



جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

الطاقة المتجددة

(الطاقة الشمسية)

بحث مقدم الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة بابل وهو جزء من

متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في قسم الفيزياء.

من قبل الطالب

أحمد اركان جبار

ياشرف

م. د. شياء مظهر مهدي

آيَةُ الْقُرْآنِيَّةِ

قال تعالى:

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وَسَخَّرَ لَكُمُ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ دَائِبَيْنِ، وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ، وَأَتَاكُمْ مِنْ كُلِّ مَا

سَأَلْتُمُوهُ، وَإِنْ تَعُدُّوا نِعْمَتَ اللَّهِ لَا تَحْصُوهَا)

صدق الله العلي العظيم

[سورة إبراهيم، الآيات 33-34]

❖ الإهداء ❖

إلى صاحب العصر والزمان..

إلى منار الحق ونور الأمل في القلوب، إلى مقام سيدي ومولاي الإمام المهدي (عجل الله فرجه الشريف)، أهدي ثمرة جهدي المتواضع، سائلاً الله أن يتقبله مني ويجعلني من خدام دينه.

إلى منبع العطاء والحنان..

إلى والدي العزيز، سندي وعزي ومنار دربي.. وإلى والدي الغالية، التي كانت دعواتها هي السر وراء كل نجاح، من علمتي الصبر حتى نلت المراد.

إلى ورثة الأنبياء..

إلى أساتذتي الأجلاء الذين لم ييخلوا علينا بعلمهم، وغرسوا فينا حب المعرفة، لكم مني كل التبجيل والتقدير.

إلى منار العلم في بحثي..

إلى مشرفي الفاضل (م.د. شفاء مظهر مهدي)، الذي كان لتوجيهاته الأثر الكبير في إتمام هذا البحث، شكراً لعطائك وسعة صدرك.

إلى رفاق الدرب..

إلى أصدقائي الأوفياء، الذين شاركوني لحظات التعب والفرح، وكنتم خير عون لي في السراء والضراء.

إلى من بهم يشتد الظهر..

إلى عائلتي وأهلي جميعاً، لكل من يحمل لي في قلبه وداً ولكل من يربطني بهم دم واعتزاز.

إلى القلوب الطيبة..

إلى كل من ساندني بكلمة طيبة، أو دعوة صادقة، أو دعم معنوي خلال مسيرتي الدراسية، أهديكم جميعاً هذا النجاح.

✧ شُكْرٌ وَتَقْدِيرٌ ✧

الحمد لله الذي بنعمته تم الصالحات، وبفضله وتوفيقه أتممت هذا البحث. أتقدم بخالص الشكر وعظيم الامتنان إلى مشرفي الفاضل (م.د. شياء مظهر مهدي)، الذي لم ييخل عليّ بتوجيهاته القيمة ونصائحه السديدة التي كانت بمثابة المنارة لي في إنجاز هذا العمل. كما أتقدم بالشكر إلى أساتذتي الكرام في كلية (التربية للعلوم الصرفة) لما قدموه لنا من علم ومعرفة. وأخيراً، أهدي هذا الجهد إلى عائلتي الكريمة التي كانت وما زالت السند والمصدر الأول للدعم والتشجيع.

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	اسم الموضوع
أ	آيَةُ الْقُرْآنِيَّةِ
ب	الإهداء
ت	شُكْرٌ وَتَقْدِيرٌ
ث	قائمة المحتويات
ج	قائمة الأشكال
ح	الخلاصة
(1-10)	الفصل الاول (الطاقة المتجددة)
2	المقدمة
3	مفهوم الطاقة المتجددة
3	خصائص الطاقة المتجددة
4-8	مصادر الطاقة المتجددة
(9-21)	الفصل الثاني (الطاقة الشمسية)
10	المقدمة
11	مفهوم الطاقة الشمسية
11-12	خصائص الطاقة الشمسية
13-15	انواع أنظمة الطاقة الشمسية
19-16	مكونات أنظمة الطاقة الشمسية
20-21	فوائد الطاقة الشمسية
(25-22)	الفصل الثالث (إيجابيات وسلبيات الطاقة الشمسية)
23-24	إيجابيات الطاقة الشمسية
24-25	سلبيات الطاقة الشمسية
26-27	المصادر

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
(1-2)	مخطط نظام الطاقة الشمسية المتصل بالشبكة.	13
(2-2)	مخطط نظام الطاقة الشمسية المنفصل عن الشبكة.	14
(3-2)	مخطط نظام الطاقة الشمسية الهجين	15
(4-2)	مخطط مكونات انظمة الطاقة الشمسية	16
(5-2)	لوح طاقة شمسية فوتوفولطي	17
(6-2)	عاكس طاقة شمسية بقدرة 2000 واط	18
(7-2)	منظم شحن طاقة شمسية	18
(8-2)	بطاريات تخزين الطاقة الشمسية	19

الخلاصة

يتناول هذا البحث الطاقة المتجددة بوصفها خيارًا استراتيجيًا لتحقيق الاستدامة البيئية والأمن الطاقى في ظل التحديات المتزايدة الناتجة عن الاعتماد على الوقود الأحفوري. إذ تتميز مصادر الطاقة المتجددة باستدامتها وانخفاض آثارها البيئية، فضلاً عن دورها في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة ودعم التنمية الاقتصادية على المدى الطويل [1][3].

يعرض البحث في فصله الأول مفهوم الطاقة المتجددة وخصائصها، مع استعراض أهم مصادرها مثل الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة الكهرومائية، وطاقة الكتلة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية، والطاقة البحرية.

ويركز الفصل الثاني على الطاقة الشمسية باعتبارها أكثر مصادر الطاقة المتجددة وفرة، حيث تم توضيح مفهومها وأنواع أنظمتها ومكوناتها الرئيسية، إلى جانب مجالات استخدامها المتعددة في توليد الكهرباء والحرارة وتحتية المياه، مع الإشارة إلى التحديات المرتبطة بالتخزين والاعتماد على الظروف المناخية [9].

ويختتم البحث بتحليل إيجابيات وسلبيات الطاقة الشمسية، إذ تبين أنها طاقة نظيفة وقليلة الصيانة وتساهم في خفض فواتير الكهرباء، إلا أنها تواجه تحديات تتعلق بارتفاع الكلفة الأولية وصعوبة التخزين وتأثر كفاءتها بالظروف الجوية. ويخلص البحث إلى أن التوسع في استخدام الطاقة الشمسية يمثل ضرورة تنموية وبيئية، خاصة في الدول العربية ذات الإمكانيات الشمسية العالية، مع أهمية دعم السياسات والتقنيات الحديثة لتحقيق تحول طاقى مستدام [22][29].

الفصل الاول

الطاقة المتجددة

1-1 المقدمة

تعتبر مصادر الطاقة المتجددة من المقومات الأساسية لتحقيق استدامة الطاقة في العصر الحديث، نظرًا لتجدها المستمر وتوافرها في مختلف مناطق العالم، وقلة ملوثاتها مقارنةً بالوقود الأحفوري. فهي تعتمد على عناصر الطبيعة مباشرة، مثل الشمس والرياح والمياه وحرارة الأرض، مما يجعلها خيارًا موثوقًا لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة، لا سيما مع الزيادة السكانية والنمو الاقتصادي المستمر. [2]

تتميز الطاقة المتجددة بعدم قابليتها للنفاذ، إذ تتجدد بوتيرة أكبر من استهلاكها، على عكس المصادر التقليدية التي تتطلب ملايين السنين لتكوّنها، مثل النفط والفحم. كما تُعد هذه الطاقة صديقة للبيئة، حيث تحدّ من الانبعاثات الضارة التي تسهم في تغيّر المناخ وتهديد التنوع البيولوجي، مما يجعل الاعتماد عليها ضرورة بيئية واقتصادية في الوقت ذاته. [1]

وعلى البعد الاقتصادي، على الرغم من ارتفاع تكلفة إنشاء مشاريع الطاقة المتجددة في البداية، إلا أن تكاليف التشغيل والصيانة منخفضة نسبيًا، مما يجعل الاستثمار فيها مجديًا على المدى الطويل، لا سيما في الدول منخفضة ومتوسطة الدخل. كما يسهم انخفاض أسعار تقنيات الطاقة المتجددة في زيادة جاذبيتها وتوسيع نطاق استخدامها لتوليد الكهرباء من مصادر منخفضة الكربون. [5]

وتتمتع الدول العربية بإمكانات كبيرة في مجالي الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وتشهد المنطقة تنفيذ مشاريع متزايدة في هذا المجال، رغم استمرار الاعتماد على الغاز الطبيعي والنفط في توليد الكهرباء. وتشير الدراسات إلى إمكان زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة بشكل ملحوظ خلال السنوات القادمة، عبر تطوير البنية التحتية لشبكات الكهرباء وتعزيز مشاريع تحلية مياه البحر بالطاقة المتجددة. [2]

وبناءً على ما سبق، يمثل التحول نحو الطاقة المتجددة فرصة مهمة لتعزيز الأمن الطاقوي في المنطقة العربية، وتحقيق التنمية المستدامة، بما يسهم في بناء مستقبل طاقي أكثر وفرة ومرونة، ويحد من الأضرار البيئية المرتبطة بالاعتماد على المصادر التقليدية للطاقة. [5]

2-1 مفهوم الطاقة المتجددة

الطاقة المتجددة هي الطاقة الناتجة عن مصادر طبيعية تتجدد بمعدل يفوق ما يتم استهلاكه، وهي مصادر وفيرة وموجودة في كل مكان حولنا، مثل أشعة الشمس والرياح والمياه والكتلة الحيوية والطاقة الحرارية الأرضية. وتمتاز هذه المصادر بكونها مستدامة وغير قابلة للنفاذ، كما أن الانبعاثات الناتجة عن توليدها أقل بكثير من الانبعاثات الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري، مما يجعلها طاقة نظيفة وغير ملوثة للبيئة. [3]

3-1 خصائص الطاقة المتجددة

1. إن مصادر الطاقة المتجددة تلعب دورًا مهمًا في حياة الإنسان كونها تساهم في تلبية متطلبات الإنسان من الطاقة. [5]
2. إن مصادر الطاقة المتجددة ليست عالية التركيز وبالتالي فإن استخدام هذه المصادر يتطلب استعمال العديد من الأجهزة ذات المساحات والأحجام الكبيرة وهذا أحد أهم أسباب ارتفاع التكلفة الأولية لأجهزة الطاقة المتجددة. [1]
3. يتطلب تبني الطاقة المتجددة استعمال تكنولوجيا ملائمة لكل شكل من أشكال الطاقة البديلة لأن أشكال الطاقة مختلفة في مصادر الطاقة المتجددة، فالطاقة الشمسية هي طاقة كهرومغناطيسية وتتجسد على الأرض بعدة أشكال. [1]
4. لا يمكن نقل الطاقة المتجددة إلا بعد تحويلها إلى طاقة كهربائية بالتالي يجب استخدامها في موقع إنتاجها. [5]
5. إن استخدام الطاقة المتجددة في مجال النقل ضئيل جدًا فإن إمكانياتها كمصدر متعدد الاستعمالات محدود، علمًا بأن قطاع النقل يستهلك ربع إنتاج الطاقة العالمية. [1]

4-1 مصادر الطاقة المتجددة

4-1-1 الطاقة الشمسية

هي الطاقة المستمدة من أشعة الشمس في شكل حرارة وضوء، وتعد الطاقة الشمسية الأكثر وفرة من بين جميع موارد الطاقة المتجددة، فكافة الدول يمكنها استخدام الطاقة الشمسية كأحد مصادر الطاقة لديها، مع اختلاف حجم وقدرات الاستخدام بين الدول المختلفة.[2]

وللطاقة الشمسية تطبيقات عديدة في مختلف مناحي الحياة، تطورت مع الحداثة والتقدم التقني. قديماً كان يُستخدم "الطباخ الشمسي" وهو صندوق يتم فيه تجميع حرارة الشمس واستغلالها في طهي الطعام وتسخين المياه وتعقيم الأدوات الطبية، كما يتم استخدام أشعة الشمس في المجالات الزراعية من أجل تسهيل عملية الزراعة ونمو النباتات في غير موسمها، وكذلك تجفيف الحاصلات الزراعية. ومع التطور التقني ظهرت تطبيقات حديثة لاستخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء منها تقنية الخلايا الشمسية، وتقنية تركيز الطاقة الشمسية:[2]

أ. **تقنية الخلايا الشمسية:** تسمى أيضاً الخلايا الفوتوفولطية (Photovoltaic (PV) Cell)، وهي عبارة عن جهاز يستقبل أشعة الشمس ويحولها مباشرة إلى طاقة كهربائية. كما يتم تجميع مجموعة من الخلايا الشمسية معاً في وحدة واحدة يُطلق عليها اللوح الشمسي، وتزداد الطاقة الكهربائية المولدة من الطاقة الشمسية مع زيادة عدد الخلايا والألواح الشمسية المستخدمة.[5]

ب. **وحدات تركيز الطاقة الشمسية:** تُستخدم هذه التقنية في توليد الطاقة الشمسية على مرحلتين، حيث يتم أولاً تجميع حرارة الشمس بشكل مكثف وذلك من خلال استخدام مجموعة عدسات كبيرة الحجم تركز الضوء من الشمس على شكل شعاع، ويتم من خلال أجهزة استقبال تحويل الأشعة إلى حرارة، ثم يتم في المرحلة التالية تحويل هذه الحرارة إلى طاقة كهربائية.[1]

على الرغم من المزايا العديدة التي تتمتع بها الطاقة الشمسية كأفضل المصادر المتجددة وفرة، إلا أنها تواجه تحديات تتعلق بالقدرة على تخزينها، فطاقة الشمس لا تتوفر في جميع الأوقات مثل أوقات الليل أو الأوقات الغائمة والممطرة خاصة في فصل الشتاء. لذا، تظل الحاجة المستمرة إلى تطوير تقنيات التخزين الآمن للطاقة الشمسية لزيادة الاعتماد عليها.[5]

2-1-4 طاقة الرياح

هي الطاقة الناتجة عن تحويل حركة الرياح إلى طاقة ميكانيكية باستخدام التوربينات. وهناك استخدامات متعددة لطاقة الرياح منها الاستخدام المباشر للقيام بمهام محددة مثل ضخ المياه أو طحن الحبوب، أو الاستخدام غير المباشر بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.[5]

ولتحقيق الاستفادة المثلى من طاقة الرياح، يتم تجميع عدد كبير من التوربينات في مكان واحد لتوليد الطاقة يُطلق عليه مزارع الرياح، التي قد تكون إما مزارع برية (Onshore) وهي التي يتم بناؤها على سطح الأرض أو مزارع بحرية في وسط المسطحات المائية (Offshore). وبالرغم من أن المزارع البحرية أكثر كفاءة في توليد الطاقة مقارنة بالمزارع البرية لقوة الرياح في البحار، إلا أن تكاليف بنائها وصيانتها باهظة مقارنة بالمزارع البرية. ومن المتوقع مع استمرار التقدم في تقنية طاقة الرياح البرية والبحرية، انخفاض تكلفة طاقة الرياح وتسريع وتيرة انتشارها عبر البلدان.

ترتبط الطاقة المولدة من الرياح بعدة عوامل وهي سرعة الرياح، فكلما ازدادت سرعة الرياح كلما ازدادت الطاقة المولدة؛ وكثافة الهواء، حيث يؤدي الهواء الكثيف من خلال ضغطه على التوربينات إلى إنتاج طاقة أكبر؛ هذا إضافة إلى حجم ريش التوربينات، حيث تساعد ريش التوربينات الكبيرة في تحريك المزيد من الهواء ومن ثم توليد طاقة أكبر.[5]

وبالرغم من المنافع العديدة لطاقة الرياح، إلا أن التوسع في استخدامها يواجه عدة تحديات، أهمها:

أ. **أنها طاقة موسمية:** لا تتوافر الرياح على مدار العام، وبالتالي عدم توليد الطاقة في الأيام

التي ينقطع بها هبوب الرياح.[5]

ب. **اختلال التوازن البيئي:** تؤثر توربينات الرياح بصورة ضارة على الطيور المتواجدة في

مزارع الرياح، خاصة خلال وقت هجرة هذه الطيور.[5]

ت. **الضوضاء:** تصدر حركة التوربينات صوتاً عالياً يسبب ضوضاء وإزعاجاً لسكان المناطق

السكنية القريبة من مزارع الرياح.[5]

ث. **محدودية النطاق:** يقتصر استخدام طاقة الرياح على أماكن محددة تتوافر بها مقومات إقامة

مزارع الرياح من قوة رياح ومساحات واسعة من الأراضي لإقامة مزارع الرياح، والتي

غالباً ما تكون في الأماكن النائية.[5]

3-1-4 الطاقة الكهرومائية

تعد الطاقة الكهرومائية حالياً من أكثر مصادر الطاقة المتجددة استخداماً في إنتاج الطاقة الكهربية. [6]

والطاقة الكهرومائية هي الطاقة المولدة باستخدام حركة المياه من أعلى إلى أسفل في المجاري المائية. وتلعب السدود المائية دوراً كبيراً في هذا الإطار، حيث يتم بناء السدود على المجاري المائية لتخزين المياه وتكوين بحيرات صناعية، بحيث يتم استخدام المياه المخزنة من خلال قوة الدفع لتحريك توربينات ومولدات تعمل على تحويل الطاقة الحركية للمياه لطاقة ميكانيكية ثم طاقة كهربية. [8]

ونظراً لأن مصدر الطاقة الكهرومائية هو المياه، فإن محطات الطاقة الكهرومائية تقع عادة على مصدر مائي أو بالقرب منه.

وتعتمد الطاقة الكهرومائية بشكل عام على استمرارية هطول الأمطار، وقد تتأثر سلباً بحالات الجفاف أو التغيرات في النظم البيئية التي تؤثر على هطول الأمطار، حيث تمثل التغيرات الموسمية في سقوط الأمطار والتغيرات طويلة الأجل مثل حالات الجفاف التحدي الأكبر لإنتاج الطاقة الكهرومائية، وبشكل عام، كلما زاد تدفق المياه زادت كمية الكهرباء التي يمكن أن تنتجها محطة الطاقة الكهرومائية. [6]

تتميز محطات الطاقة الكهرومائية بكفاءة عالية في إنتاج الطاقة الكهربية، كما أنها تتميز بتكلفة منخفضة لتوليد الطاقة الكهربية لأنها تعتمد على السدود المائية التي ربما لا تحتاج إلى تقنيات متقدمة مقارنة بالمصادر الأخرى، كما أن التكلفة التشغيلية لهذه المحطات منخفضة أيضاً نظراً لأن عمر السدود قد يستمر إلى أكثر من مائة عام. [4]

يمكن أن تؤثر البنية التحتية اللازمة لتوليد الطاقة الكهرومائية على النظم البيئية بطريقة سلبية. لهذا السبب، يعتبر الكثيرون الطاقة الكهرومائية الصغيرة النطاق خياراً أكثر مراعاة للبيئة، يناسب بشكل خاص المجتمعات في المناطق النائية. [6]

4-1-4 طاقة الكتلة الحيوية

يتم إنتاج تلك الطاقة من مجموعة متنوعة من المواد العضوية، المعروفة بالكتلة الحيوية، مثل الخشب والفحم ومخلفات الحيوانات وغيرها من السماد الطبيعي لإنتاج الحرارة والطاقة، وكذلك المحاصيل الزراعية لإنتاج الوقود الحيوي السائل. [1]

يأخذ استخدام طاقة الكتلة الحيوية عدة أشكال:

أ. **الكتلة الحيوية التقليدية:** عن طريق الحرق المباشر للمواد العضوية لتوفير الطاقة الحرارية اللازمة لأغراض الطهي وتسخين المياه والتدفئة. ينتشر الاستخدام التقليدي لطاقة الكتلة الحيوية غالباً لدى السكان الأكثر فقراً في المناطق الريفية، وذلك لأغراض الطهي والإضاءة والتدفئة. [1]

ب. **الكتلة الحيوية الحديثة:** عن طريق تحويل الكتلة الحيوية الصلبة إلى وقود غازي (كالغاز الحيوي/الميثان) بالحرق المباشر في جو محدود الهواء، ثم يتم الاستفادة من الغاز كوقود في توليد الكهرباء عبر محركات الاحتراق الداخلي أو التوربينات الصغيرة، أو تحويلها إلى وقود سائل من خلال إجراء معالجات كالتخمير للحصول على إيثانول كحولي، أو كيميائي للحصول على الديزل الحيوي. [5]

بالرغم من أن الحرق المباشر للكتلة الحيوية لإنتاج الوقود الحيوي يصاحبه انبعاثات غازية ملوثة للبيئة مثل الوقود الأحفوري (الزيت الخام والغاز والفحم) ولكن بمستويات أقل، إلا أن العديد من المنظمات الدولية اعتمدته كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة لاستدامته. في هذا الإطار، يوصى باستخدام هذا النوع من الوقود بحذر للانبعاثات البيئية الضارة من جانب ولتسببه في اختلال التوازن البيئي وتغير استخدام الأراضي نتيجة إزالة الغابات لاستخدامها في إنتاج هذا الوقود من جانب آخر. [1]

4-1-5 الطاقة الحرارية (طاقة باطن الأرض)

يُقصد بهذه الطاقة استخراج موارد الطاقة الحرارية، وهي خزانات من الماء الساخن الموجود في باطن الأرض إما بفعل الطبيعة أو نتيجة للنشاط البشري، وتختلف هذه الخزانات من حيث درجة الحرارة ومستوى العمق.

من أجل الحصول على هذه الطاقة يتم حفر الآبار التي يتراوح عمقها من بضعة أقدام لعدة أميال تحت سطح الأرض لاستخراج البخار والماء الساخن من هذه الخزانات لاستخدامها إما بصورة مباشرة في عدة أغراض مثل التدفئة والتبريد أو تحويلها إلى طاقة كهربائية.[2]

4-1-6 الطاقة البحرية

الطاقة البحرية وتسمى في بعض الأحيان طاقة المحيط أو قوة المحيط أو الطاقة الحركية للمحيط، وهي الطاقة المستمدة من التقنيات التي تستخدم الطاقة الحركية والحرارية لمياه البحر (الأمواج أو التيارات على سبيل المثال) لإنتاج الكهرباء أو الحرارة.

حيث يمكن استغلال الحركة القوية للمياه في البحار والمحيطات في توليد الطاقة الحركية التي يمكن استغلالها بعد ذلك في توليد الطاقة الكهربائية. ولا تزال أنظمة الطاقة البحرية في مرحلة مبكرة من التطوير، مع استكشاف عدد من النماذج الأولية لأجهزة الموجات والتيارات المد والجزر.[2]

الفصل الثاني

الطاقة الشمسية

1-2 المقدمة

تُعرف الطاقة الشمسية (بالإنجليزية: Solar energy) بأنها أحد مصادر الطاقة المتجددة المستدامة، والتي كانت تُستخدم منذ القدم وحتى وقتنا الحاضر في العديد من الاستخدامات المختلفة مثل تدفئة المنازل، والطهي، وتجفيف المحاصيل الزراعية، وتسخين المياه.

مع التقدم التكنولوجي، أصبح بإمكاننا توليد الطاقة الكهربائية من خلال أشعة الشمس بشكل مجاني تقريباً، حيث تقدر كمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض بحوالي 174 بيتا واط، على الرغم من أن الكمية الفعلية التي تصلنا أقل بسبب طبقة الغلاف الجوي والغيوم والانعكاسات.[9]

تعمل الطاقة الشمسية من خلال امتصاص الألواح الشمسية لضوء الشمس – معظم الطيف الضوئي، بالإضافة إلى نصف الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء – وتحويلها إلى طاقة كهربائية للاستفادة منها في المنازل وأماكن العمل. فالشمس عبارة عن مفاعل نووي طبيعي هائل يطلق حرماً صغيرة من الطاقة تسمى الفوتونات، والتي تسافر عبر الفضاء لمسافة 93 مليون ميل في زمن قدره 8.5 دقيقة. وفي كل ساعة تصطم الفوتونات بكوكبنا بما يكفي لتوليد الطاقة الشمسية لتلبية احتياجات الطاقة العالمية لمدة عام كامل.

في الوقت الحالي، استخدامات الطاقة الشمسية محدودة للغاية، ففي الولايات المتحدة مثلاً، لا تتجاوز خمسة أعشار واحد في المائة من الطاقة المستهلكة. ومع ذلك، تتطور تكنولوجيا الطاقة الشمسية باستمرار، وتستمر تكلفة إنتاجها في الانخفاض. أظهر تقرير صادر في عام 2017 من وكالة الطاقة الدولية أن الطاقة الشمسية أصبحت المصدر الأسرع لتوليد الطاقة في العالم، متفوقة لأول مرة على جميع المصادر الأخرى، مما يزداد معه الاحتياج لاستخدام الطاقة الشمسية عالمياً.[10]

2-2 مفهوم الطاقة الشمسية

الطاقة الشمسية (بالإنجليزية: Solar Energy) هي نوع من الطاقة المتجددة يتم الحصول عليها من ضوء الشمس، وتُعتبر مستدامة وغير قابلة للنفاذ. يمكن تحويل هذه الطاقة إلى كهرباء أو حرارة باستخدام الألواح الكهروضوئية (Photovoltaic – PV) أو مجمعات الطاقة الشمسية الحرارية. من أهم مميزات الطاقة الشمسية كونها صديقة للبيئة، إذ تساهم في تقليل البصمة الكربونية مقارنة بالوقود الأحفوري، كما أن مواردها لا تنضب، ما يجعلها خيارًا طويل الأمد لتلبية احتياجات الطاقة.

تشهد تكنولوجيا الطاقة الشمسية تطورًا مستمرًا، حيث تقوم الألواح الكهروضوئية بتحويل ضوء الشمس مباشرةً إلى كهرباء، بينما تعمل أنظمة الطاقة الشمسية الحرارية على توليد الحرارة. وتُستخدم هذه التقنيات في المنازل، والمصانع، والمرافق العامة، ما يقلل من فواتير الكهرباء ويزيد من استقلالية الطاقة. كما أصبحت الطاقة الشمسية عنصرًا أساسيًا في السياسات الطاقية العالمية، حيث تعمل الدول على تعزيز الاستثمار فيها وتقديم الحوافز لدعم التحول نحو الطاقة النظيفة. [9]

3-2 خصائص الطاقة الشمسية

تتصف الطاقة الشمسية بعدة خصائص جعلتها الأفضل مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى التي أخذت بالتناقص المستمر وبصورة واضحة، وذلك لما يشهده العالم من زيادة الطلب على الطاقة التقليدية (النفط - الفحم - الغاز الطبيعي)، وقد نالت اهتماماً كبيراً في الآونة الأخيرة من معظم الدول لكونها طاقة نظيفة وصديقة للبيئة وبالإمكان أن تكون حلاً جذرياً لمشكلات الطاقة التي تعاني منها البلدان، ويمكن الإشارة إلى أهم مميزاتها بما يأتي: [11]

1. تعد الطاقة الشمسية طاقة متجددة غير قابلة للنفاذ أو النضوب، تنتج طاقة نظيفة تستعمل في المكان نفسه دون الحاجة إلى تكاليف للنقل والمواصلات. [11]
2. أنها طاقة نظيفة لا تسبب حدوث أي ملوثات بيئية أو إصدار ضوضاء عند إنتاج الطاقة لكونها ألواح صامته ثابتة لا تحتوي على أجزاء ميكانيكية وتعمل بكفاءة عالية دون حدوث أي عطل وبعمر افتراضي ٢٠-٢٥ سنة. [11]

3. إن التقنية المستعملة فيها بسيطة جداً وغير معقدة مقارنة بالتقنيات المستعملة في مصادر الطاقة التقليدية، فهي تعتمد على تركيب الألواح الشمسية والمرايا وإنتاج الطاقة الكهربائية التي تستعمل في المجالات الصناعية والمنزلية والزراعية. [11]
4. تقلص تقنية الألواح الشمسية نحو ٥٠% من كلفة سقي الأراضي الزراعية مقارنة بمضخات الديزل، كما تستعمل لمعالجة ماء الصرف الصحي في برك الراكدة وتقطير وتعقيم الماء الملوث. [11]
5. إن استعمال الطاقة الشمسية تقينا من تقلبات أسعار الوقود الأحفوري فهي طاقة اقتصادية رخيصة لا يرتفع سعرها ومتوفرة محلياً. [11]
6. يدخل استعمال الطاقة الشمسية في تطبيقات مختلفة منها تشغيل إشارات المرور وإنارة الشوارع وتحلية المياه وتوليد الكهرباء وتشغيل المحطات والمركبات الفضائية والأقمار الاصطناعية والآلات الحاسبة والساعات وتشغيل بعض السيارات التي وصلت سرعتها إلى ٦٠ ميل في الساعة. [12]
7. يمكن استعمال الخلايا الشمسية في المناطق البعيدة والقرى الصغيرة المعزولة التي نشأت بفعل حرفة امتنها السكان أو بالقرب من الآبار أو المناجم وبهذا لا يعارض استعمالها الخطط العمرانية للمدن. [13]
8. بالإمكان تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة أخرى كالطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية وبكلفة مادية مناسبة إذ لا تتطلب سوى كلفة التأسيس للألواح الشمسية عند تنفيذ المشروع وكما أن تكاليف صيانتها قليلة جداً. [14]

4-2 انواع أنظمة الطاقة الشمسية

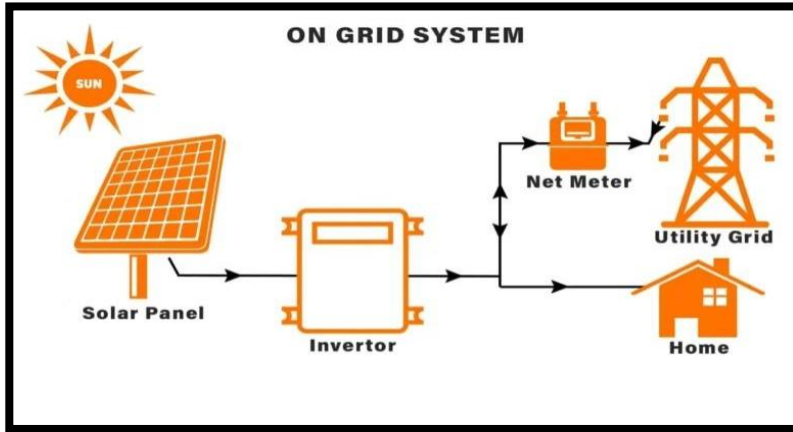
4-2-1 النظام المتصل بالشبكة (On-Grid Solar System):

يُعرّف: متصل بالشبكة هو نظام يربط أنظمة توليد الطاقة الشمسية بالشبكة العامة. تقوم الألواح الشمسية بإرسال الطاقة المولدة إلى الشبكة العامة عن طريق تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء.

مبدأ العمل: بعد أن يتم تحويل التيار المباشر الناتج عن وحدة الخلايا الشمسية إلى تيار متردد يلبي متطلبات الشبكة بواسطة العاكس المتصل بالشبكة, يدخل مباشرة إلى الشبكة العامة. الطاقة المولدة من مجموعة الخلايا الكهروضوئية بالإضافة إلى توفير حمل التيار المتردد, يتم تغذية الطاقة الزائدة مرة أخرى إلى الشبكة.

مزايا وعيوب: الاستخدام الذاتي, لا تحتاج إلى استخدام البطاريات, التكلفة المنخفضة لا تتأثر بالطاقة, إمدادات الطاقة مستقرة; عندما تكون الشبكة خارج السلطة, إنه لا يعمل وهناك مشاكل في الموثوقية. وسوف تتأثر بالعوامل الجوية, في الأيام الغائمة, أيام المطر والثلوج والضباب, إلخ., تؤثر على توليد الطاقة, ويمكن توليد الكهرباء عندما يكون هناك شمس.

التطبيقات: وهي تستخدم أساسا في السكنية, تجاري, صناعي, الزراعية, المجتمع وبعض المشاريع الحضرية, وكذلك محطات توليد الطاقة وموردي الطاقة. وهو يغطي مجموعة واسعة من مجالات التطبيق ويلبي بشكل كبير احتياجات مجموعات مختلفة من الناس.[15]



الشكل (1-2)، مخطط نظام الطاقة الشمسية المتصل بالشبكة (On Grid System).[15]

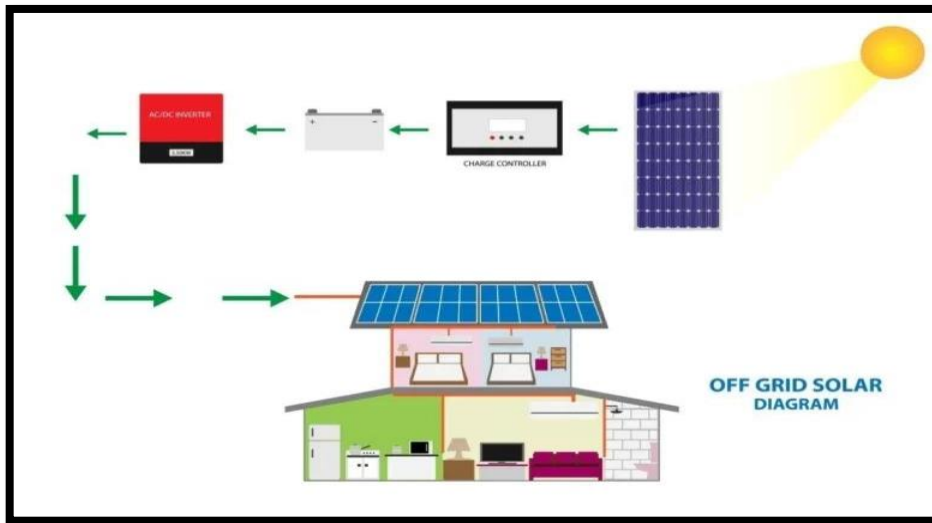
4-2-2 النظام خارج الشبكة (Off-Grid Solar System): [15]

يُعرّف: نظام الطاقة الشمسية خارج الشبكة هو نظام مستقل عن الشبكة العامة, الذي يوفر الطاقة مباشرة لمعدات الطاقة DC دون قلب. وهو غير متصل بالشبكة ويتم تشغيله بواسطة الألواح الشمسية وأجهزة تخزين الطاقة.

مبدأ العمل: استخدام الألواح الشمسية في حالة ضوء الشمس لتحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء, استخدام توليد الطاقة الشمسية, من خلال العاكس لتحويله إلى تيار متردد, والطاقة المخزنة في معدات التخزين, استخدام البطاريات لتوفير الكهرباء.

مزايا عيوب: مجموعة واسعة من العناوين الاختيارية, مناسبة للمناطق المتخلفة أو المناطق النائية التي تعاني من انقطاع التيار الكهربائي المتكرر, يمكن ضمان تخزين الطاقة, يمكن أن تكون الكهرباء متاحة في الليل, ولا يزال من الممكن توفير الطاقة في حالة قطع الشبكة; التكلفة مرتفعة ويجب استبدال البطارية, والتي قد تحتاج إلى تغيير فيها 5-8 سنين.

التطبيقات: خارج الشبكة يمكن أن تعمل بشكل مستقل, بحيث يمكن تطبيقه على المناطق النائية والجزر التي لا يمكن ربطها بالشبكة, وبعض الأماكن التي تتطلب إمدادات طاقة مستقلة. ويمكن استخدامه أيضًا كمصدر طاقة احتياطي في حالات الطوارئ لانقطاع التيار الكهربائي وحالات الطوارئ. [15]



الشكل (2-2)، مخطط نظام الطاقة الشمسية المنفصل عن الشبكة (Off-Grid Solar System). [15]

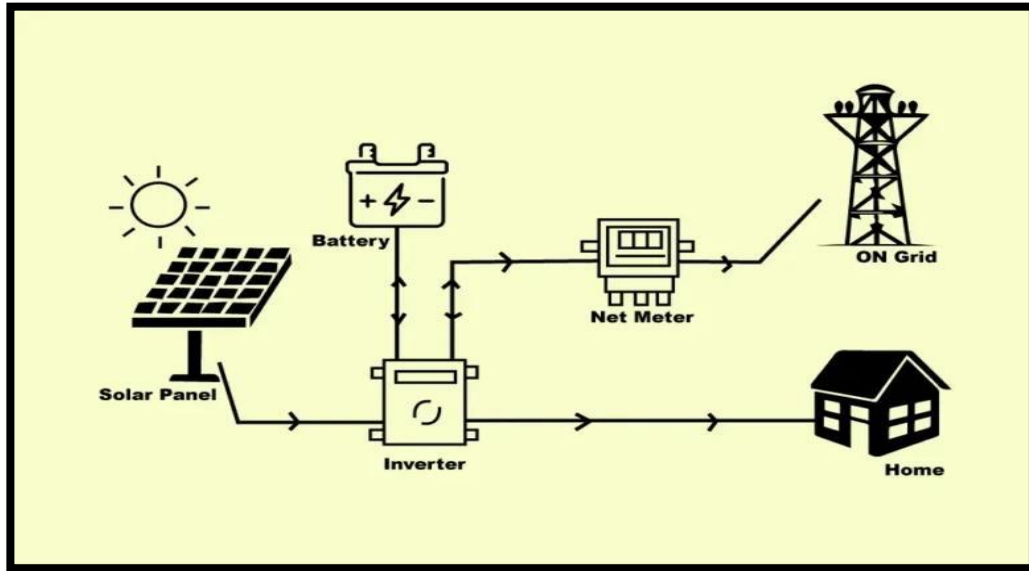
4-2-3 النظام الهجين (Hybrid Solar System):

يُعرّف: تجمع أنظمة الطاقة الشمسية الهجينة بين خصائص الأنظمة المتصلة بالشبكة وخارجها. يمكن ربط النظام بالشبكة العامة, وهي مجهزة بمعدات تخزين الطاقة, يمكن أن تعمل بشكل مستقل, أو يمكن سحب الطاقة من الشبكة عند الحاجة.

مبدأ العمل: يتم تحويل الضوء الشمسي إلى تيار مباشر من خلال الألواح الشمسية, ومن ثم تحويله إلى تيار متردد من خلال العاكس, وذلك لتوفير استخدام المعدات الكهربائية.

مزايا وعيوب: تم دمج مزايا الاتصال خارج الشبكة. السعر مرتفع, المشروع الأولي كبير, وتكلفة الصيانة مرتفعة.

تطبيقات: تجمع الأنظمة الهجينة بين مجالات تطبيق أنظمة الطاقة الشمسية المتصلة بالشبكة وخارجها وتتمتع بمزايا فريدة. يمكن أن تلعب دوراً في مجموعة متنوعة من السيناريوهات, توفير نظيفة, صديقة للبيئة, طاقة متجددة, وتلبية سيناريوهات الناس واحتياجاتهم المتنوعة. [15]

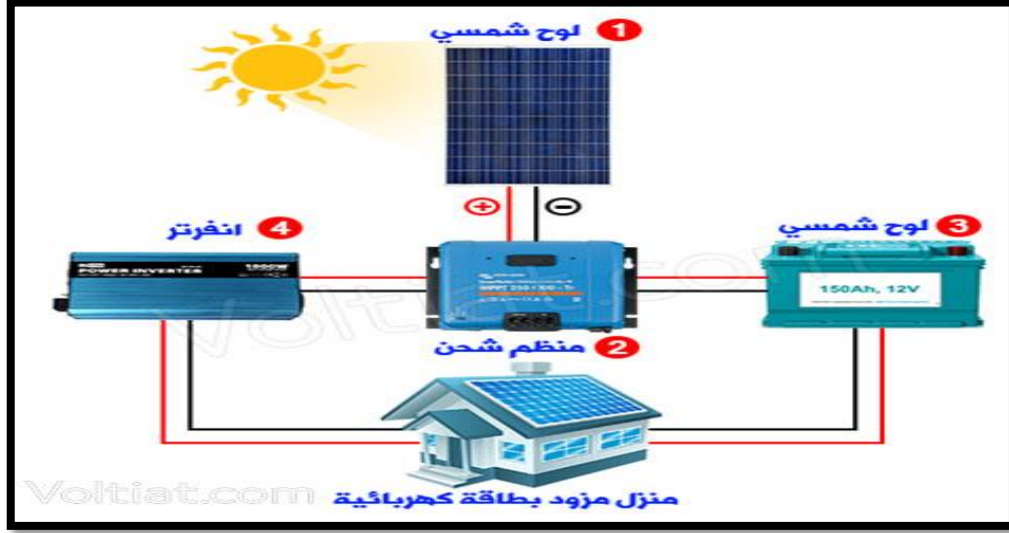


الشكل (2-3)، مخطط نظام الطاقة الشمسية الهجين (Hybrid Solar System). [15]

5-2 مكونات انظمة الطاقة الشمسية

أغلب انظمة الطاقة الشمسية (solar PV system) تتكون من:

1. الألواح الشمسية Solar Panels.
2. الانفرتر Inverter.
3. منظم الشحن Charge Controller.
4. البطاريات Batteries [16].



الشكل (2-4)، مخطط مكونات انظمة الطاقة الشمسية. [16]

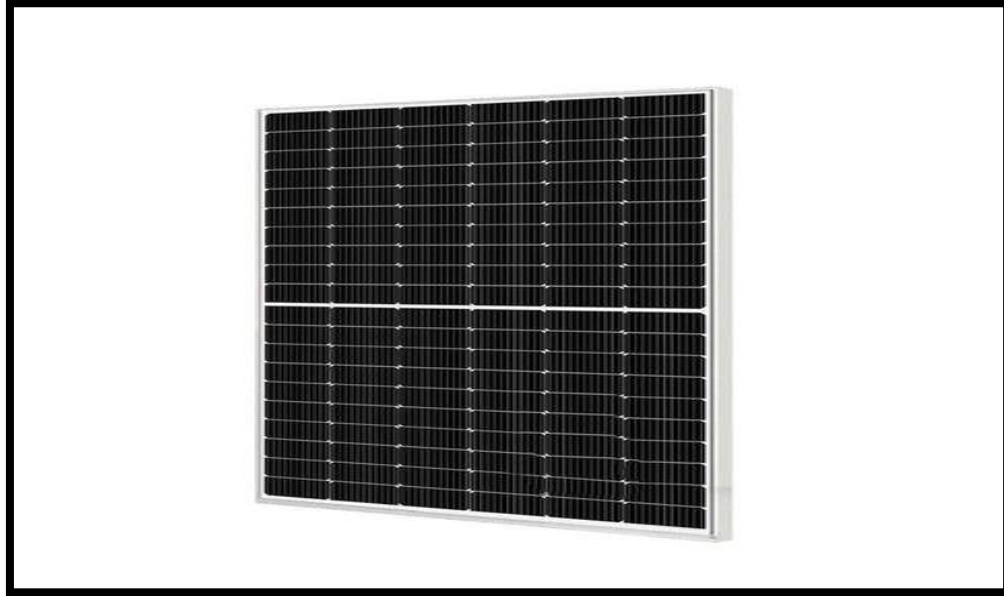
5-2-1 الألواح الشمسية

هي التي تقوم بتحويل أشعة الشمس الساقطة عليها إلى كهرباء، ويوجد منها أنواع مختلفة تشمل:

أ. الألواح أحادية البلورة ذات الكفاءة العالية، والعمر الافتراضي الطويل.

ب. الألواح متعددة البلورات التي تعتبر أقل تكلفة من الألواح أحادية البلورة، وكفاءتها أيضًا أقل منها.

ت. الألواح ذات الأغشية الرقيقة التي تتميز بخفة وزنها، ومرونتها العالية، لكن كفاءتها أقل من النوعين السابقين. [17]



الشكل (5-2)، لوح طاقة شمسية فوتوفولطي (Photovoltaic Solar Panel). [17]

5-2-2 الانفرتر (Inverter)

لابد من وجود الانفرتر في النظام الشمسي، لأنه يعمل على تنظيم وتحويل التيار المستمر (DC) القادم من الألواح الشمسية إلى تيار متردد (AC) لتشغيل الأحمال الكهربائية، ونفس الشيء مع البطاريات. [16]



الشكل (6-2)، عاكس طاقة شمسية (Solar Inverter) بقدرة 2000 واط. [16]

5-2-3 منظم الشحن

يعد منظم الشحن من أهم مكونات نظام الطاقة الشمسية، وذلك لأنه يعمل على تنظيم الجهد والتيار القادم من الألواح الشمسية بما يتناسب مع جهد وتيار البطارية المراد شحنه لتخزين الطاقة فيها، ويعمل أيضاً على حماية البطارية من الشحن الزائد. [16]



الشكل (7-2)، منظم شحن طاقة شمسية (Solar Charge Controller) موديل CM6048. [16]

5-2-4 البطاريات (Batteries)

لكي يتم تشغيل الأحمال ليلاً وأثناء الغيوم، لابد من وجود وسيلة لتخزين الطاقة الكهربائية فيها، وهذه الوسيلة تسمى بالبطارية، لذلك السبب يجب على كل من يريد تشغيل الأحمال ليلاً أن يتوفر لديه بطاريات متناسبة مع قدرات الأحمال المراد تشغيلها ليلاً، ولا ننسى تقدير أيام الغيوم والتي لا يمكن للألواح الشمسية في تلك اللحظة القيام بإنتاج الطاقة الكهربائية، ومن هنا أيضاً جاءت أهمية البطاريات في نظام الطاقة الشمسية. [16]



الشكل (8-2)، بطاريات تخزين الطاقة الشمسية (Deep Cycle Solar Batteries). [16].

6-2 فوائد الطاقة الشمسية

تُكمن أهمية الطاقة الشمسية في إمكانية استغلالها وتحويلها إلى طاقة حرارية أو طاقة كهربائية، إضافةً إلى استخدامها في مجالات متعددة تخدم الإنسان والبيئة. وتُعد من أبرز مصادر الطاقة المتجددة التي تسهم في تحقيق التنمية المستدامة، وفيما يأتي أهم فوائدها:

أولاً: توليد الطاقة الحرارية

يُعد تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية من أكثر مجالات استخدامها شيوعاً، حيث تعتمد هذه العملية على الألواح الشمسية الحرارية التي تحتوي على طبقات معدنية داكنة اللون تعمل على امتصاص أشعة الشمس وتحويلها إلى حرارة. تنتقل هذه الحرارة إلى وسط ناقل كالماء أو الهواء، ليتم استخدامها مباشرة أو تخزينها لاستعمالها في أوقات غياب أشعة الشمس. وتُستخدم الطاقة الحرارية الناتجة في تسخين المياه، والتدفئة المركزية للمنازل، إضافةً إلى استخدامها في أنظمة التدفئة الأرضية والأسقف. [18]

ثانياً: توليد الطاقة الكهربائية

تُستخدم الطاقة الشمسية في إنتاج الكهرباء من خلال الخلايا الشمسية أو الخلايا الكهروضوئية، التي تعتمد على مواد شبه موصلة مثل السليكون لتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية. تولد الخلية الشمسية الواحدة قدرة كهربائية محدودة، إلا أن ربط عدد كبير من الخلايا على شكل مصفوفات يسمح بإنتاج كميات كبيرة من الكهرباء قد تصل إلى مئات أو آلاف الكيلوواط، مما يجعلها مناسبة لتغذية المنازل، والمصانع، وحتى الشبكات الكهربائية العامة. [18]

ثالثاً: تحلية المياه

دخلت الطاقة الشمسية في مجال تحلية المياه باستخدام تقنيات حديثة، من بينها تقنيات النانو، حيث يتم استغلال حرارة الشمس لفصل الأملاح عن المياه عبر أغشية خاصة تسمح بمرور بخار الماء دون الأملاح. وتتميز هذه الأنظمة بكفاءتها العالية واعتمادها شبه الكامل على الطاقة الشمسية، مما يقلل الحاجة إلى مصادر طاقة تقليدية، ويجعلها حلاً مناسباً للمناطق التي تعاني من شح المياه. [19]

رابعاً: استخدامات أخرى للطاقة الشمسية

تُستخدم الطاقة الشمسية أيضاً في إنتاج الهيدروجين النظيف والمتجدد من خلال تحليل المياه، وهي عملية تشبه إلى حدٍ كبير عملية التمثيل الضوئي في النباتات. كما تدخل في تشغيل أنظمة الإنارة، وضخ المياه، وتحمية الهواء، إضافة إلى استخدامها في المجالات الزراعية والصناعية. [19]

الفصل الثالث

ايجائيات وسلبيات الطاقة الشمسية

1-3 ايجابيات وسلبيات الطاقة الشمسية

1-3-1 ايجابيات الطاقة الشمسية

تتمتع الطاقة الشمسية بالعديد من الايجابيات التي ساهمت في انتشار استخدامها، وفيما يلي توضيح لأهمها:

أولاً: مصدر طاقة متجددة

تُعد الطاقة الشمسية مصدرًا متجددًا وغير قابل للنضوب، إذ يمكن استخدامها بصورة مستدامة لتلبية احتياجات الطاقة المستقبلية. وتمثل الشمس موردًا متاحًا في معظم مناطق العالم، ما يجعل الطاقة الشمسية خيارًا مناسبًا لتوليد الكهرباء في المنازل وأماكن العمل والمرافق المختلفة. [22]

ثانيًا: تخفيض قيمة فواتير الكهرباء

يساهم استخدام الألواح الشمسية في تقليل الاعتماد على الشبكات الوطنية للكهرباء، وبالتالي تخفيض قيمة الفواتير الشهرية. كما يمكن بيع الطاقة الشمسية الفائضة إلى الشبكة العامة في بعض الدول، مما يوفر دخلًا إضافيًا للمستخدم. [23]

ثالثًا: تكاليف الصيانة المنخفضة

تتميز أنظمة الطاقة الشمسية بانخفاض تكاليف الصيانة، نظرًا لعدم احتواء الألواح على أجزاء متحركة، مما يقلل احتمالية تعرضها للتآكل أو التلف. ويبلغ العمر التشغيلي للألواح الشمسية الجيدة عادةً بين 20 و25 عامًا، مع الحاجة إلى صيانة بسيطة مثل تغيير العاكس مرة كل 5-10 سنوات، وفحص الكابلات عند الحاجة. [24]

رابعًا: استخدامها لأغراض متعددة

لا يقتصر استخدام الطاقة الشمسية على تزويد المنازل بالكهرباء فحسب، بل يمتد ليشمل توليد الطاقة في المناطق النائية التي لا تصلها الشبكات الكهربائية، وتحلية المياه في المناطق محدودة الموارد، وتشغيل الأقمار الصناعية، ما يعكس تعدد مجالات الاستفادة منها. [25]

خامسًا: المحافظة على البيئة

تساعد الطاقة الشمسية على تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وبالتالي تقليل انبعاثات غازات الكربون وغازات الدفيئة. كما أن تشغيل الألواح الشمسية لا يسبب ضوضاء، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في المناطق السكنية دون تأثير سلبي على السكان. [26]

سادساً: القدرة على توليد الطاقة في مختلف المناخات

تعمل أنظمة الطاقة الشمسية بكفاءة في جميع الظروف المناخية، فهي تحقق أداءً جيداً في الأجواء الباردة والثلجية، حيث تساهم درجات الحرارة المنخفضة وانعكاس الضوء على الثلج في زيادة إنتاج الطاقة. [27]

سابعاً: ارتفاع قيمة المنازل

تركيب الألواح الشمسية يزيد من القيمة السوقية للمنزل، نظراً لما توفره من تقليل الفواتير وتحسين الاستدامة، ما يجعلها استثماراً اقتصادياً طويل الأمد. [28]

2-3-1 سلبيات الطاقة الشمسية

على الرغم من المزايا العديدة للطاقة الشمسية كمصدر متجدد ونظيف للطاقة، إلا أنها تواجه عدداً من التحديات والقيود التقنية والاقتصادية والبيئية: [29]

أولاً: صعوبة الاستفادة الليلية

يعتمد توليد الكهرباء على الإشعاع الشمسي المباشر، مما يعني توقف الإنتاج خلال ساعات الليل أو في الظروف الجوية غير المناسبة، مثل الغيوم الكثيفة والعواصف.

ثانياً: الحاجة إلى مساحات كبيرة

تتطلب محطات الطاقة الشمسية مساحات واسعة لتركيب الألواح، ما قد يؤثر على الأراضي الزراعية أو الموائل الطبيعية للحياة البرية، على الرغم من إمكانية تركيب الألواح على أسطح المباني أو في المناطق غير المستغلة لتقليل الأثر.

ثالثاً: التأثير البيئي في التصنيع

بالرغم من أن الطاقة الشمسية نظيفة أثناء التشغيل، فإن عملية تصنيع الألواح الشمسية قد تتسبب في انبعاث غازات دفيئة ونفايات صناعية إذا لم تتم إدارة التصنيع بطرق صديقة للبيئة.

رابعاً: ارتفاع تكلفة الألواح

تشمل تكاليف شراء وتركيب الألواح الشمسية والبطاريات وأجهزة التحكم والأسلاك، بالإضافة إلى كلفة التركيب والصيانة، مما يشكل عائقاً أمام اعتمادها على نطاق واسع.

خامساً: ارتفاع تكلفة التخزين

تخزين الطاقة باستخدام البطاريات ضروري لضمان استمرارية التزويد الكهربائي، إلا أن البطاريات ذات السعات الكبيرة مكلفة، مما يزيد من الكلفة الإجمالية للنظام.

سادساً: صعوبة النقل

يصعب نقل أنظمة الطاقة الشمسية من موقع إلى آخر بسبب تثبيت الألواح لتحمل الظروف الجوية المختلفة، الأمر الذي يتطلب وقتاً وجهداً وتكاليف إضافية.

سابعاً: ندرة المواد الخام

تعتمد صناعة الألواح الشمسية على مواد محددة قد تكون محدودة التوفر، ومع تزايد الطلب العالمي، قد تشكل ندرة هذه المواد تحدياً مستقبلياً، إضافةً إلى الآثار البيئية الناتجة عن استخراجها وتصنيعها.

المصادر

- [1] اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، الطاقة الحيوية والتنمية المستدامة في الريف العربي، الأمم المتحدة، 2019.
- [2] الأمم المتحدة، تعريف بالطاقة المتجددة، الأمم المتحدة، بدون سنة.
- [3] الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (Renewable Energy Sources)، IPCC، 2011، and Climate Change Mitigation، Cambridge University Press،
- [4]Office of Energy Efficiency and Renewable Energy، Environmental Impacts of Clean Energy.، وزارة الطاقة الأمريكية، بدون سنة.
- [5]Investopedia، Renewable Resource: Definition, Considerations, and Examples، Investopedia.، بدون سنة.
- [6]Office of Energy Efficiency and Renewable Energy، Hydropower Work، U.S. Department of Energy.، بدون سنة.
- [7]Union of Concerned Scientists، Benefits of Renewable Energy Use، UCSUSA.، بدون سنة.
- [8]U.S. Energy Information Administration، Hydropower Explained، U.S. EIA.، بدون سنة.
- [9] فولتيات، ما هي الطاقة الشمسية وفوائدها، موقع فولتيات، 2021.
- [10] IDA2AT، ما هي الطاقة الشمسية؟، موقع IDA2AT، بدون سنة.
- [11] عبد الجبار عبود الحلفي، خلود موسى عمران، دراسة أولية للجذوى الاقتصادية لاستخدام الطاقة الشمسية في بعض المباني في محافظة البصرة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، 2012.
- [12] مثنى فاضل علي، جغرافية الطاقة أسس ومشكلات، دار النشر غير مذكورة، بدون سنة.
- [13] سيد عاشور أحمد، الطاقة المتجددة والبديلة وآفاق استخدامها في الوطن العربي، مطبعة جامعة أسيوط، 2009.
- [14] سوسن صبيح حمدان، العناصر المناخية المتاحة في العراق وإمكانيات الاستفادة منها في إنتاج الطاقة البديلة، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، العدد 42، بدون سنة.
- [15] GYCX Solar، أنواع أنظمة الطاقة الشمسية، GYCX Solar، بدون سنة.

- [16] Voltiat، مكونات نظام الطاقة الشمسية، 2020، Voltiat.
- [17] Alhaj, M، ما هي مكونات أنظمة الطاقة الشمسية؟، 2017، Clean Energy 4 Africa.
- [18] الجزيرة نت، باحثون يتمكنون من تحلية مياه البحر بقوة الشمس، شبكة الجزيرة الإعلامية، 2018.
- [19] موضوع.كوم، فوائد الطاقة الشمسية، موقع موضوع، بدون سنة.
- [20] IRENA، تقارير الطاقة المتجددة، International Renewable Energy Agency، 2020.
- [21] البنك الدولي، Scaling Up Solar In Developing Countries، World Bank، 2021.
- [22] بيان عبد اللطيف، إيجابيات الطاقة الشمسية: هدية الطبيعة التي لا تتضب، Sharjah24، 2024.
- [23] Constellation، The Advantages and Disadvantages of Solar Energy، Constellation. بدون سنة،
- [24] Forbes، Solar Energy Pros and Cons: What Are The Advantages And Disadvantages?، Forbes. بدون سنة،
- [25] Green Match، Advantages & Disadvantages of Solar Energy، Green Match. بدون سنة،