همایش ملی انرژی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر
آذر 1394

تعیین فیدر، مکان و ظرفیت بهینه مولدهای مقیاس کوچک در فیدرهای فشارمتوسط با استفاده از الگوریتم PSO

سید احمد امیری [1]، فائزه میردامادی [2]
نویسنده مسئول: amiri.e۲۰۰۲@gmail.com

چکیده

اگرچه احداث نیروگاه‌های تولید پراکنده (DG) می‌تواند در کاهش تلفات و هزینه‌ها و بهبود پروفیل ولتاژ یک منطقه تاثیر به سزایی داشته باشد، در صورت انتخاب ناصحیح محل و ظرفیت آن به نوبه خود می‌تواند باعث افزایش تلفات و تخریب پروفیل ولتاژ شود و یا سوددهی مناسب را نداشته باشد. از این رو در تعیین محل تولیدات پراکنده عوامل متعددی از جمله طول فیدرها، بار هر فیدر، میزان خاموشی و تلفات، سهم بارهای کشاورزی و صنعتی و... بایستی در نظر گرفته شود. بنابراین تعیین فیدرهای مناسب جهت احداث DG، محل مناسب در طول فیدر و ظرفیت آن به نوبه خود یک مسئله پیچیده بهینه‌سازی می‌باشد. در این مقاله روشی نوین بر اساس الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات برای حل این مسئله ارائه شده است که از طریق اولویت بندی فیدرهای فشارمتوسط هر منطقه راهنمایی سرمایه گذاران را ممکن می‌سازد. پیاده سازی الگوریتم فوق برای حدود 500 فیدر فشار متوسط در استان اصفهان نتایج مطلوبی در پی داشته است.

واژه‌های کلیدی

تولید پراکنده، تلفات، پروفیل ولتاژ، اولویت بندی فیدرها، الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات

1-کارشناس ارشد الکتریک، شرکت مدیریت تولید برق شهید محمد منتظری
2- دانشجوی دوره دکتری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهرکرد

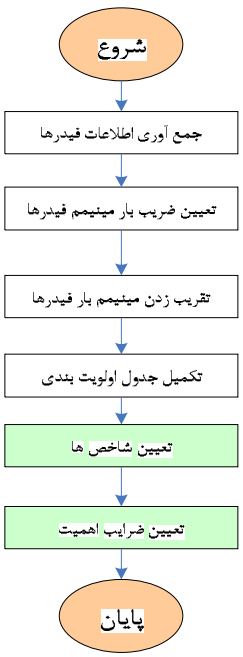
1- مقدمه

مکانیابی و تعیین ظرفیت بهینه مولدهای مقیاس کوچک یک مسأله بهینه‌سازی با هدف چندگانه است که روش‌ها، توابع هدف مختلف و قیود اجرای متنوعی برای آن تعریف شده است. در سالیان اخیر مقالات متعددی در زمینه بهینه-سازی مکان و ظرفیت مولدهای مقیاس کوچک با اهداف مختلف ارائه شده است[1-5]. به طور کلی مکانیابی این مولدها بر روی سه روش زیر بنا شده است که عبارتند از: روش مکانیابی بر اساس اولویت بندی فیدرها، روش مکانیابی براساس مرکز ثقل بار، روش مکانیابی در طول فیدر. همچنین در هرکدام از روش‌های فوق می‌توان از تکنیک‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در مکانیابی و تعیین ظرفیت بهینه مولدهای مقیاس کوچک استفاده کرد که از این میان می‌توان به الگوریتم ژنی، الگوریتم SA، الگوریتم PSO و. . . اشاره نمود[6و7]. هرکدام از سه روش فوق از لحاظ اطلاعات ورودی، دقت محاسبات و پایداری نتایج دارای مزایا و معایبی نسبت به‌یکدیگر می‌باشند. در این بین روش مکانیابی بر اساس مرکز ثقل بار دارای پایداری بیشتری نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد به این معنی که اگر محل مولدهای مقیاس کوچک (تولیدات پراکنده) با این روش تعیین شود، تغییر حوزه فیدرهای فشارمتوسط موجب غیر بهینه شدن مکان نیروگاه نمی شود و به نحو مطلوب می‌توان در تعیین حوزه تغذیه فیدرهای فشارمتوسط نیز از این نیروگاه‌ها استفاده نمود. از لحاظ دقت در محاسبات نیز روش‌های مکانیابی بر اساس مرکز ثقل‌بار و مکانیابی در طول فیدر دارای مزیت بیشتری می‌باشند. ولی در بسیاری از شرکت‌های توزیع، اطلاعات GIS شبکه وجود نداشته و یا کامل و به روز نمی‌باشد و این در حالی است که روش‌های فوق کاملاً به این اطلاعات وابسته است. ضمناً در روش‌های مکانیابی بر اساس مرکز ثقل بار و مکانیابی در طول فیدر محل مولد بدون در نظر گرفتن زمین و گاز قابل واگذاری مشخص می‌شود و این موضوع باعث از دست رفتن بسیاری از اولویت‌های تعیین شده می‌شود. از طرفی در نظر گرفتن این محدودیت‌ها، مستلزم صرف هزینه و وقت بسیاری است.

روش اولویت‌بندی فیدرها نسبت به سایر روش‌ها نیاز به اطلاعات کمتری دارد ضمن اینکه برای استفاده از روش مکانیابی در طول فیدر در ابتدا نیاز به انتخاب فیدر مناسبی می‌باشد و این کار باید به کمک روش اولویت‌بندی فیدرها انجام شود. در عمل با توجه به اطلاعات موجود در شرکت‌های توزیع و نوع ذخیره‌سازی اطلاعات و پایین‌تر بودن حساسیت روش اولویت‌بندی فیدرها نسبت به کامل نبودن اطلاعات، در بیشتر مواقع نیاز به استفاده از این روش وجود دارد. در این مقاله روش اولویت بندی مورد استفاده توضیح داده شده و به کمک آن اولویت بندی فیدرهای فشارمتوسط شرکت توزیع نیروی برق استان اصفهان بر اساس نیازهای استان و هرکدام از شهرستان‌ها به تفکیک مشخص شده است.

به این ترتیب می‌توان سرمایه‌گذاران را به گونه‌ای که نیازهای استان نیز برآورده شود برحسب سلیقه و علاقه آن‌ها راهنمایی کرد. در این مقاله براساس تعیین شاخص‌های مؤثر در مکانیابی و تعیین اهمیت آن‌ها امتیاز فیدرهای مختلف برای اتصال DG مشخص شده و بدین ترتیب امکان اولویت‌بندی در محدوده‌های جغرافیایی و الکتریکی مختلف بوجود می‌آید.

2- 2- تبیین روش اولویت‌بندی فیدرها



شکل 1 : فلوچارت روش اولویت‌بندی مورد استفاده در این مقاله

همانطور که مشاهده می‌شود خروجی این مطالعات تعیین بالاترین اولویت‌های منطقه مورد مطالعه برای اتصال مولدهای مقیاس کوچک است. در این روش با بهره گیری از نظر افراد خبره و از طریق جمع آوری و مقایسه اطلاعات کل فیدرها، از طریق اعمال ضرایب اهمیت برای فاکتورهای مختلف از قبیل طول فیدر، پیک بار فیدر، نوع بار فیدر و .... فیدرهای فشارمتوسط هر منطقه اولویت بندی می شوند.

تعیین ضرایب اهمیت فاکتورهای مختلف از اهمیت بسیار بالایی در روش مذکور برخوردار است که این ضرایب طبق روش پیشنهادی با استفاده از الگوریتم PSO بهینه‌سازی شده‌اند.

2-1- جمع آوری اطلاعات فیدرها

اطلاعات مورد نیاز برای اولویت‌بندی فیدرها عبارتند از طول فیدرها در شاخه اصلی و کل شاخه‌ها، عمده بار تغذیه شده از فیدر، درصد انواع بارهای تغذیه شده از فیدر به تفکیک، فیدرهای مجاور و قابل مانور، بارهای حساس تغذیه شده از فیدر، اطلاعات انرژی پست‌ها، اطلاعات پیک بار، اطلاعات حوادث شامل مدت زمان خاموشی‌ها، انرژی توزیع نشده و تعداد خاموشی‌ها.

2-2- تقریب زدن مینیمم بار فیدرهای فشارمتوسط

با توجه به آنکه در تحلیل و مکانیابی و تعیین ظرفیت مولدهای مقیاس کوچک نیاز به در اختیار داشتن اطلاعات پیک‌بار و مینیمم بار فیدرها وجود دارد، لازم است که با بهترین روش ممکن مینیمم بار فیدرها تقریب زده شود. برای این منظور از منحنی بار تقریبی سالیانه انواع بارها، فیدرها و پست‌های فوق توزیع استفاده شده است و مقادیر مینیمم بار و ضریب بار و تلفات محاسبه شده است.

2-3- تکمیل جداول اولویت‌بندی

با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده از فیدرها، نتایج تحلیل خاموشی‌ها(میزان انرژی توزیع نشده) و نیز ضرایب حداقل بار و پیک بار فیدرها می‌توان جداول اولویت‌بندی فیدرها را تکمیل نمود.

2-4- تعیین شاخص‌ها

عوامل مختلفی در مکانیابی مولدهای مقیاس کوچک تأثیرگذار است که در بخش 3 توضیح داده خواهد شد.

2-5- تعیین ضرایب اهمیت

مهمترین اهداف مورد نظر در مکانیابی مولدهای مقیاس کوچک شرح داده شد، اما برای اولویت‌بندی فیدرها لازم است اهمیت هر یک از این اهداف مشخص شود. برای این منظور روش ویژه‌ای تهیه و ارائه خواهد شد که در آن نقش و اهمیت طول فیدر، پیک بار فیدر، مینیمم بار فیدر، میزان و مدت خاموشی و نوع بار فیدر و مشترکین حساس در نظر گرفته شود و از مجموع آنها اولویت‌بندی فیدرها انجام شود و دلایل اصلی انتخاب هر فیدر قابل بیان باشد. به منظور تعیین اولویت فیدرها با افراد خبره در بهره‌برداری امور نواحی که به آرایش و مشخصات فیدرها، میزان بارهای مهم در آن‌ها و خاموشی‌های فیدرهای منطقه خود مطلع بوده و با مبحث مولدهای مقیاس کوچک و کاربرد آن‌ها در شبکه توزیع نیروی برق آشنایی کلی داشته‌اند مذاکره شده و آموزش‌های لازم در این زمینه به ایشان ارائه شده است.

هریک از بهره برداران خبره تعدادی از فیدرهای حوزه خود را بر اساس ذهنیات خود و شناختی که از شبکه منطقه تحت پوشش خود و ضعف‌ها و مشکلات موجود دارند ارائه داده و مورد بحث و بررسی قرار داده می شود و در نهایت 5 اولویت برتر هر امور برق که بیشترین نیاز را به مولد مقیاس کوچک داشته است مشخص می‌گردد. در ادامه از نظرات افراد خبره در تعیین ضرایب اهمیت و به دنبال آن اولویت-بندی فیدرها مورد بحث قرار خواهد گرفت.

3- تعریف شاخص‌ها (معیارها)

عوامل مختلفی در مکانیابی مولدهای مقیاس کوچک تأثیرگذار است که بخشی از آن‌ها ناشی از تأثیر این مولدها بر تلفات است و بخشی ناشی از تأثیر مولد بر خاموشی می-باشد. یکی از مهمترین عوامل مؤثر در انتخاب مکان مولدهای مقیاس کوچک بالا بودن پیک فیدر مورد بحث

می‌باشد چرا که با اضافه کردن یک مولد به چنین فیدرهایی بار سرخط آن‌ها کاهش یافته و به نوعی عمل پیک‌سایی صورت می‌گیرد. بدین ترتیب امکان وجود خطا کاهش یافته و از تلفات سیستم نیز کاسته می‌شود. دومین پارامتر مؤثر در استفاده از این مولدها طول آن فیدر می‌باشد. زیاد بودن طول فیدر باعث طولانی شدن مسیر انتقال انرژی می‌شود که افزودن مولد در چنین شرایطی به کاهش طول انتقال انرژی و به دنبال آن کاهش تلفات کمک شایانی می‌کند. از دیگر معیارهای مؤثر در این مورد می‌توان به حداقل بار فیدر اشاره کرد.

اگر حداقل بار فیدر از مقدار مشخصی پایین‌تر باشد اضافه کردن مولد باعث بوجود آمدن اضافه ولتاژ و همچنین برگشت مقدار زیادی توان به سر فیدر وبه دنبال آن افزایش تلفات می‌شود. بدین ترتیب هرچه حداقل بار فیدر مقدارکمتری داشته باشد احتمال استفاده از مولد در آن فیدر پایین‌تر می‌آید.

نوع بار فیدر و به دنبال آن منحنی بار فیدر یکی دیگر از پارامترهای مورد استفاده در مسئله مکانیابی می‌باشد. زیرا هرچه منحنی بار فیدر یکنواخت‌تر باشد تغییرات بار در طول ساعات سال کمتر و بدین ترتیب استفاده از مولد مفیدتر می‌باشد و اگر منحنی بار یک فیدر دارای تغییرات زیادی باشد در بعضی از ساعات سال که مقدار بار فیدر کم است برگشت توان به سر فیدر زیاد می شود که می‌تواند باعث افزایش تلفات گردد و در برخی از ساعات سال که اوج مصرف بارها می‌باشد مقدار ظرفیت مولد ناچیز بوده و عملاً کمک زیادی به مسئله کاهش تلفات نمی‌کند.

تعیین میزان وقوع خطا و زمان تعمیر و انرژی تأمین نشده فیدرها نیز عامل مهمی در اولویت‌بندی فیدرها است. بر اساس اطلاعات حوادث فیدرهای فشارمتوسط و خلاصه‌سازی آنها می‌توان اعدادی را به عنوان میزان خاموشی فیدرهای منطقه به‌دست آورد که شامل انرژی تأمین نشده و نرخ وقوع خطا و زمان تعمیر باشد. فیدرهایی که از خاموشی بیشتری برخوردار هستند خصوصاً فیدرهایی که مدت زمان خاموشی در آنها زیاد است، می‌توانند از اولویت بالاتری برای اتصال مولدهای مقیاس کوچک برخوردار باشند. براساس نظر خبرگان، وجود کارخانجات و دیگر بارهای حساس مثل بیمارستان‌ها و یا مراکز نظامی که تأمین بار آن‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد، از دیگر عوامل یا شاخص‌های مؤثر در اولویت‌بندی فیدر می‌باشد که در این مقاله سعی شده است اثر این معیارها نیز به‌گونه‌ای صحیح در نظر گرفته شود.

با توجه به شاخص‌های فوق با یک مسئله بهینه‌سازی چند هدفه روبرو هستیم که تقریباً همه‌ی این اهداف کیفی می‌باشند. با توجه به شاخص‌های فوق و با ارزش‌گذاری این شاخص‌ها می‌توان تابع هدفی تعیین کرد بطوریکه که با ارزش‌گذاری این شاخص‌ها و تعیین ضرایب اهمیت مناسب اولویت‌های بالاتر را به فیدرهایی اختصاص دهد که واقعاً بیشترین نیاز به مولد مقیاس کوچک را داشته باشند.

در بخش بهینه سازی هدف این است که ضرایب اهمیت به گونه‌ای تغییر یابند تا فیدرهایی در اولویت بالا قرار گیرند که واقعاً بیشترین نیاز را به مولد مقیاس کوچک داشته باشند و مطابقت بیشتری با نظر خبرگان به وجود آید.

4- روش ارزش‌گذاری

بهره‌برداران خبره شبکه شناخت خوبی نسبت به حوزه تغذیه فیدرها، نوع بارها، وقوع خطا در شبکه و ... دارند و بسیاری از اتفاق‌ها و تغییرات شبکه را مدیریت می‌کنند و می‌توانند در بهینه‌سازی و طراحی شبکه، اطلاعات و توصیه‌های مفید وکارسازی را در اختیار طراحان قرار دهند. حال اگر این بهره‌برداران خبره آشنایی خوبی با موضوع تولیدات پراکنده و اثر آن‌ها بر شبکه توزیع داشته باشند، می‌توانند با استفاده از اطلاع و دید کارشناسی دقیقی که روی فیدرهای فشار متوسط ناحیه خودشان دارند مکان‌هایی که وجود مولد بیشترین کمک و تأثیر مثبت را بر وضعیت فعلی شبکه دارد معرفی کنند.

قطعاً این وضعیت در کل امورهای برق استان و در کل محدوده‌های شرکت‌های توزیع وجود ندارد و برخی از بهره‌برداران به دلیل تجربه کمتر و یا عدم شناخت و آگاهی از مسئله تولید پراکنده نمی‌توانند به مانند یک سیستم خبره

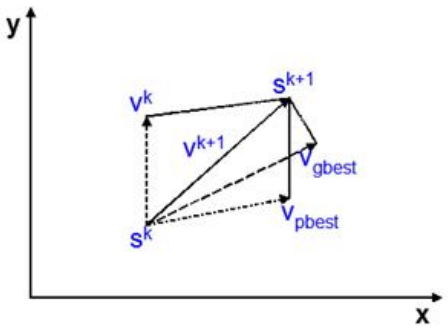
عمل کنند. از دیگر عوامل ارجحیت سیستم خبره نسبت به بهره‌برداران خبره این است که وقوع تغییر در برخی از فیدرها و یا وجود فیدرهای پراهمیت‌تر باعث کمرنگ‌شدن سایر فیدرها در ذهن اشخاص می‌شود. از طرفی بدیهی است که بهره‌برداران هر امور برق فقط نسبت به حوزه عملکرد خود شناخت دارند و نمی‌توانند در مورد سایر مناطق اظهار نظری داشته و یا مقایسه‌ای بین فیدرهای کلیه مناطق مورد مطالعه انجام دهند. به همین دلیل روش پیشنهادی این مقاله به دنبال کمی نمودن شاخص‌های کیفی نهادینه شده در ذهن اشخاص خبره است به‌طوریکه یک سیستم جامع و کامل پیاده‌سازی شود و قابلیت مقایسه بین فیدرهای یک شهرستان و همچنین کل استان و یا هر منطقه مطالعاتی با هر وسعت و هرگونه طبقه‌بندی را داشته و نتایج حاصل از آن حداکثر تطابق با نظر افراد خبره را داشته باشد.

شاخص‌های مهم از دید افراد خبره در بخش قبل گفته شده است. در این بخش به دنبال تعیین ضرایب اهمیت هر یک از شاخص‌ها برای تعیین اولویت فیدرها هستیم به‌طوریکه نتایج اولویت‌بندی با نظر افراد خبره بیشترین مطابقت را داشته باشد. برای این منظور از الگوریتم هوشمند PSO استفاده شده است.

5- الگوریتمPSO

یکی از الگوریتم های قدرتمند و پر طرفدار حل مسائل بهینه‌سازی، الگوریتم PSO است که بیشتر به خاطر سرعت همگرایی نسبتاً بالایی که دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. ایده این الگوریتم برای اولین بار توسط کندی و ابرهارت در سال 1995 مطرح شد و با وجود عمر کمی که دارد، توانسته است در حوزه‌های کاربردی بسیاری، از الگوریتم های قدیمی‌تر، مانند الگوریتم ژنتیک، پیشی بگیرد و به عنوان انتخاب اول محسوب شود. از جمله مزایای این الگوریتم می‌توان به سرعت همگرایی بالا و سادگی پیاده‌سازی آن اشاره نمود[8].

الگوریتم PSO، الگوریتم بهینه‌سازی با هدف‌یافتن یک بهینه کلی در یک فضای جستجوی وسیع می‌باشد که از پرواز دسته جمعی پرندگان الهام گرفته شده است. فرض کنید دسته‌ای از پرندگان به سمت منطقه‌ای با شرایط آب و هوایی مناسب در حال پرواز هستند. پرندگان از محل دقیق این منطقه خبر ندارند اما می‌توانند فاصله خود از آن را ارزیابی کنند. پرندگان در چنین شرایطی، مطابق شکل (2) در هر لحظه از حرکت، بردار سرعت خود را بر اساس نزدیکترین فاصله‌ای که تا آن لحظه با منطقه هدف داشته‌اند وهمچنین نزدیک‌ترین موقعیت کل پرنده‌گان در طول پرواز به منطقه هدف، تنظیم می‌کنند[9].



شکل 2 : سرعت و مکان هر ذره در الگوریتم **PSO**

در شکل فوق S^k و S^{k+1} به ترتیب موقعیت فعلی و بعدی یک پرنده و V^k و V^{k+1} بردار سرعت فعلی و بعدی آن می‌باشد. V_{pbest} بر اساس فاصله موقعیت فعلی پرنده با بهترین موقعیتی که تاکنون داشته و V_{gbest} بر اساس فاصله موقعیت فعلی پرنده با بهترین موقعیت همه پرندگان تعیین می‌شود.

در الگوریتم PSO هر پاسخ ممکن مسئله به مانند یک پرنده در دسته پرندگان بوده و یک جزء یا ذره نامیده می‌شود. در این الگوریتم مشابه الگوریتم ژنتیک، جمعیت اولیه به صورت تصادفی انتخاب می‌شود و در هر مرحله تکرار فاصله هر ذره از هدف توسط تابع ارزیابی محاسبه می‌شود. اما بر خلاف الگوریتم ژنتیک در اینجا عملگرهای جهش و جابجایی وجود ندارد بلکه در هر مرحله تکرار الگوریتم، سرعت و جهت حرکت هر ذره با توجه به نزدیک‌ترین جایگاهی که آن ذره تاکنون از هدف داشته است (Pbest) و جایگاه نزدیک‌ترین ذره به هدف (Gbest) با استفاده از رابطه (1) تعیین می‌شود و جایگاه ذره با توجه به جایگاه قبلی آن و سرعت حرکتش با استفاده از رابطه (2)تعیین می‌شود[8].

رابطه(1)

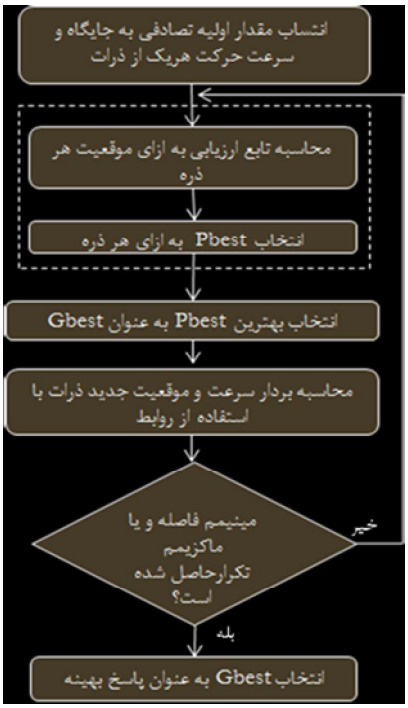
$$v[n+1] = w \times v[n] + c_1 \times rand(n) \times (Pbest - P[n]) + c_2 \times rand(n) \times (Gbest - P[n])$$

$$P[n+1] = P[n] + v[n]$$

رابطه(2)

در روابط فوق $v[n+1]$، $v[n]$، $P[n]$ و $P[n+1]$ به ترتیب بردار سرعت و موقعیت ذره در تکرار nام و n+۱ام بوده و $rand(n)$ عددی تصادفی بین صفر ویک است. همچنین c_1 و c_2 ثابت‌های اختیاری هستند که در این مقاله برابر 2 بوده است.

الگوریتم تا وقتیکه فاصله اجزا از هدف که توسط تابع ارزیابی برآورد می‌شود، به مقدار کمینه خود همگرا شود و یا تعداد تکرارهایش به حداکثر تعداد از پیش فرض شده‌ای برسد ادامه پیدا می‌کند. فلوچارت الگوریتم PSO به صورت زیر است.



شکل 3: فلوچارت الگوریتم **PSO**

در این مقاله ضرایب اولویت فیدرها به صورت مجموع وزن‌دار شاخص‌های مورد نظر محاسبه شده است و الگوریتم PSO وزن‌های مناسب برای این شاخص‌ها را به گونه‌ای تعیین کرده است که فیدرهای دارای ضریب اولویت بیشتر همان فیدرهای دارای اولویت بالاتر از دید افراد خبره باشند. در این مقاله همان مجموعه وزن شاخص‌ها می‌باشد که در جهات مختلف و با سرعت‌های مختلف در فضای جستجو، حرکت می‌کنند تا در نهایت یک مجموعه وزن بهینه به دست آید.

معیار آموزش سیستم، 5 فیدر دارای بیشترین اولویت برای احداث DG در تعدادی از امور برق نواحی قرار داده شده است. و تابع ارزیابی به صورت خطای اولویت بدست آمده از مجموع وزن‌دار شاخص‌ها نسبت به نظر این افراد بوده که به صورت زیر محاسبه شده است.

رابطه(3)

$$F[n] = \sum_{i=1}^{\cdot} \sum_{j=1}^{\cdot} |Pr_i(j) - pr_i(j)|$$

در رابطه فوق $Pr_i(j)$ اولویت فیدر jام امور برق iام از دید کارشناس این منطقه و $pr_i(j)$ همان اولویت از دید مجموع وزن‌دار شاخص‌ها می‌باشد.

6- تعیین محل و ظرفیت DG در یک فیدر

پس از تعیین فیدرهای دارای اولویت جهت احداث DG لازم است ظرفیت و محل مناسب آن نیز تعیین گردد. انتخاب ناصحیح ظرفیت و محل نیروگاه‌های تولید پراکنده، به دلیل تفاوت میزان بار در ساعات کم‌باری و پرباری وامکان عدم بارگیری نیروگاه‌های پیشنهادی به نحو مناسب، باعث افزایش تلفات و رخ دادن اضافه ولتاژهای دائمی در فیدر می‌گردد. بنابراین لازم است برای هر منطقه با توجه به نسبت میزان بار آن منطقه در ساعات پرباری، میان‌باری و کم‌باری ظرفیت متوسط مناسبی ارائه گردد. همچنین در بدست آوردن این ظرفیت باید تعداد ساعت‌های پرباری، میان‌باری و کم‌باری در طول سال در نظر گرفته شود، میزان انرژی اتلافی تخمینی سال برآورد شده و طراحی شبکه با توجه به آن انجام گیرد.

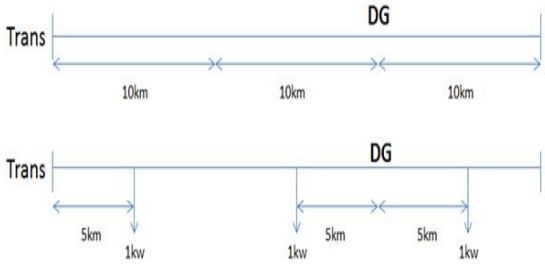
در این مقاله با فرض آنکه اطلاعات پراکندگی بار در طول فیدرها وجود ندارد، به منظور حل مسأله و شبیه سازی مطلوب، پراکندگی بار در طول فیدر یکنواخت فرض شده است.

جدول (1) تلفات توان و انرژی در یک فیدر به طول 30km و بار یکنواخت 3 MW را نشان می‌دهد. منظور از شاخص تلفات توان dp^2 است که با توجه به ولتاژ ثابت خطوط، شاخصی متناسب با تلفات (Ri^2) می‌باشد و شاخص تلفات انرژی مجموع حاصلضرب شاخص تلفات توان پرباری، میان‌باری و کم‌باری در تعداد ساعات پر باری، میان‌باری و کم‌باری در طول سال است.

جدول 1 : تلفات فیدر مثالی در ساعت‌های مختلف سال

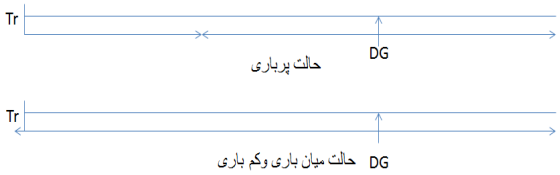
شاخص تلفات	شاخص تلفات توان	شاخص تلفات انرژی
پرباری	135	386143
میان باری	75/33	
کم باری	53/16	

یک رویکرد معمول در تعیین محل و ظرفیت نیروگاه‌های تولید پراکنده در طول فیدرهای دارای بار یکنواخت، انتخاب ظرفیت نیروگاه برابر دو سوم حداکثر بار فیدر و احداث آن در فاصله دو سوم طول فیدر از ابتدای آن است[10]. به این ترتیب در ساعت‌های پرباری نیروگاه تولید پراکنده دو سوم انتهای فیدر را تغذیه می‌کند و حداکثر فاصله بار از منبع تولید انرژی برابر یک سوم طول فیدر می‌باشد که به دلیل یکنواخت بودن بار فیدر به صورت 3 بار متمرکز مدل می‌شود و فاصله هر بار تا منبع برابر یک ششم طول فیدر قرار داده می‌شود. شکل زیر نحوه تغذیه فیدر مذکور را در حضور و عدم حضور DG نشان می‌دهد.



شکل 4 : نحوه تغذیه فیدر مذکور در حضور و عدم حضور **DG**

با احداث DG بر اساس رویکرد متداول در تعیین ظرفیت و مکان نیروگاه در این فیدر، توزیع انرژی در ساعت‌های مختلف سال به صورت شکل (5) می‌باشد.



شکل 5 : نحوه توزیع انرژی در ساعت‌های مختلف سال

با توجه به اینکه ضرایب بار میانی و حداقل بار نسبت به حداکثر بار در استان اصفهان به ترتیب برابر 50% و 35% می‌باشد، واضح است که در ساعت‌های میان‌باری و کم‌باری تولید نیروگاه تولید پراکنده از کل بار فیدر بیشتر است در نتیجه اضافه تولید نیروگاه از سر فیدر خارج شده به فیدرهای دیگر می‌رود به همین دلیل ممکن است تلفات دراین حالت‌ها در حضور نیروگاه تولید پراکنده افزایش یابد. شاخص‌های تلفات توان و انرژی شبکه فوق در جدول (2) آمده است.

جدول 2 : تلفات در حضور نیروگاه تولید پراکنده در حالت متداول

شاخص تلفات	شاخص تلفات توان	شاخص تلفات انرژی
پرباری	00/15	163044
میان باری	25/16	
کم باری	56/23	

دراین مقاله معیار طراحی را ساعات میان‌باری منطقه قرارداده و تولید نیروگاه تولید پراکنده را در حدود دو سوم بار این ساعت‌ها و محل احداث آن نیز در فاصله دو سوم طول فیدر از ابتدای آن می‌باشد. در این حالت نحوه تغذیه فیدر در ساعات‌های مختلف پرباری، میان‌باری و کم‌باری به صورت زیر است.

شکل 6 : تغذیه فیدر توسط طرح پیشنهادی در ساعات مختلف سال

ملاحظه می‌شود که مشکل اضافه بودن تولید DG نسبت به بار فیدر در حالت‌های میان‌باری و کم‌باری حل شده است. در نتیجه انرژی اتلافی کل سال نسبت به حالت بدون DG کاهش یافته است. شاخص‌های تلفات توان و انرژی شبکه پیشنهادی در جدول (3) آمده است.

جدول 3 : تلفات در حضور نیروگاه تولید پراکنده در حالت پیشنهادی

شاخص تلفات	شاخص تلفات توان	شاخص تلفات انرژی
پرباری	00/45	
میان باری	75/3	93679
کم باری	54/4	

7- پیاده سازی روش پیشنهادی در استان اصفهان

در این بخش پیاده‌سازی عملی روش ارائه شده در قسمت‌های فوق انجام شده است. بدین ترتیب که در ابتدا به جمع‌آوری اطلاعات از طریق دیسپاچینگ بهره‌برداری شرکت توزیع استان اصفهان پرداخته سپس اطلاعات خام به فرمت مناسب و مفید برای ادامه کار تبدیل شده و نواقص آن برطرف شده است.

در ادامه با بهره‌برداران مجرب امور برق نواحی صحبت شده و از بین آنان 5 بهره‌بردار خبره که به شبکه تحت مدیریت خود آشنایی کامل داشته و از مبحث تولید پراکنده نیز آگاهی‌های لازم را داشته‌اند انتخاب شده‌اند و طی جلسات متعدد از هر امور برق 5 فیدر به عنوان فیدرهای برتر برای نصب مولد مقیاس کوچک انتخاب شده‌اند که در جدول(4) نشان داده شده‌اند.

در این مرحله الگوریتم PSO جهت تعیین وزن شاخص-های مؤثر در محاسبه ضریب اولویت فیدرها بکار گرفته شده است. این شاخص‌ها عبارتند از مقدار کل انرژی توزیع نشده، حداکثر بار فیدر، طول فیدر، بیمارستان، پادگان نظامی، تأمین سوخت و آب، مرغداری و دامداری، مخابراتی و تلویزیونی، اداری مهم، سهم بار کشاورزی، سهم بار صنعتی، سهم بارخانگی، سهم بار تجاری، تعداد فیدر برای مانور و حداقل بار فیدر. جهت تسریع دستیابی به پاسخ بهینه یک سری ضرایب مناسب به عنوان مقدار اولیه در اختیار الگوریتم PSO قرار داده شده و الگوریتم با حداکثر تکرار برابر 100 اجرا شد و مقدار بهینه وزن‌ها مشخص گردید.

جدول 4 : بالاترین اولویت‌های احداث **DG** در 5 امور برق استان اصفهان

امور برق	اولویت 1	اولویت 2	اولویت 3	اولویت4	اولویت 5
نجف	9 نجف	12	6	4 هسنیجه	5 هسنیجه

امور برق	اولویت 1	اولویت 2	اولویت 3	اولویت4	اولویت 5
آباد	آباد2	نجف-آباد2	ویلاشهر		
کاشان	3کاشان 1	8کاشان3	5کاشان 4	10کاشان 5	3گالوانیزه
دولت آباد	11المپیک	12المپیک	کاوه 5	10المپیک	7دولت‌آباد
مبارکه	11نقش جهان	5نقش جهان	9نقش جهان	6صفاشهر	4نقش-جهان
شاهین شهر	7مورچه خورت	10مورچه خورت	6مورچه خورت	شاهین شهر 7	مورچه خورت(سیار)8

جدول(5) ضرایب اولیه ونهایی شاخص‌های موثر در تعیین اولویت فیدرها

شاخص	ضریب اهمیت اولیه	ضریب اهمیت نهایی
مقدار کل انرژی توزیع نشده	50	20
حداکثر بار فیدر	50	200
طول فیدر	50	300
بیمارستان	5	3
پادگان نظامی	5	2
سوخت و آب	5	3
مرغداری و دامداری	3	1
مخابراتی و تلویزیونی	3	3
اداری مهم	4	2
سهم بار کشاورزی	-20	-10
سهم بار صنعتی	50	20
سهم بارخانگی	25	10
سهم بار تجاری	40	5
تعداد فیدر برای مانور	2	10
حداقل بار فیدر	8	0.3

با توجه به ضرایب فوق 30 اولویت اول استان اصفهان جهت اتصال DG و ظرفیت پیشنهادی آنها به قرار زیر است.

جدول(6) اولویت های برتر استان اصفهان

اولویت	امور برق	پست فوق توزیع	فیدر	ضریب اولویت	ظرفیت(Mw)
1	دولت آباد	المپیک	11	36/12	6
2	شهرضا	51_مهیار	1	29/12	5
3	اردستان	اردستان	4	14/12	2
4	تیران	10_تیران	6	72/11	5
5	شاهین شهر	مورچه خورت	7	66/11	6
6	دولت آباد	المپیک	12	18/11	6
7	نایین	خور و بیابانک	7	84/10	1
8	فریدن	داران	9	66/10	3
9	فریدن	بوئین	4	14/10	2
10	دولت آباد	38_کاوه	5	12/10	5
11	فریدن	داران	11	07/10	3
12	شاهین شهر	مورچه خورت	10	00/10	5
13	کاشان	کاشان1	3	95/90	5
14	فریدن	بوئین	3	90/90	2
15	مبارکه	نقش جهان	11	86/90	5
16	اردستان	اردستان	1	79/90	1
17	فریدن	داران	7	58/90	3
18	شاهین شهر	مورچه خورت	6	56/90	5
19	شاهین شهر	شاهین شهر	7	43/90	5
20	گلپایگان	خوانسار	9	42/90	4
21	دولت آباد	المپیک	10	41/90	5
22	نایین	نایین	7	29/90	1
23	فریدن	داران	12	22/90	2
24	آران و بیدگل	آران و بیدگل	8	22/90	4
25	کاشان	کاشان3	8	15/90	5
26	فریدن	داران	10	08/90	2
27	نجف آباد	نجف آباد2	9	08/90	5
28	کاشان	کاشان4	5	06/90	5
29	نایین	نایین	10	86/80	1
30	نجف آباد	نجف آباد2	12	85/80	4

8- نتیجه گیری

واحدهای جلب مشارکت در شرکت‌های توزیع وظیفه راهنمایی متقاضیان احداث نیروگاه‌های تولید پراکنده را دارند اما به دلیل نبود آنالیز مشخص از کل منطقه تحت پوشش گاه دچار مشکل شده و نمی‌توانند بهترین راهنمایی را ارائه دهند و ممکن است دچار خطا شوند. در این مقاله از الگوریتم بهینه‌سازی PSO به‌منظور یافتن بهترین فیدرها به‌گونه‌ای که وجود مولد مقیاس کوچک بیشترین تأثیر را در بهبود وضعیت کنونی سیستم داشته باشد استفاده شده است. [11]

در این روش نیازی به اطلاعات کامل شبکه فیدرها نیست و خروجی آن نیز برای هر منطقه مورد نظر بهترین اولویت‌های اتصال نیروگاه است که می‌تواند راهگشای واحدهای جلب مشارکت باشد. ضمناً بانک اطلاعاتی جمع آوری شده برای پیاده سازی این روش می‌تواند در سایر امور مرتبط نیز به خوبی بکار گرفته شود و به طور مستمر به روز رسانی شود و مجوزهای صادر شده نیز در آن اعمال شود.

تعیین ظرفیت نیروگاه‌های تولید پراکنده نیازمند انجام مطالعات دقیقی است که شبیه سازی کامل فیدر را طلب می‌کند اما به منظور جلوگیری از صدور موافقت‌نامه‌های احداث با ظرفیت‌های بیش از حد نیاز می‌توان از روش پیشنهادی در این مقاله استفاده نمود و مکان تقریبی نیروگاه را نیز به متقاضی اعلام نمود.

مراجع:

[۱] N.Khalesi,M.R.Haghifam, Application of dynamic programming for distributed generation allocation.Electrical Power & Energy Conference (EPEC) IEEE, Montreal, QC, PP. ۱ – ٦, ۲۰۰۹.

[۲] A. Hajizadeh, E. Hajizadeh, PSO-Based Planning of Distribution Systemswith Distributed Generations, International Journal of Electrical and Electronics Engineering, PP. ۳۳-۳۸, ۲۰۰۸.

[۳] D. Zhu, R. P. Broadwater, K. Tam, R. Seguin and H. Asgeirsson, “Impact of DG Placement on Reliability and Efficiency with Time-Varying Loads,” IEEE Transactions on Power Systems, Vol. ۲۱, No. ۱, PP. ٤۱۹- ٤۲۷, ۲۰۰٦.

[٤] T. Gozel and M. H. Hocaoglu, “An Analytical Method for the Sizing and Siting of Distributed Generators in Radial Systems,” International Journal of Electric Power System Research, Vol. ۷۹, No. ٦, pp. ۹۱۲-۹۱۸, June ۲۰۰۹.

[۵] M. M. Elnashar, R. El-Shatshat and M. A. Salama, “Optimum Siting and Sizing of a Large Distributed Generators in a Mesh Connected System,” International Journal of Electric Power System Research, Vol. ۸۰, pp. ٦۹۰-٦۹۷, , June ۲۰۱۰.

[٦] S. Biswas and S. K. Goswami, Optimal Allocation of Distributed Generation Minimizing Loss and Voltage Sag ProblemUsing Genetic Algorithm, International conference on modeling, optimization and computing, (ICMOS ٢٠١١) West Bengal, (India)

[٧] M. Padma Lalitha, V. C. Veera Reddy, Application of fuzzy and PSO for DG placement for minimum loss in radial distribution system,ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL. ٥, NO. ٤, PP. ٣٠-٣٧, APRIL ٢٠١٠

[٨] Riccardo Poli, James Kennedy and Tim Blackwell, Particle swarm optimization, springer science, ٢٠٠٦

[٩] J.Kennedy, R. Eberhart,Particle swarm optimization,International Conference on Neural NetworksProceedings IEEE, ١٩٩٥.

[١٠] T. Gozel, M.H. Hocaoglu, Optimal placement and sizing of distributed generation on radial feeder with different static load models, International Conference on Future Power Systems, ٢٠٠٥.

[11] معاونت برق و انرژی وزارت نیرو "دستورالعمل توسعه مولدهای مقیاس کوچک " مصوب سال 1387