

محاسبه تعداد اجزای سامانه خورشیدی

تعیین مقادیر بار مصرفی

در یک سامانه خورشیدی بسته به نحوه راه اندازی سیستم متصل به شبکه یا منفصل از شبکه نیاز به تعیین مقادیر المان های سامانه که شامل ماژول فتوولتایک، شارژ کنترلر، باتری و اینورتر است که بر اساس نیاز بار مصرف کننده مشخص میشود.

در مرحله اول مقدار توان مورد نیاز مصرف کننده بر اساس وات بر ساعت باید مشخص شود برای اینکار میزان مصرف هر وسیله و تعداد ساعات مطلوب استفاده از هر دستگاه را در طول روز باید مشخص کنیم و مقادیر بدست آمده برای هر دستگاه را یا هم جمع میندیم. بدلیل وجود تلفات عدد بدست آمده را در $\frac{1}{3}$ ضرب کنید تا میزان توان وات ساعتی که پنل در طی روز باید برق تولید کند، مشخص شود.

مثال ۱_ میزان مصرف وسایل الکتریکی یک ویلا بصورت زیر است.

$$p = 10 \times 15w \times 4h = 600wh$$

10 لامپ فلورسنت ۱۵ وات بمدت ۴ ساعت

$$p = 1 \times 110w \times 4h = 400wh$$

یک تلویزیون و رسیور ۱۰۰ وات بمدت ۴ ساعت

$$p = 1 \times 300w \times 4h = 1200wh$$

یک موتور اب ۳۰۰ وات به مدت ۴ ساعت

در نتیجه میزان مصرف در طی یک روز ۲۲۰۰ وات ساعت میباشد که با در نظر گرفتن ضریب تلفات $\frac{1}{3} \times ۲۲۰۰ = ۷۶۰$ وات ساعت میرسد.

محاسبه تعداد پنل :

بدست آوردن تعداد پنل بسته به جنس و راندمان تولید پنل و شرایط اب و هوای منطقه است. به همین منظور مقدار توان ساعت مورد نیاز مصرف را بر ضریب تابش خورشید در همان منطقه و ضریب اتلاف $\frac{0.9}{1}$ تقسیم میکنیم تا وات پیک کلی که توسط پنل ها باید تولید شود را مشخص کنیم سپس جواب بدست آمده را به عدد صحیح بزرگتر گرد میکنیم. عدد بدست آمده حداقل تعداد پنلی است که باید مورد استفاده واقع گردد بدیهی است که تعداد پنل بیشتر برای بالا بردن عمر مفید باتری و عملکرد سیستم مفید خواهد بود.

همانطور که در مورد پنل ها در فصل اول صحبت کردیم مقدار تابش خورشید در سطح زمین ۱۰۰۰ وات بر متر مربع است که از این میزان با توجه به راندمان خود پنل تقریباً ۲۰۰ وات بر متر مربع توان بدست می آید در نتیجه برای لحاظ کردن اثر غبار و آلودگی هوا در شهرها باید میزان خورشید دهی را $\frac{3}{5}$ تا ۵ ساعت در شهر محاسبه کرد.

نرم افزار NASA RETScreen برای اعلام مشخصات منطقه ای:

<https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>

مثال_ برای بدست آوردن تعداد پنل در مثال ۱ از پنل JSPV با مشخصات زیر استفاده میکنیم

$$P_m \text{ (nominal peak power)} = 270w$$

$$V_{mp} \text{ (maximum power voltage)} = 31.23 v$$

$$I_{mp} \text{ (maximum power current)} = 8.65 A$$

$$V_{oc} = 38.27 v$$

$$I_{sh} = 9.16 A$$

با فرض اینکه متوسط تابش در منطقه مشهد ۴ ساعت در طول روز است وات پیک کلی توان مشخص می‌شود.

$$2860(wh)/(0.9 \times 4(h)) = 795 wp$$

با تقسیم عدد بدست آمده بر توان نامی پنل تعداد پنل بدست می‌آید.

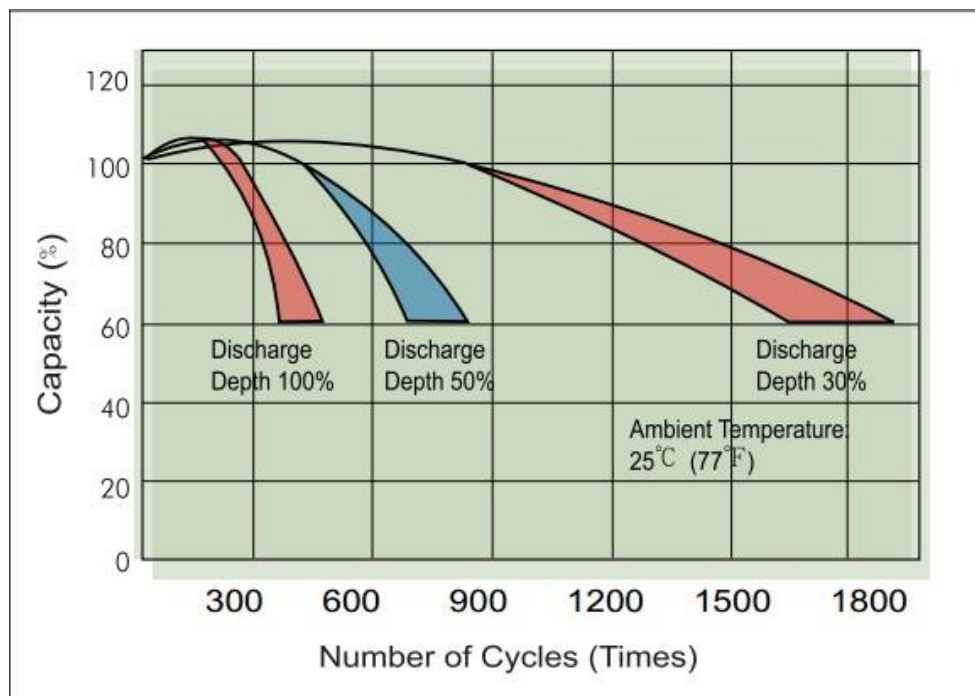
$$795swp/270wp = 2.8$$

یعنی به ۳ عدد پنل ۲۷۰ وات نیاز داریم.

تعیین تعداد باتری برای ذخیره انرژی

برای اینکه انرژی تولید شده توسط پنل را برای مصرف در روز ذخیره کنیم احتیاج به باتری در سیستم های off grid داریم. باتریهای مورد استفاده در سیستم off grid باید توانایی دشارژ شدن تا پایین ترین سطح ممکن و سرعت شارژ شدن بالا را داشته باشند. عموماً از باتریهای سیلد لید اسید استفاده می‌شود برای محاسبه تعداد باتری باید توان مورد نیاز مصرف کننده در یک روز را تقسیم بر ظرفیت باتری (VAH) بکنیم. سپس عدد بدست آمده را برای جبران سازی تلفات و همچنین عمق دشارژ باتری (depth of de charge –DOD) ، به ترتیب ضرایب ۰/۸ و ۰/۶ تقسیم کنیم.

مفهوم عمق دشارژ که در اینجا ۰/۶ است یعنی اینکه تنها ۶۰ درصد از میزان باتری تخلیه کامل شود و ۴۰ درصد آن همیشه باقی بماند. تعیین این ضرایب مستقیماً مربوط به تعیین چرخه عمر باتری (cycle life) است.



همینطور که در شکل مشخص است با درصد دشارژ کمتر میزان عمر باتری افزایش می‌یابد طبیعی است که با در نظر گرفتن میزان دشارژ کمتر تعداد باتری ها افزایش می‌یابد و بالعکس.

در نهایت عدد بدست آمده را بر توان نامی باتری تقسیم کرده تا تعداد باتری مورد نیاز حساب شود. نکته اختیاری دیگر که در طراحی سیستم و بسته به حساسیت نیاز مصرف کننده باید در نظر گرفت تعداد روزهایی است که میزان تابش خورشید در سطح زمین ضعیف است و در نتیجه بار مصرفی تمام انرژی مورد نیاز خود را از باتری تامین می‌کند در نتیجه بهتر است عدد بدست آمده را در تعداد روزهایی که امکان تابش خورشید وجود ندارد را ضرب کنیم (بین ۲ تا ۳ روز).

مثال_ برای بدست آوردن حداقل تعداد باتری مثال ۱ فرض کنیم ولتاژ باتری ۱۲ ولت و ۱۰۰ امپر ساعت باشد. همچنین تعداد روزهای ابری را ۲ روز در هفته احتساب خواهیم کرد.

$$2860w / (0.8 \times 0.6 \times 12v \times 100Ah) = 4.69$$

معادل ۵ باتری برای سیستم نیاز است و با احتساب ۲ روز خاموشی در هفته ۱۰ عدد باتری نیاز است.

تعیین مقدار شارژ کنترلر

از آنجا که ولتاژ مستقیم خروجی پل برای شارژ باتری مناسب نیست از کنترل شارژر استفاده می‌شود. نام گذاری شارژ کنترلرها بر اساس جریان ورودی آنها صورت می‌گیرد. برای تعیین اندازه جریان شارژ کنترلر ها باید به نحوه اتصال پلها توجه داشت و همچنین در نظر گرفتن این نکته که خروجی جریان پل نباید بیشتر از ورودی جریان شارژ کنترلر شود بدین منظور با ضرب ضریب ۱/۲۵ در حداکثر جریان خروجی پل جریان شارژ کنترلر را محاسبه می‌کنیم.

$$I_{cc} = 1.25 \times I_{mp}$$

در مثال ۱ جریان لازم شارژ کنترلر عبارتست از

$$I_{cc} = 1.25 \times 8.65 = 10.8 \text{ A}$$

همچنین در این مثال تعداد پل را ۳ عدد بدست آوردیم. اگر پل ها را بصورت سری بهم متصل کنیم از شارژ کنترلری در رنج ۱۰/۸ امپر با ولتاژ 3Vmp استفاده می‌کنیم. و اگر پل ها را بصورت موازی ببندیم باید از شارژ کنترلی با ظرفیت 3I_{cc} و v_{mp} استفاده می‌شود.

محاسبه اینورتر

برای بدست آوردن نوع اینورتر مورد نیاز باید به موارد زیر توجه داشت. از آنجا که حداکثر بار مصرفی با برق متناوب کار می‌کند لازم است که برق DC تولید شده پل یا باتری توسط اینورتر به برق متناوب تبدیل شود. برخی دستگاهها (از قبیل یخچالها، کمپرسورها، موتورهای القایی، موتورهای سیم پیچی شده و کویل دار، بالا بر ها، همزن

ها و دستگاههای جوش و ...) بشدت به موج سینوسی حساس هستند در نتیجه لازم است که از اینورترهای سینوسی خالص استفاده شود در غیر اینصورت می توان از اینورترهای شبه سینوسی برای روشنایی و بارهای غیر حساس به شکل موج استفاده نمود.

در تعیین اندازه توان اینورترها باید به توان راه اندازی یا جریان Serge در موتورهای القایی در هنگام راه اندازی توجه داشت در این حالت موتور برای مدت زمان کوتاهی جریانی تا چند برابر مقدار نامی آن استفاده می کند که موجب افت ولتاژ در سیستم می شود در نتیجه توان اینورتر باید تا میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد بیشتر از مجموع توان مصرفی مورد نیاز محاسبه شده باشد. در واقع بیشتر باید به توان پیوسته خروجی اینورتر توجه داشت

البته این موضوع به کیفیت اینورتر نیز بستگی دارد. در اینورترهای DARDA برای لحظه راه اندازی تا دو برابر توان نامی در مدت زمان مناسب طراحی شده است در نتیجه تنها کفایت توان نامی اینورتر ۱۵ درصد بیشتر از مجموع تونل بار مصرفی باشد.

با توجه به مثال ۱ که مجموع توان مصرفی ۲۸۶۰ وات بدست آمد باید از اینورتر ۴ کیلوواتی یا ۳۰۰۰ وات DARDA استفاده کنید.

برای سیستم های متصل به شبکه ورودی اینورتر باید با ارایه PV (پنل) برابر باشد تا عملکرد سیستم ایمن و موثر باشد. نکته دیگر در محاسبه اندازه اینورتر در نظر گرفتن افت راندمان توان پیوسته دستگاه در صورت افزایش دما است که با توجه به دیتا شیت دستگاه تا ۲۰ درصد در دمای بالای ۵۰ درجه سانتیگراد افت پیدا خواهد کرد بنابراین متناسب با شرایط کار چک می کنیم تا توان پیوسته را تامین کند.

نحوه اتصالات

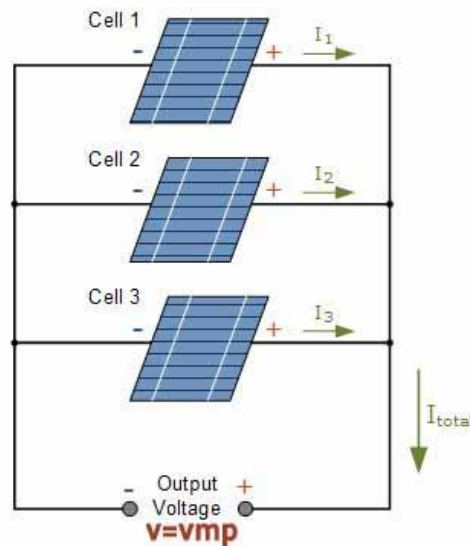
بعد از انجام محاسبات و بدست آوردن تعداد المان های مورد نیاز مصرف نوبت به اتصال آنها از طریق سری یا موازی به یکدیگر بر اساس ولتاژ طراحی سیستم می رسد که معمولاً بصورت 12/24/48v در نظر گرفته میشود.

چنانچه بخواهیم پنل ها بصورت سری بسته شود تعداد رشته های سری بصورت زیر محاسبه می شود فرض کنید در مثال ۱ مایل به انجام چنین کاری هستیم و سیستم را بصورت ۲۴ ولت طراحی می کنیم

$$v_{sys}/v_{mp} = \text{تعداد پنل سری}$$

$$24/31.23 \approx 1$$

تعداد پنل های مورد نیاز محاسبه شده در مثال بالا ۳ عدد می باشد که اگر آنها را بصورت یک ارایه ۳×۱ بسته می شود یعنی ۳ رشته موازی داریم که در هر رشته یک پنل اتصال می دهیم.



همچنین در صورت موازی بستن این پنل ها باید از شارژ کنترلی با این مشخصات استفاده کنیم

$$I_{cc} = 1.25 * \text{تعداد پنل} * I_{mp}$$

$$1.25 * 3 * 8.65 = 32.5 \text{ A}$$

در نتیجه باید از شارژ کنترلر ۴۰ آمپری استفاده کنیم و اگر مایل به پایین آوردن مقدار جریان شارژ کنترلر باشیم می‌توانیم سیستم را ۴۸ ولتی طراحی کنیم و یا از شارژ کنترلر PWM استفاده می‌کنیم.

در صورت استفاده از شارژ کنترلر MPPT دیگر چیدمان پنل اهمیت ندارد تنها ورودی شارژ کنترلر نباید از بیشینه ولتاژ مجاز تعیین شده بیشتر شود ، معمولا در سیستم های جدا از شبکه ورودی شارژ کنترلر نباید از ۲۰۰/۱۵۰ ولت بیشتر باشد.

اولین مرحله در اتصال قسمت های مختلف سیستم به هم نحوه چیدمان مناسب باتری در اتصال به شارژ کنترلر است

شارژ کنترلر ها بصورت ۴۸/۲۴/۱۲ ولتی موجود هستند . برای مثال اگر از شارژ کنترلر ۱۲ ولت و ۳۰ آمپری استفاده کنیم بدلیل اینکه ولتاژ پنل ۳۱/۲۳ ولت است از حداکثر توان ان استفاده نکرده ایم پس بهتر است از شارژ کنترلر ۴۸ ولتی استفاده کنیم. شارژ کنترلر سیستم را بصورت باتریهایی که به ان وصل کرده ایم می‌بیند. در صورت استفاده از شارژ کنترلر MPPT تنها ولتاژ باتریهای متصل شده به ان را در نظر می‌گیریم.

ولتاژ مناسب شارژ کنترلر	ولتاژ اتصال باتری
12 v	10-15 v
24 v	18-28 v
48 v	48-54 v

قبل از وصل کردن فیوز پنل به شارژ کنترلر باید طوری انرا تنظیم کنیم که ولتاژ ورودی شارژ کنترلر مطابق با ولتاژ پنل ها باشد.

مثال ۲ تجهیزات داخل یک سایت و ساعات مصرف آنها بصورت زیر است

- 1.2 kw در طول شب و برق AC
 - 750 w بصورت دائم با برق 48v DC
 - 200w برای BTS با برق 24v DC
- همچنین مشخصات پنل و باتری بصورت زیر است

- $v_{mp} = 34,5$ و $I_{mp} = 8,69$ و 300w
- باتری 12v / 200 A.H
- شارژ کنترلر از نوع MPPT 4500w / 150v DC

$$P_1 = 12 * 1200w = 14400w.h$$

$$P_2 = 24 * 750w = 18000 w.h$$

$$P_3 = 24 * 200w = 4800 w.h$$

$$P_1 + P_2 + P_3 = 37200 w.h$$

با توجه به اینکه در مصرف کننده 48 v dc داریم سیستم را بصورت ۴۸ ولت مطلوب می‌بندیم

$$N_{TB} = 37200 w.h / (0.8 * 12v * 200A.H * 0.7) = 25.8$$

یعنی ۲۶ عدد باتری پس باید در هر رشته ۴ باتری ۱۲ ولت را بهم سری کنیم. برای بدست آوردن تعداد رشته های موازی بصورت زیر عمل می‌کنیم.

$$N_{TB} = \text{تعداد باتری در شاخه های سری} = v_{sys} / v_{Battery}$$

$$N_{TB} = \text{تعداد باتریهای سری} / \text{تعداد شاخه های موازی}$$

در نتیجه

$$N_{TB} = 48v / 12v = 4 = \text{تعداد باتریها در شاخه های سری}$$

$$N_{TB} = 26 / 4 = 6.5 = \text{تعداد شاخه های موازی}$$

در نتیجه ارایش باتریها بصورت ۷×۴ است که تعداد باتریها به ۲۸ عدد تغییر می یابد.

محاسبه پنل

$$N_{TP} = 37200 w.h / (0.9 * 8.68A * 34.5v * 4) = 34.4 \approx 35$$

$$N_{TP} = v_{sys} / v_{mp} = 48 / 34.5 \approx 2 = \text{تعداد پنل سری}$$

تعداد پنل های سری / N_{TP} = تعداد شاخه های موازی

محاسبه شارژ کنترلر

برای اتصال پنلها به شارژ کنترلر MPPT باید توان و ولتاژ آن سنجیده شود تا تعداد دقیق شارژ کنترلر محاسبه شود. شارژ کنترلر حداکثر ۱۵۰ ولت است پس مجموع پنل های سری متصل به آن نباید بیش از این مقدار شود در نتیجه حداکثر پنل سری مجاز برابر ولتاژ شارژ کنترلر تقسیم بر V_{mp} پنل می شود.

$$V / v_{mp} = 150/34.5 = 4.3$$

یعنی $v_{mp} < 150v$ است

حالات ممکن زیر را تحلیل می کنیم:

- ۱- اتصال ۴ پنل سری در یک شاخه $4 v_{mp} = 138v$
- ۲- اتصال ۳ پنل سری در یک شاخه $3v_{mp} = 103.5 v$
- ۳- اتصال ۲ پنل سری در یک شاخه $2v_{mp} = 69 v$

تحلیل حالت اول:

$$\text{تعداد شاخه های موازی} = 35/4 = 8.75$$

یعنی ارایش پنلها بصورت 9×4 چیده می شود که برابر با ۳۶ عدد پنل می شود و توان هر شاخه $p = 4 \times 300w = 1200w$ است. با توجه به اینکه توان شارژ کنترلر 4500 w است برای بدست آوردن تعداد شارژ کنترلر باید توان شارژ کنترلر را بر توان هر شاخه (string) تقسیم کنیم.

$$4500w/1200w = 3.75$$

یعنی هر سه شاخه داخل یک شارژ کنترلر قرار می گیرد در نتیجه با وجود ۹ شاخه موازی به ۳ عدد شارژ کنترلر نیازمندیم.

تحلیل حالت دوم:

اگر ۳ پنل بصورت سری بهم اتصال دهیم ولتاژ بصورت $3v_{mp}$ است

$$\text{تعداد شاخه های موازی} = 35/3 = 11.6$$

یعنی ارایش پنلها بصورت 12×3 چیده می شود که برابر با ۳۶ عدد پنل می شود و توان هر شاخه $p = 3 \times 300w = 900w$ است.

$$4500w/900w = 5$$

در نتیجه هر ۵ شاخه داخل یک شارژ کنترلر می شود و با وجود داشتن ۱۲ شاخه به ۳ عدد شارژ کنترلر نیاز است

تحلیل حالت سوم:

اگر ۲ پنل بصورت سری بهم اتصال دهیم ولتاژ بصورت $2v_{mp}$ است

تعداد شاخه های موازی $35/2 = 18$

در نتیجه ارایش پنلها بصورت 18×2 می باشد که تعداد پنل ها به ۳۶ عدد اصلاح می شود و توان هر شاخه $p = 2 \times 300 = 600w$ محاسبه میشود

$4500w / 600w = 7.5$

پس در هر ۷ شاخه داخل یک شارژ کنترلر می شود و با وجود داشتن ۱۸ شاخه به ۳ شارژ کنترلر نیاز است

افت ولتاژ سیم :

برای یافتن سطح مقطع مناسب سیم باید به جریان مصرفی توجه داشت. برای مثال اگر مصرف کننده ای با 10A جریان داشته باشیم باید در شرایط ایده ال سیمی با سطح مقطع 2.5 mm^2 استفاده شود. برای اطمینان اینکه این مقدار مساحت مناسب است باید اثر افت ولتاژ طول سیم را نیز در نظر گرفت. بطور کلی درجه افت ولتاژ در فرمول زیر باید کمتر از ۳ باشد.

$$\% \Delta v = \frac{2 \times L \times P}{V^2 \times S}$$

S در فرمول بالا سطح مساحت سیم و L طول سیم مورد نظر می باشد.

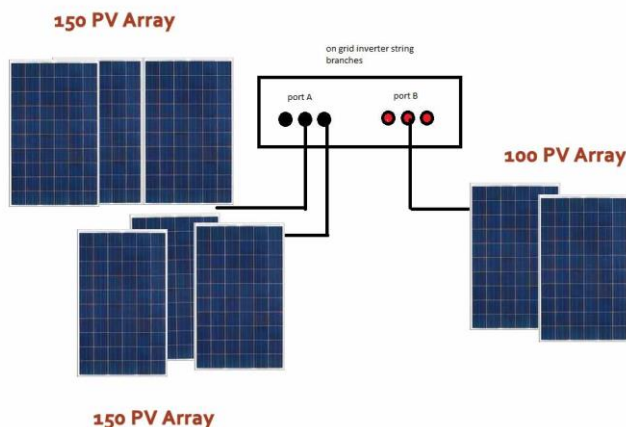
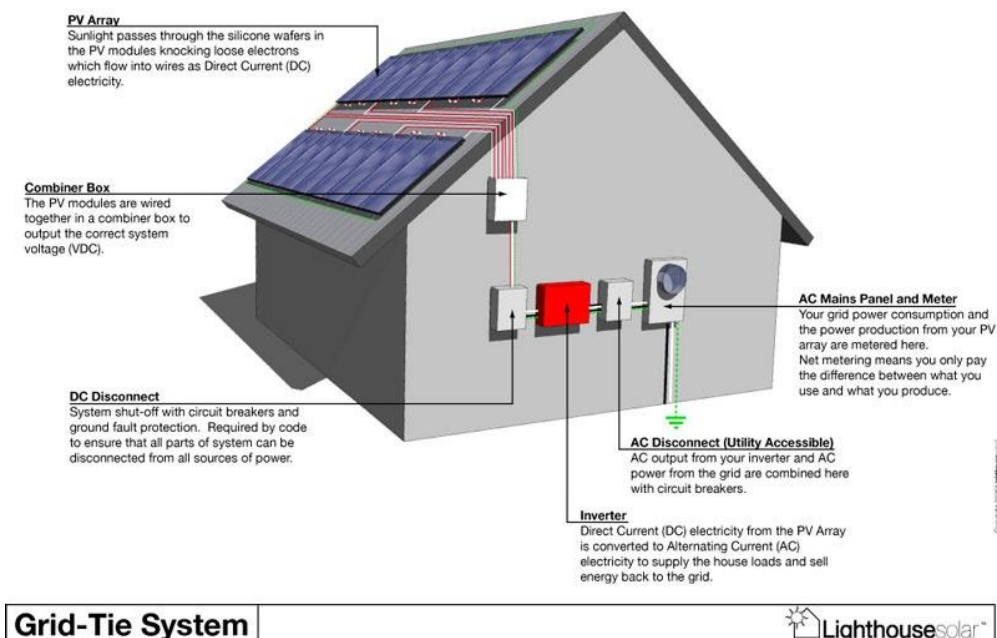
متر mm ²	10	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
1.5	27	15	7	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5	36	25	12	8	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	46	40	20	13	10	8	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	58	58	30	20	15	12	10	8	7	6.5	6	5	—	—	—	—
10	77	77	50	33	25	20	16	14	12	11	10	8	7	6	5	5
16	100	100	80	53	40	32	26	22	20	17	16	13	11	10	8	8
25	130	130	125	83	62	50	41	35	31	27	25	20	17	15	13	12
35	155	155	155	115	86	69	57	49	43	38	34	28	24	21	18	17
50	185	185	185	156	117	93	78	66	58	52	46	38	32	28	25	23
70	230	230	230	222	166	133	111	95	83	74	66	55	47	41	36	33
95	275	275	275	275	225	180	150	129	112	100	90	75	64	56	50	45
120	315	315	315	315	278	222	185	159	139	123	111	92	89	69	67	55
150	355	355	355	355	330	264	220	189	165	147	132	110	94	82	73	66
185	400	400	400	400	393	314	267	224	196	174	157	131	112	98	87	78
240	465	465	465	465	437	349	291	249	218	194	174	145	124	109	97	87
300	550	550	550	550	496	397	331	283	248	220	189	165	141	124	110	99

همچنین در سایت <http://ghojavand.blogfa.com/post-140.aspx> جداول محاسبه شده مناسبی جهت انتخاب بهتر سیم بر اساس جریان مورد نظر و سطح مقطع سیم و همچنین افت ولتاژ و مشخصات دمایی پیدا خواهید کرد.

سیستم متصل به شبکه (On grid)

در طراحی سامانه های متصل به شبکه باید با توجه به توان نامی اعلام شده برای نیروگاه و همچنین تحلیل پارامترهای جغرافیای اقدام به طراحی استراکچر مورد تایید وزارت برق نمود. بطور کلی اجزا یک نیروگاه متصل به شبکه عبارتست از ۱_ استراکچر ۲_ اینورتر on grid (قابلیت سنکرون شدن با برق شبکه از طریق دنبال کردن فرکانس خط با چند سیکل تاخیر) ۳_ پنل خورشیدی.

خصوصیت اصلی این اینورتر ها اینست که ولتاژ ورودی آنها در رنج وسیعتری موجود است از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ ولت. برای مثال اگر یک نیروگاه 100kw بخواهیم احداث کنیم با پنل های 250w احتیاج به $100000/250=400$ عدد پنل داریم. اگر پنل ها را با توجه به حداکثر ولتاژ ورودی اینورتر در نظر بگیریم می توان پنل ها در دو مجموعه ۱۵۰ تایی و یک مجموعه ۱۰۰ تایی به اینورتر متصل نمود تنها در شکل زیر ولتاژهای پورت A باید با هم برابر باشند.



گردآوری

محمد حسینی-takinverter.com

