

مطالعه طرح اتصال نیروگاه خورشیدی بشرویه به ظرفیت نامی ۱۵ مگاوات به شبکه برق



مشاور

سرمایه گذار

شرکت خدمات مهندسی مشاور پایا نیرو پاژ

شرکت پترو کاویان صنعت پارس

(شهریورماه ۱۴۰۴)

payanirou.com

فهرست

- ۱) مقدمه ۱
- ۲) مشخصات جغرافیایی و شبکه‌ی اطراف نیروگاه خورشیدی بشرویه ۲
- ۳) ساختار نیروگاه خورشیدی و مشخصات فنی تجهیزات ۴
- ۴) روش انجام مطالعه و مفروضات طرح ۵
- ۴-۱) نحوه مدل‌سازی در نرم‌افزار DigSILENT ۶
- ۴-۲) مشخصات شبکه الکتریکی اطراف نیروگاه فتوولتائیک ۷
- ۴-۳) مفروضات طرح ۸
- ۴-۴) قیود لازم برای حل مسئله ۹
- ۵) مطالعات اتصال نیروگاه به شبکه سراسری ۱۰
- ۶) مطالعات پخش بار ۱۱
- ۶-۱) مطالعات پخش بار حالت عادی ۱۲
- ۶-۲) مطالعات آنالیز حوادث ۱۳
- ۶-۲-۱) قطع یکی از ترانس‌های پست بشرویه ۱۳
- ۶-۲-۲) قطع نیروگاه خورشیدی ۱.۵ مگاوات متصل به شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه ۱۳
- ۶-۲-۳) قطع یکی از خطوط ارتباطی نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه ۱۴
- ۶-۳) جمع‌بندی مطالعات پخش بار ۱۶
- ۷) مطالعات اتصال کوتاه ۱۷
- ۸) پایداری گذرا (اثر تغییرات توان تولیدی نیروگاه فتوولتائیک بر شبکه) ۱۸
- ۹) مطالعات کیفیت توان ۲۰
- ۹-۱) هارمونیک ۲۱
- ۹-۲) فلیکر ۲۲
- ۹-۳) جمع‌بندی مطالعات کیفیت توان ۲۳
- ۱۰) مطالعات هماهنگی حفاظتی ۲۴

- ۱۰- (۱) جمع‌بندی مطالعات هماهنگی حفاظتی..... ۲۸
- (۱۱) تجهیزات مخابراتی و سیستم مانیتورینگ نیروگاه..... ۲۹
- (۱۲) نتیجه‌گیری نهایی..... ۳۰
- (۱۳) پیوست‌ها..... ۳۱

(۱) مقدمه

این گزارش مطالعه طرح اتصال نیروگاه فتوولتاییک شرکت پترو کاویان صنعت پارس به ظرفیت ۱۵ مگاوات در محدوده شهر بشرویه به شبکه برق کشور و به منظور اخذ تاییدیه از شرکت محترم برق منطقه‌ای خراسان تدوین شده است.

گزارش حاضر شامل ارائه مشخصات فنی تجهیزات اصلی نیروگاه، محاسبات پخش بار، اتصال کوتاه، پایداری گذرا، کیفیت توان، هماهنگی حفاظتی و مانیتورینگ و مخابرات نیروگاه می‌باشد. در پیوست این گزارش مستندات تجهیزات و مدارک مربوطه ارائه شده است.

۲) مشخصات جغرافیایی و شبکه‌ی اطراف نیروگاه خورشیدی بشرویه

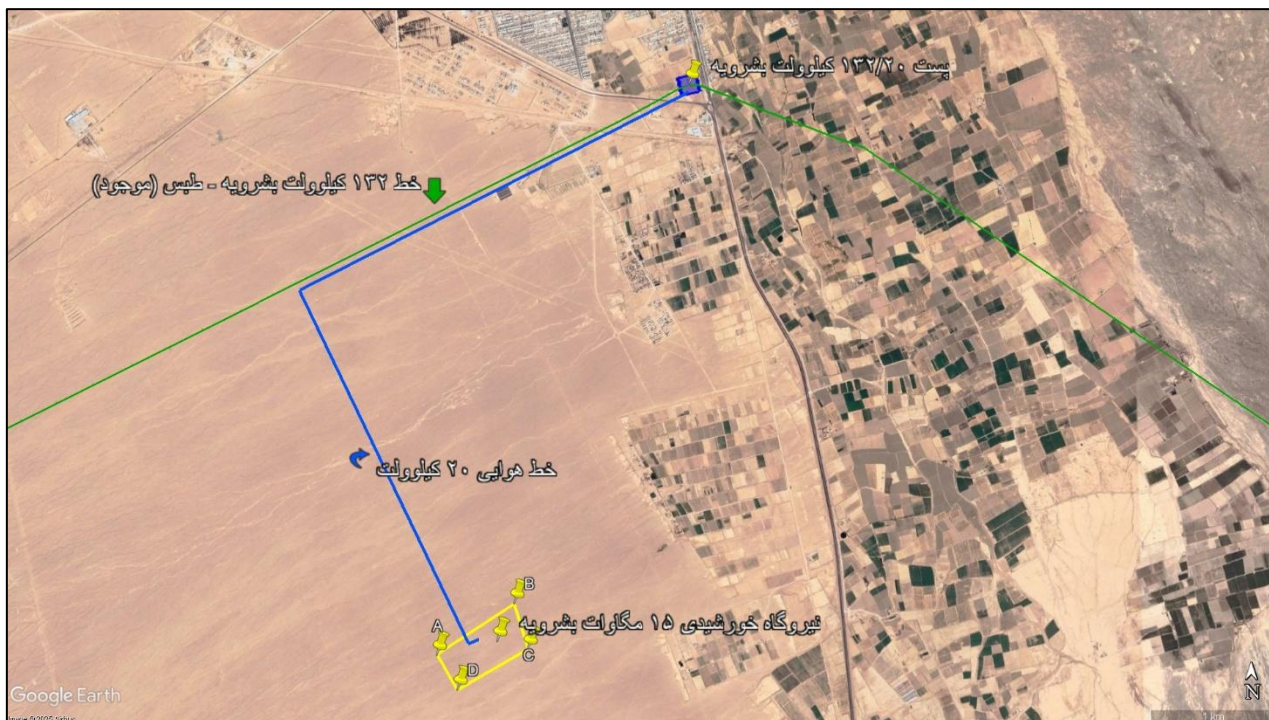
شرکت پترو کاویان صنعت پارس اقدام به اخذ مجوز احداث ۱۵ مگاوات نیروگاه فتوولتاییک در استان خراسان جنوبی از سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (ساتبا) نموده است.

سایت در نظر گرفته شده برای احداث نیروگاه خورشیدی بشرویه، زمینی به مساحت تقریبی ۲۲.۹ هکتار است. این سایت، همان‌طور که در شکل زیر نشان داده شده، در شمال شرقی شهر بشرویه و در نزدیکی پست ۱۳۲/۲۰ کیلوولت بشرویه قرار دارد. مختصات دقیق جغرافیایی آن نیز مطابق با (جدول ۱-۲) می‌باشد.

با توجه به مشخصات و اطلاعات اخذ شده از شرکت پترو کاویان صنعت پارس و بعد از پیاده‌سازی بر روی نرم‌افزار Google Earth Pro موقعیت نیروگاه خورشیدی بشرویه و پست ۱۳۲/۲۰ کیلوولت بشرویه مطابق (شکل ۱-۲) می‌باشد.

جدول ۱-۲) مختصات جغرافیایی نیروگاه خورشیدی بشرویه

Point	x	y
1	538033	3740754
2	538637	3741156
3	538746	3740798
4	538200	3740488



شکل ۲-۱) موقعیت جغرافیایی نیروگاه خورشیدی بشرویه و شبکه‌ی اطراف

(۳) ساختار نیروگاه خورشیدی و مشخصات فنی تجهیزات

تجهیزات اصلی مورد نظر برای ساخت این نیروگاه به شرح زیر می باشد:

- پنل های خورشیدی دوطرفه (Bifacial) ۷۲۰ وات TRINASOLAR.
- اینورترهای تولید شرکت SUNGROW با توان ۳۵۰ کیلووات و ولتاژ خروجی ۸۰۰ ولت.
- کاتالوگ پنل و اینورتر در بخش پیوست قرار داده شده است.

(۴) روش انجام مطالعه و مفروضات طرح

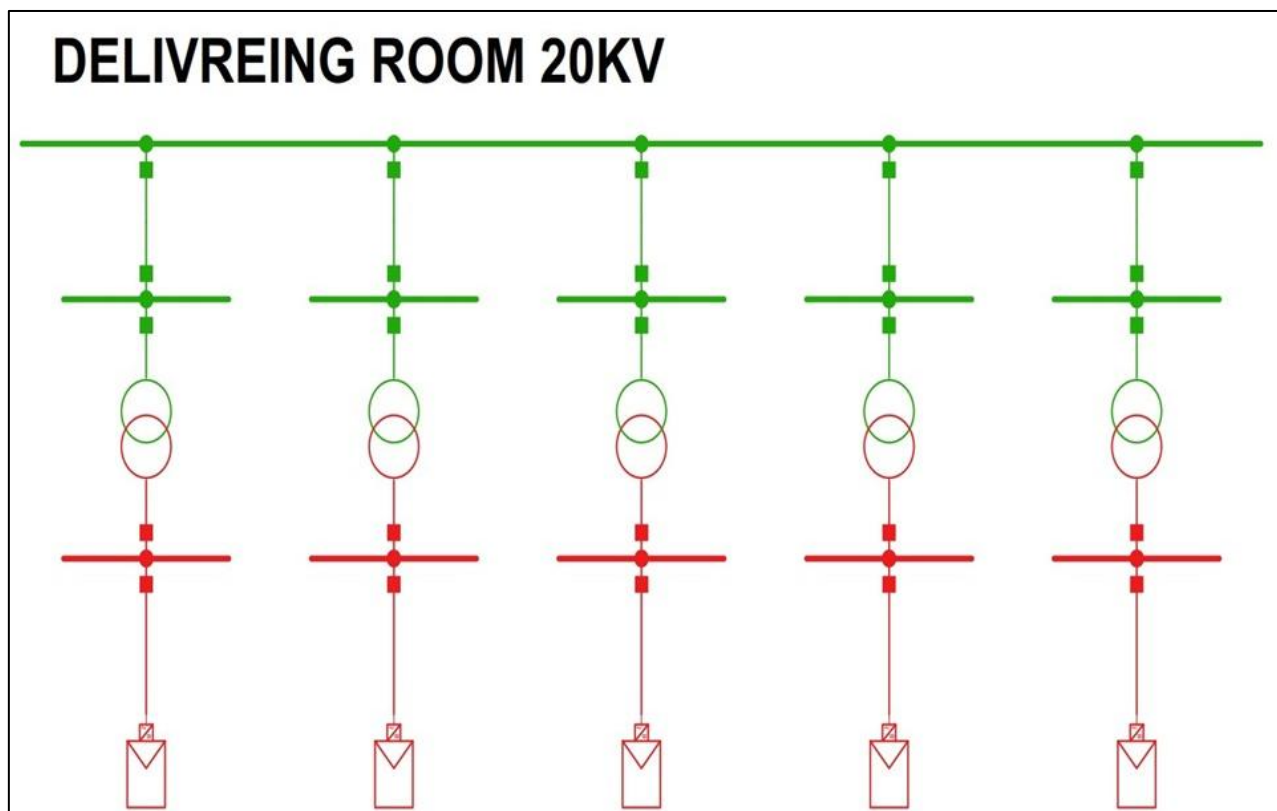
در این گزارش مطالعات زیر جهت بررسی فنی طرح اتصال به شبکه انجام می گردد:

- پخش بار حالت عادی
- آنالیز حوادث
- اتصال کوتاه
- پایداری گذرا (اثر تغییر توان تولیدی نیروگاه خورشیدی بر شبکه)
- کیفیت توان
- هماهنگی حفاظتی
- مانیتورینگ و مخابرات

۴-۱) نحوه مدل سازی در نرم افزار DigSILENT

به منظور انجام مطالعات طرح اتصال نیروگاه خورشیدی بشرویه به شبکه سراسری برق ابتدا اطلاعات نیروگاه در نرم افزار DigSILENT مدل سازی شده است.

همان گونه که در شکل زیر مشاهده می شود با توجه به شماتیک ارائه شده و ظرفیت نیروگاه، تولیدی پنل ها از باس ۸۰۰ ولت با ترانس ۳۲۰۰ کیلوولت آمپر به باس ۲۰ کیلوولت و از آنجا با کابل آلومینیوم با سطح مقطع ۱۲۰ میلی مترمربع به شینه Delivering Room 20 KV منتقل می شود در نهایت توان تولیدی نیروگاه توسط دو سیم هوایی HYENA به شینه ۲۰ کیلوولت پست فوق توزیع بشرویه تحویل می گردد.



شکل ۴-۱) دیاگرام تک خطی مدل سازی شده ی نیروگاه خورشیدی بشرویه در نرم افزار DigSILENT

۴-۲) مشخصات شبکه الکتریکی اطراف نیروگاه فتوولتاییک

اطلاعات و مشخصات شبکه محدوده اطراف طرح که شامل مشخصات شبکه بالادست، جریان های اتصال کوتاه و بار بیشینه و کمینه می باشد از شرکت برق منطقه ای خراسان جهت مطالعات اتصال نیروگاه خورشیدی ۱۵ مگاوات اخذ گردیده که در بخش پیوست ها قابل مشاهده می باشد.

در شمال شرقی این نیروگاه، پست ۱۳۲/۲۰ کیلوولت بشرویه قرار دارد که دیماند مورد نیاز این منطقه را تأمین می نماید. طرح نهایی این پست شامل دو دستگاه ترانس ۱۳۲/۲۰ کیلوولت با توان نامی ۱۵ مگاوات آمپر است.

بر اساس اعلام شرکت برق منطقه ای خراسان (موضوع نامه شماره ۴۰۶۱۳/۷۱۰۵ به تاریخ ۱۴۰۴/۰۶/۰۹)، یک نیروگاه خورشیدی با ظرفیت های ۱.۵ مگاوات بر روی باسبار فشار متوسط پست قرار دارد که در مطالعات لحاظ شده است.

۴-۳) مفروضات طرح

در این گزارش، مطالعات اتصال به شبکه نیروگاه خورشیدی بشرویه با فرضیات زیر انجام گرفته است:

طبق طراحی انجام شده، از اینورترهای ۳۵۰ کیلووات در نیروگاه استفاده خواهد شد. بر اساس مشخصات فنی این اینورترها، ضریب توان خروجی در حالت ظرفیت نامی، حدود یک می باشد. لیکن این اینورترها قابلیت کار در محدوده ۰.۸ پیش فاز و ۰.۸ پس فاز را در شرایط خاص دارند.

- در مطالعات انجام شده، نیروگاه خورشیدی در مود PQ تنظیم شده است.
- ضریب قدرت بارهای مصرفی شبکه ۰.۹ پس فاز در نظر گرفته شد.
- محاسبات در دو حالت پرباری و کم باری انجام شده است.

۴-۴) قیود لازم برای حل مسئله

- حداکثر افت ولتاژ در حالت کار عادی: ۵ درصد
- حداکثر بارگیری خطوط در حالت کار عادی: ۸۰ درصد
- حداکثر بارگیری ترانس‌ها در حالت کار عادی: ۸۵ درصد
- حداکثر افت ولتاژ در حالت وقوع یک حادثه: ۱۰ درصد
- حداکثر بارگیری خطوط در حالت وقوع یک حادثه: ۱۰۰ درصد
- حداکثر بارگیری ترانس‌ها در حالت وقوع یک حادثه: ۱۱۰ درصد

(۵) مطالعات اتصال نیروگاه به شبکه سراسری

اطلاعات و مشخصات شبکه در نرم افزار DigSILENT پیاده سازی شد سپس با توجه به موقعیت و ظرفیت نیروگاه بشرویه و وضعیت شبکه سراسری در اطراف طرح، تنها یک گزینه به شرح زیر جهت اتصال نیروگاه به شبکه سراسری برق قابل ارائه می باشد.

✓ اتصال شعاعی به شینه ۲۰ کیلوولت پست ۱۳۲/۲۰ کیلوولت بشرویه با استفاده از خط هوایی دومداره ۲۰ کیلوولت. در این حالت، توان تولیدی نیروگاه از طریق یک خط دو مداره هوایی با سیم HYENA به شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه منتقل می شود. طول تقریبی خط ارتباطی بین نیروگاه و پست بشرویه، حدود ۷ کیلومتر می باشد. در ادامه گزارش، نتایج محاسبات انجام شده برای گزینه پیشنهادی ارائه و مورد بررسی قرار گرفته است.

۶) مطالعات پخش بار

در این بخش نتایج مطالعات پخش بار در حالت عادی و همچنین وقوع یک حادثه ارائه شده است و با مقادیر قبلی شبکه (بدون حضور نیروگاه)، مقایسه گردیده است.

مهمترین موارد در مطالعات پخش بار، بارگیری ترانسها، بارگیری خطوط و افت ولتاژ شینه‌های شبکه برق در اطراف محل احداث نیروگاه می‌باشد.

مطالعات پخش بار (بررسی افت ولتاژ و بارگیری المان‌ها) در حالت کم باری و پر باری شبکه (در دو وضعیت عادی و وقوع یک حادثه) مورد بررسی قرار گرفته است.

۶-۱) مطالعات پخش بار حالت عادی

جدول زیر ولتاژ شینه‌های ۲۰ و ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه و ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی قبل و بعد از اتصال نیروگاه در حالت پرباری و کم باری را نشان می‌دهد.

جدول ۶-۱) ولتاژ شینه‌ها قبل و بعد از اتصال نیروگاه در حالت عادی (pu)

وضعیت بار	محل پایش	قبل از اتصال نیروگاه	بعد از اتصال نیروگاه
پرباری	ولتاژ شینه ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه	1.00	1.00
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه	0.99	0.99
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت نیروگاه بشرویه	-	1.03
کم‌باری	ولتاژ شینه ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه	1.00	1.00
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه	1.00	0.99
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت نیروگاه بشرویه	-	1.03

نتایج جدول فوق نشان می‌دهد که ولتاژ شینه‌ها قبل و بعد از اتصال نیروگاه در محدوده مجاز قرار دارد.

جدول زیر نتایج درصد بارگیری یکی از ترانس‌های پست بشرویه و بارگیری خط ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه قبل و بعد از اتصال نیروگاه در حالت پرباری و کم باری را نشان می‌دهد:

جدول ۶-۲) درصد بارگیری ترانس و خط هوایی ارتباطی قبل و بعد از اتصال نیروگاه در حالت عادی

وضعیت بار	محل پایش	قبل از اتصال نیروگاه	بعد از اتصال نیروگاه
پرباری	بارگیری یکی از ترانس‌های پست بشرویه	44.8	11.5
	بارگیری خط ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه	-	47.3
کم‌باری	بارگیری یکی از ترانس‌های پست بشرویه	1.8	46.3
	بارگیری خط ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه	-	47.1

با توجه به جدول فوق تغییرات بارگیری ترانس و خط در محدوده‌ی مجاز می‌باشد.

۶-۲) مطالعات آنالیز حوادث

۶-۲-۱) قطع یکی از ترانس‌های پست بشرویه

جدول زیر ولتاژ شینه‌های ۲۰ و ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه و ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت نیروگاه بشرویه را در حالت قطع یکی از ترانس‌های پست بشرویه قبل و بعد از اتصال نیروگاه و در حالت پرباری و کم‌باری نشان می‌دهد.

جدول ۶-۳) ولتاژ شینه‌ها قبل و بعد از اتصال نیروگاه در حالت وقوع یک حادثه (pu)

وضعیت بار	محل پایش	قبل از اتصال نیروگاه	بعد از اتصال نیروگاه
پرباری	ولتاژ شینه ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه	1.00	1.00
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه	0.98	0.97
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت نیروگاه بشرویه	-	1.01
کم‌باری	ولتاژ شینه ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه	1.00	1.00
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه	1.00	0.98
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت نیروگاه بشرویه	-	1.02

نتایج جدول فوق نشان می‌دهد که ولتاژ شینه‌ها قبل و بعد از اتصال نیروگاه در محدوده مجاز قرار دارد.

جدول زیر نتایج درصد بارگیری ترانس پست بشرویه و بارگیری خط ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه در حالت قطع یکی از ترانس‌های پست بشرویه، قبل و بعد از اتصال نیروگاه در حالت پرباری و کم‌باری را نشان می‌دهد:

جدول ۶-۴) درصد بارگیری ترانس و خط هوایی ارتباطی قبل و بعد از اتصال نیروگاه در حالت وقوع یک حادثه

وضعیت بار	محل پایش	قبل از اتصال نیروگاه	بعد از اتصال نیروگاه
پرباری	بارگیری یکی از ترانس‌های پست بشرویه	90.5	23.3
	بارگیری خط ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه	-	47.9
کم‌باری	بارگیری یکی از ترانس‌های پست بشرویه	3.4	93.4
	بارگیری خط ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه	-	47.5

با توجه به جدول فوق تغییرات بارگیری ترانس و خط در محدوده‌ی مجاز می‌باشد.

۶-۲-۲) قطع نیروگاه خورشیدی ۱.۵ مگاوات متصل به شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه

جدول زیر ولتاژ شینه‌های ۲۰ و ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه و ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت نیروگاه بشرویه را در حالت قطع نیروگاه خورشیدی ۱.۵ مگاوات متصل به شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه قبل و بعد از اتصال نیروگاه و در حالت پرباری و کم‌باری را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۶) ولتاژ شینه‌ها قبل و بعد از اتصال نیروگاه در حالت وقوع یک حادثه (pu)

وضعیت بار	محل پایش	قبل از اتصال نیروگاه	بعد از اتصال نیروگاه
پرباری	ولتاژ شینه ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه	1.00	1.00
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه	0.99	0.99
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت نیروگاه بشرویه	-	1.03
کم‌باری	ولتاژ شینه ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه	1.00	1.00
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه	1.00	0.99
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت نیروگاه بشرویه	-	1.03

نتایج جدول فوق نشان می‌دهد که ولتاژ شینه‌ها قبل و بعد از اتصال نیروگاه در محدوده مجاز قرار دارد.

جدول زیر نتایج درصد بارگیری یکی از ترانس‌های پست بشرویه و بارگیری خط ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه در حالت قطع نیروگاه خورشیدی ۱.۵ مگاوات متصل به شینه‌ی ۲۰ کیلوولت پست بشرویه، قبل و بعد از اتصال نیروگاه در حالت پرباری و کم‌باری را نشان می‌دهد:

جدول ۶-۶) درصد بارگیری ترانس و خط هوایی ارتباطی قبل و بعد از اتصال نیروگاه در حالت وقوع یک حادثه

وضعیت بار	محل پایش	قبل از اتصال نیروگاه	بعد از اتصال نیروگاه
پرباری	بارگیری یکی از ترانس‌های پست بشرویه	49.8	11.2
	بارگیری خط ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه	-	47.3
کم‌باری	بارگیری یکی از ترانس‌های پست بشرویه	6.8	41.3
	بارگیری خط ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه	-	47.1

با توجه به جدول فوق تغییرات بارگیری ترانس و خط در محدوده‌ی مجاز می‌باشد.

۶-۲-۳) قطع یکی از خطوط ارتباطی نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه

جدول زیر ولتاژ شینه‌های ۲۰ و ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه و ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت نیروگاه بشرویه را در حالت قطع یکی از خطوط ارتباطی نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه، بعد از اتصال نیروگاه و در حالت پرباری و کم‌باری را نشان می‌دهد.

جدول ۷-۶) ولتاژ شینه‌ها قبل و بعد از اتصال نیروگاه در حالت وقوع یک حادثه (pu)

وضعیت بار	محل پایش	بعد از اتصال نیروگاه
پرباری	ولتاژ شینه ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه	1.00
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه	0.98
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت نیروگاه بشرویه	1.06
کم‌باری	ولتاژ شینه ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه	1.00
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه	0.99
	ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت نیروگاه بشرویه	1.06

نتایج جدول فوق نشان می‌دهد که ولتاژ شینه‌ها بعد اتصال نیروگاه در محدوده مجاز قرار دارد.

جدول زیر نتایج درصد بارگیری یکی از ترانس‌های پست بشرویه و بارگیری خط ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه در حالت قطع یکی از خطوط ارتباطی نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه، بعد از اتصال نیروگاه در حالت پرباری و کم‌باری را نشان می‌دهد:

جدول ۶-۸) درصد بارگیری ترانس و خط هوایی ارتباطی قبل و بعد از اتصال نیروگاه در حالت وقوع یک حادثه

وضعیت بار	محل پایش	بعد از اتصال نیروگاه
پرباری	بارگیری یکی از ترانس‌های پست بشرویه	13.3
	بارگیری خط ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه	91.9
کم‌باری	بارگیری یکی از ترانس‌های پست بشرویه	44.9
	بارگیری خط ۲۰ کیلوولت نیروگاه خورشیدی - پست بشرویه	91.4

با توجه به جدول فوق تغییرات بارگیری ترانس و خط در محدوده‌ی مجاز می‌باشد.

۶-۳) جمع بندی مطالعات پخش بار

نتایج مطالعات پخش بار نشان می دهد که اتصال نیروگاه خورشیدی بشرویه در حالت عادی و وقوع حادثه و در بار بیشینه و کمینه تأثیر اندکی بر پارامترهای شبکه (ولتاژ و درصد بارگیری تجهیزات) دارد لذا دارای تمام شرایط لازم بوده و از نظر فنی مورد تأیید می باشد.

۷) مطالعات اتصال کوتاه

در این بخش نتایج مطالعات اتصال کوتاه سه فاز، تکفاز، دو فاز به هم و دوفاز به هم و زمین در جدول زیر ارائه شده است و با مقادیر قبلی شبکه (بدون حضور نیروگاه)، مقایسه گردیده است.

جدول ۷-۱) مقادیر جریان اتصال کوتاه (KA)

محل پایش				قبل از اتصال نیروگاه				بعد از اتصال نیروگاه			
سه فاز	تک فاز	دوفاز	دوفاز به هم زمین	سه فاز	تک فاز	دوفاز	دوفاز به هم زمین	سه فاز	تک فاز	دوفاز	دوفاز به هم زمین
3.71	4.31	3.21	4.03	3.81	4.35	3.25	4.11	3.71	4.31	3.21	4.03
6.26	2.01	5.39	5.93	6.99	2.09	5.68	6.25	6.26	2.01	5.39	5.93
-	-	-	-	4.25	1.62	3.29	3.74	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	2.92	-	-	-	-

همان طور که نتایج محاسبات اتصال کوتاه نشان می دهد، اتصال نیروگاه خورشیدی بشرویه تأثیر ناچیزی بر افزایش جریان اتصال کوتاه شینه‌ی اطراف نیروگاه خورشیدی خواهد داشت. این موضوع به دلیل ویژگی اینورترهای نیروگاه خورشیدی می باشد، به صورتی که مشارکت آن‌ها در جریان اتصال کوتاه بسیار کم و محدود به دو برابر جریان نامی آن‌ها می باشد. با توجه به جدول فوق و قدرت قطع کلیدهای شبکه، مقادیر جریان اتصال کوتاه محاسبه شده در محدوده‌ی قطع کلیدها بوده و نتایج محاسبات اتصال کوتاه مورد تایید می باشد.

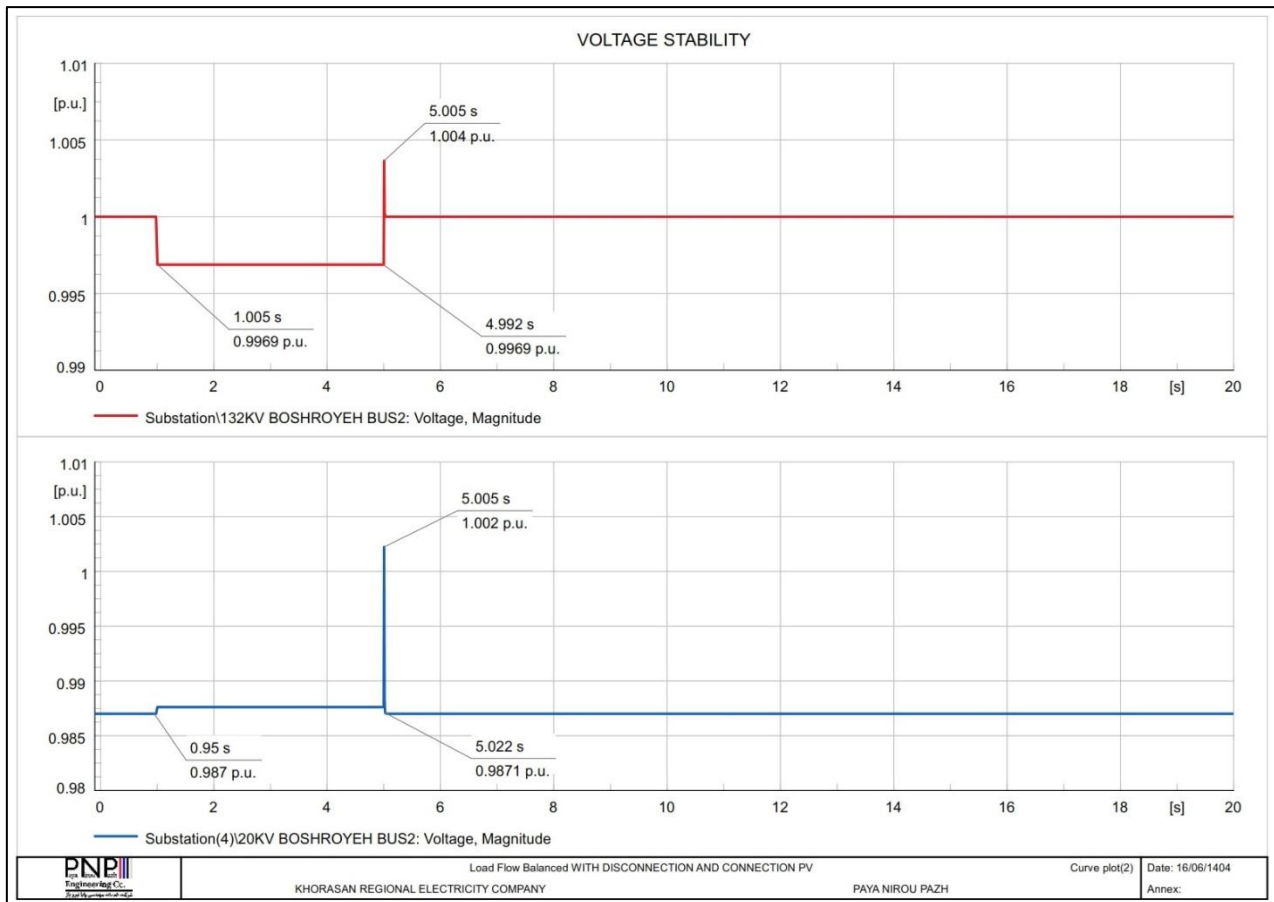
۸) پایداری گذرا (اثر تغییرات توان تولیدی نیروگاه فتوولتاییک بر شبکه)

نوسانات لحظه‌ای توان‌های اکتیو و راکتیو با دامنه‌های زیاد می‌تواند منشاء انواع ناپایداری‌ها باشد که این امر ممکن است برای شبکه سراسری برق مشکل‌آفرین باشد. به دلیل عملکرد خاص نیروگاه‌های فتوولتاییک و همچنین وابستگی اینگونه نیروگاه‌ها به تابش نور خورشید در زمان بهره‌برداری، این نیروگاه‌ها ممکن است در برخی موارد دچار تغییرات زیاد و ناگهانی توان تولیدی شوند (بدینانه‌ترین حالت). این تغییرات توان تولیدی نیروگاه‌های فتوولتاییک ممکن است سبب تغییرات ناگهانی ولتاژ در پست‌های اطراف نیروگاه گردد. بنابراین بررسی تغییرات ولتاژ پست‌های اطراف این نیروگاه‌ها به ازای تغییر توان تولیدی ضروری به نظر می‌رسد.

در این بخش، با فرض تغییرات زیاد و ناگهانی توان تولیدی نیروگاه فتوولتاییک شرکت پترو کاویان صنعت پارس، ولتاژ شینه ۱۳۲ کیلوولت و ۲۰ کیلوولت پست بشرویه مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور تغییرات زیر برای توان تولیدی نیروگاه فتوولتاییک تعریف گردیده است.

توان تولیدی نیروگاه فتوولتاییک در ثانیه یکم قطع شده و در ثانیه پنجم مجدداً وصل می‌گردد.

نکته: این مطالعات در حالت پر باری شبکه انجام گرفته است.



شکل ۸-۱) نمودار تغییرات ولتاژ شینه ۱۳۲ کیلوولت و ۲۰ کیلوولت پست بشرویه

در واقع هدف از تغییرات توان تولیدی نیروگاه، بررسی تغییرات ولتاژ شینه ۱۳۲ کیلوولت و شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه در بدترین حالت ممکن بوده و از مشاهده شکل فوق نتایج زیر قابل استنتاج است:

✓ منحنی تغییرات ولتاژ شینه ۱۳۲ کیلوولت پست بشرویه در بازه ۰.۹۹۶۹ تا ۱.۰۰۴ می باشد.

✓ منحنی تغییرات ولتاژ شینه ۲۰ کیلوولت پست بشرویه در بازه ۰.۹۸۷ تا ۱.۰۰۲ می باشد.

با توجه به نتایج حاصل شده، مشخص می گردد که تغییرات توان تولیدی نیروگاه فتوولتائیک در بدترین حالات تاثیر بسیار کمی بر شبکه بالادست خواهد داشت. در واقع بعد از اتصال نیروگاه در ثانیه پنجم، شبکه پایدار شده و ولتاژ شینه ها به مقدار نامی خود رسیده اند.

۹) مطالعات کیفیت توان

اختلالات عمده کیفیت توان به چند دسته زیر تقسیم بندی می شود:

- اغتشاشات گذرا
- نوسانات ولتاژ
- تغییرات فرکانس
- فلیکر

ورود و خروج نیروگاه های خورشیدی با تغییرات ناگهانی بار و پیکربندی شبکه می تواند باعث کاهش کیفیت توان شود. یکی از مباحث کیفیت توان حفظ پروفیل ولتاژ و کنترل آن در حالت ماندگار جهت عمل کرد نیروگاه خورشیدی می باشد. در استاندارد IEEE1547-2003 نیز به مسائل مربوط به کیفیت توان مرتبط با نیروگاه خورشیدی پرداخته شده است. مسائل عنوان شده در این استاندارد کلی بوده و انواع منابع تولید انرژی از قبیل ژنراتورهای سنکرون، القایی و اینورتر را شامل می شود. موارد عمده کیفیت توان مطرح شده در این استاندارد عبارتند از:

- تزریق جریان DC
- فلیکر ولتاژ
- هارمونیک ها

حفظ پروفیل ولتاژ در محدوده مجاز و میزان تولید هارمونیک توسط مولد و کنترل آن ها از مباحث کیفیت توان است. میزان اهمیت این موضوع به تکنولوژی ساخت اینورتر و سطح اتصال کوتاه نقطه اتصال به شبکه بستگی دارد.

برخی از عوامل کیفیت توان شبکه که بر عمل کرد نیروگاه خورشیدی تأثیر گذارند عبارتند از:

- هارمونیک های ولتاژ و جریان شبکه
- عدم تعادل ولتاژ شبکه و جریان نیروگاه خورشیدی
- نوسانات ولتاژ شبکه
- فلیکر

۹-۱) هارمونیک

مطابق استاندارد IEEE1547 حداکثر طیف هارمونیک جریانی در اینورترهای خورشیدی نباید از مقادیر (جدول ۹-۱) بیشتر شود.

جدول ۹-۱) ماکزیمم دامنه هارمونیک‌های جریانی نسبت به دامنه جریانی مولفه اصلی

مرتبه هارمونیک	کمتر از ۱۱	۱۱ تا ۱۵	۱۷ تا ۲۱	۲۳ تا ۲۵	بیشتر از ۲۵	THD
درصد مجاز	4	2	1.5	0.6	0.3	5

با توجه به این که مقدار THD جریانی خروجی اینورتر کمتر از ۳ درصد است (با توجه به کاتالوگ پیوست) با این توصیف دامنه هارمونیک‌های جریانی خروجی در محیط نرم‌افزار DIgSILENT مطابق (جدول ۹-۲) می‌باشد.

جدول ۹-۲) مقادیر هارمونیک استاندارد مدل خورشیدی مورد مطالعه

دامنه (%)	مرتبه هارمونیک
2	5
1.5	7
1	11
1	13
0.5	17
0.5	19
0.3	23
0.3	25

جهت بررسی دقیق محدوده مجاز استاندارد مربوط THD ولتاژی، استاندارد سازمان توانیر در (جدول ۹-۳) آورده شده است که برای سطح ولتاژ ۲۰ کیلوولت، حداکثر اعوجاج کل ولتاژ ۵ درصد است.

جدول ۹-۳) مقادیر استاندارد توانیر مربوط به THD ولتاژ

حداکثر هارمونیک ولتاژ مجاز در شینه‌های با ولتاژهای مختلف نسبت به ولتاژ نامی با فرکانس ۵۰ هرتز (درصد)			
ولتاژ شینه	اعوجاج تکي ولتاژ		اعوجاج کل ولتاژ (THD)
	فرد	زوج	
۴۰۰ ولت، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت	3	1.5	5
۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت	1.5	0.7	2.5
۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت	1	0.5	1.5

۹-۲) فلیکر

فلیکر یکی از پدیده‌های کیفیت توان است که غالباً با تغییرات قابل توجهی در نور ساطع شده از لامپ‌های التهابی همراه است و به واسطه تغییرات ناچیز در سطوح ولتاژ ایجاد می‌شود. فلیکر می‌تواند از راه‌اندازی نیروگاه خورشیدی یا تغییرات در میزان تولید آن ایجاد گردد.

طبق دستورالعمل اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه، «منابع تولید پراکنده نباید برای سایر مشترکان شبکه برق، فلیکر قابل رؤیت و قابل توجهی ایجاد کنند».

محدوده فلیکر ایجاد شده توسط نیروگاه خورشیدی، که در نقطه PCC اندازه‌گیری می‌شود، باید به گونه‌ای باشد که مشارکت نیروگاه خورشیدی به تنهایی در انتشار فلیکر و فلیکر کل سیستم در سطوح ولتاژ مختلف به ترتیب از محدوده مشخص شده در (جدول ۹-۴) و (جدول ۹-۵) بیش‌تر نباشد.

جدول ۹-۴) محدوده فلیکر کوتاه‌مدت و بلندمدت

فلیکر بلندمدت	فلیکر کوتاه‌مدت
0.25	0.35

جدول ۹-۵) محدوده فلیکر کل سیستم در سطوح ولتاژ مختلف

عنوان	شبکه فشار ضعیف	شبکه فشار متوسط	شبکه فشار قوی و فوق فشار قوی
فلیکر کوتاه‌مدت P_{st}	1	0.9	0.8
فلیکر بلندمدت P_{lt}	0.8	0.7	0.6

۹-۳) جمع بندی مطالعات کیفیت توان

جهت مطالعه کیفیت توان پس از نصب نیروگاه خورشیدی بشرویه و قبل از بهره برداری باید اندازه گیری مقادیر مرتبه ی هارمونیک نیروگاه انجام شود و در صورت لزوم تأمین تمهیدات و اقدامات اصلاحی جهت رفع مشکلات کیفیت توان، بر عهده ی سرمایه گذار پروژه خواهد بود.

۱۰ مطالعات هماهنگی حفاظتی

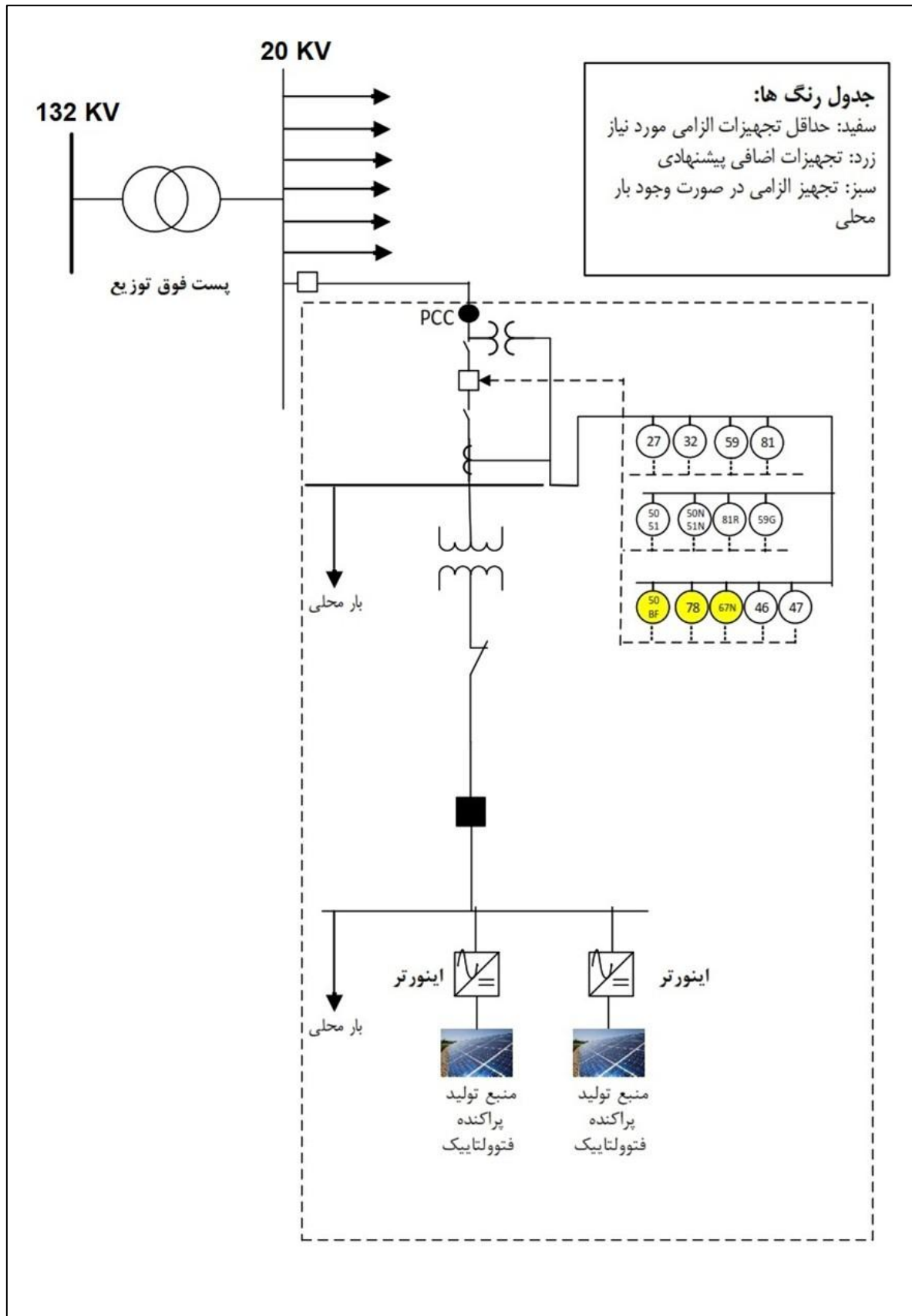
در این بخش تجهیزات حفاظتی پیشنهادی برای حفاظت شبکه و نیروگاه بر اساس دستورالعمل «اتصال منابع خورشیدی به شبکه برق ایران مورخ ۱۴۰۰/۴/۷» ارائه شده است.

طبق دستورالعمل فوق، تجهیزات حفاظتی الزامی و پیشنهادی برای نیروگاه‌های خورشیدی در کلاس ۵، طرح ۴ به شرح زیر می باشد:

تجهیزات اضافی پیشنهادی	حداقل تجهیزات الزامی مورد نیاز
رله جابجایی زاویه فاز (۷۸)	رله افت ولتاژ (۲۷)
رله توان راکتیو جهتی (۳۲R)	رله اضافه ولتاژ آنی و تاخیری (۵۹)
خطای کلید قدرت (۵۰BF)	رله افزایش و کاهش فرکانس (۸۱)
رله اضافه جریان جهتدار (۶۷)	رله توان معکوس (۳۲)
رله اضافه جریان جهتی زمین (۶۷G)	رله سنکرون چک (۲۵)
رله اضافه جریان جهتدار نوترال (۶۷N)	رله اضافه جریان آنی و معکوس زمانی (۵۰ / ۵۱)
رله بالانس ولتاژ (۶۰)	رله اضافه جریان آنی و تاخیری زمین (۵۰/۵۱N)
رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ (۵۱V)**	اضافه جریان توالی فاز منفی (۴۶) یا قطع فاز (۴۶BC)
	توالی فاز ولتاژ (۴۷)
	رله اضافه ولتاژ زمین (۵۹G)*
	رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ (۵۱V)**
	رله نرخ تغییرات فرکانس (۸۱R) ROCOF
	انتقال تریپ

*در صورتی که از ترانسفورماتور Dyn استفاده شود (آرایش مثلث در سمت فشار متوسط و آرایش ستاره در سمت فشار ضعیف)
**در این کلاس و طرح، حفاظت ۵۱V برای مولدهای بادی الزامی است و برای مولدهای سنکرون به عنوان حفاظت اضافی پیشنهاد می شود.

همچنین این موضوع در (شکل ۱۰-۱) در قالب دیاگرام تک خطی ارائه شده است.



شکل ۱-۱۰) تجهیزات حفاظتی مولدهای اینورتری طرح ۴، کلاس ۵ بر اساس دستورالعمل «اتصال منابع خورشیدی به شبکه برق ایران مورخ ۱۴۰۰/۴/۷»

تنظیمات پیشنهادی		محدوده تنظیمات مجاز		عملکرد تریپ
ولتاژ	زمان رفع خطا	ولتاژ	زمان رفع خطا	
(پریونیت بر حسب ولتاژ نامی)	(ثانیه)	(پریونیت بر حسب ولتاژ نامی)	(ثانیه)	
۱,۲	۰,۱۶	ثابت در ۱,۲	ثابت در ۰,۱۶	OV۲
۱,۱	۲	۱,۱ - ۱,۲	۱ - ۱۳	OV۱
۰,۷	۱۰	۰ - ۰,۸۸	۲ - ۲۱	UV۱
۰,۴۵	۰,۱۶	۰ - ۰,۵	۰,۱۶ - ۲	UV۲

شکل ۱۰-۲) پاسخ منبع تولید پراکنده (الزام تریپ) به شرایط غیر عادی ولتاژ برای گروه II

محدوده ولتاژ (پریونیت)	حالت / پاسخ عملکردی	مینیمم زمان گذر (ثانیه) (معیار طراحی)	ماکزیمم زمان پاسخ (ثانیه) (معیار طراحی)
$V > 1,20$	توقف تولید	-	۰,۱۶
$1,175 < V \leq 1,20$	عملکرد مجاز	۰,۲	-
$1,15 < V \leq 1,175$	عملکرد مجاز	۰,۵	-
$1,10 < V \leq 1,15$	عملکرد مجاز	۱	-
$0,88 \leq V \leq 1,10$	عملکرد پیوسته	بی نهایت	-
$0,65 \leq V < 0,88$	عملکرد الزامی	شیب خطی ۸,۷ ثانیه بر ۱ پریونیت ولتاژ با شروع از ۳ ثانیه در ۰,۶۵ پریونیت $T_{VRT} = 3s + \frac{8,7s}{1 p.u.} (V - 0,65 p.u.)$	
$0,45 \leq V < 0,65$	عملکرد مجاز	۰,۳۲	-
$0,30 \leq V < 0,45$	عملکرد مجاز	۰,۱۶	-
$V < 0,30$	توقف تولید	-	۰,۱۶

شکل ۱۰-۳) الزامات گذر از اغتشاشات ولتاژ منبع تولید پراکنده برای گروه II

تنظیمات پیشنهادی		محدوده تنظیمات مجاز		عملکرد تریپ
فرکانس	زمان رفع خطا	فرکانس	زمان رفع خطا	
(هرتز)	(ثانیه)	(هرتز)	(ثانیه)	
۵۱,۶۷	۰,۱۶	۵۱,۵ - ۵۵	۰,۱۶ - ۱۰۰۰	OF۲
۵۱	۳۰۰	۵۰,۸۳ - ۵۵	۱۸۰ - ۱۰۰۰	OF۱
۴۸,۷۵	۳۰۰	۴۱,۶۷ - ۴۹,۱۷	۱۸۰ - ۱۰۰۰	UF۱
۴۷,۰۸	۰,۱۶	۴۱,۶۷ - ۴۷,۵	۰,۱۶ - ۱۰۰۰	UF۲

شکل ۱۰-۴) پاسخ منبع تولید پراکنده (الزام تریپ) به شرایط غیر عادی فرکانس برای گروه‌های I، II و III

محدوده فرکانس (هرتز)	حالت عملکردی	مینیمم زمان گذر (ثانیه) (معیار طراحی)
$f > 51.67$	هیچ الزام گذری در این بازه اعمال نمی‌شود.	
$51.0 < f \leq 51.5$	عملکرد الزامی	۲۹۹
$49.0 \leq f \leq 51.0$	عملکرد پیوسته	بی نهایت
$47.5 \leq f < 49.0$	عملکرد الزامی	۲۹۹
$f < 47.5$	هیچ الزام گذری در این بازه اعمال نمی‌شود.	

* محدوده فرکانسی ذکر شده در فوق بر اساس استاندارد ۱۵۴۷-۲۰۱۸ IEEE (با تبدیل فرکانس ۶۰ هرتز به ۵۰ هرتز) می‌باشد.

شکل ۱۰-۵) الزامات گذر از اغتشاشات فرکانس منبع تولید پراکنده برای گروه‌های I، II و III

۱۰-۱) جمع‌بندی مطالعات هماهنگی حفاظتی

پس از نصب نیروگاه خورشیدی بشرویه و پیش از بهره‌برداری، دریافت اطلاعات به‌روز شبکه‌ی حفاظت بالادست از شرکت برق منطقه‌ای خراسان ضروری بوده و مطالعات هماهنگی حفاظتی نیز باید انجام گردد.

۱۱) تجهیزات مخابراتی و سیستم مانیتورینگ نیروگاه

در زمان احداث نیروگاه خورشیدی بشرویه مطابق با طرح اتصال مورد تأیید، بر اساس آخرین دستورالعمل‌های توانیر، هماهنگی‌های لازم با شرکت برق منطقه‌ای خراسان توسط سرمایه‌گذار پروژه به‌منظور تأمین تجهیزات اندازه‌گیری، مخابراتی و مانیتورینگ مورد نیاز جهت بهره‌برداری از شبکه می‌بایست انجام گردد.

(۱۲) نتیجه گیری نهایی

در این گزارش طرح اتصال نیروگاه خورشیدی شرکت پترو کاویان صنعت پارس به ظرفیت ۱۵ مگاوات (در نزدیکی شهر بشرویه واقع در استان خراسان جنوبی) به شبکه سراسری برق مورد مطالعه قرار گرفته است. با توجه به موقعیت و ظرفیت نیروگاه و مجاورت با پست ۱۳۲/۲۰ کیلوولت بشرویه، گزینه پیشنهادی برای اتصال این نیروگاه به شبکه سراسری، اتصال به شینه ۲۰ کیلوولت این پست از طریق خط هوایی دو مداره با هادی HYENA به طول تقریبی ۷ کیلومتر می باشد.

بدین منظور ضمن مدل سازی المان های شبکه شامل نیروگاه و شبکه اطراف طرح در محیط نرم افزار DigSILENT با استفاده از اطلاعات دریافتی از شرکت برق منطقه ای خراسان، محاسبات پخش بار، اتصال کوتاه و ... انجام و مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج مطالعات انجام شده حاصل از مدل سازی نشان می دهد که این طرح تمام قیدهای ذکر شده در بخش (۴-۴) را برآورده کرده و طرح اتصال به شبکه نیروگاه خورشیدی شرکت پترو کاویان صنعت پارس به ظرفیت ۱۵ مگاوات بلامانع است.

۱۳) پیوست‌ها

5/19/25, 9:04 AM

پروانه احداث نیروگاه تجدیدپذیر و پاک

تاریخ: ۱۴۰۴/۰۲/۲۹
شماره: ۱۴۰۴/۸۱۲/ب/۲۱۳۶
پوسته: دارد



بررسی
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

پروانه احداث نیروگاه تجدیدپذیر و پاک

(بر مبنای تابلوی سبز بورس انرژی)

این پروانه به استناد مواد ۵ و ۶ قانون سازمان برق ایران و بندهای ۵ و ۶ ماده ۶ قانون اساسنامه سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) و بنا به درخواست الکترونیکی شماره ۱۵۶۸۰۹۸۴ شرکت **پترو کایان صنعت پارس (سهامی خاص)** ثبت شده به شماره ۳۷۹۰۵۵ در اداره ثبت شرکتها و موسسات غیرتجاری تهران با شناسه ملی ۱۰۳۲۰۲۸۱۳۹۵ به نشانی استان تهران، شهرستان تهران، بخش مرکزی، شهر تهران، عباس آباد-دبش، خیابان کوه نور، خیابان ششم، پلاک ۶-۱ طبقه ۱ کدپستی ۱۵۸۷۶۷۳۸۱۱ برای احداث نیروگاه **خورشیدی** به ظرفیت اسمی **۱۵ مگاوات** در شهرستان **بشرویه** استان **خراسان جنوبی** طبق کروکی پیوست با شرایط زیر و رعایت مفاد تمهیدنامه ممضی به امضاهای مجاز ضمیمه درخواست فوق الذکر صادر می‌شود:

- ۱- اعتبار این پروانه از تاریخ صدور شش ماه بوده و تمدید اعتبار و هرگونه تغییر مجاز در آن مستلزم درخواست دارنده پروانه و تصمیم ساتبا می‌باشد. چنانچه پروانه فاقد اعتبار گردد، هیچگونه ادعای خسارت از طرف دارنده پروانه در مورد هزینه‌های انجام شده پذیرفته نمی‌شود.
- ۲- این پروانه قابل انتقال به غیر نمی‌باشد و هرگونه انتقالی تحت هر شکلی پروانه را از درجه اعتبار ساقط می‌نماید.
- ۳- امکان‌سنجی، پتانسیل‌سنجی و ارزیابی منبع انرژی، طراحی، انتخاب و تامین تجهیزات، تامین مالی و محاسبات اقتصادی، احداث و بهره‌برداری از نیروگاه، تولید، انتقال، فروش انرژی الکتریکی، رعایت ملاحظات اتصال به شبکه، حفاظت فنی تجهیزات، عملکرد فنی، حق مالکیت معنوی و همچنین پاسخگویی به ادعاهای احتمالی برعهده متقاضی بوده و ساتبا هیچگونه مسئولیتی در زمینه موارد مذکور و موارد مشابه ندارد.
- ۴- این پروانه، هیچگونه اعتبار مالی برای دارنده آن نداشته و نمی‌تواند بعنوان وثیقه و تضمین مورد استفاده قرار گیرد.
- ۵- این پروانه برای درخواست واگذاری اراضی دولتی و ملی کفایت نداشته و اخذ معرفی نامه مجزا از ساتبا برای ارائه به دستگاه واگذارکننده زمین ضروری است.
- ۶- شروع احداث نیروگاه مشروط به اخذ کلیه مجوزهای لازم از مراجع ذیربط (مانند مجوز اتصال به شبکه، محیط زیست و تخصیص زمین در مورد همه نیروگاههای تجدیدپذیر به همراه مجوز استفاده از زباله در مورد نیروگاههای زیست توده مبتنی بر زباله و مجوز استفاده از حریم رودخانه و خطوط انتقال آب در مورد نیروگاههای برقابی کوچک و ...) توسط دارنده پروانه و عقد قرارداد با ساتبا می‌باشد.
- ۷- صدور این پروانه به منزله تأیید تغییر کاربری اراضی نمی‌باشد و متقاضی مکلف است قبل از آغاز عملیات اجرایی احداث نیروگاه، مجوز کاربری مورد نیاز محل احداث نیروگاه را از مراجع ذیربط اخذ نماید. ضمناً درخصوص نیروگاههای خورشیدی و بادی، دارنده پروانه احداث موظف است بدون آسیب به پوشش گیاهی و لایه خاک نباتی، نیروگاه موضوع این پروانه را احداث نماید.
- ۸- پس از بهره برداری از نیروگاه انتفاع از برق تولیدی از طریق تبادل فیزیکی انرژی تولیدی نیروگاه با عرضه گواهی تولید برق تجدیدپذیر اخذ شده از ساتبا در تابلوی سبز بورس انرژی صورت می‌پذیرد.
- ۹- صدور این مجوز هیچگونه محدودیتی را برای صادر کننده آن در صدور پروانه‌های مشابه ایجاد نمی‌نماید.
- ۱۰- در ساختگاه موضوع این پروانه، احداث نیروگاه مختص اشتعاب ممنوع است.
- ۱۱- تمهیدنامه امضا شده توسط متقاضی پروانه جزء لاینفک این پروانه بوده و دارنده پروانه مکلف به اجرای کلیه مفاد مندرج در آن می‌باشد.



محسن طرزطلب
معاون وزیر و رئیس سازمان

مهر

شکل ۱۳-۱) مجوز احداث نیروگاه

SG350HX

Multi-MPPT String Inverter for 1500 Vdc System



HIGH YIELD

- Up to 16 MPPTs with max. efficiency 99%
- 20A per string, compatible with 500Wp+ module
- Data exchange with tracker system, improving yield



LOW COST

- Q at night function, save investment
- Power line communication (PLC)
- Smart IV Curve diagnosis*, active O&M



GRID SUPPORT

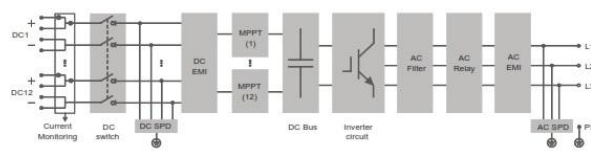
- $SCR \geq 1.15$ stable operation in extremely weak grid
- Reactive power response time $< 30ms$
- Compliant with global grid code



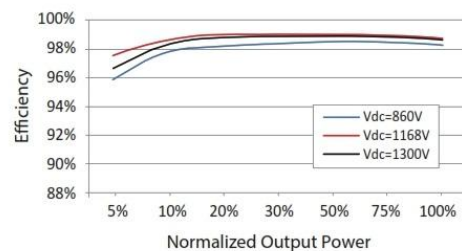
PROVEN SAFETY

- 2 strings per MPPT, no fear of string reverse connection
- 24h real-time AC and DC insulation monitoring

CIRCUIT DIAGRAM



EFFICIENCY CURVE



© 2023 Sungrow Power Supply Co., Ltd. All rights reserved. Subject to change without notice. Version 20

شکل ۱۳-۲) کاتالوگ اینورتر (صفحه ۱)

SUNGROW
Clean power for all

Type designation	SG350HX
Input (DC)	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	500 V / 550 V
Nominal PV input voltage	1080 V
MPP voltage range	500 V – 1500 V
No. of independent MPP inputs	12 (Optional: 14 / 16)
Max. number of input connector per MPPT	2
Max. PV input current	12 * 40 A (Optional: 14 * 30 A / 16 * 30 A)
Max. DC short-circuit current per MPPT	60 A
Output (AC)	
AC output power	352 kVA @ 30°C / 320 kVA @ 40 °C / 295 kVA @ 50°C
Max. AC output current	254 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	640 – 920 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % I _n
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency / European efficiency	99.02 % / 98.8 %
Protection	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch / AC switch	Yes / No
PV string current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
Anti-PID and PID recovery function	Optional
Surge protection	DC Type II / AC Type II
General Data	
Dimensions (W*H*D)	1136 * 870 * 361 mm
Weight *	≤ 116 kg
Isolation method	Transformerless
Degree of protection	IP66
Power consumption at night	< 6 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60°C
Allowable relative humidity range	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+APP
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	MC4-Evo2 (Max. 6 mm ² , optional 10mm ²)
AC connection type	Support OT/DT terminal (Max. 400 mm ²)
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Q-U control, P-f control

* Due to the multi-supplier for some key components, the actual weight may have a ±10% deviation, please refer to the actually delivered product.

شکل ۱۳-۳) کاتالوگ اینورتر (صفحه ۲)

Vertex N

N-type i-TOPCon bifacial dual glass
Monocrystalline module

PRODUCT: TSM-NEG21C.20

PRODUCT RANGE: 695-720W

720W

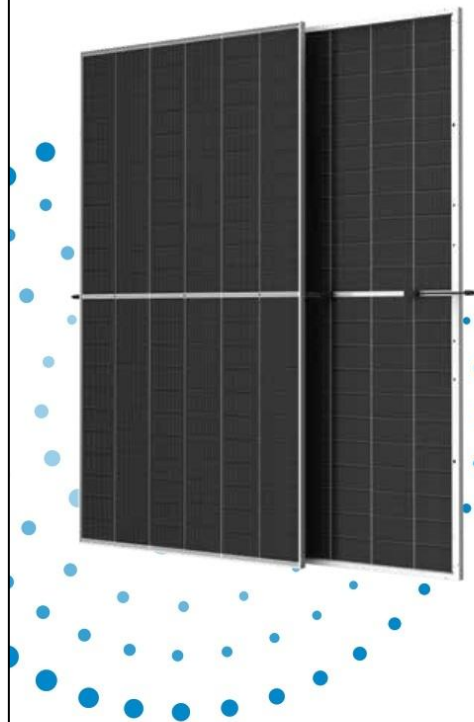
MAXIMUM POWER OUTPUT

0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

23.2%

MAXIMUM EFFICIENCY



High customer value

- The star of LCOE (Levelized Cost Of Energy). Higher string power feature effectively reduces BOS (Balance of System) and LCOE
- More energy harvest with cutting-edge N-type i-TOPCon technology
- Designed for compatibility with existing mainstream system components



High power up to 720W

- Up to 23.2% module efficiency with high density interconnect technology
- SMBB (Super multi-busbar) technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection



High reliability

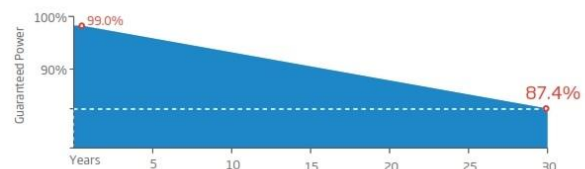
- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand, high temperature and high humidity areas
- Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load



High energy yield

- Excellent product bifaciality and low irradiation performance, validated by 3rd party
- Lower degradation: 1% first year, 0.4% annually thereafter
- Lower temperature coefficient (-0.29%/°C)
- Up to 30% additional power gain from back side depending on albedo

Trina Solar's Vertex Bifacial Dual Glass Performance Warranty



Comprehensive Products and System Certificates



IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716
ISO 9001: Quality Management System
ISO 14001: Environmental Management System
ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
ISO45001: Occupational Health and Safety Management System

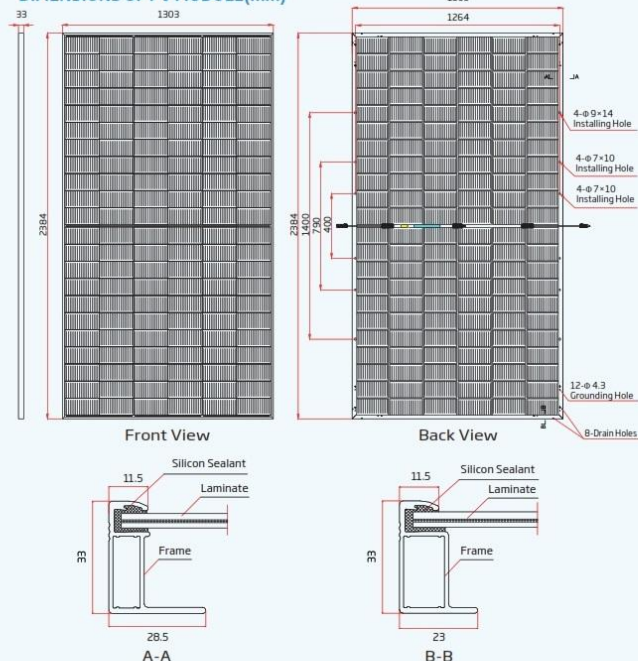
Trina solar

شکل ۱۳-۴) کاتالوگ پنل های خورشیدی (صفحه ۱)

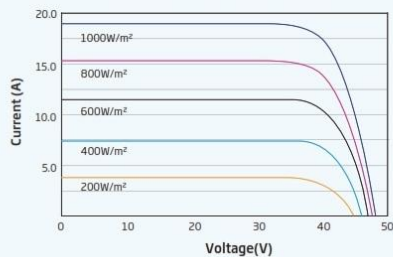


N-type i-TOPCon bifacial dual glass Monocrystalline module

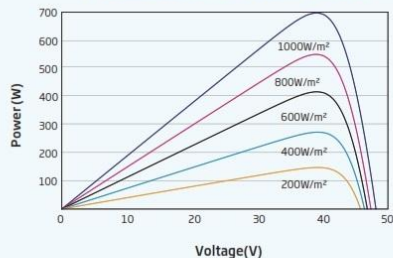
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(700W)



P-V CURVES OF PV MODULE(700 W)



MECHANICAL DATA

Solar Cells	N-type Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×33 mm (93.86×51.30×1.30 inches)
Weight	38.3 kg (84.4 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)

Frame	33mm(1.30 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm² (0.006 inches²) Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	TS4 PLUS / TS4

ELECTRICAL DATA (STC & NOCT)

Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	695	531	700	534	705	540	710	543	715	547	720	551
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5											
Maximum Power Voltage- V_{MP} (V)	40.3	37.9	40.5	38.0	40.7	38.3	40.9	38.5	41.1	38.7	41.3	38.8
Maximum Power Current- I_{MP} (A)	17.25	14.00	17.29	14.04	17.33	14.08	17.36	14.12	17.40	14.14	17.44	14.19
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	48.3	45.9	48.6	46.1	48.8	46.3	49.0	46.5	49.2	46.7	49.4	46.9
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	18.28	14.72	18.32	14.76	18.36	14.80	18.40	14.83	18.44	14.86	18.49	14.90
Module Efficiency, η_m (%)	22.4		22.5		22.7		22.9		23.0		23.2	

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s. *Measuring tolerance: ±3%.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 5% & 10% backside power gain)

	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
Backside Power Gain	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%
Total Equivalent power - P_{MAX} (Wp)	730	765	735	770	740	776	746	781	751	787	756	792
Maximum Power Voltage- V_{MP} (V)	40.3	40.3	40.5	40.5	40.7	40.7	40.9	40.9	41.1	41.1	41.3	41.3
Maximum Power Current- I_{MP} (A)	18.11	18.98	18.15	19.02	18.20	19.06	18.23	19.10	18.27	19.14	18.31	19.18
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	48.3	48.3	48.6	48.6	48.8	48.8	49.0	49.0	49.2	49.2	49.4	49.4
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	19.19	20.11	19.24	20.15	19.28	20.20	19.32	20.24	19.36	20.28	19.41	20.34

Power Bifaciality 80±5%.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.29%/°C
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	35A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
1% first year degradation
0.40% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 33 pieces
Modules per 40' container: 594 pieces



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

© 2024 Trina Solar Co., Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Version number: TSM_EN_2024_APAC_A

www.trinasolar.com

1404/06/09

40813/7105

دارد (۱)

تاریخ:
شماره:
پوست:



بسم تعالی



جناب آقای مهندس رضوی زاده

مدیر عامل محترم شرکت پارس نیرو و باز

موضوع: ارسال اطلاعات جهت مطالعات اتصال به شبکه نیروگاه خورشیدی شرکت پترو کاویان صنعت
پارس با ظرفیت ۱۵ مگاوات

باسلام و احترام؛

بازگشت به نامه شماره ۱۴۰۴۱۰۹۳۷ مورخ ۱۴۰۴/۰۶/۰۳ در خصوص مطالعات اتصال به شبکه نیروگاه خورشیدی شرکت پترو کاویان صنعت پارس با ظرفیت ۱۵ مگاوات در منطقه بشرویه استان خراسان جنوبی اطلاعات مربوط به شبکه بالادست (پست ۱۳۲ کیلوولت بشرویه) به پیوست جهت استحضار و دستور اقدام لازم ارسال می گردد. خواهشمند است دستور فرمایید گزارش طرح اتصال به شبکه همراه با فایل شبیه سازی مطالعات شبکه جهت اقدامات بعدی به این شرکت ارسال گردد.

داریوش یزدان پناه

مدیر دفتر برنامه ریزی فنی و برآورد بار

رونوشت:

- معاون محترم برنامه ریزی و تحقیقات جهت استحضار
- مجری محترم طرح تولید پراکنده و انرژی های نو جهت استحضار
- گروه مطالعات سیستم جهت اطلاع

ساختمان مرکزی: مشهد - انتهای بلوار وکیل آباد - قبل از دوراهی شرقی - نمایندگی - صندوق پستی ۹۱۷۳۵-۱۸۵ تلفن: ۳۶۱۰۳۰۰۰ و ۳۶۱۰۳۰۹۹ کد پستی: ۹۱۸۴۳
ساختمان معاونت بهره برداری: مشهد - میدان بسیج تلفن: ۳۸۵۴۱۰۳۱-۹
Web: www.krec.ir Email: info@krec.ir

طول و عرض جغرافیایی پست بشرویه: ۵۴۰۰۱۳,۶۷ و ۳۷۴۵۳۱۱,۱۶

اطلاعات شبکه بالادست (سمت ۱۳۲ کیلوولت):

مشخصات		حداکثر		حداقل	
		سه فاز	تک فاز	سه فاز	تک فاز
جریان اتصال کوتاه (kA)		۳,۷	۳,۵	۱,۴	۱,۶
X/R		۴,۰۳		۲,۷۹	

اطلاعات بار:

بار پست	توان اکتیو (مگاوات)	توان راکتیو (مگاوار)
بار پست در حداکثر شبکه	۱۴,۷	۱,۴
بار پست در حداقل شبکه	۲	۰

اطلاعات تولید پراکنده:

- در نظر گیری نیروگاه خورشیدی به ظرفیت ۱,۵ مگاوات بر روی بامهای فشار متوسط پست.

شکل ۱۳-۷) نامی شرکت برق منطقه‌ای خراسان (صفحه ۲)