



کاربرد LDG (دیزل ژنراتور های محلی) جهت افزایش قابلیت اطمینان در شبکه های توزیع فیدر بحرانی طالقانی

احسان صدرالدین^۱، جواد پورآبادی^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، معمولاً به شبکه های توزیع متصل می گردند 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 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. در روش مذکور بر اساس روش بازگشتی و به دست آوردن شاخص های کیفیت قابل مقایسه است. محاسبه شاخص های استاندارد شبکه توزیع در یک سیستم تست نمونه و تحلیل آنها مبین کارایی و دقت این روش ها در ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه در شرایط مختلف بهره برداری از منابع تولید پراکنده است.

واژه های کلیدی

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

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

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

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

۱- مقدمه

ارزیابی قابلیت اطمینان ابتدا در ارتباط با صنایع هوا - فضا و کاربرد های نظامی شکل گرفت؛ اما سریعاً توسط صنایعی مانند صنایع هسته ای که تضمین های امنیتی شدیدی در مورد آنها لازم است و همچنین سیستم هایی که توقف آنها خسارت های بزرگ مالی را در پی دارد مورد توجه قرار گرفت. امروزه شیوه های ارزیابی قابلیت اطمینان که اصولاً بر محور ارزیابی احتمال خطر استوار هستند در تمامی زمینه هایی که نقض عملکرد موجب اثرات سوء اقتصادی - اجتماعی می گردد مورد توجه می باشند. اگر چه برآورد کیفی قابلیت اطمینان سیستم ها از طریق قضاوت های مهندسی میتواند در مواردی مفید واقع شود، اما برآورد کمی از قابلیت اطمینان امری اجتناب ناپذیر می باشد. این ارزیابی ها نقش مهمی در طراحی بهینه سیستم و پیش بینی عملکرد آینده آن ایفا میکنند. به طور کلی تعاریف مختلفی برای قابلیت اطمینان سیستم ها قابل طرح است که متداول ترین آن احتمال عملکرد رضایت بخش سیستم تحت شرایط کاری مشخص و برای مدت زمانی معین می باشد. واضح است که تنها بخشی از این مفهوم جنبه محاسباتی داشته و شاخصی ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم ها محسوب میگردد و بنابراین مفاهیم مهندسی نیز نقش مهمی در برآورد قابلیت اطمینان دارند. در نهایت میتوان گفت که هدف از محاسبات قابلیت اطمینان سیستم بدست آوردن معیاری در ارزیابی عملکرد آن سیستم است که مشخص کننده شکست و یا موفقیت آن در اهداف مربوطه خواهد بود. این معیار ها معمولاً در ضرایب و یا شاخص های قابلیت اطمینان خلاصه میگردد. اگر چه معمولاً شاخص کلاسک قابلیت اطمینان سیستم ها میزان وقوع از کارافتادگی در آنها می باشد، اما بسته به نوع سیستم و الزامات آن شاخص های دیگری نیز مورد استفاده قرار میگیرند. بنابراین قابلیت اطمینان به عنوان

یک نام عمومی برای بسیاری از این شاخص ها بکار می رود.

۲- تعریف تولید پراکنده

ساده ترین تعریفی که می توان برای تولید پراکنده در نظر گرفته شود تولیدات با مقدار کم می باشد؛ اما هیچ توافق اصولی بر روی این میزان تولید وجود ندارد. برخی از کشور ها تولید پراکنده را روی سطح ولتاژ تعریف میکنند؛ در حالی که در برخی دیگر از کشور ها این مسئله روی نحوه منتقل کردن انرژی به مراکز بار تعریف می شود. شاخص های دیگری نیز مانند استفاده از انرژی های تجدید پذیر برای تولید انرژی الکتریکی، مالکیت منابع مورد استفاده و تکنولوژی تولید نیز برای تعریف تولید پراکنده در کشور های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. بطور کلی می توان شاخص های مربوط به تعریف تولید پراکنده را در ظرفیت تولید، سطح ولتاژ اتصال به شبکه و نوع منبع انرژی اولیه مورد استفاده در منابع تولید پراکنده خلاصه کرد که در ادامه به بیان هر یک از آنها پرداخته خواهد شد.

۳- بهره برداری از منابع تولید پراکنده

امروزه با توجه به تکنولوژیهای موجود، استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی در ابعاد کوچک تا حدودی اقتصادی می باشد. به همین دلیل منابع تولید پراکنده در اندازه های کوچک ولی به تعداد زیاد در کشورهای صنعتی در حال استفاده هستند. اگر چه در اکثر موارد منبع تولید انرژی این واحدها از انرژیهای تجدیدپذیر می باشد، اما لزومی برای این مسئله وجود ندارد. مولدهایی مانند میکروتوربینها، سلولهای سوختی و یا ژنراتورهای که از طریق سوختهای فسیلی تولید الکتریسیته می کنند نیز وجود دارند که به عنوان منابع تولید پراکنده کاربرد دارند [۱]. به عبارت دیگر اگر چه

- کاهش تلفات سیستم به علت تأمین محلی بخشی از بار و نیاز کمتر به انتقال انرژی در فواصل طولانی
 - تنظیم ولتاژ شبکه از طریق کنترل توان راکتیو
- ظهور شبکه های دارای منابع تولید پراکنده و گسترش آنها یکی از تبعات استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر بوده است، ولی دلایل متعدد دیگری نیز برای گسترش اینگونه شبکه ها وجود داشته و دارد.

- تزریقی توسط منابع تولید پراکنده
 - افزایش بازده اقتصادی ناشی از کاهش هزینه سرمایه گذاری برای نصب نیروگاههای جدید
 - کاهش فضا و زمین مورد نیاز برای زیرساخت های تولید، انتقال و توزیع
 - استفاده از حرارت تلف شده در تولید الکتریسیته برای گرم کردن محیط
- 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.

۴- منابع تولید پراکنده در حالت اتصال به شبکه

- از طرف دیگر استفاده از منابع تولید پراکنده می تواند معایب و هزینه هایی نیز در بر داشته باشد. از جمله این معایب می توان موارد زیر را برشمرد:
 - هزینه اولیه سرمایه گذاری این سیستمها معمولاً زیاد است.
 - در بسیاری از کشورها مشتریانی که صاحب چنین منابعی هستند حتی در زمان عدم مصرف بایستی مبلغی را جهت اتصال سیستم خود به شبکه، به ادارت برق بپردازند.
 - ایجاد نویز و اختلال در محیط به علت نزدیکی تولید کننده به مصرف کننده
 - ایجاد انواع آلودگیهای محیطی به علت نزدیکی تولید کننده به مصرف کننده در موارد استفاده از انرژیهای تجدیدناپذیر
 - تأثیر روی عملکرد رله های حفاظتی و دشواری تنظیم آنها
- منابع تولید پراکنده می توانند به شبکه متصل شوند. با این کار علاوه بر تأمین محلی بار مورد نیاز، امکان انتقال و فروش انرژی اضافی تولیدی به شبکه وجود دارد. یکی از مشکلات این روش این است که به علت نیاز به سنکرونیزه شدن مبدل با شبکه، لزوم رعایت استانداردهای شبکه در تزریق توان و مسائل فنی دیگر، احتیاج به سرمایه گذاری بیشتری است [۲]. در مورد مزایای منابع تولید پراکنده متصل به شبکه در مراجع مختلفی بحث شده است [۳] که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- جبران کمبود تولید و پشتیبانی سیستم در ساعات پیک مصرف
- افزایش ضریب امنیت سیستم و کاهش ریسک در شبکه به علت کاهش اتکای شبکه به تولید نیروگاهها
- بهبود قابلیت اطمینان سیستم با کاهش احتمالی قطع برق
- ایجاد قابلیت بهبود کیفیت توان در محل یا نزدیکی مصرف کننده
- امکان کنترل توان راکتیو و تأمین محلی آن

باید توجه داشت که تمامی این مزایا یا معایب لزوماً در مورد تمامی سیستم ها برقرار نیستند؛ اما کلیت قضایا در مورد اکثریت سیستمها مطرح است.

۵- علل رویکرد به منابع تولید پراکنده در ایران

ظرفیت نامی تولیدی واحدهای نیروگاهی غیر وابسته به وزارت نیرو در سال ۱۳۸۰، بالغ بر ۶۱۹۰ مگاوات برآورد شده است که ۴۰۱ مگاوات از آن مربوط به صنایع بزرگ و مابقی به سایر مؤسسات و صنایع کوچک اختصاص دارد [۴]

دلایل زیر کاربرد تولید پراکنده و تولید همزمان (cogeneration) را در کشور ما برای مصارف معمولی و عمومی توجیه می کند:

۱- کاربرد واحدهای کوچک توسط مصرف کنندگان، صنعت برق را عملاً بتدریج خصوصی می کند و این خصوصی سازی از اهداف دولت و وزارت نیرو می باشد و از سرمایه گذاری ملی در زمینه تولید می کاهد.

۲- نصب تولید پراکنده در پایدار نگه داشتن ولتاژ، اصلاح قدرت راکتیو، تزریق قدرت اکتیو و حفظ فرکانس و نهایتاً بهبود کیفیت برق شبکه تأثیر مثبت دارد.

۳- آزادسازی تجهیزات فراوانی که به دلیل مصرف پیک شبکه، الزاماً اضافه نصب شده و بعضاً چندین برابر مصرف اوقات عادی شبکه سرمایه گذاری شده است.

۴- نصب تولید پراکنده در محل های مصرف، جابه جایی انرژی الکتریکی را در کل شبکه متناسب با قدرت نصب شده کاهش می دهد، در نتیجه تعویض هادی ها، کابل ها و سایر تجهیزات، خصوصاً در شبکه توزیع کاهش می یابد.

۵- با توجه به نیاز بیست سال آینده کشور به بیش از ۷۰ هزار مگاوات مصرف پیک و در نظر گرفتن ضریب ذخیره

تولید، بر مبنای گزارش مقدماتی صنعت برق ایران در سال ۱۴۰۰ بیش از ۹۰ هزار مگاوات قابل تولید در نیروگاه ها میزان سرمایه گذاری بالای ۲۰ میلیارد دلار خواهد بود. هرچه بتوان این سرمایه گذاری را از طریق واحدهای DG توسط مصرف کنندگان تأمین کرد، می توان از خروج ارز ناشی از فروش سرمایه های ملی ممانعت کرده و برای خیل عظیم جوانان جویای کار ایجاد اشتغال نمود [۵].

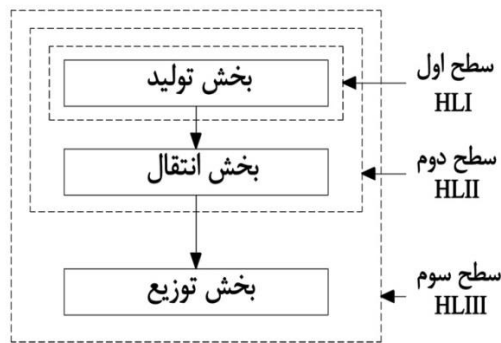
۶- مزایای اقتصادی DG از دید مشترکین

۱- کاهش هزینه های خرید انرژی، بخصوص در مورد بارهای حرارتی (بخار، آب گرم و سیستم خنک کننده): در روش تولید همزمان برق و حرارت (CHP) می توان بخار یا آب گرم مورد نیاز فرآیندهای مختلف را تأمین کرده و یا در مواردیکه نیاز به گرم سازی و یا خنک سازی محیط باشد از آن استفاده کرد.

۲- کاهش نگرانی های ناشی از نوسانات نرخ انرژی: DG به مشترکین این امکان را می دهد که ریسک بیشتری در بازار انرژی داشته باشند، چونکه در حقیقت مشترکین با استفاده از DG خود را از این نوسانات رهایی داده اند.

۳- افزایش قابلیت اطمینان: DG می تواند سبب کاهش خاموشی های ناشی از شبکه شود که این امر خود سبب کاهش زمان خاموشی و همچنین کاهش نگرانی های موجود در زمینه ایمنی می شود.

۴- بهبود کیفیت توان: DG می تواند توان و انرژی با کیفیت بالا به مشترکین تحویل دهد و لذا این امر سبب کاهش و یا از بین رفتن نگرانی های موجود در زمینه نوسانات ولتاژ شبکه و هارمونیک هایی می شود که بر روی بارهای حساس مشترکین تأثیر می گذارد.



شکل (۱) سطوح سلسله مراتبی

۸- بخش تولید (HLI)

در برنامه ریزی 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 مصرف کنندگان نهایی در نظر گرفته نمی‌شود. در گذشته، میزان ذخیره مورد 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 بر قابلیت اطمینان سیستم را لحاظ کرد.

امروزه معیارها و شاخص‌های احتمالاتی متعددی در مطالعات HLI به کار می‌روند که از جمله می‌توان به احتمال قطع بار (LOLP)، انتظار قطع بار (LOLE)، انتظار قطع انرژی (LOEE)، انرژی تأمین نشده مورد انتظار (EUE)، شاخص انرژی قابلیت اطمینان (EIR)، شاخص انرژی عدم قابلیت

۵- منبع جدید درآمد: DG این امکان را به مشترکین می‌دهد که بتوانند انرژی تولیدی خود را به فروش رسانده و یا حالت کمکی برای بازاریابی داشته باشد [۶].

۷- تأثیر تولیدات پراکنده بر قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت

برای بررسی کارکرد و ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم قدرت، در یک تقسیم‌بندی سلسله‌مراتبی، آن را به سه بخش جداگانه تولید، انتقال و توزیع تفکیک می‌کنند که هر یک وظیفه خاصی را عهده‌دار می‌باشند (شکل ۱).

بخش تولید در اولین سطح (HLI)، سیستم یکپارچه تولید و انتقال در دومین سطح (HLII) و کل سیستم قدرت شامل تولید، انتقال و توزیع در سومین سطح (HLIII) قرار می‌گیرند. در این ساختار که برای چند دهه در ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت مورد استفاده بوده است، اینطور فرض شده که کل تولید برق در نیروگاه‌های بزرگ و عمده متمرکز است که معمولاً در فواصل دور از نقاط بار قرار دارند و از این رو، به شبکه انتقال متصل می‌باشند. اما اکنون باید توجه داشت که این ساختار نسبتاً ساده باید دستخوش تغییراتی شود، زیرا:

۱- اکنون دیگر تولید به طور متمرکز توسط یک مرجع دولتی انجام نمی‌گیرد بلکه بین چندین شرکت مستقل خصوصی تقسیم شده است.

۲- با رشد فزاینده تولیدات پراکنده مواجهیم که بسیاری از آن‌ها مستقیماً به سیستم توزیع متصل هستند نه به شبکه انتقال.

اطمینان (EIU) و دقیقه سیستم (SM) اشاره کرد که در جدول (۱) در باره هر کدام از آن‌ها توضیح مختصری ارائه شده است. در اینجا باید به این نکته توجه داشت که این شاخص‌ها از دید مصرف کنندگان نهایی تعیین نمی‌شوند، بلکه معیارهایی نسبی برای مقایسه سناریوهای مختلف برنامه‌ریزی می‌باشند. [۷]

جدول (۱) معیارها و شاخص‌های احتمالاتی HLI

شاخص	تعریف
LOLP	احتمال بیشتر شدن بار از تولید موجود.
LOLE	متوسط تعداد روزها یا ساعاتی که انتظار می‌رود حداکثر بار روزانه از ظرفیت تولید موجود بیشتر شود.
LOEE	میزان انرژی که انتظار می‌رود به دلیل بیشتر شدن بار از ظرفیت تولید موجود، تأمین نشود. (شاخص‌های EENS و EUE نیز همین‌طور تعریف می‌شوند).
EIU	LOEE تقسیم بر کل انرژی مورد تقاضا (نرمالیزه شده)
EIR	1 - EIU
SM	LOEE تقسیم بر حداکثر تقاضا (نرمالیزه شده)

سطح سلسله مراتبی دوم (HLII) به مجموعه تولید و انتقال (سیستم مرکب) ارتباط دارد. در این سطح، هدف از ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم، تخمین توانایی سیستم برای رساندن انرژی تولیدی نیروگاه‌ها به نقاط اتصال (فصل مشترک) شبکه‌های انتقال و توزیع است. شبکه‌های توزیع در این مطالعات در نظر گرفته نمی‌شوند.

۱۰- سیستم‌های توزیع فاقد تولیدات پراکنده (HLIII)

در مطالعات HLIII به جای مطالعه هم‌زمان کل سیستم قدرت (تولید، انتقال و توزیع) فقط سیستم توزیع مورد مطالعه قرار می‌گیرد که این امر قابل قبول می‌باشد.

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: شاخص متوسط تعداد خاموشی‌های سیستم (SAIFI)، شاخص متوسط 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).

۹- سیستم‌های یکپارچه تولید و انتقال (HLII)

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) اطلاعات مشترکین (۱)

تعداد مشترکین	متوسط کل بار	
۶۰۰	۵۶۰	۱
۴۵۰	۴۹۸	۲
۵۰۰	۳۵۲	۳
۵۰۰	۳۵۲	۴
۵۰۰	۳۵۲	۵
۳۰۰	۱۱۲	۶
۱۰۰۰	۷۰۰	۷
۶۰۰	۵۶۰	۸
۴۱۸۰	۳۴۳۶	

این شاخص ها در جدول (۲) تعریف شده اند. لازم به ذکر است که این شاخص ها را می توان برای کل سیستم توزیع یا هر کدام از بخش های آن و یا حتی برای یم فیدر بخصوص محاسبه کرد [۸].

جدول (۲) تعریف شاخص های قابلیت اطمینان

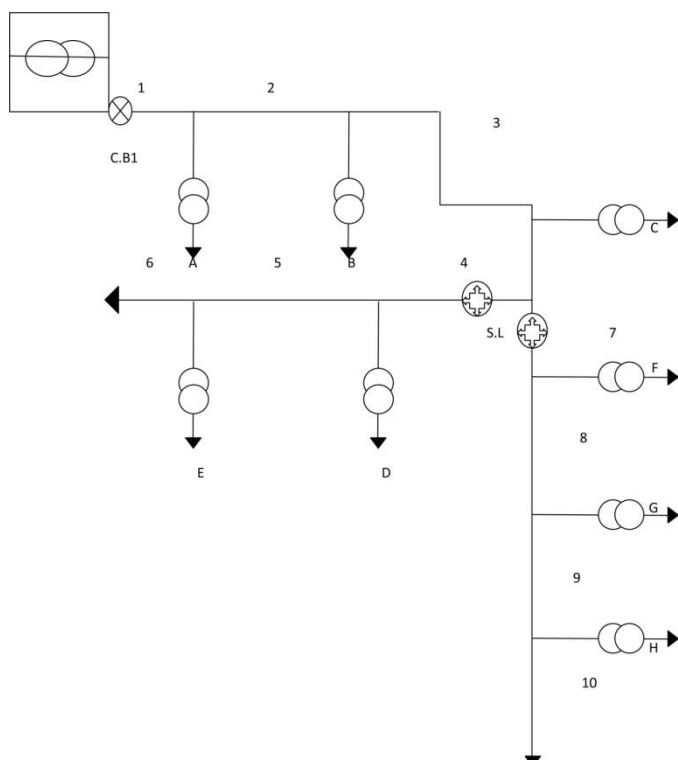
شاخص	تعریف
SAIFI	متوسط تعداد خاموشی ها به ازای هر مشترک سیستم در طول سال.
CAIFI	متوسط تعداد خاموشی ها به ازای هر مشترک خاموش شده در طول سال.
SAIDI	متوسط مدت خاموشی ها به ازای هر مشترک سیستم در طول سال.
CAIDI	متوسط مدت خاموشی ها به ازای هر مشترک خاموش شده در طول سال.
ASAI	نسبت کل مشترک - ساعت آمادگی سرویس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

در این مقاله به بررسی دو عدد از شاخص های مهم در قابلیت اطمینان (SAIDI, CAIDI) در فیدر بحرانی طالقانی می پردازیم. این فیدرها در حالت های مختلف مورد بررسی

با توجه به جدول (۱) در پیوست، شاخص های SADI و CAIDI برابر با ۱۰/۹۸ و ۹/۸۴ می باشد.

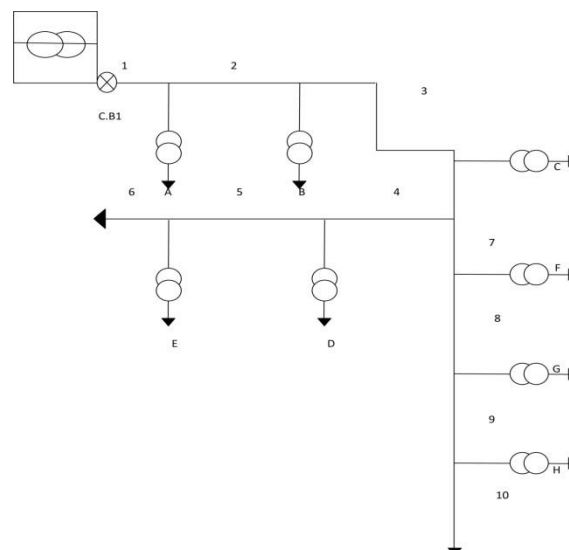
جدول (۴) اطلاعات مشترکین (۲)

میزان بار	تعداد مشترکین قطع شده	نقاط بار قطع شده	خطا
۴۴۸	۴۵۰	۲	۱
۳۵۲	۵۰۰	۳	
۱۱۲	۳۰۰	۶	۲
۳۵۲	۵۰۰	۳	۳
۳۵۲	۵۰۰	۵	۴
۱۱۲	۳۰۰	۶	
۱۷۲۸	۲۵۵۰		



شکل (الف-۲) شمای کلی فیدر طالقانی با اضافه شدن سکشن لایزر

با توجه به جدول (۲) در پیوست، شاخص های SADI و CAIDI برابر با ۵/۵۹ و ۷/۵۲ می باشد.



شکل (الف-۱) شمای کلی فیدر شماره ۶ پست طالقانی حفاظت با فیوز

تولید پراکنده در پست های موجود در نظر گرفته شده است که در این مقاله با استفاده از شبیه سازی به روش برگشتی برای تشکیل مدل تولید استفاده می شود.

۱۱- روش برگشتی برای تشکیل مدل تولید (جدول خروج ظرفیت)

با توجه به روش احتمالی شرطی می توان واحدها را یکی یکی اضافه کرد تا مدل سیستم کامل شود، به این روش، روش برگشتی می گوئیم. اگر واحد اضافه شونده دارای ظرفیت ۳۰ مگاوات و for (یا u) باشد، رابطه زیر برای برآورد احتمال تجمعی از دست دادن X مگاوات یا بیشتر به دست می آید.

$$P(X) = (1 - u)P'(X) + u \cdot P'(X - C)$$

$P(X)$ = احتمال از دست دادن X مگاوات یا بیشتر

$(1 - u)P'(X)$ = معادل حالت الف در روش شرطی

$P'(X)$ = احتمال تجمعی زمانی که واحدهای جدید

اضافه نشده

$u \cdot P'(X - C)$ = معادل حالت ب در روش شرطی

مدل تولید سیستم ما در واحد طالقانی

$$1 \times 50 \text{ MW} + 2 \times 25 \text{ MW}$$

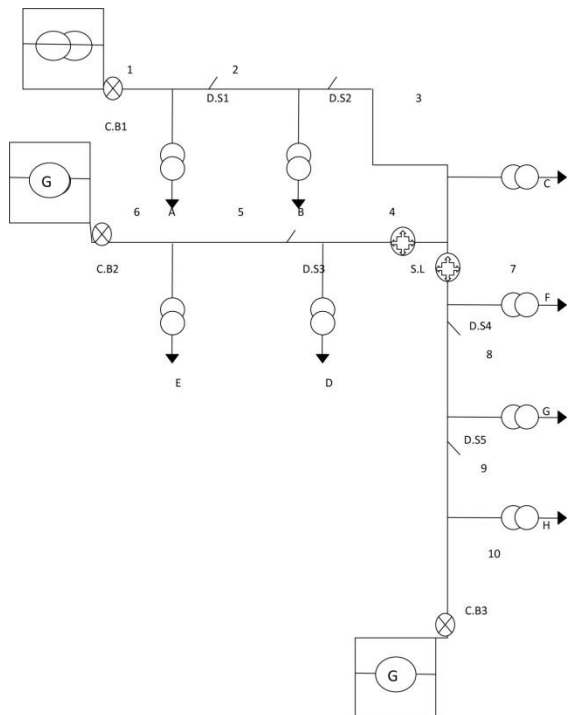
واحدها دارای for (یا u) برابر ۲٪ هستند را به دست می

آوریم. (به روش برگشتی) و با استفاده از این روش با شبیه

سازی در نرم افزار مطلب در نهایت برای برآورد قابلیت

اطمینان سیستم تولید اقدام می کنیم «LOLE»^۴

قدم اول: یک واحد ۲۵ مگاواتی



شکل (الف-۳) شمای کلی فیدر پست طالقانی همراه با

منابع تولید پراکنده و حفاظت های سکسیونر و سگشن لایزر

با توجه به جدول (۳) در پیوست، شاخص های SADI

و CAIDI برابر با ۴/۰۲ و ۶/۶۰ می باشد.

همانطور که در این فیدر مشاهده کردید و با توجه به

جدول های (۱) و (۲) و (۳) در پیوست، شاخص های قابلیت

اطمینان در فیدر پست طالقانی بهبود پیدا کرد و ما شاهد

بهبود شبکه با اضافه کردن منابع تولید پراکنده شدیم. در

روش های قبلی با استفاده از جایابی مناسب برای منابع تولید

پراکنده و اضافه کردن آنها به شبکه باعث بهبود شاخص

های قابلیت اطمینان شدیم اما با توجه به هزینه های موجود

برای محلی به منظور احداث منابع تولید پراکنده و عدم

صرفه اقتصادی پیشنهاد می شود که با توجه به فضای خالی

موجود در پست ها و امکان استفاده از آنها برای

ژنراتورهای تولید پراکنده بهترین مکان برای احداث منابع

^۴ - Loss Of Load Expectation

LOLE

Loss of Load Expectation

مقدار انتظاری بار تأمین نشده

۱۲- شاخص مقدار انتظاری بار تأمین نشده:

$$LOLE = \sum_{i=1}^n [p_i(c_i - l_i)] \times 1$$

c_i = ظرفیت نصب شده (در دسترس) در روز ساعت

l_i = بار (ساعتی یا پیک روزانه)

اگر $c_i \geq l_i$ باشد $P(c_i - l_i) = 0$ ← بار به

طور کامل تأمین شده است.

حال اگر طبق جدول زیر بار پیک روزانه و تعداد روز

وقوع به شکل زیر باشد برای مدل تجمعی بار با تفریب پله

ای سیستم تولید $LOLE = 2 \times 25MW + 1 \times 50MW$

را حساب کنید. $for = u = 0.02$

جدول (۵)

بار پیک	MW	MW	MW	MW	MW
روزانه	۵۷	۵۲	۴۶	۴۱	۳۴
تعداد					
روز	۱۲	۸۳	۱۰۷	۱۱۶	۴۷
وقوع					

از محاسبات قبل مدت تولید به صورت جدول خروج

ظرفیت به دست آمد که احتمال هر حالت مطابق جدول زیر

است:

$P(X)$: تجمعی

$$P(0) = P'(0) = 1$$

$$P(0) = 1$$

$$P(25) = (1 - 0.02)(0) + (0.02)(1) = 0.02$$

قدم دوم: اضافه کردن ۲۵ مگاوات دیگر:

$$P(0) = 1$$

$$P(25) = (1 - 0.02)(0.02)P'(25 - 25) = 0.0396$$

$$P(50) = (1 - 0.02)(0) + (0.02)P'(50 - 25) = 0.0004$$

قدم سوم: اضافه کردن واحد ۵۰ مگاواتی

$$P(0) = 1$$

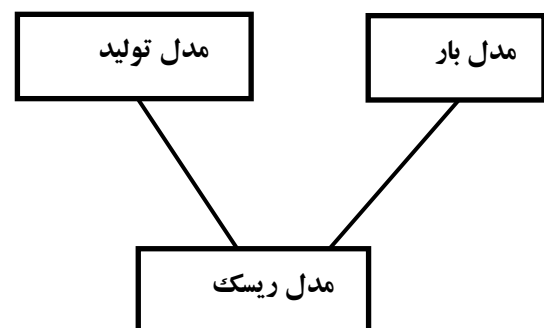
$$P(25) = (1 - 0.02)(0.0396) + (0.02)(1) = 0.058808$$

$$P(50) = (1 - 0.02)(0.0004) + (0.02)(1) = 0.020392$$

$$P(75) = (1 - 0.02)(0) + (0.02)(0.0396) = 0.000792$$

$$P(100) = (1 - 0.02)(0) + (0.02)(0.0004) = 0.000008$$

۱۲- شاخص قابلیت اطمینان سیستم تولید:



شکل (۵) ترکیب مدل تولید و مدل بار برای رسیدن به

مدل ریسک

$$LOLE = \sum_{i=1}^{365} P_i(C_i - L_i) = 12 \times$$

$$p(50 - 57) + 83 \times P(50 - 52) + 107 \times$$

$$P(50 - 46) + 116 \times P(50 - 41) + 47 \times$$

$$P(50 - 34) = (12 \times 1) + (83 \times 1) +$$

$$(107 \times 0.0396) + (116 \times 0.0396) +$$

$$(47 \times 0.004) = 104.018$$

LOLE=104,018 یعنی انتظار داریم 104,018 روز در

سال نتوانیم بارپیک را تأمین کنیم.

پس نتیجه می گیریم که با اضافه کردن 2 واحد MW

25 که معادل 50 MW بود شاخص LOLE بهبود

چشمگیری پیدا کرد.

۱۳- نتیجه گیری

با محاسباتی که انجام شد به این نتیجه می رسیم که در هر دو روش شاخص های قابلیت اطمینان بهبود یافت و حضور منابع تولید پراکنده باعث افزایش قابلیت اطمینان شد. پیشنهاد ما این است که در شهرها منابع تولید پراکنده در پست ها و در چرخه تولید قرار گیرد و در شهرک های صنعتی و کارخانجات در محل مصرف کننده استفاده شود.

جدول جمع بندی نتایج حاصل از بررسی پارامترهای

اطمینان در فیدر طالقانی به ش

صورت زیر می باشد:

جدول (۶) مقایسه شاخص های قابلیت اطمینان با اضافه

شدن منابع تولید پراکنده به فیدر طالقانی

SADI	CAIDI	
۱۰/۶۸	۹/۸۴	با حفاظت فیوز
۵/۵۹	۷/۵۲	با اضافه شدن سگشن لایزر
۴/۰۲	۶/۶۰	با اضافه شدن منابع تولید پراکنده

$$P(0) = 1$$

$$P(25) = 0.058808$$

$$P(50) = 0.020392$$

$$P(75) = 0.000792$$

$$P(100) = 0.000008$$

$$LOLE = \sum_{i=1}^{365} P_i(C_i - L_i) = 12 \times$$

$$p(100 - 57) + 83 \times P(100 - 52) + 107 \times$$

$$P(100 - 46) + 116 \times P(100 - 41) + 47 \times$$

$$P(100 - 34) = (12 \times 0.020392) +$$

$$(83 \times 0.020392) + (107 \times 0.000792) +$$

$$(116 \times 0.000792) + (47 \times 0.000792) = 2.015$$

LOLE=2,015 یعنی انتظار داریم 2,015 روز در سال

نتوانیم بارپیک را تأمین کنیم.

هرچقدر در شبکه تعداد واحدهای با ظرفیت کمتر و

تعداد بیشتر داشته باشیم، ریسک پایین تر و قابلیت اطمینان

شبکه بهتر خواهد بود.

اما حال LOLE را قبل از اضافه کردن واحد 50 MW

محاسبه می کنیم تا تأثیر اضافه کردن واحد تولید پراکنده را

مشاهده کنیم. با استفاده از اطلاعات و جدول قبل داریم:

$P(X)$: تجمعی

$$P(0) = 1$$

$$P(25) = 0.0396$$

$$P(50) = 0.004$$

پیوست

جدول (۱) حفاظت همراه با فیوز

	A	B	C	D	E	F	G	H
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	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	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	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	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	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	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	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲
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	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸
۹	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	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴
۱۰	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	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸
a	۰/۲ ۲ ۰/۸							
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		
g							۰/۶ ۲ ۱/۲	
h								۰/۳ ۲ ۰/۶
	۲/۵ ۴ ۱۰	۲/۷ ۳/۷ ۱۰	۲/۶ ۳/۷ ۹/۸	۲/۸ ۳/۶ ۱۰/۲	۲/۶ ۳/۷ ۹/۸	۲/۶ ۳/۷ ۱۰	۳/۵۸ ۱۰/۴ ۲/۹	۲/۶ ۳/۷ ۹/۸

جدول (۲) حفاظت همراه با اضافه شدن سگشن لایزر

	A	B	C	D	E	F	G	H
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	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	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	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲
۴				۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۸			
۵				۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۱/۲			
۶				۰/۶ ۴ ۲/۴	۰/۶ ۴ ۰/۴			
۷						۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲
۸						۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸
۹						۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴
۱۰						۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸
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		
G							۰/۶ ۲ ۱/۲	
H								۰/۳ ۲ ۰/۶
	۰/۸ ۳/۵ ۲/۸	۱ ۳/۲ ۳/۲	۱ ۳/۲ ۳/۴	۰/۹ ۳/۳۳ ۳	۱/۴ ۳/۲۸ ۴/۶	۱/۲ ۳/۵ ۴/۲	۳/۱۴ ۴/۴ ۱/۴	۱/۱ ۳/۴۵ ۳/۸

جدول (۲) حفاظت همراه با منابع تولید پراکنده و سکسیونر

	A	B	C	D	E	F	G	H
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	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	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	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	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	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	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	۰/۳ ۴ ۱/۲	۰/۳ ۴ ۱/۲
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	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸
۹	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	۰/۱ ۴ ۰/۴	۰/۱ ۴ ۰/۴
۱۰	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	۰/۲ ۴ ۰/۸	۰/۲ ۴ ۰/۸
a	۰/۲ ۲ ۰/۸							
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		
g							۰/۶ ۲ ۱/۲	
h								۰/۳ ۲ ۰/۶
	۲/۵ ۴ ۱۰	۲/۷ ۳/۷ ۱۰	۲/۶ ۳/۷ ۹/۸	۲/۸ ۳/۶ ۱۰/۲	۲/۶ ۳/۷ ۹/۸	۲/۶ ۳/۷ ۱۰	۳/۵۸ ۱۰/۴ ۲/۹	۲/۶ ۳/۷ ۹/۸

منابع

- ۱- دفتر برنامه ریزی انرژی، "ترازنامه انرژی سال ۱۳۷۹"، معاونت امور انرژی، وزارت نیرو.
- ۲- علی اکبر نصیری و مظفر والی، "قابلیت و امکان سنجی نصب واحدهای تولید در تولید جنوب فارس"، هفتمین کنفرانس تخصصی قدرت، تهران، ایران، آبان ۱۳۸۵.
- ۳- Kojovic, "Impact of DG on Voltage Regulation", Proc. ۲۰۰۲ IEEE/PES summer Meeting Chicago, IL, July ۲۱-۲۵, ۲۰۰۲.
- ۴- T.Ackermann, G.Anderson, L.Soder, "Distributed Generation: a definition", Elsevier science, PP۱۹۵-۲۰۴ Dec ۲۰۰۰.
- ۵- W. El-Khattam, M. M. A. Salama, "Distributed generation technologies, definitions and benefits", Electric Power Syst. Res., pp. ۱۱۹-۱۲۸, ۲۰۰۴.
- ۶- Proger Lawrence & Stephen Middlekauff, "Applying Distributed Generation Tools in Power Design System", IEEE Industry Applications Magazine, Jan/Feb ۲۰۰۵. WWW.IEEE.ORG/IAS.
- ۷- صدرالدین ا، کاربرد LDG در افزایش قابلیت اطمینان شبکه، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر، ۱۳۹۴.
- ۸- محمد اسماعیل فراحت و حمید فراحت، "جزیره های انرژی و احتمال استفاده از آنها در آینده شبکه های توزیع"، نهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران، تهران، ایران، شهریور ۱۳۸۵.