

موضوع: بررسی استفاده از انرژی خورشیدی (سیستم های فتوولتائیک) در ساختمان

عاطفه تاکی دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معماری موسسه آموزش عالی پیام گلپایگان

دکتر نیما صادق زاده عضو هیئت علمی موسسه آموزش عالی پیام گلپایگان

چکیده:

در بین انرژی های تجدید پذیر می توان انرژی خورشیدی را به عنوان یک منبع بی پایان انرژی که حلال مشکلات بسیاری در زمینه انرژی و محیط زیست است، نام برد، از انرژی خورشیدی به عنوان یک انرژی تمیز و قابل دسترس در همه جا می توان استفاده های مهم و کاملاً مفیدی کرد. اما از نور خورشید به طور مستقیم نمی توان به جای سوخت های فسیلی بهره برد، بلکه باید از طریق تجهیزاتی انرژی تابشی خورشید را به انرژی مکانیکی، حرارتی و الکتریسته تبدیل کرد^[1]، یکی از بهترین تجهیزات، استفاده از سیستم های فتوولتائیک می باشد که بهتر است برای کارایی بیشتر به نحوه ترکیب آن با ساختمان تدابیری اندیشید، در کشورهای مختلف به این مساله توجه زیادی شده است. طراحان و معمارانی که تمایل به طراحی ساختمانی با ترکیب سیستم فتوولتائیک دارند باید نکاتی را لحاظ کنند از جمله، تعیین نوع سیستم فتوولتائیک، فرم پلان، تعیین و نوع شیب دیواره ها و نحوه ترکیب این سیستم با سقف و دیوارها و همکاری مهندسین معمار با مهندسین تعمیرات و سازه برای اجرای بهتر این تجهیزات، که در این مقاله بعد از آشنایی با سیستم فتوولتائیک و مزیت ها و معایب آن، به آنها اشاره شده است و راه حل هایی برای آنها ارائه شده است.

کلمات کلیدی: انرژی خورشیدی، سیستم های فتوولتائیک، سیستم های یکپارچه با ساختمان، روش های طراحی

مقدمه

در کشور ایران از سالهای نه چندان دور، تامین برق از طریق منابع انرژی فسیلی نظیر نیروگاههای دیزلی، توربین های بخاری، حرارتی و سیکل ترکیبی انجام می شده و در مناطق مستعد به کمک نیروگاههای برق آبی رفع نیاز گردیده است، هر چند در موارد خاص نیروگاههای محلی که از دیگر منابع بهره گرفته اند تاسیس شده است، اما تولید آنها زیاد نیست. خوشبختانه کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی خاص خود، در کلیه زمینه های انرژی تجدید ناپذیر از جمله بادی، خورشیدی، زمین گرمایی و غیره دارای پتانسیل بالایی است. ^[2] توسعه سیستم های فتوولتائیک برای تامین الکتریسته و جایگزینی با سیستم هایی که با انرژی فسیلی کار می کنند نیازی است که در دنیا به وضوح احساس می شود، استفاده از سیستم های فتوولتائیک در ترکیب با ساختمان، اهمیت و جذابیت زیادی در میان طراحان و معماران یافته است. همانگونه که در طراحی عناصر ساختمان مانند دیوار، پنجره و سایبان به عرض جغرافیایی محل و اقلیم، همسایگی ها، هماهنگی با سیستم های غیرفعال خورشیدی، اندازه ها، جهت ها، زاویه ها مواردی دیگر توجه می شود، فتوولتائیک ها نیز در مقام عناصر ساختمانی با این مسائل مرتبط هستند. از این رو در طراحی و ترکیب فتوولتائیک ها نیز باید به تمامی مواردی که یک طراح معمار، در طول فرآیند طراحی با عوامل مختلف پشت سر می نهد، توجه شود. هدف از این مقاله، معرفی سیستم های فتوولتائیک و شیوه های لازم برای طراحی ساختمانی یکپارچه با فتوولتائیک می باشد.

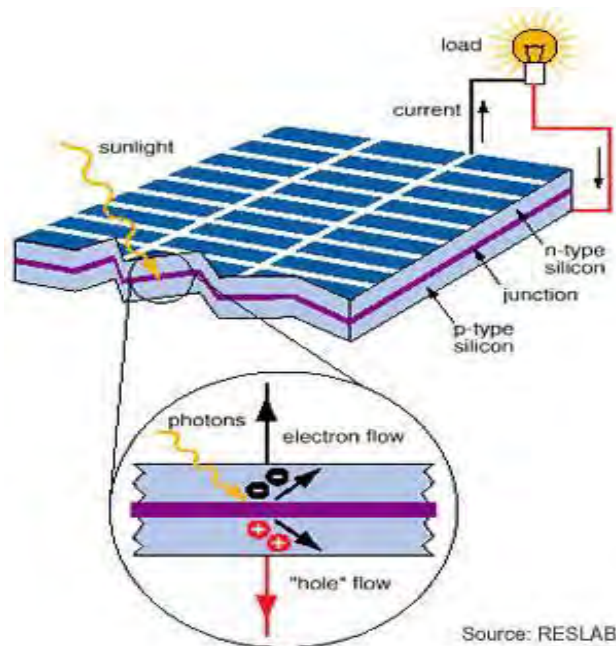
۱. انرژی خورشیدی

در طراحی معماری خورشید همواره تاثیر زیادی در جانمایی فضاها و قرار گیری توده ها دارد. اغلب طراحان خورشید را یک مشکل برای طراحی می دانند، امام با برخورد صحیح با آن می توان نتایج مطلوبی را حاصل کرد. خورشید منبع اصلی تولید انرژی در زمین است، آنچه از نور و گرما در زمین وجود دارد، مستقیم یا غیر مستقیم از خورشید حاصل شده است، خورشید برای ما دو اثر مهم دارد: نور و گرما، اما چگونه می توانیم از این دو اثر غالباً نا مطلوب نتیجه ی دلخواه حاصل کنیم؟ پاسخ این پرسش در میراث گذشتگان به ما ارائه شده است. تکنولوژی امروز هم راهکارهایی را معرفی می کند. نحوه ی استفاده از انرژی خورشیدی به دو شیوه است: روش فعال و روش غیر فعال. روش فعال شامل - سلولهای خورشیدی (فتوولتائیک) و آبگرمکن های خورشیدی می باشد. سلولهای خورشیدی به جهت تولید انرژی برق سال هاست که مورد استفاده قرار می گیرند. اما مشکلاتی همچون هزینه ی بالا و همیشگی نبودن خورشید استفاده از آن را با ابهام روبرو کرده است. لذا استفاده از این تکنیک بیشتر برای مناطقی بازدهی دارد که دسترسی به سایر انرژی ها ندارند. [۳]

۲. فتوولتائیک چیست؟

اصطلاح فتوولتائیک ترکیبی از کلمه photo (به معنی نور) و کلمه volt است. فتوولتائیک علمی است که در مورد تبدیل نور به الکتریسته و به عبارت دیگر، تبدیل فوتون های نوری به جریان الکتریکی صحبت می کند. تبدیل نور خورشید به الکتریسته توسط سلولهای خورشیدی صورت می گیرد که این سلول ها از صفحات سیلیکونی ساخته شده اند، این سلول ها بیشترین کاربرد را به عنوان منبع تغذیه ی ماشین حساب های جیبی و پارکومترها و موارد کوچکی از این قبیل دارا می باشند. صفحات پانل یا مولدهای خورشیدی متشکل از تعدادی سلولهای خورشیدی (در مدارهای سری و موازی) هستند که در قاب های آلومینیومی و صفحه ی محافظ شیشه ای مونتاژ شده اند. مجموعه ای از این پانل ها به انضمام دیگر اجزاء از قبیل باتری ها، شارژ کنترل ها و مبدل، تشکیل یک سیستم فتوولتائیک را می دهند.

[۴] (تصویر ۱)



ت ۱. پدیده فتوولتائیک

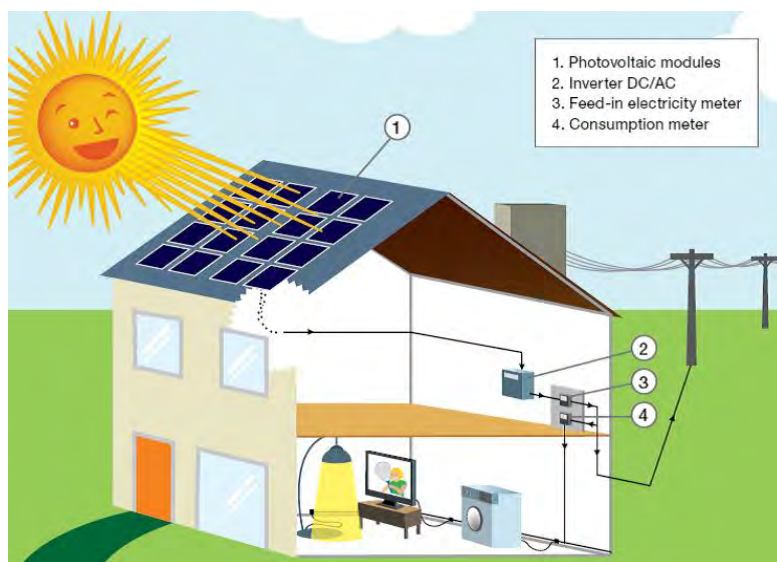
ماخذ: (<http://www.eecm.ir>)

۳. مزایای استفاده از سیستم های فتوولتائیک :

۱. امکان نصب و راه اندازی نیروگاه فتوولتائیک بسیار ساده و سهل الوصول است
 ۲. برخلاف صور دیگر نیروگاههای خورشیدی، سیستم های فتوولتائیک انرژی حاصل از تابش را مستقیماً و بدون واسطه های مکانیکی تبدیل به انرژی الکتریکی می نماید .
 ۳. امکان استفاده از این نوع انرژی خورشیدی در مقیاسهای کوچک و بزرگ امکان پذیر می باشد . (از حدود چند میلی وات تا چندین مگاوات)
 ۴. قابلیت استفاده در مکانهای شهری و روستایی را دارا می باشد
 ۵. با توجه به نیاز مصرفی در هر نقطه که امکان بهره برداری از این سیستم وجود داشته باشد قابل نصب و راه اندازی است .
 ۶. زمان اجرای پروژه های فتوولتائیک با توجه به صور دیگر انرژی های پاک مانند باد ، ژئوترمال ، سهموی خطی ، دریافت کننده مرکزی و ... بسیار کوتاه بوده که این خود قابلیت انعطاف سیستم را بیش از پیش هویدا می سازد .
 ۷. هزینه های انتقال خط به نقاط دور از دسترس شبکه سراسری و همچنین پیک سایی و جلوگیری از افت توان در شبکه انتقال را باعث می گردد .
 ۸. عدم وجود ادوات متحرک در سیستم
 ۹. قابلیت اطمینان با طول عمر ۲۵ ساله ی پنل ها
 ۱۰. عدم نیاز به کنترل دائم
 ۱۱. عدم نیاز به تعمیر و نگهداری
 ۱۲. تامین برق قابل استناد براساس استاندارد های سازمان هوا ، فضای کشور آمریکا (ناسا)
 ۱۳. استقلال در تامین و عدم وابستگی به شبکه های توزیع محلی و قطعی برق شبکه
 ۱۴. عدم وجود آلایندهی در تامین انرژی و همراهی و همسویی با محیط زیست
 ۱۵. استفاده از منابع تجدید شونده انرژی و عدم وابستگی به سوخت های فسیلی
 ۱۶. عدم نیاز به پرداخت صورتحساب ماهانه ی شرکت های توزیع برق که در حال حاضر مبالغ واقعی مصرف را در قالب یارانه متعلقه و مبلغ پرداختی به هر مشترک محاسبه و در قبوض صادره به اطلاع مشترکان می رسانند . با استفاده از انرژی های تجدید شونده ما می توانیم تحول و گشایشی در تامین روشنایی انرژی موردنیاز منازل ، حیاط ، باغچه ، آب گرم حمام و استخر خانگی خود ایجاد نمائیم .^[۵]
- ### ۴. معایب استفاده از سیستم های فتوولتائیک
۱. هزینه تولید برق توسط سلول های PV بیشتر از هزینه تولیدی برق ناشی از سوخت های فسیلی می باشد.
 ۲. برق تولیدی از انرژی خورشیدی غیرقابل اعتماد بوده و همواره در دسترس نمی باشد و میزان تولیدات به شرایطی نظیر حالت وضعی خورشید، شرایط اتمسفر، ابری بودن و ... بستگی دارد.
 ۳. هزینه های اولیه نصب سیستم های PV زیاد است.
 ۴. به منظور استفاده از انرژی خورشیدی در شب باید از باتری برای ذخیره سازی انرژی استفاده گردد.
 ۵. برای مصارف زیاد الکتریسته، نیاز به مساحت زیادی برای نصب سلول های PV می باشد^[۶]
 ۶. کمبود نیروهای متخصص و کارآمد برای طراحی و نصب سیستم های PV^[۷]

۵. روش های بکارگیری سیستم های فتوولتائیک ۵-۱. متصل به شبکه سراسری برق (Grid Connected)

در این روش، انرژی الکتریکی حاصل از سیستم فتوولتائیک (با استفاده از تجهیزات الکتریکی مبدل جریان مستقیم به جریان متناوب، ضمن تغییر شکل و تطبیق سطح ولتاژ و فرکانس انرژی الکتریکی حاصل از سیستم فتوولتائیک، ...) همچون اینورترهای متصل به شبکه و با استفاده از نیروگاههای . با مشخصات سطح ولتاژ، اختلاف فاز، فرکانس و... شبکه سراسری به شبکه سراسری برق تزریق می گردد فتوولتائیک متصل به شبکه سراسری بصورت متمرکز و یا غیرمتمرکز (ضمن تقویت انرژی جاری در شبکه توزیع)، بدلیل تزریق ولتاژ و جریان مانع افت ولتاژ شبکه توزیع گردیده و در نتیجه از فشار بر روی نیروگاه ها در طی روز جلوگیری نمود. این امر به مثابه این است که بصورت نیروگاهی (DG) هر مشترک شبکه سراسری برق، با نصب سیستم متصل به شبکه، خود بعنوان یک تولید کننده پراکنده کوچک کوچک عمل نماید. در این روش علاوه بر تامین بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف کننده، انرژی الکتریکی (مازاد بر مصرف) به شبکه سراسری برق تزریق می شود. (تصویر ۲)



۲. سلولهای فتوولتائیک متصل به شبکه
برق سراسری .

ماخذ: (<http://www.sun.org.ir>)

۵-۲. مستقل از شبکه سراسری برق سیستم های مستقل از شبکه (Stand Alone)

تأمین انرژی الکتریکی ایستگاه های مخابراتی و تلویزیونی، خانه های مسکونی، چادرهای عشایری، کلبه های روستایی و بصورت کلی رفع نیاز انرژی الکتریکی مناطقی که فاقد شبکه سراسری برق می باشند. این بخش سهم بالایی از سیستم های مستقل از شبکه را در جهان به بویژه در حال توسعه جهت تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز روستاهای فاقد برق (خود اختصاص داده است. در بسیاری از کشورهای جهان از این سیستم استفاده می گردد، بطور مثال در سال ۲۰۰۷ کشور اندونزی برق رسانی به ۱۵۰۰۰ خانوار روستایی را از این طریق آغاز عدم نیاز به سوخت و مشکلات سوخت رسانی بویژه در مناطق صعب العبور عدم نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم و طول عمر . (نموده است مناسب از جمله عمده مزایایی است که در رشد و توسعه این سیستمها بویژه در نقاط محروم کشور نقش عمده و بسزایی دارد^[۱]

۶. جهت گیری پنل های فتوولتائیک

حداکثر جمع آوری امواج تابشی خورشید زمانی اتفاق می افتد که گردآور (کلکتور)، عمود بر پرتوهای تابش مستقیم باشد. از آنجا که خورشید هم به صورت روزانه و هم سالانه حرکت می کند تنها یک گردآور لولایی دو محوری می تواند میزان جذب را در طول سال به حداکثر برساند. با این حال گردآورهای لولایی تنها در اقلیم های خشک که اکثرا دارای پرتوهای تابشی مستقیم می باشند می تواند برتری

داشته باشد و حتی در آنجا نیز ۱۰ تا ۲۰ درصد امواج تابشی خورشید به صورت پخشی است. در اکثر اقلیم‌های آفتابی و مرطوب، حدود یک دوم امواج تابشی خورشید مستقیم می‌باشد در حالیکه در اقلیم‌های ابری ۸۰٪ یا بیشتر از امواج تابشی، پخشی می‌باشد. در صورت یکپارچگی با ساختمان نیز می‌بایست جهتگیری و زاویه مناسبی را مورد توجه قرار داد. بهترین زاویه برای یک آرایه PV اساساً تابع زمانی از سال است که بیشترین مقدار برق در آن مورد نیاز می‌باشد. اقلیم‌های گرم بیشترین الکتریسیته را در طول تابستان و برای تهویه مطبوع نیاز دارند در حالیکه اقلیم‌های سرد نیاز به حداکثر الکتریسیته در زمستان و برای پمپها و پنکه‌های سامانه‌های گرمایش و روشنایی دارند. معمولاً جهت گیری مطلوب رو به جنوب می‌باشد با این حال تا ۲۰ درجه به سمت شرق یا غرب از جهت جنوب افت بسیار ناچیزی در سامانه وجود دارد با این وجود مقدار بارهای روزانه می‌تواند بر جهت گیری تاثیر گذارد.

۷. فتولتائیک یکپارچه ساختمان (Bipv)

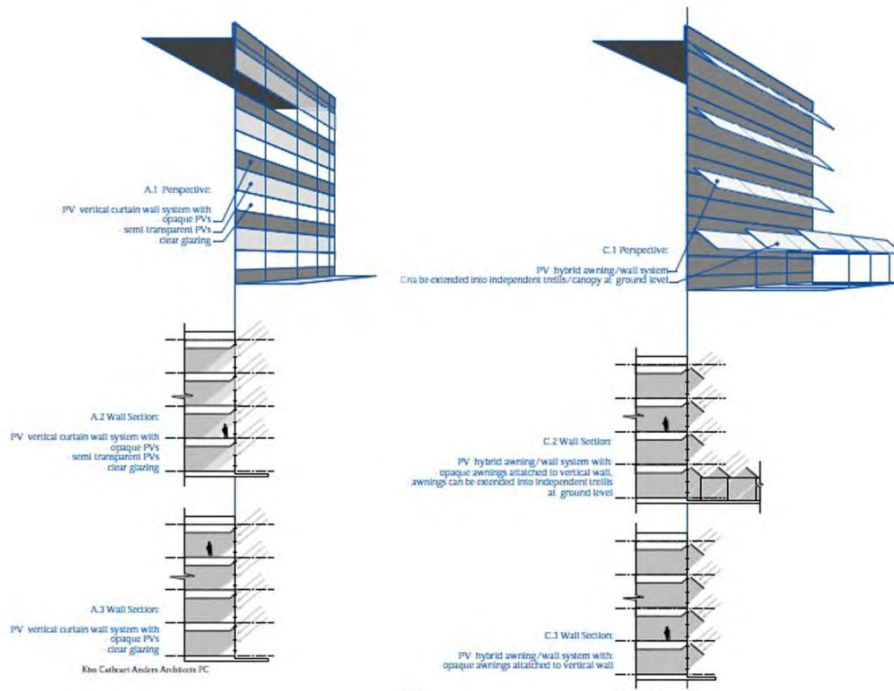
فتولتائیک (PV) امروزه می‌تواند در ساختمانهای موجود و جدید استفاده شود. کاربرد آن در پوشش ساختمان بسیار متنوع بوده و راه‌های جدیدی به سوی طراحان خلاق می‌گشاید. با توجه با این که منبع تغذیه سلولهای فتولتائیک نور خورشید می‌باشد، لذا محل قرارگیری سلولها، جداره‌هایی از ساختمان است که زمینه مناسبی برای تابش مستقیم نور خورشید دارا باشند. از این رو محل استفاده تایل‌های فتولتائیک، غالباً نماهای بیرونی و سطوح خارجی بام ساختمان می‌باشد. سلول‌های فتولتائیک در شیشه‌هایی به رنگهای مختلف ساخته می‌شوند، به طوری که مهندسان معمار می‌توانند آن‌ها را علاوه بر کاربرد اصلی، برای زیباسازی ساختمان‌ها نیز به کارگیرند. این سلولها این قابلیت را دارند که بین ۸۰٪ تا ۹۰٪ نور خورشید را از خود عبور دهند. این کیفیت باعث می‌شود که پنجره‌های مجهز به سلولهای خورشیدی بتوانند به خنک ماندن هوای داخل خانه در تابستان کمک کنند و علاوه بر زیبا نمودن نمای ساختمان، انرژی الکتریسیته مورد نیاز را تهیه کنند.

۸. شیوه‌های ترکیب سیستم‌های فتولتائیک با ساختمان

۸-۱. صفحات نمای ساختمان

نماها اکثریت سطح پوسته یک ساختمان را اشغال می‌کنند. در حقیقت یک نما نخستین احساس بصری از ساختمان را به بینندگان خود انتقال می‌دهد و معماران بنا نیز با استفاده از نما به بیان ایده‌ها و ترجمه خواسته‌های کارفرما با زبانی ویژه از شکل و رنگ می‌پردازند. مدولهای استاندارد فتولتائیک می‌توانند به دیوار موجود ساختمان برای تامین نمایی موفق به لحاظ زیبا شناختی متصل گردند. این واحدها بدون نیاز به عایق به استراکچر متصل می‌شوند که این عمل توسط زیرسازی شبکه‌ای در مدولهای فتولتائیک صورت می‌گیرد، بنابراین سیستم‌های فتولتائیک می‌توانند به عنوان بخش مهمی از عناصر نمای ساختمان مطرح شوند. چهره اصلی یک لایه فتولتائیک به عنوان مصالح پوششی، شبیه یک شیشه رنگی است. لایه‌های فتولتائیک حفاظت طولانی مدت در برابر شرایط جوی را تامین و می‌توانند در هر اندازه، شکل، طرح و رنگی، برش و تهیه شوند و حتی قسمتی از نور روز را نیز به داخل ساختمان برسانند. این عناصر ساختمانی می‌توانند بعنوان صفحات ساده نما، عناصر چند عملکردی برای نماهای سرد و گرم، به عنوان سیستم سایه انداز یا بازشو عمل نمایند. (تصویر ۳)

ت.۳. (چپ) ترکیب انواع پنل های فتوولتائیک با دیوار پرده ای نما (ماخذ: (Ibid, p, ۲۲)

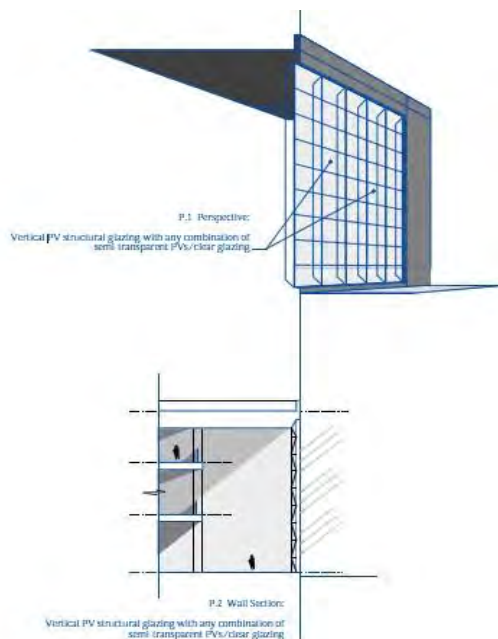


ت.۴. (راست) ترکیب پنل های فتوولتائیک با سایبان نما (ماخذ: (Ibid, p, ۲۲)

۸-۲. نماهای نیمه شفاف

ورقهای فتوولتائیک همانند پنجره‌ها می‌توانند کاربرد شفافیت و پشت‌نمایی خود را از دو طریق انجام دهند. سلول فتوولتائیک به تنهایی می‌تواند بسیار ظریف و یا لیزری بوده و از این طریق ۲۰ تا ۵۰ درصد امکان دید فیلتر شده‌ای را فراهم کند. مدوله‌های سیلیکون غیر بلوری نیمه شفاف، ویژه این کاربرد، تهیه می‌شوند از سوی دیگر، سلول‌های بلورین نیز در روشی مشابه می‌تواند در عین ایجاد فیلتر دید، فضای داخلی را روشن سازند. حتی با اضافه نمودن لایه‌هایی از شیشه به واحد اصلی از فتوولتائیک نیمه شفاف، عایق حرارتی و صوتی نیز برای نیازهای ویژه ساختمان تامین می‌شود. ^[۹] (تصویر ۵)

ت.۵. پنل های نیمه شفاف در نما (ماخذ: (Ibid, p, ۲۲)



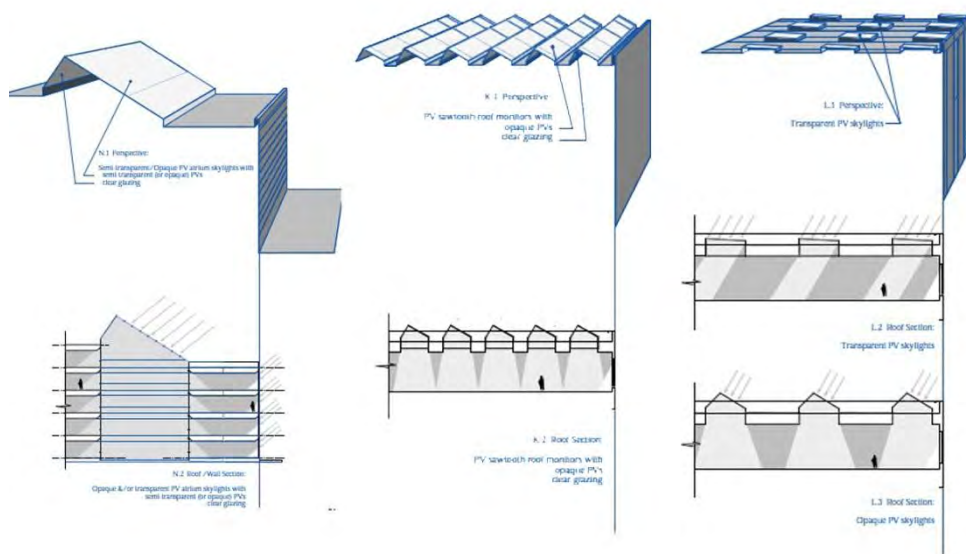
۸-۳. سیستم‌های سایبان

در معماری امروز نیاز شدیدی برای سیستم‌های سایه انداز در بازار ساختمان وجود دارد که منجر به استفاده وسیع از بازشوهای بزرگ و پرده‌ها و یا سایبان‌های دیگر می‌گردد. در این میان فتوولتائیک‌ها با اشکال مختلفی می‌توانند به عنوان سایبان در بالای پنجره‌ها و یا بخشی از سازه بام استفاده شوند، البته به شرطی که استفاده از این سایبانها منجر به تحمیل بار اضافی به سازه ساختمان نگردد. سیستم‌های سایه انداز فتوولتائیک می‌توانند به گونه‌ای و در جهتی آرایش یابند که در آن واحد، هم برای تولید بیشترین انرژی و هم برای تامین درجات متغیری از سایه بکار روند. (تصویر ۴)

ت۶. (راست) ترکیب پنل های فتوولتائیک با نورگیر های سقفی (ماخذ : p.c kiss cathcart andres architect, ibid, p. ۲۲)

ت۷. (وسط) ترکیب پنل های فتوولتائیک با نورگیر های دندانهای ای (ماخذ : p, ۲۲, ibid)

ت۸. (چپ) ترکیب پنل های فتوولتائیک با آتریوم ها (ماخذ : p, ۲۲, ibid)



۸-۴. مصالح بام

بام‌ها برای فتوولتائیک‌ها بسیار ایده آل می‌باشند. چرا که معمولاً عوامل سایه ساز در پشت بام بسیار کمتر از سطح زمین است و معمولاً بام، سطح بدون استفاده وسیعی را بدین منظور در اختیار می‌گذارد. یک بام شیبدار ایده آل برای فتوولتائیک‌ها بامی است به سمت جنوب (در نیمکره شمالی) که زاویه‌ای معادل عرض جغرافیایی $\pm 15^\circ$ برای بهترین تولید انرژی داشته باشد. در این خصوص بامهای روبه جنوب شرقی و جنوب غربی نیز قابل قبولند. صفحات فتوولتائیک می‌توانند بر پشت بام بناهای موجود نیز براحتی نصب گردند. یک روش زیبا برای استفاده از فتوولتائیک‌ها در بام ساختمان، استفاده از تایلها یا توفال های PV است که امکان نصب راحت آنها را توسط یک پیمانکار بام نظیر تایلهای یا پوشالهای دیگر پشت بام میسر می‌سازد. بامهای مسطح نیز مزایایی همچون دسترسی مناسب و نصب آسان دارند. روش کلاسیک در این خصوص، چیدمان و آرایش واحدهای فتوولتائیک بر روی زیر ساختهای شبکه‌ای آن و سپس نصب آنها بر روی بام می‌باشد. در این روش علاوه بر توجه ویژه در خصوص آرایش مدول‌ها و نصب آنها که در بام شیبدار نیز صورت می‌گیرد، می‌بایست در مورد نیروی باد نیز تدابیر لازم اندیشیده شود. تجربیات و پیشرفت‌های اخیر در این زمینه سبب سبکی، سهولت و سرعت استعمال این سیستم‌ها گشته است. در حالت ایده آل سقف‌های شیبدار بهترین گزینه برای نصب پانل‌ها به شمار می‌روند. سقف‌های دندانه‌ای از سقف‌های مسطح بهتر هستند، چرا که قسمت‌هایی از سقف که رو به شمال قرار گرفته‌اند می‌توانند جهت ورود نور به فضا مورد استفاده قرار گیرند. در حالی که سطح جنوبی دندانه‌ها می‌تواند محلی برای نصب فتوولتائیک‌ها باشد. پوشش با فتوولتائیک در سطح جنوبی همچنین می‌تواند با استفاده از پانل‌های نیمه شفاف انجام پذیرد که هم موجب ورود نور به فضا شده و هم جریان الکتریسته تولید نماید.

اگر پانل‌ها همراه بدنه سقف طراحی شوند قطعاتی به شکل سفال خمیده و یا تایل می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

۸-۵. نورگیرها

ساختار نورگیرها معمولاً مزایای انتشار نور در ساختمان را با تامین سطحی باز برای نصب مدولهای فتوولتائیک نوام می‌سازد. در این صورت عناصر فتوولتائیک می‌بایست نور و الکتریسیته را همزمان تامین کنند. بطوریکه قطعات فتوولتائیک و سازه پشتیبان مورد استفاده برای این نوع کارکرد، مشابه نماهای نیمه شفاف هستند. این ساختار که می‌تواند از بیرون نیز نمایان گردد، طبقات و راهروهایی زیبا و جذاب از نور پدید آورده و امکان طرح معماری مهیجی از نور و سایه فراهم می‌سازد.^[۷] (تصویر ۷۰۶)

۹. تاثیر فرم پلان ساختمان بر نیروی سیستم فتوولتائیک

در صورتی که پلان ساختمان به فرم کشیده و در جهت شمالی-جنوبی باشد به حداکثر تولید برق در سال خواهد رسید -البته باید توجه کرد که دیوارهای این ساختمان در چهار جهت شمال، شرق، جنوب و غرب با فتوولتائیک پوشانده شده باشد. به عبارت دیگر، مشخص می‌شود که دیوارهای شرقی و غربی در طول سال نور زیادی از خورشید دریافت و در نتیجه نیروی بیشتری تولید می‌کنند. اما این آنالیز تنها منحصر به کارایی فتوولتائیک است و در آن به آثار منفی حاصل از این جهت یابی توجهی نشده است، از آن جمله کسب گرمای خورشیدی، خیرگی آفتاب صبح و عصر و بهره‌وری کمتر در انتخاب پلان کف.^[۱۰] (تصویر ۹)

ت. ۹. مقایسه فرم پلان
ساختمان bipv از نظر تولید
انرژی (ماخذ: وفایی
، بررسی شیوه‌های طراحی
سیستم‌های فتوولتائیک
یکپارچه با ساختمان . دو
فصلنامه صفا، پاییز و
زمستان ۱۳۸۸، شماره ۴۹)

	پلان A	پلان B	پلان C	پلان D	پلان E
مساحت دیوار ثابت (م²)	۲۷۸۷	۳۴۸۳	۳۷۱۶	۳۴۸۳	۲۷۸۷
مساحت کف ثابت (م²)	۳۷۱۶	۳۷۱۶	۳۷۱۶	۳۷۱۶	۳۷۱۶
کل مساحت سطح دیوار (م²)	۱۷۸۳	۱۷۸۳	۱۷۸۳	۱۷۸۳	۱۷۸۳
کل مساحت سطح دیوار (م²)	۱۷۸۳	۱۸۵۵	۱۷۸۳	۱۸۵۵	۲۲۲۹
کل کیلووات ساعت در سال (kWh)	۷۴۸۶۲	۷۶۹۸۹	۷۹۱۱۷	۸۱۳۳۲	۱۰۵۲۲۷

۱۰. تاثیر شیب دیوار نمای ساختمان بر نیروی فتوولتائیک

با توجه به دیاگرام‌ها و محاسبات نیروی تولید شده توسط پنل‌های فتوولتائیک، مشخص شده است که هرچه شیب دیوار از حالت قائم به سطح افق نزدیکتر می‌شود، سطح فتوولتائیک انرژی خورشیدی را بیشتر دریافت می‌کند (به سبب زاویه‌ای که با پرتوهای خورشیدی می‌سازد). بنابراین، تولید نیروی برق و بازده آن بیشتر خواهد بود. همچنین در صورتی که بخواهیم کل سطح دیوار با پنل‌های فتوولتائیک پوشیده باشد، با نزدیکتر شدن شیب دیوار به سطح افق، بر مساحت دیوار نیز افزوده و در نتیجه تولید برق بیشتر می‌شود. اما این افزایش نیروی حاصل از شیب دار کردن سطح دیوار را باید با هزینه‌های دیگر بررسی کرد، از آن جمله هزینه‌های ساخت دیوار

شیبدار که بیشتر است، یا کاهش مساحت کف در طبقات بالاتر. داخل طبقات نیز در قسمت محیطی، نور مستقیم بیشتری دریافت می کند که این مسئله در طول ساعات نیم روز نیاز به مراقبت بیشتری دارد. [۱۰] (تصویر ۱۰)

ت ۱۰. مقایسه شیب دیوار
نمای ساختمان Bipv از
نظر تولید انرژی (ماخذ
:وفایی، بررسی شیوه های
طراحی سیستم های
فتوولتائیک یکپارچه با
ساختمان. دو فصلنامه
صفه. پاییز و زمستان
۱۳۸۸. شماره ۴۹)

۹۰° قائم	دیاگرام ۱ (مساحت PV ثابت)	دیاگرام ۲ (مساحت PV افزایشی)	
کل مساحت PV دیوار جنوبی	۲۷۸/۷ m ²	۲۷۸/۷ m ²	
کل مساحت کف از دست رفته	۰ m ²	۰ m ²	
کل کیلووات ساعت در سال	۱۵۴۳۳ kWh	۱۵۴۳۳ kWh	
شیب ۸۰°			
کل مساحت PV دیوار جنوبی	۲۷۸/۷ m ²	۲۸۲/۹ m ²	
کل مساحت کف از دست رفته	۱۱۹/۸ m ²	۱۱۹/۸ m ²	
کل کیلووات ساعت در سال	۱۸۴۴۴ kWh	۱۸۷۲۸ kWh	
شیب ۷۰°			
کل مساحت PV دیوار جنوبی	۲۷۸/۷ m ²	۲۹۶/۶ m ²	
کل مساحت کف از دست رفته	۲۴۶/۲ m ²	۲۴۶/۲ m ²	
کل کیلووات ساعت در سال	۲۱۱۸۴ kWh	۲۲۵۴۴ kWh	
شیب ۶۰°			
کل مساحت PV دیوار جنوبی	۲۷۸/۷ m ²	۳۲۱/۸ m ²	
کل مساحت کف از دست رفته	۵۰۲/۳ m ²	۵۰۲/۳ m ²	
کل کیلووات ساعت در سال	۲۳۴۴۵ kWh	۲۷۰۷۷ kWh	
شیب ۵۰°			
کل مساحت PV دیوار جنوبی	۲۷۸/۷ m ²	۳۶۳/۸ m ²	
کل مساحت کف از دست رفته	۵۶۸/۵ m ²	۵۶۸/۵ m ²	
کل کیلووات ساعت در سال	۲۵۰۹۸ kWh	۳۲۸۱۵ kWh	
شیب ۴۰°			
کل مساحت PV دیوار جنوبی	۲۷۸/۷ m ²	۴۳۳/۵ m ²	
کل مساحت کف از دست رفته	۸۰۷/۳ m ²	۸۰۷/۳ m ²	
کل کیلووات ساعت در سال	۲۶۱۴۶ kWh	۴۰۶۷۶ kWh	

۱۱. تعیین نوع و توان سیستم فتوولتائیک

نوع یک سیستم فتوولتائیک تابع شرایطی چون بارهای متصل به سیستم (ای سی یا دی سی یا هر دو)، وجود یا عدم وجود مولد کمکی برق، اتصال یا عدم اتصال به شبکه ی محلی یا سراسری، و چگونگی ارتباط با آن شبکه (یک طرفه یا دو طرفه) است. قبل از طراحی ابتدا باید تصمیم گرفت که سیستم فتوولتائیک مستقل خود اتکاء باشد یا متصل به شبکه برق شهری؟ سیستم های مستقل به باتری های ویژه برای ذخیره ی الکتریسته نیاز دارند و تولید برق آنها نسبت به سیستم های متصل به شبکه کمتر است و اغلب در نقاط دور افتاده از شبکه ی برق استفاده می شود. اگر سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه ی برق شهری باشد، تضمینی برای تامین برق وجود خواهد داشت، زیرا نیروی برق بین سیستم و شبکه مبادله می شود و شبکه همچون ذخیره سازی نامحدود عمل می کند. سیستم های باتری دار هم نیاز به تعمیر و نگهداری باتری ها دارند، اما در مقابل سیستم های متصل به شبکه نیازمند نگهداری خاصی نیستند. البته در تصمیم گیری برای نوع سیستم، باید هزینه های باتری و نگهداری را در نظر گرفت و براساس نیاز و نوع زندگی تعیین کرد که چه نوع سیستمی مناسب تر خواهد بود. توان یک سیستم فتوولتائیک، به اندازه حداکثر بارده جریان مستقیم (دی سی) سیستم خورشیدی به کیلووات معین شده است، بنابراین، یک سیستم ۲ کیلووات هنگامی که کاملاً در معرض پرتوهای خورشید قرار گیرد، ۲۰۰۰ وات الکتریسته ی دی سی تولید می کند، سپس این جریان مستقیم از طریق یک مبدل به جریان متناوب (ای سی) قابل تبدیل می شود و خروجی آن به ۱/۷ کیلووات کاهش می یابد. توان سیستم های فتوولتائیک وابسته به این مورد است: میزان بار الکتریکی مصرفی (و نیازهای شخصی)، زمان استفاده (همه ی سال، فقط تابستان و غیره)، مکان سیستم و اقلیم (تابش خورشید)، و مساحت فضای موجود در بام یا نما، اما مهم ترین محدودیت برای توان سیستم فتوولتائیک بودجه ی موجود است. برای تعیین توان سیستم باید الگوی بار مصرفی ساختمان را مشخص کرد تا بتوان بر اساس آن سیستم مورد نیاز را به کار گرفت.

مطمئناً مصرف انرژی با نوع و ساختمان منحصر به فرد تغییر می کند، بنابراین نیازمند یک سیستم طراحی است تا از تحلیل های مقدماتی و الگوی مصرف انرژی مخصوص آن ساختمان استفاده کند .

باید هماهنگی مطلوبی میان الگوی تقاضای انرژی ساختمان و انرژی قابل دستیابی از راه آرایه های فتوولتائیک برقرار گردد.

۱۲. هماهنگی میان معمار و دیگر مهندسان دست اندر کار طرح ساختمان بی آی پی وی

مسئله معمارانه ی فناوری یکپارچگی فتوولتائیک نیازمند یک رویکرد طراحی میان رشته ای است . این امر منوط به حضور و همکاری متخصصان ویژه در گروه کار است . بدون شک چنین سیستم هایی حتی بهترین معماران را هم به رقابت می طلبند و داشتن سطح شایسته ای از مهارت برای موفقیت در برنامه ریزی سیستم های بی آی پی وی ضروری است و این نکته نه فقط در خصوص معماران، بلکه در مورد مهندسان عمران و برق و مکانیک هم صدق می کند . این سیستم افزون بر اینکه بر معماری و طراحی آن اثر می کند، دست اندرکاران طرح و فرایند طراحی، یعنی معماران و دیگر مهندسان را نیز به رقابت می طلبد تا برای یکپارچگی سیستم پشتیبانی ساختمان با نیروی تامین شده ی فتوولتائیک، راه حل های ابتکاری خود را گسترش دهند . طراح معمار به آن همچون جزئی از نما یا بام و کلا ظاهر ساختمان توجه می کند، وسیله ای که نه تنها مولد نیروست، بلکه نور روز را نیز به داخل فضا هدایت می کند . مهندس سازه به آن همچون عنصری در پوشش (پوسته) ساختمان می نگرد که برای حمل آن نیازمند حمایت سازه است . مهندس تعمیر و نگهداری ساختمان آن را همچون یک سیستم الکتریکی می نگرد که نیازمند طراحی، ارتباطات و نظارت خاص است . از معمار و مهندسانی که با یکدیگر سر و کار دارند، خواسته می شود که فتوولتائیک را در طی برنامه ریزی و شناخت ساختمان، دست کم در چهار سطح ادغام یکپارچه کنند :

۱. طراحی یک ساختمان (شکل، اندازه، جهت یابی، رنگ)

۲. یکپارچگی مکانیکی (چند عملکردی بودن یک عنصر فتوولتائیک)

۳. یکپارچگی الکتریکی (متصل به شبکه یا استفاده مستقیم از برق)

۴. سیستم باید با مراقبت و نگهداری ساختمان معمولی یکپارچه شود .

چنانکه گفتیم، راهکار کلی انرژی را برای یک ساختمان باید پیش از شروع فرآیند طراحی مشخص کرد . برای حل این مسئله باید معمار و دیگر متخصصانی که با فرآیند طراحی و برنامه ریزی سر و کار دارند، درست از ابتدای فرآیند برنامه ریزی و طراحی با یکدیگر همکاری کنند . بدین سان آنان ناگزیر می شوند که از همان آغاز کار، بهترین طرح را برای یک پروژه ساختمانی جستجو کنند .^[۱۰]

نتیجه گیری

توسعه سیستم های فتوولتائیک برای تامین الکتریسته و جایگزینی با سیستم هایی که با انرژی فسیلی کار می کنند نیازی است که در دنیا به وضوح احساس می شود، سیستم های فتوولتائیک برخلاف هزینه های بالای اولیه نصب سیستم ها و بالا بودن هزینه برق تولیدی نسبت به منابع فسیلی، دارای مزایایی، همانند امکان نصب و راه اندازی بسیار ساده، تبدیل بدون واسطه انرژی حاصل از تابش مستقیم خورشید به انرژی الکتریکی، عدم نیاز به تعمیر و نگه داری، عدم وجود آلاینده های در تامین انرژی و همراهی و همسویی با محیط زیست، استفاده از منابع تجدید شونده انرژی و عدم وابستگی به سوخت های فسیلی می باشد . فتوولتائیک (PV) امروزه می تواند در ساختمانهای موجود و جدید استفاده شود. کاربرد آن در پوشش ساختمان بسیار متنوع بوده و با توجه با این که منبع تغذیه سلولهای فتوولتائیک نور خورشید می باشد، لذا محل قرارگیری سلولها، جداره هایی از ساختمان است که زمینه مناسبی برای تابش مستقیم نور خورشید دارا باشند. از این رو محل استفاده تایل های فتوولتائیک، غالباً نماهای بیرونی و سطوح خارجی بام ساختمان می باشد، ترکیب سیستم های فتوولتائیک با ساختمان باید به گونه ای باشد که در عملکرد اصلی ساختمان مشکلی ایجاد نکند و همگام با بقیه ساختار و اجزا ساختمان باشد، ترکیب سیستم های فتوولتائیک در ساختمان، بر فرآیند طراحی آن اثر می گذارد و نیازمند همکاری بین رشته ای

متخصصان مختلف است. حضور گروه طراحی متشکل از معمار و متخصصان دیگر رشته های مرتبط با ساختمان از ابتدای فرآیند طراحی ضروری است تا با مشارکت یکدیگر فتوولتائیک ها را از جنبه های مختلف با بنا ترکیب و یکپارچه کنند. بنابراین برای کسب بهترین نتیجه طراحان ساختمان در فرآیند طراحی باید عوامل مختلف را بایکدیگر هماهنگ کنند تا بهترین و کارآمدترین گزینه انتخاب شود.

منابع

۱. زنیل زاده، ر. ۱۳۹۱. ارزیابی اقتصادی و زیست محیطی سیستم های فتوولتائیک - مطالعات موردی منطقه جنوب شرق ایران. فصل نامه، مطالعات اقتصاد انرژی. تابستان ۱۳۹۱. شماره ۳۳. صفحات ۱۱۵-۱۴۹
۲. سهرابی، محمد علی. ۱۳۸۸. تامین برق از طریق انرژی خورشیدی (پنل های فتوولتائیک). ماهنامه، شمس. آذر و دی ۱۳۸۸. شماره ۶۲-۶۱. صفحات ۶۳-۶۴
۳. صیقل کار، ح؛ م. صلواتی نیاسری؛ سنتز و کاربرد نقاط کوانتومی در سلول های خورشیدی؛ ماهنامه فناوری نانو، تیر ۱۳۸۹، شماره ۴، صفحات ۲۹-۲۶
۴. تیموریا، ح؛ ع؛ توفیقی. ۱۳۹۱. فتوولتائیک، فصل نامه مهندسی ساختمان. پاییز ۱۳۹۱. شماره ۴۰. صفحات ۱۱۳-۱۱۰
۵. کتابچه انرژی خورشیدی ۱ و ۲، سازمان انرژی های نو ایران
۶. باغیشنی، و. ۱۳۸۹. کاربرد سلول های فتوولتائیک در معماری ساختمان. ماهنامه آموزشی، اطلاع رسانی سازمان نظام مهندسی ساختمان خراسان رضوی. خرداد و تیر ۱۳۸۹. شماره ۷۳-۳۸: ۳۷-۷۱
۷. سیدالماسی، م، ۱۳۸۸، رساله پژوهشی ضرورت آموزش معماری پایدار در دانشگاه های ایران، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی
۸. سانا، ۱۳۹۴، www.Suna.org.ir
۹. باغیشنی، و. ۱۳۸۹. کاربرد سلول های فتوولتائیک در معماری ساختمان. ماهنامه آموزشی، اطلاع رسانی سازمان نظام مهندسی ساختمان خراسان رضوی. خرداد و تیر ۱۳۸۹. شماره ۷۳-۳۸: ۳۷-۷۱
۱۰. Kiss cathcart Anders Architecture ,p.c. "building –integrated photovoltaics", in National Renewable Energy Laboratory (NREL), (January ۱۹۹۳)