باسمه تعالی

ارزیابی قابلیت اطمینان اینورتر فتوولتائیک مرکزی در سیستم انرژی الکتریکی

استاد مربوطه:

ارائه دهنده:

م

چکیده_ سیستم انرژی الکتریکی تولید شده توسط سیستم فتوولتائیک (PV) که به تدریج در شبکه سیستم قدرت همراه با پیکربندی‌های متفاوت فتوولتائیک استفاده شده‌اند. سیستم اینورتر فتوولتائیک مرکزی در مقیاس بزرگی از انرژی خورشیدی طراحی شده است. این سیستم، تاثیر متفاوتی بر روی قابلیت اطمینان سیستم نسبت به تولید سنتی، به علت خاصیت متناوبِ موقعیت‌های جغرافیایی و دسترس پذیریِ سیستم الکتریکی PV دارد. از این رو حیاتی است تا سهم قابلیت اطمینان سیستم PV مرکزی در شبکه سیستم انرژی الکتریکی ارزیابی گردد، مخصوصاً به حساب آوردن کل قطعات سیستم PV که در شبکه بکار برده شده است. این پروژه از روش احتمالاتی و شمارش بخشی استفاده کرده است تا قدرت خروجی سیستم PV مرکزی را توسعه بدهد. سپس مدل توسعه داده شده بر سیستم های قدرت کوچک ایزوله شده (SIPS) اعمال شده است تا کشش (توانایی) سیستم و قابل اعتماد بودن ظرفیت را برای نصب واحدهای فتوولتائیک مطالعه کند.

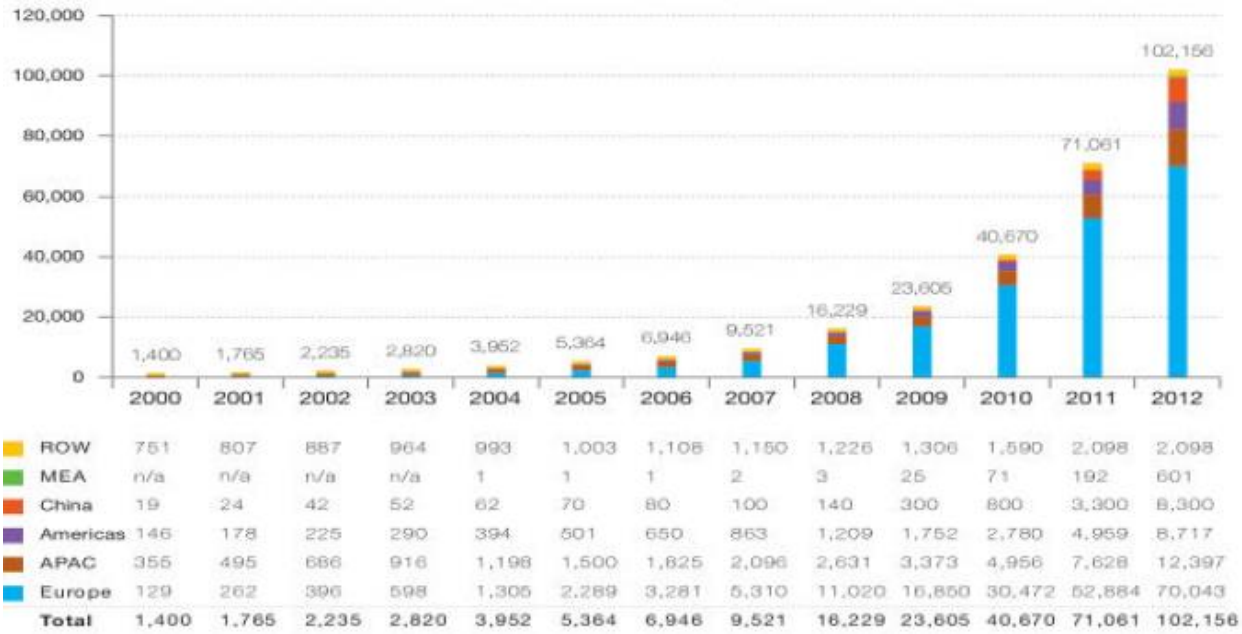
واژه های کلیدی _ جدول احتمالاتی خروج ظرفیت (COPT)، فقدان بار مورد انتظار(LOLE)، فقدان انرژی مورد انتظار(LOEE)، قابل اعتماد بودن ظرفیت(C.C)، قابلیت حمل پیک بار اضافی(IPLCC)

۱- مقدمه

در حال حاضر، آلودگی محیط زیست بعنوان یک چالش بزرگ پیش روی بشریت شناخته شده است. تولید برق با استفاده از انرژی های تجدید پذیر با توجه به تاثیر منفی استفاده از سوخت های فسیلی برای این منظور، افزایش یافته است. تولید انرژی الکتریکی توسط فن آوری سلول خوشیدی بعنوان یکی از عوامل ضروری تأمین انرژیِ آینده جهان با توجه به مزیت های فن آورانه و زیست محیطی مطرح شده است. شواهدی از پشتیبانی جهانی از سیستم PV وجود دارد، و بسیاری از دولت ها و سازمان ها در سرتاسر جهان، سیاست های انرژی اعمال شدنی در حمایت از رشد آن دارند. عوامل مختلفی مانند: اجزاء بدون حرکت، انتشار دی اکسید کربن و سرو صدای صفر، منبع انرژی در دسترس محلی، سهولت در بهره برداری و نگهداری، PV را یک منبع انرژی کاربردی ساخته است. فن آوری PV در طی سالها، به سرعت توسعه داشته و منجر به افزایش راندمانPV و کاهش قیمت PV شده است. شکل۱ [۱] نشان دهنده ی ظرفیت نصب PV در سرتاسر جهان است. بدیهی است، ظرفیت کلPV بصورت نمایی درحال افزایش بوده از1400 MW تا 102.156 GW به ترتیب از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲.

انرژی خورشیدی از انرژی الکتریکی تولید شده توسط منبع تولید متعارف، متفاوت است چرا که انرژی خورشیدی همیشه در دسترس برای تقاضا نیست. توان خروجیِ سیستم مرکزی PV بسیار متغیر است و به

آسانی مانند تولیدات سنتی با توجه به مشخصات عملیاتی و کاراییِ سیستم انرژی خورشیدی و نرخ خروج اجباری بالا (FOR)[۲] و دسترس پذیری مرتبط با قطعات سیستم PV مرکزی [۳و۴]، نمی‌تواند پیش‌بینی شود. سیستم PV مرکزی از قطعات برقی آسیب پذیر جمع آوری شده است [۵و۶].



شکل۱: ظرفیت PV تجمعی جهانی از سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ (MW) [۱]

عدم توجه به پژوهش در رسیدگی کردن به کل قطعات سیستم PV مرکزی، در تجزیه و تحلیل توانایی سرتاسر سیستم برای یکپارچه سازی سیستم PV با شبکه برق سیستم قدرت وجود دارد. از این رو اهمیت دارد تا سهم قابلیت اطمینانِ وابسته به افزایش واحدهای PV با در نظر گرفتن ساختار برنامه‌ای(شماتیکِ) سیستم PV مرکزی، ارزیابی گردد. اطلاعات تابش واقعی خورشید، در این کار برای یک موقعیت خاص استفاده شده است. این اطلاعات تابش خورشیدی، سرعت باد و دما را از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵، برای مکان‌های متفاوت در مدت هر ۵ دقیقه، دارد [۷]. تابش خورشیدی در یک موقعیت خاص برای تخمین توان خروجی در مورد سلول‌هایPV، یک عنصر با اهمیت است.

این مقاله، فرایند سهم قابلیت اطمینان را در مورد یک سیستمPV مرکزی در SIPS ارائه می‌دهد. نرخ خرابی (λ)، در این کار به منظور ساختن جدول احتمالاتی خروج ظرفیت (COPT) محاسبه شده است [۲]. تکنیک گرد کردن [۲]استفاده شده است تا مدل‌های سیستمPV چند حالته اختصاصی توسعه یافته را مستقر کند. این کار شامل ارزیابی شاخص‌های قابلیت اطمینان در مورد امید ریاضی (پیش بینی) از دست دادن بار(LOLE) و

امید ریاضی (پیش بینی) از دست دادن انرژی (LOEE)، که از ترکیب مدل بار سیستم و مدل تولید توسعه داده شده، بدست آمده است. ظرفیتPV سیستم در این کار، بصورت بسیارخوب محاسبه شده است.

۲- مقدار ظرفیت و کفایت سیستم

شاخص‌های توانایی سیستم قدرت را می‌توان بصورت یک عنصر صحیح، در تعیین امکانات مورد نیازدر یک سیستم قدرت برای قانع کردن نیاز بار در یک روش پیوسته معقول، تعریف کرد [۸ و ۹]. گام اول، توسعه دادن یک مدل تولید سیستمی برای شبکه‌های سیستم قدرت است. در این گام، دسترس پذیری و عدم دسترس پذیریِ اجزاء الکتریکی بحرانی وابسته به سیستمPV، مانند ظرفیت خازنی، سوئیچینگ و ترانسفورمر ارزیابی می‌شوند. مدل تولید سیستم توسعه داده شده است، سپس با مدل بار برای ارزیابی شاخص‌های ریسک سیستم ترکیب شده است. ترم‌های LOLE و LOEE، برای سنجیدن سهم قابلیت اطمینان مربوط به شاخص‌های سیستمPV استفاده شده است[۲]. LOLE بصورت یک تعداد پیش‌بینی شده از روزها یا ساعت‌ها در یک سال که تولید سیستم نمی‌تواند تقاضای بار سیستم را پاسخ دهد، شناخته شده است. LOEE می‌تواند بصورت انرژی مورد انتظار قطع شده در یک سال تعریف کرد و اطلاعاتی را در مورد مقدار انقطاع انرژی فراهم می‌کند. LOLE و LOEE با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲) تعیین و در شکل۲ نشان داده شده است.

$$LOLE = \sum_{k=1}^{n} p_k \times t_k = \sum_{k=1}^{n} P_k \times (t_k - t_{k-1}) \qquad (1)$$

$$LOEE = \sum_{k=1}^{n} p_k \times E_K \qquad (2)$$

که در آن:

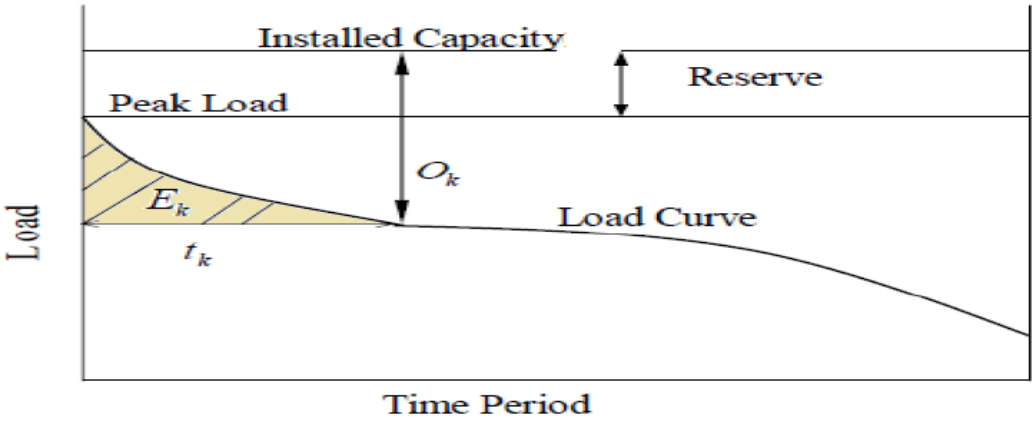
n : تعداد حالات خروج ظرفیت.

p_k : احتمالاتی از خروج ظرفیت O_k است.

t_k : مدت زمانی که بجهت فقدان بار به علت O_k وجود خواهد داشت.

P_k : احتملات خروج تجمعی برای ظرفیت حالت O_k.

E_k : انرژی تأمین نشده.

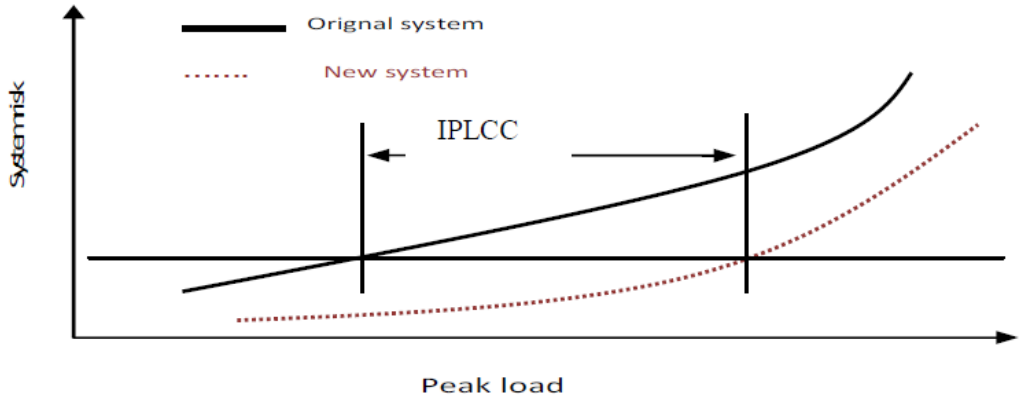


شکل۲: ارزیابیِ LOLE و LOEE با استفاده از یک منحنی بار ساعتی

ترم‌هایی از اعتبار و IPLCC در این کار، برای محاسبه مقدار ظرفیتِ واحد اضافه شده، استفاده شده‌اند. مدل فیزیکیِ IPLCC، در شکل۳ نشان داده شده است[۱۰و۱۱]. اعتبار ظرفیتِ (C.C) سیستمPV با استفاده از رابطه‌ی (۳) به دست آمده است.

(۳)

C_A ظرفیت مجاز از واحد تولیدی اضافه شده است.



شکل۳: ارزیابی از IPLCC

۳- مدل تولید و بار

مدل سیستم مورد آزمایش در این پروژه از ژنراتورهای معمولی، سیستم گیاهی PV و مدل بار تشکیل شده است.

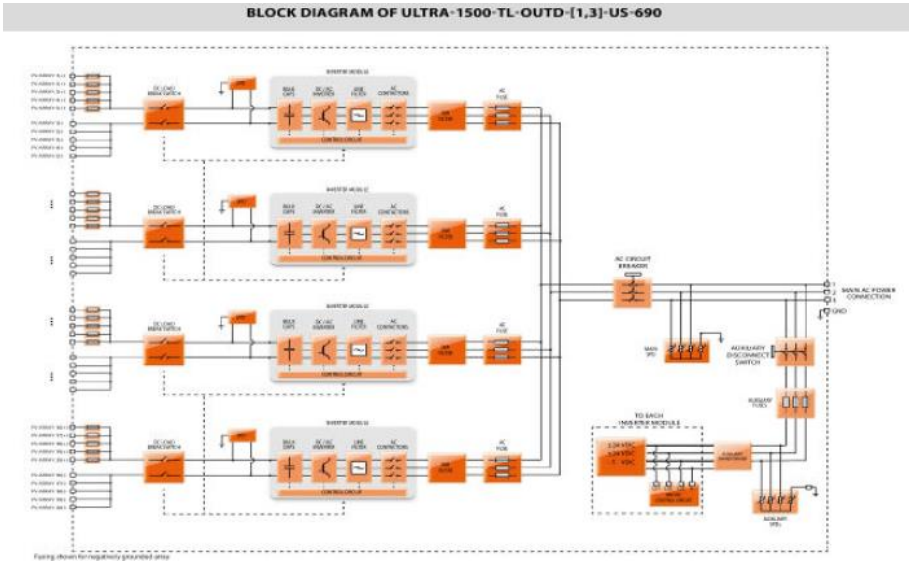
الف) مدل بار و SIPS

SIPS مورد استفاده در این کار، دارای یک واحد تولیدی ۷۰ کیلو وات و دو واحد تولیدی ۴۰ کیلو وات [۱۲] با ظرفیت تولید ۱۵۰ کیلو وات در کل سیستم، می باشد. هر واحد تولیدی دارای دسترس ناپذیری ۵٪ است. این سیستم با از دست دادن قطعی بزرگترین واحد یا n-1 امین معیار، پاسخ می دهد، بنابراین بار پیک ۸۰ کیلو وات است [۱۲]. مشخصات بار ساعتیِ ترتیبیِ سالانه IEEE-RTS، در این کار مورد ستفاده قرار گرفته است [۱۳].

ب) مدل سیستم PV مرکزی

یک سیستم PV مرکزی، ساخته شده توسط ABB در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است، بصورت نشان داده شده در شکل۴ [۱۴]. سلول های خورشیدی، بیش از محافظت در برابر ولتاژ (SPD)، سوئیچ بریکر بار DC، قطعات سوئیچ قطع کمکی و فیوز، با توجه به نرخ خرابی پایین، در مدل COPT سیستم PV مورد بررسی قرار نگرفته اند.

این بخش به دو زیربخش تقسیم شده است.



شکل۴: بلوک دیاگرامی از اینورتر قدرت مرکزی

۱. توان خروجی سلول های خورشیدی

مدل تحلیلی ارائه شده در [۱۵]، در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است تا مدل چند سطحه ای را از توان خروجی سلول های خروجی ایجاد نماید. این مدل به بهره وری و تابش سلول های خورشیدی بستگی دارد. بهره وریِ سلول خورشیدی از مقدار تابش خورشیدی متفاوت است، و آن را می توان با رابطه ی (۴) و (۵) محاسبه کرد. انرژی خورشیدی از یک سلول خورشیدی می تواند با استفاده از رابطه های (۶) تا (۸)، ارزیابی گردد.

(۴)

(۵)

(۶)

(۷)

(۸)

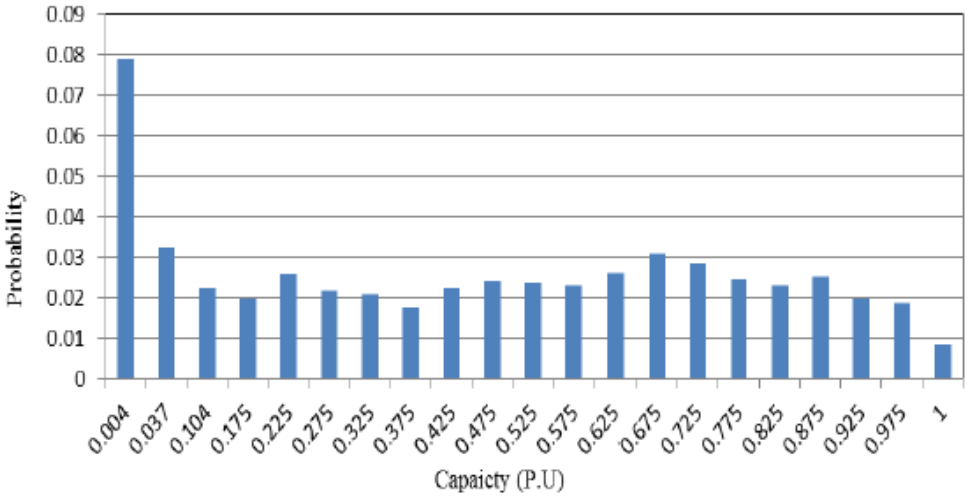
جایی که P، توان خروجی از سلول خورشیدی است، G_{bi} تابش خورشیدی ساعتی است، (W/m^2)، G_{std} تابش خورشیدی در یک مجموعه محیط زیست استاندارد مانند ($1000(W/m^2$، R_c تابش مطمئن است چند حالت از سطح ظرفیت زمان قطع یرق و احتمالات متناظر بوجود آمده اند با تقسیم حالت های خروجی از بخش های داخلی خورشیدی. از گامی با اندازه‌ی $50\ W/m^2$ در این تجزیه و تحلیل استفاده شده است. تعداد حالات بدست آمده ، ۲۲ مدل حالت است بطوریکه توان خروجی صفر یک حالت منحصر به فرد است. احتمال برای هر حالت یا سطح از تابش خورشیدی، توسط رابططی (۹) داده شده است. جایی که N_i تعداد رخداد از هر حالت است

(۹)

احتمال=

داده های تابش خورشید واقعی از شهر مدینه، واقع در کشور عربستان سعودی در این کار مورد استفاده قرار گرفته است [۷]. جدول COPT تمهیدی از سلول های خورشیدی در شکل ۵ نشان داده شده است. احتمال خروجی صفر ۰,۴۶۱ است، در حالی که در این شکل نشان داده نشده است. این جدول COPT در این مطالعه

مورد استفاده قرار گرفته است و ظرفیت هایPV متفاوت، برای تعیین شدن تأثیر ظرفیت PV بر روی قابلیت اطمینان سیستم، مورد مطالعه قرار گرفته اند.



شکل۵: مدل تولید PV

۲. مدل توان خروجی از یک سیستم PV مرکزی

سیستم PV مرکزی متشکل شده است از آرایه خورشیدی، ظرفیت خازنی خطdc توده ای، اینورتر، فیلتر خط، سوئیچ AC، فیلتر EMI، فیوز AC، ترانسفورمر و بریکر جریان AC. مدل قابلیت اطمینان از اجزاء سیستم PV می تواند در سطح جزئی یا در سطح سیستمی شکل گرفته باشد. مراجع [۱۶و۱۷] بر روی مدلی از نرخ خرابی کنداکتور متمرکز شده اند، شیوه مغناطیسی و خازنی. زمینه‌های آزمایشگاهی اثبات کرده اند که خازن الکترولیتی و شیوه‌های سوئیچینگ، اغلب جزء آسیب پذیری هستند [۱۸]. چندید مدل قابلیت اطمینان در دسترس برای الکترونیک قدرت و ولتاژ توان بالا وجود دارند. MIL-HDBK-271، کتاب راهنمای نظامی برای پیش‌بینی جزئی قابلیت اطمینان در مورد اجزاء الکترونیک قدرت است [۱۹]. این کتاب راهنما یک پایگاه اطلاعاتی قابلیت اطمینان وسیعی را برای اجزاء الکترونیک قدرت فراهم می نماید. این پایگاه اطلاعات، در این کار برای ارزیابی نرخ خرابی اجزاء الکترونیک قدرت استفاده شده است.

- *پنل خورشیدی*

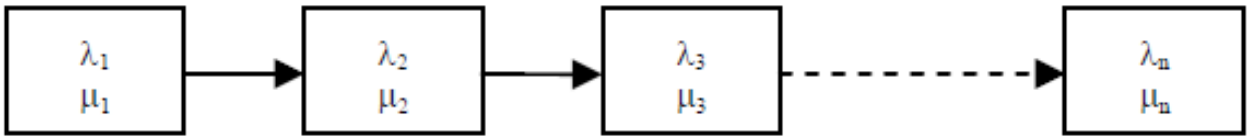
یک پنل خورشیدی از تعدادی از آرایه خورشیدی تشکیل شده است. این سلول‌های خورشیدی قابلیت اطمینان بالایی دارند و اغلب سازندگان، گارانتی را از ۲۰ تا ۲۵ سال برای سلول های خورشیدی پیشنهاد می کنند. از اینرو ضروری نیست تا این ابزار در ساختمان جدول COPT ملاحظه گردد.

- *خازن خط dc*

این ابزار جزء بسیار مهمی است، بطوری که آن منتهی به خرابی سیستم PV می گردد(خرابی سیستم PV را موجب می شود). مواد مختلف می توانند سبب شوند تا یک ظرفیت خازنی مانند خازن الکترولیتی، کاغذی، لایه (نازک) پلاستیکی، تانتال (شیمی؛Ta) و سرامیک ساخته شود [۲۰]. خازن الکترولیتی در این کار مطالعه شده است. اندوکانس به دلیل نرخ خرابی پایین مورد بررسی قرار نگرفته است [۲۱]. روش پیش‌بینی کردن، برای ارزیابی نرخ خرابی، می تواند درMIL-HDBK-271 یافت شود [۱۹]. آرایش نرخ خرابی برای خازن در جدول ۱ نشان داده شده است [۲۲ تا ۲۴]. n تعداد کلی اجزاء در سیستم است؛ λ_{base} نرخ خرابی پایه برای ظرفیت خازنی است که آن هم 0.0314 occur/y است؛ π_E اثری از تنش محیط زیستی است که آن هم ۱ است؛ π_Q ضریب کیفیت است که آن هم ۱ است؛ و T_j دمای اتصال(دو بخش نیمه رسانا) که آن هم $50\ ^0C$ است.

- *اینورتر*

اینورتر با منبع ولتاژ ۲ سطح و ۳ فاز، دراین مقاله استفاده شده است. این اینورتر ۶ سوئیچ و دیود دارد. این کار، هر ابزاری را داخل اینورتر بصورت یک ضریب عمده‌ی خرابی مورد مطالعه قرار می دهد. بلوک دیاگرام قابلیت اطمینان (RBD) [۲۵و۲۶] در این مقاله مورد استفاده قرار است. در این تکنیک، سوئیچینگ و دیودها در حالت سری متصل شده اند و این معروف به RBD سری است که بصورت شکل ۶ نشان داده شده است. نرخ خرابی اینورتر (λ_{inv}) می تواند با استفاده از رابطه‌ی (۱۰) تعریف شود. روش پیش بینی شده است تا ارزیابی کند نرخ خرابی هر جزء را که می تواند درMIL-HDBK-271 یافت شود [۱۹].



شکل۶: پیکر بندی کلی حالت سری با n زیر سیستم

➢ دیود

آرایش نرخ خرابی برای دیود، در جدول۱ نشان داده شده است [۲۲تا۲۴]. n تعداد کلی اجزاء در یک سیستم است؛ λ_{base} نرخ خرابی پایه برای دیود است که آن هم 0.025 occur/y است؛ π_E اثری از تنش محیط زیستی است که آن هم ۶ است؛ π_s ضریب تنش الکتریکی است؛ ولتاژ عملیاتی و ولتاژ مجاز، به ترتیب 607 V و 690 V هستند؛ π_Q ضریب کیفیت است که آن هم ۵,۵ است؛ π_j ضریب تتنش حرارتی است؛ T_j دمای اتصال(دو بخش نیمه رسانا) که آن هم $50\ ^0C$ است؛ و π_c ضریب ساختمان اتصال است که آن هم ۱ است.

➢ سوئیچ

نرخ خرابی سوئیچ در جدول ۱ شرح داده شده است. λ_{base} نرخ خرابی پایه برای سوئیچ است که آن هم *0.012 occur/y* است؛ π_E اثری از تنش محیط زیستی است که آن هم ۶ است؛ π_Q ضریب کیفیت است که آن هم ۵,۵ است؛ π_A اثری از تنش محیط زیستی است که آن هم ۱۰ است، از وقتی که توان مجاز از 250 W بیشتر شود؛ π_j ضریب تتنش حرارتی است؛ و T_j دمای اتصال(دو بخش نیمه رسانا) که آن هم $50\ ^0C$ است. نرخ خرابی کل اینورتر برابر 0.4328 occur/y است.

جدول۱: معادلات نرخ خرابی

Components	Failure Rate (λ)	
Capacitor	$\lambda_{cap} = n * \lambda_{base} * \pi_{cv} * \pi_Q * \pi_E * \pi_T$	$\pi_{cv} = 0.34 * C^{0.18}$ $\pi_T = \exp^{-4061.74*(\frac{1}{T_j+273}-\frac{1}{198})}$
Diode	$\lambda_{diode} = n * \lambda_{base} * \pi_s * \pi_Q * \pi_E * \pi_T * \pi_c$	$\pi_T = \exp^{-3091*(\frac{1}{T_j+273}-\frac{1}{198})}$ $\pi_s = \begin{cases} 0.054 & ----V_S \le 0.3 \\ V_s^{2.43} & ----0.3 \le V_s \le 1 \end{cases}$ $V_s = \frac{OperatingVolatge}{RtaedVoltage}$
Switch	$\lambda_{switch} = n * \lambda_{base} * \pi_A * \pi_Q * \pi_E * \pi_T$	$\pi_T = \exp^{-1925*(\frac{1}{T_j+273}-\frac{1}{198})}$

➢ *ترانسفورمر و بریکر جریان AC*

پایگاه اطلاعات قابلیت اطمینان تهیه شده توسط [۲۷] برای محاسبه احتمالات موفقیت و شکستِ این اجزاء استفاده شده است.

سه نوع از مدل های قابلیت اطمینان سیستم در سطح وجود دارد: روش‌های بخشی شمارش، مدل های ترکیبی و مدل‌های فضای حالت. روش بخشی شمارش در این پروژه اجرا شده است بصورتی که این روش می تواند تکامل قابلیت اطمینان کافی را فراهم کند. برای اعمال مدل بخشی شمارشی، سه فرض مورد مطالعه قرار گرفته اند: اگر هر جزء یا زیر سیستم شکست کند سیستم شکست خواهد خورد، نرخ خرابی هر جزء در طول مدت زمان عمر مفید ثابت باقی بماند، و سرتاسر سیستم بصورت سری در ساختار RBD رفتار کند. احتمالات حالت‌های up (P_{up}) و down (P_{down})می تواند با استفاده از رابطه‌های (۱۱) و (۱۲) ارزیابی گردد.

(۱۱)

(۱۲)

اطلاعات قابلیت اطمینان در مورد اجزاء سیستم PV رایج، در جدول ۲ نشان داده شده است. احتمالات حالت‌های Up و Down سیستم PV در جدول۳ نشان داده شده است. سپس این جدول با مدل نشان داده شده در شکل۵ ترکیب شده است تا سرتاسر مدل سیستم PV مرکزی را بسازد. این مدل نشان دهنده مدل چند حالتی از توان خروجیِ سیستم PV مرکزی است که محتوی ضریب‌های شکست جزئی است.

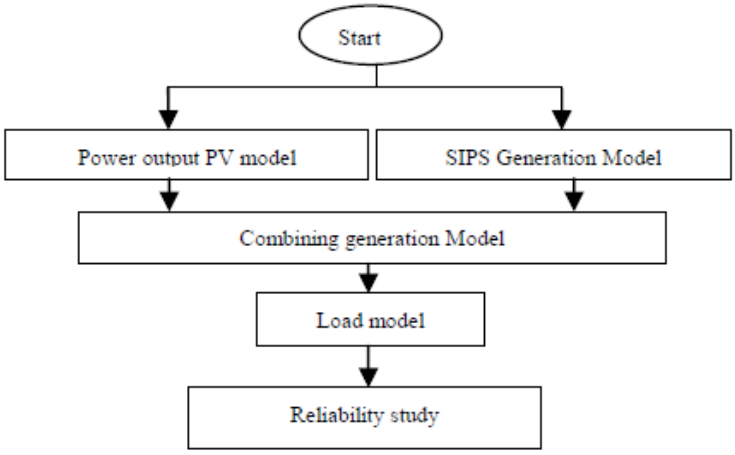
جدول۲: اطلاعات شکست و تعمیر

Parameters	Value	Description	Component
λ_{cap} (f/y)	0.9349	Failure Rate	Capacitance
r_{cap} (Hours)	100	Repair Time	
λ_{diode} (f/y)	0.0149	Failure Rate	Diode
r_{diode} (Hours)	96	Repair Time	
λ_{switch} (f/y)	0.0572	Failure Rate	IGBT
r_{switch} (Hours)	513	Repair Time	
$\lambda_{AC\ Breaker}$ (f/y)	0.003	Failure Rate	Circuit Breaker
$r_{AC\ Breaker}$ (Hours)	54	Repair Time	
$\lambda_{AC\ Switch}$ (f/y)	0.006	Failure Rate	AC Switch
$r_{AC\ Switch}$ (Hours)	24	Repair Time	
$\lambda_{Transformer}$ (f/y)	0.006	Failure Rate	Transformer
$r_{Transformer}$ (Hours)	168	Repair Time	

جدول۳: مدل دو حالته از اجزاء سیستم PV مرکزی

States	Probability
Up	0.9688
Down	0.0312

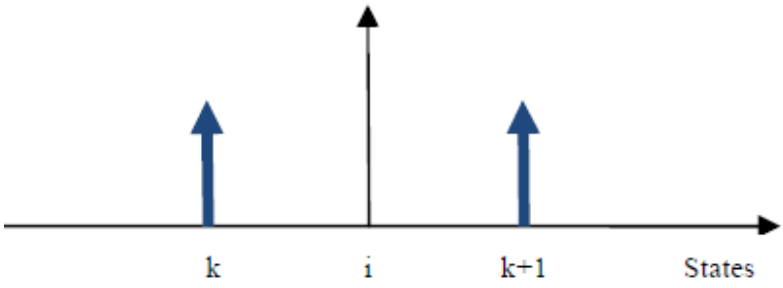
فرایند ارزیابی سهم قابلیت اطمینان ازPV در SIPS بطور خلاصه در فلوچارت بیان شده و در شکل۷ نشان داده شده است.



شکل۷: فلوچارتی ازگام‌های ارزیابی

۴- روش تقلیل(ساده سازی)

یک مدل کاهشی ساده شده با استفاده از روش گرد کردن [۲۰] در این کار بکا ررفته است تا چند حالت مدل از سیستم PV کم کند بوسیله‌ی کاستن قابل قبول تعداد حالت‌های مجاز(غیر مجاز). این تکنیک مبتنی بر اشتراک نسبی از احتمالات است. شکل۸ مدل فیزیکی را از روش گرد کردن نشان داده است. معادله ۱۳ و ۱۴ محاسبات ریاضیاتی را از احتمالات حالت های جدید بیان می کند. که در آن P احتمال حالت انتخاب شده و C ظرفیت درW است.



شکل۸: بلوک دیاگرام اینورتر قدرت مرکزی

(۱۳)

(۱۴)

در این مطالعه، اثر کفایت اضافه کردن 15 kW از ظرفیت PV برای اینکه SIPS با استفاده از مدل‌های چند حالته PVCS متفاوت، تجزیه و تحلیل شود. LOLE سیستم سالانه برای پیک 80 kW در این گام مورد استفاده شده است. جدول۴ نشان می‌دهد که نوسانات LOLE اندکی بخاطراستفاده از تعداد متفاوتی از حالت ها است. این مطالعه همچنین نشان می دهد که استفاده از مدل دو حالته تخمین بدبینانه ای را از کفایت سیستم فراهم می‌کند. نتایج به وضوح نشان می دهد که نمایش مدل۵ حالته تخمین مناسبی را از کفایت سیستم فراهم می‌کند.

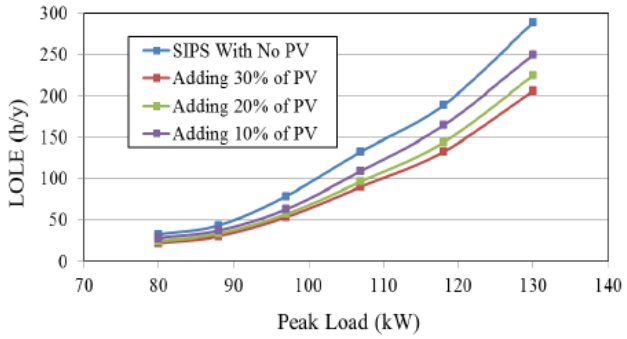
States	LOLE (h/y)
Original States (22-states)	28.0122
20-states	27.9911
18-States	28.0204
16-states	28.107
12-states	28.3231
9-states	28.6038
7-states	28.611
5-states	28.9948
4-states	30.5038
3-states	31.6377
2-states	22.8800

جدول۴: فهرست راهنمای سیستم سالانه برای روش کاهشی

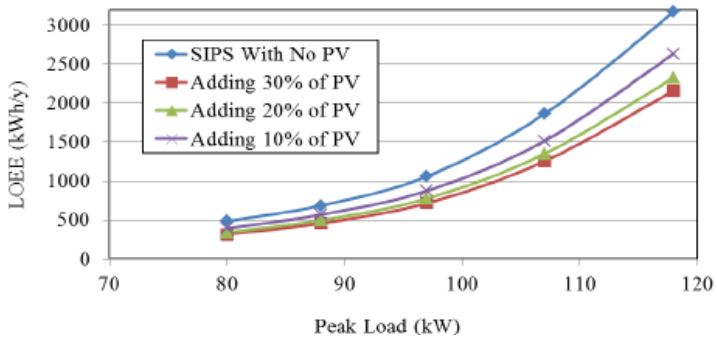
۵- مورد مطالعاتی (case study)

این کار، تقاضایی را از مدل توسعه داده شده در SIPS شامل یک سیستم PV، مطرح می کند. کفایت سیستم مربوط به LOLE و LOEE، با توجه به مطالعه‌های مختلف محاسبه شده‌اند. اثر تغییر بار پیک سیستم و ظرفیت PV نصب PV بر روی LOLE و LOEE محاسبه شده اند. در این مطالعه، بار پیک از80 kW تا118 kW تغییر کرده است. کفایت های سیستم درباره‌ی LOLE و LOEE، قبل از اضافه کردن سیستم PV به ترتیب 32.26 h/y و 483.46 h/y هستند. مزرعهPV به SIPS متصل شده است تا سهم قابلیت اطمینان سیستم را همراه با اضافه کردن PV بررسی کند. سه ظرفیت نصبی PV متفاوت در این کار سنجیده شده اند. نتایج این تجزیه و تحلیل‌ها در شکل۹ و ۱۰ نشان داده شده‌اند. بطور واضح، این دو شکل خارج از این

نکته که سطح ریسک سیستم مانند بار پیک افزایش می یابد. علاوه بر این، بهسازی در کفایت سیستم همراه با اضافه کردن سیستم PV بیشتر، وجود دارد.

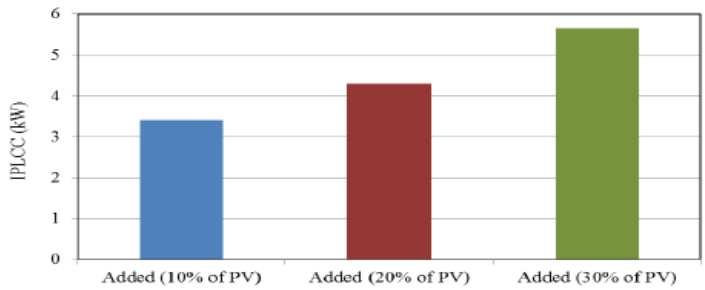


شکل۹: بار پیک سیستم همراه با سطح ریسک سیستم مربوط به LOLE



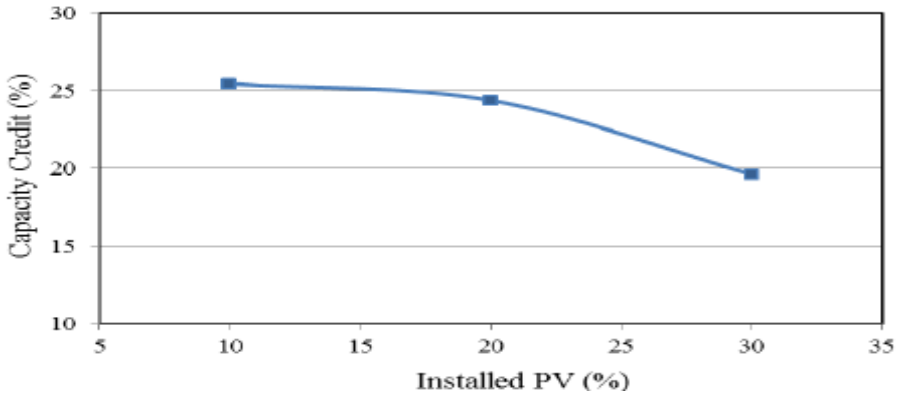
شکل۱۰: بار پیک سیستم همراه با سطحریسک سیستم مربوط به LOEE

مزیت‌های سیستم در قالبی از IPLCC، در این مطالعه تجزیه و تحلیل شده‌اند تا اثر کفایت سیستم را در مورد نصب ظرفیت سیستم PV متفاوت، مقایسه کند. همان سیستم تستی که در مطالعه موردی قبلی استفاده شد ، در این مورد نیز بکار گرفته شده است. بار پیک سیستم در 80 kW ثابت شده است و محدوده‌ی ظرفیت سیستمPV متفاوت، از ۱۰٪ تا ۳۰٪ برای SIPS بکار رفته است. آن می تواند از شکل۱۱ مشاهده شود که در آنجا، مزیت قابلیت حمل کردن بار بواسطه‌ی افزایش بار است. مطالعه نشان می دهد که سیستم ترکیب شده از SIPS وPV، حمل می کند بار پیک را از3.4 ، 4.3 و 5.6 kW به همراه افزایش 15، 30 و 45 kW از سیستم‌های PV است. نتایج ثابت کردند که بهسازی در کفایت سیستم همراه با نصب سیستم PV بیشتر، برای SIPS، وجود دارد.



شکل۱۱: قابلیت حمل بار پیک بطور منظم (incremental) در ظرفیت PV متفاوت.

اثربر روی موجودی(اعتبار) ظرفیت(های)PV از ظرفیت(های) PV نصب شده‌ی گوناگون، محاسبه شده‌اند. سطح ظرفیتPV نصب شده15، 30 و 45 kW متناظر با تقریباً بترتیب، ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ از ظرفیت SIPS مطالعه شده می‌باشد. نتایج شکل۱۱ برای تخمین C.C مربوط به استفاده‌یPV (معادله)، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. شکل۱۲ C.C را در مورد PV نشان می‌دهد. سهم کفایت سیستم نسبی، نظر به اینکه توسط کاهش C.C اندازه گیری شده، همانطورکه ظرفیتPV بیشتری نصب شده است.



شکل۱۲: اعتبار ظرفیت برای سه PV اضافه شده متفاوت.

۶- نتیجه گیری

این کار یک تکنیک کابردی را برای تحلیل قابلیت اطمینانِ اینورترPV مرکزی، فراهم کرده است و می تواند برای توپولوژی‌های دیگرPV قابل اطلاق باشد. یک مدل قابلیت اطمینان توسعه یافته از سیستمPV، در این پروژه ارائه و مطرح شده است. این مدل شامل همه‌ی اجزاء الکتریکی بحرانی در سیستمPV می‌باشد. مقدار ظرفیت و قابلیت اطمینان در مورد مزیت مزرعهPV تجزیه و تحلیل و تعریف شده است. میزان تغییر درLOLE برای مدل چند حالتهPV متفاوت بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل۵ حالته، مدل کاهشی متعادلی

است تا برای تخمین قابلیت اطمینان سیستم استفاده شود. بهبود در قابلیت اطمینان همراه با افزایش توان خورشیدی برای سیستم انرژی الکتریکی وجود دارد. با این حال، این بهبود در درصدِ حتمی از توان خورشیدی کاسته می شود.