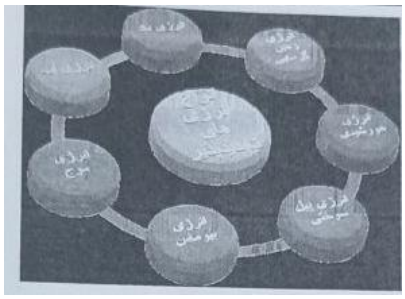
فصل اول

کلیات و آشنایی با مفاهیم

مقدمه

انرژی کالایی است گران‌بها که در صورت استفاده درست و منطقی از آن می تواند در هر کشوری باعث پیشرفت در فناوری، تکنولوژی و رفاه مردم آن جامعه گردد. توسعه پایدار عبارتست از استفاده‌ی موثر و همراه با آینده‌نگری، از منابع موجود انرژی است. انرژی واحد پول رایج در فناوری است. بدون انرژی زندگی اجتماعی و اصولاً فناوری و پیشرفت کاملاً متوقف خواهد شد. مانند قطع برق یک شهر. با رشد جمعیت نیاز به انرژی روز به روز فزونی می‌یابد سبک زندگی و افزایش نیاز به انرژی در جوامع صنعتی و پیشرفته که 25 درصد جمعیت جهان را دارد 75 درصد انرژی دنیا را مصرف می کند. مشکلات تامین و مصرف انرژی نه تنها وابسته به پدیده‌ی گرم شدن زمین است بلکه مرتبط با مسائل زیست محیطی از قبیل آلودگی هوا، باران اسیدی، از بین رفتن لایه ازن، تخریب جنگل ها و تشعشعات رادیو اکتیو می باشد. در بسیاری از مناطق نرخ منابع انرژی به دلیل هزینه های زیست محیطی در دو دهه اخیر افزایش یافته است و تا سال 2050 این نیاز دو برابر خواهد شد. یک راه‌حل برای مقابله با کمبود انرژی، استفاده ی بیشتر و بهینه از منابع و فناوری انرژی های تجدیدپذیر است که البته باید در دسترس بودن، کاربردی بودن، قابلیت اطمینان، اقتصادی بودن و کفایت آن منابع را در نظر گرفت. از دلایل کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه پایدار عبارتند از: این منابع در مقایسه با سایر منابع انرژی تاثیرات محیطی بسیار کمتری دارند. منابع انرژی تجدیدپذیر همانند انرژی خورشیدی و زمین گرمایی محدودیت نداشته و به اتمام نمی‌رسند و اگر به طور صحیح به کار گرفته شوند، منابع انرژی پایدار و بی‌ضرری خواهند بود همچنین این منابع باعث تمرکززدایی از سیستم انرژی شده و مناطق مختلف در زمینه ی تولید انرژی مورد نیاز خود، استقلال بیشتری خواهند داشت. از فاکتورهای لازم برای بکارگیری انرژی تجدید پذیر می‌توان به آگاهی مردم، اطلاعات، آموزش، سرمایه گذاری، استراتژی جدید و ابتکاری در ارتباط با انرژی اشاره کرد. انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در شکل 1-1 نمایش داده شده است.



شکل 1-1 انواع انرژی های تجدیدپذیر

انرژی تجدیدپدیز به انواعی از انرژی میگویند که بر خلاف انرژی‌های تجدیدناپذیر قابلیت بازگشت مجدد را به طبیعت دارند. در سال‌های اخیر با توجه به این که منابع انرژی تجدیدناپذیر رو به اتمام هستند این منابع مورد توجه قرار گرفته اند. شامل نیروگاه‌های آبی کوچک، زیست توده مدرن، انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی زمین‌گرمایی و سوخت های زیستی می باشند که به سرعت در حال گسترش هستند. نگرانی درباره تغییرات زیست محیطی در کنار افزایش قیمت روزافزون نفت و اوج تولید نفت و حمایت دولت ها، باعث رشد روزافزون وضع قوانینی

می‌شود که بهره برداری و تجارتی کردن این منابع سرشار تجدیدپذیر را تشویق می‌کنند. منابع تجدیدپذیر مهم عبارتند از: باد، زیست توده یا جرم زیستی، زمین گرمایی، خورشید، انرژی هیدروژن و پیل سوختی.

1-2منابع انرژی های تجدیدپذیر

انرژی تجدیدپذیر به انواعی از انرژی می‌گویند که بر خلاف انرژی‌های تجدیدناپذیر قابلیت بازگشت مجدد را به طبیعت دارند. در سال های اخیر با توجه به این که منابع انرژی تجدیدناپذیر رو به اتمام هستند این منابع مورد توجه قرار گرفته‌اند. در سال 2006 حدود 18٪ از انرژی مصرفی جهانی از راه انرژی‌های تجدیدپذیر بدست‌آمد. سهم زیست توده به طور سنتی حدود 13٪، که بیشتر جهت حرارت دهی و 3٪ انرژی آبی بود. 4/2٪ باقیمانده شامل نیروگاه‌های آبی کوچک، زیست توده مدرن، انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی زمین گرمایی، و سوخت های-زیستی می‌باشد که به سرعت در حال گسترش هستند. استفاده از انرژی بادی با رشدی سالانه حدود 30% با ظرفیت نصب شده 157900 مگاوات در سال 2009، به صورت وسیعی در اروپا، آسیا و ایالات متحده به چشم می‌خورد. در پایان سال 2009 میلادی مجموع انرژی تولیدی به وسیله فتوولتاییک به بیش از 21000 مگاوات رسید. ایستگاه‌های انرژی گرماخورشیدی در آمریکا و اسپانیا مشغول به کار می‌باشند که بزرگترین آنها با طرفیت 354 مگاوات در بیابان موهاوی در حال کار است. بزرگترین نیروگاه زمین گرمایی دنیا در کالیفرنیا با نام نیروگاه گیرز با ظرفیت 750 مگاوات در حال فعالیت می‌باشد. برزیل یکی از کشورهایی است که پروژه های بزرگی برای استفاده از انرژی های نو (انرژی‌های تجدیدپذیر) انجام می‌دهد. 18٪ از کل مصرف سوخت اتومبیل‌های برزیل از طریق سوخت اتانولی که از ساقه نیشکر به دست می‌آیند تامین می‌شود سوخت اتانولی به صورت گسترده در ایالات متحده مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیشترین پروژه‌ها و محصولات انرژی‌های نو در مقیاس بزرگ موجود می‌باشند. ولی انرژی‌های نو را می‌توان در مقیاس های کوچک (نیروگاه کوچک خارج مدار با نیروگاه کوچک مدار بسته)هم استفاده کرد. در حواشی و در جاهای دور افتاده نقش انرژی‌های تو به خوبی نمایان می‌شود. کنیا دارای بالاترین نرخ سالانه فروش سیستم‌های کوچک خورشیدی (20-100 وات) به میزان 30000 سیستم در سال می‌باشند. نگرانی درباره تغییرات زیست محیطی در کنار افزایش قیمت روزافزون نفت و اوج تولید نفت و حمایت دولت‌ها، باعث رشد روزافزون وضع قوانینی می‌شود که بهره‌بداری و تجارتی کردن این منابع سرشار تجدیدپذیر را تشویق می‌کنند.

1-2-1 باد

1-2-1-1 توان بادی

توان بادی (wind Power) تبدیل انرژی باد به نوعی مفید از انرژی مانند انرژی الکتریکی (با استفاده از توربین های بادی)، انرژی مکانیکی (مثلاً در آسیاب‌های بادی با پمپ‌های بادی) و یا پیش رانش قایق‌ها و کشتی ها (مثلاً در قایق‌های بادبانی است. در آسیاب های بادی از انرژی باد مستقیماً برای خرد کردن دانه ها و یا پمپ کردن آب استفاده می‌شود. در انتهای سال 2010، میزان ظرفیت نامی تولید برق بادی در سراسر جهان برابر 197 گیگاوات بود. امروزه توان بادی در دنیا ظرفیت تولید سالانه 430 تراوات ساعت انرژی الکتریکی را دارد که این میزان 5/2٪ مصرف برق دنیاست. در 5 سال گذشته، رشد متوسط سالانه در توان بادی دنیا 6/27٪ بوده و انتظار می‌رود که سهم باد در تولید انرژی الکتریکی دنیا تا سال 2013 به 35/3٪ و تا سال 2018 به 8٪ برسد. کشورهای دانمارک با 21٪، پرتغال با 18٪، اسپانیا با 16٪، ایرلند با 12٪، و المان با 9٪ از نظر درصد تولید برق بادی از کل تولید انرژی الکتریکی در جایگاهپ‌های نخست قرار دارند. در سال 2011، 83 کشور در دنیا از توان بادی برای تولید برق استفاده کرده‌اند. انرژی بادی در مقادیر زیاد در مزارع بادی تولید و به شبکه الکتریکی متصل می‌شود. از توربین‌ها در تعداد کم معمولاً فقط برای تامین برق در مناطق دور افتاده استفاده می‌شود. اما از جمله دلایل تمایل کشورها برای افزایش ظرفیت تولید برق بادی مزایا بسیار زیاد این روش تولید انرژی الکتریکی است چرا که انرژی بادی فراوان، تجدیدپذیر و پاک است، در همه جای

دنیا وجود دارد و همچنین در مقایسه با استفاده از انرژی سوخت‌های فسیلی میزان کمتری گاز گلخانه ای منتشر می‌کند. این نوع توربین های سه پره که در شکل1-2 نشان داده شده است از پرکاربردترین طراحی‌ها برای توربین‌های بادی هستند.

قدیمی‌ترین روش استفاده از انرژی باد، به ایران باستان باز می‌گردد. برای نخستین بار، ایرانیان موفق شدند با استفاده از نیروی باد، دلو (دولاب) با چرخ چاه را به گردش درآورده و از چاه‌های آب خود، آب را به سطح مزارع برسانند.

شکل 2-1توربین سه پره

1-2-1-2انرژی باد

منشا باد یک موضوع پیچیده است. از آنجایی که زمین به طور نامساوی به وسیله نور خورشید گرم می‌شود بنابراین در قطب‌ها انرژی گرمایی کمتری نسبت به مناطق استوایی وجود دارد همچنین درخشکی‌ها تغییرات دما با سرعت بیشتری انجام می‌پذیرد و بنابراین خشکی‌ها زمین نسبت به دریاها زودتر گرم و زودتر سرد می‌شوند. این تفاوت دمای جهانی موجب به وجود آمدن یک سیستم جهانی تبادل حرارتی خواهد شد که از سطح زمین تا هوا کره، که مانند یک سقف مصنوعی عمل می‌کند، ادامه دارد. بیشتر انرژی که در حرکت باد وجود دارد را می‌توان در سطوح بالای جو پیدا کرد جایی که سرعت مداوم باد به بیش از 160 کیلومتر در ساعت می‌رسد و سرانجام باد انرژی خود را در اثر اصطکاک با سطح زمین و جو از دست می‌دهد. یک برآورد کلی این گونه می‌گوید که 72 تراوات (TW) انرژی باد بر روی زمین وجود دارد که پتانسیل تبدیل به انرژی الکتریکی را دارد و این مقدار قابل ترقی نیز هست. در شکل 1-3 یک پره از یک توربین بادی نشان داده شده است.

شکل 1-3 یک پره از یک توربین بادی

1-1-3توزیع سرعت باد

میزان باد دائما تغییر می‌کند میزان متوسط مشخص شده برای یک منطقه خاص صرفاً نمی‌تواند میزان تولید توربین بادی نصب شده در آن منطقه را مشخص کند. برای مشخص کردن فراوانی سرعت باد در یک منطقه معمولاً از یک ضریب توزیع در اطلاعات جمع‌آوری شده مربوط به منطقه استفاده می‌کنند. مناطق مختلف دارای مشخصه توزیع سرعت متفاوتی هستند. مدل رایلی (Rayleigh model) به طور دقیقی میزان ضریب توزیع سرعت در بسیاری مناطق را منعکس می‌کند. از آنجایی که بیشتر توان تولیدی در سرعت بالای باد تولید می‌شود، بیشتر انرژی تولیدی در بازه های زمانی کوتاه تولید می‌شود. بر طبق الگوی لی رنچ نیمی‌از انرژی تولیدی تنها در 15٪ از زمان کارکرد توربین تولید

می‌شود و در نتیجه نیروگاه‌های بادی مانند نیروگاه‌های سوختی دارای تولید انرژی پایداری نیستند. تاسیساتی که از برق بادی استفاده می‌کنند باید از ژنراتورهای پشتیبانی برای مدتی که تولید انرژی در توربین بادی پایین است استفاده کنند.

1-2-1-4 نیروگاه های بادی

1-2-1-4-1 ضریب ظرفیت نیروگاه های بادی

تا زمانی که سرعت باد ثابت نباشد تولید سالیانه انرژی الکتریکی توسط نیروگاه‌بادی هرگز برابر حاصل ضرب توان تولیدی نامی در مجموع ساعت کار آن در یک سال نخواهد شد. نسبت میزان توان حقیقی تولید شده توسط نیروگاه و ماکزیمم ظرفیت تولیدی نیروگاه را ضریب ظرفیت می‌نامند. یک نیروگاه‌بادی نصب شده در یک محل مناسب در ساحل ضریب ظرفیتی سالیانه‌ای در حدود 35٪ دارد. برعکس نیروگاه های سوختی ضریب ظرفیت در یک نیروگاه‌بادی به شدت به خصوصیات ذاتی باد وابسته است. ضریب ظرفیت در انواع دیگر نیروگاه‌ها معمولاً به بهای سوخت و زمان مورد نیاز برای انجام عملیات تعمیر بستگی دارد. از آنجایی که نیروگاه‌های هسته ای دارای هزینه سوخت نسبتا پایینی هستند بنابراین محدویت‌های مربوط به تامین سوخت این نیروگاه ها نسبتاً پایین است که این خود ضریب ظرفیت این نیروگاه‌ها را به حدود 90٪ می‌رساند. نیروگاه‌هایی که از توربین‌های گاز طبیعی برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌کنند به علت پر هزینه بودن تامین سوخت معمولاً تنها در زمان اوج مصرف به تولید می‌پردازند. به همین دلیل ضریب ظرفیت این توربین‌ها پایین بوده و معمولاً بین 25-5٪ می‌باشد. بنا به یک تحقیق در دانشگاه استندورد که در نشریه کاربردی هواشناسی و اقلیم شناسی نیز به چاپ رسیده در صورت ساخت بیش از ده مزرعه بادی در مناطق مناسب و به طور پراکنده می توان تقریباً از1/3 انرژی تولیدی آنها برای تغذیه مصرف‌کننده‌های دائمی استفاده کرد.

1-2-1-4-2 محدودیت های ادواری و نفوذ نیروگاه های بادی

میزان انرژی الکتریکی تولیدی توسط نیروگاه‌های بادی می‌تواند به شدت به چهار مقبلی زمانی ساخت به ساعت، روزانه و فصلی وابسته باشد. این میزان به تحولات آب و هوایی سالیانه نیز وابسته است اما تغییرات در این مقیاس زیاد محسوس نیستند. از آنجایی که برای ایجاد ثبات در شبکه، میزان انرژی الکتریکی تامین شده و میزان مصرف باید در تعادل باشند از این جهت تغییرات دائم در میزان تولید این ضرورت را به وجود می‌آورد که از تعداد بیشتری نیروگاه‌بادی برای تولیدی متعادل‌تر در شبکه استفاده شود. از طرفی ادواری بودن طبیعی تولید انرژی باد موجب افزایش هزینه های تنظیم و راه اندازی می‌شود و (در سطوح بالا) ممکن است نیازمند اصول مدیریت تقاضای انرژی یا ذخیره‌سازی انرژی باشد. از ذخیره‌سازی با استفاده از نیروگاه‌های آب تلمبه‌ای یا دیگر روش‌های ذخیره سازی برق در شبکه می‌توانند برای به وجود آوردن تعادل در میزان تولید نیروگاه‌های بادی استفاده کرد اما در مقابل استفاده از این روش‌ها موجب افزایش 25٪ هزینه های دائم اجرای چنین طرح‌هایی می شوند. ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی موجب به وجود آمدن تعادل بین دو بازه زمانی کم مصرف و پر مصرف خواهد شد و از این جهت میزان صرفه‌جویی عاید از ذخیره سازی انرژی هزینه‌های اجرای آن را جبران می‌کند. یکی دیگر از راهکارهای ایجاد تعادل در تولید و مصرف سازگار کردن میزان مصرف با میزان تولید با استفاده از ایجاد تعرفه‌های متفاوت زمانی برای مصرف‌کننده‌هاست. در شکل 1-4 یک نیروگاه یک نیروگاه بادی در غرب ایالت تگزاس در آمریکا نمایش داده شده است.

شکل 1-4 یک نیروگاه بادی در غرب ایالت تگزاس در آمریکا

1-2-1-4-3 پیش بینی پذیری

با توجه به تغییرات باد قابلیت پیش‌بینی محدودی (ساعتی یا روزانه) برای خروجی نیروگاه‌های بادی وجود دارد. مانند دیگر منابع انرژی تولید باد نیز باید از قابلیت برنامه‌ریزی برخوردار باشد اما طبیعت باد این پدیده را ذاتا متغیر می‌کند. گرچه از روش‌هایی برای پیش‌بینی تولید توان این نیروگاه‌ها استفاده می‌شود اما در کل قابلیت پیش‌بینی‌پذیری این نیروگاه‌ها پایین است. این عیب این گونه نیروگاها معمولاً باستفاده از روش‌های ذخیره سازی انرژی مانند استفاده از نیروگاه‌های آب تلمبه ای تا حدودی بر طرف می‌شود

1-2-1-4-4 جاگذاری توربین

انتخاب مکان مناسب برای نصب نیروگاه بادی و جهت نصب توربین‌ها در محل از نکات حیاتی برای توسعه اقتصادی این گونه نیروگاه‌هاست. گذشته از دسترسی باد مناسب در محل مورد بحث، عوامل مهم دیگری مانند دسترسی به خطوط انتقال، قیمت زمین مورد استفاده، ملاحظات استفاده از زمین و مسائل زیست محیطی ساخت و بهره‌برداری نیز در انتخاب یک محل برای نصب نیروگاه‌ها موثر است. از این رو استفاده از نیروگاه‌های بادی در مناطق دور از ساحل ممکن است هزینه های مربوط به ساخت یا ضریب ظرفیت را با استفاده از کاهش هزینه‌های تولید برق جبران کنند.

1-2-1-4-5 بهره برداری از برق بادی

در جهان هزاران توربین بادی در حال بهره‌برداری وجود دارد که ظرفیت تولیدی آنها به 73،904 مگاوات می‌رسد و در این میان اتحادیه اروپا 65٪ از کل توان بادی جهان را تولید می کند. تولید برق بادی در میان دیگر روش های تولید انرژی الکتریکی دارای بیشترین شتاب رشد در قرن 21 بوده است به طوری که تولید توان بادی جهان در بین سال‌های 2000 تا 2006 چهار برابر شده‌است. در دانمارک و اسپانیا برق بادی حدود 10٪ یا بیشتر از کل تولید انرژی الکتریکی را تشکیل می‌دهد. گرچه 81٪ از توان بادی تولید شده در جهان به ایالات متحده و اتحادیه اروپا تعلق دارد اما سهم پنج کشور اول تولید کننده برق بادی از 71٪ در سال 2002 به 55٪ در سال 2005 کاهش یافته‌است. انجمن جهانی انرژی بادی پیش‌بینی کرده در سال 2010 ظرفیت تولیدی برق بادی به 160 گیگاوات برسد با توجه به میزان تولید کنونی 73،9 مگاوات این رقم پیش‌بینی یک رشد 21٪ را در هر سال نشان می‌دهد. از جمله کشورهایی که سرمایه گذاری زیادی در این زمینه انجام داده‌اند می‌توان به آلمان،اسپانیا،ایالات متحده، هند و دانمارک اشاره کرد. کشور دانمارک یکی از کشوهای برجسته در تولید تجهیزات و استفاده از توان بادی است. دولت دانمارک در دهه 1970 ملزم شد تا تولید انرژی الکتریکی از انرژی باد را به 50٪ کل تولید برق برساند و تا به امروز برق بادی 20٪ (بیشترین میزان تولید برق بادی از نظر درصد تولید) از کل تولید انرژی الکتریکی در این کشور را تشکیل میدهد؛ این کشورهچنین پنجمین تولیدکننده بزرگ برق بادی محسوب می‌شود (در حالی که دانمارک از نظر میزان مصرف در جهان رتبه 56 را داراست).آلمان و دانمارک دو کشور پیشتاز در زمینه صادرات توربین‌های بزرگ (0،66 تا 5 مگاوات) به حساب می‌آیند. آلمان یکی از کشورهای پیشتاز در زمینه تولید برق بادی بوده است به طوری که در سال 2006 این کشور 28٪ از کل توان بادی تولید شده در جهان (3/7٪ در آلمان) را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که آلمان برنامه دارد تا سال 2010، 5/12٪ از کل توان تولیدی خود را از منابع تجدیدپذیر تامین نماید. کشور آلمان دارای حدود 18600 توربین بادی است که بیشتر آنها در شمال آلمان نصب شده‌اند که در این میان سه توربین از بزرگترین توربین‌های جهان نیز وجود دارند. در سال 2005 دولت اسپانیا قانونی را تصویب کرد که بر طبق آن نصب 20000 مگاوات ظرفیت بادی تا سال 2012 در برنامه دولت قرار گرفت. البته در سال 2006 یارانه‌ها و پشتیبانی دولت از ساخت این ظرفیت‌ها به ناگهان قطع شد. قابل ذکر است که در سال 2005 در هر دو کشور آلمان و اسپانیا تولید انرژی الکتریکی از راه استفاده از نیروگاه‌های بادی از تولید انرژی الکتریکی به وسیله نیروگاه‌های برق آبی بیشتر بود. در سال‌های اخیر ایالات متحده از هر کشور دیگری بیشتر توربین بادی به شبکه برق خود افزوده است. تولید برق بادی در ایالات متحده در بازه زمانی بین فوریه 2006 تا فوریه 2007، 31،8٪ رشد را نشان می‌دهد. ایالت تگزاس با

پیشی گرفتن از کالیفرنیا اکنون بیشترین تولید برق بادی را در بین ایالت‌های مختلف این کشور دارد. تگزاس در سال 2009 نزدیک به 17٪ برق خود را از باد بدست آورد، و تگزاس اکنون بزرگترین مزرعه بادی جهان را با 782 مگاوات ظرفیت در روستایی بنام راسکو در اختیار دارد.

1-2-1-4-6 -برق بادی در مقیاس های کوچک

تجهیزات تولید برق بادی در مقیاس کوچک (100 کیلووات یا کمتر) معمولاً برای تغذیه منازل، زمین‌های کشاورزی یا مراکز تجاری کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در برخی از مکان‌های دور افتاده که مجبور به استفاده از ژنراتورهای دیزلی هستند مالکان محل ترجیح می‌دهند که از توربین‌های بادی استفاده کنند تا از ضرورت سوزاندن سوخت‌ها جلوگیری شود. در برخی موارد نیز برای کاهش هزینه‌های خرید برق یا برای استفاده برق پاک از این توربین ها استفاده می‌شود. برای تغذیه منازل دور افتاده از توربین‌های بادی با اتصال به باتری استفاده می‌شود. در ایالات متحده استفاده از توربین‌های بادی متصل به شبکه در رنج های 1 تا 10 کیلووات برای تغذیه منازل به طور فزاینده‌ای در حال گسترش است. توربین های متصل به شبکه در هنگام کار نیاز به استفاده از برق شبکه را از بین می‌برند. در سیستم های جدا از شبکه یا باید از برق به صورت دوره‌ای استفاده کرد و یا از باتری برای ذخیره‌سازی انرژی استفاده کرد. در مناطق شهری که امکان استفاده از باد در مقیاس‌های زیاد وجود ندارد نیز ممکن است از انرژی بادی در کاربردهای خاصی مانند پارک مترها با درگاه های بی سیم اینترنت با استفاده از یک باتری با یک باتری خورشیدی استفاده شود تا ضرورت اتصال به شبکه از بین برود.

1-2-1-5 آثار نیروگاه‌های بادی

1-2-1-5-1 آثار زیست محیطی، انتشار CO و آلودگی

توربین‌های بادی برای راه‌اندازی و بهره‌برداری نیاز به هیچ گونه سوختی ندارند و بنابراین در قبال انرژی الکتریکی تولید آلودگی مستقیمی ایجاد نمی‌کنند. بهره‌برداری از این توربین ها دی اکسید کربن، دی اکسید گوگرد، جیوه، ذرات معلق یا هیچ گونه عامل آلوده کننده هوا تولید نمی‌کند. اما توربین‌های بادی در مراحل ساخت از منابع مختلفی استفاده می‌کنند. در طول ساخت نیروگاه‌های بادی باید از موادی مانند فولاد، بتن، الومینیوم و.... استفاده کرد که تولید و انتقال آنها نیازمند مصرف انواع سوخت‌هاست. دی اکید کربن تولید شده در این مراحل پس از حدود 9 ماه کار کردن نیروگاه جبران خواهد شد. نیروگاه‌های سوخت فسیلی که برای تنظیم برق تولیدی در نیروگاه‌های بادی مورد استفاده قرار می‌گیرند موجب ایجاد آلودگی خواهند شد. بعضی از اوقات به این نکته اشاره می‌شود که نیروگاه‌های بادی نمی‌توانند میزان دی اکسید کربن تولیدی را کاهش دهند چرا که برق تولیدی از طریق نیروگاه‌بادی به دلیل نامنظم بودن همیشه باید به وسیله یک نیروگاه سوخت فسیلی پشتیبانی شود. نیروگاه‌های بادی نمی توانند به طور کامل جایگزین نیروگاه‌های سوخت فسیلی شوند اما با تولید انرژی الکتریکی مبنای تولید نیروگاه‌های حرارتی را کاهش داده و از تولید آنها می‌کاهند که به این ترتیب میزان انتشار دی اکسید کربن کاهش می‌یابد.

1-2-1-5-2 تاثیرات بوم شناختی

بر خلاف نیروگاه‌های هسته ای و نیروگاه‌های سوخت فسیلی که مقدار زیادی آب را برای خنک کردن منتشر می‌کنند. نیروگاه‌های بادی نیازی به آی برای تولید انرژی الکتریکی ندارند. درباره نشت روغن یا آب سیالی که در نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد حوادث متعددی گزارش شده است. در برخی موارد سیال وارد آب شرب مناطق اطراف نیز می‌شود که خسارت هایی را بر جای خواهد گذاشت. این سیال های معمولاً در اثر حرکت در پره توربین موادی را در خود حل کرده و سپس در محیط پراکنده می‌کنند.

1-2-1-5-3 استفاده از زمین

توربین‌های بادی باید ده برابر قطرشان در راستای باد غالب و پنج برابر قطرشان در راستای عمودی از هم فاصله داشته باشند تا کمترین تلفات حاصل شود. در نتیجه توربین‌های بادی تقریباً به 0/1 کیلومتر مربع مکان خالی به ازای هر مگاوات توان نامی تولیدی نیازمند هستند. معمولا برای نصب این توربین‌ها نیازی به پاکسازی درختان منطقه نیست. کشاورزان می‌توانند برای ساخت این توربین‌ها زمین‌های خود را به شرکت های سازنده اجاره می‌دهند. در ایالات متحده کشاورزان حدود 2 تا 5 هزار دلار به ازای هر توربین در هر سال دریافت می‌کنند. زمین ها مورد استفاده قرار گرفته برای توربین ها بادی همچنان می‌توانند برای کشاورزی و چرای دام مورد استفاده قرار بگیرند چراکه تنها 1٪ از زمین برای ساخت پی توربین و راه دسترسی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به عبارت دیگر 99٪ زمین هنوز قابل استفاده‌است. توربین های بادی عموما در مناطق شهری نصب نمی‌شوند چرا که ساختمان‌ها جلوی وزش باد را سد می‌کنند و قیمت زمین نیز معمولاً زیاد است. با این حال پروژه نمایشی تورنتو اثبات کرد که نصب توربین‌های بادی در چنین مکان هایی نیز ممکن است.

1-2-1-5-4 آثار بر روی حیات وحش پرندگان

برخی از توربین‌های بادی موجب کشته شدن پرنده‌ها به ویژه پرنده‌های شکاری می‌شوند البته مطالعات نشان می‌دهد که تعداد پرنده‌های کشته شده توسط توربین‌های بادی در مقابل عوامل انسانی دیگر کشته شدن پرندگان مانند خطوط برق، ترافیک، شکار، ساختمان های بلند و به ویژه استفاده از منابع آلوده انرژی تعداد بسیار ناچیزی است؛ برای مثال در انگلستان که در آن چندین هزار توربین بادی وجود دارد تقریباً در هر سال تنها یک پرنده در هر توربین کشته می‌شود در حالی که تنها در اثر آثار مخرب استفاده از خودروها هر سال در حدود 10 میلیون پرنده کشته می‌شوند. در ایالات متحده توربین‌ها هر سال در حدود 70000 پرنده را می‌کشند که در مقابل 57 میلیون پرنده کشته شده در اثر استفاده از خودروها با 975 میلیون پرنده کشته شده در اثر برخورد با شیشه‌ها مقدار اندکی است مقاله‌ای در رابطه با طبیعت اظهار داشته که هر توربین به طور متوسط هر سال 0/03 پرنده یا به عبارتی 1 پرنده در طول 30 سال می‌کشد.

1-2-1-6 توربین بادی

1-2-1-6 بزرگترین توربین بادی جهان

بزرگترین توربین بادی جهان در حال حاضر در دریای شمال در فاصله 24 کیلومتری سواحل اسکانلند نصب شده و در حال آزمایش است. این نخستین باری است که توربین‌هایی به این ابعاد در دریا آزمایش می‌شوند. ژنراتور توربین‌ها در عمق 44 متری سطح دریا کار گذاشته شده است که در نوع خود رکورد جدیدی است. توربین‌هایی در این ابعاد برای نصب در دریا و دور از ساحل مناسب هستند تا از وزش پیوسته و بدون تلاطم باد بهره‌گیری کنند. انتظار می رود این توربین ها 96 درصد اوقات شبانه روز (8440 ساعت در سال) در حال کار باشند.

1-2-1-6-2 تقسیم بندی توربین های بادی مدرن

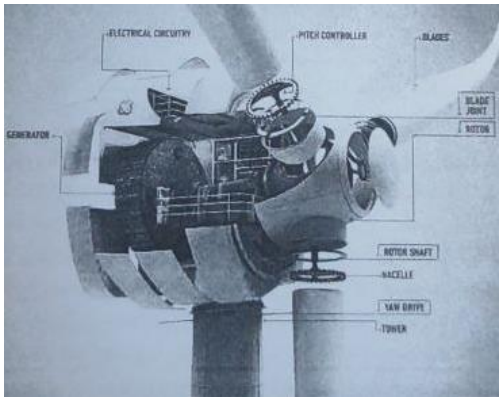
1. توربین‌های با محور افقی
2. توربین‌های با محور عمودی

می‌توان از توربین‌های بادی با کارکردهای مستقل استفاده نمود، و یا می‌توان آنها را به یک "شبکه قدرت تسهیلاتی" وصل کرد یا حتی می‌توان با یک سیستم سلول خورشیدی با فتوولتائیک ترکیب کرد. عموما از توربین‌های مستقل برای پمپاژ آب با ارتباطات استفاده می‌کنند.

هر چند که در مناطق بادخیز مالکین خانه‌ها و کشاورزان نیز می‌توانند از توربین‌ها برای تولید برق استفاده نمایند در مقیاسی کاربردی انرژی باد، معمولاً تعداد زیادی توربین را نزدیک به یکدیگر می‌سازند که بدین ترتیب یک مزرعه بادگیر را تشکیل می‌دهند.

1-2-1-6-3-3 اجزای تشکیل دهنده توربین بادی

اجزای تشکیل دهنده توربین بادی در شکل 1-5 نشان داده شده است.



شکل 1-5 اجزای تشکیل دهنده توربین بادی

1-2-1-6-3-1 بادسنج(Anemometer)

این وسیله سرعت باد را اندازه گرفته و اطلاعات حاصل از آن را به کنترل کننده‌ها انتقال می‌دهد.

1-2-1-6-3-1 بره ها(Blades)

بیشتر توربین‌ها دارای دو یا سه پره می‌باشند. وزش باد بر روی پره ها باعث چرخش پره‌ها می‌شود.

1-2-1-6-3-3 ترمز(Brake)

از این وسیله برای توقف روتور در مواقع اضطراری استفاده می‌شود. عمل ترمز کردن می‌تواند به صورت مکانیکی، الکتریکی یا هیدرولیکی انجام گیرد.

1-2-1-6-3-4 کنترولر(Controller)

کنترولرها وقتی که سرعت باد به 8 تا 16mph می‌رسد ماشین را راه اندازی می‌کنند و وقتی سرعت از 65 mph بیشتر می‌شود دستور خاموش شدن ماشین را می‌دهند. این عمل از آن جهت صورت می‌گیرد که توربین‌ها قادر نیستند زمانی که سرعت باد به 65mph می‌رسد حرکت کنند زیرا ژنراتور به سرعت به حرارت بسیار بالایی خواهد رسید.

1-2-1-6-3-4 گیربکس(Gear box)

چرخ دنده‌ها به شفت سرعت پایین متصل هستند و آنها از طرف دیگر همانطور که در شکل مشخص شده به شفت با سرعت بالا متصل می‌باشند و افزایش سرعت چرخش از 30 تا 60rpm به سرعتی حدود 1200 تا 15000 را ایجاد می‌کنند. این افزایش سرعت برای تولید

برق توسط ژنراتور الزامیست. هزینه ساخت گیربکس‌ها بالاست در ضمن گیربکس‌ها بسیار سنگین هستند. مهندسان در حال انجام تحقیقات گسترده‌ای می‌باشند تا درایوهای مستقیمی کشف نماید و ژنراتورها را با سرعت کمتری به چرخش درآورند تا نیازی به گیربکس نداشته باشند.

1-2-1-6-3-6 شفت با سرعت بالا(High-speed shaft)

وظیفه آن به حرکت در آوردن ژنراتور می‌باشد.

1-2-1-6-3-7 شفت با سرعت پایین(Low-speed shaft)

روتور حول این محور چرخیده و سرعت چرخش آن 30 تا 60 دور در دقیقه می‌باشد.

1-2-1-6-3-8 روتور(Rotor)

بال‌ها وهاب به روتور متصل هستند.

1-2-1-6-3-9 -برج(Tower)

برج ها از فولادهایی که به شکل لوله درآمده‌اند ساخته می‌شوند. توربین‌هایی که بر روی برج هایی با ارتفاع بیشتر نصب شده‌اند انرژی بیشتری دریافت می‌کنند.

1-2-1-6-3-10 جهت یاد(Wind direction)

توربین‌هایی که از این فناوری استفاده می‌کنند در خلاف جهت باد نیز کارمی‌کنند. در حالی که توربین‌های معمولی فقط جهت وزش باد به پره‌های آن باید از روبرو باشد.

1-2-1-6-3-11 باد نما(Wind vane)

وسیله ای است که جهت وزش باد را اندازه‌گیری می‌کند و کمک می‌کند تا جهت توربین نسبت به باد در وضعیت مناسبی قرار داشته باشد.

1-2-1-6-3-11 درایو انحراف(Yaw drive)

وسیله ای‌است که وضعیت توربین را هنگامی که باد در خلاف جهت می‌وزد کنترل می‌کنند و زمانی استفاده می‌شود که قرار است روتور در مقابل وزش باد از روبرو قرار گیرد اما زمانی که باد در جهت توربین می وزد نیازی به استفاده از این وسیله نمی‌باشد.

1-2-1-6-3-13 موتور انحراف(Yaw motor)

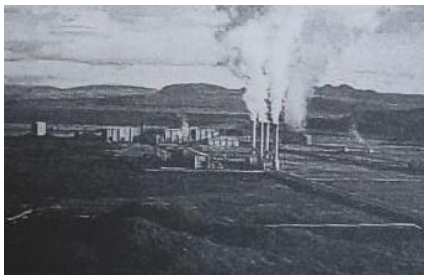
برای به حرکت در آوردن درایو انحراف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1-2-2 انرژی زمین گرمایی

انرژی الکتریکی زمین‌گرمایی برقی است که با استفاده از منابع حرارتی ذخیره شده زیر پوسته زمین تولید می‌شود. تاریخ اولین استفاده از انرژی زمین گرمایی به شاهزاده پیرو گینوری کونتی در ایتالیا باز می‌گردد. در سال 1904 میلادی برای اولین بار استفاده تجاری از انرژی زمین گرمایی به عنوان یک منبع تولید برق درایتالیا شروع شد و سپس در سال 1958 نیروگاه زمین گرمایی وایراکی در نیوزیلند و در دهه 1960 نیروگاهی در منطقه آتشفشانی آبفشان ها در ایالت کالیفرنیای آمریکا ساخته شد که امروزه بزرگترین نیروگاه زمین گرمایی به شمار می‌رود. تا سال 2008 انرژی زمین گرمایی سهمی کمتر از یک درصد از تولید کل انرژی الکتریکی جهان را به خود اختصاص داده است. مرکز زمین به (عمق تقریبی 6400 کیلومتر) که در حدود 4000 درجه سانتیگراد حرارت دارد به عنوان یک منبع حرارتی عمل نموده و موجب

تشکیل و پیدایش مواد مذاب با درجه حرارت 650 تا 1200 درجه سانتیگراد در اعماق 80 تا 100 کیلومتری از سطح زمین می‌گردد. به طورمیانگین میزان انتشار این حرارت از سطح زمین که فرایندی مستمر است معادل 82 میلی وات در واحد سطح است که با در نظر گرفتن مساحت کل سطح زمین مجموع کل اتلاف حرارت از سطح‌آن برابر با 42 میلیون مگاوات است. در واقع این میزان حرارت غیر عادی عامل اصلی پدیده‌های زمین شناسی از جمله فعالیت های آتشفشانی ایجاد زمین لرزه‌ها، پیدایش رشته کوه‌ها (فعالیت های کوه‌زایی) و همچنین جابجایی صفحات تکتونیکی می‌باشد که کره زمین را به یک سیستم دینامیک تبدیل نموده و پیوسته آن را تحت تغییرات گوناگون قرار می‌دهد. به وسیله یک سیال مانند بخار یا آب داغ یا هر دو می‌توان این حرارت را به سطح زمین انتقال داد از این انرژی گرمایی در سطح زمین می‌توان در کاربردهای متفاوت از جمله تولید برق استفاده کرد. شکل های 1-6 و 1-7 دو نیروگاه زمین گرمایی را نشان می دهد.

شکل 1-6 نیروگاه زمین‌گرمایی و ایراکی در نیوزیلند.



شکل 1-7 نیروگاه زمین‌گرمایی سیاولیر در ایسلند.

1-2-2-1 انواع فناوری‌های تبدیل

نیروگاه‌های زمین‌گرمایی با توجه به تکنولوژی در دسترس، هزینه ساخت و موقعیت محل از روش‌های مختلفی برای استخراج و تبدیل انرژی زمین گرمایی استفاده می‌کنند.

1-2-2-1-1 نیروگاه‌های بخار خشک

این دسته نیروگاه‌ها از آب‌های داغ موجود در پوسته زمین که معمولاً به صورت بخار به سطح زمین می‌رسند استفاده می‌کنند. این بخار مستقیما وارد یک توربین که به مولد وصل شده می‌شود و از انرژی جنبشی آن برای چرخش توربین استفاده می‌شود. این روش ابتدایی‌ترین روش استفاده از انرژی زمین‌گرمایی به حساب می‌آید و برای اولین بار در لار دالرو (Lardarello) در ایتالیا و در سال 1904 به کار گرفته شد. این نوع نیروگاه‌ها با وجود بهره وری بالایشان آب زیادی را به صورت بخار به همراه مقداری از گازهای مختلف در هوا آزاد می‌کنند.

1-2-2-1-2 نیروگاه‌های تبدیل به بخار سیال(Flash Steam)

در این دسته نیروگاه‌ها از سیال های با دما و فشار بالا (دمای بالای 182 درجه) استفاده می‌شود. از آنجایی که آب در داخل زمین در تحت فشار بالایی قرار دارد همواره به صورت مایع است. در این دسته نیروگاه‌ها آب بیرون آمده از داخل زمین وارد مخزنی کم فشار می‌شود. پایین بودن فشار داخل مخزن موجب خواهد شد که سیال موجود در مخزن به سرعت بخار شود. سپس از بخار تولید شده برای چرخاندن توربین استفاده می‌شود. در صورتی که مقداری از سیال به صورت مایع در داخل مخزن باقی بماند این مایع در مخزن دوم به بخار تبدیل می‌شود.

1-2-2-1-3 نیروگاه چرخه دوگانه

در این دسته از نیروگاه‌ها امکان استفاده از سیال در دمای پایین تر از 180 درجه نیز وجود دارد. در این روش آب بیرون آمده از زمین برای گرم کردن سیالی دیگر با دمای جوش پایین مورد استفاده قرار می‌گیرد. گرمای ناشی از آب داغ سیال دوم را به سرعت بخار می‌کنند و از این سیال برای چرخاندن توربین استفاده می‌شود. یکی از مزایای این نیروگاه‌ها آزاد نکردن بخار آب در محیط است و از طرف دیگر امکان پیدا کردن منابع زمین گرمایی در دمای پایین تر از 180 درجه بسیار بیشتر است و به همین دلیل بیشتر نیروگاه‌های زمین گرمایی آینده از این نوع خواهند بود.

1-2-2-2 مزایا با استفاده از انرژی زمین گرمایی

استفاده از انرژی زمین گرمایی دارای مزایای متعددی نسبت به استفاده از منابع سوخت‌های فسیلی است. ولی مزیت اصلی أن عدم وجود هزینه‌های مربوط به تامین سوخت است. همچنین از نقطه نظر اثرات طبیعی میزان کارهای نامطلوب تولید شده در این نیروگاه‌ها اندک است. از دیگر مزایای این دسته نیروگاه می‌توان به ثابت بودن میزان انرژی استخراج شده در تمامی فصول سال و امکان کار کرد این نیروگاه‌ها به صورت 24 ساعته نیز اشاره کرد. از دید اقتصادی استفاده از منابع زمین گرمایی میزان وابستگی قیمت برق تولیدی به قیمت سوخت‌های فسیلی را هم کاهش می‌دهد.

1-2-2-3 معایب استفاده از انرژی زمین گرمایی

از منظر مهندسی باید به این نکته اشاره کرد که سیال مورد استفاده در نیروگاه‌های زمین گرمایی دارای خاصیت خورندگی در فلرات است و از جهت دیگر پایین بودن دمای سیال (نسبت به سیال در بقیه نیروگاه های حرارتی) در طول مسیر انتقال سیال موجب افزایش این خاصیت خورندگی می‌شود. بر طبق اصول ترمودینامیک پایین بودن دمای سیال همچنین موجب محدود شدن بهره‌وری نیروگاه می‌شود. بیشتر انرژی گرمایی استخراج شده تلف می‌شود اما حرارت پایین خروجی نیروگاه را می‌توان در مکان‌های مختلف مانند گلخانه‌ها، خشک کردن الوار و یا گرم کردن فضاهای‌داخلی به کار گرفت نگرانی های طبیعی مختلفی پیرامون ساخت نیروگاه‌های زمین گرمایی وجود دارد که مهمترین آن کاهش پایداری زمین در مناطق اطراف محل ساخت نیروگاه است این عیب در نیروگاه‌های زمین گرمایی پیشرفته به علت تزریق آب در بین سنگ‌هایی که قبلا با آب تماس نداشته‌اند بیشتر ایجاد می‌شود. این تاثیر به دلیل تزریق آب در زمین به وجود می‌آیند. بخار بازگشته از زمین ترکیباتی مانند کربن دی اکسید، گوگرد و... را به همراه خواهد داشت؛ با این حال میزان گازهای آزاد شده حدود 5٪ مواد منتشر شده به وسیله نیروگاهی فسیلی با همین ظرفیت است. نیروگاه‌های زمین گرمایی می‌توانند با نصب یک سیستم کنترل کننده مواد منتشر شده میزان انتشار کربن دی اکسید را به کمتر از 0،1٪ برسانند. آب خارج شده از زمین همچنین حاوی میزان اندکی از عناصر خطرناک مانند جیوه ارسنیک آنتیمون و نیز خواهد بود. در این حالت دفع این آب‌ها به رودخانه‌های یا دریا می‌تواند خطرات زیست محیطی را به همراه داشته باشد. گر چه محل های مستعد برای استخراج انرژی زمین گرمایی می‌توانند تا چندین دهه انرژی گرمایی را تامین کنند ولی سرانجام گرمای استخراجی

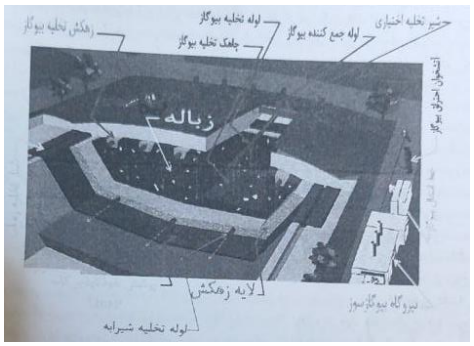
تمام خواهد شد. برخی این سرد شدن زمین در محل استخراج انرژی را دلیلی بر تجدید ناشدنی بودن این انرژی تفسیر می‌کنند. برای مثال دومین نیروگاه زمین گرمایی جهان از نظر قدمت در Wainakei با مشکل کاهش تولید روبه رو شده است. با این حال به نظر می رسد که این محل ها می‌توانند در طول زمان گرمای خود را بازیابند. بر طبق یک تخمین پتانسیل سایت زمین گرمایی واقع در ایسلند انرژی معادل 1500 تراوات با 15 تراوات در طول صد سال خواهد بود. حال آنکه کل تولید برق زمین گرمایی از این سایت در حال حاضر 1،3 تراوات در سال است.

1-2-2-4 نیروگاه زمین گرمایی در ایران

با توجه به قرار گرفتن ایران در یک کمربند آتشفشانی امکان بهره‌برداری از این انرژی در ایران نیز وجود دارد. اولین نیروگاه زمین گرمایی ایران در استان اردبیل و در دامنه کوه سیلان با ظرفیت نهایی بالغ بر 250 مگاوات در سال 85 به بهره‌برداری رسید با توجه به تحقیقات انجام شده امکان ساخت این دست نیروگاه‌ها در مناطق مستعد دیگری نیز مانند دامنه کوه تفتان و مناطق سهند و سبلان وجود دارد.

1-2-3 زیست توده یا بیومس(Biomass)

یک منبع تجدیدپذیر انرژی است که از مواد زیستی به دست می‌آید. مواد زیستی شامل موجودات زنده یا بقایای آنها است. نمونه این مواد چوب زباله و الکل هستند. زیست توده معمولاً شامل بقایای گیاهی است که برای تولید الکتریسیته یا گرما به کار می‌رود. برای مثال بقایای درختان جنگلی، مواد هرس شده از گیاهان و خرده های چوب می‌توانند به عنوان زیست توده به کار گرفته شوند. زیست توده به مواد گیاهی با حیوانی که برای تولید الیاف و مواد شیمیایی به کار می‌روند نیز اطلاق می‌گردد. زیست بوده شامل زباله های زیستی قابل سوزاندن هم می‌شود. اما شامل مواد زیستی مانند سوخت فسیلی که طی فرایندهای زمین شناسی تغییر شکل یافته‌اند مانند زغال سنگ یا نفت نمی‌شود. اگرچه سوخت‌های قیلی ریشه در زیست توده در زمان بسیار قدیم دارند به دلیل اینکه کربن موجود در آن‌ها از چرخه زیستی طبیعت خارج شده است و سوزاندن آنها تعادل دی اکسید کربن موجود در جو را به هم می‌زند عنوان زیست توده به آن‌ها اطلاق نمی‌گردد. شکل 1-8 یک زیست توده را نشان می دهد.



شکل 1- زیست توده

1-3-2-1 ساختار شیمایی زیست توده

زیست توده بر پایه نیتروژن و کربن است . و مقدار کمی از دیگر اتم ها مانند فلزات قلیایی فلزات قلیایی خاکی و فلزات سنگین است. منابع زیست توده شامل ترکیبات آلی با زنجیره بلند می‌باشد که در فرایند هضم ضم به مولکول های ساده تر تبدیل می‌گردد. حاصل این فرایند گازی قابل اشتعال به به نام بیوگاز می‌باشد به به بیو گاز، گاز مرداب نیز گفته می‌شود این گاز شامل دو جز عمده متان و دی اکسید دی کربن به همراه مقدار جزئی از گازهای دیگر باشد این مخلوط گازی با ارزش حرارتی 1/5-2/2 مگاژول به ازای هر متر می باشد متر مکعب است.

1-2-3-2 منابع زیست توده

تقسیم بندی و دسته بندی‌های گوناگونی وجود دارد یک دسته بندی ارائه شده توسط وزارت نیرو منبع زیست توده به شکل زیر دسته بندی می‌شوند: ضایعات کشاورزی فضولات دامی زباله‌های شهری فاضلاب های شهری فاضلاب‌ها و پسماندهای صنعتی دسته بندی دیگر توسط وزارت انرژی آمریکا شامل سه دسته است: مواد اولیه: کلیه گیاهان زمینی که از فتوسنتز به عمل می‌آیند و در خشکی دارند مواد ثانویه کلیه ضایعات و محصولات جنبی صنایع غذایی چوبی جنگی و محد محصولات دامی را شامل می‌شود. منابع ثالثیه کلیه ضایعات زباله ها و زایدات پس از مصرف نظیر چربی ها چربی ها روغن ها زباله‌های شهری زباله‌های بسته بندی و فاضلاب‌ها می‌باشد.

1-2-4 انرژی هیدروژنی

هیدروژن یکی از عناصری است که در سطح زمین به وفور یافت می‌شود این عنصر در طبیعت به صورت خالص وجود ندارد و آن را می‌توان توسط روش‌های مختلف از سایر عناصر بدست آورد. هیدروژن عمده ترین گزینه مطرح به عنوان حامل جدید انرژی است.

1-2-4-1 کاربرد هیدروژن در صنعت

هیدروژن در صنایع مختلف مانند صنایع شیمیایی غذایی کانی، فلری کاربردهای زیادی دارد.

1-2-4-2 ویژگی های هیدروژن

فراونی، انتشار بسیار ناچیز آلاینده‌ها، برگشت پذیر بودن چرخه تولید، کاهش اثرات گلخانه ای

1-2-4-3 کاربرد در حمل و نقل

در آینده هیدروژن و پیل سوختی می‌تواند نقش محوری و کنترل آلایندگی در آلودگی شهرها داشته باشد. موتورهای الکتریکی و پیل های سوختی جایگزین بسیار مناسبی برای موتورهای احتراقی می‌باشد. در حقیقت اگر هیدروژن از منابع فسیلی تامین شود خودروهای پیل سوختی می‌توانند انتشار مواد آلاینده را در جو به حد صفر برسانند.

1-2-4-4 استحصال هیدروژن

امروزه هیدروژن را می‌توان از فرآیندهای همچون الکترولیز آب رفورمینگ کار طبیعی و اکسیداسیون جزعی سوخت‌های فسیلی بدست آورد در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد از کل هیدروژن تولیدی در جهان از سوخت‌های فسیلی بدست می‌آید و بیشترین مصرف هیدروژن در صنایع نفت و پالایش می‌باشد.

1-2-4-5 ذخیره سازی هیدروژن

امروزه سیستم های ذخیره‌سازی هیدروژن جهت مصارف حمل و نقل مشتمل بر ذخیره به اشکال ذیل می‌باشد:
گاز فشرده در مخازن فولادی و کامپوزیتی، به صورت مایع در مخازن فوق سرد به صورت هیدریدهای فلزی.

1-2-5پیل های سوختی

نوعی مبدل انرژی می‌باشند که انرژی شیمیایی را مستقیما به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نماید. پیل های سوختی همانند باطری عمل می‌نمایند اما بر خلاف باطری ها مادامی که به آنها سوخت رسانده شود از کار نمی‌افتند و به شارژ مجدد احتیاجی ندارند پیل های سوختی پتانسیل شیمیایی هیدروژن را به انرژی الکتریکی تبدیل کرده و محصول جانبی آن آب و حرارت است.

1-2-5-1 مزیت اصلی پیل سوختی

اختراق مزیت اصلی استفاده از هیدروژن به عنوان سوخت آن است که پس از احتراق محصول تولید شده بخار آب و اکسید نیتروژن است.

1-2-5-2 ساختمان پیل سوختی

- پیل سوختی از دو الکترود و یک الکترولیت ما بین آنها تشکیل شده است.
- اکسیژن بر روی کاتد و هیدروژن بر روی اند حرکت نموده و تولید الکتریسیته آب و گرما می‌نماید. به عنوان مثال در پیل سوختی نوع پلیمری با استفاده از یک کاتالیست اتم های هیدروژن به یون‌های هیدروژن و الکترون شکسته می‌شوند.
- یون‌های هیدروژن به سطح غشاء نفوذ کرده و به سمت کاتد می‌روند اما الکترون های جدا شده قادر به عبور از این غشاء نبوده و مجبور به طی یک مدار خارجی می‌باشند که این امر سبب تولید جریان برق می‌گردد.
- در کاتد الکترون ها، یون‌های هیدروژن و اکسیژن موجود در هوا با هم ترکیب شده و مولکول آب تشکیل می‌شود

در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستم های مختلف و برای مقاصد متفاوت استفاده و بهره‌گیری می‌شود که اعم آنها عبارتند از:

- سیستم فتوبیولوژیک: تغییراتی که در حیات و زیست گیاهان و جانداران به وسیله نور خورشید و توستر ایجاد می‌گردد فرآیند تجزیه کود حیوانات و استفاده از گاز آن
- سیستم های فتو شیمیایی : تغییرات در اثر اثر نور خورشید الکترولیزهای نوری سلول های فروانتانیک الکتروشیمی تاسیسات سات هیدروژن
- سیستم فتوولتائیک :تبدیل انرژی خورشید به انرژی الکتریکی سلول‌های خورشیدی
- سیستم های حرارتی و و برودتی: شامل سیستم های تهیه آب گرم گرمایش و سرمایش ساختمان ها سیستم های انتقال و پمپاژ سیستم های تولید فضای سبز (گلخانه ها)، خشک‌کن ها و اجاق گاز خورشیدی سیستم‌های سردسازی برج های نیرو، خشک کن های‌خورشیدی و نیروگاه‌های خورشیدی

1-3 کاربردهای انرژی خورشید

در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستم های مختلف استفاده می‌شود که عبارت اند از:

1. استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی و نیروگاهی
2. تبدیل مستقیم پرتوهای خورشید به الکتریسیته بوسیله تجهیزاتی به نام فتوولتائیک

1-3-1 استفاده از انرژی حرارتی خورشید

این بخش از کاربردهای انرژی خورشید شامل دو گروه نیروگاهی و غیر نیروگاهی می‌باشند.

1-3-1-1 کاربردهای نیروگاهی

تأسیساتی که با استفاده از آنها انرژی جذب شده حرارتی خورشید به الکتریسیته تبدیل می‌شود نیروگاه حرارتی خورشیدی نامیده می‌شود این تأسیسات بر اساس انواع متمرکزکننده‌های موجود و برجست اشکال هندسی متمرکز کننده‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند.

نیروگاه هایی که گیرنده آنها آینه های سهموی ناودانی هستند.

نیروگاه هایی که گیرنده آنها در یک برج قرار دارد و نور خورشید توسط آینه‌های بزرگی به نام هلیوستات به آن منعکس می‌شود. (دریافت کننده مرکزی)

نیروگاه هایی که گیرنده آنها بشقابی سهموی (دیش) می باشد.

قبل از توضیح در خصوص نیروگاه خورشیدی بهتر است شرح مختصری از نحوه کارکرد نیروگاه‌های تولید الکتریسیته داده شود. بهتر است بدانیم در هر نیروگاهی اعم از نیروگاه‌های آبی، نیروگاه‌های بخاری و نیروگاه‌های گازی برای تولید برق از ژنراتورهای الکتریکی استفاده می‌شود که با چرخیدن این ژنراتورها برق تولید می‌شود. این ژنراتورهای الکتریکی انرژی دورانی خود را از دستگاهی به نام توربین تامین می‌کنند. بدین ترتیب می‌توان گفت که ژنراتورها انرژی جنبشی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. تأمین کننده انرژی جنبشی ژنراتورها، توربین ها هستند توربین ها انواع مختلف دارند در نیروگاه‌های بخاری توربین هایی وجود دارند که بخار با فشار و دمای بسیار بالا وارد آنها شده و موجب به گردش در آمدن پره های توربین می‌گردد. در نیروگاه‌های آبی که روی سدها نصب می شوند انرژی پتاسیل موجود در آب موجب به گردش در آمدن پره های توربین می‌شود. بدین ترتیب می‌توان گفت در نیروگاه‌های آبی انرژی پتانسیل آب به انرژی جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می‌شود. در نیروگاه‌های حرارتی بر اثر سوختن سوخت‌های فسیلی مانند مازوت، آب موجود در سیستم بسته نیروگاه داخل دیگ بخار (بویلر) به بخار تبدیل می‌شود و بدین ترتیب انرژی حرارتی به جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می‌شود در نیروگاه‌های گازی توربین هایی وجود دارد که به طور مستقیم بر اثر سوختن گاز به حرکت درآمده و ژنراتور را می‌گرداند و انرژی حرارتی به جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می‌شود و اما در نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی وظیفه اصلی بخش‌های خورشیدی تولید بخار مورد نیاز برای تغذیه توربین ها است یا به عبارت دیگر می‌توان گفت که این نوع نیروگاه ها شامل دو قسمت هستند.

- سیستم خورشیدی که پرتوهای خورشید را جذب کرده و با استفاده از حرارت جذب شده تولید بخار می‌نماید.

- سیستمی موسوم به سیستم سنتی که همانند دیگر نیروگاه‌های حرارتی بخار تولید شده را توسط توربین و ژنراتور به الکتریسیته تبدیل می‌کند.

1-3-1-1-1 نیروگاه‌های حرارتی خورشید از نوع سهموی خطی

در این نیروگاه‌ها، از منعکس کننده‌هایی که به صورت سهموی خطی می‌باشند جهت تمرکز پرتوهای خورشید در خط کانونی آنها استفاده می‌شود و گیرنده به صورت لوله ای در خط کانونی منعکس کننده‌ها قرار دارد. در داخل این لوله روغن مخصوصی در جریان است که بر اثر حرارت پرتوهای خورشید گرم و داغ می‌گردد. روغن داغ از مبدل حرارتی عبور کرده و آب را به بخار به مدارهای مرسوم در نیروگاه‌های حرارتی انتقال داده می‌شود تا به کمک توربین بخار و ژنراتور به توان الکتریکی تبدیل گردد. برای بهره‌گیری بیشتر و افزایش بازدهی لوله دریافت‌کننده سطح آن را با اکسید فلزی که ضریب بالایی دارد پوشش می‌دهد و همچنین در محیط اطراف آن لوله شیشه ای به صورت لفاف پوشیده می‌شود تا از تلفات گرمایی و افت تشعشعی جلوگیری گردد و نیز از لوله دریافت‌کننده محافظت به عمل آید. ضمنا بین این دو لوله خلاء به وجود می‌آوردند برای آنکه پرتوهای تابشی خورشید در تمام طول روز به صورت مستقیم به لوله دریافت‌کننده برسد. در این نیروگاه‌ها یک سیستم ردیاب خورشید نیز وجود دارد که به وسیله آن آینه های شلجمی دائماً خورشید را دنبال می‌کنند و پرتوهای آن را روی لوله دریافت کننده متمرکز می‌نمایند. تغییرات تابش خورشید در این نیروگاه‌ها توسط منبع ذخیره و گرمکن سوخت فسیلی جبران می‌شوند. در چند کشور نظیر ایالات متحده آمریکا، اسپانیا، مصر، مکزیک، هند و مراکش از نیروگاه‌های سهموی خطی استفاده شده‌است که این نیروگاه‌ها با در مرحله ساخت و یا در مرحله بهره‌برداری قرار دارند. در ایران نیز تحقیقات و مطالعاتی در زمینه این نیروگاه ها انجام شده و پروژه یک نیروگاه تحقیقاتی با ظرفیت 350 کیلووات توسط سازمان انرژی های‌نو ایران در شیراز در حال انجام می‌باشد. کلیه مراحل مطالعاتی طراحی و ساخت این نیروگاه به طور کامل توسط مختصصین و مهندسان ایرانی انجام می‌پذیرد. بدیهی است که با افزایش ظرفیت فنی و علمی که در اثر اجرای پروژه نیروگاه خورشیدی شیراز عابد محققین مجرب ایرانی می‌شود ایران در زمره محدود کشورهای سازنده نیروگاه‌های خورشید از نوع متمرکز کنده های سهموی خطی قرار خواهند گرفت.

۲-۱-۱-۳-۱ نیروگاه‌های حرارتی از نوع دریافت کننده مرکزی

در این نیروگاه‌ها پرتوهای خورشیدی توسط مزرعه‌ای متشکل از تعداد زیادی آینه منعکس‌کننده نام هلیوستات بر روی یک دریافت‌کننده که در بالای برج سینا بلندی استقرار یافته است متمرکز می‌گردد. در نتیجه روی محل تمرکز پرتوها انرژی گرمایی زیادی به دست می‌آید که این انرژی به وسیله سیال عامل که داخل دریافت‌کننده در حرکت است جذب می‌شود و به وسیله مبدل حرارتی به سیستم آب و بخار مرسوم در نیروگاه‌های سنتی منتقل شده و بخار فوق گرم در فشار و دمای طراحی شده برای استفاده در توربین ژنراتور تولید می‌گردد. این سیال عامل در مبدل های حرارتی در کنار آب قرار گرفته و موجب تبدیل آن به بخار با فشار و حرارت بالا می‌گردد. در برخی از سیستم ها سیال عامل آب است و مستقیماً در داخل دریافت کننده به بخار تبدیل می‌شود. برای استفاده دائمی از این نوع نیروگاه در زمانی که تابش خورشید وجود ندارد مثلاً ساعات ابری یا شب ها از سیستم‌های ذخیره‌کننده حرارت و با احیاناً از تجهیزات پشتیبانی که ممکن است از سوخت‌فسیلی استفاده‌کنند جهت ایجاد بخار برای تولید برق کمک گرفته می‌شود. مطالعات و تحقیقات در زمینه فناوری و سیستم‌های این نیروگاه‌ها ادامه دارد و آزمایشگاه‌ها و مؤسسات متعددی در سراسر دنیا در این زمینه فعالیت می‌کنند. مطالعات ساخت اولین نیروگاه خورشیدی ایران از نوع دریافت کننده مرکزی توسط سازمان انرژی‌های نو ایران و با کمک شرکت‌های مشاور و سازنده‌داخلی با ظرفیت یک مگاوات و سیال عامل آب و بخار در طالقان جریان دارد. کلیه مطالعات اولیه و پتانسیل سنجی و طراحی نیروگاه به انجام رسیده و یک نمونه هلیوستات نیز ساخته شده‌است. شکل9-1 نیروگاه‌های حرارتی از نوع دریافت‌کننده مرکزی را نشان می‌دهد.

شکل 9-1 نیروگاه‌های حرارتی از نوع دریافت کننده‌مرکزی

1-3-1-1-3 نیروگاه‌های حرارتی از نوع بشقابی

در این نیروگاه‌ها از منعکس‌کننده‌هایی که به صورت شلجمی بشقابی می‌باشد جهت تمرکز نقطه ای پرتوهای خورشیدی استفاده می‌گردد و گیرنده‌هایی که در کانون شلجمی قرار می‌گیرند به کمک سیال جاری در آن انرژی گرمایی را جذب نموده و به کمک یک ماشین حرارتی و ژنراتور آن را به نوع مکانیکی و الکتریکی تبدیل می‌نماید. در سیستم بشقابک استرلینگ با استفاده از تابش مستقیم خورشیدی برق تولید می‌شود. ظرفیت یک واحد از این سیستم ها نوعا بین 5 تا 50 کیلووات متداول است به علت امکان پذیری این سیستم در سایزهای مختلف و مدولار بودن این سیستم موارد کاربرد متعددی به صورت واحدهای مستقل یا متصل به شبکه دارد. تابش خورشیدی ورودی از متمرکزکننده سهموی به دریافت‌کننده خلا واقع در نقطه کانونی متمرکز کننده ارسال شده و با جذب در دریافت‌کننده سیال عامل موتور استرلینگ که معمولا گاز هلیوم یا هیدروژن است تا دمای حدود 650 درجه سانتی گراد گرم می‌شود. سپس این حرارت در موتور استرلینگ به انرژی مکانیکی و در ژنراتور به جریان مستقیم الکتریسیته تبدیل می‌شود. موتور استریلینگ، یک موتور گازی با پیستون رفت و برگشتی است که گاز آن به طور خارجی گرم می‌شود و در یک سیکل ترمودینامیکی بازیافت چهار مرحله ای عمل می‌کند. به منظور بهره‌برداری دائمی از تابش مستقیم خورشیدی سیستم مجهز به ردیاب دو محوره است. میزان برق تولیدی بستگی به سایر متمرکزکننده و خواص نوری آن و همچنین راندمان موتور استرلینگ و ژنراتور دارد. نمونه هایی از این سیستم در کشورهای آلمان، اسپانیا ،آمریکا، و ژاپن به صورت آزمایشی مورد بهره برداری قرار گرفته‌اند.

1-3-1-1-4 صفحات خورشیدی در جاده‌ها و بزرگراه‌ها

به منظور تولید برق از خورشید از ۲ روش استفاده از نیروگاه‌های فتوولتائیک و نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی می‌توان بهره گرفت. در روش اول که کاربرد و توسعه بیشتری در جهان یافته است، با استفاده از تابش اشعه خورشید به سلول‌های فتوولتائیک که اجرای اصلی صفحات خورشیدی هستند برق تولید می‌شود. اصل مقدماتی در این فناوری اثر فوتوالکتریک است که در آن نور باعث می‌شود الکترون ها از ماده جدا شوند. سلول‌های خورشیدی از لایه های نازکی از جنس نیمه رساناها (مانند سیلیکون) ساخته شده‌اند که خصایص الکترونیکی متفاوت دارند و فوتون‌های نور خورشیدی موجب فعال شدن حرکت الکترون و در نتیجه پیدایش میدان‌های الکتریکی قوی درون آنها می‌شود. این حرکت اختلاف پتانسیلی بین وجود بالایی و پایینی سلول به وجود می‌آورد که در صورتی که مدار کامل شود این اختلاف پتانسیل جریان مستقیمی را ایجاد خواهد کرد. این جریان مستقیم به وسیله مبدل‌ها قابلیت تبدیل به جریان متناوب را دارد. در سیستم‌های برق خورشیدی معمولا غیر از صفحات خورشیدی از باتری به عنوان ذخیره‌سازی انرژی برای کاربرد سیستم در روزهای با تابش نامناسب خورشید و شارژ کنترلر به منظور جلوگیری از شارژ بیش از حد یا دشارژ باتری نیز استفاده می‌شود.

این ایده گرچه ابتدا تا حد زیادی دور از دسترس به نظر می‌رسید. اما اکنون به واقعیت تبدیل شده تا آنجا که پیش‌بینی می‌شود در دهه آینده در بسیاری از کشورهای جهان نسل جدیدی از سیستم جاده و خیابان‌کشی تحت عنوان جاده‌های خورشیدی به کار گرفته شود که در آن صورت حتی تخمین زده می‌شود که تحولی بنیادین در طراحی و به کارگیری تابلوهای کنار جاده و سیستم های هشداردهنده نیز ایجاد شود. جاده‌هایی که با تکیه بر این فناوری جدید ساخته می‌شوند نه تنها خورشیدی بوده و انرژی تابشی خورشید را جذب می‌کنند. بلکه با تکیه بر سیستمی کاملا هوشمند نقش قابل توجهی در کمک به حفظ گونه‌های جانوری و محیط زیست زمین خواهد داشت. در این راستا محققان دست به کار شده و برای تحقق این ایده و در عین حال تجاری سازی آن وارد عمل شده‌اند. آنها طراحی صفحات خورشیدی مخصوصی را آغاز کرده اند که از قابلیت‌های گوناگونی برخوردار است. این صفحات ضمن آنکه باید از توان بالایی در تحمل فشار ناشی از حرکت خودروهای سبک و سنگین برخوردار باشد باید حجم قابل توجهی از پرتوهای خورشیدی را جذب و به انرژی الکتریکی تبدیل کنند. در حقیقت این دو خصوصیت اصلی به عنوان خط مشی اصلی دانشمندان در این پروژه جدید دوست‌دار محیط زیست بوده است. در فناوری نوینی که محققان این شرکت روی آن کار می‌کنند. صفحات خورشیدی ویژه‌ای ساخته می‌شود که انرژی خورشیدی ذخیره شده در آن قابلیت تبدیل به انرژی الکتریکی و استفاده‌های تجاری و مسکونی را دارد. ترکیب این صفحات با ساختار سنتی آسفالت مهم ترین مانع جدی در برابر دانشمندان این پروژه بوده، اما نکته خیره‌کننده این است که محققان توانسته اند فناوری ال‌ای‌دی را نیز با این ایده در آمیخته و نسل کاملا جدیدی از جاده‌ها را ارائه کنند. صفحات خورشیدی که برای این منظور ساخته می‌شود. در برگیرنده ال‌ای‌دی هایی هستند که همچون علائم هشداردهنده به کمک رانندگان می‌آیند.

این ال‌ای‌دی ها در شب هنگام از کارایی بیشتری برخوردار هستند و این زمانی است که با نمایش علائم هشداردهنده در کف جاده راننده را از وضعیت پیش رو مطلع کرده و در عین حال ضریب خطاهای وی را با هشدارهای متناوبی که نمایش می‌دهد به حداقل می‌رساند. استفاده ترکیبی از ال‌ای‌دی ها در این فناوری نوین به نوعی موجب رنگ‌آمیزی دیجیتال جاده‌ها نیز می‌شود و این امکان را برای کارشناسان فراهم می‌کند تا در هر نقطه ای که نیاز باشد. علائم هشداردهنده را به اطلاع رانندگان برساند. یکی دیگر از مزایای این فناوری برین توجه به حیات وحشی اطراف جاده است. همه ساله شمار قابل توجهی از احشام و حتی در حالی که از جاده ها عبور می‌کنند، قربانی برخورد شدید با خودروهای عبوری می‌شوند. در صورت توسعه این فناوری نوین این مشکل برای همیشه بر طرف می‌شود؛ چون محققان با استفاده از حسگرهایی مخصوص این صفحات را به گونه‌ای ساخته‌اند که به راحتی احشام در حال عبور را تشخیص داده و در چنین حالتی علائم هشدار دهنده‌ای را منتشر می‌کند که حتی در شب هنگام نیز به راحتی قابل رویت است اما این پایان جاه طلبی محققان در چنین پروژه ای نبوده است. آنها به دنبال ارائه فناوری‌ای بوده اند که سهم جاده در تصادفات رانندگی و تلفات جاده ای را به حداقل برساند. از این رو در دل روکش این اسفالت جدید، المنت های حرارتی را جاسازی کرده اند که در زمان بارندگی و احتمال ایجاد لایه یخ روی جاده از هر گونه یخ زدگی سطح آن جلوگیری می‌کند. این ایده در حالی در این فناوری به واقعیت تبدیل می‌شود که در فصول سرد سال از جمله زمستان که بارش برف و باران و احتمال یخ زدگی معابر به طرز قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند. احتمال وقوع تصادفات مرگبار نیز بیشتر می‌شود اما با استفاده از این فناوری نوین رانندگی در زمستان سیار دلپذیرتر از گذشته می شود. کارشناسان بر این باورند که این تلاش آغازی امیدوار کننده برای تحقق ایده جاده های هوشمند در آینده ای نه چندان دور است. پیش بینی می‌شود در آینده ای نه چندان دور بسیاری از جاده ها و خیابان ها در کشورهای مختلف جهان به لطف استفاده از فناوری هایی همچون ال ای دی ها و حسگرهای هوشمند به معابر تردد هوشمند تبدیل شوند اما توسعه این فناوری با این هدف که تصادفات و تلفات جاده ای به حداقل خود برسد. بخشی از هدف اصلی محققان از انجام چنین تلاش‌هایی را تشکیل می‌دهد به عقیده آنها جایگزین ساختن آسفالت جاده‌ها با این صفحات خورشیدی جدید می‌تواند گامی جدی به سوی مقابله با تغییرات جوی و گرم تر شدن زمین باشد. در صورتی که این فناوری به سرعت توسعه پیدا کند، آنگاه نسل آتی خودروهای سبک و سنگین برفی نیز می‌توانند با تکیه بر برق تولید شده در این جاده‌ها به حرکت خود ادامه دهند و در نتیجه حجم قابل توجهی از آلایندگی‌های ناشی از سوخته شدن سوخت‌های فسیلی از بین می‌رود.

1-3-1-1-4 مزایای نیروگاه‌های خورشیدی

نیروگاه‌های خورشیدی که انرژی خورشید را به برق تبدیل می‌کنند امید است در آینده با مزایای قاطعی که در برابر نیروگاه‌های فسیلی و اتمی دارند به خصوص اینکه سازگار با محیط زیست می‌باشند، مشکل برق بخصوص در دوران اتمام ذخائر نفت و گاز را حل نمایند. تأسیس و بکارگیری نیروگاه‌های خورشیدی آینده ای پر ثمر و زمینه ای گسترده را برای کمک به خودکفایی و قطع وابستگی کشور به صادرات نفت فراهم خواهد کرد. اکنون شایسته است که به ذکر چند مورد از مزایای این نیروگاه‌ها بپردازیم

1-3-1-1-4-1 تولید برق بدون مصرف سوخت

نیروگاه‌های خورشیدی نیاز به سوخت ندارند و بر خلاف نیروگاه‌های فسیلی که قیمت برق تولیدی آنها تابع قیمت نفت بوده و همیشه در حال تغییر می‌باشد. در نیروگاه‌های خورشیدی این نوسان وجود نداشته و می‌توان بهای برق مصرفی را برای مدت طولانی ثابت نگهداشت.

1-3-1-1-4-2 عدم احتیاج به آب زیاد

نیروگاه های خورشیدی به خصوص دودکش‌های خورشیدی با هوای گرم احتیاج به آب ندارند لذا برای مناطق خشک مثل ایران بسیار حائز اهمیت می‌باشند.(نیروگاه‌های حرارتی سنتی هنگام فعالیت نیاز به آب مصرفی زیادی دارند).

1-3-1-1-4-3 امکان تأمین شبکه‌های کوچک و ناحیه ای

نیروگاه‌های خورشیدی می‌توانند با تولید برق به شبکه سراسری برق نیرو برسانند و در عین امکان تأمین شبکه‌های کوچک ناحیه ای احتیاج به تأسیس خطوط فشار قوی طولانی جهت انتقال برق ندارند و نیاز به هزینه زیاد احداث شبکه‌های انتقال نمی‌باشد.

1-3-1-1-4-4 استهلاک کم و عمر زیاد

نیروگاه‌های خورشیدی بدلایل فنی و نداشتن استهلاک زیاد دارای عمر طولانی می‌باشند در حالی که عمر نیروگاه‌های فسیلی بین 15 تا 30 سال محاسبه شده است.

1-3-1-1-4-5 عدم احتیاج به متخصص

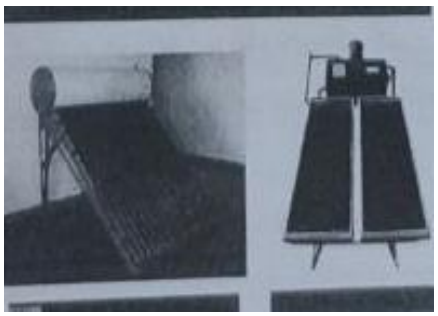
نیروگاه‌های خورشیدی احتیاج به متخصص عالی ندارند و می‌توان آنها را به طور اتوماتیک به کار انداخت در صورتی که در نیروگاه‌های اتمی وجود متخصصین در سطح عالی ضروری بوده و این دستگاه‌ها احتیاج به مراقبت‌های دائمی و ویژه دارند.

1-3-1-2 کاربردهای غیر نیروگاهی

کابردهای غیر نیروگاهی از انرژی حرارتی خورشید شامل موارد متعددی می‌باشد که اهم آنها عبارت اند از: آبگرمکن و حمام خورشیدی، سرمایش و گرمایش خورشیدی، آب شیرین‌کن خورشیدی، خشک‌کن خورشیدی، اجاق خورشیدی، کوره‌های خورشیدی، و خانه‌های خورشیدی

1-3-1-2-1 آبگرمکن‌های خورشیدی و حمام خورشیدی

تولید آب گرم تهیه آب گرم بهداشتی در منازل و اماکن عمومی به خصوص در مکان‌هایی که مشکل سوخت‌رسانی وجود دارد استفاده کرد. چنانچه ظرفیت این سیستم ها افزایش یابد می‌توان از آنها در حمام‌های خورشیدی نیز استفاده نمود. تاکنون با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران تعداد زیادی آب گرمکن خورشیدی و چندین دستگاه حمام خورشیدی در نقاط مختلف کشور از جمله استان‌های خراسان، سیستان و بلوچستان یزد و کرمان نصب و راه اندازی شده است. شکل 1-10 آبگرمکن های خورشیدی را نشان می‌دهد.



شکل1-10 آبگرمکن های خورشیدی

1-3-1-2-2 گرمایش و سرمایش ساختمان و تهویه مطبوع خورشیدی

اولین خانه خورشیدی در سال 1939 ساخته شد که در آن از مخزن گرمای فصلی برای به کارگیری گرمای ان در طول سال استفاده شده است. گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها با استفاده از انرژی خورشید، ایده تازه‌ای بود که در سال‌های 1930 مطرح شد و در کمتر از یک دهه به پیشرفت‌های قابل توجهی رسید. با افزودن سیستمی معروف به سیستم تبرید جذبی به سیستم‌های خورشیدی می‌توان علاوه بر آب گرم مصرفی و گرمایش از این سیستم‌ها در فصول گرما برای سرمایش ساختمان نیز استفاده کرد.

1-3-1-2-3 آب شیرین‌کن خورشیدی

هنگامی که حرارت دریافت شده از خورشید با درجه حرارت کم روی آب شور اثر کند تنها آب تبخیر شده و اصلاح باقی می‌ماند. سپس با استفاده از روشهای مختلف می توان آب تبخیر شده را تنظیم کرده و به این ترتیب آب شیرین تهیه کرد. با این روش می‌توان آب بهداشتی مورد نیاز در نقاطی که دسترسی به آب شیرین ندارند مانند جزایر را تأمین کرد. آب شیرین کن خورشیدی در دو اندازه خانگی و صنعتی ساخته می‌شوند. در نوع صنعتی با حجم بالا میتوان برای استفاده شهرها آب شیرین تولید کرد.

1-3-1-2-4 خشک‌کن خورشیدی

خشک کردن مواد غذایی برای نگهداری آنها از زمانهای بسیار قدیم مرسوم بوده و انسان‌های نخستین خشک کردن را یک هنر می‌دانستند. خشک کردن عبارت است از گرفتن قسمتی از آب موجود در مواد غذایی و سایر محصولات که باعث افزایش عمر انبازی محصول و جلوگیری از رشد باکتری ها می‌باشد. در خشک‌کن‌های خورشیدی به طور مستقیم و یا غیر مستقیم از انرژی خورشیدی جهت خشک نمودن مواد استفاده می شود و هوا نیز به صورت طبیعی یا اجباری جریان یافته و باعث تسریع عمل خشک شدن محصول می‌گردد. خشک کن های خورشیدی در اندازه ها و طرح های مختلف و برای محصولات و مصارف گوناگون طراحی و ساخته می‌شوند.

1-3-1-2-5 اجاق های خورشیدی

دستگاه‌های خوراک پر خورشیدی اولین بار به وسیله شخصی بنام نیکلاس ساخته شد. اجاق او شامل یک جعبه عایق‌بندی شده با صفحه سیاه رنگی بود که قطعات شیشه‌ای درپوش آن را تشکیل می‌داد اشعه خورشید با عبور از میان این شیشه ها وارد جعبه شده و به وسیله سطح سیاه جذب می‌شد. سپس درجه حرارت داخل جعبه را به 88 درجه افزایش می‌داد. اصول کار اجاق خورشیدی جمع آوری پرتوهای مستقیم خورشید در یک نقطه کانونی و افزایش دما در آن نقطه می‌باشد. امروزه طرح های متنوعی از این سیستم ها وجود دارد که این طرح ها در مکان‌های مختلفی از جمله آفریقای جنوبی آزمایش شده و به نتایج خوبی نیز رسیده‌اند. استفاده از این اجاق ها به ویژه در مناطق شرقی کشور ایران که با مشکل کمبود سوخت مواجه می‌باشند بسیار مفید خواهد بود.

1-3-1-2-6 کوره خورشیدی

در قرن هجدهم نونورا اولین کوره خورشیدی را در فرانسه ساخت و به وسیله آن یک تل چوبی را در فاصله 60 متری آتش زد. بسمر پدر فولاد جهان نیز حرارت مورد نیاز کوره خود را از انرژی خورشیدی تأمین می‌کرد. متداول ترین سیستم یک کوره خورشیدی متشکل از دو آینه یکی تخت و دیگری کروی می‌باشد. نور خورشید به آینه تخت رسیده و توسط این آینه به آینه کروی بازتابیده می‌شود. طبق قوانین اپتیک هر گاه دسته پرتوی موازی محور آینه با آن برخورد نماید در محل کانون متمرکز می‌شوند به این ترتیب انرژی حرارتی گسترده خورشید در یک نقطه جمع می‌شود که این نقطه به دماهای بالایی می‌رسند. امروزه پروژه‌های متعددی در زمینه کوره‌های خورشید در سراسر جهان در حال طراحی و اجرا می‌باشد.

1-3-2-1-7 خانه های خورشیدی

ایرانیان باستان از انرژی خورشیدی برای کاهش مصرف چوب در گرم کردن خانه‌های خود در زمستان استفاده می‌کردند. آنان ساختمان‌ها را به ترتیبی بنا می‌کردند که در زمستان نور خورشید به داخل اتاق های نشیمن می تایید ولی در روزهای گرم تابستان فضای اتاق در سایه قرار داشت. در اغلب فرهنگ های دیگر دنیا نیز می توان نمونه‌هایی از این قبیل طرح ها را مشاهده نمود. در سال های این دو جنگ جهانی در اروپا و ایالات متحده طرح های فراوانی در زمینه خانه های خورشیدی مطرح و آزمایش شد. از آن زمان به بعید تحول خاصی در این زمینه صورت نگرفت. حدود چند سالی است که معماران به طور جدی ساخت. خانه های خورشیدی را آغاز کرده‌اند و به دنبال تحول و پیشرفت این تکنولوژی به نتایج مفیدی نیز است. یافته‌اند مثلا در ایالات متحده در سال 1890 به تنهایی حدود 10 تا 20 هزار خانه خورشیدی ساخته شده است. در این گونه خانه ها سعی می‌شود از انرژی خورشید برای روشنایی تهیه آب گرم بهداشتی سرمایش و گرمایش ساختمان استفاده شود و با بکار بردن مصالح ساختمانی مفید از اتلاف گرما و انرژی جلوگیری شود. در ایران نیز پروژه ساخت اولین ساختمان خورشیدی واقع در ضلع شمالی دانشگاه علم و صنعت و به منظور مطالعه و پژوهش در خصوص بهینه‌سازی مصرف انرژی و امکان بررسی روش‌های استفاده از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر به ویژه انرژی خورشیدی اجرا گردیده است.

فصل دوم

انرژی خورشیدی و سیستم های فتوولتاییک

2-1 مقدمه

با توجه به تقاضای رو به رشد مصرف‌کنندگان در سطح جهانی نیاز به تولید برق افزایش یافته است. در عین حال افزایش بهای گاز طبیعی و تأکید مقررات بر محدود کردن انتشار گازهای گلخانه ای، هزینه تولید برق با استفاده از سوخت‌های فسیلی را افزایش داده است. به همین دلیل رویکرد به استفاده از سایر منابع انرژی برای تولید برق از جمله تولید برق خورشیدی با استفاده از سیستم های فتوولتاییک افزایش یافته است. سیستم‌های فتوولتاییک به علت مزایای زیادی که دارند کاربرد فراوان دارند. اولین نوع آنها در اقمار مصنوعی آزمایش و کارایی خود را به نحو احسن انجام دادند. عمر طولانی (حدود 20 سال)، قابلیت نصب و راه اندازی در شرایط جغرافیایی ویژه مانند مناطق صعب العبور و کوهستانی قابلیت استفاده در سیستم‌های متحرک، نگهداری آسان عدم وابستگی به شبکه در نقاط دور دست و قابلیت استفاده به صورت متصل به شبکه همه مزایایی هستند که آینده درخشانی را برای استفاده از سیستم های فتوولتاییک ترسیم می‌کنند میزان تولید برق از طریق سیستم های فتوولتاییک در جهان در هر پنج سال دو برابر می‌شود. پیشرفت های صنعتی و تکامل فناوری‌های مورد استفاده در تولید سلول های فتوولتاییک بهره‌وری بالاتر و استفاده وسیع تر از این سیستم ها را در پی دارد. به طوری که در طول دو دهه گذشته هزینه ساخت و نصب یک سیستم فتوولتاییک در حدود 20 درصد کاهش یافته و توان تولیدی هر واحد نصب شده دو برابر شده است.

2-2 سیستم های فتوولتاییک

تبدیل مستقیم انرژی خورشید به الکتریسیته معمولاً به وسیله سلولهای فتوولتاییک صورت می‌گیرد که از اثر فتوولتاییک استفاده می‌کنند. اثر فتوولتاییک بر اساس اثر متقابل فوتون‌هایی با انرژی برابر با یا بیش از انرژی باند ممنوعه مواد فتوولتاییک است. ماژول‌های فتوولتاییک انرژی خورشید را بدون آلودگی و سر و صدا و نوسانات به الکتریسیته تبدیل می‌کنند. انرژی خورشید چگالی انرژی کمی دارد و بنابراین، ماژول‌های فتوولتاییک باید. سطح زیادی داشته باشند تا بتوانند انرژی کمی تولید کنند. سیستم های فتوولتاییک در شبکه های قدرت به هم پیوسته از مدل استفاده می‌کنند تا جریان DC تولید شده به وسیله آرایه های فتوولتاییک به جریان AC مناسب با ولتاژ و فرکانس مورد نیاز در شبکه برق تبدیل شود. انرژی الکتریکی خورشیدی منبع اصلی انرژی برای سفینه‌های فضایی از زمان شروع برنامه های فضایی است. همچنین حدوداً از سه دهه ی پیش از آن برای تأمین انرژی در مصارف شهری و کشاورزی استفاده می‌شود. در یک دهه ی گذشته از انرژی خورشیدی برای تأمین انرژی خانه‌ها و ساختمان‌های شهری به طور گسترده استفاده شده که نتیجه‌ی پیشرفت در تکنولوژی خورشیدی به همراه تغییرات در ساختار صنعت الکترونیک است. اگر چه انواع مختلف سیستم های فتوولتاییک وجود دارد. اما همه‌ی آنها متشکل از سه جزء اصلی هستند ماژول که انرژی خورشید را به الکتریسیته تبدیل می‌کند؛ مبدل که الکتریسیته را به جریان متناوب تبدیل می‌کند تا از آن بتوان در مصارف مختلف خانگی استفاده کرد و احتمالاً باتری که انرژی الکتریسیته ی اضافی تولید شده در سیستم را ذخیره می‌کند. دیگر اجزای جانبی سیستم عبارتند از سیم ها سوئیچ برای قطع جریان سازه های پشتیبانی و برای استفاده ی مناسب ازسیستم های فتوولتاییک باید ساختار و کاربرد این سیستم ها به طور دقیق شناسایی شود.

2-3 طبقه بندی تیپ سیستم‌های فتوولتاییک از لحاظ کاربری

به طور کلی سیستم‌های فتوولتاییک با توجه کاربردشان به دو گروه دسته بندی می‌شوند.

- واحدهای فتوولتاییک متصل به شبکه
- واحدهای فتوولتاییک مجزا از شبکه

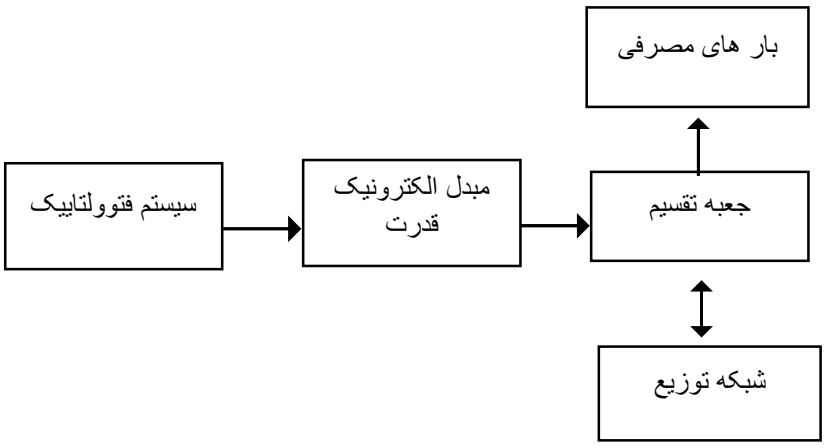
لازم به ذکر است که کاربری دیگر سیستم های فتوولتاییک به صورت چندگانه می‌باشد که در این حالت سیستم فتوولتاییک در کنار منابع دیگر مانند توربین باد یا دیزل تغذیه بار را انجام می‌دهند.

1-2-3 سیستم‌های فتوولتاییک متصل به شبکه

به منظور تقویت شبکه‌ی سراسری برق و جلوگیری از فشار الکتریکی وارده بر نیروگاه‌ها در طی روز، استفاده از سیستم‌های فتوولتاییک متصل به شبکه سراسری برق به صورت متمرکز و یا غیر متمرکز از جمله راه حل های این مشکل می‌باشد. امروزه سیستم های فتوولتاییک متصل به شبکه در بسیاری از کشورهای جهان در واحدهای کوچک از 1 کیلو وات الی 5 کیلو وات در بام منازل مسکونی و در واحدهای بزرگتر به صورت نیروگاه های فتوولتاییک نصب و راه اندازی شده است. از مزایای این سیستم می توان به مواردزیر اشاره کرد:

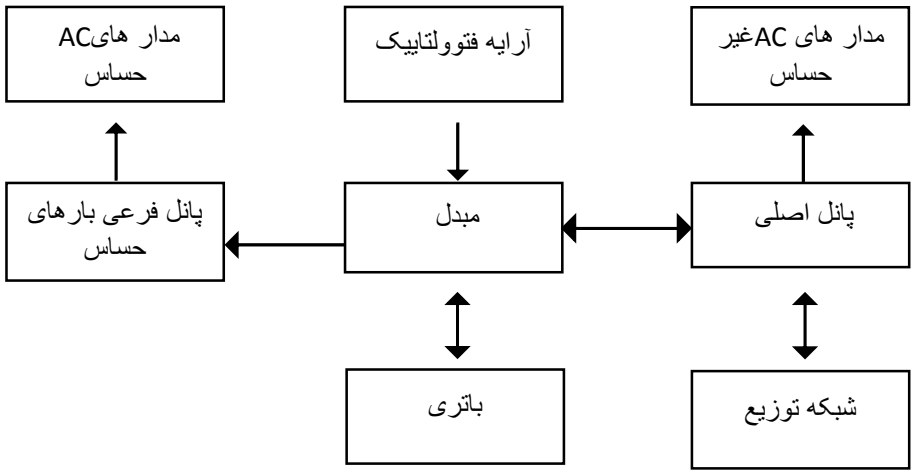
- نصب و راه‌اندازی آسان
- بازده‌ای بالا و عدم نیاز به تجهیزات جانی پیچیده
- عدم نیاز به باتری جهت ذخیره انرژی الکتریکی

طراحی سیستم های فتوولتاییک متصل به شبکه به گونه ای است که هم زمان و به طور موازی با شبکه‌ی برق سراسری توان تولید می‌نمایند یکی از اجزاء اصلی سیستم های فتوولتاییک متصل به شبکه مدل الکترونیک قدرت است که برق DC تولیدی توسط آرایه های فتوولتاییک را متناسب با ولتاژ و فرکانس شبکه به برق AC تبدیل نموده و در صورت عدم نیاز به طور خودکار انتقال نیرو را قطع می‌نماید. به طور کلی ارتباطی دو جانبه میان سیستم های فتوولتاییک و شبکه ی برق وجود دارد، به نحوی که اگر برق DC تولیدی توسط سیستم های فتوولتاییک بیش از نیاز بار مصرفی محلی باشد مازاد آن به شبکه‌ی برق سراسری تغذیه می‌گردد و در هنگام شب و مواقعی که به دلایل اقلیمی امکان استفاده از نور خورشید وجود ندارد، بار الکتریکی مورد نیاز سایت توسط شبکه ی برق سراسری تأمین می‌گردد. همچنین در کاربردهای متصل به شبکه در صورتی که سیستم فتوولتاییک به دلیل تعمیرات از مدار خارج گردد، برق مورد نیاز مصرف محلی از طریق شبکه‌ی برق سراسری تامین خواهد شد. نکته مهمی که در این واحدها باید رعایت شود این است که اگر به هر دلیلی شبکه‌ی سراسری قدرت قطع شود واحد خورشیدی نیز باید تولید را متوقف سازد و بارهای مصرفی قطع شوند. شکل 1-2 طرحی از سیستم فتوولتاییک متصل به شبکه ی برق بدون باتری ذخیره ساز را نشان می دهد.



شکل 1-2 سیستم فتوولتاییک متصل به شبکه برق توزیع

همان گونه که در شکل 2-1 مشاهده می‌شود جهت شارش توان بین شبکه‌ی سراسری و واحد خورشیدی به صورت دو طرفه می‌باشد. این دو طرفه بودن تبادل توان به این معنی است که در صورت بیش از حد بودن توان تولیدی واحد خورشیدی بخشی از آن صرف بار می‌شود و باقیمانده‌ی آن به شبکه‌ی سراسری تزریق می‌شود و در صورت کمبود توان و یا عدم تولید توان توسط واحد خورشیدی نیاز بار از طریق شبکه بر طرف می‌شود. همانگونه که توضیح داده شد، اگر به هر دلیل شبکه بی‌برق شود، واحد خورشیدی نیز باید تولید توان و تزریق آن را متوقف سازد. این تشخیص و توقف توسط مبدل الکترونیک قدرت واحد خورشیدی صورت می‌پذیرد که در بخش 2-2-3 به طور جامع بررسی خواهد شد. در برخی موارد برای افزایش قابلیت اعتماد سیستم از سیستم‌های ذخیره کننده انرژی که عمدتاً باتری هستند، استفاده می‌شود. بنابر این سیستم‌های متصل به شبکه‌ی سراسری برق را می‌توان به دو گروه دارای سیستم ذخیره و بدون سیستم ذخیره طبقه بندی کرد. سیستم‌های فتوولتاییک متصل به شبکه ی برق مجهز به سیستم ذخیره به خصوص برای خانه‌های مسکونی و محل‌های تجاری کوچک بسیار مناسب هستند. زیرا در این سیستم ها از انرژی ذخیره شده برای بارهای حساس مانند یخچال، روشنایی، آسانسور پمپ های آبرسانی و استفاده می‌شود در شرایط معمولی که شبکه‌ی سراسری برق دار است. سیستم فتوولتاییک برای شارژ باتری و تغذیه ی بار محلی انرژی تولید می‌نماید و در صورتی که اضافه تولید داشته باشد به شبکه‌ی سراسری توان تزریق می‌نماید و در صورت کمبود تولید توان مورد نیاز را از شبکه‌ی سراسری دریافت می‌نماید. در هر صورت باتری و یا دیگر ذخیره سازهای انرژی در حالت شارژ کامل به سر می‌برند. شکل 2-2 طرحی از سیستم فتوولتاییک متصل به شبکه‌ی برق دارای باتری ذخیره را نشان می‌دهد.



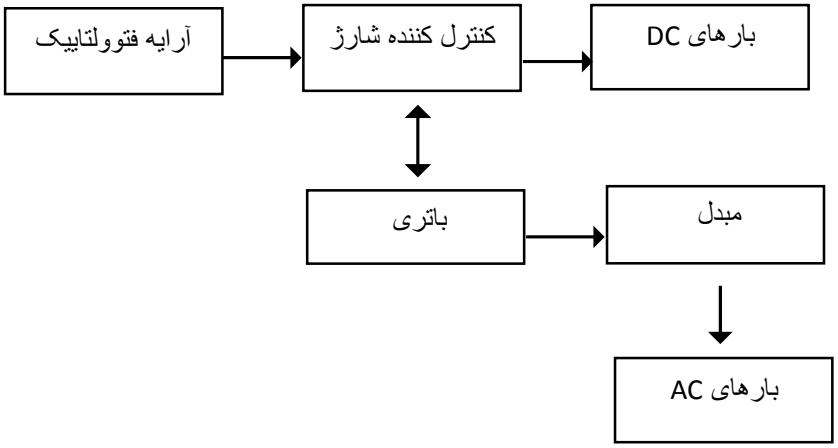
شکل 2-2 سیستم فتوولتاییک متصل به شبکه سراسری برق مجهز به سیستم ذخیره انرژی

همان گونه که در این شکل مشخص شده است مبدل الکترونیک قدرت توسط آرایه ی خورشیدی تغذیه می‌شود که خروجی آن به باتری به عنوان ذخیره‌ساز انرژی بار محلی و بار حساس متصل است. رابطه‌ی بین شبکه‌ی اصلی و واسط واحد خورشیدی پانل اصلی از نظر شارش توان به صورت دو طرفه مشخص شده است که همان گونه توضیح داده شد کمبود و بیشود توان از این طریق جبران می‌شود. همچنین رابطه تبادل توان بین واسط واحد خورشیدی و مبدل الکترونیک قدرت واحد خورشیدی نیز به صورت دو طرفه می‌باشد زیرا در صورتیکه شبکه‌ی سراسری

برق دار باشد، باتری باید در شارژ کامل باشد اما ممکن است در این حالت به هر دلیل واحد خورشیدی هیچ تولیدی نداشته باشد. بنابراین برای شارژ کردن باتری می‌توان از شبکه‌ی اصلی کمک گرفت برای مثال در روزهای بارانی که تولید توان واحد خورشیدی کم و یا صفر است برای شارژ باتری از شبکه ی قدرت استفاده می شود. در زمانی که شبکه قدرت برق دار باشد مبدل الکترونیک قدرت باتری را شارژ می‌نماید و در صورتی که شبکه بی‌برق باشد این مبدل از باتری به عنوان منبع انرژی استفاده می‌نماید. مبدل در صورت قطع شبکه اصلی کلیه بین‌خود و واسط واحد خورشیدی را باز و کلید بین خود و بار حساس را در صورتی که توانایی عملکرد مستقل از شبکه برای تولید فرکانس مناسب را داشته باشد می‌بندد.

2-3-2 سیستم های مستقل از شبکه ی سراسری برق

طراحی سیستم های فتوولتاییک مستقل از شبکه به گونه ای است که باید مستقل از شبکه‌ی برق سراسری عمل نموده و قابلیت تغذیه بارهای مستقیم و متناوب را دارا باشد. این واحدها مستقیماً به بار متصل می‌شوند و تمام بار را بر خلاف سیستم های متصل به شبکه تامین می‌نمایند. بنابر این برای طراحی این گونه واحدها، بایستی مدل بار و کل توان مورد نیاز بار در یک دوره شبانه روزی محاسبه شود و ظرفیت واحد و تعداد آرایه های فتوولتاییک بر این اساس محاسبه شود. همچنین به دلیل عدم وجود شبکه برق سراسری تمامی توان می‌بایستی از طریق سیستم فتوولتاییک تامین شود. از آنجایی که سیستم فتوولتاییک قابلیت تولید پیوسته توان را ندارد شب هنگام و میزان تولید توان آن کاملاً به شرایط جوی وابسته می‌باشد کاهش تولید در روزهای ابری و بارانی برای تغذیه مناسب و مطمئن بار باید واحد فتوولتاییک به سیستم ذخیره ساز انرژی مجهز شود. ظرفیت ذخیره ساز انرژی به میزان مصرف بار در ساعت هایی که تولید وجود ندارد، بستگی دارد. همچنین برای افزایش حاشیه امنیت باید سیستم ذخیره‌ساز انرژی قابلیت تغذیه کل بار سیستم را بدون استفاده از انرژی سیستم فتوولتاییک برای چند روز داشته باشد. زیرا در صورتی که چند روز متوالی شرایط جوی مناسب نباشد چند روز ابری متوالی می‌بایست بارهای محلی را تغذیه نماید. شکل 2-3 طرح کلی یک سیستم فتوولتاییک مستقل از شبکه را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳ سیستم فتوولتاییک مستقل از شبکه

همان گونه که دیده می‌شود. سیستم فتوولتاییک مجهز به باتری برای ذخیره انرژی است و قابلیت تغذیه بارهای DC و متناوب را دارا می‌باشد. در این حالت سیستم فتوولتاییک باید مجهز به مکانیزمی برای تولید فرکانس و ولتاژ مناسب برای تغذیه بار مصرفی باشد. از جمله مزایایی که در رشد و توسعه ی سیستم‌های فتوولتاییک مجزا از شبکه نقش عمده ای دارد می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عدم نیاز به شبکه‌ی سراسری سیستم انتقال شبکه و تعمیر و نگهداری آن
- عدم نیاز به سوخت و رفع مشکلات سوخت‌رسانی به ویژه در مناطق صعب العبور
- عدم نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم و طول عمر مناسب

کاربرد اصلی این گونه واحدها در مکان‌هایی است که شبکه‌ی اصلی قدرت در دسترس نبوده و با برای اتصال به شبکه‌ی قدرت هزینه زیادی لازم است. برای مثال در سایت‌های مخابراتی که در کوهستان ایجاد شده‌اند. برای تامین برق خانه های مسکونی کلیه های روستایی پمپ‌های آبرسانی روشنایی و به طور کلی رفع نیاز الکتریکی مناطقی که دارای شبکه سراسری برق نمی‌باشند، می توان از سیستم فتوولتاییک مستقل از شبکه استفاده کرد. در این سیستم ها از آرایه های نصب شده بر بام ها و یا بر زمین یک کنترل کننده‌ی شارژ باتری و یک مبدل برای تأمین برق استفاده می‌شود.

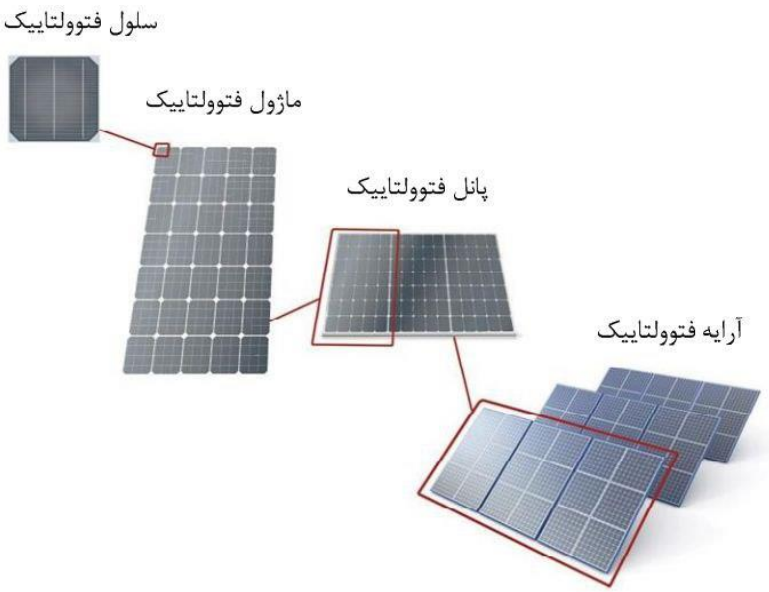
2-4 اجزای سیستم فتوولتاییک

تجهیزات مورد نیاز برای تولید برق از انرژی خورشیدی عبارتند از:

- آرایه ی فتوولتاییک
- سیستم‌های دنبال‌کننده‌ی تابش خورشید
- اینورتر با مبدل الکترونیک قدرتAC/DC
- ذخیره‌ساز
- دنبال‌کننده حداکثر توان
- سایر تجهیزات

2-4-1 آرایه فتوولتاییک

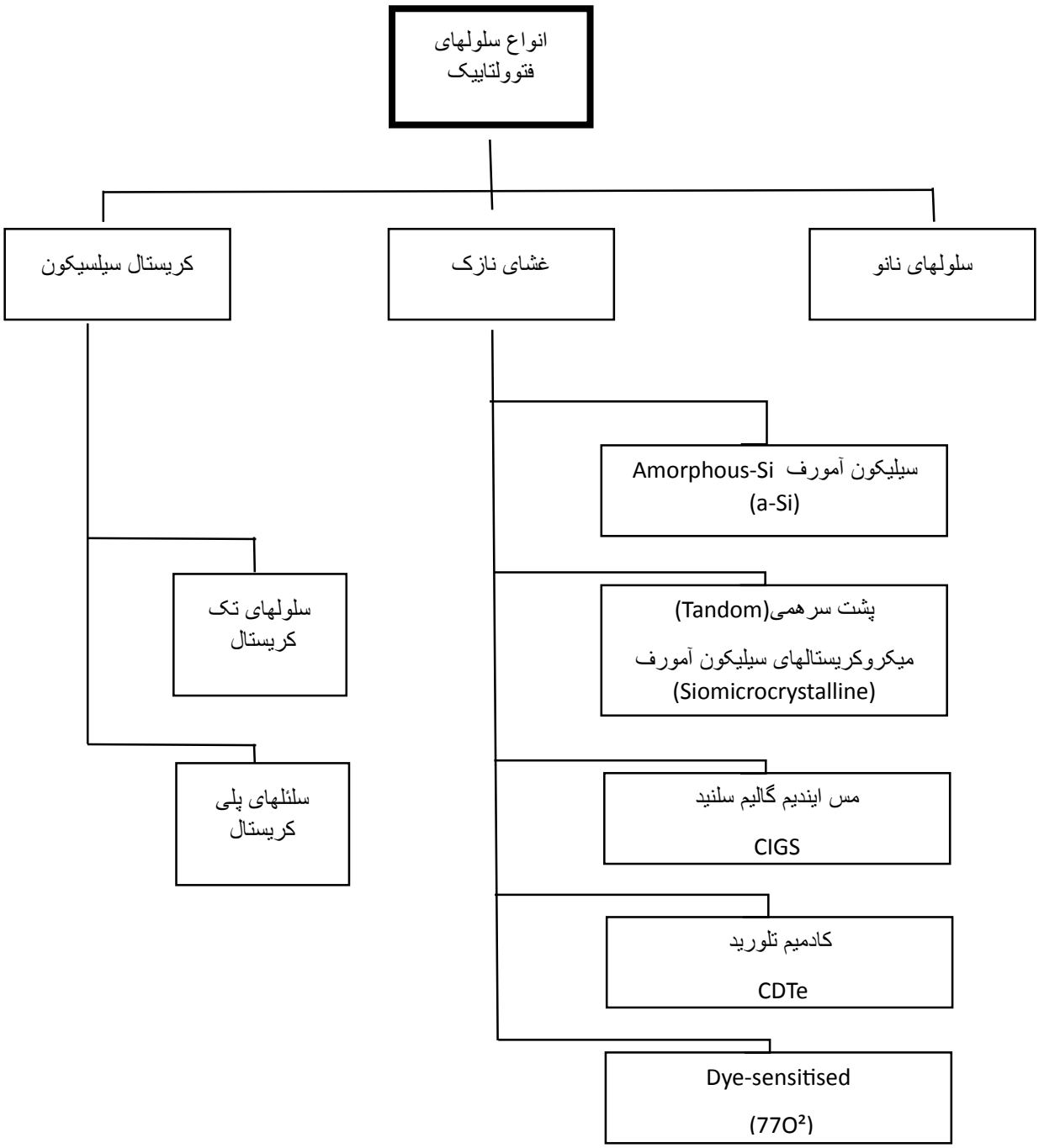
آرایه فتوولتاییک با اجتماع پانل‌های فتوولتاییک تشکیل می‌شود که پانل ها با ماژول‌های فتوولتاییک ساخته می‌شوند. ماژول‌های فتوولتاییک نیز متشکل از سلول‌های فتوولتاییک است که انرژی خورشید را به برق تبدیل می‌کنند. شکل 2-2 طرحواره ای از سلول ماژول پانل و آرایه های فتوولتاییک را نشان می‌دهد. چهار نوع اصلی سلول‌های فتوولتاییک عبارتند از تک کریستال پلی کریستال، سلول‌های آمورف و سلول‌های نانو فتوولتاییک که جدیدترین سلول خورشیدی معرفی شده می‌باشند، در ادامه هر نوع از سلول ها به اختصار توضیح داده شده است و مزایا و معایب آن اشاره شده است.



شکل 2-2 طرح سلول، ماژول پانل و آرایه های فتوولتاییک

سلول پلی کریستال این گونه سلول ها از بهم پیوستن چندین تک کریستال سیلیکون تشکیل شده‌اند. فرآیند ساخت بدین گونه است که پلی کریستال سلیکون مذاب به صورت شمش قالب‌گیری می‌شود و بعد از آن به صورت قرص‌های نازک بریده شده و برای سلول‌های خورشیدی آماده می‌شود. این گونه از سلول‌ها نست به حالت قبلی، فرایند ساخت راحت تری دارند و در نتیجه قیمت آنها پایین تر است. در عین حال بازده این دسته از سلول‌های خورشیدی کمتر از حالت قبل بوده و چیزی در حدود (12٪) تخمین زده می‌شود. این نوع از سلول‌ها را می‌توان هم بر روی بستر خشک و هم انعطاف پذیر نصب نمود که یکی از فراهای منحصر به فرد آنها است. از معایب این دسته از سلول‌ها باید به بازده پایین آنها اشاره کرد که در حدود 6٪ تخمین زده می‌شود. امروزه از این سلول ها پانل های مختلف از نظر شکل و ظرفیت ساخته شده است سلول‌های بی‌نظم در حالت کلی تفاوت عمده این دسته از سلول‌های خورشیدی نسبت به دو دسته قبلی این است که در این دسته از سلول ها به جای استفاده از ساختار کریستالی از سلول های بی نظم نه های سیلیکون که در لایه های یک دست نازک قرار می‌گیرد، استفاده شده است.

cadmium telluride (CdTe)& copper indium diselenide (CUIuSe2)علاوه بر انواع مطرح شده، امروزه مواد دیگری برای تولید سلول‌های خورشیدی استفاده می‌شود. ایده اصلی استفاده از این مواد تولید انرژی سریعتر و ارزان تر است به سلول‌های سیلیکونی است. البته بازده پایین تر نسبت به انواع دیگر از مشکلات این دسته از سلول ها می‌باشد. همچنین مشکلات طول عمر مفید و پایداری این دسته از سلول‌ها همچنان با برجاست. دسته دیگر سلول های خورشیدی سلول های با فناوری نانو هستند. انتظار می‌رود نسل سوم سلولهای خورشیدی (سلول‌های نانو) در سال‌های آینده به بازار عرضه شود و قیمت بالای سلول‌های خورشیدی نسل اول و دوم را به شدت کاهش دهند. در یک نگاه کلی انواع فناوری‌های استفاده شده در سلول‌های خورشیدی در نمودار شکل 2-5 ارائه شده است. سلول‌های خورشیدی اغلب از سیلیکون مس، کادمیم سولفید و آرسند گالیم تولید می‌شوند که سیلیکون به دلیل خواص نوری از موقعیت بهتری در بین این مواد برخوردار است. در جدول 2-2 بازده ماژول‌های خورشیدی ساخته شده از مواد مختلف نشان داده شده است.



شکل 5-2 انواع فناوری‌های سلول‌های خورشیدی

برای تولید توان مناسب آرایه های فتوولتاییک را در حالت‌های مختلف می‌توان به هم وصل نمود. برای رسیدن به ولتاژ بالاتر، آرایه ها با یکدیگر سری و برای رسیدن به جریان بیشتر با یکدیگر موازی می‌شوند و یا حتی می‌توان به صورت موازی سری آنها را به یکدیگر متصل نمود.

2-4-2 سیستم‌های دنبال کننده تابش خورشید

آرایه های فتوولتاییک به حالت ثابت و با ردیاب متحرک که بنا بر فصل با زاویه‌ی تابش خورشید خود را تطبیق می‌دهند، نصب می‌شوند. البته در برخی موارد آرایه ها به حالت ثابت فصلی نصب می‌شوند. در نصب آرایه های فتووتاییک مهمترین نکته زاویه‌ای نصب آنها می‌باشد. زاویه‌ی تابش خورشید به صفحات خورشیدی تاثیر بسیار زیادی در تولید انرژی الکتریکی دارد. ساده ترین حالت نصب آرایه ها به صورت ثابت است. البته به دلیل تغییر زاویه‌ی خورشید در طول روز و همچنین جابجایی آن در فصول مختلف سال، میزان تابش خورشید به صفحات ثابت در طول روز و سال کاهش می‌یابد. برای بهبود بخشیدن این ضعف می‌توان از روش نصب ثابت فصلی استفاده نمود. در این حالت زاویه نصب آرایه های فتوولتاییک برای هر فصل متقاوب بوده و در هر فصل زاویه ی نصب باید تغییر یابد. حالت دیگر استفاده از ردیاب متحرک می‌باشد. ردیاب‌ها دارای دو نوع هستند ردیاب‌هایی که بر روی یک محور و یا بر روی دو محور دوران می‌کنند و همواره پانل های آرایه های فتوولتاییک را در جهت تابش خورشید نگاه می‌دارند. منابر این موجب افزایش بازده خروجی پانل ها (آرایه ها) می‌شوند. در جدول 2-2 بازده‌ی جذب انرژی برای حالت‌های نصب مختلف ارائه شده است.

جدول ۲-۱ بازده ماژول‌های مختلف فتوولتاییک

ماژول	بازده (٪)
تک کریستال سیلیکون	12.5_15
پلی کریستال سیلیکون	11_14
من ایندیم کالیم سلنید (CIGS)	10_13
کادمیم الموراید (CdTe)	9_12
سیلیکون آمورف	5_7

جدول ۲-۲ بازده پانل های (آرایه ها) فتوولتاییک برای حالت های نصب مختلف

نوع نصب	ثابت	ثابت دو فصلی	ثابت چهار فصلی	ردیاب دو محوره
٪نسبت به حالت بهینه	٪71.1	٪75.2	٪75.7	٪100

در پانل ها با پایه‌ی ثابت پانل ها روی پایه هایی با شیب ثابت نصب شده و رو به خورشید قرار داده می‌شوند. برای مناطقی مانند ایران که در نیم‌کره‌ی شمالی هستند پانل های فتوولتاییک باید به گونه ای نصب شوند که سطح جاذب نور به سمت جنوب باشد زیرا خورشید در طول سال در وجه جنوبی رویت می‌گردد. اما برای اینکه میزان جذب سالانه‌ی انرژی توسط یک سیستم خورشیدی به حداکثر میزان خود برسد،

بهتر است که زاویه شیب ثابت، تقریباً برابر با عرض جغرافیایی منطقه‌ی نصب باشد. مثلاً برای شهر تهران درصورتی که پنل ها با زاویه ی 36 درجه به سمت جنوب نصب شوف بالاترین دریافت انرژی را در طول سال خواهند داشت البته این یک نظر قطعی نمی‌باشد و برای کسب بیشترین مقدار انرژی لازم است محاسبات به دقف انجام شود. نکته‌ی مهمی که در اینجا باید به آن اشاره نمود این است که حداقل زاویه ی نصب بایستی از 100 درجه کمتر نباشد. زیرا در زمان‌های بارانی بعد از بارش اگر شیب 10 وجود داشته باشد. گرد و غبار بر صفحات خورشیدی شسته می‌شود و از آن خارج می‌شود. همچنین آب باران و با برف زودتر از روی صفحات خورشیدی خارج می‌شود. برای اینکه یک سطح فرضی که در معرض تابش خورشید است. بالاترین میزان دریافت انرژی را داشته باشد. لازم است که این سطح عمود بر زاویه تابش قرار گیرد. هر چه زاویه تابش به سطح پابل عمود تر باشد. جذب انرژی بیشتر خواهد بود. پانل‌هایی که به صورت ثابت نصب می‌شوند در هنگام طلوع و غروب آفتاب چون خورشید به صورت مایل به سطح پانل‌ها می‌تابد. تنها میزان سیار اندکی از انرژی خورشید را جذب می‌کنند. در طول تابستان که خورشید در هنگام طلوع و غروب، تقریباً از پشت بانل ها تاییده می‌شود. پانل ها میزان بیشتری از انرژی قابل جذب را از دست می‌دهند. این سیستم ها تنها در میانه‌ی روز که تقریباً رو به خورشید هستند می‌توانند دریافت قابل قبولی داشته باشند. به همین خاطر اگر بتوان با روش مناسبی، پانل‌ها را در تمام طول روز به صورت پیوسته رو به خورشید قرار داد، می توان گفت پانل‌ها تمام انرژی قابل دریافت را از خورشید تحویل می‌گیرند برای این منظور می‌توان از ردیاب‌های تک محوره و یا دو محوره استفاده نمود. در دنبال کننده‌های تک محوره، پانلها حول یک محور که در راستای شمال - جنوب و با زاویه ی مناسب رو به افق قرار گرفته‌اند گردش می‌کنند. البته در این حالت نیز پانل ها دقیقاً رو به خورشید قرار نمی‌گیرند اما نسبت به پانل‌های ثابت دریافت انرژی بیشتری دارند. اما در دنبال کننده‌های دو محوره، پانل‌ها حول دو محور حرکت کرده و می‌توان گفت دائماً رو به خورشید قرار می‌گیرند. در ردیاب دو محوره صفحه ی خورشیدی قابلیت چرخش هم در راستای شرقی غربی و هم چرخش در راستای شمالی و جنوبی را دارد. بنابراین بیشترین جذب انرژی در این روش اتفاق می افتد. در حالت تک محوره تنها قابلیت چرخش در راستای شمال - جنوبی را دارد که باعث حصول بازده کمتر نسبت به حالت دو محوره می‌شود.

2-4-3 اینورتر یا مبدل الکترونیک قدرت AC/DC

که در منزل AC را از آرایه های فتوولتاییک می‌گیرد و آن را به جریان استاندارد DC مبدل وسیله‌ای است. که برق به کار می‌رود تبدیل می‌کند و مشخصه‌های آن مانند ولتاژ و فرکانس را با مولفه های مورد نیاز مصرف‌کننده مطابقت می‌دهد. در حالت کلی واحدهای فتوولتاییک به دو دسته متصل به شبکه و مجزا از شبکه تقسیم می‌شوند. بنابر این مبدل‌های استفاده شده در هر حالت باید خصوصیات خاص خود را داشته باشند. مبدل های الکترونیک قدرت را میتوان نیز به دو دسته‌ی کلی مبدل‌های مجزا از شبکه و مبدل های متصل به شبکه تقسیم نمود.

- مبدل‌های الکترونیک قدرت مجزا از شبکه

این گونه مبدل ها، برق DC آرایه های خورشیدی را به جریان متناوب در سطح ولتاژ و فرکانس مورد نظر تبدیل کرده و بایستی قابلیت تغذیه بار در ولتاژ و فرکانس مورد نظر را در حالت تغییر ناگهانی بار داشته باشند. همچنین برای تغذیه بارهای راکتیو باید قابلیت تبادل توان راکتیو را داشته باشند. بیشتر مبدل‌های مجزا از شبکه برای جداسازی بخش DC و AC از یکدیگر توسط یک ترانسفورماتور ایزوله به بار متصل می‌شوند. در انتخاب مبدل‌های مجزا از شبکه دو پارامتر اساسی باید در نظر گرفته شود که عبارتند از: شکل موج خروجی و تلفات در بی‌باری شکل موج قابل قبول برای بارهای متناوب، شکل موج سینوسی می‌باشد. البته برخی از مدل ها مخصوصاً با ظرفیت پایین موج مربعی و یا موجی شبیه به سینوسی تولید می‌کنند. این گونه از شکل موج ها می‌توانند در راه اندازی موتور القایی مشکل ایجاد کنند. مشکل دیگر مربوط تلفات بی بازی مبدل‌ها است. در این حالت زمانی که مبدل روشن باشد و باز به آن متصل نباشد. می تواند جریان بی‌باری مصرف نماید که این امر می تواند به تخلیه‌ی باتری منجر شود. بنابراین برای حل این مشکل، سیستم کنترل مبدل باید به گونه ای طراحی شود که این مشکل را مرتفع کند.

در حالت کلی مبدل‌های مجزا از شبکه باید حداقل های زیر را رعایت کنند.

- تغییرات شدید ولتاژ ورودی
- تولید شکل موج ولتاژ خروجی سینوسی و یا نزدیک به آن
- کنترل ولتاژ خروجی
- بازده‌ی بالا
- قابلیت تحمل اضافه بار کوتاه مدت مانند راه اندازی موتور القایی
- قابلیت تغذیه‌ی بار راکتیو
- تحمل جریان اتصال کوتاه
- مبدل‌های متصل به شبکه

خروجی این نوع مبدل‌ها باید با شبکه ی اصلی قدرت سنکرون شود. سنکرون شدن بدین معنی که سطح ولتاژ، فرکانس و فاز ولتاژ خروجی مبدل با ولتاژ شبکه مطابق باشد. برای انتخاب مبدل‌های متصل به شبکه باید معیارهای بازده ایمنی کیفیت توان مبدل و سیستم حفاظتی آن در نظر گرفته شود.

4-4-2 ذخیره ساز

ذخیره‌ساز سیستم فتوولتاییک معمولاً از نوع باتری است. سیستم باتری ممکن است همه یا بعضی از موارد زیر را نیز شامل شود.

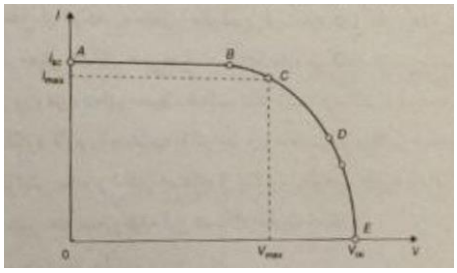
1. محفظه باتری
2. کنترل کننده شارژ باتری
3. پانل‌های فرعی مجزا برای مدارهای بار بحرانی

در مجموعه باتری ذخیره انرژی در قالب باتری صورت می‌گیرد و در صورت وجود بخش های فرعی مربوط به مدار بحرانی در هنگام قطع برق مدارهای مربوط به بار بحرانی در محل مصرف کار می‌کنند. در این صورت وقتی شبکه سراسری بی‌برق میشود واحد خورشیدی از شبکه اصلی جدا شده و تنها بارهای حساس که از قبل مشخص شده اند توسط واحد تغذیه می‌شوند. مدارات بار حساس از یک پانل فرعی سیم‌کشی می شوند که از بقیه مدارات الکتریکی مجزا است اگر قطع برق در طول ساعات روز اتفاقی بخند، ارایه فورتایک قادر است با کمک باتری، برق مورد نیاز را تامین کند. اگر قطع برق در شب اتفاق بیفتند. باتری بار مورد نیاز را تامین می‌کنند. امروزه باتری های سرب اسید نیکل کادمیوم، هیدروکسید نیکل و لیلیوم در دسترس می‌باشند که باتری های سرب اسید مصرف بیشتری دارند. مهمترین فاکتور در انتخاب باتری برای سیستم های فروتیک قابلیت تخلیه شدن و شارژ شدن شدید در دفعات مختلف بدون ایجاد هرگونه خسارت و آسیبه برای باتری است. برای دستیابی به طرفیت های بالاتر می توان باتری ها را با یکدیگر سری و با موازی نمود. باتری هم در سیستم های مجزا از شبکه و هم متصل به شبکه کاربرد دارد و در زمانی که تولید سیستم فرولایک بیشتر از بار است مازاد انرژی را ذخیره می‌سازد. زمانی که نور خورشید در دسترس باشد و یا مقدار تولید انرژی سیستم خورشیدی کمتر از بار باشد. باتری وارد مدار می‌شود و کمبود انرژی را جبران می سازد. بنابراین باتری باید قابلیت شارژ و دشارژ شدن مکرر را داشته باشد دستگاه کنترل شارژ باتری در سیستم های فتوولتاییک مستقل از شبکه به منظور جلوگیری از تخلیه کامل باتری ها و یا شارژ بیش از حد آن به کار می‌رود به طوری که از معیار حداکثر عمر مفید آنها استفاده می‌گردد. بخش شارژ، وضعیت شارژ باتری ما را از نظر جریان و ولتاژ ورودی دمای محیط غلظت الکترولیت و کنترل کرده و در مواقع الزوم، طبق طراحی های انجام شده عملکرد لازم را مناسب با شرایط و وضعیت باتری ها بر سیستم اعمال می‌کند. به گونه ای که طول عمر مفید را افزایش داده و امکان استفاده از بیشترین ظرفیت قابل دسترس باتری ها را نیز در اختیار مصرف کننده قرار دهد. به طور خلاصه وظیفه این دستگاه عبارت است از:

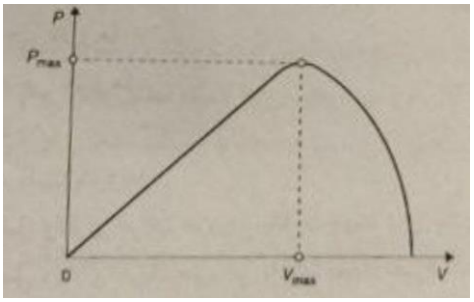
- اندازه گیری ولتاژ خروجی پانل ها
- اندازه گیری جریان خروجی پانل ها
- اندازه گیری ولتاژ خروجی باتری ها
- اندازه گیری جریان خروجی باتری ها
- اندازه گیری دمای محیط
- اندازه گیری غلظت الکترولیت باتری ها
- تصمیم گیری قطع یا وصل ولتاژ و جریان خروجی پانل ها جهت شارژ باتری ها
- تصمیم گیری قطع یا وصل ولتاژ و جریان خروجی پانل ها جهت مصرف کننده
- کنترل کننده شارژ شارش توان از پانل خورشیدی به باتری و بار را مدیریت می‌کند و ولتاژ باتری را یک محدوده مجاز قابل قبول حفظ می‌کند.

2-4-5 دنبال کننده حداکثر توان

صحتی جریان ولتاژ یک پانل خورشیدی نمونه در شکل 2-6 نشان داده شده است. همان گونه که دیده می‌شود به ازای هر نقطه روی منحنی یک ولتاژ و یک جریان متناظر با آن وجود دارد که لزوماً حداکثر جریان و یا حداکثر ولتاژ نمی‌باشد. برای مثال در نقط ث ولتاژ حداکثر ولی جریان متناظر با صفر می‌باشند و با برای نقطه B جریان حداکثر است ولی ولتاژ متناظر با آن حداکثر نمی‌باشد. برای استفاده بهینه از انرژی تولید شده توسط بادل فتوولتاییک باید نقطه ای انتخاب شود که بیشترین جریان و ولتاژ را داشته باشد. بدست آوردن نقطه E بهینه توسط دنبال کننده حداکثر توان انجام می‌شود. برای مثال در شکل 2-6 نقطه ای است که در آن بیشترین ولتاژ و جریان ممکن ایجاد می‌شود. در شکل 2-7 توان خروجی بر حسب و ناز برای یک پانل فتوولتاییک ارائه شده است با مقایسه شکل های 2-6و 2-7 ملاحظه می‌شود در نقطه حداکثر توان حاصل شده است که همان نقطه بهینه است. دنبال کننده حداکثر توان در واقع یک مبدل DC-DC با بازده بالاست که برای بدست آوردن حداکثر توان ولتاژ خروجی خود را در یک مقدار بهیشه تنظیم می‌نماید. دنبال‌کننده حداکثر توان در روزهای ابری سرد و یا در حالتی که از باتری استفاده می‌شود. می تواند نقشی بسیار موثری ایفا نماید. البته در انتخاب دنبال کننده حداکثر توان باید هزینه و پیچیدگی ناشی از آن را در نظر گرفت. در مواردی که واحدهای فتوولتاییک مجهز به دنبال‌کننده حداکثر توان هستند. خروجی سیستم فتوولتاییک مستقیماً به مبدل و دنبال کننده حداکثر توان مربوط می‌شود.



شکل 2-6 منحنی جریان ولتاژ یک پانل خورشیدی



شکل 2-7 منحنی توان ولتاژ یک پانل خورشیدی

2-4-6سایر تجهیزات

تا اینجا ویژگی های آرایه فتوولتاییک سیستم ذخیره و مبدل ارائه گردید به سایر اجزای سیستم فتوولتاییک در اصطلاح BOS تجهیزات متعادل کننده اطلاق می‌شود. این تجهیزات شامل سیستم نصب و سیم کشی هستند تا به واسطه آنها ماژولهای فتوولتاییک بتوانند در سیستم الکتریکی خانه با محل دیگر مورد استفاده قرار بگیرند. علاوه بر HOS تجهیزات دیگری از قبیل دستگاه های کنترل اندازه گیری و هستند که جزء تجهیزات اصلی نمی باشند.