

## ترکیبی از انتخاب هادی بهینه و مکانیابی خازن در سیستم های توزیع شعاعی با هدف بهبود تولید با استفاده از الگوریتم ژنتیک

### مقدمه

هدف اصلی سیستم توزیع الکتریکی (EDS) فراهم کردن خدمات معتبر و مقرون به صرفه برای مصرف کنندگان با توجه به کیفیت قدرت در محدوده ی استاندارد می باشد. بنابراین، برنامه ریزی مناسب EDS و در نتیجه ارزیابی جنبه های مختلف مانند هزینه نصب تجهیزات جدید، میزان استفاده از تجهیزات و کیفیت خدمات، قابلیت اطمینان سیستم توزیع و کاهش تلفات با توجه به افزایش بارهای سیستم و بارهای تازه نصب شده برای افق های برنامه ریزی ضروری است (1). به حداقل رساندن تلفات در سیستم های توزیع، اخیراً اهمیت بیشتری جلب کرده است زیرا روند اتوماسیون توزیع نیازمند کارآمدترین سناریو عامل برای تغییرات کارایی اقتصادی خواهد بود. تلفات برق در سیستم های توزیع به حدود 78٪ از کل تلفات در سیستم های قدرت الکتریکی مربوط است (M. Mozaffari Legha, 2012).

مزایای افزودن خازن های موازی (شنت)، بهبود ضریب قدرت، مشخصات ولتاژ فیدر(سیم تغذیه)، کاهش خسارت برق و افزایش ظرفیت در دسترس فیدر(سیم تغذیه) می باشد. بنابراین، یافتن مکان بهینه و اندازه های خازن ها در سیستم برای رسیدن به اهداف ذکر شده ی فوق مهم می باشد. از آنجاییکه مکانیابی خازن بهینه یک مشکل بهینه سازی ترکیبی پیچیده است، تکنیک ها و الگوریتم های بهینه سازی متفاوتی در گذشته پیشنهاد شده است. (Baghzouz و Ertem 1990) این مفهوم را پیشنهاد کرده اند که اندازه ی کناره خازن به عنوان متغیر پیوسته در نظر گرفته می شد. H. Ng et al (2000) با استفاده از منطق تقریبی فازی، مشکل مکانیابی خازن را پیشنهاد کرد.

(Ji Pyng Chiou et al 2006) الگوریتم تکامل متمایز متغییر مقیاس هیبرید را برای مکانیابی خازن در سیستم توزیع پیشنهاد کرد. با این وجود، تنها خسارت در خطوط در نظر گرفته شد و مقادیر تنها برای خسارت خطوط تعریف شد.

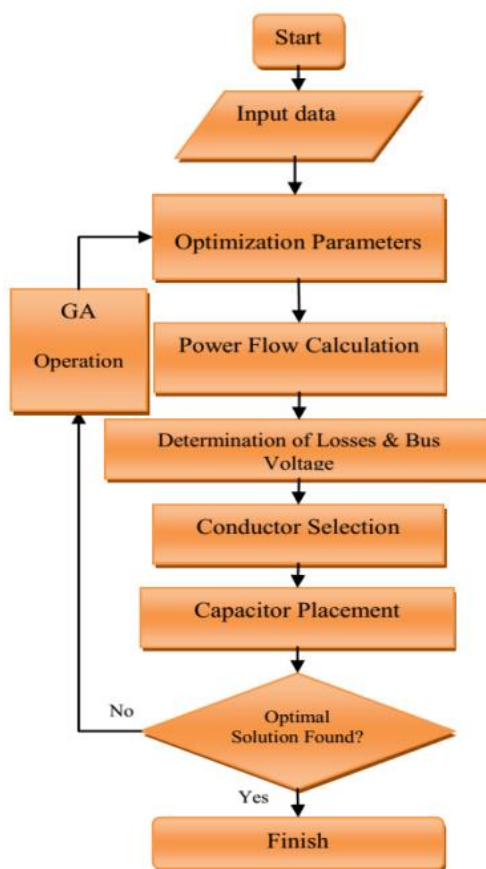
چندین پارامتر وجود دارد که باید برای مدل سازی مشکل انتخاب اندازه ی هادی (CSS) در نظر گرفته شود مانند: زندگی اقتصادی هادی، نرخ تنزیل، هزینه های کابل و نصب و نوع مدار ( رویی یا زیرین). رویکرد برنامه نویسی پویا برای حل مشکل CSS در (3) مورد استفاده قرار گرفت. آن ها مدل هایی برای نشان دادن هزینه سیم تغذیه (فیدر)، تلفات انرژی و تنظیم ولتاژ به عنوان تابع سطح مقطع هادی ارائه داده اند. در ( Mahdi Mozaffari Legha et al 2013) انتخاب اندازه هادی با توجه به معیارهای مالی و مهندسی در سیم تغذیه (فیدر) انجام شده است. در ( S. Sivanagaraju et al 2002) و (6) مشکل CSS با استفاده از روش های اکتشافی حل شده است. مرجع ( S. Sivanagaraju et al, 2002) با استفاده از معیارهای اقتصادی به همراه انتخاب تکنیکی با استفاده از شاخص حساسیت از فاز انتخاب استفاده می کند که به دنبال اطمینان بخشیدن به عمل ممکن EDS می باشد، در حالیکه با استفاده از شاخص حساسیت جدید برای تزریق توان راکتیو یک روش اکتشافی را نشان می دهد. روش های اکتشافی قوی هستند، به راحتی به کار گرفته می شوند اما به طور معمول به راه حل بهینه محلی متمایل هستند. در ( SU. Ching et al, 2001)، یک مدل خطی عدد صحیح مختلط برای مشکل انتخاب اندازه هادی در سیستم های توزیع شعاعی ارائه شده است.

در این مقاله، ترکیبی هم از مکانیابی خازن و هم روش های انتخاب هادی توسعه یافته است تا خسارت شبکه توزیع را کاهش دهد. در این روش، تابع هدف مکان خازن و انتخاب هادی کاهش خسارت قدرت در حداقل هزینه و افزایش ولتاژ می باشد. محدودیت، محدوده ی ولتاژ می باشد که ظرفیت انرژی رایج هادی انتخاب شده را مجاز می سازد. برای حل این مشکل بهینه سازی، روش الگوریتم ژنتیک (GA) مورد استفاده قرار گرفته است. روش پیشنهادی بر سیستم شعاعی 69-bus با 3 نوع هادی در دسترس و 69 اندازه ی متفاوت خازن آزمایش شده است. نتایج نشان

داد که تابع هدف پیشنهاد شده، خسارت سیستم را با در نظر گرفتن همه ی محدودیت ها و ترکیب خازن ها و انتخاب هادی به حداقل می رساند.

## الگوریتم ژنتیک

GA ها الگوریتم های جستجوی تعمیم داده شده هستند که بر مبنای مکانیک ژنتیک طبیعی می باشند (14). GA جمعیتی از افراد را حفظ می کند که نشان دهنده ی راه حل کاندید شده به مشکل ارائه شده است. هر فرد در جمعیت ارزیابی می شود تا مقیاسی به تناسب اش به مشکل از تابع هدف داده شود. GA راه حل ارزیابی را با اپراتورهای تصادفی یعنی انتخاب، تقاطع و جهش ترکیب می کند تا بهینگی را بدست آورد. نمودار جریان پیشنهادی GA در شکل 2 نشان داده شده است.



شکل 2. نمودار روش پیشنهادی

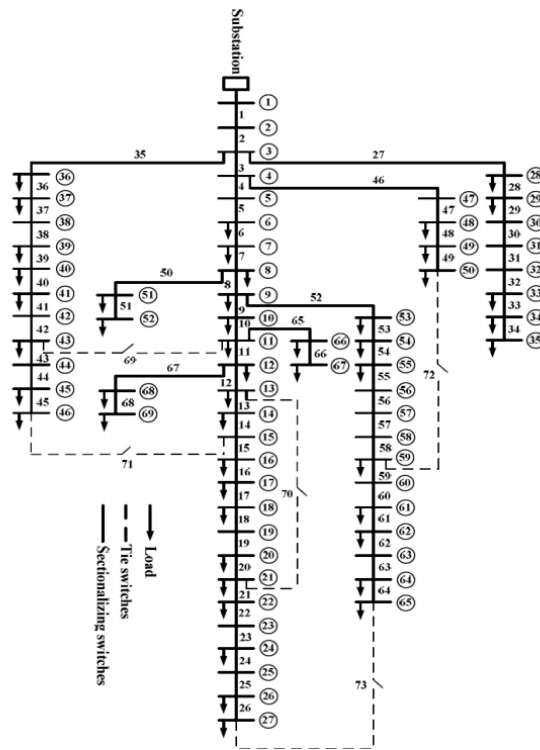
(آغاز-داده های ورودی- پارامترهای بهینه سازی- محاسبه ی جریان قدرت- تعیین تلفات و ولتاژ باس- انتخاب هادی-محل خازن-راه حل بهینه یافته شده-پایان)

## آزمایشات و نتایج

شبیه سازی با استفاده از رویکرد ICA در شبکه توزیع شعاعی 69-bus انجام شده است تا دقت و همینطور کارایی تکنیک راه حل ارائه شده را نشان دهد. نمودار خطی برای سیستم های توزیع شعاعی در شکل 3 نشان داده شده است. میزان بهای پایه سیستم به عنوان 20kV و 20 MVA در نظر گرفته شد. جزئیات هادی های توزیع در جدول 1 داده شده است. سیستم شامل 60 ترانسفورماتور با مقادیر متعدد است. جزئیات ترانسفورماتورهای توزیع در جدول 2 داده شده است. مجموع بار متصل بر سیستم 2550KVA است و اوج تقاضا برای سال 2120KVA در 0.8 PF می باشد (Mahdi Mozaffari Legha, 2011).

Type	R [ $\Omega$ /km]	X [ $\Omega$ /km]	Cmax [A]	A [mm <sup>2</sup> ]
Hyena	0.1576	0.2277	550	126
Dog	0.2712	0.2464	440	120
Mink	0.4545	0.2664	315	70

جدول 1. ویژگی های هادی



شکل 3. نمودار خطی برای سیستم توزیع شعاعی 69-bus

نمودار خطی برای سیستم های توزیع شعاعی در شکل 3 نشان داده شده است. ویژگی های هادی جدید مورد استفاده در تحلیل این سیستم در جدول 1 داده شده است. داده های اولیه برای راه حل جریان بار بر مبنای روش عقب به جلو به این صورت انتخاب شده است:  $S=100\text{MVA}$ ,  $V=20\text{KV}$ ,  $E=10$ . پارامترهای دیگر مورد استفاده در فرایندهای محاسبه به این گونه می باشند:  $KE = 0.012 (\$/\text{kWh})$ ;  $KP = 1.04 (\$/\text{kW})$ .

Rating [KVA]	50	100	250
Number	5	9	6
No load losses [watts]	150	250	480
Impedance [%]	4.5	4.5	4.5

پارامترهای مورد استفاده در الگوریتم ژنتیک (GA) عبارتند از: تعداد decade ها 33 عدد است، اندازه جمعیت 100 می باشد، تعداد Empire 10 می باشد، میزان تکامل 0.1 است. همچنین عامل خسارت که نشان دهنده ی تلفات انرژی برای میزان بار در قالب حداکثر خسارت قدرت است انتخاب شده اند. نتایج انتخاب هادی در جدول 3 نشان داده شده است.

Table 3. Conductor selection results

Conductor Design Method	Type	Branch Number
Conventional	Hyena	From 1 to 26
	Dog	Rest of 68 branches
	Mink	----
GA Based	Hyena	20,21,28,38,43
	Dog	---
	Mink	Rest of 68 branches

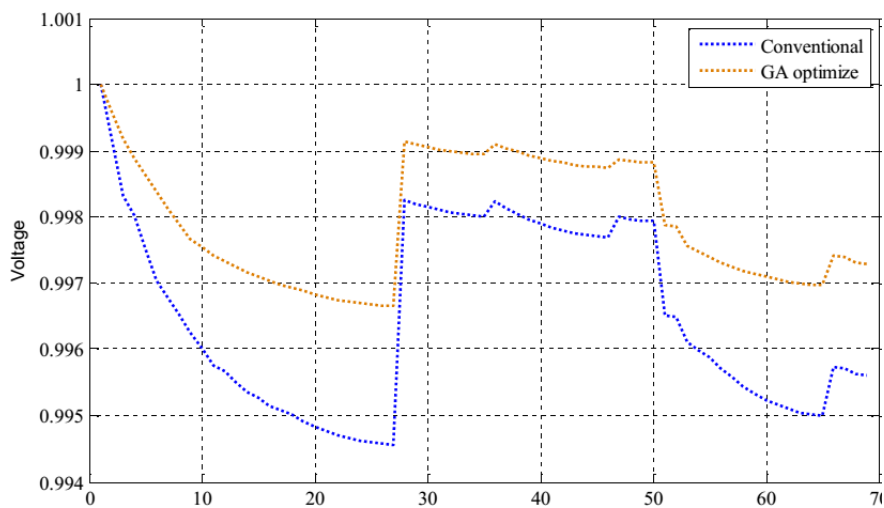
در ابتدا، جریان بار برای مطالعه موردی در بسامد اصلی و در بسامدهای بدون نصب خازن اجرا شد. جدول 5 نتایج جریان قدرت برای تعیین ولتاژ و هارمونیک قبل از نصب خازن را نشان می دهد. جدول 4 نشان دهنده ی مکان ها و ظرفیت خازن با استفاده از الگوریتم کلونی زنبور عسل است. همانطور که مشخص است، همه ی مقادیر بدست آمده با همه ی محدودیت های در نظر گرفته شده محدود است. اهرم نفوذ بدست آمده 18.64٪ است که کمتر از میزان مجاز فرض شده است.

Location [#bus]	Capacity [Mvar]
2	0.1
6	0.025
7	0.1
13	0.35
15	0.15

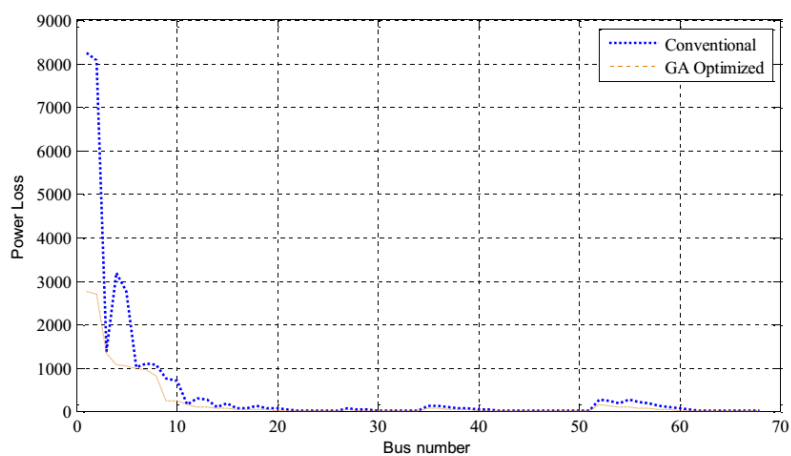
جدول 4. مکان بهینه و ظرفیت کناره های خازن

مشخصات ولتاژ و تلفات قدرت در سیستم بعد از بکارگیری GA با طرح هادی قراردادی مقایسه شده است و مکان خازن در شکل 4 و شکل 5 نشان داده شده است. می توان دید که مشخصات ولتاژ توسط الگوریتم بهینه سازی GA تقریباً یکسان است درحالیکه بهبود بهتری در مقایسه با روش قراردادی دارد. علاوه بر این، کاهش در تلفات اوج قدرت بر مبنای مشخصات تلفات اوج قدرت نشان داده شده است. هزینه ها بر مبنای انتخاب هادی و مکانیابی خازن در شکل 6 و جدول 5 مقایسه شده اند.

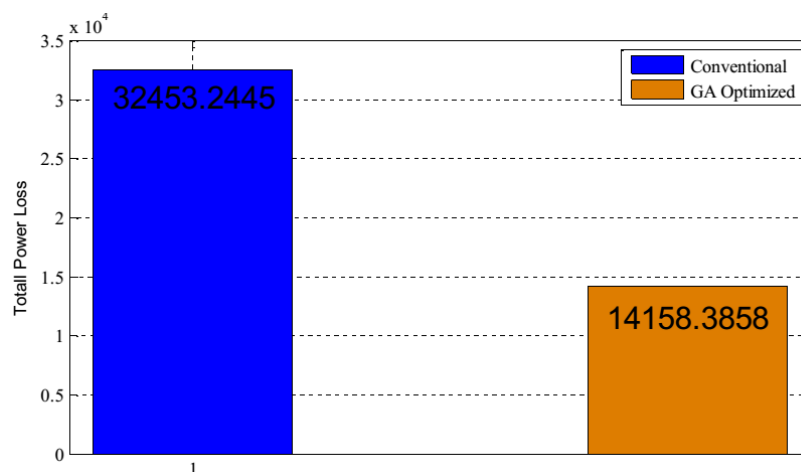
کاهش تلفات برق واقعی 606.7364 kw است که تقریباً در مقایسه با طرح قراردادی GA 3.8% می باشد. در روشی مشابه، کاهش هزینه کلی (مجموع هزینه سالیانه تلفات و استهلاک هزینه سرمایه گذاری) به ترتیب برای GA 29.15٪ به دست آمد.



شکل 4. مشخصات ولتاژ سیستم 60-bus



شکل 5. مشخصات تلفات اوج قدرت در هر شاخه



شکل 6. تلفات کلی برای روش انتخاب هادی متفاوت

Table 5. Obtained Loss results

Method	Total Loss [W]
Conventional	32453.24452
GA	9555.23

### نتیجه گیری

در این مقاله، انتخاب هادی در مکانیابی خازن بهینه قراردادی ترکیب شده است. با ایجاد تابع هدف جدید و حل مشکل بهینه سازی توسط روش GA، اندازه و مکان خازن و هادی ها تعریف شده است. روش در شبکه شعاعی نمونه به کار گرفته شد و نتایج کاهش هزینه های کلی و کاهش تلفات قدرت را نشان داد. بر طبق نتایج، ولتاژ باس در باس های انتهایی در محدوده مجاز می باشند.



## REFERENCES

- Baghzouz, M. "Optimal Capacitor Sizing for Radial Distribution Feeders with Distorted Substation Voltages," *Trans. on Power Delivery*, Vol 5, pp 650-657, Bastur B, Araboga "An artificial bee colony BC algorithm for numeric function optimization", *Artificial Intelligence Symposium 2006*, May 12-14, Indianapolis, IN, USA.
- Chiradea "An approach to quantify the Benefits of Distributed Generation systems", *trans on Energy Conversion*, Vol. 19, Dec 2004, pp 764 – 773.
- as "Reactive power compensation for radial distribution networks using genetic algorithms", *Electric Power and Energy Systems*, vol. 24, pp.573-581.
- Delfanti M, Granelli GP, Marannino P, Montagna M. 200 "Optimal Capacitor Placement Using Deterministic and Genetic Algorithms," *trans on Power Systems*, vol. 15, issue 4, pp -1046,
- Alaghi H, Amzani M, Haghifam M, Oshani Milani "Optimal Selection of Conductors in Radial Distribution Systems with Time Varying Load," *International Conference on Electricity Distribution*, Paper No. 1, Berlin, Germany, June 6-9, 2003.
- Goldberg D E. 1989. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley, Reading, MA.
- Hsiao, Chien C "Optimization of Capacitor Allocation Using an Interactive Trade-off Method," *Proceedings, Generation, Transmission and Distribution*, Vol. 148, Issue 4, pp. 371–374,
- Araboga, Bastur B "On the performance of artificial bee colony BC algorithm", *Applied Soft Computing*, vol pp -697.
- Mendoza F, Requena D, Bernal-Agustin JL, Dominguez-Navarro J "Optimal conductor size selection in radial power distribution systems using evolutionary strategies," in *Proc / Transmission & Distribution Latin America*, 2005, pp. 01–05.
- Mozaffari Legha M, Abdollahzadeh Angrood, Zargar Aezadeh, Mozaffari Legha "CONDUCTOR SIZE SELECTION IN PLANNING OF RADIAL DISTRIBUTION SYSTEMS FOR MAXIMUM PRODUCTIVITY IMPROVEMENT USING IMPERIALIST COMPETITIVE ALGORITHM", *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, vol. 1, No. 2, pp. 65-69, June 2009.
- Mozaffari Legha M. 2011. *Determination of optimal conductor size and placement in distribution network and its loss maximum, due to geographical condition*, MS.c Thesis. Islamic Azad University, Saveh Branch, Markazi Province, Iran.
- Ng HN, Alam MM, Chihani "Classification of Capacitor Allocation Techniques," *trans on Power Delivery*, vol 15, pp. 387-392,
- Anand, Chaturvedi, Dhanraj, et al. "Optimal conductor selection of radial distribution feeders using evolutionary programming," in *Proc Region Conf Convergent Technologies for the Asia-Pacific (TENCON 2003)*, Bangalore, India, 15–17, 2003, vol. 1, pp. 456–459.
- ao "Optimal conductor selection for loss reduction in radial distribution systems using differential evolution," *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 7, pp. 2829–2838, Jul. 2008.
- Ivanagara U, Reenivasulu N, Iyaya Umar M, Amana "Optimal Conductor Selection for Radial Distribution," *Elsevier, Electric Power System Research*, Vol. 63, pp. 95-103,
- Su Ch T, Lii G R, Tsai Ch Ch 200 "Optimal Capacitor Allocation Using Fuzzy Reasoning and Genetic Algorithm for Distribution Systems," *Elsevier, Mathematical and Computer Modelling*, pp -757,
- Arup "Genetic Algorithm for optimal capacitor allocation in radial distribution systems", *Proceedings of the 6th WSEAS Int. Conf. on EVOLUTIONARY COMPUTING*, Lisbon, Portugal, June 16-18, pp152-159.
- Ahmed M, Manouchehr N, Hossein, Jamaledin "Combination of optimal conductor selection and capacitor placement in radial distribution systems for maximum loss reduction," in *Proc Int Conf Industrial Technology*, Gippsland, Australia, Feb. 10–13, pp. 01–05.
- Wang Z, Liu H, Wu C, Wang X, Gong H "Practical Approach to the Conductor Size Selection in Planning Radial Distribution Systems," *trans on Power Delivery*, vol. 15, No. 4, pp.350 -353,