

مکان‌یابی بهینه تولیدات پراکنده در شبکه‌های توزیع به روش الگوریتم مورچگان

غضنفر شاهقلیان^۱، محمدامین حیدری^۲، مهدی مهدوی^۳

۱- استادیار، دانشکده برق دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، shahgholian@iaun.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد برق، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، E_aminheidari@yahoo.com

۳- استادیار، دانشکده برق دانشگاه صنعتی اصفهان، M.mahdavi@yahoo.com

چکیده

پیشرفت‌های اخیر در حوزه تکنولوژی منابع تجدیدپذیر به همراه افزایش تقاضا و نیاز به انرژی پاک و ارزان باعث گرایش روزافزون به تولید پراکنده (DG^۱) شده است. قرارگیری واحدهای DG در سیستم قدرت در صورتی که به طور صحیح و مطالعه شده انجام گیرد به پایداری سیستم، افزایش قابلیت اطمینان، کاهش تلفات و کاهش هزینه نهایی تولید می‌انجامد. در این مقاله روشی بر مبنای الگوریتم مورچگان، برای جایابی بهینه تولیدات پراکنده جهت حداقل‌سازی هزینه‌ها ارائه می‌گردد. روش پیشنهادی بر روی یک سیستم ۳۴ شینه IEEE تست و مکان، ظرفیت و تعداد بهینه مولدها تعیین می‌گردد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد اگر تولیدات پراکنده قادر به تولید توان راکتیو باشند، با کاهش بیشتر تلفات شبکه، تأثیر مثبت استفاده از آنها افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی

تولید پراکنده، الگوریتم مورچگان، بهینه‌سازی

۱- مقدمه

پایین بودن هزینه بهره‌برداری و نگهداری، در بازار رقابتی کنونی بسیار مورد اقبال قرار گرفته است و اخیراً در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه طرفداران خود را یافته و استفاده از آن شتاب گرفته است. تحقیقات مؤسسه EPRI^۲ نشان می‌دهد تا سال ۲۰۱۰ تولید پراکنده ۲۵ درصد کل انرژی الکتریکی تولیدشده در جهان را به خود اختصاص می‌دهد [۳].

مولدهای DG در صورتی که در اندازه مناسب و محل صحیح خود نصب شوند به بهبود عملکرد سیستم کمک می‌کند. در مراجع مختلف روش‌های گوناگونی برای جایابی تولیدات پراکنده از قبیل استفاده از الگوریتم ژنتیک، منطق فازی، الگوریتم هرورد رنج، روش‌های تحلیلی و ریاضی و یا ترکیبی از روش‌های فوق استفاده شده است [۴، ۵، ۶، ۷ و ۸]. در این مقاله از الگوریتم مورچگان که

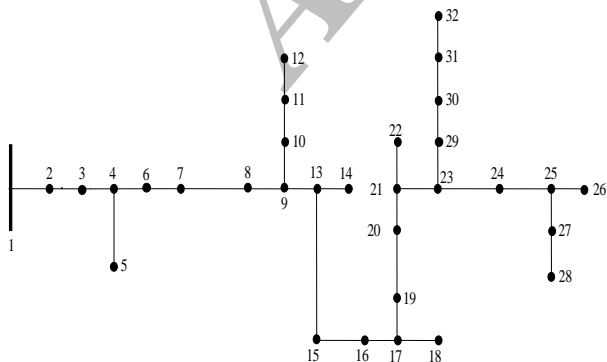
اکنون به دلیل مسائل اقتصادی نیروگاه‌ها اغلب بسیار بزرگ و در ظرفیت‌های ۱۰۰۰-۱۵۰ MW هستند، واضح است که چنین نیروگاه‌های بزرگی نیازمند حجم زیادی از سرمایه‌گذاری اقتصادی، کارکنان، فضا و نیز خطوط انتقال پر قدرت و طولی هستند که باعث افزایش هزینه و زمان طراحی، نصب، بهره‌برداری و نگهداری است [۱]. از طرفی همین ساختار عظیم باعث شکننده‌تر بودن سیستم در برابر حوادث طبیعی خواهد بود، این مسائل در کنار مشکلات زیست محیطی باعث افزایش گرایش به راه‌های جدید تولید شده است.

در تولید پراکنده که به طور کلی به تولید در مقیاس کم و در نزدیکی محل مصرف گفته می‌شود [۲]، در اغلب موارد از منابع تجدیدپذیر (باد، فتوولتائیک، بیوماس، زمین گرمایی، امواج اقیانوس و...) استفاده می‌شود. از طرفی به دلیل زمان کم طراحی و نصب و

۳- روش پیشنهادی

در این مقاله جایابی بهینه تولید پراکنده جهت تعیین مکان، ظرفیت و تعداد آنها به روش الگوریتم مورچگان انجام گرفته است. در این راه تغییرات بار در ساعات روز و ماه های سال و رشد سالیانه بار و قیمت انرژی الکتریکی در نظر گرفته شده است و با استفاده از یک تابع هزینه، حداقل سازی با الگوریتم مورچگان صورت گرفته است. در این قسمت، شبکه ۳۲ شینه الهام گرفته شده از شبکه ۳۴ شینه IEEE که برای مطالعات مکان یابی در نظر گرفته شده است، ارائه می شود.

شبکه ۳۲ شینه IEEE یک فیدر واقعی در آریزونا^۵ است. ولتاژ نامی این شبکه ۲۴/۹ کیلوولت است و در قسمتی از آن با یک ترانس بارهایی با ولتاژ نامی ۴/۱۶ کیلوولت تغذیه شده است. این فیدر دارای طول زیاد و بارگذاری سبک است. لذا برای نگه داشتن ولتاژ آن در حدود مجاز، از ۲ دستگاه خازن موازی و ۲ دستگاه تنظیم کننده ولتاژ، استفاده شده است. بارهای این شبکه دارای ویژگی های مختلفی هستند. تعدادی از این بارها متعادل و تعدادی نامتعادل هستند. این شبکه هر سه نوع بار توان ثابت، جریان ثابت و امیدانس ثابت را در خود جای داده است و اتصال این بارها به شبکه به صورت مثلث و ستاره سه فاز و تک فاز است. همچنین علاوه بر بارهای ثابت، بارهای پخش شده نیز در این شبکه وجود دارد. همه بارهای جریان ثابت و امیدانس ثابت - چنانچه در [۱۰] گفته شده - به صورت توان ثابت تبدیل شده اند و بارهای مثلث نیز به ستاره تبدیل شده اند. در مورد بارهای توزیع شده، نیمی از مقدار بار بین دو شین به شین ابتدایی و نیم دیگر به شین انتهایی آن متصل شده است. مشخصات خازن های موازی و خطوط انتقال تغییری نیافته است. اما تنظیم کننده های ولتاژ از شبکه حذف شده اند تا بعد حل از مساله جایابی DG تنظیم شوند. این شبکه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- شبکه ۳۲ شینه مورد مطالعه

جدول بارگذاری فیدر فوق در پیوست آمده است.

به عنوان روش مناسبی برای بهینه سازی مطرح است استفاده می گردد.

۲- الگوریتم مورچگان

این الگوریتم از رفتار طبیعی مورچه ها و نحوه هماهنگی آنها برای یافتن بهترین مسیر جهت رسیدن به غذا الهام گرفته شده است. این موجودات اطلاعات مربوط به یک مسیر بهینه را به شیوه خاصی به هم منتقل می کنند. هنگامی که مورچه ای از لانه خارج می شود در مسیر حرکت خود تا رسیدن به غذا ردی از یک ماده شیمیایی بنام « فرومون^۳ » برجای می گذارد، مورچه های بعدی با بو کشیدن این مسیر را دنبال می کنند و در عین حال بر غلظت آن می افزایند.

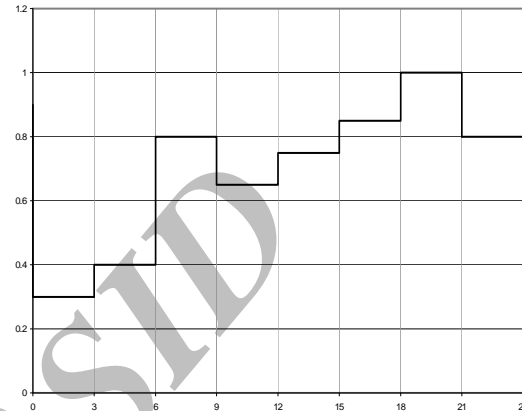
در صورتی که چندین مسیر با مسافت های متفاوت بین لانه و غذا موجود باشد مورچه ای که از مسیر کوتاه تر می گذرد فرومون بیشتری برجای می گذارد. مورچه های دیگر به طور غریزی مسیری را دنبال می کنند که غلظت فرومون در آن بالاتر است. بنابراین پس از آنکه مسیرهای مختلفی به طور تصادفی انتخاب و بررسی شد سرانجام کوتاه ترین مسیر توسط مورچه ها مشخص می شود.

مورچگانی که در الگوریتم های بهینه سازی بکار می روند، از مکانیزم مشابهی جهت انتقال اطلاعات استفاده می کنند. این مورچگان در حقیقت مأمورینی مجازی^۴ هستند که توسط یک حافظه مشترک رفتار خود را هماهنگ می کنند. این حافظه مشترک نظیر اثر فرومون عمل می کند. هنگامی که تعداد زیادی از این مأمورین مجازی در جستجوی راه حل بهینه هستند، با بدست آوردن نتایج جدید، حافظه مشترک خود را به هنگام می سازند. مأمورین بعدی با استفاده از اطلاعات مأمورین قبلی، راه حل بهینه را جستجو کرده و خود حافظه مشترک را به هنگام می سازند. این روند تا دستیابی به راه حل بهینه ادامه می یابد.

در عالم طبیعت، فرومون به مرور زمان تبخیر می گردد. به این ترتیب مقدار فرومون در مسیری که مورچه ها از آنها نمی گذرند به مرور کاهش می یابد. این مسیرها که نامناسب تشخیص داده شده اند، به این صورت از فضای جستجو حذف می شوند. در الگوریتم مورچگان مکانیزم مشابهی برای حذف پاسخ های نامطلوب مورد استفاده قرار می گیرد. در اینجا نیز اطلاعات مربوط به راه حل های نامطلوب و ضعیف به تدریج کمرنگ شده و اهمیت خود را از دست می دهند [۹].

۴- منحنی بار روزانه

حداکثر بار روزانه در روز اول ماه برابر با بار پایه داده شده در جدول (۱) است. منحنی بار روزانه در روز اول ماه اول در نمودار (۱) نشان داده شده است.



نمودار ۱- منحنی بار روزانه پایه

رشد جمعیت برابر ۰/۰۳ درصد و رشد قیمت انرژی الکتریکی ۰/۰۳ درصد در نظر گرفته شده است. برای محاسبات پخش بار، تغییرات و رشد بار براساس مطالب فوق از فرمان زیر در نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است:

$$\text{Load} = \text{Loadbase} * \text{Kyear} * \text{Kmonth} * \text{Kload} * \text{Kpeak} \quad (۱)$$

که در آن Loadbase بار پایه و Load بار در سال \ln است. Kyear برای اعمال رشد بار سالیانه و Kmonth ضریب ماه است و از جدول داده شده محاسبه می‌شود. Kload برای در نظر گرفتن منحنی بار و Kpeak برای در نظر گرفتن قیمت اوج اعمال می‌شود. برای هر ۳ ساعت، پخش بار انجام شده و تلفات متناظر با آن محاسبه می‌شود. بدین ترتیب قیمت در اوج بار و رشد سالیانه بار و رفتار بار در ماه‌های مختلف سال علاوه بر رشد سالیانه قیمت انرژی الکتریکی، در حل مساله جایابی در روش پیشنهادی در نظر گرفته می‌شود.

۵- تابع هدف

تابع هدفی که در این مطالعه باید حداقل شود، یک تابع هزینه شامل هزینه تلفات و هزینه واحد تولید پراکنده است. این تابع هدف به صورت زیر است:

$$f(x) = C(\text{loss}) + C(DG) \quad (۲)$$

که در آن $C(\text{loss})$ هزینه تلفات کل خطوط فیدر است و $C(DG)$ هزینه نصب، سوخت، بهره‌برداری و نگهداری است. برای محاسبه هزینه تلفات، ابتدا پخش بار انجام شده و از نتایج آن برای محاسبه تلفات استفاده می‌شود و در نهایت در قیمت تلفات ضرب می‌شود. این قیمت برای سال صفر برابر C/kWh ۰/۰۳ در نظر گرفته شده است و برای هر سال ۳٪ رشد قیمت پیش‌بینی شده است. هزینه DG شامل هزینه اولیه، سوخت، بهره‌برداری و نگهداری است. تابع هزینه DG را به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C(DG) = a + bP \quad (۳)$$

در این رابطه P توان اکتیو نامی DG است و a و b از روابط زیر بدست می‌آیند:

$$a = \frac{\text{Capital Cost}(\$/kW) \times \text{Capacity}(kW) \times Gr}{\text{Life Time}(\text{Year}) \times 365 \times 24 \times LF} \quad (۴)$$

$$b = \text{Fuel Cost}(\$/kWh) + O \& M \text{ Cost}(\$/kWh) \quad (۵)$$

در روابط فوق Gr نرخ سالانه سود و LF ضریب بار DG است. این مقادیر در این مطالعه برابر واحد در نظر گرفته شده‌اند. سایر مقادیر بکار رفته در روابط فوق در پیوست برای انواع مختلف DG آورده شده است.

همان‌طور که دیده می‌شود تغییرات بار برای هر ۳ ساعت خطی شده است. برای در نظر گرفتن تغییر قیمت در زمان اوج بار با اعمال ضریبی فرض می‌شود بار در زمان اوج مقداری بیشتر مصرف می‌شود. در این صورت اگر یک قیمت در تمام ساعات روز فرض شود، قیمت انرژی در ساعات اوج هم در نظر گرفته می‌شود. ضریب اوج برابر ۱/۲ است.

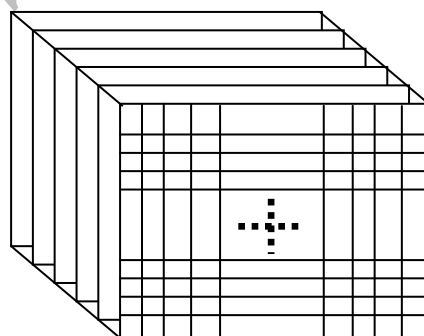
برای در نظر گرفتن تغییرات بار در ماه‌های مختلف، ضریبی به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

جدول ۱- ضرایب تغییر بار در ماه‌های مختلف سال

ماه	ضریب ماه
فروردین	۱/۰۵
اردیبهشت	۱/۰۵
خرداد	۱/۱
تیر	۱/۱۵
مرداد	۱/۲
شهریور	۱/۱۵
مهر	۱/۱
آبان	۱
آذر	۱/۱۵
دی	۱
بهمن	۰/۹
اسفند	۰/۹۵

۶- روش کولونی مورچه

در این مقاله از روش کولونی مورچه در حالت گسسته برای بهینه سازی جایابی تولیدات پراکنده استفاده شده است [۱۱]. در این جایابی علاوه بر تعیین مکان و ظرفیت بهینه تولیدات پراکنده، تعداد بهینه آنها نیز مشخص می شود. ظرفیت هر تولید پراکنده از صفر تا یک مگاوات در نظر گرفته شده است و برای گسسته سازی ظرفیت تولیدات پراکنده، این مقادیر را در پله های ۵۰ کیلوواتی تغییر داده ایم. بنابراین ۲۰ پله برای تغییرات ظرفیت هر واحد تولید پراکنده در برنامه در نظر گرفته شده است. برای محدود کردن فضای جستجو، حداکثر تعداد واحدهای تولیدات پراکنده برابر ۳ واحد تعیین شده است. با توجه به اینکه غیر از شینه اول، ۳۱ شینه داریم، ۳۱ انتخاب نیز برای تعیین باس بهینه پیش رو داریم. برای تعیین مقادیر بهینه ظرفیت، مکان و تعداد تولیدات پراکنده، ماتریس فرمون به صورت ماتریس سه بعدی زیر تعریف می شود [۱۲].



شکل ۲- ماتریس سه بعدی فرمون

این ماتریس دارای ۲۰ سطر و ۳۱ ستون است. بعد سوم این ماتریس نیز برابر ۶ است ($Z=6$). سطرها، ستون ها و Z های این ماتریس به ترتیب برای تعیین ظرفیت، مکان و تعداد تولیدات پراکنده مورد استفاده قرار می گیرد.

شبیه سازی طوری انجام شده که اگر تعداد بهینه تولیدات پراکنده یک واحد باشد، مقادیر ظرفیت و مکان بهینه تولید پراکنده از ماتریس دو بعدی مربوط به $Z=1$ انتخاب می شود. در صورتی که تعداد بهینه تولیدات پراکنده دو واحد باشد، مقادیر ظرفیت ها و مکان های بهینه دو واحد تولیدات پراکنده از ماتریس دو بعدی مربوط به $Z=2$ و $Z=3$ انتخاب می شود. اگر تعداد بهینه تولیدات پراکنده سه واحد باشد، مقادیر ظرفیت ها و مکان های بهینه سه واحد تولیدات پراکنده از ماتریس دو بعدی مربوط به $Z=4$ و $Z=5$ و $Z=6$ انتخاب می شود.

در واقع خروجی شبیه سازی یا یک عدد از ماتریس دو بعدی $Z=1$ یا دو عدد شامل یک عدد از ماتریس دو بعدی $Z=2$ و یک عدد از ماتریس دو بعدی $Z=3$ و یا سه عدد شامل یک عدد از ماتریس دو بعدی $Z=4$ و یک عدد از ماتریس دو بعدی $Z=5$ و یک عدد از ماتریس دو بعدی $Z=6$ است. یعنی سه نوع خروجی شامل یک، دو یا سه عدد است که تعداد بهینه تولیدات پراکنده را نشان می دهد. به بیان دیگر اگر حداکثر فرمون روی عناصر $(A, B, 4)$ و $(C, D, 5)$ و $(E, F, 6)$ باشد، بدین معنی است که تعداد بهینه تولیدات پراکنده برابر ۳ واحد است و ظرفیت بهینه آنها $20 \times A$ و $20 \times C$ و $20 \times E$ به ترتیب روی شینه های B و D و F است. در روش بیان شده، ملاک انتخاب عنصر بهینه ماتریس سه بعدی، میانگین حداکثر مقدار فرمون است. در واقع در مواردی که تعداد تولیدات پراکنده بیش از یک واحد است، ملاک مقایسه میانگین فرمون است.

۷- الگوریتم جایابی بهینه تولیدات پراکنده به روش

کولونی مورچگان

الگوریتم برنامه جایابی بهینه تولیدات پراکنده به روش کولونی مورچگان - که در این مقاله ارائه شده است - به صورت روند نمای صفحه بعد است.

همان طور که از شکل پیداست تکرارهای الگوریتم مورچگان زمانی به پایان می رسد که شرط همگرایی برآورده شود. برای این الگوریتم، شرط همگرایی را می توان به دو صورت زیر در نظر گرفت:

۷-۱- چگالی فرمون مسیرها

چنانچه چگالی فرمون در مسیرهایی از حد نصاب تعیین شده بیشتر شود و یا اختلاف فاحشی با چگالی فرمون در سایر مسیرها داشته باشد، می توان نتیجه گرفت که الگوریتم به جواب رسیده و مسیرهای یاد شده، به عنوان راه حل بهینه انتخاب شده اند.

۷-۲- دفعات گذر از مسیرها

چنانچه دفعات گذر مورچه ها از مسیرهایی از حد نصاب تعیین شده بیشتر شود و یا اختلاف فاحشی با دفعات گذر از سایر مسیرها داشته باشد، می توان نتیجه گرفت که الگوریتم به جواب رسیده و مسیرهای یاد شده به عنوان راه حل بهینه انتخاب شده اند. باید توجه داشت که اگر هیچ کدام از شروط فوق برآورده نگردد، الگوریتم همگرا نمی شود. برای پیشگیری از این مسأله باید در الگوریتم قیودی را قرار داد تا در صورت واگرا شدن ضمن اعلام آن، الگوریتم متوقف گردد [۱۳].

نتیجه بدست آمده نشان می‌دهد که تابع هدف وقتی مینیمم می‌شود که واحدهای تولید پراکنده به مراکز بار نزدیک‌تر باشند. البته تأثیر ضریب توان را نیز باید در نظر گرفت. اگر تولید پراکنده با ضریب توان پس‌فاز کار کند، توان اکتیو تولید کرده و توان راکتیو مصرف می‌کند. در این حالت مقابله ایده نزدیک‌تر شدن به مرکز مصرف بار اکتیو و ایده نزدیک‌تر شدن به تأمین‌کننده مصرف راکتیو ژنراتور (پست)، مکان واحدهای تولید پراکنده را تعیین می‌کند. در واقع نزدیک‌تر شدن به مرکز بار منجر به کاهش تلفات می‌شود. ولی با توجه به این که خود ژنراتور مصرف‌کننده توان راکتیو است، نزدیک شدن به مرکز بار باعث دوری از پستی که تأمین‌کننده توان راکتیو ژنراتور است، می‌شود و از این طریق باعث افزایش تلفات شبکه می‌شود. از طرف دیگر، به‌خاطر محدودیت‌های ژنراتورها، تولید توان اکتیو آنها بیشتر از مصرف توان راکتیو آنها است. با توجه به اینکه مقاومت خط در شبکه‌های توزیع بیشتر از راکتانس آن است، تأثیر تولید توان اکتیو، افزایش می‌یابد. در نتیجه عامل نزدیک‌تر شدن به مرکز مصرف بار دارای تأثیر بیشتری در جابجایی خواهد بود و مکان بهینه تولیدات پراکنده، در مراکز بار می‌باشد. از نظر تعداد واحدهای تولیدات پراکنده هم هر چه تعداد این واحدها افزایش یابد، به کاهش تلفات بیشتر کمک خواهد کرد تا آنجا که اگر در هر شینه‌ای یک واحد تولید پراکنده قرار گیرد، با حذف جریان بار خطوط، تلفات به کمترین مقدار ممکن خواهد رسید. اما با توجه به محدود بودن تعداد این واحدها، حداکثر آن یعنی سه واحد، انتخاب گردید.

جدول (۳) نتیجه جابجایی تولیدات پراکنده با ضریب توان ۰/۹ پس‌فاز و جدول (۴) نتیجه جابجایی تولیدات پراکنده با ضریب توان ۰/۹۵ پس‌فاز را نشان می‌دهد.

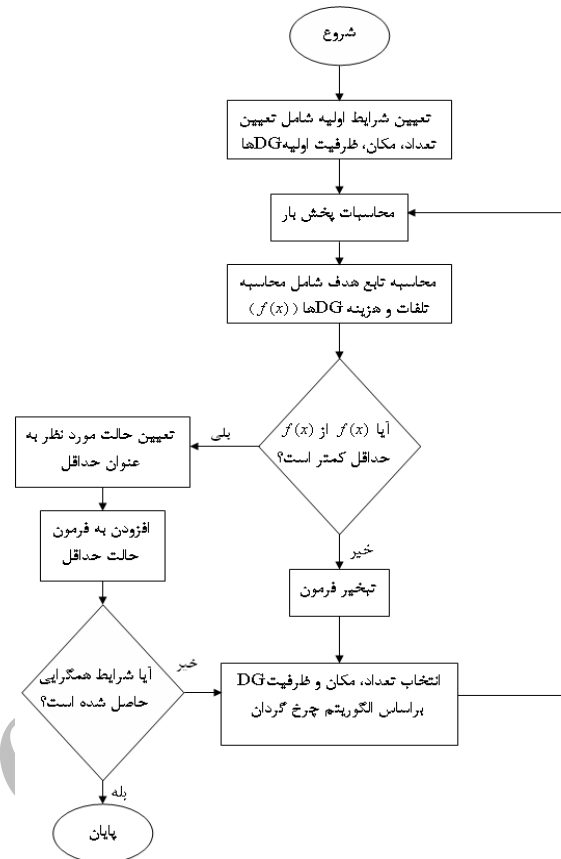
جدول ۳- جابجایی تولیدات پراکنده با ضریب توان ۰/۹ پس‌فاز

مکان DG اول	مکان DG دوم	مکان DG سوم
۱۱	۲۰	۲۶
ظرفیت DG اول	ظرفیت DG دوم	ظرفیت DG سوم
۲۵۰	۵۰۰	۵۵۰

هزینه تلفات شبکه در این حالت ۱/۳۲۳۶ میلیون دلار می‌باشد.

جدول ۴- جابجایی تولیدات پراکنده با ضریب توان ۰/۹ پس‌فاز

مکان DG اول	مکان DG دوم	مکان DG سوم
۱۱	۲۰	۲۶
ظرفیت DG اول	ظرفیت DG دوم	ظرفیت DG سوم
۲۵۰	۵۰۰	۵۵۰



شکل ۳- روندنمای الگوریتم جابجایی بهینه تولید پراکنده به روش کولونی مورچه [۱۴]

۸- نتایج شبیه‌سازی

در این مقاله با استفاده از زبان برنامه‌نویسی در محیط Matlab، نرم‌افزاری برای جابجایی بهینه تولیدات پراکنده در یک شبکه نمونه تهیه شده است. این نرم‌افزار قادر به یافتن مکان و ظرفیت و تعداد بهینه واحدهای تولید پراکنده با شرایط گفته شده، می‌باشد. در این قسمت، نتایج جابجایی بهینه تولیدات پراکنده در ضریب توان‌های مختلف ارائه می‌شود. این کار توسط رایانه Pentium 4 با سرعت ۲۸۰۰ مگاهرتز، اجرا شده و نتایج شبیه‌سازی به قرار زیر است. جدول (۲) نتیجه جابجایی تولیدات پراکنده با ضریب توان ۰/۸۵ پس‌فاز را نشان می‌دهد:

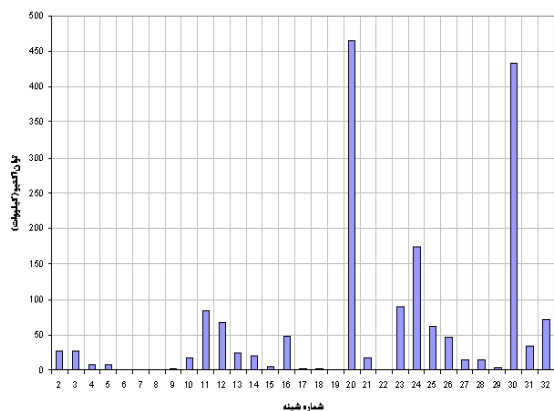
جدول ۲- جابجایی تولیدات پراکنده با ضریب توان ۰/۸ پس‌فاز

مکان DG اول	مکان DG دوم	مکان DG سوم
۹	۲۲	۲۹
ظرفیت DG اول	ظرفیت DG دوم	ظرفیت DG سوم
۲۵۰	۵۵۰	۶۰۰

هزینه تلفات شبکه در این حالت ۱/۳۵۱۸ میلیون دلار می‌باشد.

تولید کرده و توان راکتیو مصرف می کند. در این حالت تعیین مکان مولد از مصالحه بین نزدیکی به محل مصرف توان مفید و نزدیک تر شدن به تأمین کننده مصرف راکتیو ژنراتور (پست)، ۱۲ تعیین می گردد. در واقع نزدیک تر شدن به مرکز بار منجر به کاهش تلفات توان اکتیو می شود. ولی با توجه به این که خود ژنراتور مصرف کننده توان راکتیو است، نزدیک شدن به مرکز بار باعث دوری از پستی که تأمین کننده توان راکتیو ژنراتور است، شده و از این طریق باعث افزایش تلفات شبکه می شود. از طرف دیگر، به خاطر محدودیت های ژنراتورها، تولید توان اکتیو آنها بیشتر از مصرف توان راکتیو آنها است. در نتیجه عامل نزدیک تر شدن به مرکز مصرف بار دارای تأثیر بیشتری در جایابی خواهد بود.

نمودار ۱- نمودار توان اکتیو در شبکه های مورد مطالعه



از نتایج جایابی در ضریب توان های پیش فاز، نکات جالبی بدست می آید. وقتی تولید پراکنده با ضریب توان پیش فاز کار کند، توان اکتیو و راکتیو تولید می کند. در این حالت برای کاهش تلفات، واحدهای تولید پراکنده باید به مرکز مصرف بار نزدیک باشند. از آنجا که مراکز مصرف بار اکتیو و راکتیو یکی است، لذا در اینجا نه تنها تقابلی پیش نمی آید، بلکه تولید توان اکتیو و راکتیو همدیگر را در کاهش تلفات کمک می کنند. در صورتی که واحدهای تولید پراکنده در حالت پیش فاز کار کنند، علاوه بر انجام وظیفه اصلی شان که تولید توان اکتیو است، با تولید توان راکتیو، نقش خازن را هم ایفا خواهند کرد.

۱۰- پیوست

جدول بارگذاری سیستم ۳۲ شینه مورد آزمایش به صورت زیر است:

هزینه تلفات شبکه در این حالت ۱/۲۶۸۳ میلیون دلار می باشد. جدول (۵) نتیجه جایابی تولیدات پراکنده با ضریب توان ۰/۹۵ پیش فاز را نشان می دهد.

جدول ۵- جایابی تولیدات پراکنده با ضریب توان ۰/۹ پیش فاز

مکان DG اول	مکان DG دوم	مکان DG سوم
۱۳	۲۱	۲۰
ظرفیت DG اول	ظرفیت DG دوم	ظرفیت DG سوم
۲۵۰	۵۰۰	۶۰۰

هزینه تلفات شبکه در این حالت ۱/۱۳۷۲ میلیون دلار می باشد.

جدول (۶) نتیجه جایابی تولیدات پراکنده با ضریب توان ۰/۸۵ پیش فاز را نشان می دهد:

جدول ۶- جایابی تولیدات پراکنده با ضریب توان ۰/۸ پیش فاز

مکان DG اول	مکان DG دوم	مکان DG سوم
۱۳	۲۱	۲۰
ظرفیت DG اول	ظرفیت DG دوم	ظرفیت DG سوم
۲۵۰	۵۰۰	۶۰۰

هزینه تلفات شبکه در این حالت ۱/۰۵۲۳ میلیون دلار می باشد.

۹- نتیجه گیری

نتایج بدست آمده، تأیید کننده این واقعیت است که کمترین تلفات شبکه وقتی حاصل می شود که تغذیه بارها در محل مصرف انجام شود. در واقع اگر بتوان در کنار هر مصرف کننده، یک واحد تولیدی قرار داد، تلفات شبکه حداقل خواهد بود. زیرا جریان عبوری از خطوط شبکه و تلفات آن حداقل می شود. اما از نظر اقتصادی و بهره برداری این کار حداقل در حال حاضر ممکن نمی باشد. اگرچه ممکن است با رشد نفوذ تولید پراکنده، این امر محقق شود. در این حالت وجود شبکه برای انتقال توان نخواهد بود. بلکه از شبکه برای تأمین قدرت رزرو جهت دستیابی به قابلیت اطمینان بالاتر استفاده می شود. به علاوه وجود شبکه باعث ثبوت فرکانس می شود. به این معنی که شبکه هرچه بزرگتر و بارها و تولیدات آن بیشتر شود، ازدست رفتن یک بار یا واحد تولیدی تأثیر کمتری روی فرکانس شبکه خواهد گذاشت.

نمودار (۱)، میزان بار اکتیو در شینه های شبکه را در سال ابتدایی برنامه ریزی، نشان می دهد. نتایج بدست آمده نشان می دهد که تابع هدف وقتی مینیمم می شود که واحدهای تولید پراکنده به مراکز بار نزدیک تر باشند. البته تأثیر ضریب توان را نیز باید در نظر گرفت. اگر مولد DG با ضریب توان پس فاز کار کند، توان اکتیو

جدول ۷- بار پایه [۱۵]

شینه ۰	فاز	توان راکتیو (کیلووات ر)	توان اکتیو (کیلووات ر)	شینه ۰	فاز	توان راکتیو (کیلووات ر)	توان اکتیو (کیلووات ر)
۱۸	۱	۰	۰	۲۶	۱	۱۸	۱۱/۵
	۲	۲	۱		۲	۲۰	۱۲/۵
	۳	۰	۰		۳	۹	۷
۱۹	۱	۰	۰	۲۷	۱	۰	۰
	۲	۰	۰		۲	۱۴	۷
	۳	۰	۰		۳	۰	۰
۲۰	۱	۱۵۳/۵	۷۶/۵	۲۸	۱	۰	۰
	۲	۱۵۸/۵	۷۹/۵		۲	۱۴	۷
	۳	۱۵۳	۷۶/۵		۳	۰	۰
۲۱	۱	۶/۵	۳	۲۹	۱	۴/۵	۲/۵
	۲	۱	۰/۵		۲	۰	۰
	۳	۹/۵	۵		۳	۰	۰
۲۲	۱	۱	۰/۵	۳۰	۱	۱۳۹/۵	۱۰۷/۵
	۲	۰	۰		۲	۱۴۷/۵	۱۱۱
	۳	۰	۰		۳	۱۴۵	۱۱۰/۵
۲۳	۱	۱۰	۵	۳۱	۱	۰	۰
	۲	۱۷/۵	۹		۲	۲۴	۱۱/۵
	۳	۶۱/۵	۳۱		۳	۱۰	۵/۵
۲۴	۱	۴۳	۲۷/۵	۳۲	۱	۲۰	۱۶
	۲	۳۵	۲۴		۲	۳۱/۵	۲۱/۵
	۳	۹۶	۵۴/۵		۳	۲۰	۱۶
۲۵	۱	۲۴	۱۲				
	۲	۱۶	۸/۵				
	۳	۲۱	۱۱				

شینه	فاز	توان راکتیو (کیلووات ر)	توان اکتیو (کیلووات ر)	شینه	فاز	توان راکتیو (کیلووات ر)	توان اکتیو (کیلووات ر)
۲	۱	۰	۰	۱۰	۱	۱۷	۸/۵
	۲	۱۵	۷/۵		۲	۰	۰
	۳	۱۲/۵	۷		۳	۰	۰
۳	۱	۰	۰	۱۱	۱	۸۴/۵	۴۳/۵
	۲	۱۵	۷/۵		۲	۰	۰
	۳	۱۲/۵	۷		۳	۰	۰
۴	۱	۰	۰	۱۲	۱	۶۷/۵	۳۵
	۲	۸	۴		۲	۰	۰
	۳	۰	۰		۳	۰	۰
۵	۱	۰	۰	۱۳	۱	۰	۰
	۲	۸	۴		۲	۲۲/۵	۱۱
	۳	۰	۰		۳	۲	۱
۶	۱	۰	۰	۱۴	۱	۰	۰
	۲	۰	۰		۲	۲۰	۱۰
	۳	۰	۰		۳	۰	۰
۷	۱	۰	۰	۱۵	۱	۳/۵	۱/۵
	۲	۰	۰		۲	۰	۰
	۳	۰	۰		۳	۲	۱
۸	۱	۰	۰	۱۶	۱	۱۳/۵	۶/۵
	۲	۰	۰		۲	۱۰	۵
	۳	۰	۰		۳	۲۵	۱۰
۹	۱	۰	۰	۱۷	۱	۰	۰
	۲	۲/۵	۱		۲	۲	۱
	۳	۰	۰		۳	۰	۰

- [14] F. Sheidaei, M. Shadkam, M. Zarei; "**Optimal Distributed Generation Allocation in Distribution System Employing Ant Colony to Reduce Losses**", IEEE Trans. on Power System, 2007.
- [15] IEEEdistributedtestfeeders;
<http://ewh.ieee.org/soc/pes/dsacom/testfeeders.htm>

۱۱- پی‌نوشت‌ها

- 1- Distributed Generation
2- Electric Power Research Institute
3- Pheromone
4- Virtual Agents
5- Arizona

۱۰- مراجع

- [1] N. Mithulananthan, Th. Oo, Le. Van Phu; "**Distributed Generator Placement in Power Distribution System Using Genetic Algorithm to Reduce Losses**", Energy Program, Asian Institute of Energy, Vol. 9, No. 3, 2004.
- [2] M. Rabinowitz; "**Power System of Future**", IEEE Power Engineering Review, part 4, August 2000.
- [3] Th. Ackermann, G. Anderson, L. Soder; "**Distributed Generation: A Definition**" Electric Power System Research, 195-204, 2001.
- [4] 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.
- [5] E. B. Cano; "**Utilizing Fuzzy Optimization for Distributed Generation Allocation**", IEEE Trans. on power system, Vol. 6, No. 3, 2007.
- [6] M. Gandomkar, M. Vakilian, M. Ehsan; "**Optimal Distributed Generation Allocation In Distribution Network Using Hereford Ranch Algorithm**" University of Saveh, Iran, 2007
- [7] C. Wang, H. Nehrir; "**Analytical Approach for Optimal Placement Of Distributed Generation Source In Power System**" IEEE Trans. On power system, Vol. 19, No. 4, 2004.
- [8] T. Griffin, et al; "**Placement of Dispersed Generation Systems for Reduced Losses**", 33rd Annu. Hawaii Int. Conf. on Systems Sciences, Maui, HI, 2000.
- [9] K. Krishnaiyer, S. Hossein Cheraghi; "**Ant Algorithm; Review and Future Applications**", Department of Industrial and Manufacturing Engineering, Wichita State University, Wichita, US, 67260-0035.
- [10] J. H. Teng; "**A Network-Topology-Based Three-Phase Load Flow for Distribution Systems**", Natl. Sci. Counc. ROC (A), Vol.24, No. 4, p.p. 252-264, 2000.
- [11] L. Kuhn; "**Ant Colony Optimization for Discontinious Spaces**", Thesis, University of Queensland, 2002.
- [12] M. Yuan, S. Wang, P. Li; "**A Model of Ant Colony and Immune Network and Its Application In Path Planning**", IEEE, 2008.
- [13] G. Iirui, H. Limin, Z. Lliguo, L. Weina, H. Jie; "**Reactive Power Optimization For Distribution System Based On Dual Population Ant Colony Optimization**", 27th Chinese Control Conference, Yunnan, China, July 16-18, 2008.