همایش ملی انرژی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر
آذر ۱۳۹٤

افزایش قابلیت اطمینان فیدر بحرانی کهندژ با استفاده از منابع تولید پراکنده

احسان صدرالدین[۱] ، جواد پورآباده[۲]، مسعود عموهادی[۳]

* نویسنده مسئول: Pourabadeh@iaukhsh.ac.ir

چکیده

با تجدید ساختار سیستم های قدرت، استفاده از منابع تولید پراکنده به عنوان یکی از راه های موثر تامین انرژی الکتریکی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. این منابع می توانند زمینه ساز تعامل تولید کنندگان خرد در بازار های برق باشند و در صورت استفاده از انرژی های تجدید پذیر نیز منافع زیست محیطی فراوانی را فراهم آورند. از آنجا که منابع تولید پراکنده، معمولا به شبکه های توزیع متصل می‌گردند که محل وقوع بیشترین خطای منجر به قطع برق مشترکین است، مطالعه و ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه های توزیع با وجود این منابع ضرورت می یابد. در این مقاله ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه توزیع (فیدر بحرانی کهندژ) در شرایط بهره برداری از انواع منابع تولید پراکنده مورد بررسی قرار گرفته است و روشی برای برآورد قابلیت اطمینان در حضور منابع میزان تولید معین و امکان اتصال دائمی به شبکه را دارا هستند پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی

شبکه توزیع ، قابلیت اطمینان، منابع تولید پراکنده ، روش تحلیلی

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

۲- استادیار، دانشکده برق، دانشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

۳-استادیار، دانشکده برق، دانشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

۱- مقدمه

در سیستم‌های بهم پیوسته برق، با توجه به صرفه‌جویی‌های مقیاس(Economies of Scale)،تولید انرژی الکتریکی بصورت مرکزی و توسط نیروگاه‌های بزرگ صورت می‌گیرد. در سال‌های اولیه پیدایش سیستم‌های بهم پیوسته، معمولاً سیستم با رشد سالانه حدود ۶ الی ۷ درصدی در مصرف انرژی الکتریکی مواجه بود. در دهه ۱۹۷۰ مباحثی از قبیل بحران نفتی و مسائل زیست‌محیطی مشکلات جدیدی را برای صنعت برق مطرح نمودند، به‌گونه‌ای که در دهه ۱۹۸۰ این فاکتورها و تغییرات اقتصادی، منجر به کاهش رشد بار به حدود ۱/۶ الی ۳ درصد در سال شدند. در همین زمان هزینه انتقال و توزیع انرژی الکتریکی نیز به طرز قابل توجهی افزایش یافت. لذا تولید مرکزی توسط نیروگاه‌های بزرگ، اغلب به دلیل کاهش رشد بار، افزایش هزینه انتقال و توزیع، حاد شدن مسائل زیست محیطی و تغییرات تکنولوژیکی و قانون‌گذاری‌های مختلف غیر عملی شدند.

در دهه‌های اخیر، تجدید ساختار صنعت برق و همچنین خصوصی‌سازی این صنعت، مطرح و در برخی کشورها اعمال گشته است. طی این مدت، به خاطر بالا بردن بازده بهره‌برداری و تشویق سرمایه‌گذاران، صنعت برق دستخوش تغییرات اساسی از لحاظ مدیریت و مالکیت گردیده است، به طوریکه برای ایجاد فضای رقابتی مناسب، بخش‌های مختلف آن از جمله تولید، انتقال و توزیع از هم مستقل گردیده‌اند. در محیط تجدید ساختار یافته صنعت برق، متقاعد نمودن بازیگران بازار به سرمایه‌گذاری در پروژه‌های چندین میلیارد دلاری تولید و انتقال توان آسان نیست.

۲- تعریف تولید پراکنده

تعاریف مختلفی برای تولیدات پراکنده بکار رفته است، ولی تعریف جامع و بدون محدودیت آن، عبارت است از "منبع انرژی الکتریکی که مستقیماً به شبکه توزیع و یا سمت مصرف‌کننده وصل می‌گردد." مقادیر نامی این تولیدات متفاوت است، ولی معمولاً ظرفیت تولید آن‌ها از چند کیلووات تا حدود ۱۰ مگاوات می باشد. این واحدها در پست‌ها و در فیدرهای توزیع، در نزدیکی بارها قرار می گیرند [۱].

مولدهای تولید پراکنده، صرف‌نظر از نحوه تولید توان آن‌ها، نسبتاً کوچک بوده و ظرفیت آن‌ها معمولاً کوچکتر از MW ۳۰۰ می باشد و مستقیماً به شبکه توزیع وصل می شوند [۲].

۳- اهداف استفاده از تولیدات پراکنده

اهداف استفاده از تولیدات پراکنده از دید شرکت توزیع و از دید مشترک متفاوت است.

در واقع اگر مالک DG شرکت توزیع باشد، اهداف مورد نظر می‌تواند آزادسازی ظرفیت شبکه توزیع، بهبود قابلیت اطمینان سیستم، تولید همزمان برق و حرارت، بهبود کیفیت توان و پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات باشد.

اگر مالکیت DG در اختیار مشترک باشد، این اهداف می‌تواند فروش برق و شرکت در بازار انرژی، فروش برق به عنوان سرویس جانبی، بهبود قابلیت اطمینان خود و یا تشویق‌های دریافتی از شرکت توزیع و ... باشد منابع تولید پراکنده می توانند به دو صورت جدا از شبکه و یا متصل به شبکه بهره برداری شوند که در ادامه مورد بررسی قرار می گیرند.

متأسفانه چون مالکیت بیشتر تولیدات پراکنده در اختیار مشترکین می‌باشد، لذا شرکت‌های توزیع کنترل کمتری

روی اندازه و محل نصب تولیدات پراکنده دارند. در نتیجه برای جلوگیری از تأثیرگذاری منفی تولیدات پراکنده بر پارامترهای مختلف سیستم، باید یک استاندارد کلی و جامع برای کنترل، نصب و جایابی این تولیدات وجود داشته باشد [۳].

بطور کلی هدف از استفاده از منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع، تأمین تمام یا قسمتی از توان مصرفی شبکه بصورت تمام وقت یا پاره وقت می‌باشد که در این میان هدف اصلی تولید توان اکتیو است[۱] .

۴- علل رویکرد به منابع تولید پراکنده

در ساختار قدیم صنعت برق در کشورهای پیشرفته و وضعیت موجود بسیاری از کشورها، وظایف تولید، انتقال و توزیع توان بر عهده شرکت‌های برق مجتمع (VIU)بود. افزایش میزان تقاضای توان در چند سال اخیر، در بسیاری از کشورها موجب شد که این شرکت‌ها نتوانند به صورت مؤثر، جوابگوی این میزان تقاضای زیاد باشند. در نتیجه خاموشی، قطع برق و معیوب شدن تجهیزات و ... در بسیاری از کشورها، به‌ویژه ایالات متحده صورت گرفت و به تبع آن قیمت‌ها در دوره‌های پیک به شدت بالا رفت. این در حالی بود که همراه با رشد اقتصادی کشورها که منجر به افزایش میزان انرژی مورد نیاز آن‌ها بود، مسأله کیفیت توان و قابلیت اطمینان آن نیز اهمیت پیدا نمود.

علاوه بر این، بحران نفت در سال ۱۹۷۳ موجب شد که بسیاری از کشورهایی که در صنعت خود به سوخت‌های فسیلی وابسته بودند، در پی یافتن جایگزینی مناسب برای این سوخت‌ها باشند. همچنین با افزایش آگاهی عمومی در مورد مسائل زیست محیطی، یافتن جایگزینی مناسب برای سوخت‌های فسیلی اهمیت بیشتری پیدا کرد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انرژی خورشید، باد، آب، بیوماس، زمین‌گرمایی و ... که از نظر زیست محیطی تمیز بوده، می‌توانند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی باشند. بدین‌ترتیب عواملی مانند تجدید ساختار صنعت برق، نیاز به افزایش ظرفیت سیستم و پیشرفت تکنولوژی‌ها به‌طور همزمان، پایه و اساس معرفی تکنولوژی‌های تولید پراکنده می‌باشند [۴].

عوامل محرک فراوانی باعث افزایش تمایل به کارگیری سیستم‌های تولید پراکنده شده است که به طور کلی این عوامل را می‌توان در پنج گروه به شرح زیر تقسیم‌بندی نمود[۵]:

۱- پیشرفت‌های صنعتی چشمگیر در ساخت و بکارگیری تکنولوژی‌های مرتبط

۲- محدودیت‌ها موجود در احداث خطوط انتقال نیرو

۳- ورود بحث بازار برق و مسائل مرتبط با آن در سیستم قدرت

۴- افزایش تقاضای مشترکین برای سرویس با قابلیت اطمینان بالا

۵-حساسیت بالا در خصوص آلودگی‌های محیط زیست

۵- مزایای اقتصادی DG از دید شرکت توزیع الکتریکی

۱-جلوگیری از افزایش ظرفیت شبکه: DG به عنوان یک منبع کمکی و اضافی به تأمین انرژی می‌پردازد و لذا می‌تواند تا حدودی شرکت توزیع را از ایجاد سیستم جدید تولید، انتقال و توزیع بازدارد.

۲- کاهش تلفات الکتریکی در بخش انتقال و توزیع: با نصب DG، شبکه انتقال و توزیع به منظور حمل و ارائه انرژی به مشترکین کوچکتر شده و لذا تلفات نیز کاهش می‌یابد.

۳- به تأخیر انداختن و به روزآوری شبکه‌های انتقال و توزیع: با استفاده از DG، شرکت‌های توزیع می‌توانند جوابگوی رشد بار بوده و لذا با تأخیر زمانی نسبت به بهبود ظرفیت اقدام کنند.

۴- تأمین توان راکتیو: برخی تکنولوژی‌های DG مانند موتورهای رفت و برگشتی می‌توانند تولید توان راکتیو کنند. این امر سبب کمک به تقویت و پایداری ولتاژ شبکه می‌شود.

۵- کاهش تراکم دیماند و انتقال انرژی: با نصب سیستم تولید توان در محل مصرف و یا نزدیک به آن، طول مؤثر شبکه انتقال و توزیع افزایش می‌یابد و ظرفیت شبکه برای جوابگویی به سایر مشترکین آزاد می‌شود.

۶- پیک سائی: DG می‌تواند سبب کاهش دیماند مشترکین در ساعات اوج مصرف شود که این امر سبب کاهش هزینه‌ها خواهد شد.

۷- کاهش حاشیه رزرو: با نصب DG میزان دیماند کلی شبکه پایین آمده و ظرفیت تولید بهبود می‌یابد و لذا نیاز به رزرو کمتری در شبکه است.

۸- بهبود کیفیت توان: با نصب DG، اثرات منفی کیفیت توان از جمله ولتاژ و فرکانس نامطلوب در شبکه کاهش می‌یابد.

۹- افزایش قابلیت توان: استفاده از DG می‌تواند سبب کاهش و یا حذف خاموشی در نقاط معینی از شبکه توزیع شود [۶].

۶- بررسی قابلیت اطمینان در سیستم‌های تولید پراکنده

بخش تولید (HLI)

در برنامه‌ریزی تولید باید هم به میزان ظرفیت مورد نیاز و هم به زمان نصب آن در سیستم توجه داشت، طوری که در آینده، هم بار پیش‌بینی شده تأمین شود و هم ذخیره کافی برای جایگزینی واحدهایی که برای تعمیرات اصلاحی و یا پیشگیرانه از مدار خارج می‌شوند، وجود داشته باشد. این مطلب، اساس مطالعات HLI است. در این مطالعات، توانایی سیستم برای رساندن انرژی به بخش توزیع یا مصرف‌کنندگان نهایی در نظر گرفته نمی‌شود. در گذشته، میزان ذخیره موSرد نیاز با توجه به درصد مشخصی از بار، با ظرفیت بزرگترین واحدها، یا تلفیقی از هر دو تعیین می‌شد. در حال حاضر می‌توان (و در مواردی باید) روش‌های احتمالی را جایگزین معیارهای قطعی ذکر شده کرد تا با استفاده از آن‌ها بتوان عوامل تصادفی مؤثر برقابلیت اطمینان سیستم را لحاظ کرد.

در اینجا تلاش می‌شود تا با ارائه یک مثال، تأثیر تولیدات پراکنده بر قابلیت اطمینان بخش تولید (مطالعات HLI) نشان داده شود. همانطور که پیش از این نیز گفته شد، در مطالعات HLI، شبکه‌های انتقال و توزیع نادیده گرفته می‌شوند (یا به عبارت دیگر کاملاً مطمئن فرض می‌شوند) و از این‌رو، می‌توان تمام تولیدات موجود در سیستم قدرت را (اعم از اینکه به شبکه انتقال متصل شده باشد یا به شبکه توزیع) در این مطالعات به صورت یکجا در نظر گرفت. از دید مطالعات HLI، گسترش تولیدات پراکنده بدین معنا

است که "به جای اینکه بار سیستم توسط تعدادی نیروگاه بزرگ تأمین شود، با تعداد زیادی از واحدهای DG کوچک تأمین گردد."

سیستمی با بار ثابت ۱۱ هزار مگاوات مفروض است که تولید آن شامل ۱۲ واحد هزار مگاواتی است. (به این ترتیب ذخیره سیستم هزار مگاوات خواهد بود). می‌توان حالت دیگری را در نظر گرفت که بار همین سیستم با استفاده از واحدهای کوچکتر ۲۰۰ مگاواتی تأمین شود. فرض می‌شود که در هر دو حالت نرخ خروج اضطراری واحدها ۲٪ باشد (یعنی هر واحد فقط در ۲٪ مواقع آماده کار نمی‌باشد). نتایج این مثال در جدول (۴-۲) خلاصه شده‌است.

جدول (۱) تأثیر تولیدات پراکنده در مطالعات HLI

	بار سیستم - ۱۱ هزار مگاوات			
حالت	ظرفیت هر واحد (مگاوات)	تعداد واحدها	ذخیره (مگاوات)	احتمال قطع بار (درصد)
A	۱۰۰۰	۱۲	۱۰۰۰	۲/۳۱
B	۲۰۰	۵۶	۲۰۰	۳۰/۸۷
C	۲۰۰	۵۷	۴۰۰	۱۰/۵۹
D	۲۰۰	۵۸	۶۰۰	۲/۷۳
E	۲۰۰	۵۹	۸۰۰	۰/۶۵

در این جدول، قابلیت اطمینان سیستم بر حسب *LOLP* یا احتمال از دست رفتن بار تعیین شده است. ملاحظه می‌شود که با افزایش تعداد واحدها در حالت‌های B تا E، ذخیره سیستم افزایش یافته و *LOLP* کاهش می‌یابد. در حالت E به ازای وجود ۸۰۰ مگاوات ذخیره در سیستم، *LOLP* برابر با ۰/۶۵٪ است، در حالی که در حالت A به ازای وجود ۱۰۰۰ مگاوات ذخیره در سیستم، *LOLP* برابر با ۲/۳۱٪ است. در این جدول، احتمال قطع بار با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$LOLP = 100\left[(1-U)^n + nu(1-U)^{n-1} + \frac{n(n-1)}{2}U^2(1-U)^{n-2} + \cdots + \frac{n(n-1)\cdots(n-m)}{m(m-1)\cdots 1}U^m(1-U)^{n-m}\right]$$

که در این رابطه *LOLP* احتمال قطع بار، *U* عدم آمادگی یا نرخ خروج اضطراری واحد، *n* تعداد کل واحدهای نصب شده در سیستم و *m* ماکزیمم واحدهایی که می‌توانند در وضعیت آماده باشند تا سیستم کماکان قادر به تأمین بار مورد نظر باشد.

با این بررسی ساده به نظر می‌رسد که تمایل موجود در محیط رقابتی برای احداث واحدهای کوچکتر، می‌تواند به افزایش سطح قابلیت اطمینان سیستم منجر شود (حتی به ازای وجود ذخیره کمتر در سیستم).

عامل دیگری نیز که می‌تواند این نتیجه‌گیری را تقویت کند، این پیش‌بینی است که با توجه به فن‌آوری جدیدتر واحدهای تولیدی کوچک، آمادگی آن‌ها از واحدهای بزرگ قبلی بیشتر است.

ویژگی مهم سیستم‌های توزیع نیرو، تماس مستقیم آن‌ها با مشترکین و مصرف کنندگان برق است. این ویژگی، تأثیر خود را در تعریف شاخص‌های قابلیت اطمینان این سیستم‌ها نیز نشان داده است (این شاخص‌ها عمدتاً از دید مشترکین تعریف می‌شوند). لازم به ذکر است که در محاسبه این شاخص‌ها سه پارامتر نقش اصلی را ایفا می‌کنند:

λ نرخ خرابی (بر حسب تعداد خرابی در هر سال)، r متوسط دوره خرابی یا زمان تعمیر (بر حسب ساعت) و U عدم آمادگی (بر حسب ساعت در هر سال).

شاخص‌ها عبارتند از: شاخص‌متوسط تعداد خاموشی‌های سیستم (*SAIFI*)، شاخص‌متوسط مدت خاموشی در سیستم (*SAIDI*)، شاخص متوسط تعداد خاموشی‌های مشترک (*CAIFI*)، شاخص متوسط مدت خاموشی هر مشترک (*CAIDI*)، شاخص متوسط آمادگی سرویس (*ASAI*) و متوسط انرژی تأمین نشده مورد انتظار (*AENS/EENS*).

این شاخص‌ها در جدول (۲) تعریف شده‌اند. لازم به ذکر است که این شاخص‌ها را می‌توان برای کل سیستم توزیع یا هر کدام از بخش‌های آن و یا حتی برای یک فیدر بخصوص محاسبه[۷].

جدول(۲) تعریف شاخص‌های قابلیت اطمینان

شاخص	تعریف
SAIFI	متوسط تعداد خاموشی‌ها به ازای هر مشترک سیستم در طول سال.
CAIFI	متوسط تعداد خاموشی‌ها به ازای هر مشترک خاموش شده در طول سال.
SAIDI	متوسط مدت خاموشی‌ها به ازای هر مشترک سیستم در طول سال.
CAIDI	متوسط مدت خاموشی‌ها به ازای هر مشترک خاموش شده در طول سال.
ASAI	نسبت کل مشترک- ساعت آمادگی سرویس در طول سال به کل مشترک- ساعت مورد تقاضا.
ASUI	۱-*ASAI*
AENS	متوسط انرژی تأمین نشده به ازای هر مشترک سیستم در طول سال.

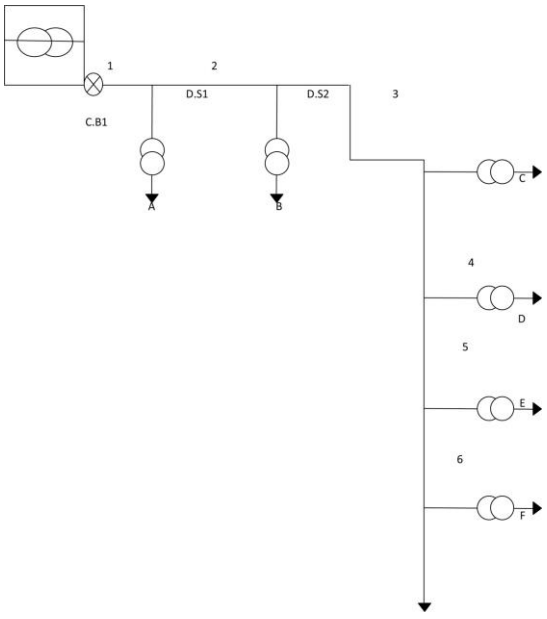
در این مقاله به بررسی دو عدد از شاخص‌های مهم در قابلیت اطمینان (SAIDI, CAIDI) در فیدر بحرانی طالقانی می پردازیم. این فیدرها در حالت های مختلف مورد بررسی قرار می گیرند که حالت اول فقط با حفاظت فیوز مورد بررسی قرار می گیرد که حالت اول فقط با حفاظت فیوز مورد بررسی قرار می گیرد و در حالت های بعد با اضافه کردن دیگر المان ها و همچنین منابع تولید پراکنده به عنوان فیدر پشتیبان قابلیت اطمینان شبکه مورد بررسی قرار می گیرد و شاهد بهبود شاخص های قابلیت اطمینان هستیم. شبکه توزیع زیر دارای اطلاعات بار و خطاهای ثبت شده سیستم مطابق جداول زیر می باشد:

جدول(۳): جدول اطلاعات شبکه (۱)

نقطه بار	تعداد مشترکین	متوسط کل بار
۱	۱۰۰۰	۵۰۰۰
۲	۸۰۰	۳۶۰۰
۳	۶۰۰	۲۸۰۰
۴	۸۰۰	۳۴۰۰
۵	۵۰۰	۲۴۰۰
۶	۳۰۰	۱۸۰۰
	۴۰۰۰	۱۹۰۰۰

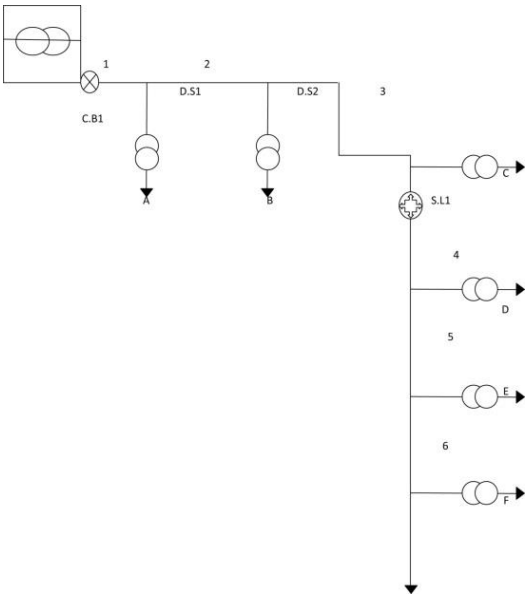
جدول (۴): جدول اطلاعات شبکه (۲)

میزان بار	تعداد مشترکین قطع شده	نقاط بار قطع شده	شماره خطا	
	۳۶۰۰	۸۰۰	۲	۱
	۲۸۰۰	۶۰۰	۳	
	۱۸۰۰	۳۰۰	۶	۲
	۲۸۰۰	۶۰۰	۳	۳
	۲۴۰۰	۵۰۰	۵	۴
	۱۸۰۰	۳۰۰	۶	
	۱۵۲۰۰	۳۱۰۰		



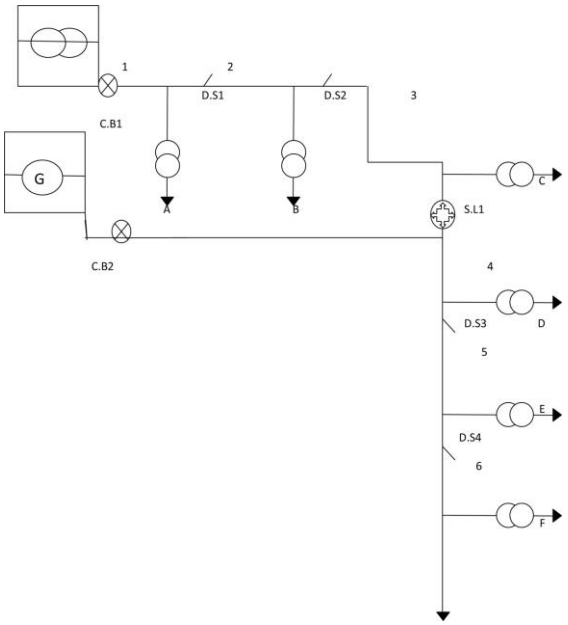
شکل (۱) شمای کلی فیدر پست کهندژ با حفاظت فیوز

با توجه به جدول (۱) در پیوست شاخص‌های SADI و CAIDI برابر با ۷/۰۸ و ۹/۱۳ می‌باشد.



شکل (۲) شمای کلی فیدر پست کهندژ همراه با سکشن لایزر

با توجه به جدول (۲) در پیوست شاخص‌های SADI و CAIDI برابر با ۵/۶۵ و ۶/۷ می‌باشد.



شکل (۳) شمای کلی فیدر پست کهندژ همراه با منابع تولید پراکنده و حفاظت های سکسیونر و سکشن لایزر

با توجه به جدول (۳) در پیوست شاخص‌های SADI و CAIDI برابر با ۲/۹۷ و ۳/۸۴ می‌باشد.

همان طور که مشاهده کردید و با توجه به جدول‌های ۱ و ۲ و ۳ در پیوست، شاخص‌های قابلیت اطمینان در فیدر کهندژ بهبود یافت. نتایج حاصل طبق جدول زیر می‌باشد.

جدول (۵)

	CAIDI	SADI
با حفاظت فیوز	۹/۱۳	۷/۰۸
با اضافه شدن سکشن لایزر	۶/۷	۵/۶۵
با اضافه شدن منابع تولید پراکنده	۳/۸۴	۲/۹۷

۷- نتیجه گیری

طبق محاسبات انجام شده، به این نتیجه می‌رسیم که شاخص‌های قابلیت اطمینان بهبود یافت و منابع تولید پراکنده باعث افزایش قابلیت اطمینان شد.

پیوست

جدول(۱) حفاظت همراه با فیوز

	A	B	C	D	E	F
۱	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸
۲	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴
۳	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲
۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴
۵	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸
۶	۰/۶ ۴ ۲/۴	۰/۶ ۴ ۲/۴	۰/۶ ۴ ۲/۴	۰/۶ ۴ ۲/۴	۰/۶ ۴ ۲/۴	۰/۶ ۴ ۲/۴
۷	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲
a	۰/۲ ۲ ۰/۴					
b		۰/۴ ۲ ۰/۸				
c			۰/۳ ۲ ۰/۶			
d				۰/۵ ۲ ۱		
e					۰/۳ ۲ ۰/۶	
f						۰/۴ ۲ ۰/۸
	۲ ۳/۶ ۷/۲	۲/۲ ۳/۴۵ ۷/۶	۲/۱ ۳/۵ ۷/۴	۲/۳ ۳/۳۹ ۷/۸	۲/۱ ۳/۵ ۷/۴	۲/۲ ۳/۴۵ ۷/۶

جدول(۲) حفاظت همراه با اضافه شدن سکشن لایزر

	A	B	C	D	E	F
۱	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸
۲	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴
۳	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲
۴				۱ ۴ ۰/۴	۱ ۴ ۰/۴	۱ ۴ ۰/۴
۵				۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸
۶				۰/۶ ۴ ۲/۴	۰/۶ ۴ ۲/۴	۰/۶ ۴ ۲/۴
۷						
a	۰/۲ ۲ ۰/۴					
b		۰/۴ ۲ ۰/۸				
c			۰/۵ ۲ ۱			
d				۰/۵ ۲ ۱		
e					۰/۳ ۲ ۰/۶	
f						۰/۴ ۲ ۱/۲
	۰/۸ ۳/۵ ۲/۸	۱ ۳/۲ ۳/۲	۱/۱ ۳/۰۹ ۳/۴	۱/۴ ۳/۲ ۴/۶	۱/۲ ۳/۵ ۴/۲	۱/۳ ۳/۶ ۴/۸

جدول(۳) حفاظت همراه با منابع تولید پراکنده و سکسیونر

	A	B	C	D	E	F
۱	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸
۲	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴
۳	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲
۴				۱ ۴ ۰/۴	۱ ۴ ۰/۴	۱ ۴ ۰/۴
۵				۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸
۶				۰/۶ ۴ ۲/۴	۰/۶ ۴ ۲/۴	۰/۶ ۴ ۲/۴
۷						
A	۰/۲ ۲ ۰/۴					
B		۰/۴ ۲ ۰/۸				
C			۰/۵ ۲ ۱			
D				۰/۵ ۲ ۱		
E					۰/۳ ۲ ۰/۶	
F						۰/۴ ۲ ۱/۲
	۰/۸ ۳/۵ ۲/۸	۱ ۳/۲ ۳/۲	۱/۱ ۳/۰۹ ۳/۴	۱/۴ ۳/۲ ۴/۶	۱/۲ ۳/۵ ۴/۲	۱/۳ ۳/۶ ۴/۸

منابع

۱- T.Ackermann, G.Anderson, L.Soder, "Distributed Generation: a definition", Elsevier science, PP۱۹۵-۲۰٤ Dec ۲۰۰۰.

۲- W. El-Khattam, M. M. A. Salama, "Distributed generation technologies, definitions and benefits", Electric Power Syst. Res., pp. ۱۱۹-۱۲۸, ۲۰۰٤.

۳- تورج امرایی، محمود فتوحی فیروزآباد، علیمحمد رنجبر و بابک مظفری،"تعیین اندازه و محل بهینه تولیذات پراکنده به منظور افزایش بارگذاری سیستم"، نوزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران، ایران.

۴- سعید کمالی‌نیا، "بهبود ساختار شبکه برق با استفاده از قابلیت‌های تولید پراکنده و امکان‌سنجی نصب این منابع در ایران، هشتمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران، کرمان، ایران، شهریور ۱۳۸۴.

۵- IEA, "Distributed Generation in Liberalized Electricity Markets", Paris, p. ۱۲۸.

٦- Proger Lawrence & Stephen Middlekauff, "Applying Distributed Generation Tools in Power Design System", IEEE Industry Applications Magazine, Jan/Feb ۲۰۰۵. WWW.IEEE.ORG/IAS.

۷- محمد اسماعیل فراهت و حمید فراحت، "جزیره‌های انرژی واحتمال استفاده از آن‌ها در آینده شبکه های توزیع"، نهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران، تهران، ایران، شهریور ۱۳۸۵.