوي بزاوية ٧٢,٦ درجة بعدها تسقط على الخلية الشمسية. ويبين الجدول رقم (١) قيم زوايا رأس الموشور α ونسبة التركيز الهندسية $G.C.R.$ وعلاقتها بمعامل الانكسار n . ويوضح المنحنيان البيانيان المبينان في الشكل (٢) و (٣) طبيعة العلاقة بين معامل الانكسار وزاوية رأس الموشور وعامل التركيز الهندسي α. تم كتابة البرنامج Concray.bas باستخدام لغة Quick Basic يقوم بحساب زوايا سقوط أشعة ضوء الشمس وتتبع مسارها داخل المركز من نقطة دخول الشعاع إلى سقوطه على الخلية الشمسية ، وتم من خلاله حساب الكفاءة لمختلف الزوايا على مدار السنة.

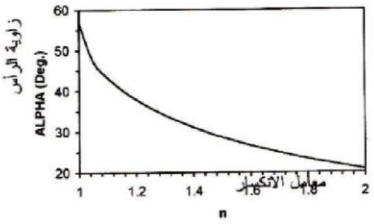
الجداول والأشكال

الجدول (١) يبين قيم زاوية رأس الموشور ونسبة التركيز الهندسية المعتمدة على معامل الانكسار لمادة الوسط المصنوع منها المركز.

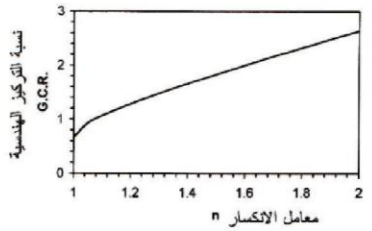
المادة	معامل الانكسار	α	$G.C.R.$
ماء	١,٣٣	٣٣,١	١,٥٣
زجاج	١,٥	٢٨,٦١	١,٨٣
زجاج مضغوط	١,٦	٢٦,٥٥	٢,٠٠



الشكل (١) a- اتجاه سقوط الأشعة الشمسية على المركز شتاءً.
b- اتجاه سقوط الأشعة الشمسية على المركز صيفاً.



الشكل (٢) يمثل تغير زاوية رأس الموشور مع معامل الانكسار



الشكل (٣) يمثل شكل العلاقة بين عامل التركيز ومعامل الانكسار

الاستنتاجات

يتبين مما سبق ومن خلال استعمال برنامج تتبع المسار للشعاع الشمسي داخل المركز ان افضل تركيز للأشعة الساقطة على الخلية يحدث عندما يوضع المركز بحيث تكون زاويته القائمة في الأسفل والوجه الأكبر مساحة (الوتر) نحو الأعلى ، كما ويوجه المركز بحيث يكون رأس الموشور باتجاه الشمال ويكون العمود على السطح العلوي للمركز يميل عن خط الشاقول بمقدار زاوية خط العرض الجغرافي في ذلك الموقع وهو لمدينة بغداد بحدود ٣٣,٤ درجة. يتبين من خلال المنحي في الشكل (٣) يتبين إن هناك زيادة في نسبة عامل التركيز الهندسي بزيادة معامل الانكسار وان هذه العلاقة شبه خطية في المدى المألوف من قيم معاملات الانكسار للأوساط البصرية المعروفة ، كما إن أبعاد المركز تتحدد بعاملين هما أبعاد الخلية الكهروضوئية ومعامل الانكسار لمادة الوسط لذا فان زيادة معامل الانكسار للمركز تؤدي إلى تقليل زاوية الرأس α وبالتالي زيادة كمية المادة المصنوع منها المركز.

المصادر

1. Ali. H. Al-Hamdani, S. K. J. Al-Ani, B.D. Blawa,2000, "Improvement of the solar cell efficiency using Fresnel lens", Arab Energy and Sustainable Development, p 705.
2. Ali. H. Al-Hamdani, 2000, "Effect of solar cells shapes on the accumulated energy", Arab Energy and Sustainable Development, p 489.
3. STUART BOWDEN B.E. ,1996," A high efficiency photovoltaic roof tile" , Ph.D. thesis, Center for Photovoltaic Devices and Systems, University of New South Wales, Sydney, NSW. Australia 1996.
4. A. Akrawi , A. Ali ,(1984),"Experimental method for calculating the relative sunshine duration for Baghdad" , J. Solar Energy Research, Baghdad-Iraq, **2**, 1, p 1.

Solar ray tracing programs to find new types of solar concentrator

Ali H. Al-hamdani * **H. H. Mohamed ***

***Solar research center.**

Abstract

Anew Solar concentrator have been designed in this paper, this concentrators Were based on the total internal reflection in a prism, the prism angles has been calculated by depending on the solar incident ray angle in baghdad for a year. The optical design consist of a triangular presume, Where the solar cells on one side of the prism While the prism head towered the south. The results show that there is an increasing in the solar ray concentrators and the cell area is reduced.