همایش ملی انرژی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر
آذر 1394

تجدید ساختار شبکه توریع برق به منظور کاهش تلفات اهمی مبتنی بر روش ترکیبی الگوریتم ISEM و GA

سمانه تربت اصفهانی[1]، میلاد دولتشاهی[2]

* نویسنده مسئول: dolatshahi@iaukhsh.ac.ir

چکیده

برنامه ریزی برای کاهش تلفات انرژی در یک سیستم توزیع یکی از مهمترین مسائل شرکتهای توزیع است. چند الگوی عملیاتی در سیستمهای توزیع الکتریکی وجود دارد؛ یکی از آنها "تجدید ساختار شبکه" با تعیین حالتهای باز و بسته سوئیچها است که می تواند باعث مینیمم شدن تقریبی تلفات واقعی، بهبود(افزایش) در پروفیل ولتاژ و کاهش اضافه بار و به حداقل رساندن خاموشیها در شبکه شود. در این پایان نامه جهت محاسبات پخش بار از روش پیشرو- پسرو استفاده می گردد و تجدید ساختار شبکه بر اساس روش ISEM مبتنی بر تولید حالتهای اولیه که از خروجی برنامه GA حاصل می شود، منجر به کاهش تلفات اهمی در سیستم توزیع مفروض می گردد. در کنار الگوریتم مذکور، از نظریهٔ گراف و ماتریس مجاورت گراف متناظر شبکه توزیع، جهت بررسی قیود و محدودیت های توابع هدف مسئله بازآرایی مانند شعاعی بودن شبکه توزیع و انتقال توان به کلیه بارها استفاده شده است. روش های پیشنهادی فوق بر روی شبکه توزیع استاندارد 33 باسه IEEE پیاده سازی و مورد بررسی قرار گرفته است. ISEM (روش پیشرفته عوض کردن سوئیچ (switch-exchange)) جستجوی الگوریتم ژنتیکی را به سمت راه حل بهینه هدایت می کند و سرعت همگرایی را افزایش می دهد. این روش به خصوص برای تجدید ساختارشبکه هایی با مقیاس بزرگ بسیار مؤثر است.

واژه‌های کلیدی

تجدید ساختار، تلفات، پخش بار، ISEM، GA

1. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی ومهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی خمینی شهر
2. استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی خمینی شهر

1- مقدمه

به طور معمول شبکه های توزیع دارای سطوح ولتاژ پایینی هستند. بنابراین در این شبکه ها میزان تلفات زیاد می باشد. تجدید ساختار شبکه با برآورده ساختن محدودیتهایی مانند حفظ حالت شعاعی شبکه توزیع و مجزا نشدن هیچ باسی در سیستم، مسیر انتقال توان را با تغییر وضعیت کلیدها و قطع کننده ها تغییر می دهد. حل مشکل باز آرایی توسط الگوریتمهای ابتکاری خیلی سریع انجام می گیرد و برای اتوماتیک کردن توزیع فوری مناسب هستند. این الگوریتمها، علیرغم سرعتی که دارند، معمولاً به راه حلهای بهینه موضعی دست می یابند و نه راه حل بهینه کلی. برعکس، الگوریتمهای هوشمند معمولاً به راه حل بهینه کلی می رسند، اما زمان محاسبه به خاطر ساختار پیچیده آنها به طور بازدارنده ای بالا است. درضمن، آنها به خاطر ماهیت احتمالاتیشان و انتخابهای تصادفی، باید دفعات زیادی اجرا شوند. بنابراین، ممکن است آنها برای تصمیم گیری های سریع مناسب نباشند.

الگوریتم ژنتیکی یک الگوریتم جستجوی هوشمند بر اساس فرآیند تکامل بیولوژیکی است. این الگوریتم طبق اصل انتخاب طبیعی و احتمال زندگی برای نسلهایی با بهترین تطابق ترسیم می شود. اولین بار در سال 1975 بحث بازآرایی در شبکه های توزیع به منظور کاهش توان اکتیو تلفاتی در[1] مطرح شد. در این مقاله ابتدا همه کلیدهای موجود در شبکه توزیع به صورت بسته در نظر گرفته شده است و سپس با تعویض شاخه های مختلف، پاسخ مناسب مسئله بازآرایی جستجو شده است. از معایب اصلی این بررسی می توان به فرض کردن تمام بارها به صورت اکتیو و عدم در نظر گرفتن محدودیت های شبکه مانند محدودیت ولتاژ و جریان عبوری از هر شاخه اشاره کرد.

در[2] روش تعویض شاخه برای حل مسئله بازآرایی با انتخاب شاخه ها به صورت دو تا دو تا، که در هر حلقه یکی به منظور باز شدن و دیگری به منظور بسته شدن انتخاب شده اند، توسعه یافته است. از معایب این روش می توان به زمان زیاد حل مسئله بازآرایی اشاره کرد. در [3] مطالعه بازآرایی شبکه به صورت فصلی یا روزانه (تابعی از زمان) و در حالت های مختلف بار صورت گرفته است.در این مقاله برای حل مسئله بازآرایی به صورت روزانه تنها کلیدهای اتوماتیک و در بازآرایی به صورت فصلی هم کلیدهای اتوماتیک و هم کلیدهای دستی در نظر گرفته شده اند. در [4] روشی ابتکاری به منظور حذف خودکار کلیدهای نامطلوب که انتخاب آن ها موجب غیر شعاعی شدن شبکه می شوند ارائه شده است. در این مقاله نیز تنها کل تلفات اکتیو شبکه به عنوان هدف مسئله انتخاب شده است.

در [5] الگوریتمی به منظور غلبه بر محدودیت های موجود در شبکه های بزرگ در حل مسئله بازآرایی با تقسیم شبکه به زیرشبکه های کوچک تر ارائه شده است. در این مقاله، الگوریتم گروهی از باس بارهای شبکه را به منظور بازآرایی پیشنهاد می کند که تلفات خط بین تک تک این گروه ها حداقل گردد. در [6] یک روش ابتکاری به منظور حداقل سازی تلفات اکتیو سیستم توزیع ارائه شده است. از مزایای این روش می توان به لحاظ کردن نامتعادلی شبکه در ساختار بازآرایی اشاره کرد. در [7] با ترکیب تکنیک های بهینه سازی و قوانین حاکم بر روش فازی یک روش مؤثر و مقاوم به منظور بازآرایی شبکه توزیع ارائه شده است. در

[8] یک روش دو مرحله ای بر مبنای فاصله بین فیدرها و الگوریتم تعویض شاخه طراحی شده است. این روش به منظور متعادل سازی بار فیدرها ارائه شده است و محدودیت های ولتاژ باس ها و جریان خطوط در آن لحاظ شده است. در [9] بازآرایی بدون انجام پخش بار مدل کردن ساختار شبکه به وسیله متغیرهای باینری، بر روی سیستم توزیع صورت گرفته است. در این روش علاوه بر در نظر گرفتن محدودیت های حاکم بر شبکه، ابتکاراتی به منظور کاهش زمان انجام بازآرایی صورت گرفته است.

2- معرفی توابع هدف در مسئله بازآرایی

جهت بازآرایی شبکه های مورد مطالعه و با استفاده از بهینه سازی چند منظوره به روش مجموع وزنی، سه تابع هدف بیان شده در فصول قبل مورد استفاده قرار می گیرد. در روابط (1) تا (3) این روابط دوباره آورده شده اند.

$$F_1 = MIN[W1 * Ploss + W2 * max|vi - vn|] \quad (1)$$

$$V_{\min} \le |V_i| \le V_{\max} \quad (2)$$
$$|dVi| \le 0.05$$

$i \in$ {مجموعهٔ باسهای شبکه} بدیهی است که .

در رابطه (1) w1، w2 ضرایب وزنی سیستم می باشند.

قیود تابع هدف فوق در (2) ملاحظه می شوند. گرچه شعاعی بودن شبکه و عدم وجود باس مجزا نیز از قیود اصلی بازآرایی می باشند.

3- بررسی شعاعی بودن شبکه توزیع و ایزوله نشدن بارها با استفاده از تئوری گراف

در این بخش چگونگی به دست آوردن تعداد مشهای شبکه توزیع و بارهای ایزوله شده را با استفاده از تئوری گراف و ماتریس مجاورت بیان می شود.

در ابتدا ماتریس مجاورت گراف متناظر با شبکه توزیع ، (A)، را تشکیل می دهیم. با مشخص بودن باس اصلی (مرجع) هر فیدر و لحاظ تعداد فیدر های سیستم (K)، ماتریس $AK\ 1$ با ابعاد $K \times P$ را که سطرهای آن بیانگر باسهای متصل به هر باس ابتدای فیدر می باشد بدست می آوریم که جهت این امر با توجه به شماره باس اصلی به همان سطر ماتریس مجاورت رفته و شماره ستون درایه های متناظر عدد 1 را یادداشت می نماییم سپس همین شماره ها را در سطرها برای عدد 1 ردیابی می نماییم تا به شماره تکراری و یا پایان تکرار برسیم . پس از حذف درایه های تکراری، ماتریس سطری $AK\ 2$ بدست آمده، و از مقایسه تعداد عناصر غیر صفر آن با تعداد باسهای سیستم امکان دو حالت وجود دارد:

1- برابر نبودن تعداد باسهای سیستم با تعداد عناصر غیر صفر ماتریس $(AK\ 2)$: این حالت نشان دهندهٔ غیرهمبند بودن گراف است و این اختلاف معرف تعداد باسهای مجزا و ایزوله شده (غیر از باسهای ابتدایی هر فیدر) می باشد.

برابر بودن تعداد باسهای سیستم با تعداد عناصر غیر صفر ماتریس $(AK\ 2)$: در این حالت پس از حذف ستون اول ماتریس $(AK\ 1)$، (باسهای ابتدای هر فیدر)، تعداد سطرهای با کلیه عناصر صفر، نمایانگر ایزوله شدن تعداد باسهای ابتدایی هر فیدر است. در صورت عدم سطر صفر، همبند بودن گراف تضمین شده و تعداد حلقه های گراف از روابط زیر به دست می آیند:

$$L = q - p + 1 + K' \quad (3)$$

$$K' = K - 1 \quad (4)$$

بنابراین:

$$L = q - p + K \quad (5)$$

بدیهی است با صفر شدن L، درخت بودن گراف (شعاعی بودن سیستم)، حاصل می شود.

4- الگوریتم بهینه سازی ژنتیک (GA)

در حقیقت الگوریتم های وراثتی مدلی از الگوریتم های تکاملی هستند که رفتارشان از مکانیسم های تکاملی در طبیعت الگو برداری شده است. این الگوریتم ها از فرآیند انتخاب طبیعت و بقاء شایسته ترین ها پیروی می کنند. هر کروموزوم از یک سری ژن در بلوک های DNA تشکیل شده و الگوی خاصی را رمز گشایی می کند و یا به عبارت دیگر هر ژن یک صفت را رمز گشایی می نمایدکه هر کدام از این ژن ها در کروموزوم مکان مشخصی دارند.GA تلاش می کند بهترین حل را برای مسائلی مانند ماکزیمم یا مینیمم مقدار یک تابع بیابد.

5- الگوریتم پیشرفته تعویض سوئیچ (ISEM)

روش فوق از یک توپولوژی قابل قبول شبکه(شعاعی) شروع به کار می کند. یکی از کلیدهای باز شبکه بسته می شود تا در شبکه یک حلقه ایجاد گردد. در ادامه یکی دیگر از کلیدهای حلقه ایجاد شده بر اساس شرایطی که در ادامه به آن پرداخته می شود، باز می گردد تا ساختار شعاعی شبکه حفظ گردد.

در هر تکرار الگوریتم پس از انجام محاسبات پخش بار ولتاژ دو سر تمام کلیدهای باز شبکه محاسبه می شود، کلیدی که ولتاژ دو سر آن ماکزیمم باشد بسته می شود، سپس در حلقه ایجاد شده کلیدی باز می شود که دارای کمترین جریان عبوری باشد. جریان عبوری از شاخه های حلقه ایجاد شده به صورت روابط زیر محاسبه می گردد:

$$I_c = \frac{V_x - V_y}{Z_{loop}} \quad (6)$$

$$I_j = \begin{matrix} I_i + I_c & i \in p \\ I_i + I_c & i \in q \end{matrix} \quad (7)$$

در این روابط فرض بر آن است که در این مرحله از الگوریتم، کلید بین باس های x و y بسته شده است. I_c برابر جریان چرخشی حلقه و Z_{loop} مجموع امپدانس شاخه های موجود در حلقه ایجاد شده باشد. به علاوه p و q به ترتیب بیان کننده مجموع شاخه های موجود بین باس های x و y تا باس مرجع می باشند. و I_i و I_j به ترتیب برابر جریان های عبوری از شاخه های حلقه قبل و بعد از ایجاد حلقه هستند. در این روش با تغییر موقعیت کلیدهای باز تلفات شبکه کاهش می یابد. توقف الگوریتم فوق زمانی است که امکان کاهش بیشتر تلفات میسر نباشد.

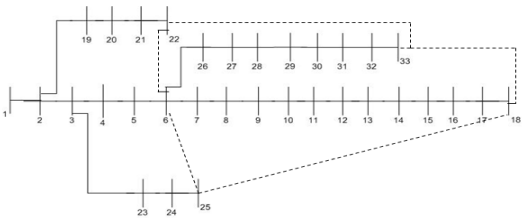
6 -پیاده سازی شبکه مورد مطالعه با ترکیب الگوریتم های GA و ISEM

با توجه به گستردگی شبکه توزیع و امکان همگرا نشدن پخش بار با روش نیوتون رافسون و سایر روشها از روش پیشرو-پسرو استفاده شده است. سپس توابع هدف با الگوریتم ژنتیک (GA) پیاده سازی می شوند. سیستم مورد استفاده یک شبکه توزیع 33 باسه با ولتاژ نامی 12/66 کیلو ولتی می باشد. دیاگرام تک خطی این سیستم در شکل زیر رسم شده است. سپس نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک در هر مرحله به روش ISEM باز آرایی گردیده تا جواب بهینه بدست آید.

الگوریتم روش برکیبی به شرح ذیل می باشد:

1. داده های شبکه را دریافت و پارامترهای الگوریتم ژنتیک آماده می شود.

2. حلقه های اصلی شبکه و تخصیص هر ژن کروموزوم به یک حلقه تعیین می گردد.
3. توپولوژی شبکه با حالت اتفاقی شبکه به عنوان جمعیت اولیه ایجاد می گردد.
4. با استفاده از تئوری گراف شعاعی بودن شبکه بررسی گردد.
5. روش ISEM برای اصلاح ساختار کروموزومها بکار رود.
6. تابع هدف برای هر کروموزوم بررسی می گردد.
7. اپراتورهای الگوریتم ژنتیک برای ایجاد یک جمعیت جدید بکار برده می شود.سپس از مرحله 4 الگوریتم تکرار می گردد.



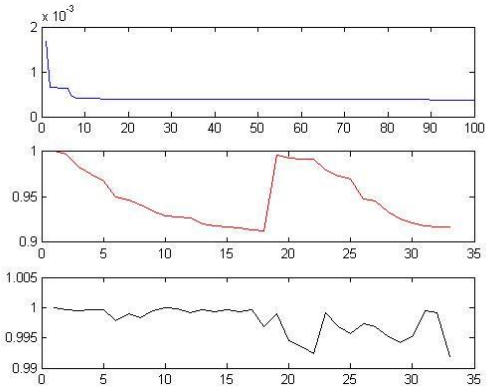
شکل 1- سیستم تست 33 باسه

در پیاده سازی این شبکه با الگوریتم GA به دلیل وجود 5 مش در شبکه بر اثر بسته شدن کلیه کلیدهای آن، کروموزومها 5 ژنی در نظر گرفته شده اند. و هر کروموزوم به صورت [کلید5 کلید4 کلید3 کلید2 کلید1] تعریف می گردد. در این برنامه تعداد کروموزوم برابر 20 و تعداد تکرار الگوریتم برابر 100 انتخاب می شود. ضریب cross over برابر 0/9 و ضریب همبری برابر 0/05 انتخاب می شود.

6-نتایج شبیه سازی

الف-نتایج شبیه سازی تجدید ساختار شبکه با روشه GA

در این روش کمترین میزان تلفات 0.089 پریونیت و پس از 42 تکرار همگرا می گردد.



شکل 2- نتایج الگوریتم ژنتیک- همگرایی- پروفیل ولتاژ قبل و بعد از بازآرایی

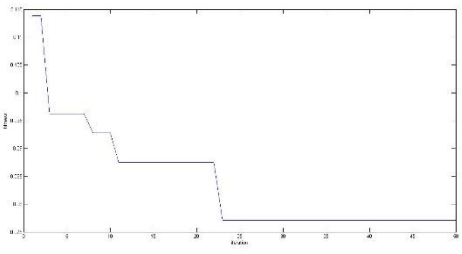
ب-نتایج شبیه سازی تجدید ساختار شبکه با روش ISEM

در این روش میزان تلفات0.337 پریونیت و پس از 4 تکرار همگرا می گردد.

ج-نتایج شبیه سازی تجدید ساختار شبکه با ترکیب روشهای GA و ISEM و اعمال ضرایب وزنی

در صورتی که ضرائب وزنی مساوی باشدمیزان تلفات 0.0771 پریونیت و پس از 23 تکرار همگرا می گردد.

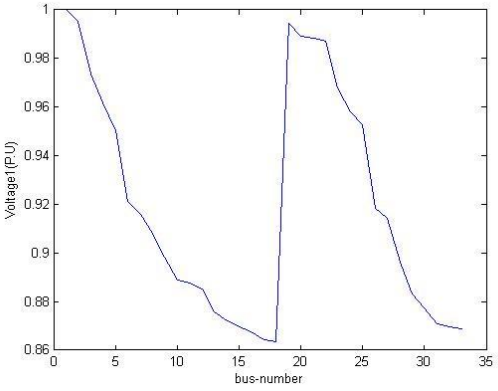
در صورتی که ضرائب وزنی W1=0.7 و W2=0.3 در نظر گرفته شود میزان تلفات 0.0231 پریونیت و پس از 27 تکرار همگرا می گردد.



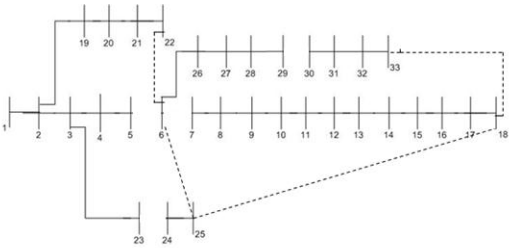
شکل 3-نحوه رسیدن به بهترین جواب تابع هدف با ترکیب GA و ISEM برای سیستم 33 باسه

جدول 2-مقایسه نتایج شبیه سازی

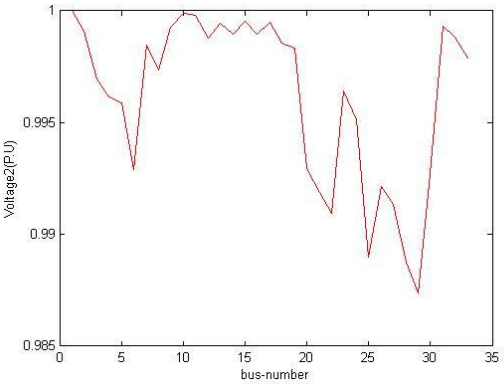
الگوریتم	Ploss. pu	Min V1	Min V2	تعداد تکرار جهت همگرایی
GA	0.089	0.8634	0.9878	42
ISEM	0.3714	0.8634	0.9798	4
GA&ISEM با ضرایب وزنی مساوی	0.0771	0.8634	0.9874	23
GA&ISEM با ضرایب وزنی W1=0.7 و W2=0.3	0.0231	0.8634	0.9874	27



شکل4 – پروفیل ولتاژ قبل از بازآرایی



شکل4 – شبکه 33 باس پس از بازآرایی



شکل5 – پروفیل ولتاژ پس از بازآرایی با ترکیب GA و ISEM

6-نتیجه گیری :

یکی از روشهای اقتصادی کاهش تلفات در شبکه های توزیع استفاده از بازآرایی شبکه می باشد. با توجه به گستردگی شبکه توزیع و سهم بالای تلفات در این بخش نیاز به روش مناسب می باشد. در این مقاله از روش الگوریتمGA، الگوریتم پیشرفته تعویض سوئیچ ISEM و الگوریتم ترکیبی GA و ISEM استفاده گردیده است. با توجه به نتایج شبیه سازی مشاهده می شود که روش ISEM سرعت همگرایی بالاتری دارد ولی میزان تلفات در GA کمتر است. و در روش ترکیبی پیشنهادی سرعت همگرایی نسبت به روش GA افزایش و میزان تلفات نسبت به دو روش اول کمتر است. همچنین با افزایش ضریب وزنی W1در تابع هدف میزان تلفات به حداقل خود خواهد رسید.

7-مراجع

[1] Y.T. Hsiao and C.Y. Chien, "Multiobjective optimal feeder econfiguration", *IEEE* Transmission and Distribution Generation on Proceedings, Vol. 148, No. 4, pp. 333-336, Jul. 2001.

[2] H.P. Schmidt, N. Ida, N. Kagan and J.C. Guaraldo, "Fast Reconfiguration of Distribution Systems Considering Loss Minimization", *IEEE* Transactions on Power Systems, Vol. 20, No.3, pp. 1311-1319, Aug. 2005.

[3] E. Ramos, A.G. Exposito, J.R. Santos and F.L. Iborra, "Path-based distribution network modeling: application to reconfiguration for loss reduction," *IEEE* Transactions on Power Systems, Vol. 20, No. 2, pp. 556 – 564, May. 2005.

[4] B. Venkatesh, R. Ranjan and H.B. Gooi, "Optimal reconfiguration of radial distribution systems to maximize loadability", *IEEE* Transactions on Power Systems, Vol. 19, No.1, pp. 260-267, Feb. 2004.

[5] M.A. Kashem, V. Ganapathy, G.B.Jasmon, "Network reconfiguration for enhancement of voltage stability in distribution networks"", *IEEE* Transmission and Distribution Proceedings on Generation, Vol. 147, No. 3, pp. 171-175, May. 2000.

[6] C.Dai-Seub, K.Chang-Suk and J.Hasegawa, "An application of genetic algorithms to the network reconfiguration in distribution for loss minimization and load balancing problem. II". International Conference on Energy Management and Power, Vol. 1 , pp. 376-381, Nov. 1995.

[7] J. Xiaoling, Z. Jianguo, S. Ying, L. Kejun and Z. Boqin, "Distribution network reconfiguration for load balancing using binary particle swarm optimization". International Power Systems Technology Conference, Vol. 1 , pp. 507-510, Nov. 2004.

[8] M.A. Kashem, V. Ganapathy and G.B. jasmon, "A geometric approach for three-phase load balancing in distribution network", ". International Power Systems Technology Conference, Vol. 1 , pp. 293-298, Dec. 2000.

[9] Y. Ke. Chen, M. S. Kang, J.Sh. Wu and T. Lee, "Power distribution system switching operation scheduling for load balancing by using colored Petri nets", *IEEE* Transactions on Power Systems, Vol. 19, Issue 1, pp. 629-635, Feb. 2004.

Effects", JPE,Vol.14, No.2, pp.351-361, March. 2014.