

مکانیابی منابع تولید پراکنده و بازآرایی شبکه با استفاده از شاخص پایداری ولتاژ و الگوریتم اجتماع پرندگان

علیرضا جلیلیپور مونسینار^{۱*}، لاریسا خدادادی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکترونیک، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی برق، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

چکیده: از مهمترین ابزارهای عملی کاهش تلفات در شبکه های توزیع تغییر آرایش یا توپولوژی شبکه می باشد. روشهای مختلفی جهت جستجوی آرایش بهینه شبکه ارائه شده است. با تغییراتی که در شبکه صورت میگیرد، آرایش قبلی شبکه می تواند دیگر بهینه نباشد و یا به عبارت دیگر آرایش بهتری نیز وجود داشته باشد. از جمله ی این تغییرات می توان به اتصال تولیدات پراکنده اشاره نمود. لذا بهتر است همزمان با تعیین مکان و ظرفیت DG، آرایش شبکه نیز به عنوان متغیر بهینه سازی در نظر گرفته شود. در این مقاله به مسئله بازآرایی و مکان یابی DG بطور همزمان پرداخته و با ترکیب الگوریتم اجتماع پرندگان و یک روش محاسباتی، الگوریتمی جهت بهینه سازی پارامترهای آرایش شبکه، مکان DG و ظرفیت آن ارائه شده است. روش پیشنهادی بر روی شبکه های ۳۳ شین و ۶۹ شین توزیع اعمال شده و نتایج با روشهای دیگر مقایسه شده است. نتایج روش پیشنهادی بیانگر قابلیت این روش در مکان یابی و تعیین آرایش شبکه های توزیع می باشد.

کلمات کلیدی: بازآرایی شبکه، مکان یابی DG، الگوریتم اجتماع پرندگان، تلفات شبکه های توزیع، شاخص پایداری ولتاژ

۱ مقدمه

تجدید آرایش شبکه های توزیع یکی از مهمترین و کم هزینه ترین روشهای موجود جهت کاهش تلفات شبکه فشار متوسط می باشد. از این روش همچنین برای بازآرایی شبکه و مجزا سازی قسمت های معیوب شبکه نیز استفاده می شود. بنابراین در کلیه تغییراتی که در شبکه اعمال می شود توپولوژی شبکه نیز باید در نظر گرفته شود. لذا در این مقاله نیز در مکانیابی منابع تولید پراکنده، همزمان تغییر آرایش شبکه نیز در نظر گرفته شده است. تحقیقات بسیاری در راستای مکانیابی تولیدات پراکنده در شبکه های توزیع انجام شده است اما اکثریت این مقالات نقش بسیار مهم و کلیدی آرایش شبکه را در پروسه تعیین نقاط بهینه نصب منابع تولیدات پراکنده در نظر نگرفته اند. علت اصلی چشم پوشی از بهینه سازی آرایش شبکه توام با مکانیابی تولیدات پراکنده، افزایش پیچیدگی مسئله می باشد [۱-۴].

* Corresponding author: علیرضا جلیلیپور مونسینار

Email: arjpmj.55@gmail.com

۱۰ تا ۱۳٪ درصد توان تولید شده بصورت تلفات اهمی در شبکه های توزیع از دست میرود [۵]، که خود باعث افت ولتاژ و افزایش تعرفه های برق می شود. معمول ترین روش کاهش تلفات شبکه های توزیع بازاریابی و مکانیابی منابع تولید پراکنده می باشد [۶]. مکانیابی DG و همچنین آرایش شبکه بایستی بهینه باشد تا بتوان از مزیت‌های هر یک استفاده کرد. از اینرو ترکیب این دو روش به نحوی که هر دوی مساله ها بطور بهینه محاسبه شوند کاری پیچیده و دشوار است. بازاریابی شبکه عبارت است از باز و بسته کردن کلید های شبکه به نحوی که توپولوژی شبکه تغییر یافته و هیچ کدام از بارها ایزوله و بی برق نشوند. این عمل در اکثر مواقع با هدف کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ و یا بهبود قابلیت اطمینان شبکه انجام میشود. روشهای متنوعی برای حل مساله بازاریابی شبکه های توزیع در دو دهه اخیر ارائه شده است [۶]. روش شاخه و کران* اولین روش ارائه شده جهت بازاریابی شبکه های توزیع با هدف کاهش تلفات می باشد [۷]. پس از آن چندین روش هوش مصنوعی برای بازاریابی شبکه های توزیع با هدف بهبود پروفیل ولتاژ و یا کاهش تلفات شبکه ارائه شده است [۸-۱۱]. در مرجع [۸] با استفاده از الگوریتم کلونی زنبور گسسته، بیشترین بارپذیری شبکه با بهینه سازی شبکه بدست آمده است. همچنین از تئوری گراف نیز برای پخش بار شبکه استفاده شده است. نویسندگان مرجع [۹] نیز مساله بازاریابی شبکه را با در نظر گرفتن یک سری از خطاها در یک باس و با استفاده از الگوریتم کاوش باکتری بدست آورده اند. در مرجع [۱۰] نیز با استفاده از الگوریتم زنبور عسل بهینه شده مسئله بازاریابی شبکه انجام شده است. در جدیدترین تحقیقات انجام شده در این زمینه، یک الگوریتم ژنتیک اصلاح شده برای بازاریابی شبکه های توزیع ارائه شده است [۱۱]. منابع تولید پراکنده نیروگاههای مقیاس کوچکی هستند که بطور مستقیم به شبکه های توزیع و یا بعد از دستگاههای اندازه گیری سمت مشترکین نصب می شوند. این نیروگاههای مقیاس کوچک بطور فزاینده ای در شبکه های توزیع وارد می شوند. مهمترین فاکتورهای قابل بررسی در مورد این DG ها، نوع، مکان نصب و ظرفیت تولیدی آنها می باشد. برای مکانیابی DG نیز مطالعات زیادی صورت گرفته است [۱۲-۱۷]. در مقالات [۱۲-۱۳] روش های تحلیلی را برای مکانیابی منابع تولید پراکنده جهت کاهش تلفات ارائه کرده اند. در مقاله [۱۴] با استفاده از الگوریتم اجتماع پرندگان انواع مختلف منابع تولید پراکنده جهت کاهش تلفات در یک شبکه نمونه مکانیابی شده است. در هیچکدام از این مراجع دو مساله بازاریابی و مکانیابی DG بطور همزمان در نظر گرفته نشده اند.

در مرجع [۱۸] نیز در سال ۲۰۱۳ کمیته سازی تلفات سیستمهای توزیع با استفاده از بازاریابی شبکه در حضور منابع تولید پراکنده انجام گرفته است در این مرجع با استفاده از آنالیز حساسیت تلفات ابتدا مکان نصب DG ها بدست آمده است سپس با استفاده از الگوریتم جستجوی هارمونی HSA، ظرفیت و آرایش بهینه بدست آمده است. در این مقاله شش سناریو برای کاهش تلفات بر روی دو شبکه ۳۳ باسه و ۶۹ باسه پیاده سازی شده است.

روش ترکیبی الگوریتم ابداعی و تکاملی جهت بازاریابی و مکانیابی DG بصورت همزمان در سال ۲۰۱۴ در مرجع [۱۹] پیشنهاد شده است. در این مرجع با استفاده از ترکیب دو الگوریتم ترکیبی اجتماع پرندگان و الگوریتم ابداعی UVDA یک روش مناسب جهت مکانیابی DG و بازاریابی شبکه های توزیع بدست آمده است. در روش ترکیبی ارائه شده، الگوریتم اجتماع پرندگان در ابتدا مکان و سایز DG ها را پیشنهاد داده و سپس برای این مشخصات DG ها و شبکه، الگوریتم UVDA[†] اجرا شده و آرایش بهینه شبکه را بدست آورده است. تلفات شبکه حاصل به عنوان هزینه الگوریتم تکاملی اجتماع پرندگان در نظر گرفته شده است. در این مقاله نتایج شبیه سازی برای یک شبکه کوچک ۳۳ باسه آورده شده است.

در این مقاله به مسئله بازاریابی و مکان یابی DG بطور همزمان پرداخته و با ترکیب الگوریتم اجتماع پرندگان و یک روشی محاسباتی، الگوریتمی جهت بهینه سازی پارامترهای آرایش شبکه، مکان DG و ظرفیت آن ارائه شده است. روش

* Branch and Bound

† Uniform Voltage Distribution Based Constructive Algorithm

پیشنهادی بر روی شبکه های ۳۳ شین و ۶۹ شین توزیع اعمال شده است. نتایج روش پیشنهادی با دو مقاله معتبر در این زمینه مقایسه شده است. مقاله ی اول از روش آنالیز حساسیت برای مکان یابی مکان DG و سپس از الگوریتم جستجوی هارمونی (HSA) برای پیدا کردن همزمان آرایش بهینه شبکه و ظرفیت DG ها استفاده کرده است. در مقاله ی دوم که برای مقایسه آورده شده است، ابتدا با استفاده از شاخص پایداری ولتاژ، مکان DG ها تعیین شده و سپس با استفاده از الگوریتم Fire Work (FWA) ظرفیت و آرایش شبکه تعیین شده است. در هر دوی این روشها مکان DG بطور جداگانه تعیین شده و سپس ظرفیت آن همراه با آرایش شبکه تعیین شده است. در روش پیشنهادی این مقاله کلیه ی پارامترهای بهینه سازی اعم از مکان، ظرفیت و آرایش شبکه بطور همزمان بهینه شده است و نتایج بهتری نسبت به این مقالات حاصل شد.

۲ روش پیشنهادی بازآرایی شبکه با استفاده از الگوریتم PSO و تعویض شاخه

در این مقاله ابتدا به بررسی تجدید آرایش شبکه های توزیع با استفاده از الگوریتم PSO پرداخته و اصلاحات مورد نیاز در استفاده از این الگوریتم جهت تسهیل همگرایی بیان می شود. در همین راستا پس از اعمال کدینگ مناسب و بیان قیود لازم برای بازآرایی با استفاده از الگوریتم PSO، روش ترکیبی پیشنهاد می شود که در آن روش تعویض کلید نیز بصورت موازی با این الگوریتم جهت دستیابی به حداکثر سرعت و دقت در بهینه سازی مسئله استفاده می شود. در حالت کلی برای راحتی کار در بررسی حدود هر یک از متغیرها، بهتر است متغیرها به صورت نرمالیزه تعریف شوند تا به راحتی بتوان تمامی متغیرهای هر ذره را در بین بازه صفر و یک محدود کرد. سپس برای تبدیل هر یک از درایه های نرمالیزه شده ی هر ذره با استفاده از حدود تعریف شده زیر شاخه های باز را بدست می آوریم.

$$X_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}]$$

$$n = \text{تعداد حلقه های شبکه}$$

$$Hl = [h_1, h_2, \dots, h_n]$$

$$Hl = \text{حد بالای جستجو}$$

$$OB = \text{Round}(X_i * (Hl - 1) + 1)$$

$$OB = \text{شاخه های باز}$$

در روابط بالا شاخه های باز بدست آمده برای هر ذره در دیتای شبکه لحاظ می شود. سپس با اجرای پخش بار مقدار تلفات برای آرایش پیشنهادی ذره ی نام محاسبه می شود.

۲-۲ نحوه اعمال قیود تجدید آرایش شبکه

در مسئله بازآرایی شبکه، بایستی انتخاب شاخه های باز بگونه ای باشد که :

۱- شبکه به صورت شعاعی باشد.

۲- تمامی باسها تغذیه شوند.

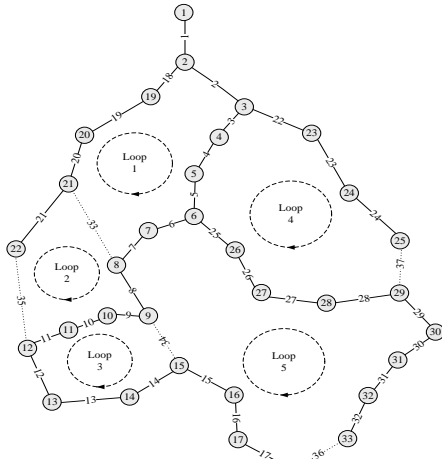
جهت برقراری دو شرط فوق، بعضی از انتخابها نباید صورت گیرد. در این مقاله روشی انتخاب می شود تا حالت های غیر مجاز انتخاب بسادگی تعیین و از فضای جستجو حذف گردند. در این قسمت سعی خواهد شد این قیود را برای شبکه مورد مطالعه این مقاله تشریح کنیم. شبکه مورد مطالعه یک شبکه ۳۳ باس ۱۲.۶ کیلو ولت می باشد که شامل پنج حلقه و ۵ شاخه باز می باشد. این شاخه ها به ترتیب ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶ و ۳۷ می باشد. تلفات شبکه اصلی ۲۲۰.۵ کیلو وات بوده و کمترین ولتاژ شبکه نیز ۰.۹۳۲ پرونیت میباشد.

در روش فوق هر یک از حلقه ها را بصورت یک گره در نظر گرفته و دو حلقه ای که با یکدیگر شاخه مشترک دارند (Cij)، به یکدیگر متصل می شوند. برای توضیح بهتر، این روش بر روی شبکه ۳۳ باس پیاده شده و نتایج در شکل (۳-۲) رسم شده است. برای مثال مطابق با شکل C25 = ۳.۸ می باشد.

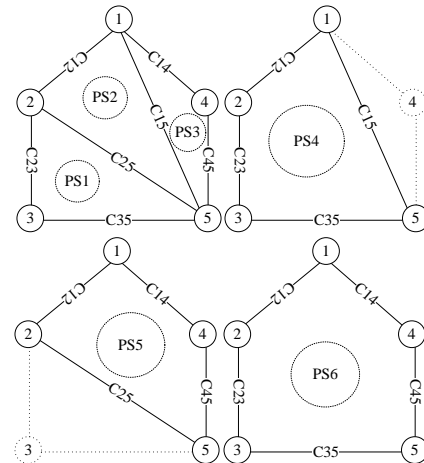
برای اینکه دو شرط ذکر شده برقرار باشند بایستی:

۱- از هر شاخه مشترک حداکثر یک شاخه باز انتخاب شود.

۲- شاخه های مشترکی که با یکدیگر تشکیل حلقه می دهند، حالت های غیر مجاز هستند و نباید همزمان انتخاب شوند.



شکل ۱: نامگذاری حلقه های شبکه ۳۳ باسه



شکل ۲: حلقه های تشکیل شده (حالت های غیر مجاز انتخاب)

جدول ۱: ترتیب قرار گرفتن شماره شاخه های حلقه ها

ماتریس حلقه ها

$$L1=[2, 3, 4, 5, 6, 7, 33, 20, 19, 18]$$

$$L2=[8, 9, 10, 11, 35, 21, 33]$$

$$L3=[9, 10, 11, 12, 13, 14, 34]$$

$$L4=[22, 23, 24, 37, 28, 27, 25, 5, 4, 3]$$

$$L5=[25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 36, 17, 16, 15, 34, 8, 7, 6]$$

جدول ۲: انتخاب های غیر مجاز جهت جلوگیری از جزیره ای شدن باسه ها برای شبکه ۳۳ باس

انتخاب های غیر مجاز	حداقل باسه ها در وضعیت جزیره ای
PS1=[C25, C25, C23]	۸
PS2=[C15, C25, C12]	۷
PS3=[C14, C45, C15]	۵
PS4=[C15, C35, C23, C12]	۸ و ۷
PS5=[C14, C45, C25, C12]	۵ و ۷
PS6=[C14, C45, C35, C23, C12]	۵ و ۷ و ۸

مطابق با روش فوق بسادگی حالت های انتخاب غیر مجاز برای شبکه ۳۳ باس مطابق با شکل ۲ بدست می آیند. نتایج در جدول ۲ آورده شده است.

حد بالای $[h_1, h_2, \dots, h_n]$ در واقع تعداد شاخه های موجود در هر حلقه می باشند و هر عددی که هر درایه از هر یک از ذره های PSO پیشنهاد دهد عددی خواهد بود بین یک و این حدود بالا که بیانگر شماره شاخه در آن حلقه (مقادیر جدول ۱) خواهد بود. برای مثال حلقه ۳ شامل ۷ شاخه می باشد. بنابراین حد بالا ۷ بوده و حد پایین هم ۱ است. حال اگر درایه سوم ذره ی PSO که مربوط به حلقه ی سوم میشود برابر 0.5 باشد آنگاه خواهیم داشت.

$$OB = \text{round}(0.5 * [7 - 1] + 1) = 4$$

$$L3(OB) = L3(4) = 12$$

بنابر این از حلقه سوم باید شاخه ی ۱۲ را به عنوان شاخه باز در نظر بگیریم.

در صورتی که تغییرات پارامترها از مقدار خاصی کمتر باشد، پس از تبدیل پارامترها به حالت گسسته، نتایج تجدید آرایش شبکه تغییری نخواهند داشت لذا جهت جلوگیری از محاسبات برای حالات تکراری، متغیری که بیشترین تغییر را نسبت به حالت قبل داشته به نزدیک ترین شاخه مجاور در حلقه، تغییر داده می شود. از آنجایی که حد بالا و پایین متغیرها در حلقه‌ها مربوط به شاخه‌هایی می‌شوند که در کنار یکدیگر واقع شده‌اند، لذا در صورتی که متغیر X_i از حدود خود تجاوز کند بهتر است مطابق رابطه (۱) عمل شود

$$X_i = \begin{cases} X_i - 1 & \text{if } X_i > 1 \\ X_i + 1 & \text{elseif } X_i < 0 \\ X_i & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

۳-۲ الگوریتم ترکیبی بازآرایی PSO

شکل زیر الگوریتم پیشنهادی را برای بازآرایی شبکه های توزیع نشان می دهد. همانطوریکه مشاهده می شود، پس از آنکه الگوریتم PSO شاخه های باز را پیشنهاد می دهد، الگوریتم تعویض شاخه نیز اجرا شده و نتیجه را بهبود می بخشد. در روش تعویض شاخه، دو شاخه ی مجاور هر یک از شاخه های باز به عنوان کاندید جهت کاهش تلفات انتخاب می شود. ابتدا شاخه ی باز بسته شده و شاخه مجاور آن باز می شود سپس با اجرای پخش بار، تلفات شبکه محاسبه شده و با مقدار قبل از تعویض شاخه ی باز مقایسه می شود. در صورتیکه تلفات کاهش یافته باشد شاخه باز جدید جایگزین شاخه ی باز قبلی می شود در غیر این صورت شاخه ی دوم مجاور بررسی می شود. در صورتیکه شاخه ی مجاور دوم نیز مقدار تلفات را کاهش نداد آنگاه همان شاخه ی باز به همان صورت و بدون تغییر می ماند و این بررسی برای شاخه ی باز بعدی و دو شاخه ی مجاور آن انجام می شود. این روند ادامه می یابد تا اینکه تمامی شاخه ها بررسی شوند.

۱-۳-۲ تابع هدف بهینه سازی

در مسائل بازآرایی شبکه های توزیع عموماً هدف بهینه سازی کاهش تلفات شبکه می باشد که این تلفات بسادگی از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

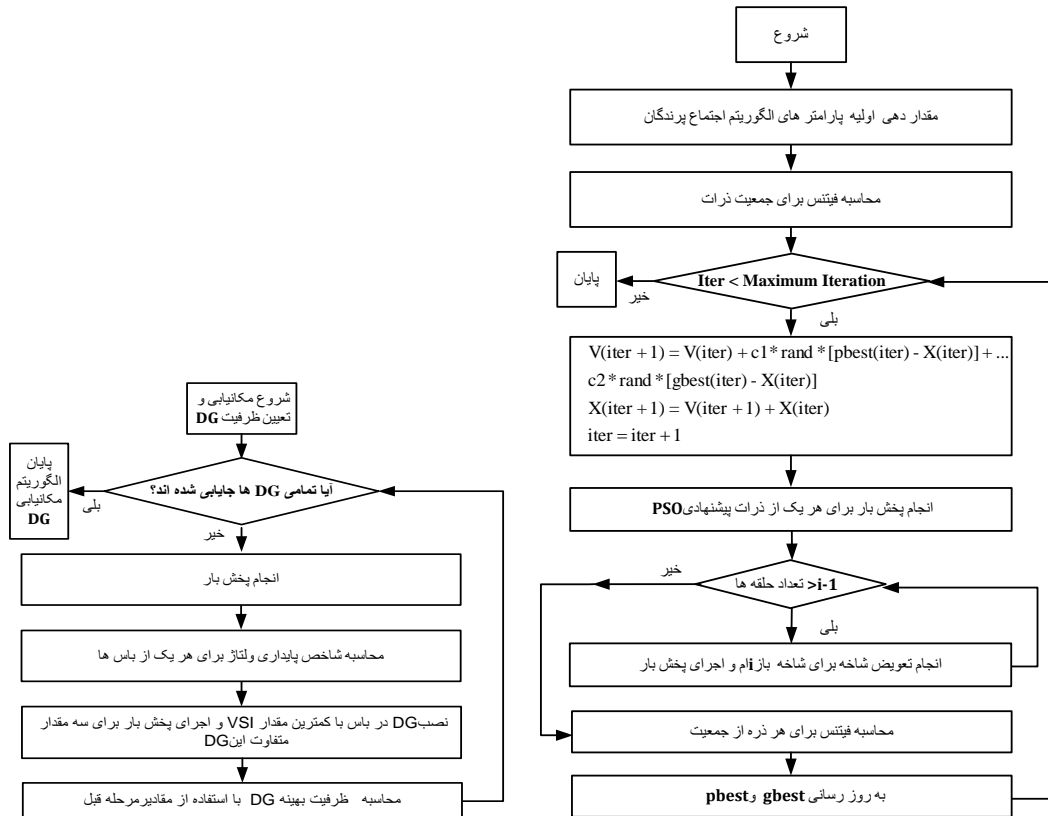
$$f = \sum_{i=1}^{nb} r_i \frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} \quad (2)$$

در رابطه (۲)، P_i و Q_i به ترتیب توانهای حقیقی و راکتیو خارج شده از باس i ام هستند. همینطور r_i مقاومت شاخه متصل از باس بالادستی به باس i ام و V_i ولتاژ باس i ام است.

۲-۳-۲ مکانیابی DG

روشهای بسیاری برای مکانیابی DG در مقالات ارائه شده است. ولی همچنان مکان یابی DG و تعیین ظرفیت آن همزمان با بازآرایی شبکه انجام نگرفته است. یکی از دلایل عدم بهینه سازی این سه پارامتر (یعنی ۱- مکان DG ۲- ظرفیت DG و ۳- آرایش شبکه) این است که هر یک از این پارامترهای بهینه سازی دارای پیچیدگی های خاص خود می باشند و روش ریاضی برای بهینه سازی همزمان آن پارامترها ارائه نشده است لذا استفاده از روشهای هوش مصنوعی جهت بهینه سازی این مسئله امری اجتناب ناپذیر به نظر می رسد. حال اینکه روشهای هوش مصنوعی نیز با محدودیتهایی مواجه هستند و هرچقدر که فضای مسئله بهینه سازی پیچیده تر باشد و تعداد متغیر های مسئله نیز زیاد باشد همگرایی الگوریتم تضعیف

می‌شود. از اینرو جهت افزایش قابلیت کاوش الگوریتم PSO در قسمت قبل، الگوریتم ترکیبی PSO و تعویض شاخه ارائه شد. برای مکانیابی DG نیز الگوریتم نشان داده شده در شکل زیر معرفی می‌گردد.



شکل ۴: الگوریتم تعیین مکان و ظرفیت DG

شکل ۳: الگوریتم ترکیبی PSO و تعویض شاخه جهت بهبود همگرایی در بازآرایی

در مقالاتی که به مسئله بهینه سازی همزمان DG و آرایش شبکه پرداخته اند، یکی از روشهای تعیین مکان DG را شاخص پایداری ولتاژ در نظر گرفته اند. در رفرنس [۵۱] با استفاده از FWA تعیین ظرفیت و آرایش شبکه برای تعداد و محل نصب از پیش تعیین شده ی DG انجام شده است. برای تعیین مکان DG ها نیز از شاخص پایداری ولتاژ (برای شبکه با آرایش اصلی) استفاده شده است. لذا مکان DG همزمان با تغییر آرایش شبکه و تغییر ظرفیت DG تغییر نمی کند و به عبارت دیگر مکان DG در بهینه سازی توسط الگوریتم FWA لحاظ نشده است.

در روش پیشنهادی از شاخص پایداری ولتاژ به عنوان روشی جهت تعیین مکان DG ها استفاده شده و همزمان با تغییر آرایش های پیشنهادی PSO مکان های مناسب آن آرایش پیشنهاد می‌گردد. در ادامه شاخص پایداری ولتاژ و چگونگی تعیین ظرفیت DG بیان می‌شود.

۲-۳-۳ شاخص پایداری ولتاژ

شاخص پایداری ولتاژ حساس ترین باس شبکه را مشخص می کند. با در نظر گرفتن یک خط شامل امپدانس $R_k + jX_k$ و بار $P_{k+1} + jQ_{k+1}$ بین دو باس k و $k+1$ جریان جاری شده از خط را میتوان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$J_k = \frac{V_k - V_{k+1}}{R_k + X_k} \quad (3)$$

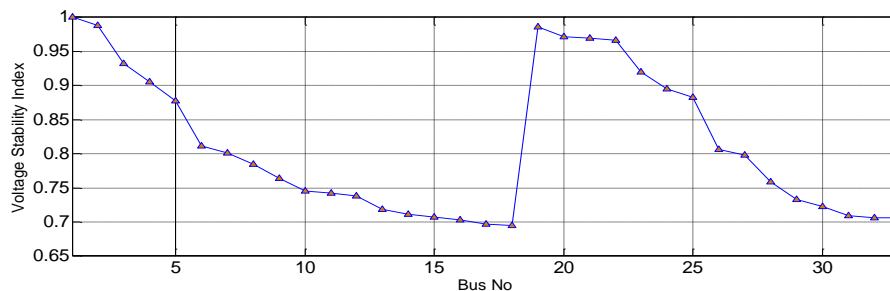
همچنین داریم:

$$P_{k+1} - jQ_{k+1} = (V_{k+1}) * J_k \quad (4)$$

بنابر این با ترکیب این دو رابطه VSI به صورت زیر محاسبه می شود.

$$VSI_{k+1} = |V_k|^2 - 4(P_{k+1}X_k - Q_{k+1}R_k)^2 - 4(P_{k+1}R_k + Q_{k+1}X_k)V_k^2 \quad (5)$$

شکل زیر شاخص پایداری ولتاژ را برای شبکه ۳۳ باس مورد مطالعه نشان می دهد.



شکل ۵: منحنی شاخص پایداری ولتاژ شبکه ۳۳ باسه

۴-۳-۲ تعیین ظرفیت DG

ظرفیت DG ها می تواند به طور مستقیم از طریق منحنی U شکل محاسبه می شود [۵۶]. از شکل U تلفات کاملا مشهود است که وقتی توان تزریقی DG شروع به افزایش می کند، مقدار تلفات شبکه کاهش می یابد. اما با افزایش بیشتر این توان تزریقی DG، وقتی از مقدار بهینه ی ظرفیت DG عبور می کند میزان تلفات شروع به افزایش می کند. با مدل کرد تلفات U شکل شبکه با یک معادله ی درجه ۲، این امکان وجود دارد که مقدار دقیق و بهینه ی DG را مشخص کرد. منحنی تلفات سیستم به صورت معادله ی زیر مدل می شود.

$$P_{Loss} = \alpha(P_{DG})^2 + \beta(P_{DG}) + C \quad (6)$$

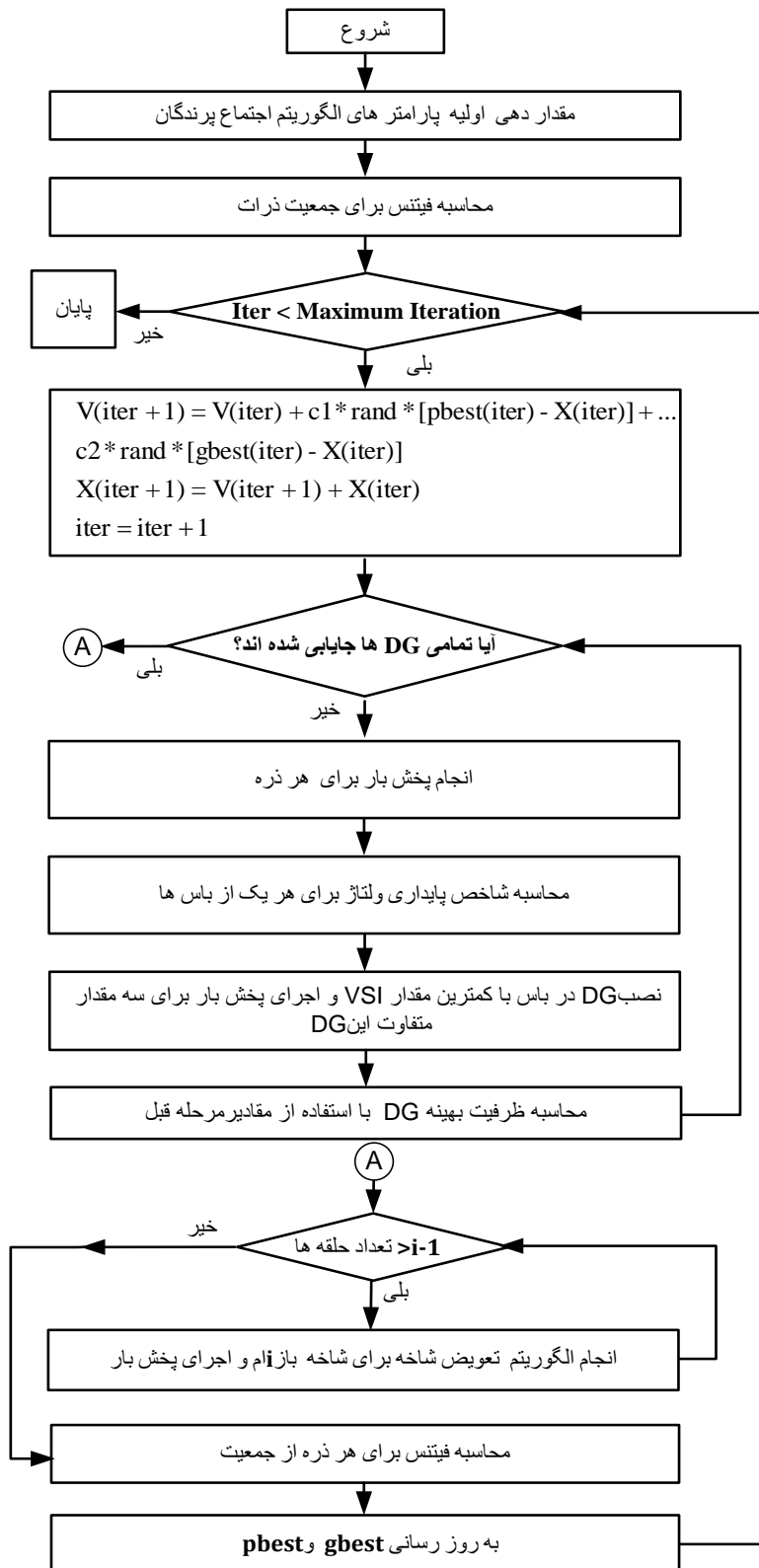
در رابطه ی فوق P_{Loss} میزان تلفات شبکه بوده و P_{DG} نیز توان تزریقی DG می باشد. لذا برای بدست آوردن ضرایب این معادله کافی است برای ۳ مقدار متفاوت P_{DG} پخش بار اجرا شده و مقدار تلفات شبکه محاسبه گردد.

$$\frac{d(P_{Loss})}{d(P_{DG})} = 0 \quad (7)$$

لذا خواهیم داشت:

$$P_{DG}^{opt} = -\frac{\beta}{2\alpha} \quad (8)$$

بنابراین در حالت کلی با ترکیب الگوریتم پیشنهادی برای تعیین آرایش بهینه شبکه و الگوریتم پیشنهادی برای تعیین ظرفیت و مکان DG ساختار کلی الگوریتم پیشنهادی این مقاله برای تعیین ظرفیت و مکان و همچنین آرایش بهینه شبکه به طور همزمان به صورت شکل ۶ خواهد بود:

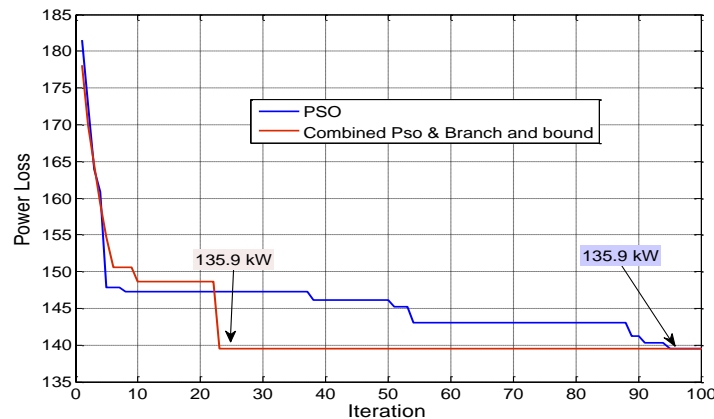


شکل ۶: الگوریتم پیشنهادی مکانیابی و تعیین ظرفیت DG و بازاریابی شبکه

۳ نتایج شبیه سازی

در این قسمت باز آرایشی شبکه برای شبکه ۳۳ باس انجام شده است. همانطوریکه شکل ۷ نیز نشان می‌دهد روش ترکیبی (همانطوریکه انتظار می‌رفت) قابلیت جستجوی الگوریتم PSO را افزایش داده و در مقایسه با الگوریتم PSO سریعتر به مقدار آرایش بهینه و کمترین تلفات رسیده است. شاخه‌های باز برای آرایش بهینه این شبکه به ترتیب ۷ و ۹ و ۱۴ و ۳۲ و ۳۷ می‌باشد.

همچنین نتایج روش پیشنهادی با نتایج دو مقاله مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است. همانطوریکه جدول ۳ نیز نشان می‌دهد، روش پیشنهادی در بازآرایشی و هم در بازآرایشی و مکان یابی DG بهتر از دو روش دیگر عمل میکند. تلفات کل سیستم برای شبکه ۳۳ باسه مورد مطالعه ۲۰۲.۷ کیلو وات بوده که تنها با بازآرایشی این مقدار به ۱۳۵.۹ کاهش پیدا می‌کند. با بازآرایشی و مکان یابی DG بطور همزمان این مقدار به ۶۳.۳۱ کیلو وات کاهش پیدا کرده است که در مقایسه با دو روش دیگر کمتر می‌باشد.



شکل ۷: نمودار همگرایی بازآرایشی شبکه ۳۳ شینه با دو روش PSO و روش ترکیبی PSO و تعویض شاخه

جدول ۳: مقایسه نتایج روش پیشنهادی و دو روش HSA و FWA

سناریو		HAS	FWA	پیشنهادی روش
اصلی شبکه	باز های شاخه	33,34,35,36,37		
	شبکه تلفات(وات کیلو)	202.685		
	ولتاژ کمترین	0.9131		
بازآرایشی	باز های شاخه	7,9,14,32,37	7, 9, 14, 28, 37	7,9,14,32,37
	شبکه تلفات(وات کیلو)	139.55	139.98	139.55
	ولتاژ کمترین	0.9378	0.9413	0.9378
مکانیابی و بازآرایشی DG همزمان بصورت	باز های شاخه	7,10,14,28,32	7, 11, 14, 28, 32	7, 9, 14, 3, 30
	مکان و ظرفیت DG	0.2686 (32)	0.5367 (32)	829 (30)
		0.1611 (31)	0.6158 (29)	645 (29)
		0.6612 (30)	0.5315 (18)	579 (13)
	شبکه تلفات(وات کیلو)	73.05	67.11	63.31
ولتاژ کمترین	0.97	0.9713	0.9754	

۴ نتیجه گیری

در این مقاله روشی برای مسئله مکان یابی DG و تعیین ظرفیت آن همزمان با بهینه سازی آرایش شبکه ارائه گردید. در روش پیشنهادی برای مکان یابی DG از الگوریتم اجتماع پرندگان استفاده شد و روش تعویض شاخه نیز جهت بهبود کارایی بازاریابی شبکه با الگوریتم اجتماع پرندگان ترکیب گردید. همچنین جهت مکان یابی DG نیز از شاخص پایداری ولتاژ استفاده شد و برای تعیین ظرفیت آنها نیز از روش منحنی U شکل استفاده شد. الگوریتم کلی پیشنهادی بر روی شبکه ۳۳ باس استاندارد IEEE اعمال شده و نتایج آن با نتایج روشهای HSA و FWA مقایسه گردید. مشاهده شد که نتایج روش پیشنهادی در عین سادگی نتایج بهتری را در مقایسه با آخرین دستاورد ها در این زمینه دارد.

1. Bayat A., "Uniform voltage distribution based constructive algorithm for optimal reconfiguration of electric distribution networks", International Electric Power Systems Research, 2013, vol. 104, pp: 146- 155.
2. Yang HuPing, Peng YunYan and Xiong Ning, "Gradual Approaching Method for Distribution Network Dynamic Reconfiguration" Workshop on Power Electronics and Intelligent. 2008
3. Rau N.S., Wan Y.H., "Optimum location of resources in distributed planning," IEEE Trans. Power System, 1994, pp: 2014–20.
4. Srinivasa Rao A, Ravindra K, Satish K, Narasimham S V L. Power Loss Minimization in Distribution System Using Network Reconfiguration in the Presence of Distributed Generation. IEEE Trans. Power Syst., 2013, vol. 28, No 1, pp: 317-25.
5. Ng H, Salama M, Chikhani A. "Classification of capacitor allocation techniques", IEEE Trans Power Deliver 2000, vol. 15, No. 1, pp: 387–92.
- 6.6. Kalambe S, Agnihorti G. "Loss minimization techniques used in distribution network: bibliographical survey", Renew Sustain Energy Rev. 2014, vol. 29, pp: 184–200.
7. Merlin A, Back H. "Search for a minimal loss operating spanning tree configuration in an urban power distribution system", In: Proceeding in 5th power system computation conf. (PSCC), Cambridge, U.K., 1975, pp: 1–18.
8. Aman MM, Jamson GB, Bakar AHA, Mokhili H. "Optimum network reconfiguration based on maximization of system loadability using continuation power flow theorem", Int. J. Electr Power Energy Syst. 2014, vol. 54 pp:123–33.
9. Sathish kumar K, Jayabharathi T. "Power system reconfiguration and loss minimization for a distribution systems using bacterial foraging optimization algorithm", Int J Electr Power Energy Syst 2012, vol. 36, pp: 13–7.
10. Niknam Taher, Fard Abdollah Kavousi, Seifi Alireza. "Distribution feeder reconfiguration considering fuel cell/wind/photovoltaic power plants", Renew Energy 2012; 37 pp: 213–25.
11. Wang Chun, Gao Yuanhai. "Determination of power distribution network configuration using non-revisiting genetic algorithm", IEEE Trans Power Syst 2013; vol. 28 No.4, pp: 38–48.
12. Acharya Naresh, Mahat Pukar, Mithulananthan N. "An analytical approach for DG allocation in primary distribution network", Int J Electr Power Energy Syst 2006, vol. 28, pp: 669–78.
13. Hung DQ, Mithulananthan N. "Multiple distributed generators placement in primary distribution networks for loss reduction", IEEE Trans Ind Elect 2013, vol. 60 No. 4, pp:1700–8.
14. Kansal Satish, Kumar Vishal, Tyagi Barjeev. "Optimal placement of different type of DG sources in distribution networks", Int J Electr Power Energy Syst 2013, vol. 53 pp:752–60.
15. Garca Juan Andrés Martın, Mena Antonio José Gil. "Optimal distributed generation location and size using a modified teaching–learning based optimization algorithm", Int J Electr Power Energy Syst. 2013, vol. 50 pp: 65–75.
16. Tan Wen Shan, Hassan Mohammad Yusri, Rahman Hasimah Abdul, Abdullah Md Pauzi, Hussin Faridah. "Multi-distributed generation planning using hybrid particle swarm optimisation-

gravitational search algorithm including voltage rise issue”, IET Gener Transm Distrib 2013, vol. 7, No. 3, pp: 929–42.

17. Thukaram D, Wijekoon Banda HM, Jerome Jovitha. “A robust three phase power flow algorithm for radial distribution systems”, Elect Power Syst Res. 1999, vol. 50, pp: 227–36.

18. Mohamed Imran A, Kowsalya M, Kothari D.P. “A novel integration technique for optimal network reconfiguration and distributed generation placement in power distribution networks”, Elect. Power Energy Syst. 2014, vol. 63 pp: 461-472.

19. Bayat, A. “The combination of heuristic and meta heuristic algorithms for DG sizing and sitting concurrent with optimizing network configuration”, CIRED Workshop -Rome, 11-12 June 201۴