استفاده از الگوریتم‌های تکاملی درتجدیدآرایش شبکه‌های توزیع با هدف کاهش تلفات

عباس صابری نوقابی[۱]، محمدبسکابادی[۲]
[۱] استادیاردانشگاه بیرجند، abbsaberi@gmail.com
[۲] شرکت توزیع نیروی برق خراسان جنوبی، boskabadimohamad@yahoo.com

چکیده – در شبکه هاي توزيع , آرايش شبكه به منظور كاهش تلفات، افزايش قابليت اطمينان شبكه و بهبود كيفيت توان در شبكه و ...تجديد مي‌شود. منظور از تجديد آرايش بستن و باز كردن كليدها در سيستم توزيع قدرت براي تغيير در توپولوژي شبكه و به دنبال آن تغيير جهت سيلان توان است. همچنين هدف اصلي و اوليه براي تجديد آرايش را مي‌توان كاهش تلفات در شبكه هاي توزيع و جلوگيري از اضافه بار شدن شبكه عنوان كرد. البته اين باز كردن و بستن كليدها بايد به شكلي صورت گيرد كه شبكه همچنان شعاعي باقي بماند. نظربه اينكه تجديد آرايش يك مسئله بهينه سازي عددي است، لذا در اين مقاله روش تكاملي جديدي برمبناي الگوريتم قورباغه بهبود يافته براي حل مسئله تجديد آرايش آورده شده است. روش جديد داراي سرعت همگرايي بالايي مي‌باشد و زمان پاسخ پايينی نسبت به ساير روشها دارد. الگوريتم قورباغه عليرغم سرعت بالايش در بعضي از موارد به جواب صحيح همگرا نمي‌شود و در نتيجه نيازبه بهبود دارد. در اين تحقيق به منظور بهبود عملكرد الگوريتم قورباغه، تغييري در قسمت جستجوي محلي الگوريتم اعمال شده است و بدين شكل با بهبود جستجوي محلي، الگوريتم را بهبود داده ايم. در انتهاي تحقيق نتايج حاصل از شبيه سازي برروي دو سيستم توزيع آورده شده است و نتايج بدست آمده با استفاده از روش فوق، با نتايج ساير روشها مقايسه شده است.

كليد واژه- الگوريتم *FLA*، تجديدآرايش شبكه‌هاي توزيع، كاهش تلفات.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

در شبکه‌های برق‌رسانی درصد قابل توجهی (در حدود 13%) از توان و انرژی الکتریکی تولیدشده در نیروگاه‌ها، در مسیر تولید تا مصرف به هدر می‌رود. تلفات در تمام سطوح سیستم قدرت یعنی تولید، توزیع و انتقال وجود دارد، اما 75 % از تلفات در سیستم توزیع اتفاق می‌افتد. به‌دلیل پایین بودن ولتاژ و در نتیجه بالاتر بودن جریان در سیستم توزیع, و نیز گستردگی آن, بخش قابل توجهی از تلفات کل سیستم قدرت مربوط به شبکه توزیع است. از دیگر سوی, ارتباط بلافصل شبکه‌های توزیع با مصرف‌کننده نهایی باعث قابل توجه‌تر شدن مسئله قابلیت اطمینان آن شده است[۱].

این امر باعث توجه مهندسین و پژوهشگران نسبت به بهینه‌سازی و کاهش تلفات سیستم توزیع شده است. روش‌های متعددی برای کاهش تلفات در سیستم توزیع عرضه شده است. بسیاری از روش‌ها مانند کنترل توان راکتیو با خازن, نیازمند نصب وسایل جدیدی در سیستم هستند. این تجهیزات اضافی, علاوه‌بر داشتن بار مالی برای شرکت‌ها, ممکن است مشکلات جدیدی را در شبکه ایجاد کند که سرویس‌دهی به مشتری را مختل گرداند. مثلا خازن‌گذاری در شبکه ممکن است باعث اضافه ولتاژ, فرورزونانس و عملکرد غلط رله‌های حفاظتی شبکه گردد. البته هریک از این مشکلات راه‌حل خاص خود را می‌طلبد. از این میان, روش تجدیدآرایش نیازی به نصب و راه‌اندازی وسایل جدید در شبکه ندارد و با همان وسائل و کلیدهای موجود به صورتی ساده و کم هزینه تلفات را کاهش می‌دهد. [۲،۳]

امروزه موضوع کاهش نقدینگی جهت توسعه شبکه در شرکت‌های توزیع در کنار مشکلاتی همانند افزایش قیمت زمین و معضل دستیابی به زمین مناسب برای احداث پستهای جدید توزیع در کلانشهرها از مهمترین چالش‌هایی است که پیش روی مدیریت شبکه‌های توزیع در شهرهای بزرگ کشورمان قرار دارد. مجموعه این مشکلات و پاسخگویی به نیازهای رشدیابنده بار در مناطق متراکم شهری توجه هر چه بیشتر به طراحی بهینه شبکه‌های توزیع را ایجاب می‌نماید. تخصیص داشتن بیش از نیمی از تلفات شبکه به شبکه‌های فشار ضعیف در کنار معضلات فوق، باعث شده است پیشنهاد کاهش حجم شبکه فشار ضعیف یا به عبارت بهتر کاهش نسبی طولی شبکه فشار ضعیف به فشار متوسط در جهت نزدیک‌تر شدن هر چه بیشتر پست‌های جدید به مراکز عمده ثقل بار و استفاده از ترانس‌های با ظرفیت کمتر در سطح مدیریت کلان بخش توزیع شکل گیرد. به عبارت بهتر فضای ایجاد شده بازنگری جدی فلسفه طراحی شبکه‌های توزیع را در محیطهای متراکم و یا در حالپ توسعه شهری ایجاب نموده است.

از سال 1990 میلادی تاکنون تغییرات چشمگیری در ساختار قوانین حاکم بر صنعت برق کشورهای مختلف دنیا به وجود آمده است. هدف اصلی این تغییرات امکان افزایش رقابت و مشارکت شرکت‌های خصوصی در امر تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی می‌باشد. بنابراین در محیط جدید، مسائل اقتصادی و قوانین حاکم بر بازار انرژی تأثیر بسیار مهمی، بر عملکرد و بهره برداری از سیستم‌های قدرت دارد. به این ترتیب همانطور که در اکثر ساختارهای جدید صنعت برق دیده می‌شود وجود نهاد مستقل از بازار جهت حفظ و افزایش امنیت در شبکه، اجتناب ناپذیر است.

سیستم تامین انرژی الکتریکی به مشترکین شامل سه قسمت تولید، انتقال و توزیع است. قسمت انتقال با اتصال به بخش تولید انرژی را از محل تولید به مراکز تجمع بار انتقال می‌دهد. شبکه توزیع با دریافت انرژی از قسمت انتقال، این انرژی را بین مشترکین تقسیم می‌کند. در مجموع بیش از ۴۰٪ کل سرمایه شبکه‌گذاری انجام‌شده در برق به بخش توزیع اختصاص دارد که این امر نشان می‌دهد که سیستم توزیع از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردار بوده و در نتیجه برای استفاده مناسب از این هزینه بالا نیازمند طراحی، ساخت، تعمیر و نگهداری و برنامه‌ریزی درست و دقیق می‌باشد. شبکه انتقال که از آن می‌توان به عنوان استخوان‌بندی سیستم نام برد، دارای قابلیت اطمینان بالایی می‌باشد و دارای حفاظت مشکلی می‌باشد زیرا که دلیل

Archive of SID

www.SID.ir

اصلی بی‌برقی مشترکین, در ازای خرابی در این قسمت می‌باشد و حتی می‌تواند در بعضی از موارد باعث ناپایداری شبکه شود. برعکس سیستم‌های انتقال، سیستم توزیع در گذشته دارای سیستم حفاظتی و قابلیت اطمینان پایینی بودند. جدیداً با آغاز فرآیند تجدید ساختار و بازارهای رقابتی و نیزایجاد انرژی الکتریکی با قابلیت اطمینان زیاد، کارهای متنوعی برای افزایش قابلیت اطمینان و کاهش انرژی تغذیه نشده انجام شده است.

بر اساس آمارهای موجود[1] بیش از % 18 از انرژی تحویل شده در نیروگاه‌ها حد فاصل مراکز تولید و محل های مصرف به حدر می‌رود, به علت ارزش زیاد انرژی و محدودیت منابع تولید و ملاحظات زیست محیطی و ...استفاده بهینه از انرژی تولید شده وکاهش تلفات ضروری می‌گردد از آنجا که بخش توزیع انرژی الکتریکی حدود % 75 از سهم تلفات را دارد لذا فعالیت در این بخش در کاهش تلفات دارای اثر گذاری بیشترنسبت به سایر بخش‌های سیستم قدرت می‌باشد.

یکی از راه‌کارهای کاهش تلفات که در مقایسه با سایر روش‌ها دارای کارآیی بیشتری بوده و نسبت سود آن به سرمایه‌گذار اولیه ماکزیمم می‌باشد تجدید آرایش یا باز آرایی شبکه توزیع می‌باشدکه در خصوص تشریح آن بصورت کلی می‌توان گفت: در شبکه-های توزیع ادوات کلید زنی موسوم به نقاط مانور وجود دارند بطوریکه در آرایش اولیه شبکه تعدادی از این کلیدها در حالت بسته و تعدادی در حالت باز قرار دارند بدیهی است که برای رسیدن به اهدافی خاص جهت بهینه سازی شبکه مورد نظر می‌توان با تغییر وضعیت کلیدهای موجود در شبکه اولیه به آرایش بهینه‌ای دست یافت.

تاکنون روش‌های زیادی جهت تجدید پیکربندی شبکه‌های توزیع ارائه شده است. اولین بار در سال ۱۹۷۵ توسط Merlin و Back روشی برای تجدید پیکربندی شبکه‌های توزیع به‌منظور کمینه‌سازی تلفات ارائه شد. در این روش که مبنای ابتکاری داشت. در شبکه شعاعی پس از بستن همه کلیدها, یک به یک کلیدهایی که کمترین جریان را داشتند انتخاب شده و باز می-شدند[۴]. در سال ۱۹۸۸ یک تحول مهم در این روش رخ داد و Civanlar و همکارانش یک روش جدید ابتکاری به نام روش تعویض کلید (SEM) را به همراه یک فرمول تقریبی برای کاهش تلفات ارئه دادند[۵]. الگوریتم این روش کار خود را از یک آرایش شعاعی شبکه شروع می‌کند, یکی از کلیدهای در حالت باز (*NO*) را انتخاب نموده و می‌بندند. با بستن کلید یک حلقه در شبکه ایجاد می‌شود. در ادامه با استفاده از روابط کلی, از کلیدهای در حالت بسته (*NC*) حلقه ایجاد شده, مناسب‌ترین کلید را انتخاب نموده و باز می‌نماید, به‌این ترتیب شبکه مجددا ساختار شعاعی خود ار باز می‌یابد. که به این روش اصطلاحا روش تعویض شاخه هم می‌گویند. در سال ۱۹۸۹ تحول دیگری در تجدید پیکربندی رخ داد, در آن سال شیرمحمدی و همکارانش روش بسیار مهمی در تجدید پیکربندی شبکه‌های توزیع ارائه کردند و آن را روش کلیدگشایی ترتیبی (SSOM) نام نهادند. براساس آن ابتدا کلیدهای در حالت عادی باز (NO) شبکه بسته می‌شوند. با انجام این کار شبکه شعاعی به شبکه غربالی تبدیل می‌شود, بعد کلیدهای شبکه یک‌به‌یک باز می‌شوند تا مجددا شبکه به حالت شعاعی باز گردد. در فرآیند باز کردن کلیدها, کلیدهایی انتخاب می‌شوند که تلفات اهمی خطوط شبکه منتجه را کاهش دهند[۶]. روش SSOM و روش SEM اساس و مبنای بسیاری از روش‌های ابتکاری بعدی شدند. در همان سال Baran و همکارانش با توسعه روش Civanlar تابع هدف تعادل بار را نیز به مسئله افزودند[۷]. در سال ۱۹۹۲ Goswami و همکارانش بر مبنای الگوی پخش‌بار بهینه روش ابتکاری را جهت کاهش تلفات ارائه کردند[۸].

Archive of SID

www.SID.ir

تابع هدف

شبکه توزیع بصورت حلقه‌ای طراحی می‌شود ولی درنهایت بصورت شعاعی بکاربرده می‌شود.

فرمولاسیون مسئله برای کاهش تلفات

این مسئله بهینه‌سازی نیازمند به دو قید اساسی نیز می‌باشد زیرا پاسخ بهینه بدست آمده باید در این دو شرط صدق کنند: یکی شرط ظرفیت جریان خطوط و دیگری شرط پروفایل ولتاژ یعنی اندازه ولتاژ تمام شینه‌ها از پهنای باند خاصی تجاوز ننماید. باتوجه به آنچه بیان شد می‌توان مسئله را مدل‌سازی ریاضی نمود. بیان ریاضی مسئله بصورت زیربیان می‌شود:

$$MinLp_{loss} = \sum_{i=1}^{nb} r_i \frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} \qquad (۱)$$

که در آن *Pi* و *Qi* به ترتیب توان اکتیو و راکتیو خط میباشند که به خارج از باس *i* جریان دارد، *nb* تعداد شاخه ها، *ri* و *vi* ترتیب بزرگی مقدار مقاومت وولتاژ در باس *i* بنا به موارد ذیل می‌باشد.

بهبود سطح اتصال کوتاه(SCC)

بهبود سطح اتصال کوتاه در شبکه‌های توزیع با توجه به حضور واحدهای تولیدات پراکنده یکی از مهم‌ترین موارد در مسائل طراحی و توسعه شبکه توزیع می‌باشد. سطح اتصال کوتاه ارتباط مستقیم با بزرگی ولتاژ پست دارد. علاوه بر این، سطح اتصال کوتاه بالا به این معنی است که باس توانایی افزایش بار را دارد و برعکس، سطح اتصال کوتاه کم به این معنی است که باس توانایی کمتری برای افزایش بار دارد، به بیان دیگر شبکه ضعیف است.

سطح اتصال کوتاه در هر باس به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_{sc,j} = \frac{E_{th,j}}{Z_{th,j}} \qquad (۲)$$

در رابطه فوق:

$E_{th,j}$: ولتاژ معادل تونن

$Z_{th,j}$: امپدانس معادل تونن

کمترین سطح اتصال کوتاه برای اطمینان از پایداری ولتاژ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_{sc\min,j} = \frac{2S_{Lj}(1+\sin\theta_j)}{E_{thj}} \qquad (۳)$$

$$S_{Lj} = \sqrt{P_{Lj}^{\ 2} + Q_{Lj}^{\ 2}} \qquad (۴)$$

در روابط بالا:

Archive of SID

www.SID.ir

θ_j: زاویه ضریب توان باس jام

S_{Lj}: توان ظاهری باس jام

P_{Lj}: توان اکتیو باس jام

Q_{Lj}: توان راکتیو باس j ام

رابطه بین پایداری ولتاژ و سطح اتصال کوتاه به صورت زیر تعریف می‌شود:

اگر $\frac{S_{sc\min,j}-S_{sc,j}}{S_{sc,j}}<0$ باشد ولتاژ باس j ام پایدار است.

اگر $\frac{S_{sc\min,j}-S_{sc,j}}{S_{sc,j}}>0$ باشد ولتاژ باس j ام ناپایدار است.

و در نهایت شاخص پایداری ولتاژ بر اساس سطح اتصال کوتاه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$I_{SCC}=\frac{S_{sc\min,j}}{S_{sc}} \qquad (۵)$$

شاخص پایداری ولتاژ به عنوان یک تابع هدف به صورت زیر بیان می‌شود:

$$F_4=\sum_{t=1}^{N_{Stage}}\frac{1}{N_{bus}^t}\sum_{i=1}^{N_{bus}^t}I_{SCC,i}^t \qquad (۶)$$

در رابطه بالا، $I_{SCC,i}^t$ شاخص پایداری ولتاژ در باس i ام و در مرحله t ام در افق طراحی و توسعه می‌باشد.

متعادل‌سازی بار

تابع هدف برای متعادل‌سازی بار از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شود. یکی متعادل‌سازی بار واحد و دیگری متعادل‌سازی بار سیستم می‌باشد. مسئله متعادل‌سازی بار در رابطه زیر ارائه شده است

$$LBj=\frac{S_{(j)}}{S_{(j)}^{\max}} \qquad (۷)$$ متعادل‌سازی بار واحد

$$LB_{sys}=\frac{1}{nb}\sum_{j=1}^{nb}\frac{S_{(j)}}{S_{(j)}^{\max}} \qquad (۸)$$ متعادل‌سازی بار سیستم

در صورتی‌که nb تعداد واحدها در سیستم، $S_{(j)}$ توان ظاهری واحد j، ماکزیمم ظرفیت واحد j می‌باشد.

تابع هدف به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\min F=\frac{1}{nb}\sum_{j=1}^{nb}\frac{S_{(j)}}{S_{(j)}^{\max}} \qquad (۹$$

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص متعادل‌سازی باز سیستمی متعادل خواهد شد وقتی که شاخص بار واحد بوسیله برنامه‌ریزی مجدد بارها بهینه‌سازی شده باشد. در واقع تمام شاخص‌های متعادل‌سازی بار واحد (LBj) تقریبا معادل یکدیگر و همچنین نزدیک به شاخص متعادل-سازی بار سیستم ساخته می‌شوند($LBsys$).

از الگوریتم تکاملی (باتوجه به سرعت بالا و کارآیی آن در شبکه‌های پیچیده) برای تجدید آرایش شبکه‌های به منظور کاهش تلفات و متعادل‌سازی بارها استفاده می شود. این الگوریتم ها کمتر در مینیمم‌های محلی گیر می‌کند و به همین دلیل تابع هدف را کمتر فراخوانی می‌کنند که باعث افزایش سرعت آن می‌گردد و همچنین این الگوریتم پیچیدگی کمتری دارد که همین مسئله باعث می‌شود زمان حل مسئله نسبت به سایر روش ها در این مقاله کمتر باشد. وقتی تابع هدف مناسبی تعریف شود نتیجه کار می تواند کاهش تلفات و شاخص متعادل سازی بارها با توجه به قیدهای مسئله باشد.

الگوریتم قورباغه

الگوریتم جستجوی جهش قورباغه‌های متحرک، یک الگوریتم جدید در خانواده الگوریتم‌های تکاملی می‌باشد. این الگوریتم از زندگی گروهی قورباغه‌ها زمانی که به دنبال غذا می‌گردند الهام گرفته شده است. این الگوریتم در سال ۲۰۰۶ به منظور حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی، بدون استفاده از روابط ریاضی ارائه گردید. این الگوریتم ترکیبی از ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک و الگوریتم جمعیت پرندگان را دارد و لذا نسبت به این دو روش از سرعت و دقت بالاتری برخوردار می‌باشد. در این الگوریتم هر قورباغه بیانگر جوابی از مسئله می‌باشد. در روش مفروض جمعیت اولیه را به چند گروه مجزا تقسیم نموده که تعداد قورباغه‌های موجود در همه گروه‌ها با هم برابر است. بر اساس این تقسیم‌بندی دو نوع تکنیک جستجو در این الگوریتم وجود دارد، تکنیک اول تکنیک جستجوی محلی است و بر اساس آن قورباغه‌ها در هر گروه با تبادل اطلاعات، موقعیت خود را نسبت به غذا (بهترین جواب) بهبود می‌دهند و تکنیک دوم مربوط به تبادل اطلاعات بین گروه‌ها می‌باشد، که بر اساس آن، بعد از هر جستجوی محلی در گروه‌ها، اطلاعات بدست آمده بین گروه‌ها با هم مقایسه می‌شود. جهت اجرای این الگوریتم، ابتدا پارامترهای اولیه الگوریتم مقداردهی می‌شوند و سپس جمعیت اولیهای با p عضو به صورت تصادفی تولید می‌شود. شایستگی هر عضو محاسبه گردیده و پس از مرتب نمودن جمعیت به صورت نزولی، کل جمعیت به m گروه تقسیم می‌شوند که هر کدام از این گروه ها شامل n عضو می‌باشند. این تقسیم‌بندی باید به گونه‌ای باشد که عضوهای با شایستگی بیشتر، در همه گروه‌ها قرار داشته باشند. سپس جستجوی محلی برای جهش قورباغه‌های با بدترین شایستگی به سمت قورباغه‌های با بهترین شایستگی صورت می‌پذیرد.

در روش فوق مراحل زیر طی می شوند:

۱-تولید جمعیت اولیه بصورت رندوم .جمعیت اولیه متشکل از P قورباغه (P راه‌حل) می باشد که بصورت زیر بیان می‌شود:

Archive of SID

www.SID.ir

$$Population = \begin{bmatrix} X_1 \\ . \\ X_P \end{bmatrix}_{(P)\times(2\times Ntie)} \quad (۱۰)$$

$$X = [Tie_1, Tie_2, ..., Tie_{Ntie}, Sw_1, Sw_2, ..., Sw_{Ntie}]$$

پس از تولید جمعیت اولیه بایستی جمعیت را از بهترین جواب تا بدترین جواب مرتب کنیم.

۲- تقسیم قورباغه ها به m گروه، هر گروه شامل n قورباغه است به طوری که $P=m*n$

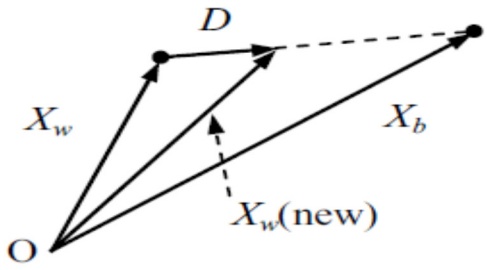
نحوه تقسیم شدن قورباغه ها در گروه ها به این صورت است که اولین قورباغه از جمعیت مرتب شده به اولین گروه می‌رود، دومین قورباغه از جمعیت مرتب شده به دومین گروه می‌رود و m امین قورباغه از جمعیت مرتب شده به m امین گروه می‌رود برای $m+1$ امین قورباغه از جمعیت مرتب شده دوباره به اولین گروه برمی‌گردیم و $m+1$ امین قورباغه را در گروه اول قرار می‌دهیم و به همین شکل ادامه می‌دهیم تا اینکه در هر یک از m گروه n قورباغه قرار گیرد.

۳- در این مرحله جستجوی محلی صورت می گیرد، به این شکل که در هر گروه قورباغه های با بدترین و بهترین جواب را مشخص کرده و به ترتیب با Xu و Xb نشان می‌دهیم، همچنین قورباغه ای را که در کل جمعیت دارای بهتربن جواب بوده را مشخص کرده و با Xg نشان می‌دهیم. سپس در هر گروه موقعیت بدترین قورباغه (Xu) را بصورت زیر اصلاح می‌کنیم.

$$D_i = rand \times (X_b - X_w) \quad (۱۱)$$

$$X_w(new) = X_w(old) + D_i \quad (۱۲)$$

$$(-D\max \le D_i \le D\max) \quad (۱۳)$$



شکل۱. جهش بدترین قورباغه به سمت بهترین قورباغه

Archive of SID

www.SID.ir

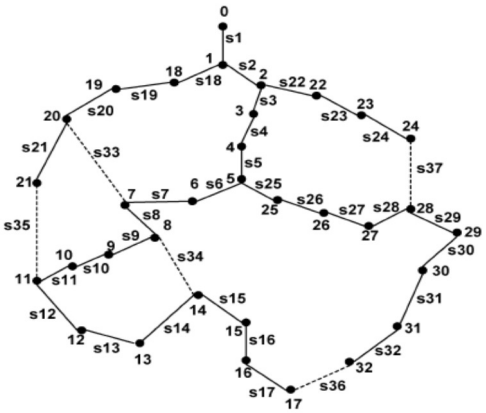
در روابط فوق، *rand* یک عدد رندوم بین صفر و یک می باشد و *Dmax* هم بیانگر بیشترین جابجایی که قورباغه می‌تواند داشته باشد. پس از اعمال تغییرات فوق در صورتیکه قورباغه در موقعیت جدید *(Xw(new))* دارای جواب بهتری نسبت به موقعیت قبلی *(Xw(old))* بود، موقعیت قبلی قورباغه را با موقعیت جدید جایگزین می‌کنیم، و در صورتی‌که جواب بهبود پیدا نکرد روابط (۹ و۱۰) را تکرار می‌کنیم با این تفاوت که در حالت جدید بجای *Xb* در روابط فوق *Xg* را قرار می دهیم. اگر با اعمال تغییر فوق باز هم در جواب بهبودی حاصل نشد، یک جواب بصورت رندوم تولید کرده و آن را جایگزین *Xw* می کنیم.

۴- مرحله 3 را برای تعدادی تکرار که از قبل مشخص شده ادامه می‌دهیم.
۵- در این مرحله پس از بهبود موقعیت قورباغه ها، جمعیت جدید را از بهتربن جواب تا بدتربن جواب مرتب می کنیم.
۶- در صورتی‌که شرایط پایان‌یابی الگوریتم حاصل شده است از الگوریتم بیرون می‌آییم در غیر اینصورت به مرحله 2 باز می‌گردیم وسایر مراحل را تکرار می‌کنیم.

۴-نتایج شبیه‌سازی

در این قسمت از الگوریتم قورباغه برای حل مسئله تجدید آرایش بر روی دو شبکه توزیع استفاده می‌کنیم و نتایج حاصله را با نتایج سایر روشها مقایسه می‌کنیم. دو شبکه تحت مطالعه، شبکه های فرضی هستند و در شبیه‌سازی‌های مربوط به سیستم های توزیع معمولاً از آنها استفاده می‌شود. اطلاعات مورد نیاز هر دو شبکه در ادامه آمده است.

شبکه توزیع اول یک سیستم فرضی با دو فیدر، 32 باس و5 لوپ می‌باشد، ولتاژ نامی سیستم kv ۱۲/۶۶ می باشد و کل بار سیستم هم kv ۵۰۵۸/۲۵ و kwar ۲۵۴۷/۳۲ می باشد. دیاگرام سیستم فوق در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل۲. دیاگرام شبکه توزیع اول

در دیاگرام فوق که بیانگر حالت اولیه سیستم می‌باشد، سوئیچ های s33, s34, s35, s36 , s37 باز هستند که در دیاگرام فوق با خطوط نقطه‌چین مشخص شده اند.

Archive of SID

www.SID.ir

سوئیچ‌ها یعنی سوئیچ‌های S1 تا S32 بسته هستند و با خطوط توپر مشخص شده‌اند.

جدول۱. نتایج الگوریتم های بهینه سازی مختلف برای شبکه توزیع

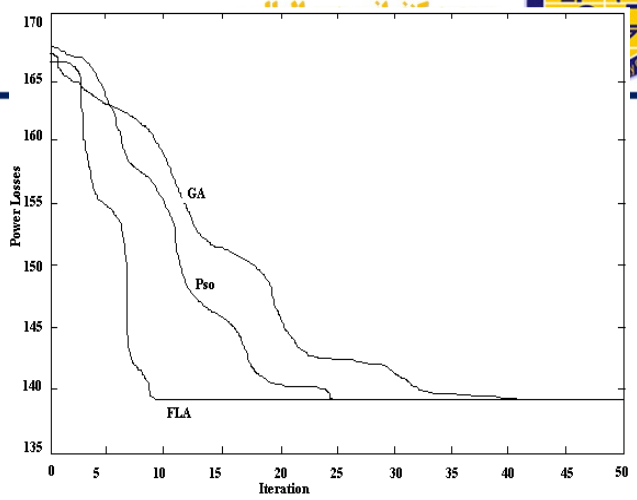
روش	بهترین جواب		بدترین جواب		میانگین جواب‌های به‌دست‌آمده
	سوئیچ-های باز	تلفات [kw]	سوئیچ‌های باز	تلفات [kw]	
الگوریتم ژنتیک	S7,S9,S14,S32,S37	۱۳۹/۵۳	S6,S9,S14,S32,S37	۱۴۳/۴۹	۱۴۱/۵۷
الگوریتم Pso	S7,S9,S14,S32,S37	۱۳۹/۵۳	S7,S11,S14,S36,S37	۱۴۲/۹۱	۱۴۰/۴۹
الگوریتم DPso	S7,S9,S14,S32,S37	۱۳۹/۵۳	S6,S9,S14,S32,S37	۱۴۲/۸۵	۱۴۰/۳۹
الگوریتم FLA	S7,S9,S14,S32,S37	۱۳۹/۵۳	S7,S9,S14,S32,S37	۱۳۹/۵۳	۱۳۹/۵۳

در جدول زیر نتایج حاصل از روش‌های مختلف الگوریتم‌های تکاملی برای سیستم توزیع نشان داده شده است. با مقایسه نتایج حاصله از جدول می‌توان به سرعت و دقت بالای الگوریتم *FLA* نسبت به سایر الگوریتم‌ها پی برد.

در شکل زیر همگرائي روش فوق براي يك بار آزمايش برروي سيستم، درمقايسه با دو الگوريتم ديگر نشان داده شده است، مشاهده مي شود كه الگوريتم ژنتيك بعد از ۴۲ تكرار و الگوريتم Pso هم بعد از ۲۵ تكرار به جواب رسيده اند ولي الگوريتم FLA تنها بعد از ۹ تكرار به جواب رسيده است كه اين امر بيانگر سرعت بالاي الگوريتم مورد نظر مي‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۳. روند همگرائی الگوریتم *FLA* در مقایسه با دو الگوریتم *GA* و *Pso* برای شبکه توزیع اول

بهینه سازی قابلیت اطمینان

شاخص *ENS* به عنوان شاخص قابلیت اطمینان در نظر گرفته شده است. سپس مسئله تجدیدآرایش با هدف کاهش *ENS* یا به عبارت دیگر افزایش قابلیت اطمینان و با استفاده از هر سه الگوریتم *PSO*، *GA* و *FLA* حل شده. و نهایتاً نتایج شبیه سازی در جدول 2 آورده شده است. در این جدول مسئله تجدیدآرایش با هدف افزایش قابلیت اطمینان را نشان می دهد. همانطور که از نتایج جدول مشخص است الگوریتم مورد نظر نتایج مطلوبتر و عملکرد مناسبتری دارد.

جدول۲. نتایج الگوریتم‌های بهینه‌سازی مختلف برای شبکه‌توزیع با هدف افزایش قابلیت‌اطمینان

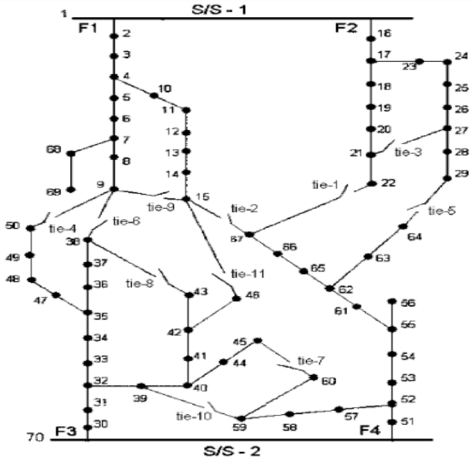
روش	بهترین جواب		بدترین جواب		میانگین جواب‌های به‌دست‌آمده
	سوئیچ-های باز	تلفات [kw]	سوئیچ-های باز	تلفات [kw]	
الگوریتم ژنتیک	S7,S9,S14,S32,S37	۵۳۷۹۸/۲	S7,S9,S30,S34,S37	۵۴۷۷۳/۸	۵۴۷۷۳/۸
الگوریتم Pso	S7,S9,S14,S32,S37	۵۳۲۹۹/۳	S7,S19,S14,S30,S37	۵۳۷۹۹/۶	۱۴۰/۴۹
الگوریتم DPso	S7,S9,S14,S32,S37	۵۳۳۲۴/۱	S19,S17,S14,S32,S37	۵۳۳۹۶/۵	۱۴۰/۳۹
الگوریتم FLA	S7,S9,S14,S32,S37	۵۳۲۹۸/۱	S19,S17,S34,S35,S37	۵۳۲۹۸/۱	۵۳۲۹۸/۱

شبکه توزیع دوم

Archive of SID

www.SID.ir

شبکه توزیع دوم یک سیستم فرضی با چهار فیدر، 70 باس و 11لوپ ، ولتاژ نامی سیستم ۱۱kv و تلفات شبکه برای حالت اولیه ۲۲۷.۵۱۲۷ می باشد. دیاگرام سیستم فوق در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل۴. دیاگرام شبکه توزیع دوم

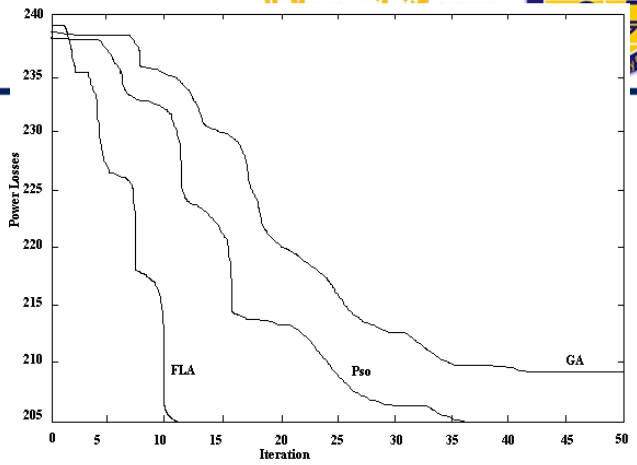
با استفاده از جدول۳ می‌توانیم به مقایسه روش فوق با سایر روش‌ها از نظر دقت و سرعت همگرائی بپردازیم. با استفاده از جدول فوق مشاهده می‌شود که با استفاده از روش فوق می‌توانیم در زمانی کمتر از سایر روش‌ها به بهترین جواب برسیم:

جدول۳. نتایج روش های مختلف برای شبکه توزیع دوم

روش	تلفات توان [kw]	زمان اجرا	کلیدهای باز
الگوریتم GA	۲۰۵/۳۳	۷ دقیقه	S26-27,S15-87,S14-15,S37-38,S29-64,S9-38,S49-50,S44-45,S64-66,S39-59,S15-46
الگوریتم Pso	۲۰۵/۳۵	۶ دقیقه	S26-27,S15-87,S14-15,S37-38,S29-64,S9-38,S49-50,S44-45,S64-66,S39-59,S15-46
الگوریتم FLA	۲۰۵/۱۲	۳ دقیقه	S26-27,S15-87,S14-15,S37-38,S29-64,S9-38,S49-50,S44-45,S64-66,S39-59,S15-46

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۵. روند همگرائی الگوریتم *FLA* در مقایسه با دو الگوریتم *GA* و *Pso* برای شبکه توزیع دوم

در شکل۵ همگرائی روش فوق برای یک بار آزمایش برروی سیستم توزیع دو در مقایسه با دو الگوریتم دیگر نشان داده شده است، مشاهده می‌شود که الگوریتم ژنتیک اصلاً به جواب نرسیده و الگوریتم *Pso* هم بعد از ۳۷ تکرار به جواب رسیده است ولی الگوریتم تنها بعد از ۱۱ تکرار به جواب رسیده است که این امر بیانگر سرعت بالای الگوریتم مورد نظر در مقایسه با دو الگوریتم دیگر است.

نتیجه‌گیری

در این مقاله از الگوریتم‌های تکاملی، بعنوان روشی جدید و موثر در حل مسئله تجدید آرایش استفاده شد. الگوریتم تکاملی مفروض، الگوریتم جهش قورباغه می‌باشد که روش مناسبی در حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی همچون تجدید آرایش است

همچنین در الگوریتم مفروض نیازی به محاسبات سنگین ریاضی نیست. تجدید آرایش یک مسئله بهینه‌سازی پیچیده ترکیبی بوده و امکان استفاده مستقیم از روشهای بهینه سازی ریاضی در آن دشوار است، از اینرو در این مقاله از یک روش جدید مبتنی بر الگوریتم FLA با توجه به سرعت بالا و کارآیی آن در شبکه‌های پیچیده به منظور تجدید آرایش ارائه شد از جمله مزیت-های روش ارائه شده تشخیص و حذف آرایشهای نامناسب در حین انجام عملیات است که این امر سبب افزایش سرعت اجرای آن می‌شود. در روش ارائه شده حداقل کردن تلفات سیستم، افت و لتاژ و تعداد کلیدزنی بعنوان توابع هدف و حفظ ساختار شعاعی سیستم، محدودیت ولتاژ باس و توان خطوط بعنوان قیدهای مسئله تجدید آرایش در نظر گرفته شدند. نتایج شبیه-سازی‌های انجام شده بر روی چند سیستم توزیع فرضی نشان‌دهنده دقت و سرعت بالای الگوریتم مفروض در مقایسه با سایر روش ها و الگوریتم‌های بهینه‌سازی دیگر است. ارزیابی نتایج نشانگر کیفیت بالای جواب‌های ارائه شده توسط الگوریتم FLA در مسائل گسسته است و بیانگر این واقعیت است که این روش بهینه‌سازی راهکار مناسبی برای حل مسائل مرتبط با شبکه توزیع می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

[۱۱] فرید نیان، ع. ر. " کاهش تلفات با تحدید آرایش " مجلهٔ علمی - تخصصی صنعت برق، سازمان توانیر ، شمارهٔ ۸۰ ، سال هفتم،).۱۳۸۱(، ۲۳ -صص ۱۵

[2] Sarfi, R. J., Salama, M. M. A. and Chikhani, A. Y. (1995). "Practical aspect of performing a distribution system loss reduction study." *CCEC*, PP.164-167.

radial distribution analysis of [3] Papadopoulos, M. P., Hatiargriou, N. D. and Papadakis, M. E. (1987). "Graphics aided interactive networks." *IEEE Trans on PWRD,* Vol. 2, No. 4.

[3]. Y. T. Hsiao and C. Y. Chen, Multiobjective optimal feeder reconfiguration, in Proc. Inst. Elect. Eng.—Gener., Transm., Distrib., vol. 148, pp. 333–336, Jul. (2001).

[4]. M. A. Kashem, V. Ganapathy, and G. B. Jasmon, Network reconfiguration for load balancing in distribution networks, in Proc. Inst. Elect. Eng.— Gener., Transm., Distrib., vol. 146, pp. 563–567, Nov. (1999).

[5]. Y. J. Jeon and J. C. Kim, Network reconfiguration in radial distribution system using simulated annealing and tabu search, in

[6]. Proc. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting, pp. 23–27, Jan.(2000).

[7]. W. M. Lin, F. S. Cheng, and M. T. Tsay, Distribution feeder reconfiguration with refined genetic algorithm, in Proc. Inst. Elect. Eng.— Gener., Transm., Distrib., vol. 147, pp. 349–354, Nov.

(2000).

[8]. Goswami S. K. and S. K. Basu, A new algorithm for the reconfiguration of distribution feeders for loss minimization, IEEE Trans. Power Del., 7(3):1484–1491,(1992).

Archive of SID

www.SID.ir