هفتمین کنفرانس بین‌المللی
مهندسی قابلیت اطمینان و ایمنی

پیش‌بینی میزان بار راکتیو درخطوط انتقال و توزیع و اصلاح آن با استفاده از الگوریتم های فرااکتشافی

عبدالرضا رحمتیان[1]، فرشید کی نیا[2]

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد پژوهشکده انرژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران، rahmatianr@gmail.com

۲ استاد پژوهشکده انرژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران، fkeynia@gmail.com

چکیده

پیشرفت اخیر در حوضه تکنولوژی منابع تجدید پذیر به همراه افزایش تقاضا و نیاز به انرژی پاک و ارزان باعث گرایش روز افزون به تولید پراکنده شده است.وجود منابع تولید پراکنده اگر به طور صحیح و مطالعه شده انجام گیرد منجر به پایداری سیستم، و افزایش قابلیت اطمینان، کاهش تلفات و کاهش هزینه ها می شود. با توجه به اینکه برنامه ریزی و توسعهٔ بلندمدت شبکه های توزیع به دلیل روند رو به رشد خصوصی سازی و افزایش بارها به دلیل افزایش رشد روزافزون مصرف از ابعاد مختلف،دارای پیچیدگی های متعددی است، یکی از اهدف مهم طراحان شبکه های توزیع ،کاهش هزینه های مربوط به سرمایه گذاری و بهره برداری، نگهداری و ساخت شبکه و هم زمان بالابردن قابلیت‌اطمینان شبکه هم از لحاظ فنی و هم از لحاظ اقتصادی است.در این تحقیق جایابی و تعیین ظرفیت‌بهینه واحدهای‌تولید پراکنده به منظورکاهش‌تلفات توان و بهبود پروفیل ولتاژ درشبکه‌های توزیع با استفاده از الگوریتم اجتماع پرندگان تکامل یافته (EPSO) ارائه شده است. روش پیشنهادی نسبت به الگوریتم اجتماع پرندگان، ازدقت و سرعت همگرایی بالاتری برخوردار است بطوریکه با شناسایی بخش‌هایی از فضای جستجو که بدترین نقاط را شامل می شود و دور کردن ذرات در حال جستجو از این نواحی، باعث بهبود روند جستجوی ذرات گردیده و جواب های دقیقتری را بدست می دهد. برای نشان دادن قابلیت روش پیشنهادی، شبکه ۶۹ باسه استاندارد شعاعی بعنوان شبکه نمونه و برای آنالیز وضعیت شبکه در هر مرحله، برنامه پخش بار پسرو-پیشرو که از سرعت و دقت همگرایی قابل قبولی برخوردار است بکار گرفته شده است. تابع هدف مسئله شامل دو بخش کاهش تلفات توان و بهبود پروفیل ولتاژ است که با استفاده روش پیشنهادی بهینه می گردد.

واژه‌های کلیدی: سیستم های تولید پراکنده، قابلیت اطمینان، الگوریتم اجتماع پرندگان، پروفیل ولتاژ.

مقدمه

نیاز بهانرژی‌الکتریکی مطمئن درتمام‌جنبه های زندگی‌کنونی امری کاملا روشن بوده و نقش بسیار بارز و چشمگیری‌را دارا می‌باشد و هدف‌اصلی‌در ارایهٔ‌بهینهٔ‌این‌انرژی،جلب‌رضایت‌واطمینان‌مصرف‌کنندگان است.بنابراین‌برای‌دستیابی به این هدف،بایستی سیستم الکتریکی ،تحت نظارت و بررسی همه جانبه، دقیق و دائمی قرارگیرد.

روشن‌است‌که‌هدف‌اصلی‌از‌برپایی‌نیروگاهها،خطوط انتقال،ایستگاههای‌مبدل‌ولتاژو شبکه های توزیع ،تأمین انرژی الکتریکی مصرفی مورد نیازاست.کاربرد انرژی ا لکتریکی در زندگی روزمره امری اجتناب ناپذیر بوده وباتوجه به اختراعات و نوآوری های علمی محققان و دانشمندان،هر روز بردامنه وسعت آن نیز افزوده می شود.از نقطه نظر دیگر،با رشد فزاینده جمعیت و طرحهای گوناگون تو سعه،باید باگسترش شبکه های الکتریکی، شرایطی رافراهم کرد که همگان بتوانند ازانرژی استفاده کنند.

نکتهٔ مهم و حائز اهمیت در این خصوص،افزایش کیفیت و رعایت محدوده های مجاز و ا ستاندارد انرژی مورد تقا ضای م صرف کنندگان است .قدرمسلم آنچه مورد نیاز همهٔ مصرف کنندگان است و هدف

اصـــلی در ارائه بهینهٔ انرژی الکتریکی میباشـــد،رضـــایت واطمینان مشـــترکان و مصـــرف کنندگان انرژی الکتریکی اســـت. ویژگیهایی همچون تداوم و تأمین انرژی، عدم تغییر ولتاژ ویکنواختی آن بطور معمول برای مصـــرف کنندگان اهمیت دارد .از دیدگاه تولیدکننده نیز،آنچه که علاوه بر موارد فوق حائز اهمیت اســـت،ارائه انرژی الکتریکی با کمترین هزینه می باشـد.برای دسـتیابی به این موارد باید مطالعات و بررســـی هایی درخصـــوص چگونگی تأمین انرژی مطمئن صورت پذیرفته و با توجه به محاسبه های پیچیده ودقیق علمی،کنترل های لازم انجام شـــود. این تغییر و تحولات از یک طرف و همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، عواملی همچون آلودگی محیط‌زیست، مشکلات احداث خطوط انتقال جدید و پیشـــرفت فناوری در زمینه اقتصـــادی نمودن ســـاخت واحدهای تولیدی در مقیاس کوچک در مقایســـه با واحدهای تولیدی بزرگ‌ازطرف دیگر، باعث افزایش استفاده‌از واحدهای تولیدی‌کوچک‌تحت‌عنوان "تولیدات پراکنده" (DG) که به طور عمده به شـــبکه‌های توزیع متصـــل شـــده‌ونیازی‌به‌خطوط‌انتقال‌ندارند،گردیده اســـت[۴-۱].اکثرتکنولوژی‌های تولیدپراکنده درجنبه های متعدد مانند عملکرد، اندازه و قابلیت گسـترش، انعطاف پذیر هسـتند. ضـمن اینکه اســـتفاده از تولید پراکنده باعث یک عکس‌العمل قابل انعطاف به مقداردهی قیمت برق می گردد.

شبکه‌های توزیع معمولاً به صورت شعاعی طراحی می شوند که هیچ ژنراتوری در سمت بار وجود ندارد. بنابراین وجود ژنراتور در شبکه توزیع روی توان جاری شـــده و شـــرایط ولتاژ بار و تجهیزات شـــبکه الکتریکی تأثیر می گذارد و این می‌تواند روی پارامترهای عملکردی سیستم، تأثیر مثبت یا منفی داشته‌باشد[۵]. انرژی الکتریکی تولیدی توسط تولیدات پراکنده در اکثرکشورهای پیشرفته، تحول عظیمی در سیستم‌های تولید و انتقال انرژی بوجود آورده که تمام نیازها و مزایای پایه‌تولیدوانتقال درموارد فنی، اقتصادیک و بازرگانی را برآورده می‌کند[۶]. اهداف استفاده از تولیدات پراکنده از دید شرکت توزیع و از دید مشترک متفاوت است. در واقع اگر مالک DG شرکت توزیع باشد، اهداف مورد نظر می‌تواند آزادسازی ظرفیت شبکه توزیع، بهبود قابلیت اطمینان سیســـتم، تولید همزمان برق و حرارت، بهبود کیفیت توان و پروفیل ولتاژ و کاهش‌تلفات‌باشـد.اگرمالکیت DG در اختیار مشـــترک باشد، این اهداف می‌تواند فروش‌برق وشرکت‌دربازار انرژی، فروش برق بـه عـنـوان ســـرویـس جـانـبـی،بـهـبـودقـابـلـیـت‌اطـمـیـنـان خودویاتشـویق‌های‌دریافتی‌ازشـرکت‌توزیع‌و... باشـد[۷].متأسـفانه‌چون مالکیت بیشـــترتولیدات‌پراکنده‌دراختیار مشـــترکین می‌باشـــد، لذا شـرکت‌های توزیع کنترل کمتری روی اندازه و محل نصـب تولیدات پراکنده دارند[۸].در نتیجه برای جلوگیری از تأثیرگذاری منفی تولیدات پراکنده بر پارامترهای مختلف سیستم، باید یک استاندارد کلی و جامع برای کنترل، نصـــب و جایابی این تولیدات وجود داشـــته باشـــد[۹]. بدین‌ترتیب عواملی مانند تجدید ســـاختار صـــنعت برق، نیاز به افزایش ظرفیت سیستم و پیشرفت تکنولوژی‌ها به‌طور همزمان، پایه و اساس معرفی تکنولوژی تولیدپراکنده می‌باشند[۱۰].بطورکلی هدف استفاده از منابع تولید پراکنده در شـبکه‌های توزیع، تأمین تمام یا قسـمتی ازتوان مصـرفی شـبکه بصـورت‌تمام وقت‌یاپاره وقت می‌باشـدکه‌دراین میان هـدف اصـــلی تولیـد توان اکتیو اســـت،اهمیت بیشـــتری پیداکرد[۱۱].مطالعات‌انجام شـــده نشـــان می‌دهد که انرژی های تجدیدپذیر شامل انرژی خورشید، باد، آب،بیوماس،زمین‌گرمایی‌و...که‌از نظر زیســـت محیطی تمیز بوده، می‌توانند جایگزین‌مناســـبی‌برای سوخت‌های فسیلی باشند[۱۲]. بکارگیری تولیدات پراکنده در سیستم توزیع مزایای زیســـت محیطی، اقتصـــادی و فنی بســـیار زیادی را به دنبال‌دارد.برای رســـیدن به این مزایا تولیدات پراکنده باید دارای اندازه مناسب بوده و درمکان‌های مناسب نصب شوند[۱۳].

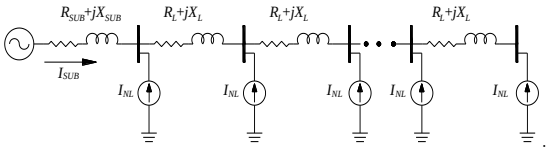
بطورکلی‌استفاده‌ازنیروگاه‌های‌باتولیدپراکنده درشبکه قدرت مزایای زیر را به همراه دارد[۹]:

۱- کم کردن هزینه مربوط به تجهیزات قدرت
۲- کاهش تلفات انتقال قدرت
۳- سهولت امکان بازیافت گرما در این نیروگاه‌ها
۴- زمان نصب و بهره‌برداری کوتاه این نیروگاه‌ها
۵- تحقق خصوصی سازی واقعی با تبدیل سرمایه‌گذاران بزرگ به سرمایه‌گذاران کوچک
۶- کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و صوتی نیروگاه‌های بزرگ
۷-کاهش‌تلفات‌باجایابی‌بهینه‌نیروگاه‌های‌تولیدپراکنده‌در شبکه‌های توزیع
۸- آزادشدن‌ظرفیت‌سیستم‌های‌انتقال‌وتوزیع اعم‌ازخطوط و پست‌ها
۹- استفاده بعضی از منابع تولید پراکنده از منابع تجدیدپذیر
۱۰- امکان کاربرد مجزا یا متصل به شبکه

همچنین می‌توان مزایای اقتصـادی DG را ازدید مشـترکین و از دید شـرکت توزیع الکتریکی بررسـی کرد:با اسـتفاده بهینه از تولیدات پراکنده و بکارگیری آنها در اندازه و مکان مناسـب در سـیسـتم توزیع میتوان تلفات خط را تا حد زیادی کاهش داد [۱۲].هدف اصـلی این مقاله تعیین اندازه و مکان بهینه‌ی ژنراتور های تولید پراکنده به وسـیله‌ی الگوریتم ژنتیک و الگوریتم بهینه سـازی اجتماع ذرات و مقایسـه آنها با یکدیگر میباشـد نوآوری اصـلی این مقاله اسـتفاده از کدگذاری جدید در الگوریتم ژنتیک وهمچنین بدست آوردن توان های اکتیو و راکتیو تولیدات پراکنده برای دست یابی به کاهش بیشتر تلفات خط اسـت. در روش ارائه شـده نتایج قرارگیری‌دونوع‌ازتولیدات پراکنده درشـبکه‌ی‌توزیع‌درسـه حالت در سـیسـتم توزیع باحالتی‌که‌هیچ تولیدپراکنده‌ای‌نداریم‌مورد بررسی قرار می‌گیرد. این‌روش پیشنهادی در سیستم ۳۳ شین IEEE تست شده‌است‌و نتایج بدست آمده گویای تاثیربهینه‌ی این‌الگوریتم‌تکامل‌یافته می باشد[۱].

هدف از بررسی پخش بار در شبکه توزیع دارای منابع تولید پراکنده، بررسی ولتاژ در هر محل اتصال می‌باشد که بصورت ساده می‌توان این افزایش ولتاژ ناشی از وجود ژنراتور سنکرون یا آسنکرون منابع تولید پراکنده را از رابطه (۱) بدست آورد که در آن R و X بترتیب مقاومت و راکتانس فیدر خط هوایی در آن محل و P و Q نیز بترتیب توان اکتیو و راکتیو گذرا در آنجا هستند.

$$\Delta V = \frac{PR + XQ}{V} \qquad (۱)$$



شکل ۱: شماتیک شبکه توزیع شعاعی با بارگیری یکسان برای تمامی فیدرها

در این حالت و با فرض Isub برابر جریان پست نشان داده شده بر روی شکل x فاصله از محل پست بر حسب مایل، L طول فیدر بر حسب مایل،بر حسب اهم و بر حسب اهم بر مایل، آن‌گاه جریان خط در هر محل x در روی فیدر شبکه توزیع Iline(x) و بدترین و هارمونیک‌دارترین ولتاژ در فیدر که برابر افت ولتاژ در انتهایی‌ترین نقطه هرفیدرناشی ازجریان‌خط می باشد Vdist، بترتیب از روابط (۲) و (۳) حاصل می‌شوند.

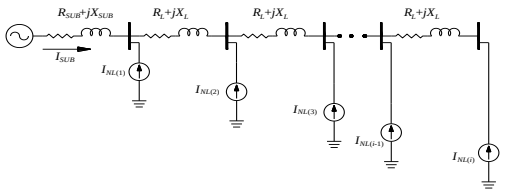
$$I_{line}(x) = I_{sub.}\left(1 - \frac{x}{L}\right) \qquad (۲)$$

$$V_{dist.} = I_{sub.}\overline{Z}_{sub.} + \int_0^L \{\overline{Z}_{line} I_{line}(x)\} dx \qquad (۳)$$

آن‌گاه می‌توان جریان پست را از رابطه (۴) محاسبه نمود که از آن برای‌تعیین میزان توانی بکارمی‌رود که منابع تولید پراکنده می‌توانند برای تأمین بارهای شبکه بدون ایجاد نوسانات غیرمجاز به آن تزریق نمایند.

$$I_{sub.} = \frac{V_{dist.}}{\overline{Z}_{sub.} + 0.5\overline{Z}_{line}.L} \qquad (۴)$$

با درنظرگرفتن‌شبکه توزیع‌شعاعی با بارگیری افزایشی خطی فیدرها با دورشدن‌از پست که تصویر شماتیک آن در شکل دیده می شود، اندازه Iline(x) و Isub را می‌توان بترتیب از روابط (۵) و (۶) بدست آورد.

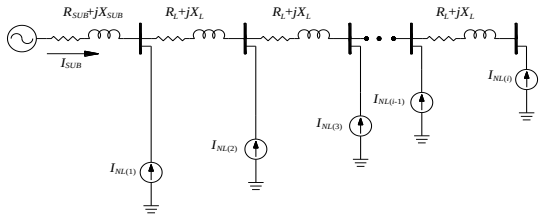


شکل ۲: شماتیک شبکه توزیع شعاعی با بارگیری افزایشی خطی فیدرها با دور شدن از پست

$$I_{line}(x) = I_{sub.}\left(1 - \frac{x^2}{L^2}\right) \qquad (۵)$$

$$I_{sub.} = \frac{V_{dist.}}{\overline{Z}_{sub.} + 0.6667\overline{Z}_{line}.L} \qquad (۶)$$

برای شبکه شعاعی با بارگیری کاهشی خطی فیدرها با دور شدن از پست که تصویر شماتیک آن در شکل دیده می شود، می‌توان اندازه Iline(x) و .Isubرا بترتیب از روابط (۷) و (۸) بدست آورد.



شکل ۳: شماتیک شبکه توزیع شعاعی با بارگیری کاهشی خطی فیدرها با دور شدن از پست

$$I_{line}(x) = I_{sub.}\left(\frac{x^2}{L^2} + 1 - \frac{2x}{L}\right) \qquad (۷)$$

$$I_{sub.} = \frac{V_{dist.}}{\overline{Z}_{sub.} + 0.3334\overline{Z}_{line}.L} \qquad (۸)$$

تابع هدف مسئله بصورت زیر تعریف شده است که در آن k_1 و k_2 ضرایب وزنی بوده و مجموع آنها برابر یک است.

$$OF = min(k_1 LRI + \frac{k_2}{VPI}) \qquad (۹)$$

نحوه عملکرد الگوریتم PSO

در این الگوریتم هر پرنده یک جواب ممکن درفضای جستجوی مسئله می باشد که آنرا ذره می نامند. در ابتدا PSO توسط گروهی از ذرات که بطور تصادفی در فضای مسئله تولید شده اند، مقداردهی می شود، سپس جستجو برای رسیدن به بهترین جواب آغاز می گردد. در هر مرحله از تکرار الگوریتم، هر ذره به سمت موقعیت بهتر جابجا می شود و مختصات آن با استفاده از دو بردار با نام های بردار موقعیت و بردار سرعت مشخص می شود. بدین ترتیب در یک فضای N بعدی دو بردار $x_i = [x_{i1},...,x_{in}]$ و $v_i = [v_{i1},...,v_{in}]$ بردارهای مرتبط با ذره i می باشند.

موقعیت بعدی برای هر ذره با توجه به دو مقدار بدست می آید. اولین مقدار بهترین موقعیتی است که آن ذره تا آن زمان داشته است که Pbest نامیده می شود و دومین مقدار بهترین موقعیتی است که تا بحال توسط کل ذره های آن اجتماع بدست آمده است، یعنی بهترین موقعیت مربوط به کل اجتماع، که Gbest نام دارد. این روند تا زمانی که سرعت پرندگان به صفر میل کند و یا اینکه تعداد تکرارهای در نظر گرفته شده به پایان برسد ادامه می یابد.

با توجه به دو مقدار Pbest و Gbest، هر ذره از روابط (۱۰) تا (۱۲) برای تعیین موقعیت بعدی خود استفاده می کند. شکل ارتباط این دو مفهوم را نشان می دهد.

$$v_i^{k+1} = w\, v_i^k + c_1 r_1 (P_{best\,i}^{\,k} - x_i^k) + c_2 r_2 (G_{best}^{\,k} - x_i^k) \quad (۱۰)$$

$$x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1} \quad (۱۱)$$

$$w(k) = w_{max} - \left(\frac{w_{max} - w_{min}}{Max\ Iter}\right) \quad (۱۲)$$

در روابط فوق، ضرایب وضرایب شتاب واعداد تصادفی در محدوده [۱ ، ۰] و k پارامتر تکرار است.موقعیت کنونی ذره و سرعت حرکت ذره در آن تکرار می باشد. w پارامتری است که لختی حرکت ذرات را کنترل میکند،که در ابتدای اجرای الگوریتم با سرعتی بیشتر و بعد از مدتی که به پاسخ نزدیک تر می شویم به کندی کاهش می یابد.

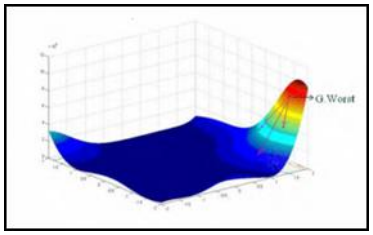
الگوریتم پیشنهادی

روش پیشنهادی با عنوان الگوریتم PSO تکامل یافته (Evolved PSO)، مبتنی بر اصلاح فضای جستجوی ذرات با استفاده از پخش بار و با در نظر گرفتن یکسری قیود می باشد. بدین ترتیب شانس همگرایی زودرس و قرار گرفتن ذره در جواب های محلی ، بسیار کاهش می یابد. نتایج حاصل از پیاده سازی این روش نیز نشان می دهد که احتمال قرار گرفتن بهترین ذره یا پاسخ نهایی، در جوابهای محلی کاهش یافته و الگورریتم در تعداد تکرارهایی برابر، مقداری کوچکتر و لذا بهینه تری را برای تابع هدف پیدا می کند.

این روش شامل دو مرحله است. مرحله اول شامل بهبود روند جستجو ذرات از طریق شناسایی برخی از نقاط موجود در فضای جستجو، با استفاده از انجام پخش بار است. طی این مرحله، ابتدا یکی از ترم های تابع هدف مسئله، که بعنوان خروجی در نظر گرفته شده است، به طور تصادفی در محدوده از پیش تعیین شده مقداردهی می شود. سپس با انجام پخش بار های متوالی، جوابهای بدست آمده برای ترم دیگر بررسی شده و با توجه به نتایج بدست آمده، نقاطی بعنوان بدترین نقاط (G worst)در فضای جستجو، شناسایی می شوند. این مرحله می تواند به صورت درصدی از پارامتر تکرار خود الگوریتم تکرار شود.

در مرحله دوم ذرات طی چند گام مجزا، که در ادامه توضیح داده خواهد شد، به سمت جواب بهینه همگرا می شوند. منطق در نظر گرفته شده برای حرکت هر ذره، شامل فرار از نقاط مشخص شده در مرحله اول و سپس همگرایی به سمت بهترین نقطه است. گام های حرکت ذرات، پس از شناسایی بدترین نقاط به این صورت است که در گام اول هر ذره از موقعیت بدترین ذره موجود در توزیع جمعیت اولیه، دور می‌شود. توزیع جمعیت اولیه بصورت تصادفی صورت می گیرد. این دور شدن در تمام ابعاد، مطابق رابطه (۴-۱) انجام خواهد شد تا ذرات در فضای جستجوی بهتری، به جستجو ادامه دهند به امید آنکه در آن فضا از مکان های بهتری عبور کنند. شکل (۴) روند دور شدن ذرات از بدترین نقطه شناسایی شده را نشان می دهد.

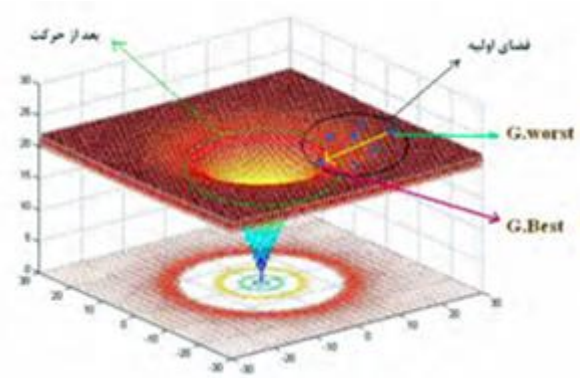
$$v_{i,t+1} = w\, v_i + c_1 . r . (P_{i,t} - G_{worst\,i,t}) \quad (۱۳)$$



شکل۴: روند دور شدن ذرات از بدترین نقطه شناسایی شده

درگام دوم کل ذرات با هم از بدترین ذره به سمت بهترین ذره حرکت می کنند تا به فضای جستجوی مناسب رسیده و در آن فضا حرکت خود را ادامه دهند. بدین ترتیب در هر تکرار و جابجایی ذرات به فضای جستجوی جدید، ذره جدیدی بعنوان بدترین ذره شناسایی می شود. شکل بالا مهاجرت ذرات به سمت فضای جستجوی بهتر و رابطه زیر نیز این حرکت را بنا به موقعیت بهترین ذره نشان می دهد.

$$v_{i,t+1} = w\, v_{i,t} + c_1 . r . (G_{best\,i,t} - G_{worst\,i,t}) \quad (۱۴)$$



شکل ۵: مهاجرت ذرات به سمت فضای جستجوی بهتر

در گام سوم ذرات در محیط جدیدی که به آن مهاجرت کرده اند مجددا با استفاده از اطلاعات شخصی خود و اطلاعات مربوط به بدترین نقطه، بنا به اطلاعات به روز شده ناشی از اشتراک اطلاعات کلیه ذرات با هم، از بدترین ذره فعلی طبق رابطه (۱۵) دور می شوند.

$$v_{i,t+1} = w\, v_{i,t} + c_1 . r . (P_{i,t} - P_{worst\,i,t}) \quad (۱۵)$$

پس از طی گام های ذکر شده، که ذرات از نقاط و نواحی نامناسب دور می شوند، نوبت به حرکت در جهت رسیدن به بهترین ذره است. در گام چهارم طبق رابطه (۱۶) ، هر ذره با توجه به تجربیات شخصی خود، به سمت بهترین نقطه مشاهده در طول مسیرش هدایت می شود.

$$v_{i,t+1} = w\, v_{i,t} + c_2 . r . (P_{best\,i,t} - P_{i,t}) \quad (۱۶)$$

در گام پنجم، پس از حرکت هر ذره به سمت بهترین نقطه مورد نظرش با توجه به تجربیات شخصی خود، باید تمامی ذرات با توجه به تجربیات

مربوط به بهترین ذره جمعیت یعنی Pbest کل جمعیت یا همان Gbest، طبق رابطه (۱۷) به سمت نقطه بهینه سراسری همگرا شوند.

(۱۷)

$$v_{i,t+1} = w\, v_{i,t} + c_2.r.(G_{best\,i,t} - P_{i,t})$$

این روش زمانی که ترم های مطلوب مسئله زیاد باشد قطعا قابلیت بیشتری نسبت به خود الگوریتم PSO دارد. چرا که در الگوریتم PSO همگرا شدن ذرات تنها براساس اطلاعات شخصی خود ذره و تجربیات بهترین ذره می باشد در حالیکه در روش فوق از اطلاعات بدترین ذره نیز در رسیدن به بهترین جواب استفاده می شود. قیود در نظر گرفته شده در برنامه پخش بار که در مرحله اول به آن اشاره شد نیز بصورت روابط (۱۸) تا (۲۲) در نظر گرفته می شوند.

$$PL_{w/DG} < PL_{wo/DG} \quad (۱۸)$$

$$|v_i|^{\min} \le |v_i| \le |v_i|^{\max} \quad (۱۹)$$

$$\delta_i^{\min} \le \delta_i \le \delta_i^{\max} \quad (۲۰)$$

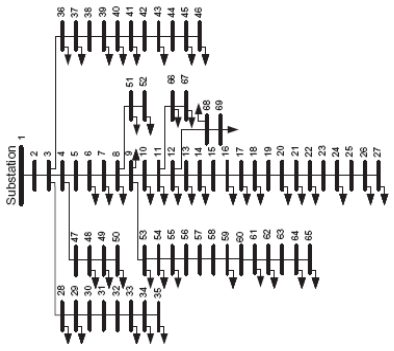
$$P_{DG_i}^{\min} \le P_{DG_i} \le P_{DG_i}^{\max} \quad (۲۱)$$

$$Q_{DG_i}^{\min} \le Q_{DG_i} \le Q_{DG_i}^{\max} \quad (۲۲)$$

در روابط فوق $PL_{w/DG}$ و $PL_{wo/DG}$ به ترتیب تلفات کل شبکه در حالت حضور و عدم حضور DG است. $|v_i|$ اندازه ولتاژ باس i و δ_i زاویه متناظر با آن است. P_{DG_i} و Q_{DG_i} نیز به ترتیب معرف توان اکتیو و راکتیو تولیدی DG مورد نظر است.

شبیه سازی و ارائه نتایج

روش ارائه شده بر روی شبکه ۶۹ باسه استاندارد توزیع پیاده سازی شده است. اطلاعات مربوط به بار این شبکه در مرجع [۸] آمده است. شکل (۶) دیاگرام تک خطی این شبکه را نشان می دهد. برای محاسبه شاخص های در نظر گرفته شده از برنامه پخش بار جاروب پسرو- پیشرو که خاص شبکه های توزیع شعاعی بوده و از سرعت خوبی برخوردار است استفاده شده است.



شکل۶:شبکه استاندارد شعاعی ۶۹ باس

نتایج بدست آمده از روش پیشنهادی EPSO در مقایسه با الگوریتم PSO نشان دهنده همگرایی سریعتر ذرات به جواب بهینه نسبت به الگوریتم PSO ناشی از در نظر گرفتن بدترین ذره در هر تکرار، می باشد بطوریکه با در نظر گرفتن تعداد تکرار های برابر اما جمعیت کمتر، مدت زمانی که طول می کشد تا ذرات به سمت نقطه بهینه همگرا شوند کاهش می یابد. همچنین قرار نگرفتن ذرات در اکسترمم های محلی با وجود کم بودن تعداد آنها باعث افزایش دقت روش پیشنهادی می گردد. در ادامه نتایج مربوط به سه حالت مختلف اجرای برنامه، با در نظر داشتن سایر پارامترهای موثر در جواب بهینه، در جداول (۲) و (۳) آورده شده است. جدول (۱) نیز مقادیر در نظر گرفته شده برای پارامترهای EPSO و PSO (به ازای دو جمعیت مختلف برای ذرات) را نشان می دهد.

جدول ۱: مقادیر در نظر گرفته شده برای هریک از پارامترها

PSO & EPSO parameters				
Swarm size	C_1,C_2	W_{max}	W_{min}	$ITER_{max}$
۱۰۰	۲	۰/۹	۰/۴	۵۰

جدول۲: نتایج بدست آمده برای جایابی و تعیین ظرفیت۱ DG

	EPSO	PSO 1	PSO 2
باس کاندید	۶۱	۱۳	۵۹
حداقل ولتاژ باس(p.u)	۰/۹۴۰۱	۰/۹۱۴۹	۰/۹۲۸۴
حداکثرانحراف δ_i(°)	۰/۶۳۱۲	۱/۵۲۶۲	۱/۷۵۱۲
تلفات اکتیو (kw)	۱۳۲	۱۹۷	۱۵۸
ظرفیت بهینه (kw)	۸۱۹	۹۴۰	۶۳۲
جمعیت ذرات	۱۰۰	۱۰۰	۴۰۰
تعداد تکرارها	۵۰	۵۰	۵۰
مدت اجرای برنامه (S)	۱۱۷/۳۲	۱۰۱/۶۷	۴۵۴/۳۸

جدول۳ : نتایج بدست آمده برای جایابی و تعیین ظرفیت۲ DG

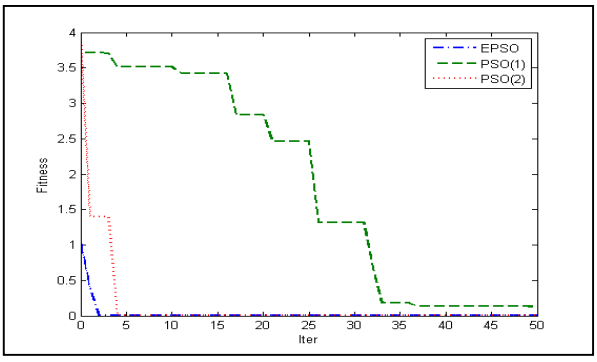
	EPSO	PSO 1	PSO 2
باس کاندید	۱۵ -۶۱	۸-۲۴	۶۵ -۲۱
حداقل ولتاژ باس(p.u)	۰/۹۳۲۷	۰/۹۱۵۵	۰/۹۲۳۸
حداکثرانحراف δ_i(°)	۰/۶۱۲۴	۱/۶۸۴۳	۱/۷۲۲۱
تلفات اکتیو (kw)	۱۰۹	۱۷۵	۱۶۸
ظرفیت بهینه (kw)	۴۸۱-۵۱۸	۴۵۲-۴۸۸	۱۹۰-۷۳۱
جمعیت ذرات	۱۰۰	۱۰۰	۴۰۰
تعداد تکرارها	۵۰	۵۰	۵۰
مدت اجرای برنامه (S)	۱۱۳/۶۵	۱۲۴/۹۸	۴۲۷/۸۳

همانطور که مشاهده می شود جواب های بدست آمده از PSO با پارامترهای موجود در جدول (۱)، چندان دقیق نیستند. پراکندگی نامناسب جمعت اولیه و قرار گرفتن ذرات در اکسترمم های محلی می تواند عامل اینگونه جواب ها باشد. این امر اهم دلیل کارهای زیادی است که در راستای بهبود این الگوریتم انجام شده است. در اینجا روش

پیشنهادی، باس ۶۱ را بعنوان بهترین باس برای نصب یک DG و ۸۱۹ (KW) را بعنوان ظرفیت بهینه معرفی می کند. توجه داشته باشید که حداکثر ظرفیت در نظر گرفته شده برای هر واحد در هر سه حالت ۱ (MW) می باشد. این در حالیست که باس کاندید با استفاده از PSO با تعداد ذرات برابر با ۱۰۰ یعنی همان جمعیت EPSO، باس ۱۳ است، با توجه به اینکه زمانهای سپری شده در هر دو حالت EPSO و PSO1 تفاوت چندانی با هم ندارند.

پس از این برای بهبود همگرایی و عدم قرار گرفتن ذرات در جواب های محلی، جمعیت را در PSO2 چهار برابر در نظر گرفته ایم. در این حالت علی رغم کاهش سرعت الگوریتم، نتایج حاصل شده بهبود پاسخ و نزدیک شدن ذرات به جواب بهینه را نشان می دهد.

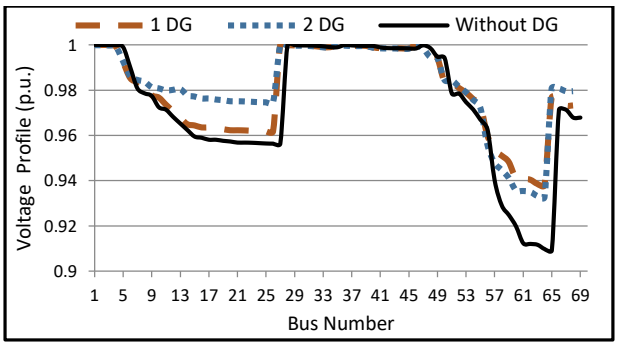
با توجه به تاثیر منفی جمعیت ذرات در کوتاهی زمان پاسخ گویی و تاثیر مثبت آن در میزان بهینگی جواب ها،روش پیشنهادی بگونه ای باعث ایجاد مصالحه بین سرعت و دقت مطلوب گردیده است. به بیان دیگر، این روش با تضمین بیشتری در صحت جواب، در شرایطی که سرعت پاسخ گویی نسبت به دقت جواب از اهمیت بیشتری برخوردار باشد قادر است به ازای سرعت مطلوب، حتی الامکان جواب های نزدیک به جواب بهینه را پیدا کند. بنابراین با توجه به نتایج ارائه شده و میزان جمعیت در نظر گرفته شده در هر یک از حالت ها، می توان گفت دستیابی به جواب های دقیقتر با استفاده از روش پیشنهادی در مقایسه با حالت PSO2 مستلزم انتخاب جمعیت بیشتری نسبت به جمعیت انتخاب شده می باشد که این امر کاهش سرعت را بدنبال دارد. اما در هر حالت، روش پیشنهادی به ازای داشتن شرایط یکسان نسبت به الگوریتم PSO، از دقت و سرعت بهتری برخوردار است که موثر بودن روش پیشنهادی را نشان می دهد. باید توجه داشت که تفاوت مشاهده شده در زمان های همگرایی هر سه حالت، با افزایش ابعاد مسئله افزایش می یابد. از این رو با توجه به میزان افزایش سرعتی که روش پیشنهادی در مقایسه با کاهش نسبی دقت ناشی از انتخاب جمعیت اولیه پایین بدست می آورد می تواند در مسائل با ابعاد بزرگ، در یافتن جواب به ازای سرعت و دقت قابل قبولی، کارآمد باشد. شکل (۷) روند همگرایی هر سه حالت در نظر گرفته شده را به ازای تکرارهای برابر نشان می دهد.



شکل ۷: افزایش سرعت روند همگرایی در روش EPSO

همانطور که مشاهده می شود همگرایی روش EPSO سریعتر از دو حالت دیگر بوده و در تکرارهای اولیه الگوریتم به سمت جواب بهینه همگرا شده است.

شکل (۸) تاثیر مقادیر بدست آمده برای مکان و ظرفیت DG با استفاده از روش پیشنهادی برروی پروفیل ولتاژ شبکه مورد بررسی را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود حضور DG باعث بهبود ولتاژ شین های ضعیف سیستم گردیده است.



شکل ۸ : بهبود پروفیل ولتاژ شبکه ناشی از نصب DG

نتیجه گیری

در بخش های قبل عملکرد روش پیشنهادی مطالعه و بررسی شد. هدف از ارائه روش پیشنهادی، بهبود ولتاژ در طول خط وعملا بالابردن توان اکتیو،بالا بردن توان راکتیو شبکه تولید توان توزیع شده با جانمایی بهینه محل قرار گیری مراکز تولید توان است.در روش پیشنهادی از الگوریتم اجتماع پرندگان باساختار بهینه استفاده شد. نتایج شبیه سازی نشان داد که بهینه سازی وبهبود پروفیل ولتاژمی تواند تاثیر بالایی بر عملکرد سیستم داشته باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که با استفاده از الگوریتم ها بهینه‌سازی، می توان ساختار سایر خطوط را نیز بهینه کرد و از آن ها جهت کاهش تلفات استفاده نمود.

مراجع

[۱] Zareipour, H., et al, "Distributed Generation: Current Status and Challenges", in proc. 36th Annual North American Power Symposium (NAPS), University of Idaho, August 2004.

[۲] Griffin, T, et al,"Placement of Dispersed Generations Systems for Reduced Losses", Proceedings of the 33rd Hawaii Conference on System Sciences, 2000.

[۳] Hadjsaid, H., et al,"Distributed generation Increases the Complexity of Controlling, Protecting, and Maintaining the Distribution Systems", IEEE Computer Application in Power, PP. 23-28, April 1999.

[۴] Philipson, L., and Willis, H.L.,"Understanding Electric Utilities and Deregulation", Marcel Dekker, 1988.

[۵] Manoj Kumawat, Nitin Gupta, Naveen Jain and Dipti Saxena, "Optimal distributed generation placement in

power distributed networks:A review",Electrical Electronics Signals Communication and Optimization (EESCO) 2015 International Conference on, pp. 1-6, 2015.

[۶] "Assessment of Distributed Generation Technology Application", Resource Dynamic Corporation, PP.1-30, Feb.2001.

[۷] E. M armolejo. C.Duque , M.T.Torres, "Analysis of the prospects for Colombian Electric Power Sector", IEEE Distributed Generation (DG) Trans. University of Los Andes, Bogota cogota Colombia, 2004.

[۸] M . H . J. Bollen, A . Sannino , "Voltage control with Inverter-Based Distributed Generation", IEEE Trans Power Engineering Lettevs, Vol. Zo, NO. I , JANUARRY 2005.

[۹] Chandrasekhar Yammani, Sydulu Maheswarapu and Sailaja Kumari Matam, "Optimal placement and sizing of multi Distributed generations with renewable bus available limits using Shuffled Bat algorithm", Electrical and Computer Engineering (CCECE) 2014 IEEE 27th Canadian Conference on, pp. 1-6, 2014, ISSN 0840-7789.

[۱۰] Edward, M., Petrie, H., Willis, L., and Takahashi, M., "Distributed Generation in Developing Countries", World Bank, Online at:

[۱۱]www.worldbank.org/html/fpd/em/distribution_abb.pdf.

[۱۲] T.Ackermann, G.Anderson, L.Soder, "Distributed Generation: a definition", Elsevier science, PP195-204 Dec 2000.

[۱۳] W. El-Khattam, M.M.A.Salama, "Distributed generation technologies, definitions and benefits", Electric Power Syst. Res., pp. 119-128, 2004.