DOR: 20.1001.1.24234931.1399.7.2.1.0

سال هفتم، شماره دوم، پائیز و زمستان ۱۳۹۹، ص ص ۱- ۱۱

فصل‌نامه علمی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو

jrenew.ir

مقاله

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۰۷

معرفی فناوری و بررسی توسعه جهانی نیروگاه‌های خورشیدی شناور

آنالی داهیم[۱]، سید کاظم ساداتی ساروئی[۲*]، محمود گلابچی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی انرژی معماری، دانشگاه غیر انتفاعی پارس، تهران

۲- دانشجوی دکتری، مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران

۳- استاد، مهندسی معماری، دانشگاه تهران، تهران

* تهران، ۱۵۸۷۵-۴۴۱۳، S.kazemsadati@aut.ac.ir

چکیده

افزایش استفاده از برق، کاهش منابع فسیلی و همچنین توجه به مسائل زیست محیطی در سال‌های اخیر منجر به آن شده است که استفاده از سیستم‌های فوتوولتائیک افزایش یابد. نیروگاه‌های خورشیدی شناور یکی کاربردهای فتوولتائیک‌های خورشیدی می‌باشند که در سال‌های اخیر به دلیل عملکرد بهتر صفحات فتوولتائیک ناشی از خنکی آب و کاهش تبخیر آب ناشی از گسترده شده این نیروگاه‌ها روی سدها و کانال‌ها به شدت توسعه یافته‌اند. در این مقاله جهت معرفی فناوری نیروگاه‌های خورشیدی شناور، مزایا و معایب نیروگاه‌های خورشیدی مختلف بویژه نیروگاه خورشیدی شناور، مکانیزم نیروگاه‌های خورشیدی شناور و تجهیزات مورد استفاده در آنها مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه جهت بررسی آینده و بازار نیروگاه‌های خورشیدی شناور، مطالعه دقیقی روی نیروگاه‌های خورشیدی شناور موجود در جهان انجام شده است و بازیگران اصلی این عرصه و کشورهای فعال در این حوزه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. با توجه به مزایای چشمگیر نیروگاه‌های خورشیدی شناور نسبت به سایر نیروگاه‌های خورشیدی و همچنین مطالعه بازار مربوط به آن، انتظار می‌رود که راه اندازی این نوع نیروگاه‌ها در سال‌های آتی در سراسر جهان رشد چشگیری داشته باشند. در کشور ما نیز بدلیل وجود سدها، دریاچه‌ها و دریا از شمال تا جنوب کشور و تابش مناسب خورشید بر سطح آنها پتانسیل توسعه این نوع نیروگاه‌ها وجود دارد.

کلیدواژگان: نیروگاه خورشیدی شناور، سیستم فتوولتائیک، معرفی فناوری، آینده و بازار

Technology introduction and global development investigation of floating solar power plants

Anali dahim[1], Kazem sadati[2*], Mahmud golabchi[3]

1- Department of Architecture, Pars University, Tehran, Iran
2- Department of Marin engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
3- Department of Architecture, Tehran University, Tehran, Iran
* P.O.B. 15875-4413 Tehran, Iran, s.kazemsadati@aut.ac.ir
Received: 4 April 2019 Accepted: 28 December 2019

Abstract

In recent years, increase of electricity consuming, reduction of fossil resources and as well as attention to environmental issues have led to increase producing of energy by photovoltaic systems. Floating solar power plants are one of the approaches for using of solar photovoltaics has been strongly developed because of more efficiency due to water cooling and the reduction of water evaporation due to expanding on dams and canals. In present study, to introduction the technology of floating solar power plants, the advantages and disadvantages of different solar power plants, especially the floating solar power plant, the mechanism of floating solar power plants and the equipment related of them have been investigated. A thorough study of the floating solar power plants in the world has also been done to investigate the future and market of floating solar power plants. In this regard, the main actors and the active countries in this field have been studied. Considering the significant benefits of floating solar power plants compared to other solar power plants, as well as the study of its dependent market, it is expected that the launch of these types of power plants in the future years around the world will grow tangentially. In Iran, due to the presence of dams, lakes and sea from the north to the south, and the proper radiation of the sun on their surface, there is a potential for the development of these types of power plants.

Keywords: Floating solar power plant, Photovoltaic system, Technology introduction, Future and market

۱- مقدمه

انرژی خورشیدی، یکی از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر است که می‌تواند جایگزین خوبی برای سوخت‌های فسیلی باشد. از زمانی که دولت‌های سراسر جهان خود را نسبت به کاهش گازهای گلخانه‌ای[1] متعهد دانسته‌اند، تلاش شده تا با انتخاب فتوولتائیک‌[2]های خورشیدی به عنوان طلایه‌دار عرصه فناوری‌های پاک، انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش انرژی، کاهش یابد.

در بسیاری از کشورها، منابع زمینی محدود هستند و نمی‌توان سیستم‌های فوتوولتائیک خورشیدی را در مقیاس‌های بزرگ به کار گرفت. علاوه بر آن، پشت‌بام ساختمان‌های مسکونی، تجاری و صنعتی، کاربرد قابل توجهی برای نصب پانل‌های خورشیدی ندارند. به همین دلیل، توجه‌ها به سمت سیستم‌های فوتوولتائیک خورشیدی «شناور» جلب شده است. چرا که راه‌حل اکولوژیکی خوبی به نظر می‌رسند. فوتوولتائیک‌های خورشیدی شناور، امروزه با عنوان فلوتوولتائیک[3] نیز شناخته می‌شوند [۱] و [۲].

وقتی مساحت قابل توجهی از یک صفحه فوتوولتائیک خورشیدی روی حجمی از آب قرار می‌گیرد، سیستم فلوتوولتائیک با کاهش تبخیر، به حفظ آب کمک می‌کند. در عین حال، سایه‌ای که پانل‌ها می‌سازند، رشد جلبک‌ها در آب را محدود می‌کند. این سیستم، هیچ خطری برای حیات‌وحش و زیستگاه‌های اطرافش ایجاد نمی‌کند. مهم‌تر از همه اینکه، خنک‌کنندگی طبیعی که آب برای این پانل‌های فوتوولتائیک ایجاد می‌کند، به آنها اجازه می‌دهد تا بازدهی بیشتری داشته باشند و بیش از سیستم‌های سنتی، توان تولید کنند [۱] و [۳]. یکی از معایب اصلی نیروگاه‌های خورشیدی شناور فرسایش و خوردگی بخش شناور سازه آنها در محیط خورنده دریایی می‌باشد که با استفاده از مواد مقاوم در برابر خوردگی می‌توان تا حدی خوردگی را تعویق انداخت [۱] و [۳].

در این مقاله، به تحلیل پیشرفت‌های اخیر در زمینه فناوری ساخت فوتوولتائیک‌های خورشیدی شناور پرداخته شده و روند جهانی استفاده از این فناوری و پتانسیل‌های پیشرفت و توسعه آن، مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- تحلیل فناوری

۲-۱- کاربردهای فوتوولتائیک خورشیدی

طبق مطالعات آلوک ساهو[4] و همکارانش [۱]، پنج نوع کاربرد (یا روش نصب) برای فوتوولتائیک‌های خورشیدی تعریف شده که عبارتند از: نصب روی زمین، نصب روی پشت بام، نصب روی کانال، نصب در ساحل و مدل شناور در دریا. نمایی از این کاربردها را در شکل ۱ ارائه شده است.

شکل ۱ انواع کاربردهای معمول فوتوولتائیک‌های خورشیدی [۲]

۲-۱-۱- سیستم‌های خورشیدی معمولی نصب شده روی زمین

سیستم‌های فوتوولتائیکی که روی زمین نصب می‌شوند، معمولا سیستم‌هایی بزرگ مقیاس هستند که نیروگاه‌های خورشیدی را می‌سازند. ماژول خورشیدی آنها، با استفاده از یک سری چهارچوب‌ها که به زمین متصل شده‌اند، در جای خود ثابت و نگه داشته می‌شوند. قسمت‌هایی که از اتصال این ماژول‌ها به زمین پشتیبانی می‌کنند عبارتند از:

- پایه‌های قطب[5] که مستقیما وارد زمین یا یک پایه بتنی می‌شوند.
- پایه‌های فونداسیون، مثل اسلب‌های بتنی یا پایه‌های ریخته شده.
- پایه‌های بالاست شده، مانند پایه‌های فولادی که با استفاده از وزن پانل‌ها، کل سیستم ماژول خورشیدی را در مکان مورد نظر حفظ می‌کنند و نیازی به نفوذ در زمین ندارند.

این نوع سیستم نصب، برای سایت‌هایی که در آن‌ها حفاری امکان‌پذیر نیست، مانند مکان‌های سرپوشیده دفن زباله، مناسبند. استقرار یا تغییر مکان سیستم‌های ماژول خورشیدی که با این روش نصب شده‌اند، به راحتی انجام می‌گیرد.

۲-۱-۲- سیستم‌های خورشیدی نصب شده روی پشت بام

در اینگونه سیستم‌ها، پانل‌های خورشیدی تولیدکننده الکتریسیته روی پشت بام یک ساختمان مسکونی یا تجاری، یا هر سازه دیگری، نصب می‌شوند. اجزای مختلف این‌گونه سیستم‌ها شامل ماژول‌های فوتوولتائیک، سیستم‌های نصب، کابل‌ها، اینورترهای خورشیدی و سایر ابزارهای جانبی الکتریکی می‌شوند. یک ایستگاه تولید توان که روی پشت بام نصب می‌شود (چه به صورت متصل به شبکه، چه به صورت خارج از شبکه)، می‌تواند در اتصال با سایر منابع انرژی، مانند ژنراتورهای دیزلی، توربین‌های بادی و غیره، به کار رود. این سیستم قادر است یک منبع توان مداوم به وجود آورد. سیستم‌هایی که روی پشت بام‌ها نصب می‌شوند، در مقایسه با ایستگاه‌های تولید توانی که روی زمین نصب می‌شوند، ابعاد کوچکتری دارند و ظرفیت آنها در محدوده چند مگاوات است. سیستم‌های فوتوولتائیکی که روی ساختمان‌های مسکونی نصب می‌شوند، ظرفیت حدود ۵ تا ۲۰ کیلووات دارند، اما ظرفیت آنهایی که روی ساختمان‌های تجاری نصب می‌شوند، معمولا به ۱۰۰ کیلووات یا بیشتر می‌رسد.

۲-۱-۳- سیستم‌های خورشیدی نصب شده روی کانال‌ها

نیروگاه‌های خورشیدی معمولی که در آنها پانل‌ها را روی زمین نصب می‌کنند، معمولا به زمین‌هایی با مساحت بالا نیاز دارند. جهت رفع این مشکل، مفهوم جدیدی به نام نصب فوتوولتائیک‌های خورشیدی روی کانال‌ها مطرح شد. به این ترتیب، نه تنها از جنگل‌زدایی جلوگیری می‌شود، بلکه روند رشد مجدد جنگل‌ها نیز تقویت می‌گردد.

۲-۱-۴- سیستم‌های فوتوولتائیک خورشیدی ساحلی

اقیانوس‌ها بیش از ۷۰ درصد سطح زمین را پوشانده‌اند؛ آنها انرژی زیادی از خورشید دریافت می‌کنند. با استفاده از فناوری فعلی تولید الکتریسیته با فوتوولتائیک‌های خورشیدی، می‌توان از این منبع انرژی ارزشمند به خوبی بهره‌برداری کرد. به دلیل آنکه در مناطق ساحلی با کمبود زمین مواجه هستیم، محیط دریا که در تمام طول روز پرتوهای نور خورشید را دریافت می‌کند، محیطی ایده‌آل برای نصب پانل‌های فوتوولتائیک خورشیدی خواهد بود. یکی

1. GHG
2. Photovoltaic
3. Floatovoltaics
4. Alok Sahu
5. Pole mounts

از اجزای اصلی پانل‌های فوتوولتائیک خورشیدی، کادمیوم کلرید است (که به شدت سمی و گران قیمت می‌باشد) و همین موضوع، بر فرآیند ساخت و همچنین هزینه تولید این پانل‌های خورشیدی تاثیر می‌گذارد. آب دریا، حاوی منیزیم کلرید است. این ماده می‌تواند جایگزین خوبی برای ماده به شدت سمی و گران‌قیمت کادمیوم کلرید باشد.

۵-۱-۲- سیستم‌های فوتوولتائیک شناور

فناوری سیستم شناور، یک فناوری نوین است. در سراسر جهان، کشورهای زیادی وجود دارند که با مشکل کمبود زمین مواجه هستند و زمین کافی برای نصب پانل‌های خورشیدی در اختیار ندارند. از جمله آنها می‌توان به جزایری مثل ژاپن، کره، سنگاپورو فیلیپین اشاره کرد. از این رو جهت مقایسه و درک بهتر، مزایا و معایب انواع روش‌های نصب فوتوولتائیک‌های خورشیدی در جدول ۱ بیان شده است.

جدول ۱ مزایا و معایب انواع روش‌های نصب فوتوولتائیک‌های خورشیدی[۱]

نوع روش نصب	مزایا	معایب
نصب روی زمین	• برای سیستم های بزرگ مقیاس و کوچک مقیاس مناسب است • راه اندازی، تعمیر و نگهداری از پانل ها به راحتی انجام می شود.	• در مناطق شهری، کمبود زمین وجود دارد. • به فونداسیون مستحکم و یک سازه پایدار نیاز است تا از پانل ها در برابر طوفان و بادهای شدید محافظت کند. • زمان بیشتری برای نصب پانل ها مورد نیاز است.
نصب روی پشت بام ساختمان ها	• بهینه سازی فضا با استفاده از فضاهای بالای پشت بام • افزایش ارزش طول عمر پشت بام های پوشیده شده با پانل های خورشیدی • نصب آسانتر و سریع تر در مقایسه با نصب روی زمین.	• ممکن است به دلیل موانع ساختمانی اطراف، بخشی از پرتوهای خورشید از دست برود و سایه ایجاد شود. • شاید پشت بام مورد نظر، برای ظرفیت در نظر گرفته شده، مناسب نباشد.
نصب روی کانال	• حفاظت از زمین • حفظ آب موجود در کانال از تبخیر • بازدهی بیشتر ماژول های خورشیدی در مقایسه با سیستم هایی که روی زمین نصب می شوند، به دلیل اثر خنک کنندگی آب	• کمبود دسترسی به کانال ها • نیاز به سازه های پیچیده و طولانی برای نصب ماژول ها • تعمیر و نگهداری دشوارتر • پانل ها، سازه ها و اجزای دیگر ممکن است باعث آلودگی آب تازه شوند.
نصب در ساحل	• کاهش وابستگی به زمین • افزایش بازدهی ماژول های خورشیدی در مقایسه با زمانی که روی زمین نصب می شوند، به دلیل اثر خنک کنندگی آب • تقریبا هیچ سایه ای وجود ندارد	• فرسایش پانل های فوتوولتائیک به دلیل مجاورت با آب دریا، هزینه استفاده از این پانل ها را بالا می برد. • هزینه تعمیر و نگهداری پانل‌ها بالاست.
سیستم خورشیدی شناور	• حفاظت از زمین • کاهش تبخیر آب • بهبود کیفیت آب با کاهش فوتوسنتز و رشد جلبک‌ها	• فرسایش احتمالی اجزای فوتوولتائیک خورشیدی • ایجاد مانع برای فعالیت های مربوط به ماهیگیری و حمل و نقل

۲-۲- بررسی فناوری فوتوولتائیک خورشیدی شناور

سیستم فوتوولتائیک خورشیدی شناور، چهار بخش دارد که عبارتند از: سیستم شناور، سیستم مورینگ، کابل‌های زیر آب و سیستم فوتوولتائیک.

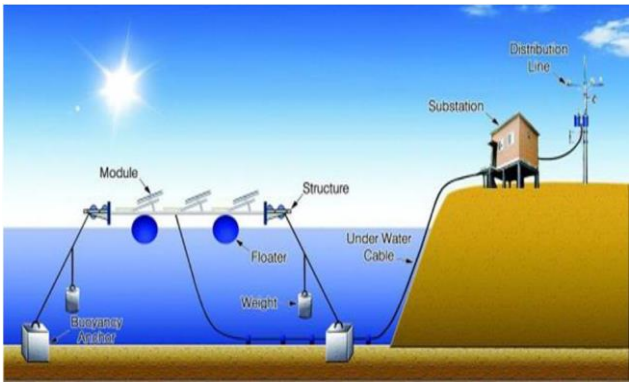
۱) سیستم شناور: یک جسم شناور، شامل سازه و بخش شناورکننده که امکان نصب ماژول فوتوولتائیک را فراهم می‌کند.

۲) سیستم مورینگ: می‌تواند در عین حال که موقعیت سیستم را در جهت رو به جنوب حفظ می‌کند، با افت و خیزهای سطح آب نیز هماهنگ شود.

۳) کابل‌های زیر آب: توان تولید شده را از سیستم فوتوولتائیک به زمین منتقل می‌کنند.

۴) سیستم فوتوولتائیک: تجهیزات تولید توان فوتوولتائیک که عبارتند از: ماژول‌های نصب شده روی سیستم شناور، اینورتر، کنترلر، ایستگاه فرعی و خط توزیع.

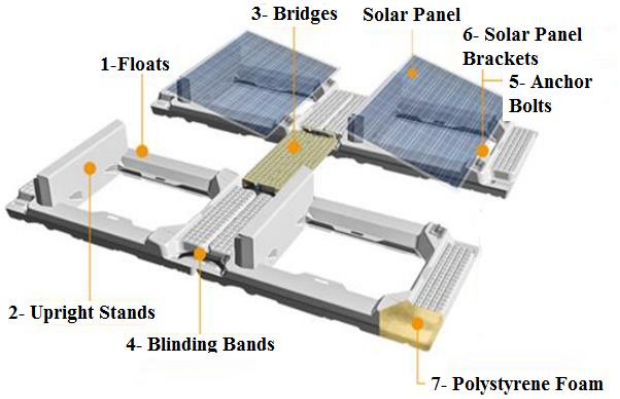
طرح کلی یک سیستم فوتوولتائیک شناور را در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲ طرح سیستم فوتوولتائیک خورشیدی شناور [۲]

شرکت طراحی و ساخت سامیتومو میتسوی[1] یک شرکت ژاپنی است که سازه‌های فوتوولتائیک شناور را در مقیاس تجاری تولید کرده است. تصویر این محصول در شکل ۳ مشاهده می‌شود [۳].

1. Sumitomo Mitsui



شکل ۳ یک سازه فوتوولتائیک شناور [۳]

این سازه دارای قسمت‌هایی است که امکان نصب سریع و گسترش آسان پانل‌ها را فراهم می‌کند. در ادامه این قسمت‌ها توضیح داده می‌شوند[۳]:

۱) شناورها: شناور، جسمی است که روی آب می‌ماند و به عنوان یک پایه برای نصب پانل خورشیدی هم عمل می‌کند. این شناور، شامل اجزایی است که کابل‌های مورینگ را ثابت نگه می‌دارند (شکل ۴- الف).

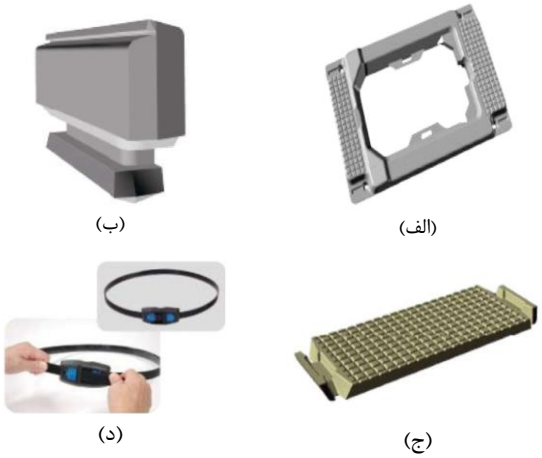
۲) پایه ایستاده: وقتی به شناور متصل شود، به عنوان یک پایه عمل می‌کند که زاویه شیب پانل‌های خورشیدی را در حالت معینی نگه می‌دارد (شکل ۴- ب).

۳) پل‌ها: پل، شناورها را به یکدیگر متصل کرده، و در حین فرآیند ساخت و تعمیر و نگهداری پانل‌های خورشیدی به عنوان جای پا برای افراد پیمانکار عمل می‌کند (شکل ۴- ج).

۴) باندهای اتصال: باند اتصال، شناورها را به هم متصل نگه می‌دارد. دو نوع از این باندها در دسترس هست که بار فشار باد را تنظیم می‌کنند (شکل ۴- د).

۵) کمربندهای لنگری: این کمربندها، قلاب‌های پانل خورشیدی را به شناورها متصل می‌کنند (شکل ۴- ه).

۶) قلاب‌های پانل خورشیدی: قلاب‌های تثبیت‌کننده، به کمربندهای شناور متصل می‌شوند و به عنوان تثبیت‌کننده پانل‌های خورشیدی در مکان مورد نظر عمل می‌کنند (شکل ۴- د).



(الف) (ب) (ج) (د)

(ه) (ی)

شکل ۴ قسمت‌های مختلف یک سازه فوتوولتائیک شناور [۳]

سیستم فوتوولتائیک خورشیدی شناور را می‌توان روی حجم‌های مختلفی از آب نصب کرد؛ مثل دریاچه‌ها، برکه‌ها، دریاچه پشت سدها، مخازن آب، حوض-های پرورش ماهی، کانال‌ها و غیره. بنابراین، این تکنولوژی می‌تواند با امکانات دیگری مثل تجهیزات نیروگاه‌های آبی، آبیاری، نیروگاه‌های حرارتی، تجهیزات تصفیه آب و ... ادغام گردد.

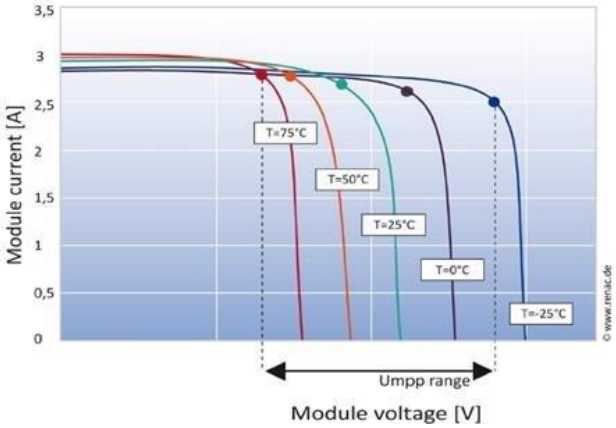
۳-۲- مزایای این فناوری

مهمترین پارامتری که برای ارزیابی عملکرد فوتوولتائیک خورشیدی شناور در نظر گرفته شد، بازده تبدیل موثر ماژول خورشیدی در شرایط عملیاتی می‌باشد. این پارامتر، بر تولید برق، که ارزشمندترین محصول این سیستم است، تاثیر می‌گذارد. بازده تبدیل یک ماژول فوتوولتائیک، بر اساس نسبت توان الکتریکی تولید شده به شدت تابش خورشیدی فرودی محاسبه می‌شود:

$$\eta_{el} = \frac{Pmax}{S \cdot Apv} \cdot 100\% \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، η_{el}، بازده الکتریکی است (بر حسب درصد)، Pmax، توان تولید شده توسط ماژول فوتوولتائیک می‌باشد (بر حسب وات)، S، شدت تابش خورشیدی فرودی بر ماژول فوتوولتائیک را نشان می‌دهد (برحسب وات بر مترمربع)، و Apv ، مساحت سطحی از ماژول فوتوولتائیک است که در معرض تابش خورشید قرار دارد (بر حسب مترمربع) [۱].

یک ماژول فوتوولتائیک معمولی، ۴ تا ۱۸درصد از انرژی خورشیدی فرودی را به الکتریسیته تبدیل می‌کند. مقدار این تبدیل، به نوع سلول‌های خورشیدی و شرایط اقلیمی وابسته است [۱]. بقیه تابش خورشیدی، به گرما تبدیل می‌شود. به این ترتیب، دمای فوتوولتائیک به شدت افزایش می‌یابد. خروجی توان سلول-های خورشیدی، بسته به تغییرات دمایی، تغییر می‌کند. به دلیل آنکه بازده ماژول فوتوولتائیک به دما وابسته است، پس اگر سیستم روی سطح آب قرار بگیرد، به خاطر اثر خنک‌کنندگی آب، می‌تواند از دمای محیطی بسیار کمتری بهره‌مند شود. اگر قاب‌های آلومینیومی برای پشتیبانی از ماژول خورشیدی شناور به کار روند، دمای سیستم از دمای آب اطرافش هم کمتر می‌شود. واضح است که ماژول‌های شناور، دمای محیطی کمتری را نسبت به ماژول‌های نصب شده روی زمین، تجربه می‌کنند. مهم‌ترین نکته آن است که این اثر خنک-کنندگی، عامل اصلی ارتقای فاکتور ظرفیت سیستم‌های شناور می‌باشد. مفهوم این اثر را در منحنی I-V شکل ۵ مشاهده می‌شود.



شکل ۵ منحنی I-V و وابستگی آن به دما [۴]

در یکی از مطالعات یانگ-کوان چوی[1] در سال ۲۰۱۴ نشان داده شد که سیستم‌های فوتوولتائیک شناور، دارای فاکتور ظرفیتی به اندازه ۷,۶ تا ۱۳,۵ درصد از فاکتور ظرفیت سیستم‌های نصب شده روی زمین هستند [۲]. نتایج یک مدلسازی که توسط آبه[2] در سال ۲۰۱۳ انجام شد، نشان داد که قرار دادن آرایه‌های خورشیدی روی آب، خروجی انرژی و سطح بازدهی آنها را ۸ تا ۱۰ درصد افزایش می‌دهد [۵]. علاوه بر خروجی انرژی، سایر مزایای قابل توجه سیستم فوتوولتائیک شناور عبارتند از:

- حفاظت از زمین: این مزیت، زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که با کشورهایی که با مشکل محدودیت زمین مواجه هستند، سروکار داریم. علاوه بر آن، سرعت نصب نیز بالاتر است، زیرا نیازی به خرید زمین نیست.
- حفاظت از آب، با کاهش تبخیر: این مزیت، در ناحیه‌هایی که محدودیت منابع آب دارند، اهمیت خاصی پیدا می‌کند.

مزایای دیگر سیستم فوتوولتائیک شناور که توسط یانگ-کوان چوی به اثبات رسیده‌اند، عبارت از کاهش هزینه سرمایه‌گذاری قابل مقایسه با سایر سیستم‌های مشابه (۱,۲+ درصد، بدون در نظر گرفتن هزینه خرید زمین)؛ و نصب سریع‌تر به دلیل طراحی سازه ماژولار [۲].

۴-۲- معایب این فناوری

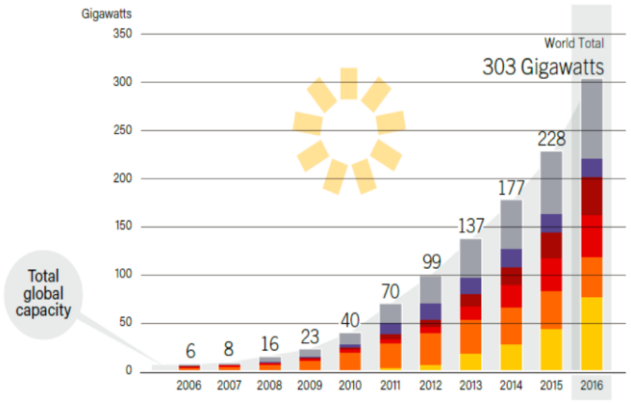
سیستم فوتوولتائیک شناور، معایبی دارد که باید در هنگام توسعه پروژه‌های مربوطه، مد نظر قرار گیرند:

- سیستم شناور، بیش از سیستم‌های دیگر در معرض شرایط آب‌وهوایی و آثار هیدرولیک قرار دارد؛ پس ممکن است خروجی توان آن ناپایدار باشد.
- ممکن است فعالیت‌های مربوط به حمل‌ونقل دریایی و ماهیگیری تحت تاثیر این سیستم‌های شناور قرار بگیرند و مختل شوند.
- قرار گرفتن سیستم در محیط آبی، باعث ایجاد خوردگی در ماژول‌ها و سازه‌ها شده، و به این ترتیب، طول عمر سیستم کاهش می‌یابد.

۳- تحلیل بازار

۱-۳- تاریخچه توسعه این فناوری

طبق گزارش آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر[3] ظرفیت کل سیستم‌های فوتوولتائیک خورشیدی که تا سال ۲۰۱۶ در سراسر جهان نصب شدند، ۳۰۳ گیگاوات بود. رقم CAGR در طی ده سال گذشته، به ۲۹,۷ درصد رسیده است [۴]. شکل ۶، تاریخچه توسعه فوتوولتائیک‌های خورشیدی در سراسر جهان را نشان می‌دهد.



شکل ۶ وضعیت نصب فوتوولتائیک خورشیدی در سراسر جهان، تا سال ۲۰۱۶ [۴]

از میان همه موارد نصب فوتوولتائیک‌ها در سراسر جهان تا سال ۲۰۱۶، تنها ۷ کشور، ۷۵ درصد کل ظرفیت را به خود اختصاص داده‌اند. این کشورها عبارتند از: چین (۷۷,۴ گیگاوات)، ژاپن (۴۲,۸ گیگاوات)، آلمان (۴۱,۳ گیگاوات)، آمریکا (۴۰,۹ گیگاوات)، ایتالیا (۱۹,۳ گیگاوات)، هند (۹,۱ گیگاوات) و کره (۴,۴ گیگاوات).

صنعت فوتوولتائیک‌های خورشیدی، تاریخچه‌ای حدودا ۱۰۰ساله دارد؛ اما عمر فناوری فوتوولتائیک‌های خورشیدی شناور به حدود ۱۰سال می‌رسد. اولین سیستم، در یک تاکستان در منطقه ناپا ولیِ ایالات کالیفرنیا نصب شد. در همان سال، در ژاپن، فرانسه، و هند هم سیستم‌های مشابهی نصب شدند، اما در مرحله آزمایشی قرار داشتند.

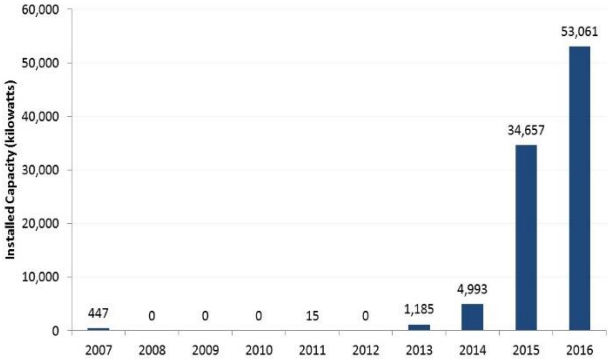
مسئولان کارخانه آبجوسازی فار نینت[4] در کالیفرنیا، جهت حفظ زمین‌های مربوط به باغات انگور، و در عین حال، گسترش سیستم‌های فوتوولتائیک خورشیدی نصب شده روی زمین، تصمیم گرفتند ۱۰۰۰ پانل خورشیدی را روی یک حوضچه آبیاری درختان قرار دهند [۶]. ظرفیت کل این پانل‌ها، ۱۷۵ کیلووات بود. پانل‌ها روی ۱۳۰ قایق کوچک شناور قرار گرفتند و سپس به سیستم خورشیدی نصب شده روی زمین متصل شدند تا در مجموع، در ساعات اوج تولید خروجی، به تولید توان ۴۷۷ کیلوواتی برسند. وقتی پانل‌های شناور با سیستم نصب شده روی زمین ترکیب شدند، کارخانه موفق شد کل برق مورد نیازش را خودش تامین کند. با نصب پانل‌ها روی حوضچه، کارخانه فار نینت توانست بیش از ۷۵ درصد از زمین‌های مربوط به باغات انگور را حفظ کند و این امر، معادل سود سالانه ۱۵۰هزار دلاری از محل تولید و فروش مشروبات بود [۷].

البته تا پیش از سال ۲۰۱۳، فناوری فوتوولتائیک شناور به خوبی توسعه نیافته بود. حدود یک سال قبل از آن، شاهد معرفی مکانیزم «تعرفه‌های تشویقی»[5] برای انرژی‌های تجدیدپذیر در ژاپن بودیم [۸]. معرفی این مکانیزم تلاشی در راستای حرکت به سمت استفاده از اینگونه انرژی‌ها بود که پس از وقوع فاجعه هسته‌ای فوکوشیما در سال ۲۰۱۱، انجام گرفت. با تعرفه تشویقیِ بالای ۵۳,۴ سنت به ازای هر کیلووات ساعت، استفاده از فوتوولتائیک‌های شناور در ژاپن به سرعت رشد کرد و ۴۵ سیستم به شبکه این کشور اضافه شد. شکل

1. Young-Kwan Choi
2. McKay Abe
3. IRENA

۴. Far Niente
۵. Feed in tariff(FIT)

۷ نشان می‌دهد که از زمان نصب اولین فتوولتائیک خورشیدی شناور در سال ۲۰۰۷، چطور این فناوری به سیستم‌های تولید انرژی جهان افزوده شد.



شکل ۷ موارد نصب سیستم فوتوولتائیک شناور در سراسر جهان تا سال ۲۰۱۶ [۹]

طبق گزارش‌های آماری که توسط «سازمان مدیریت دارایی‌های خورشیدی» ارائه شده است [۱۰]، تا سال ۲۰۱۶، تعداد ۷۰ سیستم فوتوولتائیک شناور در سراسر جهان نصب شده، که ظرفیت آنها در بازه ۵ کیلووات تا ۲۰ مگاوات می‌باشد. لازم است چند نکته را در مورد این سیستم‌ها بدانید:

- ظرفیت ترکیبی جهانی: ۹۴,۳۵۸ کیلووات
- بزرگترین مجموعه جهان: ۲۰ مگاوات (آنهوی، چین، ۲۰۱۶)
- کوچکترین مجموعه جهان: ۵ کیلووات (اورلاندو، ایالات متحده، ۲۰۱۶)
- بزرگترین مجموعه جهان از لحاظ کمیت: ۴۵ سیستم، با ظرفیت ترکیبی ۵۶,۵ مگاوات (ژاپن)
- نسبت فوتوولتائیک‌های شناور به کل سیستم‌های فوتوولتائیک خورشیدی جهان در سال ۲۰۱۶: ۰,۰۳۱۱ درصد

پس از ژاپن، فناوری فوتوولتائیک شناور در کره نیز محبوبیت زیادی پیدا کرد. در این کشور، ۱۳ سیستم با ظرفیت ترکیبی ۲,۲۷۱ کیلووات به راه افتاد و بزرگترین سیستم با ظرفیت ۱۰۰۰ کیلوواتی در کانال آب ورودی نیروگاه حرارتی EWP نصب شد [۱۱].

در می ۲۰۱۷ بزرگترین مجموعه فوتوولتائیک شناور جهان با ظرفیت ۴۰مگاوات، به شبکه برق چین متصل شد [۱۲]. این مجموعه نیز در همان مکان مجموعه‌های قبلی، یعنی در منطقه معدن زغال‌سنگ آنهوی چین نصب شده است. تا پایان سال ۲۰۱۷، ظرفیت ترکیبی کل فوتوولتائیک‌های شناور جهان، به ۱۳۴,۳۵۸ کیلووات می‌رسد. فهرست ۷۱ مجموعه فوتوولتائیک شناور سراسر جهان (با ظرفیت ۵ کیلووات و بیشتر)، که تا جولای ۲۰۱۷ نصب شده اند، در جدول ۲ قابل مشاهده می باشد.

جدول ۲ آمار ۷۱ مجموعه فوتوولتائیک شناور در سراسر جهان، تا جولای ۲۰۱۷ [۱۰]

ردیف	اندازه (kW)	نام مخزن (دریاچه) / نام مجموعه	کشور	شهر / استان	تاریخ شروع عملیات
۱	۴۰۰۰	منطقه مجاور معدن زغال سنگ شهر هواینان	چین	استان آنهوی	می ۲۰۱۷
۲	۲۰۰۰۰	منطقه مجاور معدن زغال سنگ شهر هواینان	چین	استان آنهوی	آپریل ۲۰۱۶
۳	۷۵۰۰	پارک خورشیدی کاواشیما تیایو	ژاپن	سایتاما	اکتبر ۲۰۱۵
۴	۶۳۳۸	مخزن ملکه الیزابت (۲)	انگلستان	لندن	مارس ۲۰۱۶
۵	۳۰۰۰	استان اوتا	کره جنوبی	شهر سانگجو گیونگ سانگ بوکدو	اکتبر ۲۰۱۵
۶	۳۰۰۰	استان جیپیونگ	کره جنوبی	شهر سانگجو گیونگ سانگ بوکدو	اکتبر ۲۰۱۵
۷	۲۹۹۱	مخزن گادلی	انگلستان	گادلی	ژانویه ۲۰۱۶
۸	۲۴۴۹	سوگا ایک	ژاپن	مای	آگوست ۲۰۱۶
۹	۲۳۹۸	سوهارا آیک	ژاپن	مای	مارس ۲۰۱۶
۱۰	۲۳۱۳	ساکاساما آیک	ژاپن	هیوگو	آپریل ۲۰۱۵
۱۱	۲۰۰۰	مخزنی در شهر کوماگایا	ژاپن	سایتاما	دسامبر ۲۰۱۴
۱۲	۲۰۰۰	کارگاه چوب بُری کینورا	ژاپن	آیچی	فوریه ۲۰۱۶
۱۳	۲۰۰۰	یادو اویکه	ژاپن	هیوگو	ژانویه ۲۰۱۶
۱۴	۱۷۵۱	هیرونو شینیکه	ژاپن	هیوگو	سپتامبر ۲۰۱۶

۱۵	۱۷۰۸	یاکنویک	ژاپن	هیوگو	جولای ۲۰۱۶
۱۶	۱۷۰۰	نیشی هیرایکه	ژاپن	هیوگو	آپریل ۲۰۱۵
۱۷	۱۷۰۰	مجموعه شماره ۹ هیوگو	ژاپن	هیوگو	آپریل ۲۰۱۵
۱۸	۱۵۰۰	شهر کاکوگاوا	ژاپن	هیوگو	سپتامبر ۲۰۱۵
۱۹	۱۴۸۵	فوناتسو اویکه	ژاپن	هیوگو	سپتامبر ۲۰۱۵
۲۰	۱۴۳۰	مجموعه خورشیدی کاواهارا یاما	ژاپن	هیوگو	دسامبر ۲۰۱۵
۲۱	۱۳۳۰	شهر میتو	ژاپن	ایباراکی	آگوست ۲۰۱۵
۲۲	۱۲۶۰	هیرا آیک	ژاپن	هیوگو	جولای ۲۰۱۶
۲۳	۱۲۱۲	کوبه اویکه	ژاپن	هیوگو	می ۲۰۱۶
۲۴	۱۲۰۳	آینویکه	ژاپن	هیوگو	می ۲۰۱۶
۲۵	۱۲۰۰	هیگاشی هیرایکه	ژاپن	هیوگو	آپریل ۲۰۱۵
۲۶	۱۱۸۰	پانل خورشیدی روی آب های اوکه گاوا	ژاپن	سایتاما	جولای ۲۰۱۳
۲۷	۱۱۷۶	شهر کاسای	ژاپن	هیوگو	فوریه ۲۰۱۵
۲۸	۱۱۵۳	مجموعه خورشیدی شناور آراشیاما	ژاپن	سایتاما	سپتامبر ۲۰۱۵
۲۹	۱۱۲۵	هیرای آیک	ژاپن	نارا	جولای ۲۰۱۵
۳۰	۱۰۹۸	نیروگاه خورشیدی شیمانه	ژاپن	شیمانه	نوامبر ۲۰۱۴
۳۱	۱۰۷۸	نیگایکه نیشی آیک	ژاپن	هیوگو	مارس ۲۰۱۶
۳۲	۱۰۷۶	فوکویکه	ژاپن	هیوگو	ژوئن ۲۰۱۵
۳۳	۱۰۰۸	توکوروزاوا آیک	ژاپن	هیوگو	مارس ۲۰۱۵
۳۴	۱۰۰۰	مجموعه خورشیدی شناور DREAM کونویاما	ژاپن	اوساکا	اکتبر ۲۰۱۶
۳۵	۹۹۰	شهر کاسای	ژاپن	هیوگو	اکتبر ۲۰۱۶
۳۶	۹۷۳	مخزن کاساواکا جیوبانکو	ژاپن	اوکایاما	می ۲۰۱۶
۳۷	۸۵۰	مائنو آیک	ژاپن	هیوگو	سپتامبر ۲۰۱۴
۳۸	۸۰۸	ساکوراشیتا آیک	ژاپن	هیوگو	فوریه ۲۰۱۶
۳۹	۶۹۶	مرکز مجمع منبع شهر کاواگو	ژاپن	سایتاما	ژوئن ۲۰۱۴
۴۰	۶۳۱	ایساوا آیک	ژاپن	هیوگو	فوریه ۲۰۱۶
۴۱	۶۳۰	مجموعه خورشیدی شناور توریگایکه	ژاپن	هیوگو	فوریه ۲۰۱۶
۴۲	۵۲۸	فوکوچی ماچی	ژاپن	فوکوکا	آگوست ۲۰۱۵
۴۳	۵۰۴	ایماندو آیک	ژاپن	اوساکا	سپتامبر ۲۰۱۵

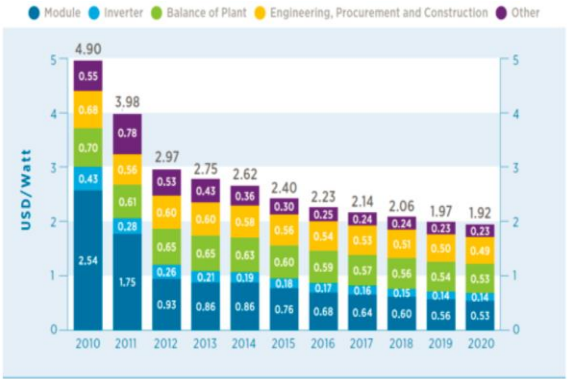
۴۴	۴۹۵	اوچانگ	کره جنوبی	چانگ چون بوک	فوریه ۲۰۱۵
۴۵	۴۹۰	جیومان آیک	ژاپن	هیوگو	مارس ۲۰۱۶
۴۶	۴۷۷	کارخانه آبجوسازی فار نینته (سیستم شناور ۱۷۷ کیلوواتی)	ایالات متحده	کالیفرنیا	۲۰۰۷
۴۷	۴۷۱	پولی بِل	انگلستان	یورکشیر جنوبی	دسامبر ۲۰۱۵
۴۸	۴۶۰	شهر آیسای	ژاپن	آیچی	دسامبر ۲۰۱۵
۴۹	۴۰۰	مجموعه خورشیدی شناور تووا ارکس یوشیمی	ژاپن	سایتاما	آپریل ۲۰۱۶
۵۰	۳۴۳	پونته کوروو	ایتالیا	ایتالیا	مارس ۲۰۱۶
۵۱	۳۰۰	رنگجی آیک	ژاپن	فوکوکا	جولای ۲۰۱۶
۵۲	۲۰۰	مزرعه شیپ لند	انگلستان	شهر وارگریو	آگوست ۲۰۱۴
۵۳	۱۰۸	سونگای لابو	مالزی	شهر سپانگ	نوامبر ۲۰۱۵
۵۴	۱۰۰	بِن آکر	انگلستان	روستای بن آکر	دسامبر ۲۰۱۵
۵۵	۹۶	تالاب سوئیمسول	مالدیو	با آتول	فوریه ۲۰۱۶
۵۶	۵۹	یوشیوکا کاتسوکیجیو	ژاپن	چیبا	آپریل ۲۰۱۶
۵۷	۵۰	ریدرز	انگلستان	-	دسامبر ۲۰۱۵
۵۸	۵۰	مخزن اِشکول	اسرائیل	اورشلیم	اکتبر ۲۰۱۴
۵۹	۴۸	مجموعه خورشیدی اینوگایاکه	ژاپن	هیوگو	آگوست ۲۰۱۴
۶۰	۴۰	مجموعه خورشیدی یاناگیکه	ژاپن	هیوگو	ژانویه ۲۰۱۴
۶۱	۳۳	اسلافتر	هلند	روتردام	اکتبر ۲۰۱۵
۶۲	۲۵	املاک صنعتی وست پورت	هلند	گرونینگن	مارس ۲۰۱۶
۶۳	۲۲	نوفار	اسرائیل	یاونه	نوامبر ۲۰۱۵
۶۴	۱۵	پیولنک	فرانسه	شهر پیولنک	فوریه ۲۰۱۱
۶۵	۱۳	بور	سوئد	بور	دسامبر ۲۰۱۵
۶۶	۱۰	آبجوسازی کانده	ایالات متحده	سونوما	ژوئن ۲۰۱۶
۶۷	۱۰	راجارهات	هند	بنگال غربی	ژانویه ۲۰۱۵
۶۸	۶	یوشیوارایکه	ژاپن	کاگاوا	نوامبر ۲۰۱۴
۶۹	۵	باغ برکه های پارک بیشان	سنگاپور	بیشان	می ۲۰۱۳
۷۰	۵	یوتاتیکان	تایلند	ساموت سونگخرام	اکتبر ۲۰۱۴
۷۱	۵	یو.اف.سی اورلاندو	ایالات متحده	اورلاندو	مارس ۲۰۱۶
کل	۱۳۴,۳۰۸	ظرفیت میانگین (کیلووات)	۱,۸۹۲		

طبق آمار بالا، ظرفیت میانگین یک سیستم فوتوولتائیک شناور، رقم بسیار کوچک ۱,۸۹۲ کیلووات است. این رقم در مقایسه با ظرفیت بزرگترین سیستم جهان، یعنی ۴۰,۰۰۰ کیلووات، رقم کوچکی تلقی می‌شود. بزرگترین سیستم جهان که در چین واقع شده، نشان داد که سیستم فوتوولتائیک شناور می‌تواند در مقیاس های تجاری هم عملکرد خوبی داشته باشد.

۲-۳- محرک‌های اصلی کاربرد فوتوولتائیک خورشیدی در سراسر جهان

فوتوولتائیک خورشیدی، نقش مهمی در فرآیند کربن‌زدایی از سیستم‌های انرژی سراسر جهان ایفا می‌کند. طبق گزارش IRENA، کاربرد فوتوولتائیک‌ها در سراسر جهان به قدری رشد خواهد کرد که ظرفیت کل سیستم‌های نصب شده، از ۳۰۳ گیگاوات در سال ۲۰۱۶، به ۲,۹۲۱ گیگاوات در سال ۲۰۳۰، و ۶,۳۴۸ گیگاوات در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید [۱۳]. محرک‌های اصلی این روند جهانی، عبارتند از: طرح‌های تشویقی جذاب دولت‌ها، کاهش هزینه‌های استفاده از سیستم‌های فوتوولتائیک و افزایش بازدهی ماژول فوتوولتائیک.

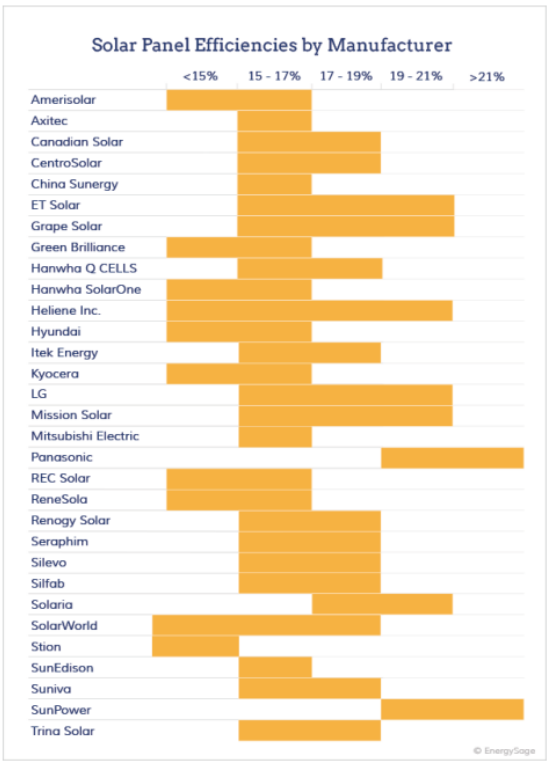
از طرف دیگر، طبق گزارش IRENA، انتظار می‌رود که قیمت سیستم‌های فوتوولتائیک در سال ۲۰۲۰، به رقم ۱,۹۲ دلار آمریکا، به ازای هر وات، برسد که در مقایسه با قیمت آن در سال ۲۰۱۰، ۶۱ درصد کاهش خواهد داشت [۱۴].



شکل ۸ قیمت سیستم فوتوولتائیک، در گذشته و در آینده [۱۴]

یکی دیگر از نکاتی که در میان گزارش‌ها یافت شده است، آن است که از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷، قیمت پانل‌های خورشیدی ۷۵ درصد کاهش یافته است. در همین بازه زمانی، این صنعت شاهد کاهش ۶۳ درصدی قیمت اینورترها بوده است. به طور کلی، هزینه یک آرایه نصب شده، از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷، ۵۶ درصد کاهش یافته است.

در کنار کاهش هزینه‌ها، بازدهی ماژول فوتوولتائیک نیز در طی این سال‌ها بهبود یافته است. بازده پانل‌های خورشیدی تجاری تک‌بلور افزایش یافته و به محدوده ۱۷ تا ۲۱ درصد رسیده است. بازده اکثر پانل‌ها، ۱۴ تا ۱۶ درصد است. پانل‌های برند سان پاور[1] در حال حاضر به عنوان پربازده‌ترین پانل‌های خورشیدی موجود در بازار شناخته می‌شوند و نرخ بازده آنها، رقم بالای ۲۲,۵ درصد است [۱۵]. شکل ۹، بازده بهترین ماژول‌های فوتوولتائیک تجاری موجود در بازار را نشان می‌دهد.



شکل ۹ بازده فعلی ماژول‌های فوتوولتائیک تجاری [۱۴]

۳-۳- پتانسیل بازار جهانی فوتوولتائیک خورشیدی شناور

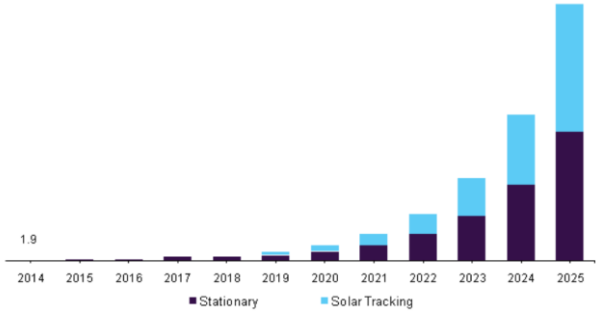
با افزایش کاربرد فوتوولتائیک‌ها در سراسر جهان، انتظار می‌رود بازار این محصول نیز همگام با این روند رشد کند. تحقیقات بسیار کم‌شماری روی پانل‌های خورشیدی شناور انجام شده که نتایج آنها بتوانند به رشد بازار این محصولات کمک کنند. طبق یکی از گزارش‌هایی که موسسه تحقیقاتی کردنس ریسرچ[2] منتشر کرده، بازار پانل‌های خورشیدی شناور در سال ۲۰۱۶ به ارزش ۰,۱۶ میلیارد دلار آمریکا رسیده است و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۲ نیز به ۱,۶ میلیارد دلار برسد. یعنی «نرخ رشد سالانه ترکیبی»[3] آن از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲، معادل ۱۱۳,۹ درصد خواهد بود [۱۶]. در تحقیق دیگری که توسط گرند ویو ریسرچ[4] انجام شده، پیش‌بینی شده است ارزش بازار جهانی پانل‌های شناور تا سال ۲۰۲۵ به ۲,۵ میلیارد دلار آمریکا برسد [۱۷]. شکل ۱۰، نمایی از بازار پانل‌های شناور در سراسر جهان را نشان می‌دهد که توسط موسسه کردنس ریسرچ ترسیم شده است.

شکل ۱۰ پتانسیل بازار پانل شناور در سراسر جهان [۱۶]

1. Sun Power
۲. Credence Research
۳. CAGR
4. Grand View Research

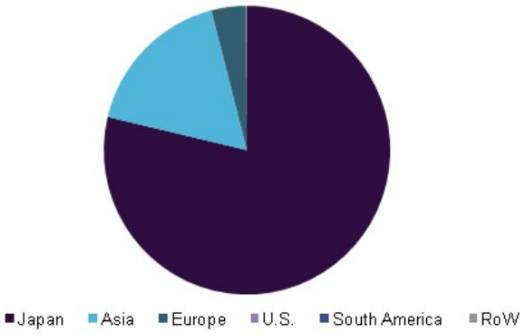
در گزارشی که در سال ۲۰۱۷ توسط گرند ویو ریسرچ منتشر شد، نشان داده شده که تقاضای پانل شناور ساکن، بیش از ۹۰ درصد کل درآمد این بازار در سال ۲۰۱۵ را به خود اختصاص داده است. زیرا صرفه اقتصادی آن در مقایسه با پانل‌های شناور ردیابی‌کننده، به مراتب بیشتر است. پیش‌بینی می‌شود پانل خورشیدی شناور ردیابی‌کننده، به دلیل افزایش کارایی این پانل‌ها با رشد تکنولوژی ردیابی، در آینده رشد کنند.

طبق گزارش گرند ویو ریسرچ در سال ۲۰۱۷، ژاپن بیش از ۷۵ درصد از کل درآمد این بازار در سال ۲۰۱۵ را به خود اختصاص داد. دلیل آن، کمبود زمین در این کشور و طرح‌های ابتکاری بود که دولت این کشور جهت ترویج استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی اجرا کرد. یکی از این طرح ها، برنامه جذاب تعرفه‌های تشویقی بود. علاوه بر آن، انتظار می‌رود که این صنعت در آینده رشد چشمگیری داشته باشد. چرا که دولت ژاپن برنامه‌ها و طرح‌های متعددی را در این راستا تصویب کرده است. شکل ۱۱، درآمد بازار پانل خورشیدی شناور در ژاپن، در طی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱ درآمد بازار پانل‌های خورشیدی شناور در ژاپن، به تفکیک انواع محصولات. (سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۵، بر حسب میلیون دلار آمریکا) [۱۷]

کشورهای آسیایی حوزه اقیانوس آرام، بر بازار پانل‌های خورشیدی شناور جهان سلطه دارند. تقاضا برای این پانل‌ها در کشورهای ژاپن، کره، استرالیا، هند، سنگاپور و فیلیپین، رو به رشد بوده و به زودی به سراسر جهان گسترش خواهد یافت.



شکل ۱۲ بازار جهانی پانل های خورشیدی شناور؛ به تفکیک هر منطقه. سال ۲۰۱۵ (برحسب درصد) [۱۷]

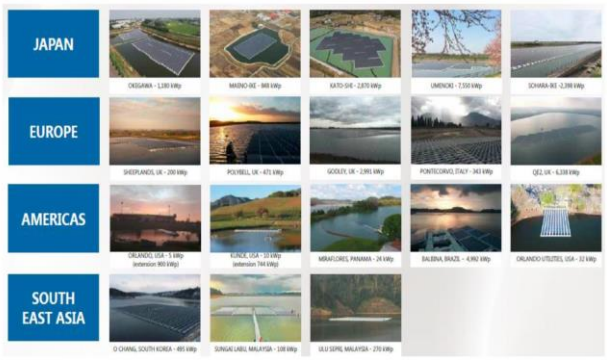
محرک‌های اصلی رشد فناوری پانل شناور در ۱۰ سال آینده عبارتند از:

- رشد تمرکز دولت‌های مختلف بر استفاده از انرژی تجدیدپذیر، برای تولید انرژی مورد نیاز کشور خود.
- ایجاد آلودگی زیست محیطی کمتر با کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی.
- کاهش هزینه پانل‌ها، که منجر می‌شود هزینه تولید هر واحد کاهش یابد. این امر، فاکتور اصلی حمایت از کاربرد فناوری خورشیدی برای تولید توان خواهد بود.
- کمبود دسترسی به زمین مناسب برای نصب سیستم‌ها.

۴-۳- بازیگران اصلی در بازار فوتوولتائیک‌های شناور

از میان ۷۲ پروژه فوتوولتائیک خورشیدی شناور که در سراسر جهان در حال اجراست، شرکتی به نام سیل و تری[1] با در اختیار داشتن ۴۳ پروژه، که ۵۹,۷ درصد از کل سیستم‌های نصب شده در جهان را شامل می شود، بر این بازار غلبه دارد. از میان این ۴۳ پروژه، ۴۰ مورد در ژاپن انجام شده که ظرفیت ترکیبی آنها به ۵۴ مگاوات می رسد و ۸۸,۹ درصد سهم بازار را در بر می‌گیرد.

طبق گزارش شرکت سیل و تری، این شرکت کار نصب سیستم‌های خورشیدی با ظرفیت ۶۹ مگاوات را تا سال ۲۰۱۶ به پایان رسانده است. انجام پروژه مربوط به ۱۳۵ مگاوات دیگر نیز در حال انجام است و انتظار می‌رود تا اواخر سال ۲۰۱۷ به اتمام برسد و در مجموع ظرفیت ترکیبی ۲۰۴ مگاوات را در سراسر جهان ایجاد نماید [۱۸]. در شکل ۱۳، شرح پروژه‌های این شرکت را ارائه شده است [۱۹].



شکل ۱۳ پروژه‌های نصب فوتوولتائیک شناور توسط شرکت سیل و تری [۱۹]

از آنجایی که این فناوری یک فناوری جدید است، بازیگران بازار فوتوولتائیک شناور در سراسر جهان واقعا کم شمار هستند. سایر توسعه دهندگانی که در این بازار فعالیت دارند، با ظرفیت‌های کم کار می‌کنند. از جمله آنها می‌توان به شرکت‌های مهندسی ایبیدن[2]، تاکیرون[3]، توسعه منابع محیطی[4] و شرکت صنایع فناوری کیاروکو تامپسون[5] همگی از ژاپن، شرکت کا-واتر[6] از کره، شرکت سانفلوت[7] از هلند، شرکت سئیمسول[8] از اتریش، و شرکت آر ایی سی سولار[9] از سنگاپور اشاره کرد.

همان طور که پیش از این نیز ذکر شده است، شرکت ساخت و ساز سامیتومو میتسوی، یک سازه فوتوولتائیک شناور را به مرحله تجاری‌سازی رسانده که یک سیستم از نوع «اتصال و اجرا»[10] است و امکان نصب سریع و گسترش آسان را فراهم می‌کند. طبق گزارش گرند ویو ریسرچ شرکت‌های

1. Ciel & Terre
2. Ibiden Engineering
3. Takiron Engineering
4. Environmental Resources Development
5. Thompson Technology Industries, Inc.
6. K-Water
7. Sunfloat
8. Swimsol
9. REC Solar
10. Plug and play

کیوکرا[1]، ترینا سولار[2]، شارپ[3] و ینگلی سولار[4] عرضه کنندگان اصلی پانل‌های فوتوولتائیک خورشیدی در بازار این محصولات هستند [۱۷].

۴- نتیجه‌گیری

فناوری فوتوولتائیک خورشیدی شناور، در طی عمر ۱۰ ساله‌اش پیشرفت قابل توجهی به دست آورده است. بزرگترین سیستم نصب شده در جهان، در چین قرار دارد که ظرفیت ۴۰ مگاواتی داشته و کار نصب آن در ماه می ۲۰۱۷ به پایان رسید. به تازگی دولت‌های سراسر جهان به سمت حمایت از انرژی های تجدید پذیر حرکت کرده و انگیزه های جذابی برای سرمایه گذاری در این عرصه ایجاد نموده‌اند. علاوه بر آن، هزینه سیستم‌های فوتوولتائیک خورشیدی و بهبود کارایی ماژول‌ها، سه محرک اصلی برای ارتقای فناوری فوتوولتائیک شناور در طی سه سال اخیر بوده‌اند. حالا که منابع زمینی هر روز محدود و محدودتر می‌شوند، فناوری فوتوولتائیک شناور می‌تواند راه حل منطقی و معقولی در سال های آینده باشد که دولت های سراسر جهان بتوانند از آن برای دستیابی به اهدافشان در زمینه به کارگیری فوتوولتائیک‌های خورشیدی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای بهره ببرند.

۵- مراجع

[1] Alok Sahu, Neha Yadav, K. Sudhakar. “Floating photovoltaic power plant: A review”, 2016.
[2] Young-Kwan Choi, Ph.D. “A Study on Power Generation Analysis of Floating PV System Considering Environmental Impact”, 2014.
[3] Sumitomo Mitsui Construction Co., Ltd. http://pv-float.com/english/
[4] REN21. Renewables 2017 Global Status Report , 2017.
[5] McKay, Abe. "Floatovoltaics: Quantifying the Benefits of a Hydro-Solar Power Fusion" (2013). Pomona Senior Theses. Paper 74. http://scholarship.claremont.edu/pomona_theses/74, retrieved July 16, 2017.
[6] Kim Trapani and Miguel Redón Santafé. “A review of floating photovoltaic installations: 2007–2013”, 2014.
[7] http://solaroutreach.org/2015/02/23/floatovoltaics/#, retrieved July 16, 2017.
[8] http://www.jdsupra.com/legalnews/summary-of-the-implementing-regulations- 20667/, retrieved July 16, 2017.
[9] NREL.https://www.nrel.gov/tech_deployment/state_local_governments/blog/wpcontent/uploads/2017/01/FloatingSolar-InstalledCapacity1.jpg, retrieved July 16, 2017.
[10] Solar Asset Management. http://www.solarassetmanagement.us/downloadfloating-plants overview, retrieved July 16, 2017.
[11] http://energy.korea.com/archives/55741, retrieved July 16, 2017.
[12] WEF. https://www.weforum.org/agenda/2017/06/china-worlds-largest-floatingsolar-power/, retrieved July 16, 2017.
[13] IRENA. “Letting in the light: How solar photovoltaics will revolutionize the electricity system”, 2016.
[14] IRENA. “REthinking Energy 2014: Towards a new power system”, 2014.
[15] Energy Sage. http://news.energysage.com/what-are-the-most-efficient-solarpanels-on-the-market/, retrieved July 16, 2017.
[16] Credence Research. “Floating Solar Panels Market – Growth, Share, Opportunities, Competitive Analysis, and Forecast 2015 – 2022”, 2016.
[17] Grand View Research. “Floating Solar Panels Market Size & Share, Industry Report, 2014-2025”, 2017.
[18] Ciel & Terre. “Our references the floating solar expert with Hydrelio® technology”, 2017.
[19] Ciel & Terre. “Company profile, the floating solar expert”, 2017.

1. Kyocera Corporation
2. Trina Solar
3. Sharp Corporation
4. Yingli Solar