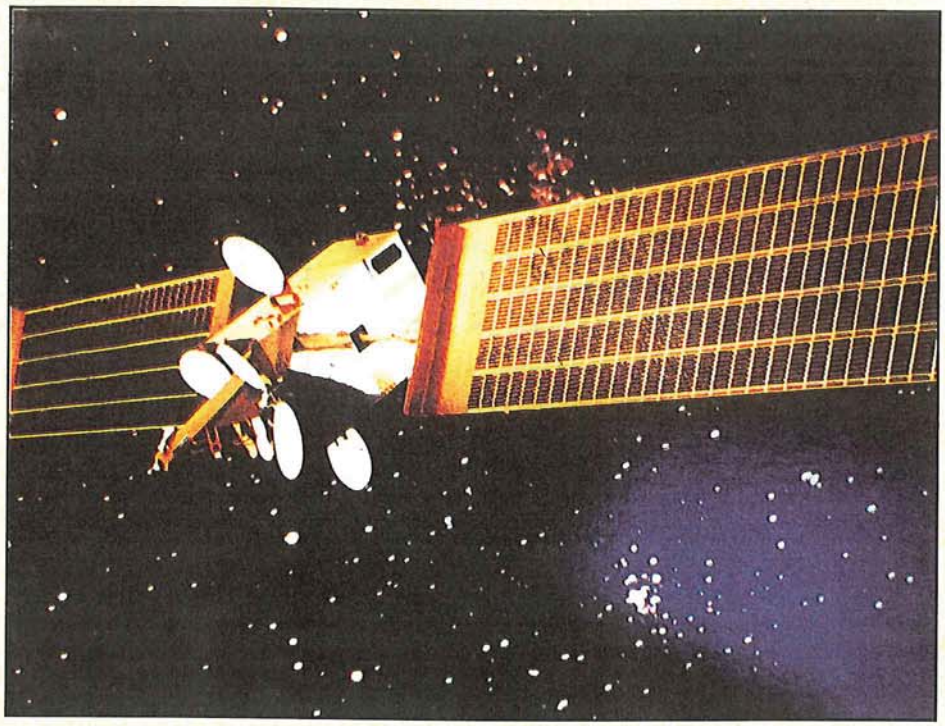
تطبيقات الطاقة الشمسية في الفضاء

د. أسامة أحمد العاني

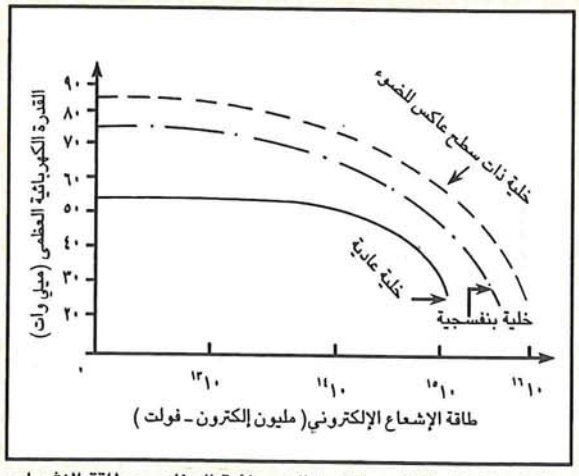


يرجع أول استخدام للطاقة الشمسية في الفضاء إلى ١٧ مارس عام ١٩٥٨م عندما أطلقت مركبة الفضاء الأمريكية فانجارد ـ١ (Vanguard-1) قمراً صناعياً يحمل على ظهره ـــ لأول مرة ـ خلايا كهروضوئية للحصول على الطاقة اللازمة (٥ ميلي وات) لجهاز الإرسال . تلا ذلك قيام الاتحاد السوفيتي السابق في مايو من نفس العام بإطلاق قمراً صناعياً جديداً تعمل معظم داراته الكهربائية والإلكترونية بالخلايا الكهروضوئية . وبدءاً من عام ١٩٥٩م أصبحت معظم الرحلات الفضائية تعتمد على الخلايا الكهروضوئية كمصدر رئيس للطاقة . وتشير الإحصائيات أنه في خلال الثمانينات من هذا القرن تم إطلاق أكثر من ألفين قمراً صناعياً بقدرات كهربائية مستمدة من الخلايا الكهروضوئية وصل بعضها إلى ٢٠ كيلووات. وتفيد الدراسات الأولية أن النجاحات المستقبلية المتوقعة لبناء محطات طاقة شمسية فضائية قد تغير الكثير من مفاهيم الطاقة ومستقبلها حيث يتوقع لها إنتاج طاقة كهربائية تصل إلى آلاف الميجاوات . ومن ناحية أخرى رافق تطور الخلايا الكهروضوئية الفضائية طرقاً أخرى لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أهمها المحركات الحرارية ، والمولدات الكهروحرارية ، والمولدات الأيونية الحرارية التي تعمل حتى خلال فترات الظلام بمساعدة بطاريات كهروضوئية أو خلايا وقود .

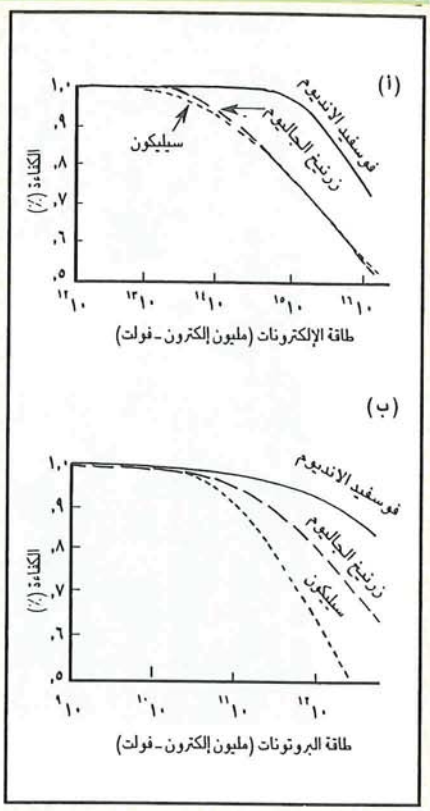
الخلايا الكهروضوئية الفضائية

تقوم مراكز الأبحاث بتطوير تقنية وتصنيع الخلايا الكهروضوئية في مجال التطبيقات الفضائية (علوم اتصالات ، وأرصاد جوية ، وفلك ..) للحصول على أعلى كفاءة وأفضل مقاومة تحمّل للخلايا ضد تأثير الأشعة الكونية ـــ إشعاعات مختلفة عالية الطاقة تصل إلى عدة عشرات الميجا أو الجيجا الكترون فولت ـــ التي تؤثر على بنية الخلايا الكهروضوئية، إضافة إلى أن التعرض المستمر لهذه الإشعاعات يؤدي إلى تشوهات بلورية داخل الخلايا مسبباً انخفاض فعاليتها وكفاءتها.

وقد تم إجراء عدة دراسات معملية لمعرفة تأثير الأشعة الكونية على القدرة الكهربائية لأنواع مختلفة من الخلايا الكهروضوئية . وعلى سبيل المثال يوضح الشكل (١) ، تغير القدرة الكهربائية العظمى (Pmax.) لثلاث خلايا كهروضوئية (خلية عادية بقدرة ٥٤ ميجاوات، وخلية بنفسجية بقدرة ٧٤ ميلي وات ـ عبارة عن خلية متجاوبة مع الأطوال الموجية القصيرة ـــ ، وخلية عادية أضيف لها سطح عاكس للضوء لمقاومة تأثير الأشعة الكونية بقدرة ٨٣ ميلي وات) أثناء تعرضها لمستويات مختلفة من طاقة الإشعاع الكوني



● شكل (١) العلاقة بين القدرة الكهربائية العظمى وطاقة الإشعاع.



● شكل (٢) العلاقة بين كفاءة (٪) خلايا كهروضوئية وطاقة الإلكترونات والبروتونات.

الإلكتروني باستخدام تقنية رجم الخلية بجسيمات عالية الطاقة بمساعدة مسرعات الكترونية . ويلاحظ من الشكل أن قدرة الخلايا لاتنقص عند التعرض للأشعة الكونية العادية التي تتراوح شدتها بين $^{9}10$ إلى $^{13}10$ مليون الكترون فولت ، إلا أنه قد تتعرض لمستويات طاقة أعلى بسبب التأين الشديد للجسيمات الفضائية أو تأثيرات فلكية أخرى مثل الشهب والنيازك تؤدي إلى زيادة تأثير الإشعاع الكوني على الخلايا مسببة نقص كفاءتها بصورة ملحوظة خاصة عندما يفوق مستوى هذا الإشعاع $^{14}10$ مليون إلكترون فولت، ومثال ذلك عند طاقة إشعاع إلكتروني $^{15}10$ مليون إلكترون فولت نجد أن القدرة الكهربائية للخلية ذات السطح العاكس للضوء تنخفض من ٨٣ إلى ٥٨ ميلي وات ، وفي الخلية البنفسجية من ٧٤ إلى ٣١ ميلي وات، بينما تنخفض في الخلية العادية من ٥٤ إلى ٣١ ميلي وات . ولذا نجد أن الخلايا الكهروضوئية ذات السطح العاكس هي الأفضل والأعلى قدرة وكفاءة عند تعرضها للأشعة الكونية العادية أو الزائدة مقارنة بالخلايا البنفسجية والعادية.

ولزيادة التأكد من البيانات السابقة أجريت دراسة معملية أخرى تتعلق بتأثير اصطدام الجسيمات المشحونة السالبة والموجبة كل على حدة (الرجم الإلكتروني والبروتوني) باستخدام المسرعات المعروفة على كفاءة خلايا كهروضوئية مختلفة ، شكل (٢أ،ب) ، ويوضح الشكل أن جميع الخلايا تحتفظ بكفاءتها أثناء تعرضها للأشعة الكونية العادية ولكن بزيادة شدة الإشعاعات تقل كفاءة الخلايا بصفة عامة إلا أن خلايا فوسفيد الإنديوم تظل الأعلى كفاءة مقارنة بالخلايا الأخرى. فعلى سبيل المثال في شكل (٢أ)، وعند طاقة الكترونات مقدارها $^{15}10$ مليون الكترون فولت نجد أن كفاءة خلايا فوسفيد الأنديوم تقدر بحوالي ٩٨٪ ، بينما تقدر كفاءة كل من زرنيخ الجاليوم والسيليكون بحوالي ٧٨٪ من كفاءة هذه الخلايا قبل تعرضها لتأثير الطاقة . وفي الشكل (٢ب) ، وعند طاقة بروتونات مقدارها $^{12}10$ مليون الكترون فولت نجد أن كفاءة خلايا فوسفيد الإنديوم تقدر بحوالي ٩٤٪ ، بينما تقدر كفاءة كل من خليتي زرنيخ الجاليوم والسيليكون بحوالي ٨٢٪ و٦٤٪ على التوالي من كفاءتها الأساس .

وعلى نطاق أوسع تم إجراء تجارب فضائية مختلفة لدراسة تأثير الأشعة الكونية على كفاءة تشغيل أنواع مختلفة من خلايا كهروضوئية ذات بنى مختلفة وخصائص فيزيائية محددة . ويوضح الجدول (١) مقارنة بين النسبة المئوية لكفاءة أربعة أنواع مختلفة من خلايا كهروضوئية ـ تستخدم بكثرة في التطبيقات الفضائية ـ هي السيليكون ، وزرنيخ الجاليوم، وفوسفيد الإنديوم (١) و(٢) وذلك عند بداية ونهاية تشغيلها في الفضاء وتعرضها للأشعة الكونية ($^{9}10$ ـ $^{13}10$ مليون الكترون فولت)لمدة عشر سنوات .

ويلاحظ من الجدول زيادة كفاءة خلايا فوسفيد الإنديوم(٢) الرقيقة (١٥٠ميكرون) ـ مقارنة بأنواع الخلايا الأخرى ـ في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية سواء في بداية التشغيل (١٨٪) أو نهايته (١٦,٩٪) . ويرجع ذلك بصفة أساس إلى العلاقة المباشرة بين الطاقة الكهربائية المنتجة من هذه الخلايا وبين كتلة الخلايا وملحقاتها كما هو موضح في الجدول (٢) الذي يبين مقارنة بين الطاقة/الكتلة (وات/كيلو جرام) المنتجة في بداية التشغيل ونهايته لثلاث خلايا كهروضوئية هي السيليكون ، وفوسفيد الإنديوم بنوعيه (١) و (٢) . ويلاحظ من الجدول ارتفاع نسبة الطاقة / الكتلة لخلايا فوسفيد الإنديوم الرقيقة (٢) ـ مقارنة بالخلايا الأخرى ـ حيث تتراوح هذه النسبة بين ٦٩,٩ إلى ٦٠,٠٤ وات / كيلو جرام في بداية التشغيل ونهايته على التوالي، ولذا تعد خلايا فوسفيد الإنديوم هي أفضل أنواع الخلايا الكهروضوئية في التطبيقات الفضائية وذلك لقدرتها على مقاومة تأثير الأشعة الكونية العادية عند التعرض لها ، إلا أنه ينبغي السير قدماً في تطوير تقنية هذه الخلايا حتى تتحمل تأثير الأشعة الكونية ذات الطاقة العالية.

الخواص / نوع الخلية	المساحة (سم٢)	سمك الخلية (ميكرون)	جهد الخلية (فولت)	كثافة التيار (ميلي أمبير/سم٢)	الكفاءة (٪) خلال ١٠ سنوات	
					بداية التشغيل	نهاية التشغيل
السيليكون	١٢	١٨٠	,٥٤٣	٣٤,٧	١١,٠	٩,٢
زرنيخ الجاليوم	٨	٣٠٠	١,٠١	٢٨,٥	١٦,٥	١٢,٩
فوسفيد الإنديوم(١)	٤	٣٠٠	٠,٨٠	٣٢,٠	١٥,٠	١٤,١
فوسفيد الإنديوم(٢)	٨	١٥٠	٠,٨٥	٣٣,٥	١٨,٠	١٦,٩

● جدول (١) مقارنة كفاءة (٪) خلايا كهروضوئية مختلفة في بداية ونهاية تشغيلها في الفضاء.

الخليـــــة	مساحة المنطقة الفعالة (سم٢)		عدد الخلايا		كتلة الخلايا (كيلو جرام)		كتلة المجموعة (كيلو جرام)		الكتلة الإجمالية (كيلوجرام)		الطاقة / الكتلة (وات / كيلوجرام)	
	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)
سيليكون	١٢,٢٩	١٢,٠٧	١٠٣٠٤	١٠٠٨٣	٨,٢٠	٨,٠٥	٢٤,٤٦	٢٤,٠١	٣٣,٢٨	٣٢,٦٧	٤٥,٧٨	٣٤,٩٦
فوسفيد الإنديوم (١)	٩,٣	٨,١٧	٢٣,٣٨٠	٢٠٤٤٨	١٣,٣٤	١١,٧١	١٨,٥١	١٦,٢٥	٣٣,٢٥	٢٩,١٩	٤٥,٨٢	٣٩,١٢
فوسفيد الإنديوم (٢)	٧,٨٤	٦,٤٨	٩٨٢٨	٨٥٨٠	٥,٦٢	٤,٩٠	١٥,٥٩	١٣,٦٠	٢١,٨٠	١٩,٠٣	٦٩,٩٠	٦٠,٠٤

● جدول (٢) مقارنة بين الطاقة / الكتلة الإجمالية لخلايا كهروضوئية فضائية .
(أ) بداية التشغيل (ب) نهاية التشغيل

تبرز ـ عادة ـ مشكلة رئيسة تتعلق بحجم الخلايا الكهروضوئية وكيفية نقلها وملحقاتها الميكانيكية والكهربائية إلى الفضاء عند استخدامها في الحصول على طاقة فضائية مرتفعة مثل القيام برحلات فضائية طويلة الأمد أو بناء منصات أو محطات فضائية . وقد تم التغلب نسبياً على هذه المشكلة عن طريق طي ولف وتخزين وحفظ الخلايا الكهروضوئية بأقل مساحة ممكنة في شكل أسطواني (كالسجادة الملفوفة) ذات مقطع دائري قطره ٢٠ سم لكل ١٥٠٠ وات ، وعند بدء المهمة الفضائية تفتح اللوحات الكهروضوئية بطريقة آلية ذاتية مدعمة بسطح ارتكازي رئيس، ومفاصل معدنية، ومرابط وموصلات حركية، وعناصر هيدروليكية وغيرها لتشكيل المساحة المطلوبة ، وعلى سبيل المثال يبلغ عدد الخلايا الكهروضوئية الداخلية في لوحتين كهروضوئيتين نموذجيتين بمساحة تتراوح بين ٧ إلى ٨ متر مربع حوالي ٣٤,٥٠٠ خلية مثبتة على مواد زجاجية بصورة محكمة ، كما أنها تغطى من أعلى بطبقة زجاجية خاصة لحمايتها أثناء التشغيل والتعرض المستمر للأشعة الكونية .

وحدة المجمع	التكلفة (ألف دولار)
خلايا كهروضوئية	٧٩
مواد وملحقات	٣٧
هيكل ومعدات	٩٥
اختبارات	٧٤
الإجمالي	٢٨٥

● جدول (٣) توزيع التكلفة الإجمالية لمجمع كهروضوئي .

● تكاليف النظم الفضائية

تتغير تكاليف نظم الخلايا الكهروضوئية الفضائية من نظام لآخر ، وتعتمد بصفة أساس على عدة عوامل أهمها القدرة المطلوبة ، والعمر المداري ، ومساحة وكتلة المجمع الكهروضوئي . وتقاس تكلفة القدرة الكهروضوئية المركبة عند إقامة المجمعات الكهروضوئية بالدولار/وات ، بينما تقاس تكلفة وحدة الطاقة المنتجة بالدولار / كيلووات ساعة . ويوضح جدول (٣) توزيع التكلفة الإجمالية لمجمع خلايا كهروضوئية ذات قدرة ١٠٠٠ وات ، وعمر مداري ٢٥ سنة ، ومساحة مجمع ٧,٥م٢ ، وكتلة ٣٠,٤ كجم .

ومما سبق نجد أن تكلفة وحدة القدرة بلغت ٢٨٥ دولار/وات في حين بلغت تكلفة وحدة الطاقة الكهروضوئية الفضائية ٣,٦١ دولار /كيلووات ساعة.

وعلى الرغم من أن تكلفة إنتاج الكيلووات/ساعة من الطاقة الكهروضوئية الفضائية لازالت مرتفعة إلا أن النجاحات الكبيرة التي حققها التطور في تقنية وتصنيع الخلايا الكهروضوئية على المستويين الأرضي والفضائي أدت إلى انخفاض تكلفة إنتاج وحدة الطاقة الكهروضوئية الفضائية من ١٠٠ دولار (نهاية الخمسينات) إلى أربعة دولارات تقريباً في الوقت الحاضر ، ولازال البحث والتطوير مستمراً .

نظم الطاقة الفضائية

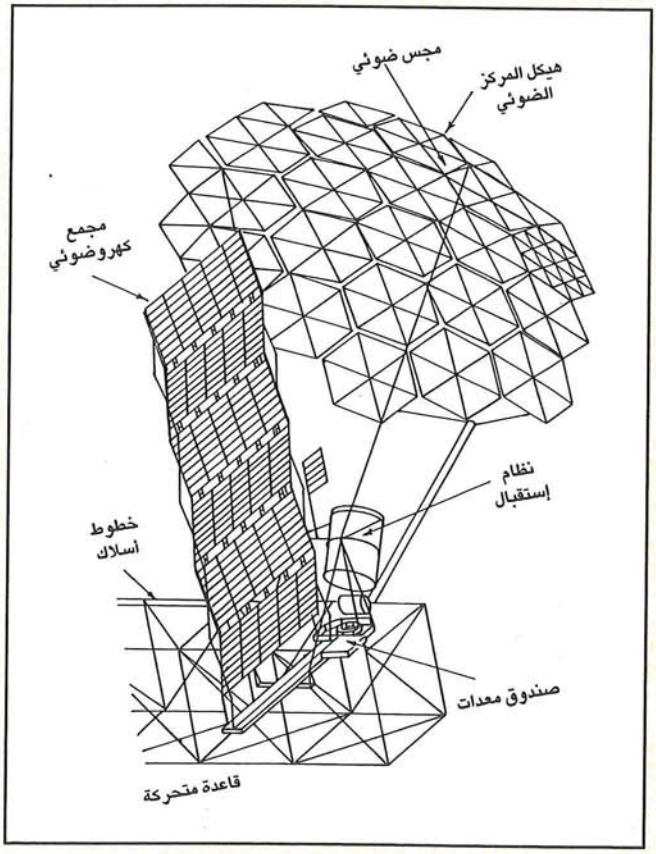
يجب أن تتوفر في نظم الطاقة الشمسية الفضائية بعض العناصر الرئيسة ـ مقارنة بنظم الطاقة الشمسية الأرضية ـ أهمها عدم الحاجة إلى صيانة ، وقلة الوزن ، وآلية خاصة للربط والتشغيل ، ونظام تبريد خاص ، وعدم انخفاض كفاءة التشغيل أثناء التعرض للأشعة الكونية ، وتوجيه المجمع الشمسي مباشرة إلى الشمس . إضافة إلى ذلك يتوقف حجم نظم الطاقة الفضائية على زمن الرحلة الفضائية ، فعلى سبيل المثال عند القيام برحلة فضائية تستغرق أقل من يوم فإنها تحتاج إلى قدرة كهربائية تصميمية تصل إلى واحد كيلووات فقط على أن تكون مدعمة ببعض البطاريات الكهروكيميائية كوسط تخزين ، أما إذا كان زمن الرحلة يستغرق شهراً واحداً فإنها تحتاج إلى مائة كيلووات مع استخدام خلايا وقود كنظام أكثر ملائمة لتخزين الطاقة ، أما في الرحلات الفضائية التي تزيد عن شهرين مثل مهمة جوبيتر (Jupiter) فإنها تتطلب تزويداً مستمراً بالطاقة ، وفي مثل هذه الحالات يلعب وزن الوقود دوراً هاماً في تكاليف الرحلة ، ولذا يمكن استخدام مصادر احتياطية كالمولدات الكهروحرارية ـ النووية للحصول على التشغيل الأمثل لنظام الطاقة الشمسية الفضائية . أما في الرحلات الفضائية التي تحتاج إلى قدرة كهربائية كبيرة فإن الحل النووي قد يكون

نوع المهمة / البلد	أرضية	قمرية	كوكبية	شمسية	الإجمالي
إندونيسا	٢	–	–	–	٢
استراليا	٢	–	–	–	٢
كندا	٨	–	–	–	٨
وكالة الفضاء الأوربية	١٠	–	–	–	١٠
فرنسا	٢٠	–	–	–	٢٠
ألمانيا	٤	–	–	٢	٦
انفلسات (شركة اتصالات)	٢١	–	–	–	٢١
اليابان	١٢	–	–	–	١٢
حلف الناتو	٤	–	–	–	٤
جمهورية الصين الشعبية	٧	–	–	–	٧
بريطانيا	٨	–	–	–	٨
الولايات المتحدة	٧٧٤	٣٦	١٣	٤	٨٢٨
الاتحاد السوفياتي (السابق)	١١٥١	٣٣	٢٧	–	١٢١١
هولندا	١	–	–	–	١
أسبانيا	١	–	–	–	١
إيطاليا	٥	–	–	–	٥
الهند	١	–	–	–	١
الإجمالي	٢٠٢١	٦٩	٤٠	٦	٢١٤٦

● جدول (٤) قائمة لبعض استخدامات نظم الطاقة الشمسية في الفضاء .

الأفضل والأكثر جدوى مقارنة مع نظم الخلايا الكهروضوئية الفضائية ويتوقف ذلك على نوع التطبيق الفضائي (رحلة فضائية استكشافية، إجراء تجارب ، توليد طاقة ...) .

ويبين الجدول (٤) إحصاءً عاماً لأهم المهمات المدارية التي استخدمت نظم الطاقة الشمسية الفضائية المختلفة - إحصائيات عام ١٩٧٧م ، في حين يوضح الشكل (٣) مثالاً نموذجياً لنظام طاقة كهروضوئية فضائية مزوداً بنظام حراري مساند، ويبين الشكل (٤) مخططاً متكاملاً لنظام طاقة كهروضوئية مع جهاز تبريد خاص .

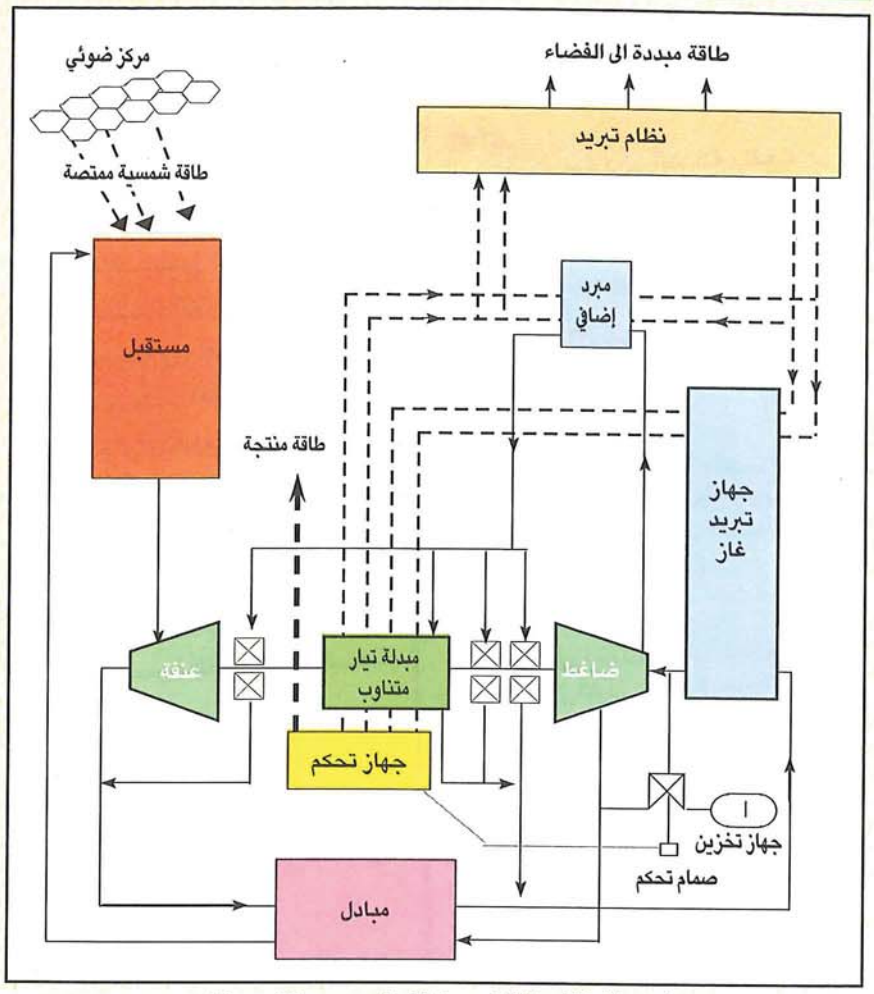


● شكل (٣) نظام طاقة كهروضوئي فضائي مدعم بنظام حراري مساند.

المحطات الشمسية الفضائية

قادت النجاحات الأولية التي تحققت مؤخراً في تطوير نظم الطاقة الشمسية الكهروضوئية الأرضية والفضائية إلى تبني مشروع جديد يهدف إلى إقامة محطات أقمار صناعية للطاقة الشمسية (Satellite Solar Power Station-SSPS) ، شكل (٥) للاستفادة منها في تأمين الطاقة الكهربائية الأرضية خاصة في فترات الذروة. وقد توقع علماء الطاقة أن بناء مثل هذه المحطات العملاقة في الفضاء سيكون حلاً مناسباً لمشكلة الطاقة العالمية خاصة في نهاية القرن القادم ، حيث أن مثل هذه المحطات ستعمل ليلاً ونهاراً دون الحاجة إلى متطلبات تخزينية معقدة .

وقد ظهرت فكرة محطات الطاقة الشمسية الفضائية بصورة حديثة من خلال إحدى ندوات التنمية والبيئة في مدينة ريودي جانيرو في يونيه ١٩٩٢م ، حيث تبين من خلال عدد من الدراسات التحليلية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي نشرت حول موضوع إقامة محطات شمسية - فضائية لتزويد الأرض بالطاقة الكهربائية إمكانية إقامة هذه المحطات من حيث المبدأ إلا أنها تحتاج إلى مزيد من البحث والتطوير خلال العقود القليلة القادمة. وقد ورد حديثاً في إحدى الدراسات النظرية المتعلقة بالموضوع تصميم كامل لنظام محطة فضائية للطاقة الشمسية يتم فيها تحويل الطاقة الشمسية (الإشعاع الكهرومغناطيسي) إلى أمواج كهرومغناطيسية ذات أطوال موجية محددة في رتبة الأمتار

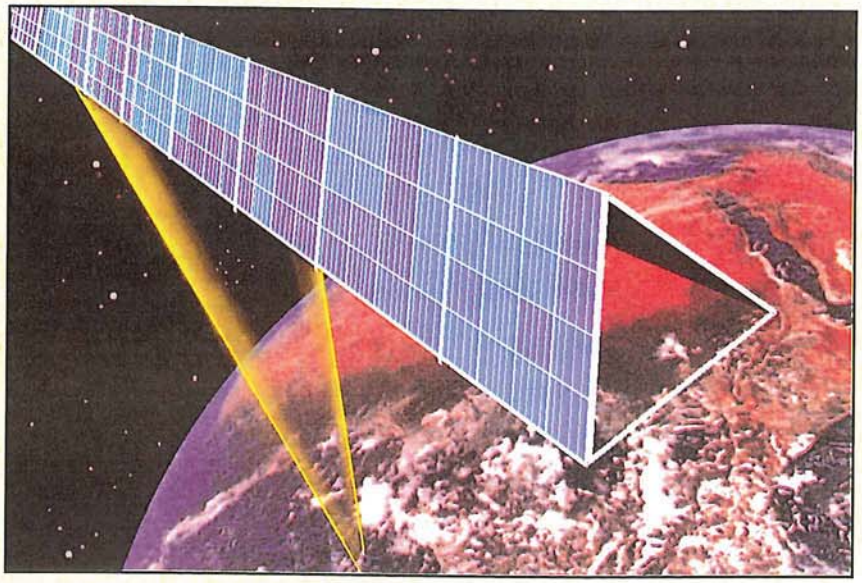


● شكل (٤) نظام طاقة شمسية فضائي مع جهاز تبريد خاص.

(الأمواج المترية ــ Microwaves) بوساطة مرسل الكتروني مزود بهوائي قطره كيلومتر واحد ويقع القمر الصناعي العملاق أو المحطة الفضائية في مدار ملائم قريب من سطح الأرض لبث هذه الأمواج إلى السطح حيث يتم استقبالها بوساطة هوائي قطره ٧ كيلو متر . وقد حسبت ـ نظرياً ـ القدرة المنتجة بهذه الطريقة في حدود عشرة آلاف ميجاوات (تيار متناوب لمدة ٢٤ ساعة متواصلة يومياً) دون حدوث انقطاع لأي أسباب جوية ، هذا وتصل كفاءة التحويل النظرية لمثل هذه المحطات في الوقت الحاضر إلى ٣١٪ ومن المتوقع أن تصل إلى ٦٩٪، وقد عرفت هذه التقنية باسم النقل الكهروفضائي (نقل الكهرباء من الفضاء إلى سطح الأرض).

أشارت دراسة نظرية أخرى صادرة عن وكالة الفضاء الأمريكية ناسا (NASA) أن بناء محطة فضائية للطاقة يحتاج إلى مجمع كهروضوئي ضخم تصل مساحته إلى ١٩,٢×٣,٨٥ كيلومتر مربع يقع في الفضاء على ارتفاع ٣٦ كيلو متر وتحت درجة حرارة تشغيلية ١٢٥°م ، وسوف يقوم هذا المجمع بإرسال طاقة إلى محطة الاستقبال الأرضية بصورة دائمة وغير متقطعة وتزيد كفاءة هذا المجمع بمقدار عشر مرات عن كفاءة مجمع كهروضوئي أرضي مماثل له في الحجم ، هذا ويتطلب بناء هذه المحطة أعمال إنشائية كبيرة يتراوح وزنها بين ٥ إلى ١٠ آلاف طن مع افتراض عمر تشغيلي حوالي ٣٠ عاماً .

وعلى الرغم من وضوح الفكرة الأساس لمحطات تحويل الطاقة الشمسية في الفضاء إلا أنه ما تزال هناك أموراً عديدة وصعوبات تقنية تحتاج إلى مزيد من البحث والتطوير أهمها تطوير نظام نقل القدرة بالطريقة الهوائية (Wireless Power Transmission- WPT) ، ورفع كفاءة الأجهزة المتعلقة بمولدات الأمواج المترية (Microwaves Generators -MWG) وذلك بهدف الحصول على تيار كهربائي



● شكل (٥) محطة طاقة شمسية فضائية بقدرة (١٠ ميجاوات).

مستمر (DC) ويستفاد من ذلك في إمكانية الحصول على الكهرباء في كافة بقاع الأرض دون حاجة إلى تمديد خطوط نقل القدرة للأمواج المترية ، وبالفعل قامت شركة رايثون (Rithon) الأمريكية بتطوير نظام كهربائي لاسلكي في طائرة عمودية عام ١٩٦٤م يعتمد على تقنية نقل الطاقة هوائياً . كما قامت وكالة الفضاء الأمريكية ناسا(NASA) بتركيب هوائي خاص في مدينة جولد ستون ـ كليفورنيا وتركيب معدات وأجهزة إرسال حزم الأمواج المترية بتردد ٢,٤٥ جيجا هرتز (تعادل قدرة ٣٠ كيلووات)، وقد انتقلت هذه الأمواج لمسافة قدرها ١,٦ كيلومتراً، وقد تم تحويل طاقة هذه الأمواج مباشرة إلى تيار مستمر بكفاءة تصل إلى ٨٢٪.

وفي عام ١٩٨٧م قامت وزارة الاتصالات الكندية باختبار صغير ومحدود على طائرة مرتفعة جداً ، حيث تم تزويدها بالكهرباء عن بعد بوساطة تقنية الأمواج المترية .

من جهة أخرى بدأ العمل في بحث وتطوير تقنية محطات الطاقة الشمسية الفضائية في بداية الثمانينات من خلال برنامج مكثف تقوم به وزارة الطاقة الأمريكية بالتعاون مع وكالة الفضاء الأمريكية ناسا يتم من خلاله التركيز على دراسة الأمواج المترية والليزرية على اعتبارها تمثل جزءاً من طيف الإشعاع الكهرومغناطيسي الرئيس . وقد لزم لذلك الأمر التفكير جدياً في إنشاء نظام محطة فضائية بقدرة ٥ ميجاوات (٥ آلاف كيلووات) حيث يتم نقل الطاقة الناتجة عنها عبر الفراغ الجوي إلى سطح الأرض من خلال شبكة متقدمة تعتمد على مبدأ النقل الكهروفضائي .

وبالإضافة إلى ماسبق فقد قامت دول أخرى في أوربا واتحاد الدول المستقلة (روسيا الاتحادية) بمتابعة الموضوع وخاصة في حقل التطبيقات الممكنة لتقنية نقل الطاقة هوائياً (WPT) . وقد مثّل هذه الدول هيئات رسمية كوكالة الفضاء الأوربية وأكاديمية العلوم الروسية وغيرها . ومن آخر المستجدات في هذا الموضوع قيام معهد الطيران والعلوم الفضائية في اليابان بتطوير مولد أمواج مترية بقدرة ٩٠٠ وات ، حيث تم تبادل هذه القدرة بنجاح مع قمر صناعي تم إطلاقه سابقاً ، ومع ذلك لا تتوقع اليابان تشغيل ما يسمى بالمحطات الشمسية الفضائية الضخمة قبل عام ٢٠٤٠م.

وعلى الرغم من التقدم العلمي الأولي في مجال محطات الطاقة الشمسية الفضائية إلا أن هناك صعوبات تقنية ترتبط بآلية تشغيل هذه المحطات أهمها :ـ

* طبيعة الغلاف الجوي ومدى تأثيره على نقل الأمواج المترية .
* صعوبة تكلفة نقل أجزاء الأمواج المترية ومعدات المحطة الفضائية إلى المدار .
* صعوبة التنسيق المستمر بين القيادتين الأرضية والفضائية .
* صعوبة أعمال التشغيل والصيانة في المدار .
* شروط الأمن والسلامة للتجهيزات والطاقم الفضائي .

وسيساعد بمشيئة الله حل الصعوبات السابقة على إعداد الإجراءات اللازمة لزيادة فعالية العمل خارج المنصات وخارج المركبة الفضائية الأم ، وإنجاز الأعمال الإنشائية المطلوبة بكل حذر في المدار مما سيؤدي بدوره إلى تشغيل المحطة الشمسية الفضائية في صورتها المثلى .

حقائق عن الشمس

● الموقع :
أحد نجوم مجرة درب التبانة وتقع ع
بعد ٣٣ ألف سنة ضوئية من مركز المجرة

● الكتلة :
١×١٠^٢٦ طن (٣٣٠ ألف مرة من كتلة الأرض

● المسافة من الأرض :
١٥٠ مليون كلم .

● درجة الحرارة :
تبلغ درجة حرارتها ١٥ مليون در
مئوية في القلب و ٦ آلاف درجة مئوية
السطح (تأتي الحرارة بسبب التفاع
الإندماجية لغاز الهيدروجين) .

● أشكال الطاقة :
موجات كهرومغناطيسية تخترق ا
الكوني لتصل إلى الأرض على شكل حرارة و

● التطبيقات الحرارية :
الأطباق المقعرة ، المركزات الط
والأسطح المتصة للحرارة لتس
ـ بكفاءة قصوى ٣٥٪ ـ في سخانات
الطباخات الشمسية ، مجففات المح
والأطعمة ، كهرباء بوساطة المح
الحرارية المتصلة بالمولدات الكهربائية

● التطبيقات الضوئية :
الخلايا الكهروضوئية ـ كفاءة
٢٠٪ ـ تستخدم في الإنارة ، الإتص
اللاسلكية ، ضخ المياه ، تحلية
العلامات المرورية والإرشادية ، المركبات الفض

● ميزات الطاقة الشمسية :
عدم النضوب ـ بمشيئة الل
وانعدام التلوث ، وسهولة صيانة
الأجهزة المستخدمة، وقلة الضوضاء

● المشكلات الحالية :
التكلفة العالية ، ولكن من الم
تنخفض ابتداءاً من عام ٢٠١٠ ا
متناول اليد إن شاء الله تعالى .

● الطاقة الشمسية بالمملكة
تملك المملكة معدل إشعاع ش
(٧٥, كيلوات/م٢) ، و بها أك
عالمي لمادة السيليكون الذي يس
صناعة الخلايا الكهروضوئية
مساحة المملكة كاف لمد العا
١,٥ مرة من احتياجه من الط
معدلات عام ١٩٩٥) .