ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز
دوره 2، شماره 6 (پیاپی: 16)، شهریور 1400، ص. 5 – 1
Journal of Approach at Oil and Gas Management
Vol. 2, No. 6 (Con: 16), Sep 2021, P. 1 – 5
https://science-journals.ir
https://rmng.science-journals.ir

کاهش تلفات و هزینه شبکه های انتقال قدرت براساس روش تاگوچی مبتنی بر آرایه های متعامد در حضورعدم قطعیت توربین های بادی

مجید نجارپور[1]، بهروز طوسی*[2]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه ارومیه
2- دانشیار، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه ارومیه

*نویسنده رابط: b.tousi@urmia.ac.ir

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت مقاله: مرداد ماه 1400

تاریخ پذیرش مقاله: شهریور ماه 1400

واژگان کلیدی

پخش بار بهینه احتمالاتی

کاهش هزینه ها

تاگوچی

آرایه متعامد

الگوریتم ژنتیک

چکیده

یکی از اجزای تلفات در خطوط انتقال تلفات ناشی از پخش بار نامناسب می باشد. پخش بار در سیستم انتقال متداول متاثر از توپولوژی شبکه و برنامه ریزی تولید مورد استفاده در بسیاری از مواقع بهترین حالت نیست و ضمنا کمترین تلفات را شامل نمی شود در این مقاله هدف اصلی کاهش تلفات و در کنار آن کاهش هزینه ها و بهبود پروفیل ولتاژ با استفاده از روش تاگوچی درحضور عدم قطعیت ها است. که جهت اجرا ابتدا پخش بار بهینه احتمالاتی را روی شبکه انجام داده و با بهینه سازی تابع تلفات با الگوریتم ژنتیک سعی در دستیابی به اهداف گفته شده داریم. در پایان هم الگوریتم پیشنهادی روی شبکه استاندارد 30 باسه IEEE پیاده سازی شده و نتایج آن ارائه گردیده است.

نحوه ارجاع به این مقاله:

م. نجارپور، ب. طوسی، کاهش تلفات و هزینه شبکه های انتقال قدرت براساس روش تاگوچی مبتنی بر آرایه های متعامد در حضورعدم قطعیت توربین های بادی، ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز، دوره2، شماره6، ص. 5 – 1، 1400.

1. مقدمه

مسئله OPF (پخش بار بهینه) نخستین بار در سال 1960 توسط Carpentier معرفی گردید. و یک ابزار قدرتمند برای طراحی و بهره برداری سیستم قدرت تبدیل شد. از سال 1962 الگوریتم های مختلفی برای حل اساسی بحث OPF و مشتقات آن ارائه و طراحی شده است[1]. همراه با گسترش سیستم های قدرت و تکنولوژی محاسبات بحث فرمولاسیون OPF نیز روز به روز پیچیده تر و واقع بینانه تر گردید .واستفاده ازOPF به طور گسترده در طراحی و بهره برداری سیستم قدرت مورد استفاده قرار گرفت. تکنیک های زیادی برای حل مسئله OPF به کار گرفته شده که از جمله می توان به برنامه ریزی خطی[1]، برنامه ریزی درجه2[2]، برنامه ریزی پویا [3] ، روش های گرادیان و لاگرانژ و ...استفاده از الگوریتم های مختلفی از جمله الگوریتم ژنتیک [4] تکامل تفاضلی[5] و غیره.تعدادی از این روش ها در تعیین نقطه بهینه موفق بودند .اما در عوض سرعت همگرایی پایین داشته نیازمند هزینه محاسبات بالا می باشند[6]. در این مقاله می خواهیم با به کار بردن الگوریتم ژنتیک و استفاده از پخش بار بهینه تلفات انتقال را کاهش بدهیم . کمیت های کنترلی سیستم شامل توان تولیدی ژنراتور، اندازه ولتاژ کنترل شده، توان راکتیو تزریق شده از منابع توان راکتیو و تنظیمات تپ ترانسفورماتور می باشند. هدف در اینجا مینیمم کردن تلفات انتقال به وسیله بهینه سازی متغیر های کنترلی محدوده حد بالا و پایین و بدون تجاوز بر کمیت های دیگر سیستم می باشد.

2. فرمول بندی مسأله

پخش‌بار بهینه یک مسأله بهینه‌سازی غیرخطی است و مسأله بهینه سازی در واقع عبارت است از کمینه کردن یک تابع هدف معین با متغیرهای مشخص، در صورتی که جواب در حوزه تعریف شده مسأله باشد و قیود تعریف شده مسأله برقرار بمانند. بزرگترین موانع یک جستجوی بهینه موفق زمان محاسبات و دیگری عدم همگرایی به جواب بهینه مطلق می‌باشد. در این مقاله هدف از پخش‌بار بهینه تعیین مقدار بهینه واحدهای تولیدی شبکه با کمترین هزینه بهره‌برداری با توجه به قیود بهره‌برداری می‌باشد. رابطه (1) تابع هدف است که در آن ci,bi, ai ضرایب ثابت هزینه های سوخت در ژنراتور iأم و pgi توان تولیدی ژنراتور iأم است. روابط (2) و (3) معرف قیود فنی و مساوی هستند که Vj ,Vi ,θij به ترتیب زاویه ولتاژ بین باس های i , j و ولتاژ باس های i , j و Nb ، Pi net ، Qi net به ترتیب معرف تعداد باس ها و توان اکتیو خالص باس i ام و توان راکتیو خالص باس i ام و روابط (4-6) قیود نامساوی را بیان می کنند به‌گونه‌ای که Vimax و Vimin حداکثر و حداقل ولتاژ باس i ام ، Pimax و Pimin حداکثر و حداقل توان اکتیو تولیدی ژنراتور i ام و Qimax و Qimin حداکثر و حداقل توان راکتیو تولیدی ژنراتور i ام است. در مسأله پخش بار بهینه متغیر های کنترلی عبارتند از : Pg ، Vg ، T ، Qc که Pg توان تولیدی اکتیو در شین‌های PV غیر از باس اسلک، Vg دامنه ولتاژ در شین های PV، T تنظیم تپ ترانسفورماتورها، Qc جبران ساز های توان راکتیو موازی می باشند و در مسأله پخش بار بهینه متغیرهای حالت عبارتند از : P_{g1} ، V_L ، Q_G ، S_l که P_{g1} توان اکتیو تولیدی در باس اسلک، V_L دامنه ولتاژ در شین های PQ، Q_G توان راکتیو خروجی واحدهای تولیدی و S_l بارگذاری توان در خطوط انتقال.

$$Min \sum_{i=1}^{ng} \left(a_i {Pg_i}^2 + b_i Pg_i + c_i\right) \quad (1)$$

$$P_i^{net} = |V_i| \sum_{j=1}^{N_b} |Y_{ij}||V_j| \cos\left(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}\right) \quad (2)$$

$$Q_i^{net} = |V_i| \sum_{j=1}^{N_b} |Y_{ij}||V_j| \sin\left(\delta_i - \delta_j - \theta_{ij}\right) \quad (3)$$

$$Q_i^{min} \le Q_i \le Q_i^{max} \quad (4)$$

$$P_i^{min} \le P_i \le P_i^{max} \quad (5)$$

$$V_i^{min} \le V_i \le V_i^{max} \quad (6)$$

3. تکنیک روش تاگوچی برای پخش‌بار بهینه احتمالاتی

روش تاگوچی یک روش آماری است که بر اساس آرایه‌های متعامد برای بهینه سازی سیستم‌ها بکار می‌رود. در این مقاله برای مدل‌سازی عدم‌قطعیت‌های بار و باد از روش تاگوچی استفاده می‌کنیم، در مسأله پخش‌بار بهینه احتمالاتی، هدف از فاکتورها همان متغیرهای تصادفی است، در این روش تعداد فاکتورها را با m و تعداد سطح از فاکتورها را با n نشان می‌دهند، و بعد از آن، به تعداد آزمایش انجام می‌شود. البته انجام همه آزمایش‌ها، اغلب دشوار و بسیار هزینه‌بر است. به کمک آرایه‌های متعامد، امکان انجام حداقل آزمایش‌ها وجود دارد. واژه (سطح) بیانگر مقداری از توزیع احتمالاتی است. گام اول در استفاده از روش تاگوچی، تعیین تعداد سطوح هر فاکتور است. روش تاگوچی با فاکتورهای دوسطحی به کمترین میزان محاسبات پخش‌بار نیاز دارد بنابراین تنها دو سطح از هر فاکتور در نظر می‌گیریم. همواره امکان تنظیم 2 سطح از یک متغیر تصادفی با توزیع نرمال وجود دارد، زیرا این توزیع یک توزیع متقارن است. که این سطوح باید به صورت $\mu-\sigma$ و $\mu+\sigma$ بیان شود μ و σ به ترتیب نشان دهنده‌ی میانگین و انحراف از معیار است. مدل بار ارائه شده دراین مقاله توزیع نرمال است. برای یک متغیر تصادفی با توزیع ویبول مانند نیروگاه بادی، نیز می‌توان سطوح را به صورت $\mu-\sigma$ و $\mu+\sigma$ در نظر گرفت. که $\mu-\sigma$ به عنوان سطح 1 و $\mu+\sigma$ به‌عنوان سطح 2 معرفی می‌شوند.

طراحی یک آزمایش بهینه: می‌توان به کمک مراحل زیر، با انجام یک آزمایش برای پخش‌بار احتمالاتی با بهترین شاخص عملکرد بدست آورد و از انجام بقیه آزمایش‌ها خودداری کرد. در گام نخست باید یک شاخص عملکرد تعریف شود(7).

$$Y_j = \sum_{\psi}^{NL} \left| f_{j\psi} - f^*_{\psi} \right| \quad , \quad j = 1,2,3,\dots \tag{7}$$

که در آن NL تعداد شاخه‌ها می‌باشد و $f_{j\psi}$ توان عبوری از خط ψ ام حاصل از پخش‌بار آزمایش jام است و f^*_{ψ} توان عبوری نامی از خط ψ ام است. گام دوم محاسبه‌ی میانگین تاثیر سطوح فاکتورها است. میانگین اثرات سطوح فاکتورها به صورت معادلات (8-13) تعریف می‌شود.

$$\bar{A}_1 = (Y_1 - Y_2)/2 \tag{8}$$
$$\bar{A}_2 = (Y_3 - Y_4)/2 \tag{9}$$
$$\bar{B}_1 = (Y_1 - Y_3)/2 \tag{10}$$
$$\bar{B}_2 = (Y_2 - Y_4)/2 \tag{11}$$
$$\bar{C}_1 = (Y_1 - Y_4)/2 \tag{12}$$
$$\bar{C}_2 = (Y_2 - Y_3)/2 \tag{13}$$

گام سوم تعریف اثر عمده‌ی هر فاکتور روی Y_j است طبق روابط (14-16):

$$\Delta A = \bar{A}_2 - \bar{A}_1 \tag{14}$$
$$\Delta B = \bar{B}_2 - \bar{B}_1 \tag{15}$$
$$\Delta C = \bar{C}_2 - \bar{C}_1 \tag{16}$$

اگر تاثیر عمده‌ی فاکتوری مثبت باشد، سطح دوم این فاکتور در آزمایش بهینه لحاظ می‌شود و اگر تاثیر عمده فاکتوری منفی باشد، سطح اول این فاکتور در آزمایش بهینه لحاظ می‌شود. میانگین و انحراف ازمعیار استاندارد طبق روبط (17, 18) است.*Nexp* تعداد آزمایش‌ها است.

$$\bar{x_i} = \left(\sum_{j=1}^{Nexp} x_{ij}\right) \Big/ Nexp \, , i = 1,2,3,..,Nexp \tag{17}$$

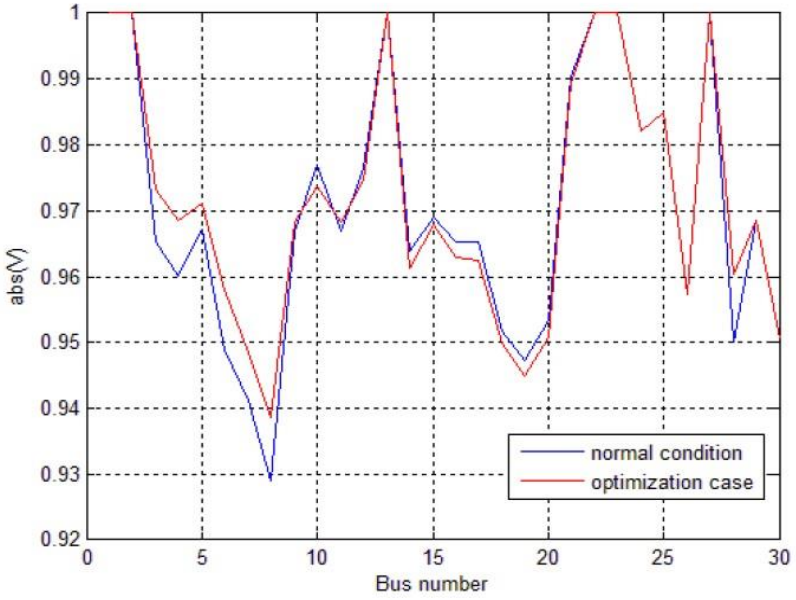
4. الگوریتم ژنتیک

الگوریتم‌های ژنتیک، الگوریتم‌های جستجوی همه منظوره ای هستند که بر اساس مکانیزم وراثت و گزینش طبیعی در موجودات زنده کار می‌کنند . این الگوریتم ها در سال 1975 توسط هالند و همکارانش در دانشگاه میشیگان ارائه شده است. این الگوریتم ها با جمعیتی از اجزاء منفرد که نماینده پاسخ‌های ممکن برای یک مسئله هستند سروکار دارند. به هریک از اجزاء منفرد بسته به این که تا چه حد پاسخ مناسبی برای مسئله باشند، یک امتیاز برازندگی نسبت داده می‌شود. الگوریتم ژنتیک با یک جمعیت اولیه از پاسخ ها شروع به کار و با اعمال عملگر های ژنتیک که بر اساس فرآیندهای ژنتیکی موجود در طبیعت مدل شده اند، به سمت پاسخ‌های بهتر پیش می‌رود. هر دوره تولید پاسخ‌های جدید یک نسل نامیده می‌شود. در هر نسل پاسخ‌های نسبتا بهتر برای باز تولید پاسخ‌های جدید که متناظر با موالید در فرآیند ژنتیکی طبیعی هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند، و جانشین پاسخ‌های قبلی می شوند. دراین فرآیند یک تابع ارزیابی که نقش محیط طبیعت را در فرآیند ژنتیک طبیعی را بازی می‌کند برای تمایز میان پاسخ‌های خوب و بد ایفا می‌کند. در این مقاله همان طور که گفته شد تکنیک استفاده شده جهت بهینه‌سازی، الگوریتم ژنتیک می‌باشد . به طوری که ابتدا پخش بار بهینه را انجام داده و سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک با جمعیت اولیه 12 و میزان جهش 0/2 میزان تقاطع 0/5 و با 100 تکرار بهینه ترین جواب را با توجه به قیود اشاره شده فوق می‌یابیم.

جدول 1: نتایج پخش بار قبل و بعد از بهینه‌سازی

واحد کمیت ها (**MW**)	نتایج پخش بار قبل از بهینه‌سازی	نتایج پخش بار بعد از بهینه‌سازی
مقدار کل توان تولیدی ژنراتورها	293/15	288/91
مقدار کل بار	283/80	283/80
مقدار کل تلفات	9/347	5/106

همان طور که در جدول 1 مشـــاهده می‌کنیم تلفات به میزان قابل توجهی کاهش یافته اســـت اما در مورد پروفیل ولتاژ و تغییرات آن در قبل و بعد از عمل بهینه‌سازی با توجه به تابع هدف بیان شده، شکل 1 را داریم.



شکل 1: بهبود پروفیل ولتاژ باس‌ها قبل و بعد از بهینه‌سازی

با توجه به تعریفی که از بهبود پروفیل ولتاژ در ابتدا داشتیم مشاهده می‌کنیم که میانگین انحرافات از مرجع یک پریونیت در شرایط بعد از بهینه‌سازی در بیشتر باس‌ها نسبت به شرایط قبل از بهینه‌سازی کمتر شده است و به هدف اصلی که همان بهبود پروفیل ولتاژ بود رسیدیم.

5. نتیجه گیری

هدف اصلی این مقاله این بود که تلفات که یک عامل مضر برای شبکه است را در حضور عدم‌قطعیت‌های باد و بار با استفاده از روش تاگوچی مبتنی بر آرایه‌های متعامد کاهش بدهد. برای انجام این کار از پخش بار بهینه که خود این پخش بار روی تلفات تاثیر مستقیم دارد استفاده کردیم به عبارتی با انجام پخش بار بهینه و بهینه‌سازی تابع تلفات توسط الگوریتم ژنتیک به هدف اصلی این مقاله که همان کاهش تلفات بود، رسیدیم همچنین هدف دیگر مقاله یعنی بهبود پروفیل ولتاژ و به تبع آن بهبود توان عبوری از خطوط را شامل سازی می‌شود. و نتایج به دست آمده از اجرای الگوریتم بر روی شبکه استاندارد 30 باسه IEEE نیز خود تصدیق کننده صحت الگوریتم پیشنهادی است.

منابع و مراجع

[1] Mustafa Bagriyanik and Zehra Elif Aygen ,"Eleco99 International Conference on Electrical and Electronics Engineering".
[2] M. Bagriyanik and H . Dag ," Determination of loction of FACTS devices Fuzzy Decision Making", IPST99-International Power System Transients Conference Proceeding, June 1999 , Budapest-Hungary, pp.539-543.
[3] K. R. C. Mamandur and R.D. Chenoweth, "Optimal Control of Reactive Power Flow for Improvements in Voltage Profiles and for Real Power Loss Minimization" , IEEE Trans. onPower App. And Systems, Vol. PAS-100, No 7, July 1981 , pp.3185-3194.
[4] Z. Y. Dong, D. J . Hill and Y . V. Makarov, "Advanced Reactive Power Planning by a Genetic Algorithm" , 13yh Power Systems Computation Conference , PSCC 99, Trondheim , Norway ,28 June 1999.
[5] Priyanka Roy, Umesh Kumar Tiwari, Vikas Singh, Md. Zeeshanullah and A.Chakrabarti, " Genetic algorithm Based Transmission Loss Constraint Economic Load Dispatch Solution Considering Valve Point Effect" , International Conference on Electerical Engineering and Computer Science Engineering (ICEECS),9Sept, 2012,Dehradun.
[6] Siti Amely Jumaat, Ismail Muusirin and Muhammad Murtadha Othman "Transmission Loss Minimization Using SVC Based on Particle Swarm Optimization", 2011 IEEE Symposium on industrial Electronics and Applications, Sept 2011, Langkawi.
[7] G. Bakirtzis, N. Biskas, E. Zoumas and Vasilios Petridis, " Optimal Power Flow by enhanced genetic algorithm" , IEEE Transactions on Power Systems, Vol.17 , pp. 229-236,2002.
[8] Jason Yuryevich and Kit Po Wong, " Evolutionary programming based optimal power flow algorithm ", IEEE Transactions on power systems, Vol.14, pp. 1245-1250-1999.
[9] Hong, Y.Y., Lin, F.J., Lin, Y.C., et al.: 'Chaotic PSO-based VAR control considering renewables using fast probabilistic power flow', IEEE Trans. Power Deliv., 2014, 29, (4), pp. 1666–1674.
[10] Carpinelli, G., Caramia, P., Varilone, P.: 'Multi-linear Monte Carlo simulation method for probabilistic load flow of distribution systems with wind and photovoltaic generation systems', Renew. Energy, 2015, 76, pp. 283–295
[11] Hong, Y.Y., Lin, F.J., Lin, Y.C., et al.: 'Chaotic PSO-based VAR control considering renewables using fast probabilistic power flow', IEEE Trans. Power Deliv., 2014, 29, (4), pp. 1666–1674.
[12] Xu, X.Y., Yan, Z.: 'Probabilistic load flow evaluation considering correlated input random variables', Int. Trans. Electr. Energy, 2015, May 2015, Wiley Online.