مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (21) العدد (8) 1999
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (21) No (8) 1999

دراسة اللواقط الشمسية ذات إمكانية التوجه باتجاه الإشعاع الشمسي

الدكتور جوني تقلا*
أحمد فلاحة**

(ورد إلى المجلة في 1999/6/7، قبل للنشر في 1999/6/29)

□ الملخّص □

لقد تمت دراسة كثافة الإشعاع الشمسي للمنطقة المعرضة للإشعاع الشمسي المباشر (المنطقة المشمسة)، والمنطقة المعرضة للإشعاع المبعثر (المنطقة المظللة)، والإفادة من فارق الكثافة الإشعاعية في إنتاج عمل، يمكن استغلاله ميكانيكياً في تحريك اللاقط الشمسي باتجاه الشمس . ويتوقف الجهاز عن الحركة عند وصول اللاقط الشمسي إلى التعامد المباشر للإشعاع الشمسي ، ثم يعود للحركة من جديد عند انحراف آخر لموقع الشمس ، أي أنه بوجود هذا الجهاز تتم متابعة اللاقط آلياً لحركة الشمس، واعتماداً على طاقة الإشعاع الشمسي ذاته، دون المرور بخرائط تحديد موقع الشمس وتجهيزات أخرى معقدة، يصعب تحقيقها في منشآت الطاقة الشمسية، التي تبحث دائماً عن البساطة وتخفيض الكلفة التأسيسية.

* أستاذ في قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية – سورية.
** طالب ماجستير في قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (21) العدد (8) 1999
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (21) No (8) 1999

The Study of Solar Collectors Directed by Solar Rays Direction

Dr. Johnny TAKLA*
Ahmed FALLAHA**

(Received 7/6/1999, Accepted 29/6/1999)

❐ ABSTRACT ❐

This paper studies the thickness of solar Radiation for the location exposed to (direct) solar Radiation. (Solar Area) and the area exposed to dispersed Radiation. (Shadowed Area). It also shows the benefit of the difference of radiation thickness in producing an action to be used mechanically in moving the collector towards the sun.

The device stops moving when the solar collector reaches the direct perpendicularity with the solar radiation. It then starts moving when another divertion of the location of the sun occurs, ie by this device the collector automatically followed up the movement of the sun, depending on the energy of solar radiation itself without passing through the maps of sun location or on other complex divers which are difficult to realize in the forms of energy which is looking steadily for simplicity and decreasing establishing cost.

* Professor at Mechanical Power Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria .
** Master Student at Mechanical Power Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

مجمعات الطاقة الشمسية :

تتنوع أجهزة الطاقة الشمسية بتنوع الأغراض التي صممت لأجلها ، إلا أن مشكلتي عدم ثبات الإشعاع الشمسي عند قيمة محددة، والحركة المركبة للشمس، تعترضان جميع التصاميم ، فنجد معظم الأجهزة تصمم على أساس عملها فترة الظهيرة وما حولها، ونجد البعض القليل منها يتابع حركة الشمس بميكانيكية معقدة، تعتمد على الكهرباء ومحركاته، والدارات الإلكترونية وملحقاتها.

وبالتالي، فإن المجموعات الكبيرة من المجمعات الشمسية على اختلافها، يمكن تصنيفها في مجموعتين أساسيتين حسب تركيبها :

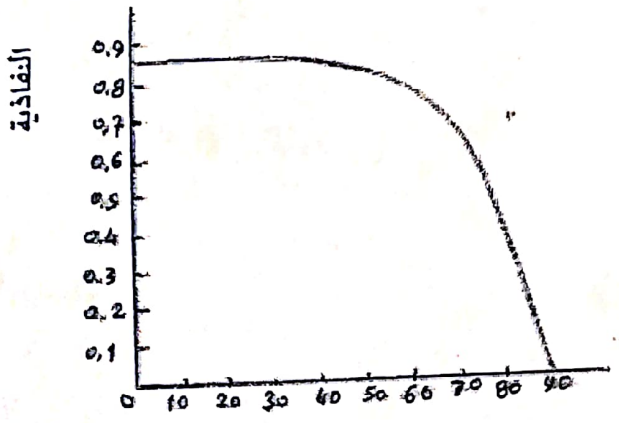
1. المجمع الشمسي المستوي أو المسطح .
2. المجمع الشمسي غير المستوي أو غير المسطح؛ وهو عبارة عن مركزي أو محرقي أو غيرهما.

وبالمقارنة بين النوعين السابقين نجد أن المجمعات المستوية تملك خصائص إيجابية، أهمها:

1. تركيبها بسيط وسعرها معتدل .
2. تستفيد من الطاقة الشمسية المبعثرة إضافة إلى المباشرة .
3. لا تحتاج إلى تجهيزات معقدة لمتابعة حركة الشمس .

إلا أنها تمتاز بميزة سلبية واضحة، ألا وهي انخفاض المردود اليومي لواحدة السطح نتيجة أسباب متعددة، نذكر منها:

أ - انخفاض معامل الإمرار الشعاعي للغطاء الشفاف بزيادة زاوية تأثير الأشعة الشمسية على سطح الزجاج الشكل (1).



الشكل (1) اختلاف نسبة نفاذية الزجاج باختلاف زاوية التأثير [1]

ب – انخفاض كثافة الإشعاع الشمسي الساقط على السطح الماص، بزيادة زاوية تأثير الأشعة الشمسية على سطح اللاقط الشمسي كما في الجدول (1)، لجدار مختلف التوجيه.

جـ – انخفاض معامل امتصاص الصحيفة الماصة، بابتعاد زاوية الورود عن التعامد مع السطح الماص، وبالتالي زيادة نسبة الإشعاع المنعكس وانخفاض المردود .

الجدول (1) مقدار الكسب الحراري الناتج عن الإشعاع الشمسي عبر الزجاج العادي، ولنوافذ ذات إطار خشبي، وللمناطق الواقعة على خط عرض 40 شمال [2].

التاريخ	الاتجاه	الساعة	8	10	12	2	3	4
		الكسب الحراري Kcal/m² - h						
21 حزيران	شمال		33	38	38	38	36	33
	شمال شرقي		304	81	38	38	36	33
	شرق		439	257	119	38	36	33
	جنوب شرق		295	268	192	92	36	33
	جنوب		33	95	119	146	51	33
	جنوب غرب		33	38	38	92	268	295
	غرب		33	38	38	18	257	385
	شمال غرب		33	38	38	38	81	198
	أفقي		363	569	642	649	569	485
23 تموز	شمال		33	38	38	38	35	33
	شمال شرقي		285	71	38	38	35	33
	شرق		444	266	117	38	35	33
	جنوب شرق		325	298	222	114	38	35
	جنوب		35	119	171	187	71	35
	جنوب غرب		33	38	41	114	298	339
	غرب		33	38	38	38	265	390
	شمال غرب		33	38	38	38	71	178
	أفقي		345	550	610	630	550	463
24 آب	شمال		30	38	38	38	35	30
	شمال شرقي		222	43	38	38	35	30
	شرق		439	274	122	38	35	30
	جنوب شرق		373	377	290	179	38	35
	جنوب		65	241	263	277	240	138
	جنوب غرب		30	38	68	178	373	395
	غرب		30	38	38	38	273	392
	شمال غرب		30	38	38	38	43	125
	أفقي		271	450	555	580	501	407
20 أيلول و 22 آذار	شمال		24	35	35	38	35	33
	شمال شرقي		157	35	35	38	35	33
	شرق		404	268	122	38	35	33
	جنوب شرق		390	425	360	244	38	38
	جنوب		119	298	331	379	298	220
	جنوب غرب		24	38	111	244	425	439
	غرب		24	35	35	38	268	377
	شمال غرب		24	35	35	38	35	70
	أفقي		182	412	477	496	415	336
23 تشرين الأول و 20 شباط	شمال		16	30	33	33	30	27
	شمال شرقي		89	30	33	33	30	27
	شرق		317	238	106	33	30	27
	جنوب شرق		358	442	390	290	54	27
	جنوب		160	371	417	439	371	282
	جنوب غرب		16	54	171	290	442	436
	غرب		16	30	33	33	238	330
	شمال غرب		16	30	33	33	30	33
	أفقي		72	274	350	333	274	173
23 تشرين ثاني و 20 كانون ثاني	شمال		8	24	30	27	24	19
	شمال شرقي		33	24	30	27	24	19
	شرق		247	200	89	30	24	19
	جنوب شرق		295	424	390	314	75	19
	جنوب		160	377	429	450	377	282
	جنوب غرب		8	73	190	314	423	390
	غرب		8	24	27	30	206	27
	شمال غرب		8	24	27	30	24	19
	أفقي		43	198	249	279	198	117

متابعة اللواقط الشمسية لحركة الشمس :

لقد اعتمدت المجمعات الشمسية التي تحتاج لدرجات حرارة مرتفعة، على ميكانيكية معقدة لمتابعة حركة الشمس، خصوصاً عندما يتطلب تصميم عمل هذه المجمعات التعامد التام لأشعة الشمس، عندئذ يجب أن تتم الحركة اعتماداً على محورين للحركة ، المحور الأول (شرق – غرب)، أما المحور الثاني فهو لتحديد ارتفاع الشمس، ويمكن في هذه الحالة الاعتماد على مخططات الزاوية الساعية وزاوية ارتفاع الشمس بالنسبة للموقع المراد الاستثمار فيه ، أي أن لكل خط عرض مخططاً، و الشكل (2) هو مخصص لخط عرض 36°، حيث نحصل من خلال تلك المتابعة على إشعاع شمسي مباشر طوال النهار، لكنه مختلف الشدة بسبب اختلاف المسافة التي يقطعها الإشعاع الشمسي أثناء مروره عبر الغلاف الجوي للأرض، واختلاف نسبة التغييم ورطوبة الهواء .

إن المخطط المخصص للموقع يغذى على شكل برنامج، لحاسب يقوم بإعطاء أمر العمل إلى محركين كهربائيين مهمتهما تغذية مجموعة المحورين بالحركة اللازمة لمواجهة الإشعاع الشمسي المباشر. وتتوسط علب سرعة المكان بين المحركين الكهربائيين ومحاور دوران اللاقط، وذلك لتحويل سرعة الدوران، لمضاعفة العزم اللازم لإتمام تلك الحركة، كما يمكن أن تعتمد مجموعات أخرى على مقارنة فارق شدة الإشعاع الشمسي على طرفي اللاقط، بواسطة حساسات إلكترونية، لتعطي أمر العمل إلى محرك كهربائي، ليحرك بالتالي اللاقط باتجاه الشمس .

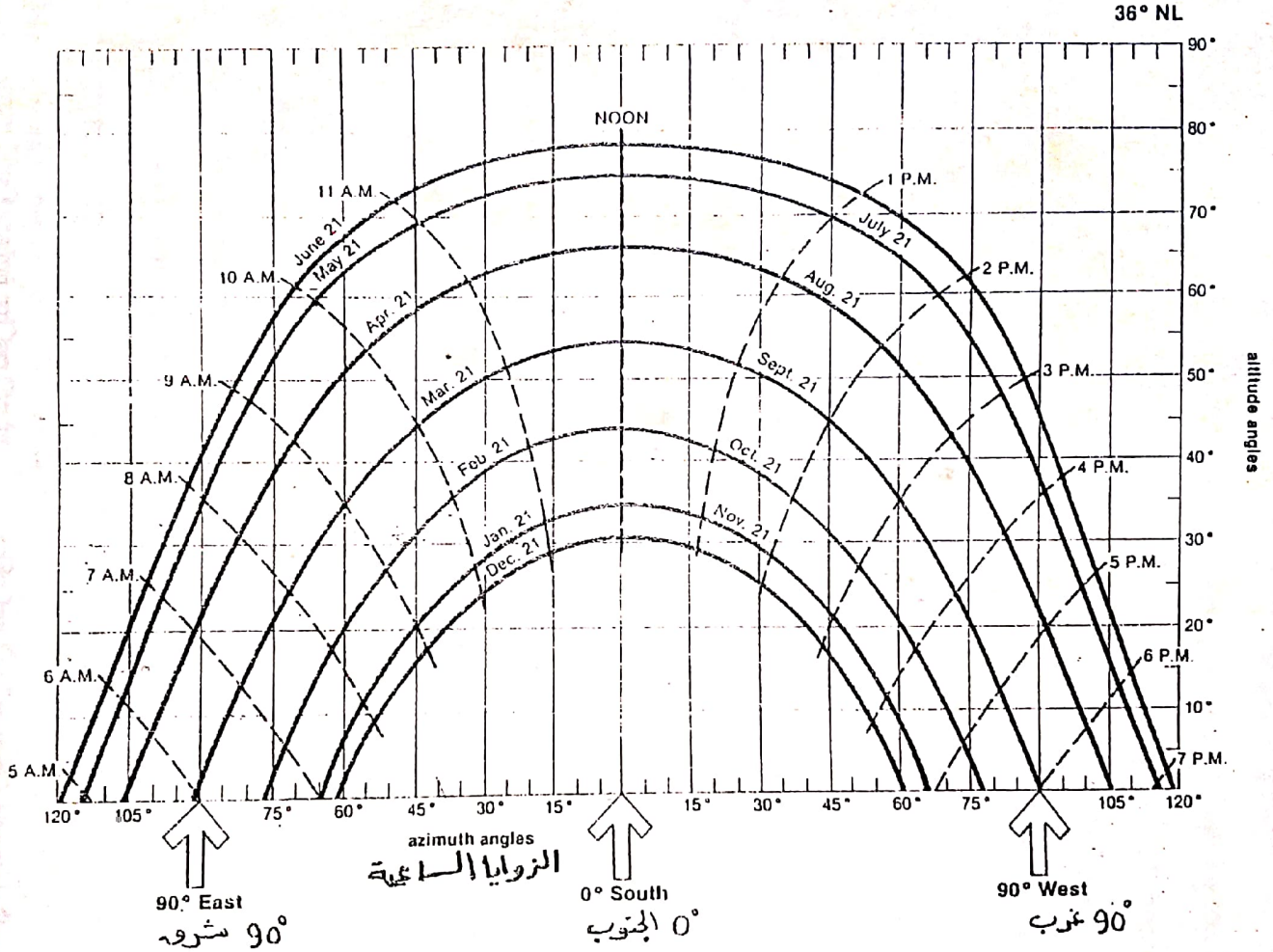
وهناك نوع آخر من المجمعات المركزة، التي تعتمد على حل وسط بين المجمعات الثابتة والمجمعات ذات نسبة التركيز المرتفعة جداً. هذه المجمعات التي تعتمد الحركة على محور واحد؛ أي متابعة حركة الشمس اعتماداً على الزاوية الساعية، وبتجاهل نسبي لزاوية ارتفاع الشمس، وبالتالي نحصل على إشعاع شمسي مباشر أقل، وتنخفض كثافة الأشعة الشمسية . لكن في الحقيقة تنخفض كثيراً تعقيدات ميكانيكية الحركة ، ونعتمد هذا النوع من متابعة حركة الشمس في المجمعات التي تحتاج إلى درجات حرارة متوسطة.

اللواقط الثابتة :

إن المجمعات الشمسية المستخدمة في الأبنية السكنية والتي تحتاج إلى درجات حرارة منخفضة وتميل إلى بساطة التصميم، فإننا نبتعد فيها عن تعقيد ميكانيكية العمل في تحريك اللاقط الشمسي، ونعتمد توجيه اللاقط باتجاه الجنوب، بحيث يواجه اللاقط أخفض ارتفاع يمكن أن تصل إليه شمس الظهيرة في الشتاء، وتخزين الحرارة الممتصة في خزانات حرارية معزولة

لاستثمارها في أوقات مختلفة من اليوم، حيث إن الكسب الحراري للالقط يكون وقت الظهيرة وما حولها فقط.

إن ثبات المجمع الشمسي المنزلي تقابله بساطة في التصميم وانخفاض في المردود، وبالتالي ازدياد مساحة السطوح اللازمة لتأمين طاقة محددة، وزيادة في الكلفة التأسيسية، خصوصا عند الوصول إلى إمكانية متابعة حركة الشمس، اعتمادا على مبادئ تحريك بسيطة وغير مكلفة.



الشكل (2) اختلاف زوايا الشمس مرتبط بلحظة قياس هذه الزوايا ولخط العرض نفسه [3].

تجربة جهاز التوجيه الشمسي :

تعتمد الفكرة الأساسية في تبسيط تحريك المجمعات الشمسية باتجاه الشمس مباشرة (متابعة حركة الشمس)، على استغلال فارق الكثافة الإشعاعية بين الظل (منطقة الإشعاع الشمسي المنتثر)، والمنطقة المشمسة (منطقة الإشعاع الشمسي المباشر) في إيجاد موقع الشمس مباشرة، و إنتاج العمل اللازم و الكافي لتحريك اللاقط الشمسي أو مجموعة اللواقط الشمسية باتجاه الشمس مباشرة ، والشكل (3) يوضح المكونات الأساسية للجهاز .

ولفهم آلية العمل نفترض المقاطع الموضحة في الشكل (4). حيث نجد أن الاسطوانتين (1) (4) في المقطع (A) تتوضعان في المنطقة المشمسة؛ أي تتعرض للإشعاع الشمسي المباشر. بينما تتوضع الأسطوانتان (2) و (3) في المنطقة المظللة، أي في منطقة الإشعاع الشمسي المبعثر .

إن ارتفاع درجة حرارة الاسطوانات المعرضة للإشعاع المباشر، يؤدي إلى خلل في توازن مجموعة الاسطوانات، وتوليد عزم دوران كاف للتغلب على قوى الممانعة والحركة، التي تؤدي بنتيجتها إلى دوران المحور I-I، وهذه الحركة تنقل إلى اللاقط الشمسي عن طريق البكرات والسيور، لتصل بالتالي إلى تعامد اللاقط الشمسي والإشعاع المباشر، كما في المقطع (C) .

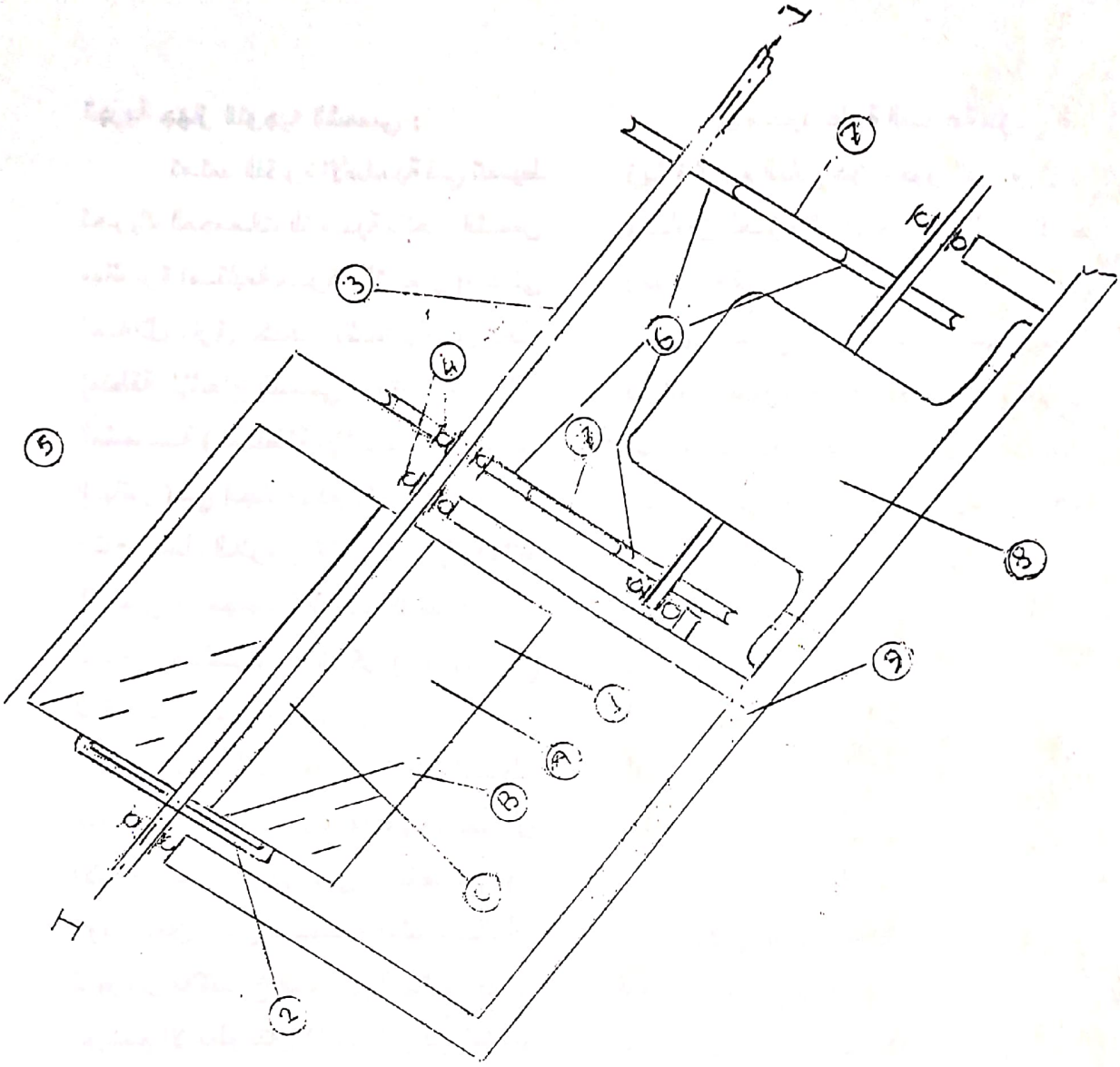
إن وجود علبة السرعة يؤدي إلى زيادة العزم الناتج عن محور الدوران I-I، وتأمين العزم اللازم لتحريك اللاقط ومواجهة قوى الريح المتغيرة الشدة، والذي يمكن أن ينتج قوى كبيرة على واحدة السطوح المعرضة والمواجهة للريح، إلا أن ميزاتها السلبية تنحصر بوجود زوايا تأخير بسيطة، تقدر بعشر درجات تقريباً (انحراف عن موقع الشمس)، وهذا الانحراف ليس له الأثر الكبير على مردود اللاقط، وبالتالي يهمل هذا الانحراف، ونعتبر اللاقط في تعامد مع الإشعاع الشمسي؛ حيث إن المردود لا ينخفض أكثر من 5 %عنه في حالة التعامد التام للإشعاع المباشر .

إن وجود علبة السرعة، يؤدي لارتفاع قيم العزوم الناتجة عن الجهاز إلى قيم كبيرة تؤدي كما ذكرنا سابقاً إلى التغلب على قوى الممانعة الكلية للحركة.

إن مجموع الحركات البسيطة تؤدي بنتيجتها إلى تعامد دائم لسطوح المجمعات مع الإشعاع الشمسي المباشر، ونحصل بالتالي على متابعة حقيقية لحركة الشمس باتجاه الزاوية الساعية أو زاوية ارتفاع الشمس .

التحليل الترموديناميكي[3] :

إن رفع درجة حرارة الأسطوانة (1) من T_1 إلى T_1' يمكننا من كتابة العلاقة التالية:



الشكل (3) مكونات جهاز متابعة حركة الشمس :

1 - أسطوانة بحجم V وضغط A ودرجة حرارة T

A : حجم الهواء المضغوط داخل الأسطوانة وهو حوالي V ¾

C : تثبيت الأسطوانة مع المحور الدوار.

2- المحور الدوار .

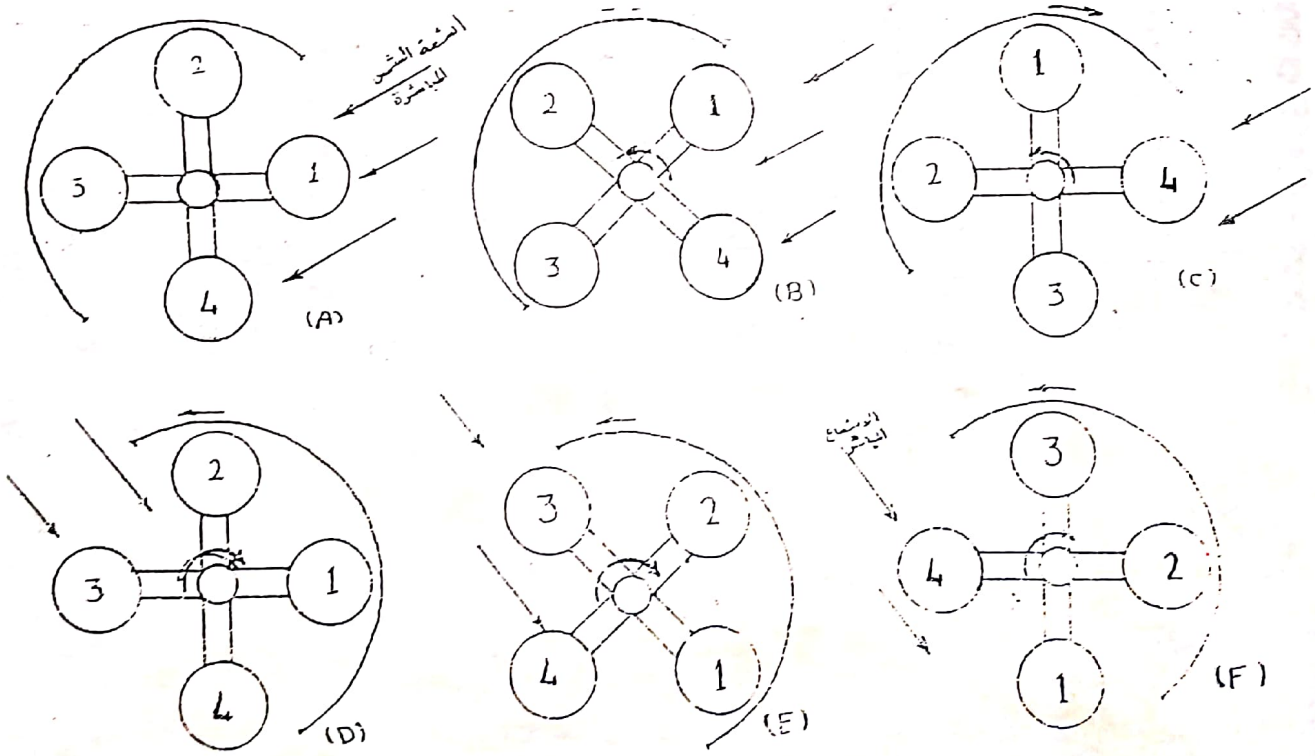
3- رولمانات .

4- بكرات نقل الحركة بين المحور الدوار وعلبة السرعة، وعلبة السرعة والمظلة .

5- سيور نقل حركة .

6- علبة سرعة وتصمم نسبة تخفيض السرعة حسب العزم المطلوب من الجهاز .

7- قاعدة تثبيت المحتويات السابقة .



الشكل (4) مقطع عرضي في الجهاز يبين آلية عمل هذا الجهاز.

$$\frac{T_1'}{T_1}=\left(\frac{P_1'}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}} \rightarrow P_1'=P_1\left(\frac{T_1'}{T_1}\right)^{\frac{K}{K-1}}$$

$$P_1''=\frac{P_1+P_1'}{2} \qquad (1)$$

$$P_1''=\frac{P_1\left(\frac{T_1'}{T_1}\right)^{\frac{K}{K-1}}+P_1}{2}$$

$$P_1''=\frac{P_1\left[\left(\frac{T_1'}{T_1}\right)^{\frac{K}{K-1}}+P_1\right]}{2} \qquad (2)$$

* ولحساب حجم السائل المزاح * Vنكتب علاقة ارتباط الضغط بتغير الحجم :

$$\left(\frac{P_1''}{P_1'}\right)=\left(\frac{V_1}{V_1'}\right)^K$$

$$\rightarrow V_1'=V_1\left(\frac{P_1'}{P_1''}\right)^{1/K} \qquad (3)$$

* نعوض المعادلتين (1) و (2) في المعادلة (3) :

$$V_1'=\left\{\left[\frac{\left(T_1'/T_1\right)^{K/K-1}}{\frac{1}{2}\left(T_1'/T_1\right)^{K/K-1}+\frac{1}{2}}\right]^{1/K}-1\right\}V_1 \qquad (4)$$

$$V^*_1=V_1'-V_1=\left\{\left[\frac{\left(T_1'/T_1\right)^{K/K-1}}{\frac{1}{2}\left(T_1'/T_1\right)^{K/K-1}+\frac{1}{2}}\right]^{1/K}-1\right\}V_1 \qquad (5)$$

*وينتج بالتالي العزم M :

$$M=2.\omega.L.V_1^*=2.\omega.L.V_1\left\{\left[\frac{\left(T_1'/T_1\right)^{K/K-1}}{\frac{1}{2}\left(T_1'/T_1\right)^{K/K-1}+\frac{1}{2}}\right]^{1/K}-1\right\} \qquad (6)$$

حيث ω : كثافة الماء

V_1 : حجم الهواء داخل الاسطوانة .

L : ابتعاد مركز ثقل الاسطوانة عن محور الدوران

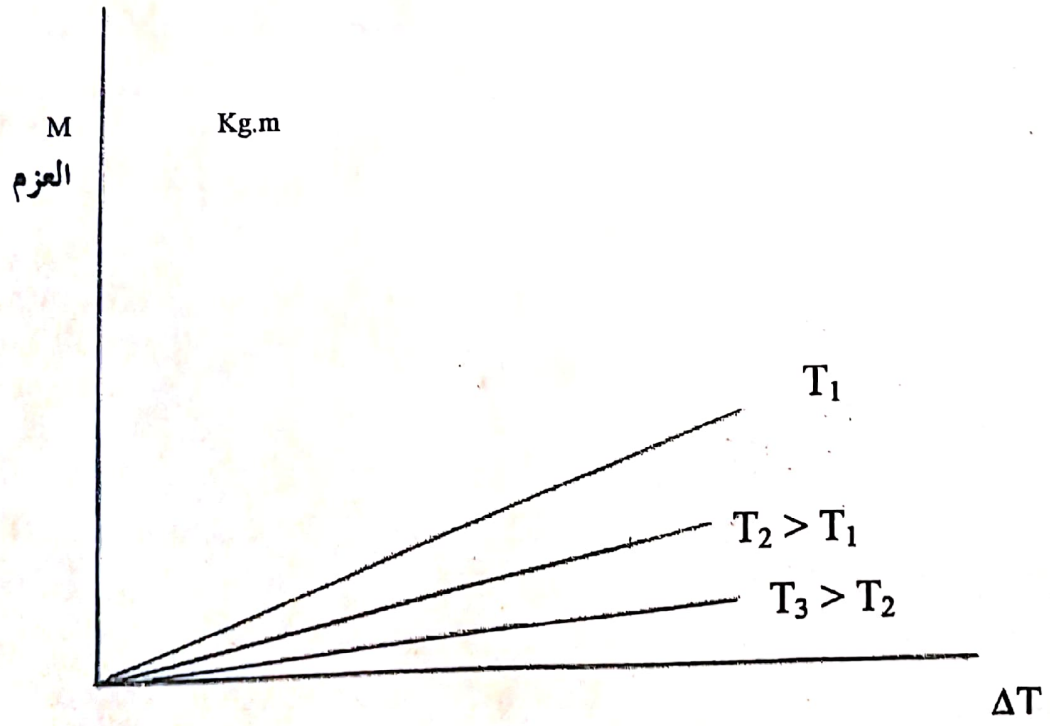
وباعتبار L , ω , V_1 ثابتة في القيمة من أجل نفس الجهاز، فإن قيمة العزم M تعتمد على فرق الكثافة الإشعاعية بين المنطقة المظللة والمنطقة المشمسة، أو منطقة الإشعاع المباشر والإشعاع المنتشر،

والشكل (5) يبين منحني هذه العلاقة، حيث نلاحظ أنه عبارة عن مستقيم مار من المركز . تلعب T_1 (درجة حرارة الجو السائدة) دوراً أساسياً في ميل هذا المستقيم . إذ يزداد ميل هذا المستقيم بارتفاع درجة الحرارة T_1؛ وهذا يعني بالضرورة ارتفاع عزم الجهاز في المناطق الباردة؛ أي أن زيادة العزم توافقت مع ازدياد الحاجة للطاقة، وهي ناحية إيجابية جيدة للجهاز.

كذلك فإن الجهاز يستقبل الإشعاع الشمسي، وترتفع درجة حرارته ابتداء من T_1، لتزداد ΔT والعزم ابتداء من الصفر . ويتحرك الجهاز عندما يصل العزم إلى قيمة كافية للتغلب على قوى الممانعة الكلية للجهاز وملحقاته .

أما إذا لم يكف العزم، فإن الجهاز يستمر باكتساب طاقة، وتزداد ΔT ليزداد العزم M، إلى أن يصل إلى قيمة كافية للتغلب على قوى الممانعة الكلية للجهاز وملحقاته .... إذا للجهاز مرونة في تقبل تفاوت العزم المطلوب ضمن حدود معقولة من أجل نفس التصميم .

أما علاقة العزم بباقي المتحولات كالكثافة ω والذراع L و الحجم V_1، كما نلاحظ من المعادلة (6) فإنها علاقة بسيطة خطية (تناسب طردي)، وليست بحاجة إلى مزيد من التفصيل.



الشكل (5) يبين تغير العزم بتغير فرق درجات الحرارة بين المنطقة المعرضة للإشعاع المباشر والمنطقة المعرضة للإشعاع المبعثر

الخلاصة:

إذاً وبتركيبة ميكانيكية بسيطة حصلنا على :

1. تحديد موقع الشمس، وبالضبط عن طريق الاعتماد على التوازن الحراري، ودون اللجوء لخرائط تحديد زوايا الإشعاع الشمسي، وبرامج حفظ وتطبيق لهذه الخرائط، وترافق للكهرباء، لتأمين طاقة التحريك اللازمة . أي باختصار دون اللجوء للتعقيدات الميكانيكية والكهربائية والإلكترونية، وبجهاز بسيط التصميم.
2. حصول الجهاز على الطاقة الإضافية اللازمة لتحريك اللاقط، أو مجموعة اللواقط، من الشمس مباشرة، دون الحاجة لتخزين طاقة، أو الاعتماد على مصدر طاقة مساعد، أي تم الاستغناء عن الطاقة الكهربائية في موضوع متابعة حركة الشمس .
3. إن بساطة التصميم وعدم الحاجة للمعايرة، وعدم وجود محرك كهربائي، ومزايا أخرى متعددة، تؤدي بنتيجتها إلى كلفة إنشاء منخفضة، مقارنة ببقية طرق متابعة حركة الشمس السابقة.

يمكن تطبيق جهاز المتابعة لحركة الشمس في تحريك اللواقط، والخلايا الكهروشمسية، والعواكس الشمسية، وبالتالي الإفادة من طاقة الإشعاع الشمسي بمردود أكبر بكثير منه، عندما تكون هذه التجهيزات ثابتة.

وإن الكلفة المنخفضة من أجل تأمين المتابعة المذكورة، وعدم الحاجة لنفقات استثمار، تعني بالضرورة ترشيح الجهاز ليكون بديلاً عن أجهزة متابعة حركة الشمس السابقة والمعقدة.

REFERENCES المراجـع

1. كيلو ، سعد ؛ 1988 – *التدفئة والتكييف والتبريد باستخدام الطاقة الشمسية* ، الطبعة الأولى، دمشق .

2. نحاس ، أحمد ؛ 1989 – *تدفئة وتكييف الهواء* ، الطبعة الأولى ، منشورات جامعة حلب – حلب .

3. كربوجيان ، آرام ؛ 1987 – *الديناميك الحراري* ، الطبعة الأولى ، منشورات جامعة حلب – حلب .