بسمه تعالی

انجمن علمی شبکه های هوشمند انرژی

2nd Iranian Conference on Smart Grid, May 23&24,2012,Tehran,Iran(ICSG 2012)

دومین کنفرانس شبکه های الکتریکی هوشمند، ۳و ۴ خرداد ۱۳۹۱، تهران، ایران

استفاده از روشی بهبود یافته در تجدید آرایش شبکه‌های هوشمند با در نظرگیری مدل تصادفی برای بارها

رضا اسلامی[۱]، حسین عسکریان[۲]، احسان آزاد فارسانی[۳]و کاظم مظلومی[۴]

[۱]دانشگاه صنعتی امیرکبیر، rezaeslami67@aut.ac.ir

[۲]دانشگاه صنعتی امیرکبیر، askarian@aut.ac.ir

[۳]دانشگاه صنعتی امیرکبیر، e.azad@aut.ac.ir

[۴]دانشگاه زنجان، kmazlumi@znu.ac.ir

چکیده - در سیستم‌های توزیع، آرایش شبکه عموماً برای کاهش تلفات و کنترل ولتاژ شبکه تجدید می‌شود. اساس روش تجدید آرایش، باز و بسته کردن کلیدهای هر حلقه است، به گونه‌ای که تابع هدف موردنظر بهینه شود. یکی از روش‌های به کار رفته در حل مسئله تجدید آرایش روش تک حلقه است که نقطه ضعف آن سرعت پایین آن به دلیل عدم انتخاب بهینه ترتیب حلقه‌هاست. در این مقاله به منظور پیدا کردن ترتیب بهینه حلقه‌ها از الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات با در نظر گرفتن شماره حلقه‌ها به عنوان متغیر کنترلی، استفاده شده است. سپس در هر حلقه، بر اساس روابط بیان شده در تک حلقه، خطی که بیشترین تأثیر را بر روی کاهش تلفات دارد، باز می‌شود. از دیگر عوامل تأثیرگذار روی مسئله تجدید آرایش در شبکه های هوشمند، محتمل بودن نتایج بدست‌آمده است، و از مهمترین عوامل تاثیرگذار در احتمال نتایج، ماهیت تصادفی بارهای شبکه در هر لحظه است. در این مقاله به منظور در نظرگیری ماهیت تصادفی بارهای شبکه، از روشی مبتنی بر انتخاب سناریوهای محتمل استفاده شده و تجدید آرایش بر روی این سناریوها اعمال شده است. در انتها روش ارائه شده بر روی شبکه ۳۳ باس *IEEE* اعمال شده است.

کلید واژه- الگوریتم PSO، تجدید آرایش، کاهش تلفات و مدل تصادفی

۱- مقدمه

ساختار شبکه بر میزان تلفات شبکه تأثیر دارد و به همین دلیل شرکت‌های توزیع به دنبال ساختاری از شبکه می‌باشند که تلفات در آن حالت مینیمم مقدار ممکن باشد. در شبکه‌های توزیع دو نوع کلید متصل‌کننده (tie switch) و جدا کننده (sectionalizing switch) وجود دارد. وضعیت باز و بسته بودن این کلیدها ساختار شبکه را مشخص می‌کند (البته وضعیت کلیدها باید به نحوی باشد که ساختار شعاعی شبکه حفظ شود و ولتاژ نقاط مختلف شبکه مقدار قابل قبولی داشته باشد). تاکنون روش های زیادی برای حل مسئله‌ی تجدیدآرایش ارائه شده است[۱و۲]. اساس بسیاری از روش‌های فوق استفاده از الگوریتم-های بهینه سازی تکاملی است. برای نمونه در [۳] روش الگوریتم ژنتیک برای یافتن ساختاری از شبکه که دارای کمترین مقدار تلفات است، مورد استفاده قرار گرفته است. در [۴] نیز تغییر آرایش شبکه برای کاهش تلفات در شبکه‌های نامتعادل با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام شده است. در [۵]، یک روش فازی چند هدفه برای یافتن بهترین ساختار ارائه شده است. در [۶]، الگوریتم گداخت تدریجی (SA) برای این منظور استفاده شده است.

در این مقاله الگوریتم جدیدی ارائه شده که با در نظرگرفتن حلقه‌های موجود در شبکه‌ی توزیع به عنوان متغیر کنترلی، روش تجدید آرایش ارائه شده در [۷] بهبود داده شده است. در واقع در روش ارائه شده، با انتخاب بهینه ترتیب حلقه ها، سرعت روش تجدید آرایش در رسیدن به جواب بهینه افزایش می یابد. از الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات (PSO) به منظور بهینه سازی تلفات در شبکه‌ی توزیع با استفاده از تجدید آرایش استفاده شده است. در این مقاله همچنین به جای مدل سازی قطعی و ثابت بارها (Deterministic)، مدلی تصادفی ارائه شده که در آن وضعیت‌های مختلف بارها و تغییرات مقادیر آن با سناریوهای مختلف شبیه‌سازی شده است. در این حالت اپراتور

می‌تواند بر اساس حالت فعلی شبکه مناسب‌ترین آرایش شبکه را انتخاب کند. ایده استفاده از مدل تصادفی، ایجاد حالت‌های محتمل برای شبکه از پیشامدهای تصادفی و آنالیز شبکه در ازای وقوع آن پیشامد تصادفی می‌باشد.

۲- تغییر آرایش شبکه توزیع

در شبکه‌های توزیع برای بالا بردن قابلیت اطمینان شبکه، همواره خطوطی وجود دارند که در صورت وارد شدن آنها به مدار امکان حلقوی شدن شبکه وجود دارد. این خطوط در حالت عادی، به دلیل حفظ ساختار شعاعی شبکه، در داخل شبکه قرار نمی‌گیرند و توسط کلید (که کلید متصل کننده نامیده می‌شوند) قطع هستند و تنها در حالتی که یکی از خطوط شبکه (به هر دلیلی) از مدار خارج شوند، این خطوط متصل کننده وارد مدار شده و مانع از قطع برخی بارها می‌گردند.

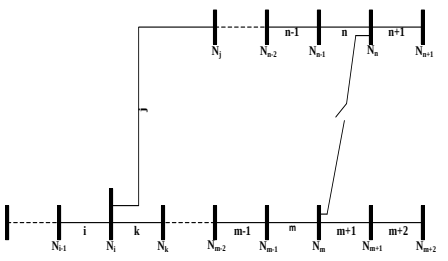
همان‌طور که بیان شد این خطوط در صورت وصل بودن سبب ایجاد حلقه در شبکه می‌شوند، در این حلقه هر خطی که از مدار خارج شود ساختار شعاعی شبکه حفظ می‌شود. در این بخش روشی بیان می‌شود که در حلقه‌های به وجود آمده در شبکه کدام خطوط قطع شوند تا ضمن حفظ ساختار شعاعی شبکه، تلفات کمترین مقدار ممکن را داشته باشد.

۲-۱- روش تغییر آرایش برای تک حلقه

در ادامه روشی که خط بهینه برای خارج شدن در تک حلقه را به دست می‌دهد، آورده شده است [۷]:

در شکل ۱ فرض کنید شاخه‌های $\{j,...,n\}$ در حلقه متناظر با کلید متصل کننده s را به عنوان مجموعه L و شاخه‌های $\{k,...,m\}$ را به عنوان مجموعه R مشخص کنیم.

مقاومت خط و کلید متصل کننده s متناظر با شاخه برابر r_s است. وقتی کلید متصل کننده s بسته شود و یک کلید جداکننده در حلقه باز شود توان $P_s + jQ_s$ بین دو مجموعه شاخه جابه‌جا می‌شود. فرض کنید توان منتقل شده $P_s + jQ_s$ یک متغیر پیوسته است و از مجموعه L به R منتقل می‌شود.



شکل ۱ : شبکه توزیع نمونه

بعد از تغییر شاخه کاهش تلفات توان ΔP_{al} از فرمول ۱ بدست می‌آید.

$$\begin{aligned}\Delta P_{al} &= P_{ori} - P_{ref} \\ &= 2\sum_{i\in L}[P_i P_s + Q_i Q_s].r_i - 2\sum_{i\in R}[P_i P_s + Q_i Q_s].r_i - (P_s^2 + Q_s^2).r_s\end{aligned} \quad (۱)$$

P_{ori} تلفات توان حقیقی شبکه اصلی، P_{ref} تلفات توان حقیقی بعد از تغییر آرایش و P_i و Q_i به ترتیب توان اکتیو و راکتیو عبوری از خطوط می‌باشد.

برای یافتن توان منتقل شده بهینه $P_s + jQ_s$ که ΔP_{al} را ماکزیمم کند بایستی مشتق جزئی ΔP_{al} به ترتیب نسبت به P_s و Q_s مطابق فرمول ۲ برابر صفر باشد.

$$\begin{cases}\dfrac{\partial \Delta P_{al}}{\partial P_s} = 0 \\ \dfrac{\partial \Delta P_{al}}{\partial Q_s} = 0\end{cases} \quad (۲)$$

از حل فرمول ۲ مقدار توان بهینه جهت انتقال بین دو مجموعه مطابق فرمول ۳ بدست می‌آید.

$$\begin{cases}P_s = \dfrac{\sum_{i\in L} P_i r_i - \sum_{i\in R} P_i r_i}{\sum_{i\in L\cup R} r_i + r_s} \\ Q_s = \dfrac{\sum_{i\in L} Q_i r_i - \sum_{i\in R} Q_i r_i}{\sum_{i\in L\cup R} r_i + r_s}\end{cases} \quad (۳)$$

برای یافتن شاخه‌ای که توان عبوری از آن برابر توان انتقالی بهینه باشد قوانین زیر بر اساس علامت و اندازه توان انتقالی بهینه تعریف می‌شود.

اگر $P_s < \frac{P_n}{2}$ یا $P_s < \frac{P_m}{2}$ تلفات توان حقیقی در حلقه قبلاً مینیمم بوده و کلید متصل کننده باید باز بماند.

اگر P_s بزرگتر از صفر باشد توان بهینه از مجموعه L به مجموعه R انتقال می‌یابد. در مجموعه L شاخه‌ای که نزدیک‌ترین توان به P_s دارد باید باز شود.

اگر P_s کوچکتر از صفر باشد توان بهینه از مجموعه R به مجموعه L انتقال می‌یابد. در مجموعه R شاخه‌ای که نزدیک‌ترین توان به P_s دارد باید باز شود.

۲-۲- روش بهبود یافته

در روش بیان شده در [۷] برای حالتی که تنها یک حلقه در

شبکه وجود داشته باشد، بهینه‌ترین خط را برای خروج و شعاعی شدن شبکه به دست می‌دهد. در [۷] برای حالتی که چندین حلقه در شبکه وجود داشته باشد، کلیدهای متصل کننده به ترتیب انتخاب شده و به ازای هر کلید متصل کننده حلقه متناظر با آن را تشخیص داده و برای هر حلقه مطابق با روش بیان شده در بالا خطی که می‌بایستی باز شود تشخیص داده شده و باز می‌شود. سپس برای کلید متصل کننده بعدی نیز این کار را انجام می‌شود. این روش مسلماً بهینه ترین خطوط را برای باز شدن به دست نمی‌دهد، زیرا ترتیب انتخاب کلیدهای متصل-کننده در خطوطی که می‌بایستی باز شوند و در نتیجه بر آرایش و مقدار تلفات شبکه تأثیر دارد.

ابتدا فرض می‌کنیم که تمام خطهای متصل کننده قطع باشند، سپس اولین خط متصل کننده را انتخاب کرده و مجموعه L و R آن را (که در شکل ۱ توضیح داده شده‌اند) تشکیل می-دهیم و مطابق فرمولهای بالا خطی از مجموعه L و R که باید خارج گردد را مشخص کرده و آن را از مدار خارج کرده و خط متصل کننده متناظر با آن را وارد مدار می‌کنیم. سپس برای خطوط متصل کننده بعدی نیز به ترتیب همین کار را انجام می-دهیم. در مرجع [۷] هیچ ترتیب خاصی برای انتخاب خطوط متصل کننده لحاظ نشده است، اما ترتیب انتخاب خطوط متصل کننده در خطوطی که باید از مدار خارج شوند تأثیر داشته و در نتیجه در مقدار تلفات نیز تأثیر دارد. لذا ترتیب بهینه‌ای از خطوط متصل کننده را انتخاب می‌کنیم که تلفات مینیمم شود.

۳- مدل تصادفی بارها

به جای مدل سازی قطعی و ثابت بارها، یک مدل تصادفی می‌توان ارائه داد که در آن وضعیت‌های مختلف بارها و تغییرات مقادیر آن با سناریوهای مختلف شبیه‌سازی شده است و اپراتور شبکه می‌تواند بر اساس حالت فعلی شبکه مناسب‌ترین آرایش را انتخاب کند. ایده استفاده از مدل تصادفی، ایجاد حالت‌های ممکنه برای شبکه از پیشامدهای تصادفی و آنالیز شبکه در ازای وقوع آن پیشامد تصادفی می‌باشد.

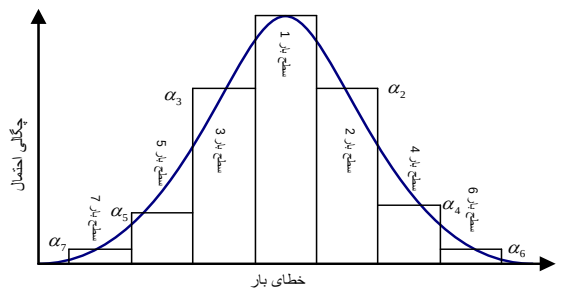
۳-۱- تولید سناریو

در این مقاله برای داشتن پیش بینی صحیحی از بار، عدم قطعیت در بار، به صورت خطای پیش بینی بار در نظر گرفته می‌شود. بنابراین تابع توزیع احتمال (PDF) خطای بار بایستی ساخته شود (در این مقاله از یک تابع توزیع احتمال نوعی استفاده شده است). تابع توزیع پیوسته استفاده شده برای خطای پیش‌بینی بار با گسسته شده‌ی آن در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق شکل ۱، ۷ فاصله با میانگین صفر که عرض هر فاصله برابر با انحراف معیار می‌باشد [۸]. سرانجام یک مکانیزم چرخ گردان برای تولید سناریو به کار گرفته می‌شود [۱۲]. در مکانیزم چرخ گردان، سناریوها بر اساس سطوح مختلف پیش بینی بار و احتمال وقوع آنها که از PDF به دست می‌آید، انتخاب می‌شوند.

برای این هدف، ابتدا احتمال وقوع سطوح مختلف را به نحوی نرمال می‌کنیم که جمع آنها یک شود. سپس، با مکانیزم چرخ گردان (شکل) یک سناریو از مقدار بارها به دست می‌آید. در این رابطه، مطابق شکل ، رنج بین صفر تا یک با احتمال‌های نرمال شده اشغال می‌شود. بعد از آن، اعداد رندمی بین صفر تا یک تولید می‌کنیم. هر عدد رندمی در رنج نرمال شده سطوح بار در چرخ گردان قرار می‌گیرد(شکل۲). سطح انتخاب شده با عدد یک و باقی سطوح با عدد صفر مشخص می‌شود. بعد از به دست آوردن سطوح پیش بینی بار برای همه بارها، یک سناریو که همه بارها را در بر می‌گیرد، ساخته می‌شود. یک سناریو، یک بردار از پارامترهای دوتایی است که سطح مربوط به بارها را مشخص می-کند. این روش تا زمانی که تعداد سناریوها به تعداد مطلوب ما برسد، تکرار می‌شود. سرانجام احتمال وقوع همه سناریوها با رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

$$Scenario_n = [W_{1,n}^{L_1},...,W_{7,n}^{L_1},...,W_{1,n}^{L_n},...,W_{7,n}^{L_n}]_{1*(7N_L)} \quad (۴)$$

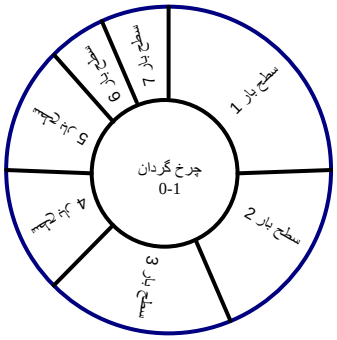
$$P_{Scenario_n} = \frac{\prod_{j=1}^{N_L}\sum_{i=1}^{7} W_{i,n}^{L_j}.\alpha_{i,n}}{\sum_{k=1}^{N_{Scen}}(\prod_{j=1}^{N_L}\sum_{i=1}^{7} W_{i,n}^{L_j}.\alpha_{i,n})} \quad (۵)$$



شکل ۲: گسسته سازی تابع توزیع احتمال بار

در رابطه‌ی فوق N_L و N_{Scen} به ترتیب نشان دهنده‌ی تعداد

بارها و تعداد سناریوهای شبکه است.



شکل ۳: چرخ گردان

۳-۲- کاهش سناریو

در این مقاله، برای کاهش محاسبات، یک مکانیزم کاهش سناریو برای کاش دادن تعداد سناریوها اعمال شده است. بنابراین تقریب خوبی از رفتار تصادفی سیستم به دست می‌آید [۱۳]. مکانیزم توضیح داده شده دارای مراحل زیر است:

گام نخست: ساختن ماتریس (Kantorovich Distance). ابتدا بایستی KD را برای هر جفت سناریو محاسبه کرد [۱۴]. مثل زیر:

$$KD(\xi^i,\xi^j)=(\sum_{s=1}^{N_L} L_s^i - L_s^j)^{0.5} \qquad (۶)$$

گام دوم: تعیین ترتیب نزدیکی سناریوها به هر سناریو با محاسبه KD در گام نخست و نشان دادن آن در ماتریس KD.

گام سوم: محاسبه جمله زیر برای هر جفت سناریو در گام قبلی

$$kp^{i,j}=\min\left\{KD(\xi^i,\xi^j)\right\}\times p[\xi^i] \qquad (۷)$$

مقایسه $kp^{i,j}$ برای همه جفت سناریوها در ماتریس KD و جایگذاری جفتی که مینیمم مقدار را دارد. از میان دو عضو از این جفت، سناریویی که بایستی حذف شود، بر اساس معیارهای زیر انتخاب می‌شود:

الف) نزدیکی نسبی به سایر سناریوها

ب) احتمال وقوع کم

گام چهارم: پس از حذف یک سناریو احتمال وقوع سناریو حذف شده را به احتمال وقوع نزدیکترین سناریو اضافه کرده و ماتریس جدید KD را می‌سازیم.

گام پنجم: با اجرای دوباره گام دوم و حذف یک سناریو در هر تکرار، تا رسیدن به تعداد سناریو مورد نظر این تکرار را ادامه می‌دهیم. در این مورد، می‌خواهیم در نهایت ۱۰ سناریو به نمایندگی از ۱۰۰۰ سناریو اولیه تولید کنیم.

۴- روش بهینه‌سازی

زبان برنامه نویسی DIGSILENT (DPL) برای محاسبه تابع هدف استفاده شده است. الگوریتم بهینه سازی PSO نیز توسط نرم افزار MATLAB اجرا شده است. مزیت استفاده از DPL برای مجاسبه تابع هدف علاوه بر مدل کردن دقیق المان‌ها، محاسبه دقیق تلفات در نرم افزار DIGSILENT می‌باشد. روش بهینه‌سازی اصلی بازآرایی شبکه برای کاهش تلفات توسط فلوچارت شکل ۴ نشان داده شده است. مطابق آنچه که در شکل ۴ نشان داده شده است، در هر تکرار الگوریتم PSO، بازآرایی شبکه بر اساس الگوریتم توضیح داده شده اعمال گردیده و مقدار تابع هدف، توسط نرم افزار DIGSILENT محاسبه می‌شود. تعداد ذرات و حداکثر تکرارها در الگوریتم PSO به ترتیب برابر با ۵۰ و ۵۰ در نظر گرفته شده است.

۵- شبیه‌سازی

روش تغییر آرایش توضیح داده شده بر روی شبکه توزیع آزمایشی ۱۲/۶۶ کیلوولت Baran and Wu پیاده شده است [۱۵]. که نمای تک خطی شبکه در شکل ۵ آورده شده است. این شبکه دارای ۳۲ باس و ۵ خط متصل کننده (tie switch) می‌باشد که به ترتیب با S_{33} ، S_{34}، S_{35}، S_{36} وS_{37} نام‌گذاری شده‌اند

تلفات شبکه قبل از اعمال الگوریتم تغییر آرایش (حالت اولیه شبکه) برابر۱۹۵/۶۴۵ کیلووات می‌باشد.

با استفاده از الگوریتم نوشته شده ترتیبی از خطوط که سبب بیشترین (بهترین حالت) کاهش تلفات می‌شود آورده شده است.

۵-۱- مدل بار ثابت

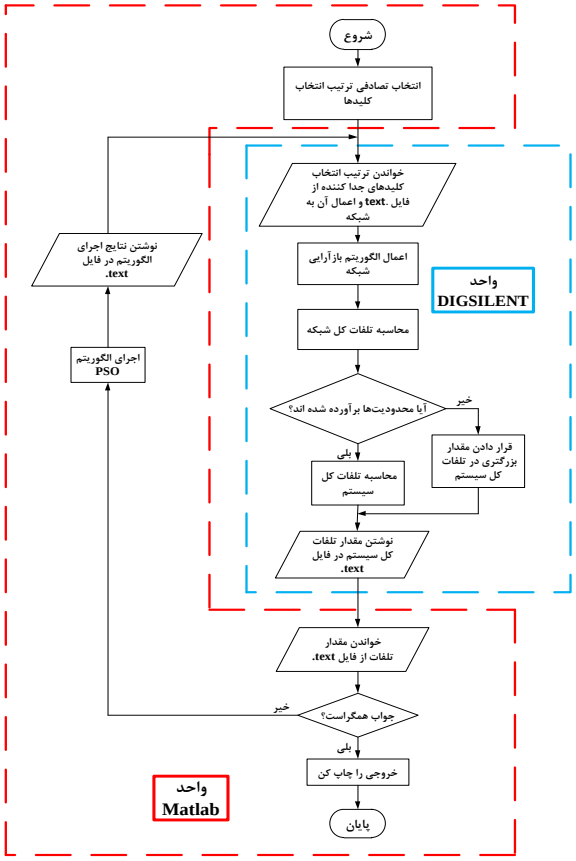
در بهترین حالت ترتیب انتخاب خطوط متصل کننده به ترتیب برابر S_{34}، S_{33}، S_{37}، S_{35} وS_{36} که بایستی به ترتیب وارد مدار شوند، و خطوطی که باید از مدار خارج شوند نیز برابر S_{14}، S_7، S_{28}، S_9 و S_{32} می‌باشند. مقدار تلفات نیز برابر۱۳۴/۲۸۷کیلو-وات می‌باشد که نسبت به حالت اولیه۶۱/۳۵۸ کیلووات کاهش یافته است.

۵-۲- مدل بار تصادفی

در مدل بار تصادفی بر اساس روشی که در قسمت‌های بالا توضیح داده شده ابتدا ۱۰۰۰ سناریو برای بارهای شبکه تولید کرده و سپس با روش کاهش سناریو این تعداد سناریو را به ۱۰ سناریو کاهش دادیم. همچنین بجای انتخاب ۱۰ سناریو می‌توان تعداد سناریو بیشتری انتخاب کرد، اما در این حال بار محاسباتی و زمان اجرای برنامه بیشتر می‌شود ولی احتمال وقوع نتایج افزایش می‌یابد. در ادامه برای سهولت کار اپراتور شبکه در انتخاب سناریو مناسب که در آن احتمال وقوع هرکدام از این ۱۰ سناریو لحاظ شده باشد، سناریویی را (سناریو تجمیع) که از حاصل جمع ۱۰ سناریو تولید شده با در نظر گرفتن احتمال وقوعشان بدست می‌آید، تولید می‌کنیم. در جدول ۱ نتایج بهینه سازی تلفات شبکه با استفاده از روش تجدید آرایش مورد نظر برای هر یک از ۱۰ سناریو ، سناریو تجمیع و مدل بار ثابت شبکه، نشان داده شده است.

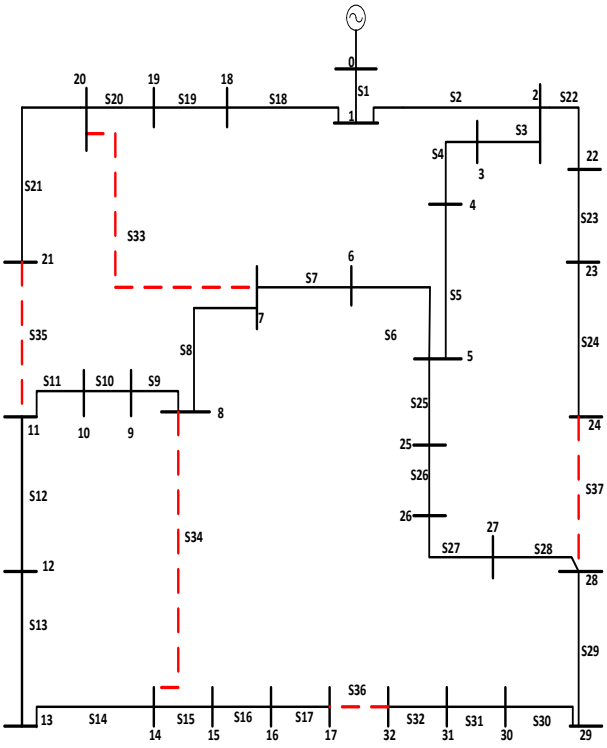
همچنین برای مقایسه دو الگوریتم تجمع ذرات(PSO) و ژنتیک(GA)، نمودار همگرایی این دو الگوریتم برای سناریو تجمیع در شکل ۶ آورده شده است.

با مقایسه این دو نمودار می‌بینیم که الگوریتم تجمع ذرات سریعتر و با تکرار کمتری به جواب بهینه می‌رسد.



شکل ۴: فلوچارت برنامه تغییر آرایش پیشنهادی

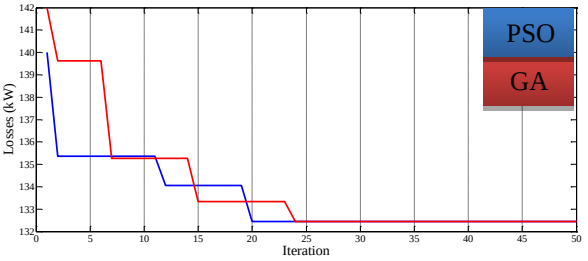
در شکل ۷ مقدار پریونیت ولتاژ باس‌بارها برای همه سناریوها رسم شده است. همانگونه که در شکل نیز مشخص شده است نمایش ولتاژ باس‌بارها در سناریوی تجمیع سناریوها به رنگ قرمز و برای سناریوهای دهگانه به رنگ آبی نشان داده شده است. در واقع ۱۰ سناریو تولید شده دارای احتمال وقوع بیشتری از ۹۹۰ سناریو تولید شده دیگر هستند و عدم قطعیت بارها در این ۱۰ سناریو با احتمال بالا در نظر گرفته می‌شود. در این حالت اپراتور شبکه به دو شکل می‌تواند برای آرایش شبکه تصمیم‌گیری کند: ۱) با استفاده از روش‌های پیش‌بینی بار مناسب‌ترین سناریو (از میان ده سناریو نماینده) که در آن وضعیت بارها به وضعیت حال حاضر شبکه نزدیکتر است را انتخاب کند. ۲) از سناریو تجمیع، که در آن عدم قطعیت موجود در هریک از ده سناریو با در نظرگیری احتمال وقوعشان در سناریو تجمیع یافته لحاظ شده است استفاده کند.



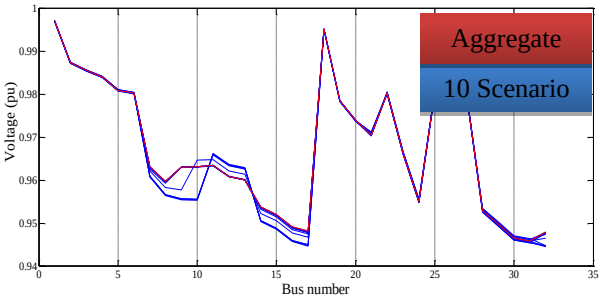
شکل ۵: نمای تک خطی شبکه مورد استفاده

جدول ۱: اطلاعات سناریوهای مختلف شبکه

حالت‌های شبکه	توان تلفاتی کل شبکه(kW)	خطوط خارج شده
مدل بار ثابت	۱۳۴/۲۸۷	S_{32} و S_{28} و S_{14} و S_9 و S_7
سناریو۱	۱۳۶/۰۴۹	S_{32} و S_{28} و S_{14} و S_{11} و S_7
سناریو۲	۱۳۳/۸۲۶	S_{32} و S_{28} و S_{14} و S_9 و S_7
سناریو۳	۱۳۱/۴۱۸	S_{32} و S_{28} و S_{14} و S_9 و S_7
سناریو۴	۱۳۱/۹۲۵	S_{32} و S_{28} و S_{14} و S_{11} و S_7
سناریو۵	۱۳۱/۹۴۶	S_{32} و S_{28} و S_{14} و S_9 و S_7
سناریو۶	۱۳۴/۴۴۶	S_{32} و S_{28} و S_{14} و S_9 و S_7
سناریو۷	۱۳۲/۴۶۹	S_{32} و S_{28} و S_{14} و S_9 و S_7
سناریو۸	۱۳۵/۶۰۳	S_{32} و S_{28} و S_{14} و S_{11} و S_7
سناریو۹	۱۳۳/۶۰۳	S_{32} و S_{28} و S_{14} و S_{10} و S_7
سناریو۱۰	۱۳۲/۵۷۶	S_{32} و S_{28} و S_{14} و S_9 و S_7
تجمیع سناریوها	۱۳۲/۴۴۸	S_{32} و S_{28} و S_{14} و S_9 و S_7



شکل ۶: نمودار همگرایی الگوریتم‌های بهینه‌سازی



شکل ۷: نمودار ولتاژ باس‌بارها به پریونیت

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله روش بازآرایی که در [۵] توضیح داده شده است، با بهینه سازی ترتیب انتخاب حلقه‌ها و با اعمال مدل تصادفی برای بارهای شبکه اعمال گردیده است. بازآرایی در هر حلقه بر اساس روش تغییر آرایشی که در [۵] استفاده شده است، اجرا گردیده است. الگوریتم گسسته PSO برای بازآرایی شبکه مورد نظر استفاده شده است. مقصود تابع هدف، به حداقل رساندن توان تلفاتی کل شبکه، با اعمال محدودیت‌های ولتاژ باس‌ها می‌باشد. همچنین با حرکت به سمت شبکه‌های هوشمند و اتخاذ تصمیمات در مدت زمان کم، بایستی تصمیمات اتخاذ شده دارای احتمال وقوع بالایی باشند که در این مقاله از مدل بار تصادفی برای فائق آمدن بر مسئله‌ی فوق استفاده شد. نتایج بدست‌آمده نشان دهنده‌ی دقت بالای روش مورد نظر در پیدا کردن جواب بهینه با احتمال وقوع بالا می‌باشد.

مراجع

[1] Zhou Q, Shirmohammadi D, Liu WHE, “Distribution feeder reconfiguration for service restoration and load balancing”, IEEE Transactions on Power Systems 1997; 12(2):724–729.

[2] Lopez E. h. Opaso, “Online reconfiguration considering variability demand”, Applications to real networks. IEEE Transactions on Power Systems 2004; 19(1):549–553.

[3] D. Jiang and R. Baldick “Optimal electric distribution system reconfiguration and capacitor control,” IEEE Trans. Power Syst., 11, (2), pp. 890–897, 1996.

[4] G. Vulasala, S. Sirirgiri and S. Thiruveedula “Feeder Reconfiguration for Loss Reduction in Unbalanced Distribution System Using Genetic Algorithm,” International Journal of Electrical Power and Energy Systems Engineering 2009.

[5] H.D. Chiang and R.M. Jean-Jameau “Optimal network reconfiguration in distribution systems, Part 1: a new formulation and a solution methodology,” IEEE Trans. Power Deliv., 5, (4), pp. 1902–1909, 1990.

[6] Y. J. Jean and J. C. Kim, “An efficient simulated annealing algorithm for network reconfiguration in large-scale distribution systems,” IEEE Trans. Power Del., vol. 17, no. 4, pp. 1070–1078, Oct. 2002.

[7] D. Zhang, Zh. Fu, L. Zhang, “Joint optimization for power loss reduction in distribution systems,” IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 23, No. 1, pp. 161-169, 2008.

[8] Papoulis .A, “Probability, Random Variables, and Stochastic Processes”,3rd ed. Boston, MA: McGraw-Hill, 1991.

[9] Z. Rong, P. Xiyuan, H. Jinliang, and S. Xinfu, “Reconfiguration and capacitor placement for loss reduction of distribution systems,” in Proc. IEEE TENCON’02, 2002, pp. 1945–1949.

[10] C. T. Su and C. S. Lee, “Feeder reconfiguration and capacitor setting for loss reduction of distribution systems,” Elect. Power Syst. Res., vol. 58, no. 2, pp. 97–102, Jun. 2001.

[11] Chung-Fu Chang, “Reconfiguration and Capacitor Placement for Loss Reduction of Distribution Systems by Ant Colony Search Algorithm” IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 23, No. 4, pp. 1747-1755, 2008.

[12] Damousis . I. G., Bakirtzis . A. G and Dokopolous . P. S, “A solution tothe unit-commitment problem using integer coded genetic algorithm,” IEEE Trans. Power Syst., vol. 19(1), pp. 198–205, Feb. 2003.

[13] Muhamad Razali . N.M and Hashim . A. H, “Backward Reduction Application for Minimizing Wind Power Scenarios in Stochastic Programming,” The 4th International Power Engineering and Optimization Conf, Malaysia., pp, 23-24, June 2010.

[14] Brand H., Thorin .E and Weber .C, “Scenario red creation of multi-stage scenario trees”, Optimisa Systems in a Competetive Market Enviro Discussion Paper., 7, Feb 2002.

[15] Baran ME, Wu FF, “ Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing”, IEEE Transactions on Power Delivery 1989; 4(2):1401–1407.