

جایابی بهینه خازن جهت کاهش تلفات شبکه توزیع با بکارگیری الگوریتم ژنتیک

حبيب رجبی دستهبندی
گروه برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
rahil.rajabi@stu-mail.um.ac.ir

رحمن رحمانی
دانشجوی دکتری برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
h_mastihadi@um.ac.ir

چکیده: شبکه توزیع در میان ۴ بخش تولید، انتقال، فوق توزیع و توزیع دارای بالاترین سهم تلفات است. بخش از راهکارهای موثر کاهش تلفات نصب صحیح خازن در شبکه توزیع است که سبب کاهش تلفات انرژی و توان، افزایش بارها، تنظیم بار و بهبود بروفیل ولتاژ می‌شود. در این مقاله با الهام از الگوریتم ژنتیک و ارائه روشی ابتکاری در کد بندی، به انجام جستجوی مکانات مختلف با ظرفیت‌های مختلف نصب خازن می‌پردازد تا صرفه جویی مالی بیشینه حاصل شود. حسن روش پیشنهادی استفاده از تأدیو استاندارد خازن با لحاظ قیمت‌های واقعی است.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، جایابی خازن، تلفات، شبکه توزیع.

منطق فازی، رویکردی نوین در تبیین مسیر کلان نابی نیروگاه‌های تولید برق

مطالعه موردی: نیروگاه سیکل ترکیبی یزد

سید محمود زنجیرچی
دانشگاه یزد- دانشکده مدیریت
saeidzanjirchi@yahoo.com

حسین صیادی تورانلو
دانشگاه یزد- دانشکده مدیریت
h.sayyadi@yahoo.com

راحیل رجبی
نیروگاه سیکل ترکیبی یزد
Rahil.rajabi@yahoo.com

چکیده: غفلت از پارادایم‌ها و شیوه‌های نوین تولید و کسب‌وکار، زمینه ساز محو شدن شرکت‌های بسیاری از عرصه رقابت در سال‌های گذشته بوده است. تولید ناب به عنوان یکی از مدرن‌ترین شیوه‌های تولید، امروز به صورت یک ایده‌آل برای صنایع تولیدی سراسر دنیا درآمده است. اما کوتاه‌ترین و مؤثرترین مسیر برای رسیدن به میزان مطلوب نابی و رقابت‌پذیری جهانی کدام است؟ در این مقاله با استفاده از عبارات کلامی و منطق فازی و نیز بهره‌گیری از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس، تلاش می‌شود تا مدلی برای ارزیابی وضعیت نابی نیروگاه سیکل ترکیبی یزد و سپس تبیین مسیر نابی آن توسعه داده شود.

واژه‌های کلیدی: تولید ناب، تصمیم‌گیری چندمعیاره، TOPSIS، منطق فازی.

سبب



کواهی ارائه مقاله

پدینوسید کواهی می شود که در تاریخ ۸۸/۴/۲۵، مقاله ای با مشخصات زیر توسط آقای رحمن

دشتی در سومین گنگره مشترک سیستمهای فازی و هوشمند به صورت سخنرانی ارائه شد:

عنوان مقاله:

جایابی بهینه خازن جهت کاهش تلفات شبکه توزیع با بکارگیری الگوریتم ژنتیک

نویسندگان مقاله: حبیب رجبی مهدی و رحمن دشتی

سومین گنگره مشترک سیستم های فازی و هوشمند
3rd Joint Congress on Fuzzy and Intelligent Systems

سید محمد صادق مدرس مصدق

دبیر سومین گنگره مشترک سیستم های فازی و هوشمند

سومین گنگره مشترک سیستم های فازی و هوشمند

جایابی بهینه خازن جهت کاهش تلفات شبکه توزیع با بکارگیری الگوریتم ژنتیک

حبیب رجیبی مشهدی

رحمن دشتی

دانشیار گروه برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

دانشجوی دکتری برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

h_mashhadi@um.ac.ir

ra_da^v@stu-mail.um.ac.ir

چکیده: شبکه توزیع در میان 4 بخش تولید، انتقال، فوق توزیع و توزیع دارای بالاترین سهم تلفاتی است. یکی از راهکارهای موثر کاهش تلفات نصب صحیح خازن در شبکه توزیع است که سبب کاهش تلفات انرژی و توان، افزایش ظرفیت خطوط، و بهبود پروفیل ولتاژ می شود. در این مقاله با الهام از الگوریتم ژنتیک و ارائه روشی ابتکاری در کد بندی، به انجام جستجوی مکانات مختلف با ظرفیتهای مختلف نصب خازن می پردازد تا صرفه جویی مالی بیشینه حاصل شود. حسن روش پیشنهادی استفاده از مقادیر استاندارد خازن با لحاظ قیمت‌های واقعی است.

واژه های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، جایابی خازن، تلفات، شبکه توزیع.

1- مقدمه

در سیستم قدرت ژنراتورها توان اکتیو و راکتیو تولید و توسط خطوط انتقال به مصرف کنندگان منتقل می کنند. این توان میزانی از ظرفیت ژنراتور و خط را اشغال می کند لذا با تولید توان راکتیو در نزدیکی مصرف کننده می توان طی آزادسازی ظرفیت موجود خط و تجهیزات نسبت به بهبود ولتاژ و کاهش تلفات اقدام نمود.

این امر کاملاً شناخته شده است که خازن‌های موازی اقتصادی ترین منبع تامین توان راکتیو لازم برای بارهای پس فاز هستند. روش‌های گوناگونی برای جایابی خازن‌ها در سیستم توزیع ارائه گردیده است که هر کدام سعی بر کاهش هزینه‌های ناشی از تلفات سیستم برای مصرف توان راکتیو دارند [1]. جایابی بهینه بانک‌های خازنی یک بهینه ساز ترکیبی است که در آن، مکان و ظرفیت بانک‌های خازنی با مقادیر ناپیوسته باید معین شوند بطوریکه حداکثر صرفه جویی حاصل شود و قیود اعمالی به ولتاژ و دیگر پارامترها نیز برقرار باشند [2].

این مسئله به خودی خود ترکیبی است از پارامترهای بسیار متنوع که آن را دشوار و ابعاد آن را بزرگ می کند. در عین حال با بزرگ شدن ابعاد سیستم توزیع مورد نظر، دشواری مسئله به صورت

نمایی افزایش می یابد. از طرف دیگر از آنجا که خازن‌ها فقط در اندازه های استاندارد موجود هستند و قیمت آنها نیز به صورت خطی تغییر نمی کند و در ضمن سیستم دارای سطوح بار گوناگون و با تغییرات غیر قابل پیش بینی است، تابع هدف مسئله که همان صرفه جویی مالی است، تابعی است مشتق ناپذیر و لذا بهینه نمودن آن با روش های معمول تحلیلی امکان پذیر نیست و بهینه سازی آن مستلزم به کارگیری الگوریتم های پیشرفته تری می باشد. تکنیک های ارائه شده جهت مواجهه با این مسئله را می توان به 4 دسته زیر تقسیم بندی نمود [3]:

- 1- روشهای تحلیلی
 - 2- روش های برنامه ریزی عددی
 - 3- روش های ابتکاری
 - 4- روش های مبتنی بر هوش مصنوعی
- انتخاب روش حل مناسب می تواند بر اساس 4 پارامتر زیر صورت پذیرد:

- 1- ابعاد و خواسته های مسئله
- 2- پیچیدگی مسئله
- 3- دقت لازم جهت ارائه نهایی نتایج
- 4- عملی بودن روش ارائه شده

- 1- نیازی به بیان دقیق تابع هزینه بر حسب پارامترهای شبکه و متغیرهای خازن گذاری نیست.
- 2- مقادیر به دست آمده برای خازنها کاملاً استاندارد بوده و قیمت های واقعی لحاظ می شوند.
- 3- تعداد و مقدار ماکزیمم بانک های خازنی قابل نصب در شبکه در صورت لزوم قابل تعیین است.
- 4- به مفروضات اضافی و غیر واقعی مقدار و هزینه پیوسته خازن یا فیدر بدون شاخه جانبی و ... نیازی نیست.

2- تعریف مسئله

شبکه قدرت از نظر عظمت دومین سیستم ساخت بشر است که بشر در شناخت کامل آن بازمانده است. یکی از زیر مجموعه های شبکه قدرت، شبکه توزیع است. این بخش از شبکه قدرت دارای بیشینه تلفات نسبت به دیگر بخش ها می باشد (65% از کل تلفات شبکه).

معمولاً جایابی خازن جهت کاهش تلفات با توجه به در نظر گرفتن برخی قیود انجام می گیرد. تابع هدفی که در این پروژه در نظر گرفته شده است کمینه کردن هزینه وارده بر شبکه است. می بایست خازنگذاری بگونه ای صورت گیرد که هم میزان تلفات شبکه به حد ممکن کاهش یابد و هم مجموع هزینه وارده بر شبکه حداقل گردد. موارد هزینه بر شامل هزینه خازنگذاری، هزینه تلفات انرژی، هزینه تلفات توان در پیک می باشد که در رابطه (1) تابع هزینه ارائه گردیده است.

$$C = K_p P_0 + \sum_{i=0}^{N_t} K_{ei} T_i P_i + \sum_{i=1}^{N_c} (C_{ins,fix} + K_c Q_{ci}) \quad (1)$$

که در آن:

C: میزان هزینه سیستم بر حسب ریال برسال

P_0 : توان تلف شده در بالاترین سطح بار

P_i : تلفات توان در سطح بار i ام

K_p : ضریب افزایش سرمایه ناشی از توان پیک به ریال

K_{ei} : ضریب تبدیل تلفات انرژی به ریال در سطح بار i ام

K_c : ضریب تبدیل مقدار خازن به ریال

N_c : تعداد بانک خازنی

N_t : تعداد سطوح بار

Q_{ci} : مقدار خازن روی باس i ام

T_i : باره زمانی i ام

تلاش ها جهت حل مسئله جایابی بهینه خازن از دهه 60 میلادی آغاز شد که بیشتر مبتنی بر حدسیات و قضاوت های مهندسی و مفروضات ساده کننده ای بودند که حالتی غیر واقعی به مسئله می بخشیدند. این مساعی در دهه 80 در جهت واقعی تر نمودن مسئله ادامه یافت ولی به جهت عدم دسترسی به کامپیوترهای دیجیتالی دارای حافظه مناسب و سرعت محاسباتی بالا بیشتر راه حل های ارائه شده بر مبنای روش های تحلیلی و محاسبات ریاضی استوار بود. در [4] و [5] با استفاده از رهیافت تحلیلی، مفهومی تحت عنوان فیدر نرمالیزه ارائه شد و معادلاتی مشتق پذیر به منظور بهینه نمودن جبران راکتیو سیستم و حداکثر نمودن عواید مالی حاصله به دست آمد. در [6] و [7] مسئله به دو بخش تقسیم شده است. در بخش اول یک مسئله برنامه ریزی عددی جهت یافتن تعداد و مکان خازن ها حل شده است، سپس در بخش بعد مسئله ای به منظور یافتن تعیین نوع و اندازه آنها طرح و حل شده است.

در سال 1995 با پیشرفت سرعت و کارایی کامپیوترهای دیجیتالی، مسئله فوق الذکر با رویکرد هوش مصنوعی مورد توجه واقع گشت که از این روش ها می توان به الگوریتم ژنتیک، سیستم های خبره، آبکاری فولاد، شبکه عصبی، منطق فازی، جستجوی گراف، جستجوی جدولی، بهینه سازی با الهام از سیستم ایمنی بدن انسان، سیستم کولونی مورچگان اشاره نمود.

همچنین روش های ابتکاری که بر پایه تجربه، قوانین شهودی و حدسیات و قضاوت های مهندسی بود و البته لزوماً نقطه بهینه اصلی را نمی یافت به کار برده شد. در [8] با استفاده از روشهای ابتکاری، ابتدا نقاط حساس شبکه توزیع که بیشترین تاثیر روی کاهش تلفات دارند معین شد. سپس با حد اکثر نمودن سود اقتصادی حاصل از کاهش تلفات انرژی و توان پیک، مقدار بهینه خازن یافته شد.

این تلاش ها در سالهای آغازین هزاره سوم میلادی همچنان ادامه دارد. در [9] روشی مرکب از هوش مصنوعی و ابتکار جهت حل مسئله به کار گرفته شد. در این مقاله بارهای غیر خطی نیز لحاظ شده است. در [10] مقایسه ای بین روش های فازی و ابتکاری به کار رفته تا آن زمان انجام شده است و کارایی روش های مزبور بر روی پنج شبکه نمونه استاندارد بررسی و نتایج حاصله مقایسه شده اند.

در این مقاله سعی شده است با بکارگیری الگوریتم ژنتیک و کدگذاری ویژه، مکان و ظرفیت بهینه نصب خازن موازی در شبکه توزیع را معین می نماید تا تابع صرفه جویی ماکزیمم گردد. روش ارائه شده دارای مزایای ریز است:

2-1- هزینه تلفات انرژی

بازاء هر کیلووات ساعت تولید انرژی، هزینه مشخصی محاسبه می‌گردد که این هزینه با توجه به قیمت سوخت و هزینه‌های تولید در هر کشور متفاوت می‌باشد. هزینه هر کیلووات ساعت تولید انرژی K_p دلار در نظر گرفته شده است. به منظور محاسبه هزینه تلفات انرژی شبکه، باید مجموع انرژی تلفاتی در سطوح بار مختلف در طول پریود مورد مطالعه محاسبه گردد.

2-2- هزینه تلفات توان

احداث نیروگاه‌ها، تجهیزات و خطوط شبکه در یک سیستم قدرت معمولاً در حدی است که پاسخگوی قدرت مورد نیاز مشترکین در زمان پیک باشد. با افزایش تعداد مشترکین و رشد مصرف نیاز به احداث نیروگاهها و خطوط جدید و افزایش ظرفیت تجهیزات نمایان می‌گردد. بنابراین با کاهش تلفات سیستم در پیک، به نوعی زمان احداث نیروگاهها و خطوط شبکه جدید به تعویق می‌افتد. هزینه احداث نیروگاهها و خطوط را با توجه به هزینه احداث هر کیلووات نیروگاه و تجهیزات و خطوط محاسبه می‌گردد.

2-3- هزینه خازن

هزینه تمام شده هر یک از خازنهایی که در شبکه بکار گرفته می‌شود از دو جزء تشکیل شده است. یکی از اجزاء هزینه بر، هزینه‌ای است که برای هر کیلووات خازن صرف می‌شود که با توجه به این قیمت از مقدار کیلووات بانک خازنی، هزینه کل کیلووات استفاده شده، محاسبه می‌گردد. قسمت هزینه بر دیگر هزینه‌ای است که بایستی قبل از نصب خازن صرف برخی موارد همچون ساخت‌سازهایی مانند پی‌ریزی، ساخت سکو برای خازن‌ها، تعویض پایه‌ها و ... شود که این جزء از هزینه به صورت یک هزینه ثابت در نظر گرفته شده و با توجه به میزان کیلووات خازن نصب شده متغیر نمی‌باشد.

قیدی که برای این مسئله در نظر گرفته می‌شود قید ولتاژ است.

$$V_i^{\min} \leq V_i \leq V_i^{\max}$$

که در آن V_i ولتاژ شین i ام، V_i^{\min} کمینه ولتاژ شین i ام و V_i^{\max} بیشینه ولتاژ شین i ام می‌باشد.

در این مقاله ولتاژ شین‌های بار بین 0/95 و 1/05 پریونیت در نظر گرفته شده‌اند.

فرضیات زیر برای حل مسئله منظور شده‌اند:

1- تمامی بارها به صورت سه فاز متعادل در نظر گرفته می‌شوند.

2- فقط از خازن‌های ثابت استفاده می‌شود.
در زمینه خازن گذاری، نیاز به الگوریتم مناسبی برای انجام پخش بار وجود دارد. روش جاروب پیش رو- پس رو برای شبکه‌های شعاعی روش بسیار مناسبی است که در این مقاله با نگاهی به [20] از آن استفاده شده است.

3- الگوریتم ژنتیک

3-1- تعریف

الگوریتم‌های ژنتیک (GA) الگوریتم‌های جستجوی همه‌منظوره‌ای هستند که بر اساس مکانیزم وراثت و گزینش طبیعی در موجودات زنده (نظریه داروین 1859) کار می‌کنند. این الگوریتم‌ها در سال 1975 توسط هالند¹ و همکارانش در دانشگاه میشیگان ارائه شده است. این الگوریتم‌ها با جمعیتی از اجزاء منفرد که نماینده پاسخ‌های ممکن برای یک مساله هستند سر و کار دارند. به هر یک از اجزاء منفرد بسته به این که تا چه حد پاسخ مناسبی برای مساله باشند یک امتیاز برازندگی² نسبت داده می‌شود.

الگوریتم ژنتیک با یک جمعیت اولیه از پاسخ‌ها شروع به کار می‌کند و با اعمال عملگرهای ژنتیک، که بر اساس پروسه‌های ژنتیک موجود در طبیعت مدل شده‌اند، به سمت پاسخ‌های بهتر پیش می‌رود. هر دوره تولید پاسخ‌های جدید یک نسل³ نامیده می‌شود. در هر نسل پاسخ‌های نسبتاً بهتر برای بازتولید پاسخ‌های جدید که متناظر با موالید در پروسه ژنتیک طبیعی هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند و جانشین پاسخ‌های نامناسب‌تر می‌شوند. در این پروسه یک تابع ارزیابی یا برازندگی که نقش محیط را در پروسه ژنتیک طبیعی بازی می‌کند، برای تمایز میان پاسخ‌های خوب و بد ایفا می‌کند.

در حالت کلی برای حل هر مساله با استفاده از GA پنج جزء اساسی یک نمایش ژنتیکی از پاسخ‌های مسأله، جمعیت اولیه از پاسخ‌ها، یک تابع برازش برای تعیین برازندگی هر یک از پاسخ‌ها، عملگرهای ژنتیکی برای دستکاری ساختار ژنتیکی فرزندان⁴ در مرحله بازتولید، مقادیری برای پارامترهایی که در GA به کار

¹ - Holland

² - Fitness

³ - Generation

⁴ - Off springs

می‌رود (اندازه جمعیت، احتمالات مربوط به اعمال عملگرهای ژنتیکی و...) مورد نیاز است.

3-2- پارامترهای الگوریتم

پارامترهای ارائه شده در این روش ترکیبی به شرح ذیل می باشد

اندازه جمعیت = 20

تعداد جمعیت = 150

احتمال تزیوج = 0.7

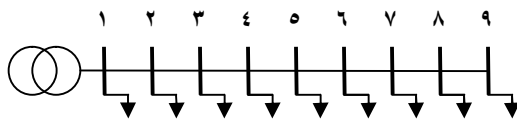
احتمال جهش = 0.01-0.001

5. مطالعات عددی

جهت اثبات کارایی الگوریتم پیشنهادی، آن را روی دو فیدر نمونه امتحان می کنیم. دو شبکه نمونه، از میان مقالات معتبر ارائه شده پیرامون موضوع خازن گذاری انتخاب شده اند و نتایج این مقالات با نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی مقایسه شده است. واحد K_e ریال بر کیلو وات ساعت و K_p ریال بر کیلووات و K_c ریال بر کیلووات است که از تکرار آن اجتناب می شود.

فیدر آزمایشی اول

یک فیدر آزمایشی دارای 9 باس است با ولتاژ نامی 20 کیلو ولت. دیاگرام تک خطی این فیدر به صورت شکل 2 است.



شکل 2: فیدر 9 باسه

مجموع بار این فیدر $12368+j4186$ kVA است. پس از انجام پخش بار اطلاعات زیر به دست می آید. کمترین ولتاژ شبکه در باس 9 و با مقدار 0.89 pu است و مقدار تلفات در حالت بدون جبران 783.76 kW است. ضرایب اشاره شده در رابطه 1 به صورت زیر است: $K_p = 1512000$ و $K_e = 540$ و $K_c = 44100$ است. سه سطح بار مختلف در نظر می گیریم به صورت $S_0 = 1.1$ و $S_1 = 0.6$ و $S_2 = 0.3$ و سه بازه زمانی به صورت $T_0 = 1000$ و $T_1 = 6760$ و $T_2 = 1000$ ساعت در نظر می گیریم و هزینه سیستم به صورت

$$C = K_p P_0 + \sum_{i=0}^{N_t} K_{el} T_i P_i + \sum_{i=1}^{N_c} (C_{ins,fix} + K_c Q_{ci})$$

بود. هزینه سیستم در ابتدا 2961.351 میلیون ریال است. نتایج یک مقاله در جدول 1 با الگوریتم پیشنهادی مقایسه شده است. ملاحظه می گردد که در نتیجه روش پیشنهادی بهترین سود مالی حاصل شده است. پروفیل ولتاژ پیش و پس از نصب خازن در شکل 4 آمده است. لازم به ذکر است کمترین ولتاژ پس از اعمال روش پیشنهادی 0.932 pu می باشد.

هرچه تعداد باسهای دارای خازن بیشتر می شوند، سیر بهبود وضعیت سیستم کندتر می شود و البته از جایی به بعد خازنهای نه تنها سودآور نیستند، بلکه مایه افزایش تلفات و ضرر مالی نیز خواهند شد.

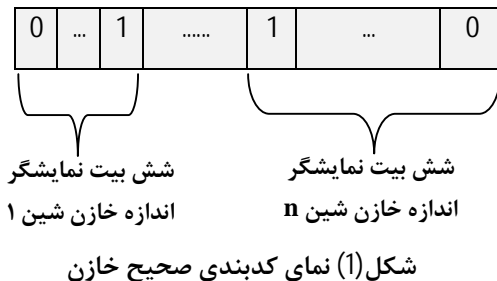
فیدر آزمایشی دوم

4- خازنگذاری به منظور کاهش تلفات

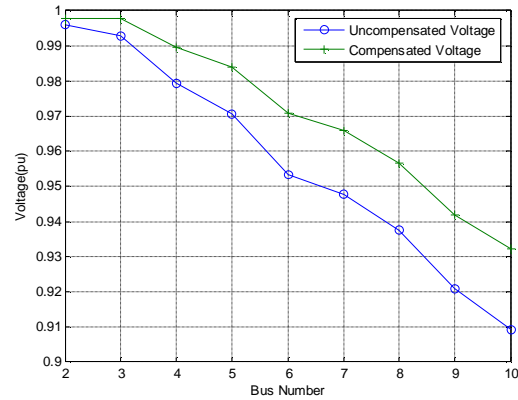
خطوط شبکه، انتقال دهنده توان مختلط می باشد. اما با توجه به اینکه کار توسط توان اکتیو انجام می گردد می بایست ترتیبی اتخاذ گردد که از حداکثر ظرفیت خطوط و تجهیزات جهت عبور توان اکتیو استفاده کنیم. با توجه به اینکه توان راکتیو نیز از خطوط و تجهیزات عبور می کند ظرفیت عبور توان اکتیو شبکه کاهش می یابد لذا بهترین عملکرد، استفاده از منابع تولید توان راکتیو مانند خازن در محل بار می باشد.

الگوریتم ژنتیک تمامی شین ها را بصورت کاندیدای خازنگذاری در نظر گرفته و برای هر شین شش بیت 0 و 1 در نظر می گیرد که 0 در بیت $6k+1$ نشانه عدم وجود و 1 نشانه وجود خازن در شین k ام می باشد که با توجه به در نظر گرفتن P و Q برای هر بار موجود در شین تنها لازم است که Q تولیدی خازن را از Q مصرفی بار کم کرده و عملیات مربوط به محاسبات شبکه انجام داد.

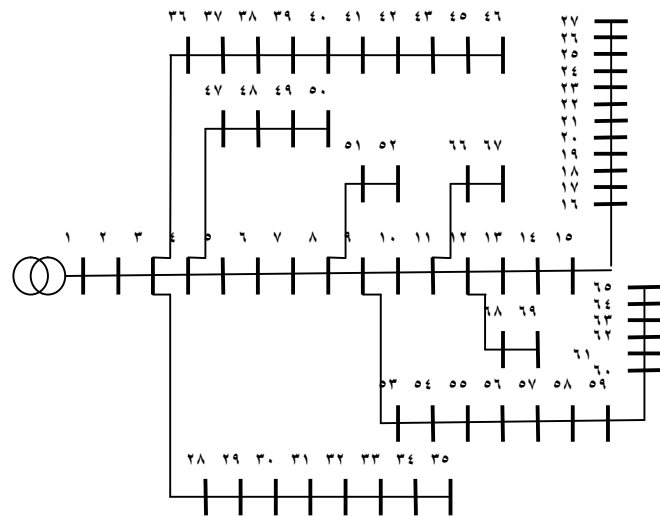
در این الگوریتم ژنتیک از شش بیت 0 و 1 برای هر شین استفاده شده است که این بدین معنی است که این شین می تواند 0 تا 127 برابر عدد پایه را به خدمت بگیرد که عدد پایه در این مقاله به علت اینکه بانکهای خازنی در عمل ضریبی از $12/5$ کیلو وار هستند، 12500 انتخاب گردیده است.



یک فیدر 69 باسه با ولتاژ 11 کیلو ولت که دیاگرام تک خطی آن در شکل 5 آمده است. بار کل این فیدر $3802.2+j1194.6$ kVA است. پس از انجام پخش بار به اطلاعات زیر دست می یابیم. کمترین ولتاژ شبکه در باس 65 و با مقدار 0.928 pu است.



شکل 4: پروفیل ولتاژ فیدر 9 شینه



شکل 5: دیاگرام تک خطی فیدر 69 باسه

جدول 1: مقایسه نتایج خازنگذاری روی فیدر 9 باسه

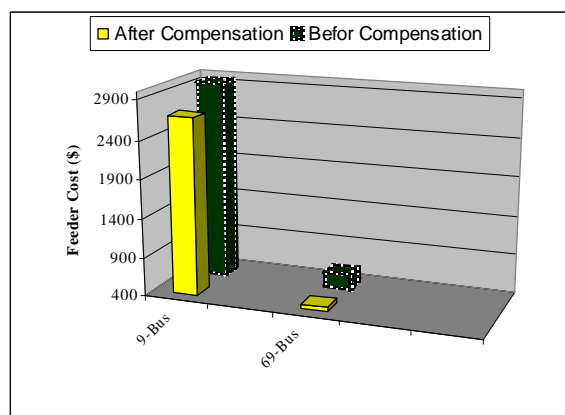
هزینه سیستم (میلیون ریال)	مقادیر خازن	باسهای کاندید	روش
2780.181	300,300, 600,1200	1,4, 5,6	ترکیبی [11]
2675.43	1200,900 300	5,6,10	پیشنهادی

شکل (3) فلوجارت برنامه

تلفات کل پیش از جبران سازی 225 kW است. در مرحله خازن گذاری ضرایب اشاره شده در رابطه 1 به صورت زیر است. $K_p=0$ و $K_{e0}=738$ و $K_{e1}=441$ و $K_{e3}=171$ و هزینه خازن به این صورت محاسبه می شود که $K_e=62430$ و فقط می توانیم از خازن های 300kVAR و مضارب آن استفاده کنیم که این امر در مقالات مورد مقایسه رعایت شده است. سه سطح بار در نظر گرفته می شود که به صورت $S_0=1$ و $S_1=0.8$ و $S_2=0.5$ و سه بازه زمانی به صورت $T_0=1000$ و $T_1=6760$ و $T_2=1000$

ژنتیک، رهیافتی ابتکاری پیشنهاد شده است. روش ارائه شده دارای مزایای ذیل است:

- 1- از آنجا که تعداد گره های محدودی برای خازن گذاری کاندید می شوند، ابعاد مسئله به مراتب کاهش می یابد و روش پیشنهادی را برای سیستم های بزرگ مناسب می سازد.
- 2- در این روش، اندازه های استاندارد و مقادیر واقعی بانک خازنی لحاظ می شود و نتیجتاً به پاسخ بهینه عملی دست می یابیم نه تئوری. به علت طبیعت تکراری روش ابتکاری پاسخها در هر مرحله به روز شده و بهبود می یابند.
- 3- تخطی از حدود مجاز ولتاژ رخ نمی دهد.
- 4- در صورت نیاز می توان تعداد و مقدار ماکزیمم خازن را مشخص نمود. ضمناً خازنهایی که از قبل در شبکه نصب شده اند در محاسبات گنجانده می شوند
- 5- پس از اجرای روش پیشنهادی در دو فیدر استاندارد به کار رفته در مقالات منتشر شده و مقایسه نتایج، ملاحظه شد که سود مالی حاصله از این روش بیشتر است.



شکل 7. هزینه سیستم پیش و پس از نصب خازن

7. مراجع

- [1] J. B. Bunch, R. D. Miller, and J. E. Wheeler, "Distribution system integrated voltage and reactive power control," IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 101, no. 2, pp. 284-289, Feb. 1982.
- [2] Westinghouse Electric Corporation: Electric Utility Engineering Reference Book-Distribution Systems, Vol. 3, East Pittsburgh, Pa., 1965.
- [3] H. N. Ng, M. M. A. Salarna, A.Y.Chikhani, " Classification of Capacitor Allocation Techniques ",

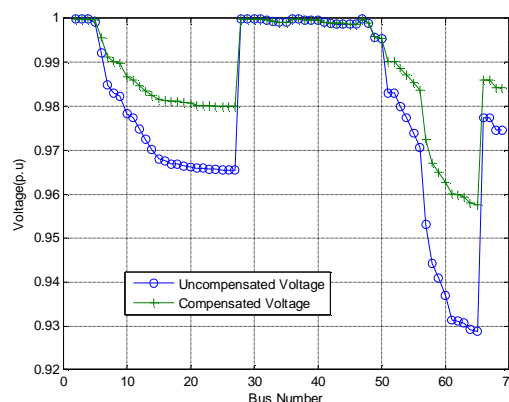
ساعت در نظر می گیریم و هزینه سیستم به صورت

$$C = K_p P_0 + \sum_{i=0}^{Nt} K_{ei} T_i P_i + \sum_{i=1}^{Nc} (C_{ins,fix} + K_c Q_{ci})$$

بود نتایج ارائه شده در یک مقاله در جدول 3 با الگوریتم پیشنهادی مقایسه شده است. انتظار داریم پروفیل ولتاژ پس از نصب خازن بهبود یافته باشد. لذا نمودار پروفیل ولتاژ را پیش و پس از جبران سازی رسم می نماییم. بهبود وضعیت ولتاژ کاملاً مشهود است (شکل 6). مجدداً ملاحظه می شود که روش پیشنهادی بهتر عمل می کند. لازم به ذکر است کمترین ولتاژ پس از اعمال روش پیشنهادی 0.958 pu می باشد.

جدول 2: مقایسه نتایج خازنگذاری روی فیدر 69 با سه

روش	گره های کاندید و مقادیر kVAR	هزینه سیستم میلیون ریال
ترکیبی [11]	8,11,18,50,61,64 61=900 و بقیه 300	507.366
پیشنهادی	61, 17 900, 300	448.938



شکل 6: پروفیل ولتاژ فیدر 69 شینه

در شکل 7 هزینه سیستم پیش و پس از نصب خازن در به تصویر درآمده است.

6. نتیجه گیری

در این مقاله روشی ساده و عملی، بدون نیاز به فرضیات اضافی و غیر واقعی به منظور حل مسئله جایابی بهینه خازن در شبکه های توزیع ارائه شده است. برای رسیدن به پاسخ، با بکارگیری الگوریتم

International Conference on Energy Management and Power Delivery, Proceedings of EMPD '95, Vol.1, pp. 388-393.

- IEEE Trans. on Power Delivery, Jan. 2000, Vol. U, No. 1, pp. 387-392.
- [4] S. H. Lee, J. J. Grainger, " Optimum Placement of Fixed and Switched Capacitors on Primary Distribution Feeders ", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No.1, Jan. 1981, pp. 345-352.
- [5] J . J. Grainger, S. H. Lee, " Optimum Size and Location of Shunt Capacitors for reduction of Losses on Distribution Feeders ", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No.3, March1981, pp. 1105-1118.
- [6] M. E. Baran, F. F.Wu, " Optimal Capacitor Placement on a Radial Distribution System ", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 4, NO. 1, 1989, pp.725-734.
- [7] M. E. Baran, F. F.Wu, " Optimal Sizing of Capacitors Placed on a Radial Distribution System ", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 4, No.1, 1989, pp.735-743.
- [8] M. Chis, M. M. A. Salama, and S. Jayaram, "Capacitor placement in distribution systems using heuristic search strategies," *IEE Proceedings Generation, Transmission and Distribution*, vol. 144, no. 2, pp. 225-230, May 1997.
- [9] Ali Hassan Al-Mohammed , Ibrahim Elamin, "Capacitor Placement In Distribution Systems Using Artificial Intelligent Techniques", Paper accepted for presentation at 2002 IEEE Bologna PowerTech Conference, June 22-26, Bologna, Italy
- [10] S.F. Mekhamer, M. E. El-Hawary M. M. Mansour, M. A. Moustafa S.A. Soliman "Fuzzy and Heuristic Techniques for Reactive Power Compensation of Radial Distribution Feeders: A Comparative Study", Proceedings of the 2002 IEEE Canadian Conference on Electrical & Computer Engineering
- [11] H.Yang, Y. Huang, C. Huang, " Solution to Capacitor Placement Problem in Radial Distribution System Using Tabu Search Method ", 1995