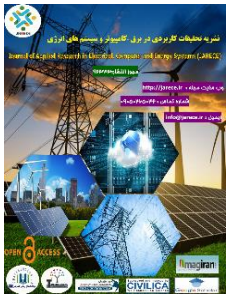
Vol. 2, No. 5, Apr-Jun 2024, (24-48)

Journal of Applied Research in Electrical, Computer and Energy Systems (JARECE)

نشریه تحقیقات کاربردی در برق ، کامپیوتر و سیستم های انرژی

دوره ۲، شماره ۵، بهار ۱۴۰۳ (۴۸-۲۴)

journal homepage: https://jarece.ir/



مکان‌یابی بهینه منابع تولید پراکنده هیبرید با در نظر گرفتن عدم قطعیت از دید بازار برق

امین خدادادی[1] ، سارا آدینه‌پور[2]

[1] سرپرست خطوط شرکت آرمان نیرو هرمزگان، Eng.a.khodadadi@gmail.com

[2] مدیر پروژه شرکت آرمان نیرو هرمزگان، Sa.Adinehpour@gmail.com

چکیده

در سال‌های اخیر به دلیل افزایش تقاضای برق و از سوی دیگر رشد کارایی و توانایی سیستم توزیع، روش‌های مدیریت و برنامه‌ریزی جدیدی برای توزیع برق در شبکه معرفی‌شده است. همچنین به خاطر ایجاد یک محیط رقابتی در بازار ،برق بخش‌های مختلف شبکه‌یعنی سیستم ،تولید انتقال و توزیع به‌صورت متمرکز تبدیل‌شده و برنامه‌ریزی‌های تجدید ساختار در آن‌ها صورت گرفته است. در چنین محیط تجدید ساختار یافته‌ای هدف تمامی بخش‌ها افزایش سود .است یکی از این مؤلفه‌های ساختاری در سیستم برق تجدید ساختار یافته تولید پراکنده (DG) است. استفاده از DG می‌تواند به توسعه شبکه کاهش تلفات افزایش قابلیت اطمینان و بهبود پروفیل ولتاژ کمک کند فناوری‌های تولید پراکنده از انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار هستند. تصمیم‌گیری در مورد جایابی DG توسط صاحبان آن و سرمایه‌گذاران صورت می‌گیرد و به محل و موجودی سوخت اصلی یا وضعیت آب و هوایی بستگی دارد. با اینکه نصب و به‌کارگیری DGها برای حل مشکلات شبکه در شبکه‌های توزیع بحث‌برانگیز می‌باشد، اما واقعیت این است که در بسیاری از حالات اپراتور سیستم توزیع (DSO) تأثیر یا کنترلی بر مکان و سایز DG تا اندازه‌ای ندارد بااین‌حال مکان‌یابی DG به‌شدت بر بهره‌برداری سیستم توزیع تأثیر می‌گذارد. مکان‌یابی نامناسب DG ممکن است تلفات سیستم و هزینه‌ی سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری شبکه را افزایش دهد. در مقابل مکان‌یابی بهینه‌ی DG می‌تواند پروفیل ولتاژ ،شبکه جریان‌ها و تلفات را کاهش دهد و کیفیت توان و قابلیت اطمینان در تولید انرژی را افزایش دهد. در این نوشتار نیز می‌خواهیم پس از معرفی منابع تولید پراکنده و تأثیرات آن بر سیستم قدرت و روش‌هایی که در مقالات و مراجع مختلف برای جایابی بهینه این منابع معرفی‌شده است با در نظر گرفتن ساختار هیبرید این منابع که متشکل از دو نیروگاه بادی و خورشیدی است مکان‌یابی بهینه انجام داده و تأثیرات آن را بر تلفات قابلیت اطمینان و پروفیل ولتاژ سیستم مورد بررسی قرار دهیم.

واژه‌های کلیدی: مکان‌یابی DG هیبرید، عدم قطعیت بازار برق، بهینه‌سازی انبوه ذرات، شبیه‌سازی مونت

.

1. مقدمه

در دو دهه اخیر تکامل ،تکنولوژی تغییر نگرش اقتصادی در صنعت برق و نیز ملاحظات زیست‌محیطی موجبات علاقه مجدد تولید پراکنده را فراهم نموده است. امروزه نیروگاه‌های تولید پراکنـده بـه نیروگاه‌هایی با ظرفیت تولیدی ،کم از چند کیلووات تا چند مگاوات در یک تعریف از پانزده کیلووات تـا مگاوات و در تعریف دیگر از چند کیلووات تا ده مگاوات که برای تولید انرژی الکتریکی موردنیاز در نزدیکی مصرف‌کننده مورداستفاده قرار می‌گیرند اطلاق می‌شود.

این روش اعتبار و اطمینان تهیه‌ی برق را نیز بسیار بهبود بخشیده و سبب شده است که سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی در راستای به‌کارگیری واحدهای تولید پراکنده صورت پذیرد. عوامل متعددی در نیاز جامعه به واحدهای تولید پراکنده وجود دارد که پنج عامل اساسی را در رابطه با رویکرد مجدد به تولید پراکنده عبارت‌اند از پیشرفت تکنولوژی‌های تولید پراکنده محدودیت در ساختن خطوط انتقال جدید، افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان جهت تهیه برق باقابلیت اطمینان بالا آزادسازی تجدید ساختار) بازار بـرق و نگرانی‌های زیست‌محیطی.

به خدمت گرفتن انرژی‌های قابل بازیافت برای تولید برق و گرما نیازمند توجه به دو فاکتور ذخیره‌سازی انرژی و مدیریت آن می‌باشد. که این امر منجر به تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در کارایی سیستم‌ها شـده و نتیجتاً باعث تولید برق توسط تکنولوژی می‌شود که با DG مرتبط می‌باشد. بدین صورت کـه DG منجر به یکپارچه‌سازی شبکه‌های توزیع می‌شود قدیمی بودن این گونه شبکه‌های توزیع امروزه تبدیل به یک مشکل شده است و البته این مشکلات می‌تواند به راحتی حل گردد. سیستم‌های الکتریکی مختلفی برای حل این مشکلات در حال توسعه است به عنوان مثال شبکه توزیع فعال ADN، سلولها، میکروسیم‌ها، نیروگاه های مجازی VPP.

VPP می‌تواند عامل کاهش یا حتی حذف تلفات انرژی شود. به عبارت دیگر نیروگاه مجازی پاسخی است به این که بر همه جنبه‌های فنی و اقتصادی تولیدات پراکنده و انرژی‌های تجدید پذیر به‌طور یکپارچه مدیریت شود همچنین ذخیره‌سازی انرژی می‌بایست در راستای کارکرد بهتر VPP به خدمت گرفته شود. بیشترین برق مورد تقاضا به شرطی می‌تواند توسط اپراتورهای سیستم توزیع بهینه‌سازی شود که VPP وجود داشته باشد کاهش میزان مصرف برق نوعی تولید مجازی برای VPP قلمداد می‌شود؛ بنابراین در مسئله تشکیل VPP مکان و ظرفیت DG باید به‌گونه‌ای تعیین شـود کـه هزینه بلندمدت VPP کمینه شود.

بالا رفتن هزینه‌ی انتقال و توزیع به مولدهای تولید پراکنده این امکان را می‌دهد تا برق خود را به قیمتی ارزان‌تر در اختیار مصرف‌کنندگان قرار دهد. علاوه بر این تولیدات پراکنده امکان استفاده از منابع پاک برای تولید برق را می‌دهند اتصال DG به شبکه‌ی توزیع علی‌رغم مزایایی که برای شبکه دارد اما اتصال آن‌ها به شبکه باعث ایجاد هارمونیک در شبکه و کاهش امپدانس اتصال کوتاه می‌شود. ضمناً اگر در هنگام خاموشی DG متصل به شبکه به صورت جزیره‌ای کار کند می‌تواند برای تعمیر کارهای شبکه خطرناک باشد. اما این مسائل باعث نادیده گرفتن مزایای این نوع مولدها نمی‌شود چنانچه استفاده از این مولدها رو به گسترش است برای کاهش تلفات در شبکه توزیع روش‌هایی وجود دارند که عبارت‌اند از: خازن گذاری تعویض هادی‌ها تغییر سطح ولتاژ مدیریت بار ترانسفورماتور و بازآرایی شبکه در این میان جایابی بهینه منابع تولید پراکنده ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش جهت کاهش تلفات و افزایش قابلیت اطمینان و بهبود پروفیل ولتاژ می‌باشد بنابراین ارائه روش‌های مناسب برای پوشش دادن به این اصل همچنان به عنوان یک نیاز مهم به حساب می‌آید.

2. اهداف مقاله

هدف این نوشتار ارائه یک روشی برای حل مسئلهٔ جایابی چند هدفه واحدهای تولید پراکنده و انتخاب نوع DG مناسب و با هدف کاهش هزینه‌ها و تلفات و همچنین بهبود پروفیل ولتاژ باس‌هـا، برای یک بازه‌ی زمانی مشخص در یک برنامه‌ریزی بهینه ۲۴ ساعته برای کل سیستم متصل به شبکه با در نظر گرفتن عدم قطعیت می‌باشد منابع هیبرید تولید پراکنده در این رساله

عبارت‌اند از یک نیروگاه بادی و یک نیروگاه خورشیدی و عدم قطعیت مربوط به آن‌ها نیز مرتبط به سرعت وزش باد و توان تابش خورشید در بازه مورد مطالعه خواهد بود.

3. ضرورت مقاله

همان طور که میدانیم در محیط‌های تجدید ساختار یافته هدف تمامی بخش‌ها افزایش سود است و یکی از این مؤلفه‌های ساختاری در سیستم برق تجدید ساختار یافته، تولید پراکنده (DG) است. یکی از مهم‌ترین مسائل در بحث استفاده از واحدهای تولید پراکنده در سیستم‌های قدرت، انتخاب محل، ظرفیت مناسب نوع ژنراتور به کاررفته و سال نصب واحد تولید پراکنده در شبکه به منظور ایجاد یک نیروگاه مجازی و کاهش تلفات اکتیو بهبود پروفیل ولتاژ و افزایش قابلیت اعتماد با در نظر گرفتن عـدم قطعیت قیمت می‌باشد فناوری‌های تولید پراکنده از انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار هستند. ، مکان‌یابی DG به‌شدت بر بهره‌برداری سیستم توزیع تأثیر می‌گذارد مکان‌یابی نامناسب DG ممکن است تلفات سیستم و هزینه سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری شبکه را افزایش دهد در مقابل، مکان‌یابی بهینه‌ی DG می‌تواند پروفیل ولتاژ شبکه جریان‌ها و تلفات را کاهش دهد و کیفیت توان و قابلیت اطمینان در تولید انرژی را افزایش دهد به همین دلیل در این رساله بر روی مکان‌یابی بهینه واحدهای تولید پراکنده هیبرید تمرکز داشته و تأثیرات این بهینه‌سازی را بر روی یک سیستم استاندارد مورد مطالعه قرار خواهیم داد.

4. مروری بر تحقیقات انجام شده در روش‌های جایابی بهینه DG

در خصوص موضوع بحث حاضر، در مرور نسبتاً کاملی روی ساختار سیستم‌های تولد پراکنده انجام شده است. در این مرور با تمرکز روی ساختار و سخت‌افزار سیستم ابزارهای مدل‌سازی و طراحی و کاربردهای آن انجام شده است. برای اینکه قرار دادن DG در سیستم قدرت امکان‌سنجی شـود روش‌های فراوانی در مرجع [۶] ارائه شده است. برنامه‌ریزی ظرفیت سرمایه‌گذاری تولید پراکنده در بازارهای برق رقابتی از دیدگاه شرکت توزیع در مرجع [۷] بررسی شده است.

روشی برای طراحی بهینه DGهای متصل به شبکه به صورتی که اندازه و نوع آن‌ها، قابلیت اطمینان و نیازمندی‌های محلی شبکه قدرت را تأمین کند در مرجع [۸] ارائه شده است. علاوه بر آن بسیاری از ابزارهای بهینه‌سازی، شامل روش‌های هوش مصنوعی مانند روش الگوریتم ژنتیک روش جستجوی تابو و سایر روش‌ها برای جایابی بهینه DG به کاررفته‌اند. یک روش بهینه‌سازی کـه از الگوریتم ژنتیک برای حداقل کردن هزینه سرمایه‌گذاری و تلفات در یک دوره برنامه‌ریزی استفاده کرده در مرجع [۹] ارائه شده است. روشی برای جایابی بهینه DG به منظور حداقل کردن تلفات توان حقیقی در سیستم توزیع تـوان بـا استفاده از الگوریتم ژنتیک در مرجع [۱۰] معرفی‌شده است.

تعیین مکان بهینه تولید پراکنده برای حداقل کردن تلفات یا بارگذاری خطوط با استفاده از روش‌های مرتبه دوم و گرادیان در مرجع [۱۱] معرفی‌شده است.

روشی مبتنی بر تکرار برای جایابی بهینه DG به منظور کاهش تلفات که تقریب مناسبی ارائه می‌کند [۱۲] آمده است. روش‌های تحلیلی برای تعیین محل بهینه DG با هدف حداقل کردن تلفـات تـوان در مرجع [۱۳] بررسی‌شده‌اند. وجه تمایز تحقیقات انجام شده بیشتر به انتخاب توابع هدف چندمنظوره و روش بهینه‌سازی مربوط می‌شود در بیشتر تحقیقات انجام شده در مدل‌سازی مسئله بـار بـه صـورت توان ثابت در نظر گرفته‌شده است. در این تحقیق به منظور مطالعه تأثیر بارهای مختلف در مسئله‌ی مکان‌یابی واحدهای تولید پراکنده بار سیستم ثابت در نظر گرفته نمی‌شود کاهش هزینه‌های حاصل از به‌کارگیری تولید پراکنده و همچنین هزینه‌های مربوط به سرمایه‌گذاری بهره‌برداری، تعمیرات و نگهداری به صورت یک تابع هدف چندمنظوره در نظر گرفته‌شده با استفاده از روش‌های هوشمند، مکان‌یابی و ظرفیت‌یابی واحدهای تولید پراکنده انجام می‌گیرد. در مرجع [۱۴] روشی برای قرار دادن تولید پراکنده با نگاهی به افزایش بارپذیری و پایداری ولتاژ سیستم توزیع بیان شده است. تأثیر تکنیک پیشنهادی در یک سیستم توزیع عملی در پوجای اندونزی نشان داده شده است. در این مقاله ابتدا به‌طور

کلی تولید پراکنده و مزایای آن شرح داده شده است. تکنیک جایابی شامل جزئیات رویکرد پیشنهادی مورد بحث قرار گرفته است.

در مرجع [۱۵] یک روش‌شناسی کارآمد برای آمیزش قدرت DG در سیستم توزیع را بیان می‌کند، که سیستم در راستای بارپذیری حداکثر ولتاژ قرار گرفته باشد حداکثر بارگیری که می‌تواند توسط سیستم قدرت توزیع تأمین شده باشد در حالی که ولتاژها در همه نقاط درون محدوده‌ها نگـه داشـتـه شده‌اند). روش پیشنهادی بر اساس پخش بار ادامه‌دار است اثر بخشی روش پیشنهاد شده در یک سیستم توزیع تست که مرکب است از ۸۵شین با درآمیختن سطوح مختلف نفوذ توان DG اثبات شده است.

مرجع [۱۶] روشی برای تخصیص بهینه تولید پراکنده و تعیین سایز آن در سیستم توزیع در راستای کاهش تلفات الکتریکی شبکه و تضمین سطح قابلیت اطمینان قابل‌قبول و پروفایل ولتاژ بیان شده است. فرآیند بهینه‌سازی توسط ترکیب تکنیک‌های الگوریتم ژنتیک با روش‌هایی برای ارزیابی اثر DG در قابلیت اطمینان ،سیستم تلفات و پروفایل ولتاژ حل شده است. تابع ارزیابی مناسب که GA را به جواب می‌رساند، ارتباط بین مزیت به دست آمده توسط نصب واحدهای DG و سرمایه‌گذاری و هزینه‌های عملیاتی به وجود آمده در نصبشان است ارزیابی تلفات و پروفایل ولتاژ بر اساس یک روش پخـش بـار برای شبکه‌های شعاعی با حضور تولیدکننده‌های پراکنده است.

در مرجع [۱۷] هدف اصلی بررسی تأثیر DG بر بارپذیری شبکه‌های توزیع ولتاژ متوسط می‌باشد. بارپذیری در دو حالت ارزیابی شده است بارگیری حداکثر برحسب حدود ولتاژ (VL) و بارگیری حداکثر بر حسب حدود پایداری ولتاژ (VSL) همچنین تأثیر تزریق توان راکتیو از DG بر تلفات سیستم بررسی شده است.

مرجع [۱۸] روشی برای جایابی بهینه واحدهای DG در شبکه‌های توزیع بـرای تضمین افزایش پروفایل ولتاژ حداکثر کردن بارپذیری و کاهش تلفات سیستم توزیع را بیان میکند. اهداف این روش پیدا کردن پیکربندی در بین یک مجموعه از اجزاء سیستم با در نظر گرفتن بیان علت حدود پایداری است. نتایج نشان داده شده در مقاله حاکی از این است که فرمولاسیون پیشنهادی می‌تواند بهترین شین‌ها را که با اضافه کردن واحدهای تولید پراکنده کوچک می‌توان به‌خوبی پایداری ولتاژ کل سیستم را افزایش داد و ظرفیت انتقال قدرت را توسط کاهش تلفات توان سیستم بهبود بخشید تعیین کند. روش پیشنهادی تست شده است و با سیستم توزیع موجود مقایسه گردیده است.

مرجع [۱۹] یک روش ساده اندازه و مکان‌یابی بهینه تولیدکننده‌ها بیان کرده است. یک تکنیک جستجوی تکراری مرسوم همراه با روش نیوتن رافسون مطالعه پخش بار بر روی سیستم‌های ۶ شینه، ۱۴ شینه و ۳۰ شینه اصلاح شده IEEE اجرا شده است. مکان‌ها و ظرفیت‌های منابع DG تأثیر عمیقی بر تلفات سیستم در شبکه توزیع دارد.

در مرجع [۲۰] یک ترکیب جدید الگوریتم ژنتیک بهینه‌سازی دسته پرندگان(PSO) برای مکان و سیستم‌های توزیع بیان شده است. هدف حداقل سازی تلفات تنظیم ولتاژ بهتر، سایز بهینه DG در بهبود پایداری ولتاژ در سیستم‌های توزیع است.

بنابراین در این فصل درصدد برآمدیم تا اصلی‌ترین و پرکاربردترین این الگوریتم‌ها و استفاده از آنان جهت مکان‌یابی بهینه نیروگاه‌های تولید پراکنده معرفی و تفسیر نماییم.

5. پیاده‌سازی الگوریتم هوشمند در مکان‌یابی بهینه از منابع تولید پراکنده هیبرید با در نظر گرفتن عدم قطعیت در بازار برق

در سال‌های اخیر به دلیل افزایش تقاضای برق و از سوی دیگر رشد کارایی و توانایی سیستم توزیع، روش‌های مدیریت و برنامه‌ریزی جدیدی برای توزیع برق در شبکه معرفی‌شده است. همچنین به خاطر ایجاد یک محیط رقابتی در بازار برق بخش‌های مختلف شبکه یعنی سیستم تولید، انتقال و توزیع بـه صورت متمرکز تبدیل‌شده و برنامه‌ریزی‌های تجدید ساختار در آن‌ها صورت گرفته است. در چنین محیط تجدید ساختار یافته‌ای هدف تمامی بخش‌ها، افزایش سود است و از همین رو، از روش‌های برنامه‌ریزی و مؤلفه‌های ساختاری مختلفی در هر بخش استفاده می‌گردد. یکی از این مؤلفه‌های ساختاری در سیستم

برق تجدید ساختار یافته تولید پراکنده (DG) است. استفاده از DG می‌تواند به توسعه شبکه، کاهش تلفات افزایش قابلیت اطمینان و بهبود پروفیل ولتاژ کمک کند. فناوری‌های تولید پراکنده از انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار هستند، ه مثلاً از نظر بهره‌برداری، اندازه و ظرفیت، قابل برنامه‌ریزی می‌باشند از سوی دیگر بهره‌گیری از DG سبب انعطاف‌پذیری قیمت برق در محیط بازار و بهبود عملکرد شبکه خواهد شد.

توسعه شبکه توزیع یکی از روش‌های پاسخگویی به افزایش تقاضای برق .است در بیشتر مقالات، منظور از توسعه شبکه توزیع نصب و گسترش اجزای جدید در سیستم برق است از جمله، منابع تولید پراکنده، سیستم‌های ذخیره‌سازی ،انرژی خودروهای الکتریکی و غیره در این نوشتار از روشی جدید برای مکان‌یابی بهینه منابع تولید پراکنده با در نظر گرفتن مفاهیمی ،چون عدم قطعیت تولید پراکنده (DG) هیبرید افزایش بار بازار برق و گسترش دینامیکی ،پلکانی در برنامه‌ریزی شبکه توزیع استفاده شده است. از این رو مکان‌یابی بهینه DG در حضور عدم قطعیت بار و قیمت برق در محیط بازار برق مـورد بررسی قرار گرفته است بالا رفتن هزینه‌ی انتقال و توزیع به مولدهای تولید پراکنده این امکان را می‌دهد تا برق خود را به قیمتی ارزان‌تر در اختیار مصرف‌کنندگان قرار دهد. علاوه بر این تولیدات پراکنده امکان استفاده از منابع پاک برای تولید برق را می‌دهند اتصال DG به شبکه‌ی توزیع علی‌رغم مزایایی که برای شبکه دارد اما اتصال آن‌ها به شبکه باعث ایجاد هارمونیک در شبکه و کاهش امپدانس اتصال کوتاه می‌شود. ضمناً اگر در هنگام خاموشی DG متصل به شبکه به صورت جزیره‌ای کار کند می‌تواند برای تعمیر کارهای شبکه خطرناک باشد اما این مسائل باعث نادیده گرفتن مزایای این نوع مولدها نمی‌شود چنانچه استفاده از این مولدها رو به گسترش است برای کاهش تلفات در شبکه توزیع روش‌هایی وجود دارند که عبارت‌اند از خازن ،گذاری تعویض هادی‌ها تغییر سطح ولتاژ مدیریت بار ترانسفورماتور و بازآرایی شبکه در این میان جایابی بهینه منابع تولید پراکنده ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش جهت کاهش تلفات و افزایش قابلیت اطمینان و بهبود پروفیل ولتاژ می‌باشد بنابراین ارائه روش‌های مناسب برای پوشش دادن به این اصل همچنان به عنوان یک نیاز مهم به حساب می‌آید.

در این فصل با کمک روش پیشنهادی مطرح‌شده مینیمم سازی هزینه راه‌اندازی و هزینه‌های بهره‌برداری به صورت هم‌زمان صورت گرفته است در این نوشتار واحدهای DG مدنظر، واحد خورشیدی و بادی هستند و تابع ،هدف مینیمم سازی هزینه کل انرژی و بهبود پروفیل ولتاژ است. برای این منظور، بار و میزان تولید واحدهای DG بر اساس دو تابع توزیع احتمالی (PDF) مدل‌سازی شده است. در ادامه نیز از روش شبیه‌سازی مونت کارلو برای اعمال PDFها در الگوریتم مکان‌یابی بهینه استفاده شده است خود مکان‌یابی DG هیبرید نیز بر اساس روش بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO) انجام شده است. شبیه‌سازی‌ها با استفاده از محیط برنامه‌نویسی MATALB برای یک سیستم ۳۳ باسـه استاندارد IEEE کد نویسی شده است. لازم به ذکر است که در سیستم قدرت، عدم قطعیت‌های مختلفی وجود دارد از جمله میزان تقاضای بار قیمت ،برق میزان تولید DG سرعت وزش باد در واحد بادی، میزان تابش خورشید در واحد خورشیدی و غیره در اینجا تنها میزان بار و میزان تولید واحدهای DG به عنوان پارامترهای عدم قطعیت در نظر گرفته‌شده‌اند.

6. مدل‌سازی عدم قطعیت توان بادی و توان خورشید

6-1. واحد بادی

برای مدل‌سازی پارامترهای واحد ،بادی از تابع چگالی احتمالی Rayleigh استفاده شده اسـت کـه نـوع خاصی از تابع چگالی احتمالی ویبول است و در آن ضریب شیب برابر ۲ فرض شده است. ایـن تـابع در [۲۸] ارائه شده است.

$$\min f = b_1 C^I + b_2 C^M + b_3 C^O + b_4 C^{Lt} + b_5 C^A \quad (1)$$

$$\min f = b_1 \sum_{k=1}^{N_{tipe}} \sum_{i \in N_{DGK}} \left(C^I_{DGK} P^N_{DGKi} \right) + b_2 \sum_{k=1}^{N_{tipe}} \sum_{i \in N_{DGK}} \left(C^M_{DGK} T_{DGKi} P^N_{DGKi} \right) + b_3 \sum_{k=1}^{N_{tipe}} \sum_{i \in N_{DGK}} \left(C^O_{DGK} T_{DGKi} P^N_{DGKi} \right) + b_4 C^L W_{loss} + b_5 C^L \sum_{k=1}^{N_{tipe}} \sum_{i \in N_{DGK}} T_{DGKi} \left(P^N_{DGKi} - P_{DGKi} \right) \quad (2)$$

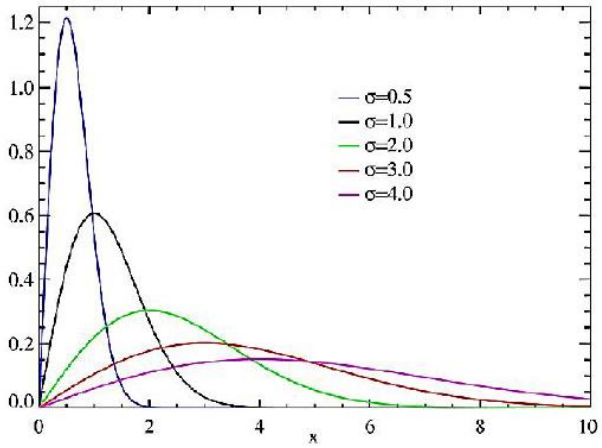
$$b_1 + b_2 + b_3 + b_4 + b_5 = 1$$

$$0 \le S_i^{SS} \le S_{i-cap}^{SS}$$

$$S_j^{FD} \le S_{j-cap}^{FD} \quad (3)$$

$$S_k^{DG} \le S_{k-cap}^{DG}$$

توزیع ریلی یا رایلی (Rayleigh distribution) معمولاً در مواردی مشاهده می‌شود که متغیری دارای دو عضو بوده که هر دو دارای توزیع نرمال با واریانس مشابه بوده و از هـم مستقل باشند. به‌طور مثال می‌توان سرعت باد که دارای دو مؤلفه در جهت شرقی-غربی و شمالی- جنوبی می‌باشد را دارای این توزیع دانست همچنین اندازه اعداد مختلطی که مقادیر حقیقی و موهومی آن‌ها دارای توزیع یکسان نرمال بوده و از هم مستقل ،باشند، دارای توزیع ریلی است. این توزیع به نام لرد ریلی نامیده شده است.



شکل 1- تابع چگالی احتمالی Rayleigh

توان خروجی واحد بادی خود تابعی از سرعت باد است که می‌توان با این توزیع به صورت معادله 4 آن را تعریف کرد [۲۸].

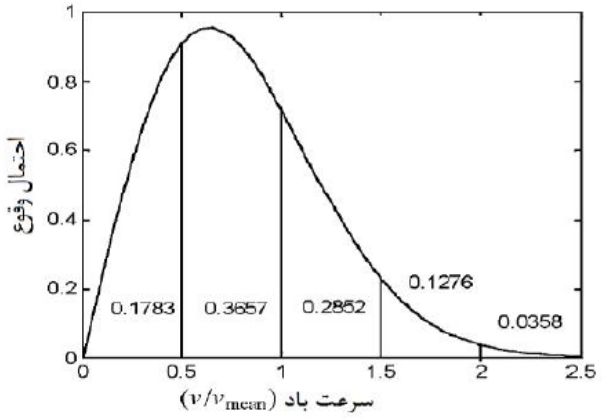
$$P = f(v) = \left(\frac{2v}{\sigma^2}\right) exp\left[-\left(\frac{v}{\sigma}\right)^2\right] \quad (4)$$

که در این رابطه ، ضریب مقیاس نامیده می‌شود که با شرط مشخص بودن متوسط سرعت باد در واحد بادی، به صورت معادله 5 و 6 قابل محاسبه است [۲۸]:

$$v_m = \int_0^\infty vf(v)dv = \int_0^\infty \left(\frac{2v^2}{\sigma^2}\right) exp\left[-\left(\frac{v}{\sigma}\right)^2\right] dv \quad (5)$$

توزیع احتمالی سرعت باد به صورت شکل 2 است. همچنین تابع احتمال در نهایت به صورت 6 به دست خواهد آمد.

$$P(G_{wind}) = \int_{v_{w1}}^{v_{w2}} f(v)dv \quad (6)$$



شکل 2- توزیع احتمالی سرعت باد براساس تابع Rayleigh [۲۸]

2-6. واحد خورشیدی

توان خروجی سلول‌های خورشیدی معمولاً به تابش خورشید به سطح آن‌ها بستگی دارد. توزیع ساعتی تابش در یک مکان معین، معمولاً از توزیع Bimodal تبعیت میکند. این توزیع در شکل ۳ نشان داده شده است.

توزیع دوجمله‌ای نوعی توزیع پرکاربرد در ،آمار ،اقتصاد و علوم تجربی است در نظریه‌ی احتمال و آمار توزیع دوجمله‌ای توزیعی گسسته است از تعداد موفقیت‌ها در دنباله‌ای شامل n آزمایش مستقل برنولی همه با احتمال موفقیت (توزیع برنولی) در واقع متغیر تصادفی X (تعداد موفقیت‌ها) را متغیر دوجمله‌ای با پارامترهای n و p می‌گویند.

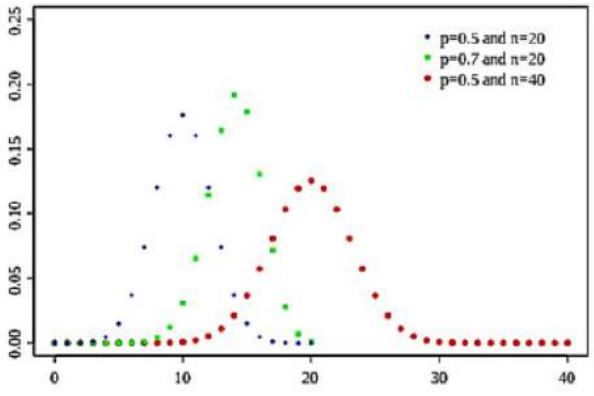
یک آزمایش دوجمله‌ای بایستی دارای ویژگی‌های زیر باشد:

آزمایش دارای n تعداد آزمون یکسان و عیناً مشابه باشد.

نتیجه هر آزمون فقط به یکی از این دو صورت باشد موفق یا ناموفق.

احتمال موفقیت آزمونی را اگر با p نشان دهیم از آزمون به آزمون یکسان بوده و متغیر نباشد. احتمال عدم موفقیت را با 1 نشان داده که برابر است با

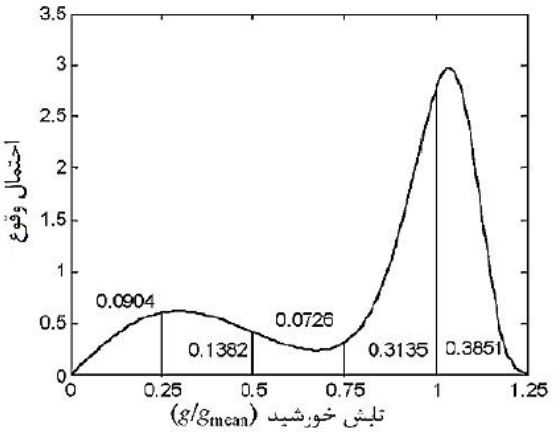
$$q=1-p \quad (7)$$



شکل 3- تابع توزیع Bimodal

بیان ریاضی آن نیز بر اساس مدل ارائه شده در [۲۸] به صورت 8 است.

$$P(G_{pv}) = \eta^{pv} S^{pv} g \quad (8)$$



شکل 4- توزیع احتمالی تابش خورشید بر اساس تابع Bimodal

7.شبیه‌سازی مونت کارلو (MC) [۲۹-۲۸]

مونت کارلو یک راه‌حل ساده عددی است برای حل مسائلی که روابط اشیا با اشیا یا محیطشان را مدل می‌کند بر اساس روابط ساده شیء – شیء یا شیء – محیط روش مونت کارلو اساساً رویکرد ساده‌ای دارد که عبارت‌اند از؛ قابل درک ساختن یک سیستم ماکروسکوپی از طریق شبیه‌سازی اندرکنش‌های (interaction) میکروسکوپی‌اش راه‌حل، به‌وسیله نمونه‌برداری تصادفی از روابـط یـا انـدر کنش‌های میکروسکپی تعیین می‌گردد بنابراین مکانیزم اجرای این راه‌حل، تکرار عملکرد است. روش مونت کارلو درزمینه‌های متنوعی همچون ،ریاضیات فیزیک محاسباتی شیمی فیزیک و زمینه‌های مرتبط با آن‌ها طراحی راکتورهای هسته‌ای کرومودینامیک هسته‌ای توصیف تولید کوارک‌ها توصیف نیروی قوی هسته‌ای پرتودرمانی ،سرطان مسئله ،ترافیک فرضیه سیر تکاملی ستاره‌ها، اقتصادسنجی و طراحی VLSI اکتشاف چاه‌های نفت کاربرد فراوان دارد.

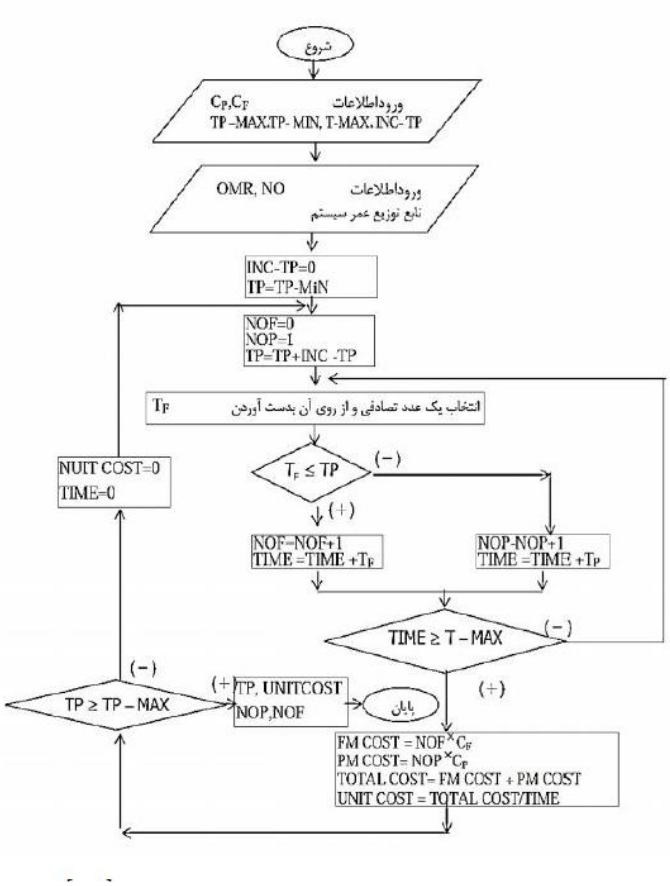
مونت کارلو، در واقع یک نوع روش حل عددی است که می‌تواند در حل انواع گوناگونی از مسائل علـوم مختلف، کارآمد و مفید واقع شود مونت کارلو بر اساس نمونه‌برداری تصادفی و شبیه‌سازی، بنا نهاده شده است. مثلاً می‌توان با شبیه‌سازی فعل و انفعالات ریزمقیاس و جزئی ،سیستم، راه‌حل مناسبی برای سیستم‌های بزرگ مقیاس یافت.
مکانیسم اجرای این ،روش تعداد زیادی داده‌های حاصل از نمونه‌برداری و محاسبات تکراری را در بـر خواهد داشت. این امر باعث می‌شود که کامپیوتر نقش اساسی در پیاده‌سازی این روش بر عهده داشته باشد. در بعضی موارد فعل و انفعالات ریز مقیاس و روابط جزئی ،سیستم به خوبی شناخته شده نیستند، حتی در این موارد نیز مونت کارلو فرایندی را فراهم میکند که توصیف و توسعه روابـط بـزرگ مقیاس آسان‌تر شده و حل مناسبی برای مسئله یافت شود.
در زمینه کشف خواص و رفتار یک پدیده بزرگ مقیاس مونت کارلو بسیار شبیه به یک آزمایشگر عمل می‌کند و بدون تئوری و با استفاده از سعی و خطا کمک شایانی به روند کشف خواهد کرد. به خصـوص هنگامی که پیچیدگی مسئله زیاد می‌شود این تکنیک برای ما کمک مفیدی خواهد بود. شکل 5 زمان حل مسئله را با روش‌های مونت کارلو و تحلیلی در قبال بالا رفتن پیچیدگی سیستم، مقایسه می‌کند.

8. روابط ریاضی

ابزارهای این متد در کل به سه قسمت تقسیم می‌شوند:
تابع چگالی احتمال (PDF) یا تابع توزیع تجمعی (CDF)
عدد تصادفی (Random number)

9. روش‌های نمونه‌برداری

1-تابع‌های چگالی یا جرم احتمال می‌توانند به ترتیب پیوسته و یا گسسته باشند. برای اینکه از یک تابع استفاده کنیم ابتدا باید جمعیت مورد مطالعه (مجموعه اعضای یک سیستم) را بشناسیم، مثلاً گسسته یا پیوسته بودنش را، در مرحله بعد باید بدانیم که احتمالات بـه چـه صـورت مـیـان حالت‌های مختلف توزیع شده‌اند توزیع به صورت نرمال است یا پواسن هندسی است یا نمایی و یا انواع دیگـر بـه ازای هر کدام از انواع توزیع می‌توان تابع چگالی احتمال را به دست آورد.
2-اعداد تصادفی به روش‌های مختلفی تولید می‌شوند مثلاً پرتاب سوزن‌های بوفون تاس، سکه و غیره.
تولید اعداد تصادفی دو شرط لازم دارند ارقام مختلف برای آمدن احتمال یکسان داشته باشند، و کاملاً از هم مستقل باشند.
فلوچارت مربوط به روش شبیه‌سازی مونت کارلو در شکل 5 نشان داده شده است.



شکل 5- فلوچارت روش شبیه‌سازی مونت کارلو

10. الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات (PSO)

PSO از تکنیک‌های محاسبات تکاملی است و با تقلید از پرواز پرندگان و تبادل اطلاعات میان آن‌ها ابداع شده است. در PSO هر راه حل تنها یک پرنده در فضای جستجو است و عضو نامیده می‌شود. تمام پرندگان یک مقدار شایستگی دارند که توسط تابع شایستگی که باید بهینه شود ارزیابی می‌گردد. علاوه بر این هر پرنده ،i دارای یک موقعیت در فضای D بعدی مسئله است که در تکرار tام، با یک بردار به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

همچنین این پرنده سرعتی دارد که پروازش را هدایت میکند و در تکرار tام با بردار زیر نشان داده می‌شود:

$$\left[V_i^t = (v^t_{i1}, v^t_{i2}, \ldots, v^t_{iD})\right] \quad (9)$$

و این پرنده نیز در هر تکرار یک حافظه از بهترین موقعیت قبلی خودش را دارد که با بردار P نشان داده می‌شود:

$$\left[P_i^t = (p^t_{i1}, p^t_{i2}, \ldots, p^t_{iD})\right] \quad (10)$$

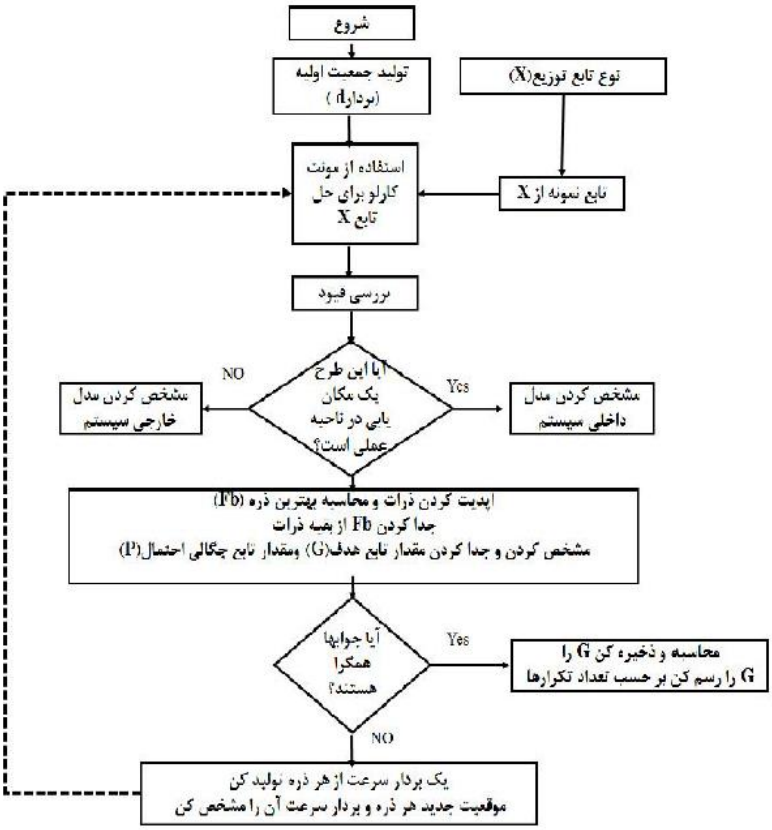
در هر تکرار جستجو، هر عضو با در نظر داشتن دو مقدار بهترین به‌روزرسانی می‌شود. اولی مربوط به بهترین راه‌حلی است که پرنده تاکنون آن را تجربه کرده است. مقدار شایستگی این بهترین راه حل نیز ذخیره می‌گردد. این مقدار را بهترین p یا اصطلاحاً Pbest می‌نامند. دومین بهترین که توسط PSO دنبال می‌شود بهترین موقعیتی است که تاکنون در جمعیت به دست آمده است. این مقدار بهینه و اصطلاحاً Gbest نامیده می.شود زمانی که یک عضو بخشی از جمعیت را به عنوان توپولوژی همسایگانش در نظر می‌گیرد بهترین مقدار یک بهترین محلی است و Lbest نامیده می‌شود.

بعدازاینکه دو بهترین مقدار پیدا شدند موقعیت و سرعت هر عضو توسط فرمول‌های شماره 9 و 10 زیر به‌روزرسانی می‌شوند:

$$V_i(t+1) = wV_i(t) + c_1 r_{1,i}(t)(P_i(t) - X_i(t)) + c_2 r_{2,i}(t)(P_g(t) - X_i(t)) \quad (11)$$

در فرمول‌های فوق بیانگر شماره تکرار و متغیرهای فاکتورهای یادگیری هستند. اغلب است که میزان جابجایی یک پرنده را در یک بار تکرار کنترل می‌کند. دو عدد تصادفی یکنواخت در رنج [۱،۰] هستند. یک وزن جبری است که به صورت نوعی در رنج [۱۰] مقداردهی اولیه می‌گردد. یک وزن جبری بزرگ‌تر یک استکشاف عمومی و وزن جبری کوچک‌تر استکشاف محلی را تسهیل می‌نماید.

در الگوریتم PSO استاندارد جمعیت با راه‌حل‌های تصادفی مقداردهی اولیه می‌شود و تا رسیدن به‌شرط خاتمه به صورت تکراری شایستگی جمعیت محاسبه مقادیر Pbest و Gbest ست، سرعت و موقعیت نیز به ترتیب به‌روزرسانی می‌شوند. در آخر هم Gbest و مقدار شایستگی‌اش به عنوان خروجی بیان می‌شوند. شرط خاتمه می‌تواند رسیدن به ماکسیمم تعداد نسل‌ها یا رسیدن به یک مقدار خـاص شایستگی در Gbest باشد.



شکل ۶- فلوچارت پیاده‌سازی PSO برای حل مسئله عدم قطعیت به کمک روش مونت کارلو

فلوچارت پیاده‌سازی PSO برای مکان‌یابی بهینه DG هیبرید با در نظر گرفتن عدم قطعیت به کمک روش مونت کارلو در شکل 6 قابل مشاهده است.

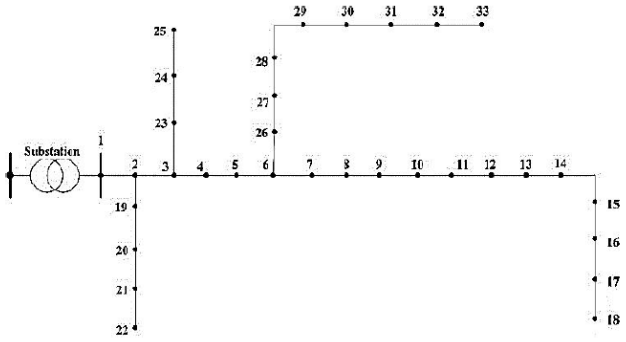
11. شبیه‌سازی مدل پیشنهادی و استخراج نتایج

در این بخش پس از معرفی منابع تولید پراکنده مورداستفاده در بحث و با در نظر گرفتن ساختار هیبرید این منابع که متشکل از دو نیروگاه بادی و خورشیدی است مکان‌یابی بهینه انجام خواهیم داد و تأثیرات آن را بر تلفات قابلیت اطمینان و پروفیل ولتاژ سیستم مورد بررسی قرار می‌دهیم. همچنین با در نظر گرفتن تابع هدف مناسب برای کاهش هزینه‌ها و انتخاب مقادیر

اولیه مناسب برای ضرایب وزنی این رابطه در چند حالت مختلف مکان‌یابی نیروگاه‌های تولید پراکنده را بر اساس تابع هدف تعریـف شـده اعمال خواهیم نمود.

1-11. داده‌های شبیه‌سازی

روش پیشنهادی بر روی یک سیستم ۳۳ باسه استاندارد IEEE که در شکل 7 قابل مشاهده است پیاده‌سازی شده است. داده‌های مربوط به این سیستم که بر اساس مرجع [۲۷] انتخاب شـده اسـت بـه صورت زیر نمایش داده می‌شود.



شکل 7- سیستم 33 باسه استاندارد IEEE [۲۷]

جدول 1- دیتاهای مربوط به سیستم 33 باسه استاندارد مورد مطالعه

شاخه	فرستنده	گیرنده	رزیستانس	رآکتانس	توان اکتیو دریافتی	توان رآکتیو دریافتی
	bus	bus	*R,Q*	*X,Q*	bus, MW	bus, MVAr
۱	۱	۲	۰.۰۹۲۲	۰.۰٤۷۷	۰.۱	۰.۰٦
۲	۲	۳	۰.٤۹۳	۰.۲۵۱۱	۰.۰۹	۰.۰٤
۳	۳	٤	۰.۳٦٦	۰.۱۸٦٤	۰.۱۲	۰.۰۸
٤	٤	۵	۰.۳۸۱۱	۰.۱۹٤۱	۰.۰٦	۰.۰۳
۵	۵	٦	۰.۸۱۹	۰.۷۰۷	۰.۰٦	۰.۰۲
٦	٦	۷	۰.۱۸۷۲	۰.٦۱۸۸	۰.۲	۰.۱
۷	۷	۸	۱.۷۱۱٤	۱.۲۳۵۱	۰.۲	۰.۱
۸	۸	۹	۱.۰۳	۰.۷٤	۰.۰٦	۰.۰۲
۹	۹	۱۰	۱.۰٤	۰.۷٤	۰.۰٦	۰.۰۲
۱۰	۱۰	۱۱	۰.۱۹٦٦	۰.۰٦۵	۰.۰٤۵	۰.۰۳
۱۱	۱۱	۱۲	۰.۳۷٤٤	۰.۱۲۳۸	۰.۰٦	۰.۰۳۵
۱۲	۱۲	۱۳	۱.٤٦۸	۱.۱۵۵	۰.۰٦	۰.۰۳۵
۱۳	۱۳	۱٤	۰.۵٤۱٦	۰.۷۱۲۹	۰.۱۲	۰.۰۸
۱٤	۱٤	۱۵	۰.۵۹۱	۰.۵۲٦	۰.۰٦	۰.۰۱
۱۵	۱۵	۱٦	۰.۷٤٦۳	۰.۵٤۵	۰.۰٦	۰.۰۲
۱٦	۱٦	۱۷	۱.۲۸۹	۱.۷۲۱	۰.۰٦	۰.۰۲
۱۷	۱۷	۱۸	۰.۷۳۲	۰.۵۷٤	۰.۰۹	۰.۰٤
۱۸	۱۸	۱۹	۰.۱٦٤	۰.۱۵٦۵	۰.۰۹	۰.۰٤
۱۹	۱۹	۲۰	۱.۵۰٤۲	۱.۳۵۵٤	۰.۰۹	۰.۰٤
۲۰	۲۰	۲۱	٤۰۹۵.	۰.٤۷۸٤	۰	۰.۰٤
۲۱	۲۱	۲۲	۰.۷۰۸۹	۰.۹۳۷۳	۰.۰۹	۰.۰٤
۲۲	۳	۲۳	۰.٤۵۱۲	۰.۳۰۸۳	۰.۰۹	۰.۰۵
۲۳	۲۳	۲٤	۰.۸۹۸	۰.۷۰۹۱	۰.٤۲	۰.۲
۲٤	۲٤	۲۵	۰.۸۹٦	۰.۷۰۱۱	۰.٤۲	۰.۲
۲۵	٦	۲٦	۰.۲۰۳	۰.۱۰۳٤	۰.۰٦	۰.۰۲۵
۲٦	۲٦	۲۷	۰.۲۸٤۲	۰.۱٤٤۷	۰.۰٦	۰.۰۲۵
۲۷	۲۷	۲۸	۱.۰۵۹	۰.۹۳۳۷	۰.۰٦	۰.۰۲
۲۸	۲۸	۲۹	۰.۸۰٤۲	۰.۷۰۰٦	۰.۱۲	۰.۰۷
۲۹	۲۹	۳۰	۰.۵۰۷۵	۰.۲۵۸۵	۰.۲	۰.٦
۳۰	۳۰	۳۱	۰.۹۷٤٤	۰.۹٦۳	۰.۱۵	۰.۰۷
۳۱	۳۱	۳۲	۰.۳۱۰۵	۰.۳٦۱۹	۰.۲۱	۰.۱
۳۲	۳۲	۳۳	۰.۳٤۱	۰.۵۳۰۲	۰.۰٦	۰.۰٤

همچنین هزینه‌های اولیه منابع تولید پراکنده مورد مطالعه در این نوشتار یعنی نیروگاه بادی و خورشیدی نیز به صورت جدول 1 آورده شده است.

جدول 2- هزینه‌های قراردادی برای دو نوع سیستم مورد مطالعه

نوع *DG*: نیروگاه خورشیدی	نوع *DG*: نیروگاه بادی	هزینه‌ها($/kw)
۲۰۰۰	۱۸۰۰	هزینه سرمایه‌گذاری
۰.۰۳	۰.۰۵	هزینه نگهداری

همچنین مقادیر انحراف معیار و مقدار متوسط ارزش توان هر باس در سیستم مورد مطالعه به صورت زیر در جدول شماره ۳ آورده شده است.

جدول 3- مقادیر انحراف معیار و مقدار متوسط ارزش توان هر باس

۱	انحراف معیار	مقدار متوسط ارزش توان
۲	۰.۰۰۳۵	۰.۰۰۱۳
۳	۰.۰۰۳۱۵	۰.۰۰۱۸
٤	۰.۰۰٤۲	۰.۰۰۱۸
٥	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۱۲
٦	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۰۸٥
۷	۰.۰۰۷	۰.۰۰۳۱
۸	۰.۰۰۷	۰.۰۰۳۲۷
۹	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۰۹٦
۱۰	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۱۲٥
۱۱	۰.۰۰۱٥	۰.۰۰۰٦۱
۱۲	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۱۲.
۱۳	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۰۸۲
۱٤	۰.۰۰٤۲	۰.۰۰۲٥
۱٥	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۰۷۱
۱٦	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۰۷۳
۱۷	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۱۱۳
۱۸	۰.۰۰۳۱٥	۰.۰۰۱۱
۱۹	۰.۰۰۳۱٥	۰.۰۰۱٥
۲۰	۰.۰۰۳۱٥	۰.۰۰۱٤
۲۱	۰.۰۰۳۱٥	۰.۰۰۱۲۳
۲۲	۰.۰۰۳۱٥	۰.۰۰۱۳۸

۱	انحراف معیار	مقدار متوسط ارزش توان
۲۳	۰۰۳۱٥.	۰۰۱٤۹.
۲٤	۰.۰۱٤۷	۰.۰۰٤٦
۲٥	۰.۰۱٤۷	۰.۰۰۷۸
۲٦	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۱۲
۲۷	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۰۸٤
۲۸	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۱۱۲
۲۹	۰.۰۰٤۲	۰.۰۰۲۱۸
۳۰	۰.۰۰۷	۰.۰۰۳۷
۳۱	۰.۰۰٥۲٥	۰.۰۰۲۲
۳۲	۰.۰۰۷۳٥	۰.۰۰۳٦
۳۳	۰.۰۰۲۱	۰.۰۰۰۸٤

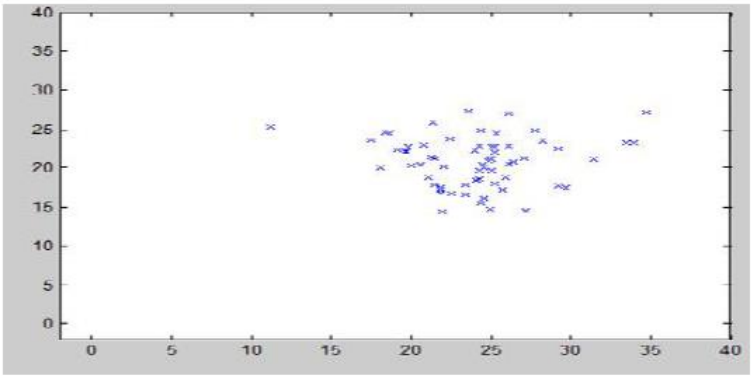
علاوه بر مقادیر بالا، در این مقاله به‌طور قراردادی سرعت ،اولیه متوسط و حداکثر باد را برای نیروگاه بادی به ترتیب ۴ و ۱۵ و ۲۵ متر بر ثانیه در ضریب قدرت ۰،۸ و همچنین توان تابش خوشید برابر ۱۰۰ وات بر مترمربع در ضریب قدرت واحد در نظر گرفته می‌شود [۲۷].

جدول 4- ظرفیت قراردادی نصب شده و نیز نوع DG قابل نصب بر روی یاس‌های کاندیدا

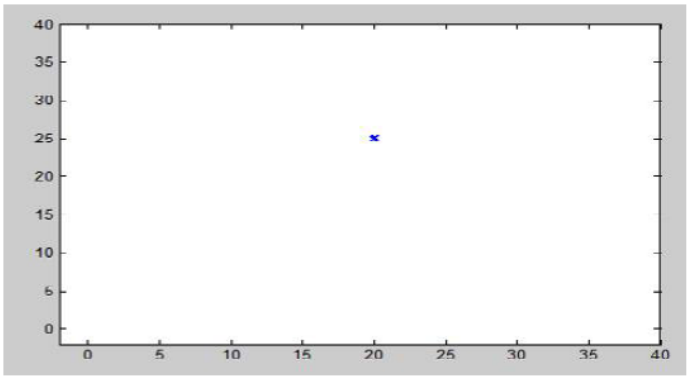
نوع DG	ظرفیت(kw)					شماره یاس
۱و۲	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	٤
۱و۲	۲۰۰	۱۶۰	۱۲۰	۸۰	۲۰	۷
۱و۲	۲۰۰	۱۶۰	۱۲۰	۸۰	٤۰	۸
۱	۱۰۰	۸۰	۶۰	٤۰	٤۰	۱٤
۲	۱۰۰	٤۰۰	۶۰	٤۰	۲۰	۱۸
۲	۵۰۰	٤۰۰	۶۰	۲۰۰	۲۰	۲٤
۱و۲	۵۰۰	۱۶۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۵
۱	۲۰۰	۲۰۰	۳۰۰	٤۰	۱۰۰	۳۰
۱و۲	۲۰۰	۲۰۰	۱۲۰	۸۰	۲۰	۳۲

2-11. نتایج شبیه‌سازی‌ها

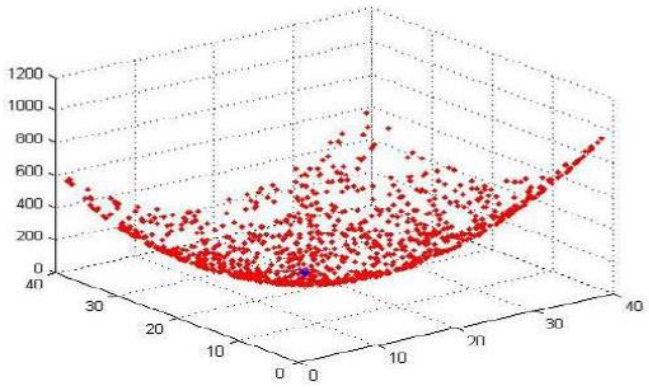
در این فصل پس از معرفی منابع تولید پراکنده مورداستفاده در بحث و با در نظر گرفتن ساختار هیبرید این منابع که متشکل از دو نیروگاه بادی و خورشیدی است مکان‌یابی بهینه انجام دادیم و تأثیرات آن را تلفات، قابلیت اطمینان و پروفیل ولتاژ سیستم مورد بررسی قرار گرفت با در نظر گرفتن تابع هدف مناسب برای کاهش هزینه‌ها و انتخاب مقادیر اولیه مناسب برای ضرایب وزنی این رابطه در چند حالت مختلف مکان‌یابی نیروگاه‌های تولید پراکنده اعمال شد نتایج اجرای الگوریتم PSO و مقادیر تابع هدف در محیط نرم‌افزار MATLAB به ازای تکرارهای مختلف در شکل‌های زیر ارائه شده است.



شکل 8- همگرایی الگوریتم PSO در شروع بهینه‌سازی

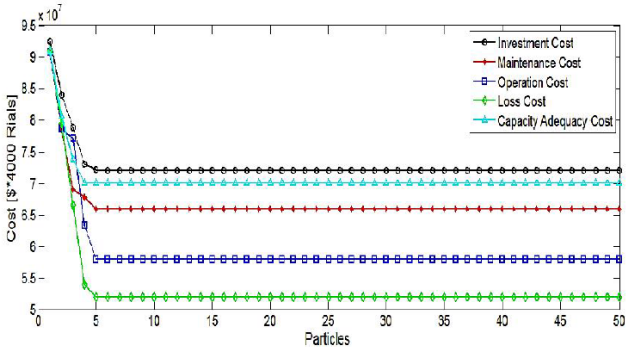


شکل 9- همگرایی الگوریتم PSO در پایان بهینه‌سازی



شکل10- کل فضای حرکت ذرات مربوط به الگوریتم پیشنهادی

حال نمودار مربوط به تابع هزینه سیستم را نمایش در شکل 11 می‌دهیم در این منحنی علاوه بـر هزینه کل سیستم هزینه تک‌تک قسمت‌های مربوط به DGها نیز آورده شده است. نمودار اول (مشکی) هزینه مربوط به سرمایه‌گذاری نمودار دوم آبی کم‌رنگ هزینه مربوط به ظرفیت ایدئال، نمودار سوم(قرمز رنگ) هزینه مربوط به نگهداری نمودار چهارم (آبی رنگ) هزینه مربوط به تعمیرات و در نهایت نمودار پنجم(سبز رنگ) هزینه مربوط به تلفات می‌باشد. همان طور که مشاهده می‌شود تمـامـی ایـــن منحنی‌ها نزولی می‌باشند و این موضوع صحیح بودن الگوریتم بهینه‌سازی را تأیید می‌کند.



شکل 11- هزینه‌های کل بر اساس تابع هدف (3-1) پس از بهینه‌سازی به کمک روش پیشنهادی

همچنین تعداد بهینه هر DG در هر کدام از یاس‌های کاندیدا به صورت زیر به دست می‌آید.

جدول 5- تعداد بهینه هر DG در هر کدام از باس های کاندیدا

شماره باس	DG خورشیدی	DG بادی
٤	٠	٣
٧	٢	٣
٨	٠	١
١٤	٠	٣
١٨	١	٣
٢٤	١	٣
٢٥	٠	٠
٣٠	٠	٣
٣٢	٠	١

سایر نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی‌ها را می‌توان در جدول 6 مشاهده کرد:

جدول 6- نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی

٨/٥٢٦٨ e +٠٠٢	تلفات کل سیستم(مگاوات ساعت)
٢٦/٩١٧٩	درصد نفوذ DG
٦/٩٠٥e+٠٠٣	بهترین هزینه سرمایه‌گذاری C^I
٦/٧٣٨٣e+٠٠٣	بهترین هزینه نگهداری C^M
١/٠١٧٧e+٠٠٤	بهترین هزینه تعمیرات C^O
٩/١٤٦٨e+٠٠٣	بهترین هزینه تلفات C^{Lt}
٥/٧٨٦٢e+٠٠٣	بهترین هزینه ظرفیت ایده آل C^A
٨/٦٧٨٣e+٠٠٣	بهترین (بهینه) مقدار تابع هزینه
١٠٠/٢٦٨٠٩٥	مدت زمان اجرای کامل برنامه(ثانیه)

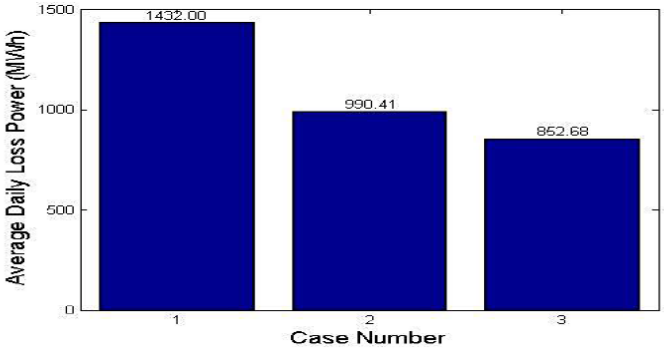
به کمک روش پیشنهادی مقدار بهینه هزینه پس از ۵۰۰ ،تکرار همگرا می.شود این شکل نشان می‌دهد که پس از اعمال PSO مکان‌یابی بهینه نصب DG ،هیبرید هزینه‌های کل از$9200 m به حدود $5100 m کاهش‌یافته است.

اگر کل سیستم مورد مطالعه را به سه حالت زیر تقسیم‌بندی نماییم:

سیستم فاقد منبع تولید پراکنده می‌باشد

دارای هر دو نوع منبع تولید پراکنده می‌باشد ولی جایابی بهینه صورت نگرفته است

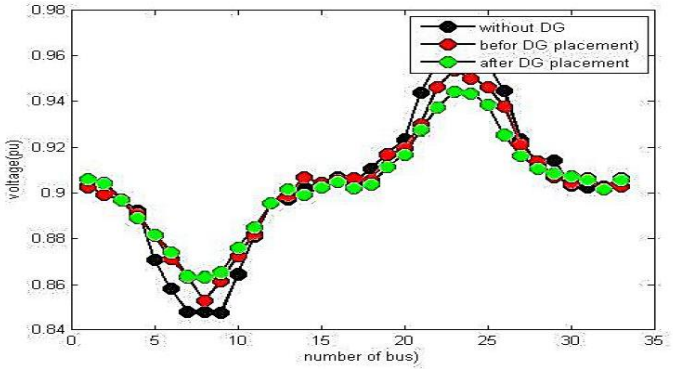
دارای هر دو نوع منبع تولید پراکنده بادی و خورشیدی می‌باشد و جایابی بهینه نیز صورت گرفته باشد و بخواهیم مقدار عددی تلفات کل سیستم را در این سه حالت مقایسه کنیم مشاهده می‌کنیم که تلفات در حالت سوم به‌مراتب کمتر از دو حالت اول می‌باشد و شکل 12 تأییدکننده این موضوع می‌باشد.



شکل 12- مقایسه بین مقدار تلفات کل سیستم در سه حالت مطرح‌شده

در منحنی 13 زیر نیز پروفیل ولتاژ سیستم مورد مطالعه برای حالت‌های مختلف را نمایش می‌دهیم. به راحتی می‌توان دید که پروفیل ولتاژ سیستم در حالتی که دارای نیروگاه خورشیدی و نیروگاه بادی می‌باشد به‌مراتب بهتر و در محدوده کوچک‌تری تغییر می‌کنند نمودار مشکی رنگ مربوط به حالتی است که سیستم فاقد منبع تولید پراکنده می‌باشد در ادامه سیستمی را در نظر می‌گیریم که دارای هـر دو نوع منبع تولید پراکنده بادی و خورشیدی می‌باشد ولی مکان‌یابی بهینه صورت نگرفته و در مرحله سوم و سیستمی را در نظر می‌گیریم که دارای هر دو نوع منبع تولید می‌باشد و جایابی بهینه نیز صورت گرفته است و مجدداً پروفیل ولتاژ باس‌ها را رسم می‌کنیم همان طور که در شکل 13 مشاهده می‌شود.

پروفیل ولتاژ شبکه در حالت اول وضعیت بسیار بدی داشته است و حتی بعضی از باس ها دچار اضافه ولتاژ نیز شده است. پس از نصب منابع تولید پراکنده در حالت دوم ولتاژ سیستم وضعیت مطلوبی بـه خود گرفته است به‌طوری‌که ولتاژ کلیه باس‌ها در چهارچوب مجاز قرارگرفته‌اند و در مرحله سوم پروفیل ولتاژ باس‌ها شرایط به مراتب بهتری دارند.



شکل 13- منحنی پروفیل ولتاژ شبکه در حالت‌های مختلف

در اینجا لازم میدانیم مقایسه‌ای بین نتایج شبیه‌سازی گرفته‌شده در این نوشتار و نتایج آورده شده در مقاله اصلی مورد مطالعه یعنی [۲۷] داشته باشیم در این مرجع از سه نوع منبع تولید پراکنده یعنی نیروگاه بادی و خورشیدی و پیل‌های سوختی استفاده شده و مکان‌یابی بهینه و تعیین ظرفیت بهینه آن‌ها در دو سناریوی مختلف به کمک الگوریتم ژنتیک انجام شده است برای حل مسئله: عدم قطعیت از روشی به نام روش تخمین مقدار (PEM) استفاده نموده است که در واقع در نقطه مقابل مونت کارلو قرار دارد. در مرجع معرفی‌شده برای اعمال عدم قطعیت نیروگاه بادی و خورشیدی از تابع چگالی احتمال ویبول و برای باتری پیل‌های ذخیره کننده از توزیع نرمال استفاده کرده است.

جدول 7- سناریوهای تعریف شده در [27]

سناریو	پارامترهای سرعت باد	پارامترهای تابش خورشید	ضرایب مربوط به تابع هدف
۱	Kv=۲.۱ Cv=۷.۵	Ks=۱.٤ Cs=٥.٤	b_1= ۰.۱ b_2 =۰.۱۱ b_3=۰.۳٤ b_4=۰.۳٤ b_5 =۰.۱۱

با توجه به سناریوی تعریف شده نتایج شبیه‌سازی‌ها در مرجع [۲۷] به صورت زیر آورده می‌شود و با نتایج این رساله مقایسه می‌شود:

جدول 8- مقایسه نتایج شبیه‌سازی‌های این رساله با مرجع [۲۷] با توجه به سناریوی تعریف شده در جدول شماره ۷

توان باس‌ها در این رساله	توان باس‌ها در مرجع [۲۵]	شماره باس در این رساله	شماره باس در مرجع [۲۵]	نوع DG
۸۰	٦۰	٤	١٤	بادی
٦۰	٤۰	۷	١٨	بادی
۸۰	۸۰	۸	٣٢	بادی
١۰۰	٦۰	١٤	–	بادی
۸۰	–	١٨	–	بادی
١٤۰	–	٢٤	–	بادی
١٦۰	–	٣۰	–	بادی
١٦۰	–	٣٢	–	بادی
۸۰	٦۰	۷	١٤	خورشیدی
١۰۰	–	١٨	١٨	خورشیدی
٢٦۰	–	٢٤	٢٥	خورشیدی
–	–	–	٣۰	خورشیدی
–	١٦۰	–	٣٢	خورشیدی
–	٦۰	–	۷	پیل سوختی
–	–	–	١٨	پیل سوختی
–	–	–	٢٥	پیل سوختی
	١٦۰	–	٣٢	پیل سوختی

توان باس‌ها در این رساله	توان باس‌ها در مرجع [۲۵]	شماره باس در این رساله	شماره باس در مرجع [۲۵]	نوع DG
۸۵۲/٦۸	۱۱۹۹/٤	-	-	تلفات انرژی(مگاوات ساعت)
۳/۲	۳/۳۳	-	-	تلفات چرخشی شبکه
۲٦/۹۱۷۹	۲٦/۱	-	-	درصد نفوذ DG
٦۷۳۸۳	۲۱٥۲۹۰	-	-	هزینه نگهداری(دلار)
۱۰۱۷۷	١٦۲۸۳۹	-	-	هزینه تعمیرات(دلار)
۹۱٤٦۸	۱۰۷٦٤۲	-	-	هزینه تلفات(دلار)
٥۷۸٦۱	۷۰۸٦۲	-	-	هزینه ثبات ظرفیت
۸٦۷۸۳	۲٥۰۸٤۰	-	-	ارزش تابع هدف
٦۳۹۰٥	۱۲۷٤۰۰	-	-	هزینه سرمایه‌گذاری(دلار)

با مقایسه این جدول با داده‌های جدول 5 و نیز ۶ مشاهده می‌کنیم که در اینجا نیز به ازای باس‌های کاندیدا و همچنین مقادیر تعریف شده در سناریوهای ۱ و ۲ مقدار بهینه توان نصب شده در هر باس و همچنین پارامترهای دیگری مانند تلفات کل سیستم درصد نفوذ منابع تولید پراکنده و نیز بهینه‌ترین مقادیر هزینه‌های سرمایه‌گذاری ،نگهداری تعمیرات و تلفات و مقدار نهایی هزینه در تابع هدف آورده شده است. البته با توجه به اینکه در سیستم مورد مطالعه ما از دو منبع تولید پراکنده و در مورد مطالعه از سه منبع تولید پراکنده استفاده شده است به لحاظ عددی نمی‌توان مقایسه مناسبی بین نتایج گرفته‌شده در

آنان انجام داد. به عنوان نمونه هر چند در این رساله مقدار توان روی باس‌ها نسبت به مرجع [۲۵] بیشتر بوده ولی به دلیل اینکه در این مرجع علاوه بـر منبـع بـادی و خورشیدی از باتری‌های ذخیره کننده نیز استفاده شده است هزینه کلی آن نسبت به هزینه این رساله بیشتر می‌باشد. البته می‌توان مقایسه مناسبی را در منحنی‌های مربوط به هزینه و تابع هدف اصلی آنان به لحاظ کلی داشت.

12. نتایج و پیشنهادات

12-1. نتایج

همان طور که عنوان شد در دو دهه اخیر تکامل ،تکنولوژی تغییر نگرش اقتصادی در صنعت برق و نیز ملاحظات زیست‌محیطی موجبات علاقه مجدد تولید پراکنده را فراهم نموده است. این منابع اعتبار و اطمینان تهیه‌ی برق را نیز بسیار بهبود بخشیده و سبب شده است که سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی در راستای به‌کارگیری واحدهای تولید پراکنده صورت پذیرد عوامل متعددی در نیاز جامعه به واحدهای تولید پراکنده وجود دارد که پنج عامل اساسی را در رابطه با رویکرد مجدد به تولید پراکنده عبارت‌اند از: پیشرفت تکنولوژی‌های تولید پراکنده محدودیت در ساختن خطوط انتقال ،جدید، افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان جهت تهیه برق باقابلیت اطمینان ،بالا، آزادسازی تجدید ساختار) بازار برق و نگرانی‌های زیست‌محیطی.

به خدمت گرفتن انرژی‌های قابل بازیافت برای تولید برق و گرما نیازمند توجه به دو فاکتور ذخیره‌سازی انرژی و مدیریت آن می‌باشد که این امر منجر به تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در کارایی سیستم‌ها شـده است و نتیجتاً باعث تولید برق توسط تکنولوژی می‌شود که با DG مرتبط می‌باشد. بدین صورت کـه DG منجر به یکپارچه‌سازی شبکه‌های توزیع می.شود قدیمی بودن این‌گونه شبکه‌های توزیع امروزه تبدیل به یک مشکل شده است و البته این مشکلات می‌تواند به راحتی حل گردد. سیستم‌های الکتریکی مختلفی برای حل این مشکلات در حال توسعه است.

بالا رفتن هزینه‌ی انتقال و توزیع به مولدهای تولید پراکنده این امکان را می‌دهد تا برق خود را به قیمتی ارزان‌تر در اختیار مصرف‌کنندگان قرار دهد. علاوه بر این تولیدات پراکنده امکان استفاده از منابع پاک برای تولید برق را می‌دهند اتصال DG به شبکه‌ی توزیع علی‌رغم مزایایی که برای شبکه دارد اما اتصال آن‌ها به شبکه باعث ایجاد هارمونیک در شبکه و کاهش امپدانس اتصال کوتاه می‌شود. ضمناً اگر در هنگام خاموشی DG متصل به شبکه به صورت جزیره‌ای کار کند می‌تواند برای تعمیر کارهای شبکه خطرناک باشد. اما این مسائل باعث نادیده گرفتن مزایای این نوع مولدها نمی‌شود چنانچه استفاده از این مولدها رو به گسترش است برای کاهش تلفات در شبکه توزیع روش‌هایی وجود دارند که عبارت‌اند از: خازن گذاری تعویض هادی‌ها تغییر سطح ولتاژ مدیریت بار ترانسفورماتور و بازآرایی شبکه. در این میان جایابی بهینه منابع تولید پراکنده ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش جهت کاهش تلفات و افزایش قابلیت اطمینان و بهبود پروفیل ولتاژ می‌باشد بنابراین ارائه روش‌های مناسب برای پوشش دادن به این اصل همچنان به عنوان یک نیاز مهم به حساب می‌آید.

بنابراین به این نتیجه خواهیم رسید که منابع تولید پراکنده با تزریق توان اکتیو و راکتیو به شبکه سبب بهبود پایداری ولتاژ و پروفیل ولتاژ شبکه می.شوند از آنجا که این منابع در سمت مصرف و در انتهای شبکه نصب می‌شوند بار را به صورت محلی تأمین کرده و از حرکت جریان در خطوط شبکه از سمت تولیدکنندگان به سمت مصرف می‌کاهند با کاهش اندازه جریان اکتیو و راکتیو از خطوط شبکه افـت ولتاژ شبکه در خطوط نیز که متناسب با میزان جریان است کاسته می.شود با کاهش افت ولتاژ خطوط ولتاژ انتهایی شبکه کمتر کاهش یافته و مقدار آن بهبود می‌یابد.

از سوی دیگر تأمین توان بار به صورت محلی سبب بارپذیری بیشتر شبکه می‌گردد. به این دلیـل کـه فروپاشی ولتاژ نیز به عبور جریان از خطوط شبکه وابسته است که با تأمین محلی توان اکتیو و راکتیو در محل باس‌های شبکه توسط منابع تولید پراکنده از عبور جریان از خطوط شبکه کاسته شده و بارپذیری شبکه نیز بهبود می‌یابد بنابراین ایده به‌کارگیری منابع تولید پراکنده به منظور بهبود پروفیل و پایداری استاتیکی ولتاژ مد نظر قرار گرفت. از آنجا که شبکه همواره در شرایط نرمال خود نیست و با رخداد خطا شرایط آن تغییر میکند.

آنچه که طراحان سیستم‌های قدرت را به ایجاد نیروگاه‌های بزرگ برای تولید متمرکز علاقه‌مند کـرده است تأمین بارهای مصرفی بزرگ، افزایش راندمان حرارتی، کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و هزینه بهره‌برداری به ازای کیلووات تولیدی است اما باید توجه داشت در شبکه‌های برق‌رسانی درصد قابل‌توجهی (در حدود ۱۰ (درصد از توان و انرژی الکتریکی تولیدشده در نیروگاه‌ها، در مسیر تولیـد بـه مصرف تلف می‌شود از این رو تلفات شبکه می‌تواند با به‌کارگیری منابع تولید پراکنده کاهش یابد. از سوی دیگر نیاز روز افزون جوامع به مصرف برق سبب گردیده است که به منظور افزایش بهره‌وری شبکه، سیستم‌های قدرت در نزدیکی حاشیه پایداری با بیشترین بازدهی خودکار کنند که این موضوع شبکه‌های قدرت را به‌سوی ناپایداری می‌کشاند و منجر به افت ولتاژ شبکه نیز می‌گردد. به‌کارگیری نیروگاه‌های تولید پراکنده از توان انتقالی خطوط کاسته و سبب بهبود ولتاژ باس‌های شبکه می‌گردد. از این رو در این نوشتار به دنبال یافتن مکان و ظرفیت بهینه نیروگاه‌های تولید پراکنده به منظور بهبود پایداری استاتیکی ولتاژ و بهبود پروفیل ولتاژ با در نظر گرفتن شرایط نرمال و اضطرار شبکه بودیم.

سیستم مورد مطالعه یک سیستم ۳۳ باسه استاندارد IEEE در نظر گرفته شد. داده‌های مربوط به این سیستم بر اساس یک مرجع استاندارد انتخاب و همچنین هزینه‌های اولیه منابع تولید پراکنده مـورد مطالعه در این نوشتار یعنی نیروگاه بادی و خورشیدی ، سرعت اولیه ، متوسط و حداکثر باد و همچنین توان تابش خوشید به‌طور قراردادی در جداولی آورده شد. پس از تعریف تابع هدف مناسب در جهت مینیمم کردن هزینه‌ها و در نظر گرفتن قیود مرتبط با آن‌ها از الگوریتم اجتماع ذرات برای بهینه‌سازی تابع هدف تعریف شده استفاده نمودیم. همچنین با در نظر گرفتن بحث عدم قطعیت در منابع تولید پراکنده، از روش مونت کارلو برای حل این موضوع استفاده شد و فلوچارت پیاده‌سازی الگوریتم بهینه‌سازی معرفی‌شده برای مکان‌یابی بهینه DG هیبرید با در نظر گرفتن عدم قطعیت به کمک روش مونت کارلو نیز آورده شد.

با مشاهده نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها مشاهده شد که به ازای مقادیر قراردادی از توان اکتیو موردنیاز در برخی باس‌ها و نیز شرایط قراردادی نصب DGها در باس‌ها مقدار بهینه‌ی تابع هدف (تک‌تک هزینه‌های در نظر گرفته‌شده برای منابع و نیز هزینه کلی این منابع) به دست آمد. علاوه بر آن در یک تقسیم‌بندی سیستم مورد مطالعه به سه حالت زیر تقسیم‌بندی شد:

- سیستم فاقد منبع تولید پراکنده
- دارای هر دو نوع منبع تولید پراکنده و بدون مکان‌یابی بهینه
- دارای هر دو نوع منبع تولید پراکنده بادی و خورشیدی می‌باشد به همراه مکان‌یابی بهینه

با در نظر گرفتن مقدار عددی و نموداری تلفات سیستم در این سه حالت و مقایسه آن‌ها مشاهده شد که تلفات در حالت سوم به مراتب کمتر از دو حالت اول بوده است.

با مشاهده پروفیل ولتاژ باس‌ها نیز در سه حالت معرفی‌شده نیز این نتیجه حاصل شد که ولتاژ شبکه در حالت اول وضعیت بسیار بدی داشته و حتی بعضی از باس‌ها دچار اضافه ولتاژ نیز شده بودند. پس از نصب منابع تولید پراکنده در حالت دوم ولتاژ سیستم وضعیت مطلوبی به خود گرفته به‌طوری‌که ولتاژ کلیه باس ها در چهارچوب مجاز قرار گرفته و در مرحله سوم پروفیل ولتاژ باس‌هـا شـرایط به مراتب بهتری نسبت به دو حالت قبل داشتند.

2-12. پیشنهادات

با توجه به برخی از نقایص مشاهده‌شده در روش‌ها و الگوریتم‌های موجود در بحث بهینه‌سازی علاوه بـر روش پیشنهادی در فصل چهارم، در راستای موضوع مورد مطالعه پیشنهاداتی به شرح زیر ارائه می-شود:

- از آنجا که در الگوریتم‌های شبکه‌های عصبی تعداد قیدها و شرایط آن‌ها تأثیر چندانی در حـــل مسائل بهینه‌سازی ندارد می‌توان از این الگوریتم هوشمند در حل مسئله مکان‌یابی تولید پراکنده استفاده کرد.
- می‌توان بجای روش مونت کارلو از روش‌های دیگری برای حل مسئله عدم قطعیت باد و خورشید استفاده کرد.
- توان ضرایب وزنی مربوط تابع هدف را به‌طور دقیق‌تر و با کمک الگوریتم‌های هوشمند محاسبه کرد.

13-منابع

1. قاسم عیسی پره ، افشین لشکر آرا ، حسن براتی ، احسان رسولی" نقش نیروگاه مجازی در مدیریت سیستم‌های قدرت با حضور تولیدات پراکنده و مقایسه آن با مهندسی مجازی در نیروگاه‌های اینده پنجمین کنفرانس ملی نیروگاه‌های ،برق اهواز بهمن ۱۳۹۱
2. ملیحه مغفوری فرسنگی ، محسن زارع احسان بی جامی جایابی بهینه منابع توزیع پراکنده در منطقه رودبار جنوب استان کرمان به منظور کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ با استفاده از الگوریتم چند هدفه بهینه‌سازی آموزش و یادگیری مجله علمی پژوهشی هوش محاسباتی در مهندسی برق، سال پنجم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۴
3. علیرضا صالحی نیا ، محمودرضا حقی فام ، مجید شهابی " کنترل توان راکتیو شبکه‌های توزیع بار متغیر در حضور منابع تولید پراکنده با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهبود یافته نشریه انرژی ایران دوره ۱۴ شماره ۳ پاییز ۱۳۹۰
4. محمد قیسوندی ، غلامحسین شیسی" جایابی بهینه منابع تولید پراکنده جهت کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ با در نظر گرفتن وقوع حالت جزیره‌ای توسط الگوریتم رقابت استعماری بیست و سومین کنفرانس مهندسی برق ،ایران دانشگاه صنعتی شریف ۲۰ تا ۲۴ اردیبهشت ۱۳۹۴
5. عارف جلیلی ایرانی - فرهاد احباب" جایابی بهینه واحدهای تولید پراکنده بادی و خورشیدی در شبکه‌های توزیع با هدف کاهش تلفات توان به کمک الگوریتم جفتگیری زنبور "عسل" اولین کنفرانس ملی مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنگرود، ۲۰۱۵
6. حمیدرضا لاری گزارش پتانسیل سنجی انرژی زیست توده و سهم آن در انرژی کشور، پژوهشکده انرژی محیط زیست پژوهشگاه نیرو دیماه ۱۳۷۸.
7. Abraham Lomi, Nguyen Cong Hien, Mithulananthan N. “Application of Distributed Generation to Enhance Loadability of Distribution System, A Case Study”, Vol. 43, No. 3, pp.1-7, 2009.
8. B. Jiao, Z. Lian, X. Gu, “A dynamic inertia weight particle swarm optimization algorithm,” ELSEVIER Chaos, Solitons and Fractals, . Vol. 19 November , pp. 2068-2076 2006 .
9. J.A. Lopes, N. Hatziargyriou, J. Mutale, P. Djapic, N. Jenkins, “Integrating distributed generation systems review of drivers, challenges and opportunities,” Electr. Power Syst. Res., Vol. 77, pp. 1189-1203, 2007
10. .K. Nagaraju, S. Sivanagaraju, T. Ramana, V. Ganesh“Enhancement of Voltage Stability in Distribution Systems by Optimal Placement of Distribution Generator”, Distributed Generation & Alternative Energy Journal, Vol 27, 2012
11. M. Pipattanasomporn, M. Willingham, S. Rahman, “Implications of onsite distributed generation for commercial.industrial facilities, IEEE. Power Syst. Vol. 20, pp. 206–212
12. N.Mithulananthan, L.Phu,“Distributed generator placement technique in power distribution system using genetic algorithm to reduce losses,” Thammasat Int. J. Sci. Tech. 9 September , pp 56-62, 2013 .
13. N.S.Rau,Y.H. Wan, “Optimum location of resources in distributed planning’’, IEEE Trans. Power Syst. 9 june , pp 2014-2020, 1994 .
14. C.Wang, M. Hashem Nehrir, “Analytical approaches for optimal placement of distributed generation sources in power systems’’, IEEE Trans. Power Syst. Vol. 19 November , pp. 2068-2076, 2014.

15. M.Pipattanasomporn,M.Willingham,S. Rahman, “Implications of onsite distributed generation for commercial.industrial facilities’’, IEEE Trans. Power Syst. Vol. 20, pp. 206-212, 2005 .
16. Nasser G.A. Hemdan , Michael Kurrat “Efficient integration of distributed generation for meeting the increased load demand” Elsevier, Electrical Power and Energy Systems,Vol 33, pp. 1572–1583, 2011
17. Carmen L.T. Borges, Djalma M. Falcao “Optimal distributed generation allocation for reliability, losses, and voltage improvement” Elsevier, Electrical Power and Energy Systems, Vol 28, pp. 413–420, 2006
18. N.Mithulananthan, L.Phu,“Distributed generator placement technique in power distribution system using genetic algorithm to reduce losses,” Thammasat Int. J. Sci. Tech. 9 September , pp 56-62, 2004 .
19. Jalili, A. Karamizadeh, M. J. Foroughi, M. Pazhouhesh, M. Jalili, “Optimization of distributed generation location and capacity for improving voltage profile and reducing loss using genetic algorithm (SPEA) with proposing a new index,” Scientific Research and Essays, vol. 6, pp. 1-7, 2011
20. M. JenabaliJahromi, E. Farjah, M. Zolghadr; “Mitigating Voltage Sag By Optimal Allocation Of Distributed Generation Using Genetic Algorithm,” 9th Int. Conf. of Electrical Power Quality and Utilization, Barcelona, 2007
21. M.H. Moradi, M. Abedini, “Optimal load shedding approach in distribution systems for improved voltage stability,” 4th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO), pp. 196-200, June 2010 .
22. M. A. Abido Y. L. Abdel-Magid J. M. Bakhashwain" Analytical approaches for optimalplacement of distributed generation sources in power systems" IEEE Trans. On Power Systems, pp.218, 2010
23. M.H. Moradi, M. Abedinie, “A combination of Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization for optimal DG location and sizing indistribution systems,” IPEC, conf. pp. 858-862, Oct. 2010 .
24. W. Prommee and W. Ongsakul, “Optimal Multi Distributed Generation Placement by Adaptive Weight Particle Swarm Optimization”Proc.Of the IEEE International Conference on Control, Automation and Systems, pp 1663 -1668, Oct .
25. L. Kuhn; “Ant Colony Optimization for Discontinious Spaces”, Thesis, University of Queensland, Scientific Research and Essays, vol. 6, pp. 11-15, 2002 .
26. M. Yuan, S. Wang, P. Li; “A Model of Ant Colony and Immune Network and Its Application In Path Planning”, IEEE, Vol. 32, No. 3, pp. 211-214 2008.
27. R.V. Rao, V.J. Savsani, D.P. Vakharia, "Teaching–learning-based optimization: A novel method for constrained mechanical design optimization problems", Computer- Aided Design, Vol. 43, No. 3, pp. 303-315, 2011,
28. J. Xiao, W. Gu, X. Gong, and T. Zhang, “Distribution system security region (DSSR) for smart grid”, In 2012 China International Conference on Electricity Distribution, IEEE, pp. 1-4, September 2012.
29. M. Alishahi, M.H. Yaghmaee Moghaddam, and H.R. Pourreza, “Multi-class routing protocol using virtualization and SDN-enabled architecture for smart grid”, Peer-to-Peer Networking and Applications, Vol. 11, No. 3, pp.380-396, 2018.

30. Vasileios A. Evangelopoulos, Pavlos S. Georgilakis" Optimal distributed generation placement under uncertainties based on point estimate method embedded genetic algorithm" IET Gener. Transm. Distrib., 2014, Vol. 8, Iss. 3, pp. 259–400. doi: 10.1049.iet-gtd.2013.0442
31. Y.M. Atwa E.F. El-Saadany "Probabilistic approach for optimal allocation of wind based distributed generation in distribution systems" IET Renewable Power Generation, Vol. 5, Iss. 1, pp. 79–88.20.

Optimum location of distributed hybrid generation sources considering uncertainty from the point of view of the electricity market

Amin Khodadadi[1], Sara Adinehpour [2]
[1]Head of Lines of Arman Niro Hormozgan Company, Eng.a.khodadadi@gmail.com
[2]Project Manager of Arman Niro Hormozgan Company, Sa.Adinehpour@gmail.com

Abstract
In recent years, due to the increase in electricity demand and, on the other hand, the growth of the efficiency and ability of the distribution system, new management and planning methods have been introduced for the distribution of electricity in the network. Also, due to the creation of a competitive environment in the market, the electricity of different parts of the network, i.e. the system, production, transmission and distribution have become centralized and restructuring plans have been made in them. In such a restructured environment, the goal of all sectors is to increase profit. One of these structural components in the restructured electricity system is distributed generation (DG). The use of DG can help to develop the network, reduce losses, increase reliability and improve the voltage profile. Distributed generation technologies have high flexibility. The decision on the placement of DG is made by its owners and investors and depends on the location and availability of the main fuel or weather conditions. Although the installation and use of DGs to solve network problems in distribution networks is controversial, but the fact is that in many cases, the distribution system operator (DSO) does not have any influence or control over the location and size of the DG, however, the location of the DG strongly affects the operation of the distribution system. It affects Improper DG placement may increase system losses and network investment and operation cost. On the other hand, the optimal location of DG can reduce the voltage profile, network currents and losses and increase power quality and reliability in energy production. In this article, after introducing the sources of scattered production and its effects on the power system and the methods introduced in various articles and references for the optimal placement of these sources, taking into account the hybrid structure of these sources, which consists of two wind and solar power plants, we would like to locate Optimizing and analyzing its effects on reliability losses and system voltage profile.

Keywords: Hybrid DG location, electricity market uncertainty, particle swarm optimization, Monte simulation