جایابی و تعیین ظرفیت بهینه منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع با استفاده از الگوریتم NSGA-II با استراتژی خاموش

محمد محمودی راد *[۱]

*۱-کارشناس ارشد برق، شرکت نصب، تعمیر و نگهداری نیروگاههای برق آبی خوزستان، اهواز، ایران

m.mahmoudi.raad@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۶

چکیده: در این مقاله یافتن مکان و اندازه بهینه تولیدات پراکنده به عنوان یک مسئله بهینه سازی مهندسی مطرح می‌شود، با توجه به یکپارچگی و نفوذ منابع تولید پراکنده در سیستم های توزیع، با استفاده از تعیین اندازه و جایابی بهینه آنها در شبکه های توزیع بر اساس توابع هدفی مانند: بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش تلفات، افزایش قابلیت اطمینان، مهار نمودن رشد نیروگاه های مرکزی و... صورت می‌گیرد. اهداف مذکور به کمک الگوریتم NSGA-II با استراتژی خاموش درشبکه IEEE 33-BUS مورد بررسی و مطالعه قرار خواهد گرفت. برای پیاده‌سازی مفهوم جانشینی خاموش، دسته ای از DG ها درنظر گرفته می‌شود که در حالت عادی خاموش می‌باشند که در صورت وقوع خطا در شبکه یا فیدرها، DG های جانشین نیز روشن شده و برای بازیابی بارهای قطع شده استفاده می‌شوند تا باعث تحقق توابع هدف گردد. برای اندازه‌گیری قابلیت اطمینان از معیار انرژی تامین نشده مورد انتظار EENS استفاده شده‌است. برای بهینه‌سازی دو هدف کلی درنظر گرفته شده است که شامل:کاهش EENS وکاهش تلفات توان می‌باشد. علاوه بر اهداف ذکر شده، بهبود پروفیل ولتاژ نیز به صورت تابع جریمه اعمال شده‌است. شبیه سازی در محیط نرم افزار متلب صورت گرفته و نتایج حاصل از آن، اثر بخشی و کارایی الگوریتم پیشنهادی را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم NSGA-II، منابع تولید پراکنده، جایابی بهینه، قابلیت اطمینان، پروفیل ولتاژ

۱- مقدمه

با روند رو به رشد استفاده از تولیدات پراکنده، تعیین مکان و ظرفیت بهینه و بررسی اثرات بکارگیری این واحدها در سیستم قدرت به خصوص در شبکه توزیع لازم و ضروری می‌باشد. مکان یابی و تعیین اندازه واحدهای DG بسیار مهم و چالش برانگیز است. در سیستم توزیع، اندازه و مکان قرار دادن واحد های DG بسیار استراتژیک بوده و باعث کاهش تلفات سیستم قدرت و بهبود مشخصات ولتاژ سیستم و همچنین قابلیت اطمینان سیستم می‌شود. [۱,۲]. برخی از مشکلاتی که در صورت عدم جایابی صحیح DG در شبکه بروز می‌نماید عبارتند از: افزایش تلفات، تخریب وضعیت ولتاژ و فلیکر ولتاژ، کاهش سطح حفاظت و قابلیت اطمینان شبکه، کاهش پایداری و افزایش هارمونیک‌ها و... با توجه به موارد ذکر شده اهمیت جایابی صحیح تولید پراکنده به وضوح روشن می‌شود.

اخیرا یک روش بهینه سازی با نام الگوریتم زنبور عسل (BSOA[۱]) به جستجوی بهینه سازی پرداخته است که برای تعین مکان ژنراتورهای تولید پراکنده DG در امتداد شبکه های توزیع استفاده شده است. [۳]. منابع تجدید پذیر می‌توانند یک راه حل مناسب و هوشمند برای تأمین افزایش تقاضا فراهم کنند. بنابراین، در اینجا فتوولتائیک (PV[۲]) و توربین بادی (WT[۳]) به عنوان منابع تولید پراکنده‌DG به کار گرفته می‌شوند. محل و اندازه DG تا حد زیادی بر تلفات سیستم تاثیر گذار است. در این مقاله الگوریتم بهینه‌سازی (ALOA[۴]) برای تعیین مکان بهینه و اندازه‌گیری منابع تجدید پذیر مبتنی برDG برای سیستم‌های توزیع مختلف پیشنهاد شده‌است[۴]. از الگوریتم

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.2.6]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- Spring & Summer 2018

(SKHA[۵]) برای بهینه سازی و تعیین اندازه تولیدات پراکنده در سیستم توزیع شعاعی استفاده شده‌است. هدف اصلی به حداقل رساندن تلفات خط با در نظر گرفتن محدودیت‌های مختلف مانند محدودیت ولتاژ، میزان تولید توان اکتیو در DG، محدودیت تعادل قدرت و محدودیت مکان DG است [۵]. به منظور به حداقل رساندن تلفات توان و بهبود مشخصات پروفیل ولتاژ در شبکه توزیع، معرفی تولیدات پراکنده DG در شبکه توزیع نقش مهمی‌ایفا می‌کنند. در این مقاله برای حل این مشکل ترکیبی، یک روش شعاعی مبتنی بر تکنیک بهینه سازی بر پایه شبکه عصبی ارائه شده است[۶]. واحد های تولید پراکنده در شبکه های توزیع می‌توانند منشاء تأثیرات مثبتی مانند بهبود پارامترهای فنی شبکه شامل تلفات، پروفیل ولتاژ و قابلیت اطمینان بوده و سطح استفاده مناسب از منابع تولید پراکنده می‌تواند راهکاری موثر برای رهایی از برخی مشکلات نظیر تلفات بالا، کیفیت توان پایین و تراکم در سیستم های قدرت می‌باشد[۷]. یکی از موضوعات مهم که در سالهای اخیر در صنعت برق رخ داده است، استفاده از منابع تولید پراکنده در شبکه های قدرت است. از جمله مزایای مهم این سیستم ها، افزایش قابلیت اطمینان، کاهش تلفات شبکه، بهبود پروفیل ولتاژ است .منابع تولید پراکنده در هنگام بروز خطا در شبکه، با ایجاد نواحی جزیره‌ای میتوانند باعث کاهش میزان قطعی بارها و در نتیجه، کاهش انرژی توزیع نشده شبکه شوند[۱]. با توجه به یکپارچگی و نفوذ منابع تولید پراکنده در سیستمهای توزیع، جایابی بهینه آنها در ریزشبکه ها و شبکه های توزیع ایزوله بر اساس توابع هدفی مانند کاهش تلفات، بهبود ولتاژ شین‌ها و... صورت میگیرد. منابع تولید پراکنده با استفاده از مبدلهای الکترونیک قدرت به شبکه های فشار ضعیف متصل میگردند، به طوری که این مبدل ها در دو مد کنترل ولتاژ و توان کار می‌کنند .جایابی منابع تولید پراکنده با در نظر گرفتن مدهای کنترل ولتاژ و توان مبدل ها تاثیرات مثبتی بر شبکه های قدرت دارد[۲].

در این مقاله جایابی و تعین ظرفیت بهینه منابع تولید پراکنده به منظور بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش تلفات خطوط و همچنین افزایش قابلیت اطمینان شبکه برای اولین بار با پیاده سازی الگویتم NSGA-II با استراتژی جانشین خاموش که قوی ترین نسخه از الگوریتم GA می‌باشد با استفاده از روش پخش بار پس رو پیش رو بر روی شبکه های ۳۳ شین IEEE[۶] پیاده سازی شده همچنین تمامی‌شبیه سازی ها در محیط نرم افزاری MATLAB صورت پذیرفته است. در این مقاله به اهمیت، موضوع مقاله و کارهای انجام شده در این زمینه پرداخته می‌شود.سپس به جایگاه تولیدات پراکنده و اهمیت مسائل پیرامون آن، پرداخته می‌شود. در ادامه روابط مربوط به مدل سازی، معرفی قیود و محدودیت‌های موجود در سیستم‌های قدرت ارائه شده، همچنین الگوریتم بهینه سازی NSGA-II با استراتژی خاموش معرفی می‌گردد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی انجام شده در محیط نرم افزار MATLAB ارائه می‌گردد و نتیجه گیری کلی از انجام این پژوهش بیان می‌شود.

۲- فرمول بندی مسئله

برای طراحان سیستم، واضح است که برای حصول سطح اطمینان بالاتر باید در طراحی سرمایه گذاری بیشتری نمود. به دلیل رابطه مستقیم بین قابلیت اطمینان سیستم و هزینه سیستم، در نظر داشتن همزمان دو هدف مفید خواهد بود. لذا در این مقاله یک روش پیشنهادی با اهداف متعارض، (قابلیت اطمینان سیستم و هزینه سیستم) در نظر گرفته شد. طبق مفروضات بالا، مدل ریاضی پیشنهادی برای این تحقیق به صورت زیر است:

۲-۱ شاخص قابلیت اطمینان

شاخص EENS[۷] نیز بعنوان انرژی مورد انتظاری گفته می‌شود که مصرف کنندگان شبکه (بار سیستم) به دلیل ناکافی بودن توان در نیروگاهها دریافت نکرده اند، برای هر یک از سناریوهای خطا، مقدار بار از دست رفته محاسبه شده و در مدت زمان از دست رفتن بار ضرب می‌شود تا EENS بدست آید.

$$EENS = tr \times LTNS \times Londa0 / 8760 \quad (۱)$$

$$LTNS = \sum_{i=1}^{32} D_i - \sum_{i=1}^{32} DG_i - on - \sum_{i=1}^{32} DG_i - off \quad (۲)$$

برای وقوع خطا در شبکه، مقدار تابع EENS بر اساس DG های روشن و DG های جانشین خاموش محاسبه می‌شود. برای این کار، سناریوهای موثر در قابلیت اطمینان برای خطا در نظر گرفته شده‌است که شامل خطا در شبکه اصلی و خطای خطوط سیستم می‌باشد. در زمان وقوع خطا برای هر یک از DG[۸] ها، بار از طریق شبکه قابل تامین بوده و وقفه‌ای در تامین بار ایجاد نمی‌شود به همین دلیل خطای DG تاثیری در EENS[۹] نداشته و جزء سناریوهای خطا در نظر گرفته نشده‌است.

در این رابطه ابتدا مقادیر مربوط به قابلیت اطمینان شبکه و خطوط تعریف می‌شود. پارامترهای استفاده شده در این روابط، λ0 ، tr و LTNS[۱۰] بوده که به ترتیب بیانگر نرخ خطا بر حسب تعداد خطا در سال، نیز میانگین زمان تعمیر سیستم و بار تامین نشده می‌باشد.

همانطور که اشاره شد، خطای شبکه و خطای خطوط به عنوان سناریوهای خطا در نظر گرفته شده‌است. بنابراین تعداد سناریوهای خطا به صورت زیر محاسبه می‌شود.

بطوری که n_U تعداد خطای شبکه و n_Mf تعداد خطای فیدر می‌باشد.

$$n_U = 1 \quad (۳)$$

$$n_Mf = length(line) \quad (۴)$$

$$M = n_U + n_Mf \quad (۵)$$

پارامتر n_U=1 تعداد خطوط سیستم بوده وM نیز تعداد کل سناریوهای خطا می‌باشد. مقدار تقاضا در هر شین بر اساس کیلو ولت آمپر به صورت زیر محاسبه می‌شود. که معادل $S=\sqrt{P^2Q^2}$ می‌باشد.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.2.6]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring and summer 2018

۲-۲ شاخص هزینه:

تابع هزینه برای محاسبه تابع هدف بهینه‌سازی تعریف شده است.ورودی این تابع بردار متغیر ها می‌باشد، بردار متغیر حاوی اطلاعات اندازه و مکان DG ها می‌باشد، خروجی تابع هزینه شامل مقدار هزینه و مقدار مورد انتظار، برای انرژی تامین نشده می‌باشد. همچنین بازه پروفیل ولتاژ و تعداد DG ها نیز به صورت قید اعمال می‌گردد.

$$DV = \left| \sum_{i=1}^{32} v_i - 1 \right| \quad (۶)$$

$$Pen1 = Max\left(\sum_{i=1}^{32} x_i - 10 \right) \quad (۷)$$

DV قدر مطلق مجموع اختلاف ولتاژ شین‌ها از مقدار مرجع ۱ پریونیت می‌باشد. مطلوب است که مقدار DV صفر باشد. Pen1 در زمانی که تعداد DG ها کمتر از ۱۰ باشد صفر بوده و در غیر اینصورت اختلاف تعداد DG ها و عدد ده می‌باشد. ظرفیت کل DG های نصب شده و ظرفیت DG های روشن نیز به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$S_{DG-TOTALL} = \sum_{i=1}^{32} \sum_{j=33}^{64} x_i . x_j \quad (۸)$$

$$S_{DG-on} = \sum_{i=1}^{32} \sum_{j=33}^{64} x_{i-on} . x_j \quad (۹)$$

در ادامه هزینه تلفات توان OF1 و هزینه سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری DG ها OF2 و در نهایت هزینه کلی OF بر اساس مرجع [۵] به صورت زیر محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است که برای DG های خاموش، هزینه بهره‌برداری درنظر گرفته نشده‌است. زیرا این DG در حالت عادی خاموش بوده و هزینه بهره‌برداری نخواهند داشت. ضرایب هزینه سرمایه‌گذاری DG ها (C_DG_inv)، هزینه بهره‌برداری DG ها (C_DG_OM) و هزینه تلفات انرژی C_loss نیز مطابق اطلاعات مقاله [۵] در نظر گرفته شده‌است. بر اساس مرجع [۵] ، هزینه تلفات OF1 و هزینه DG ها OF2 به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$F1 = P_{loss} \times C_{loss} \times 8760 \times 30 \quad (۱۰)$$

$$OF2 = S_{DG_totall} \times 0.9 \times C_{DG\text{-}inv} + S_{DG_on} \times 0.9 \times C_{DG_on} \times 8760 \times 30 \quad (۱۱)$$

$$OF = OF1 + OF2 + DV \times 10^7 \quad (۱۲)$$

$$Rel_{(new)} = Rel + Pen1 \times 10^7 \quad (۱۳)$$

۲-۳ پخش بار پس‌رو پیش‌رو:

بعد از بدست آمدن مکان و ظرفیت DG ها بر اساس فرآیند بهینه‌سازی الگوریتم، این اطلاعات برای تابع پخش بار ارسال می‌شود، ورودی این تابع یعنی x، بردار متغیرهای بهینه سازی بوده و خروجی آن تلفات سیستم و دامنه ولتاژ شین ها به ازای بردار x می‌باشد. مقدار توان اکتیو و راکتیو DG ها بر اساس بردار متغیرها یعنی X به صورت زیر تعریف شده است.

$$P_{DG} = \sum_{i=1}^{32} \sum_{j=33}^{64} (X_i) \times (X_j) \times (0.85) \times S_b^{-1} \times 10^3 \quad (۱۴)$$

$$Q_{DG} = \sum_{i=1}^{32} \sum_{j=33}^{64} (X_i) \times (X_j) \times (\sqrt{1 - 0.85^2}) \times S_b^{-1} \times 10^3 \quad (۱۵)$$

در نهایت توان مصرفی کلی هر شین با کم کردن توان DG ها از بار مصرفی بدست می‌آید. که روابط آن به صورت زیر نوشته شده است.

$$P = P_{load} - P_{DG} \quad (۱۶)$$

$$Q = Q_{load} - Q_{DG} \quad (۱۷)$$

تلفات هر شاخه از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Loss_n = (V^i - V^j).In^* \quad (۱۸)$$

که برای این رابطه LOSSn تلفات در شاخه n ام و Vi ولتاژ شین ابتدای شاخه و Vj ولتاژ شین انتهای شاخه و In جریان شاخه می‌باشد.

۲-۴ تلفات در سیستم

تلفات در سیستم از فرمول زیر بدست می‌آید، اگر چه در برخی از مطالب به آن تلفات دقیق نیز گفته می‌شود.

$$p_{loss} = \sum_{I=1}^{N} \sum_{J=1}^{N} \left[\alpha_{ij} (p_i p_j + Q_i Q_j) + \beta_{ij} (Q_i p_j - p_i Q_j) \right] \quad (۱۹)$$

$$\alpha_{ij} = \frac{r_{ij}}{v_i v_j} \cos(\delta_i - \delta_j) \quad (۲۰)$$

$$\beta_{ij} = \frac{r_{ij}}{v_i v_j} \sin(\delta_i - \delta_j) \quad (۲۱)$$

در این قسمت N تعداد شین ها، i و j المان های ماتریس Z می‌باشند $(Z_{ij} = r_{ij} + X_{ij})$، همچنین $V_i < \delta_i$ ولتاژ i شین و همچنین P_iP_j به ترتیب توان اکتیو شین خودی و Q_iQ_j به ترتیب توان راکتیو شین خودی می‌باشند.

۲-۵ پروفیل ولتاژ

در سیستم های قدرت میزان ولتاژ شین های شبکه یکی از پارامترهای مهم و حساس بوده و باید در هر شرایطی در محدوده نرمال نگه داشته شود. در شبکه های مورد تست ۳۳ شین IEEE این محدوده بین ۰.۹۵ و ۱.۰۵ در نظر گرفته شده است. ولتاژ تمامی‌شین ها قبل و بعد از نصب DG ها در شبکه اندازه گیری شده و نمودار تغییرات آن بررسی خواهد شد.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.2.6]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring and summer 2018

۲-۶ قیود مسئله:

مدل ریاضی پیشنهادی به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$Maximize\ R_S = f_1(r,n) \quad (۲۲)$$

$$Minimize\ C_S = f_2(r,n) \quad (۲۳)$$

$$subject\ to \quad g(r,n) \le l \quad (۲۴)$$

$$0 \le r_i \le 1, \quad r_i \in R, \quad n_i \in Z^+, \quad 1 \le i \le m \quad (۲۵)$$

$$P_{DG}^{\min} \le P_{DG} \le P_{DG}^{\max} \quad (۲۶)$$

$$Q_{DG}^{\min} \le Q_{DG} \le Q_{DG}^{\max} \quad (۲۷)$$

$$V_{i,\min} \le V_i \le V_{i,\max} \qquad i = 1,2,...,N_{bus} \quad (۲۸)$$

به صورتی که R_S و C_S قابلیت اطمینان و هزینه سیستم هستند. G مجموعه قیود روی وزن، حجم و هزینه سیستم است؛($r_1,r_2,r_3,\ldots,r_m$)=r بردار قابلیت های اطمینان مولفه؛ ($n_1,n_2,n_3,\ldots,n_m$)=n بیانگر سطح افزونگی زیرسیستم هاست؛ r_i و n_i متغیرهای تصمیم نشان دهنده قابلیت اطمینان و تعداد مولفه های i امین تئوری مورد نظر هستند. P_{DG}^{min} و P_{DG}^{max} به ترتیب توان های اکتیو کمینه و بیشینه DG استفاده شده در هر شین، همچنین Q_{DG}^{min} و Q_{DG}^{max} به ترتیب توان های راکتیو مینیمم و ماکزیمم DG استفاده شده در هر شین می‌باشد. V_{imin} و V_{imax} نیز ولتاژ های مینیمم و ماکزیمم شین های شبکه را نشان می‌دهند.

۳-الگوریتم NSGA-II

الگوریتم فرا ابتکاری NSGA-II یکی از پرکاربردترین و قدرتمندترین الگوریتم های موجود برای حل مسائل بهینه سازی چند هدفه است و کارایی آن در حل مسائل مختلف، به اثبات رسیده است[۸].

نکات برجسته ای که در مورد این روش بهینه سازی وجود دارند، عبارتند از، جوابی که هیچ جواب دیگری، به طور قطع بهتر از آن نباشد، دارای امتیاز بیشتری است. جواب ها بر اساس این که چند جواب بهتر از آن ها وجود داشته باشند، رتبه بندی و مرتب می‌شوند. شایستگی (برازندگی) برای جواب ها، بر حسب رتبه آن ها و عدم غلبه سایر جواب ها، اختصاص می‌یابد .از شیوه اشتراک برازندگی برای جواب های نزدیک استفاده می‌شود تا به این ترتیب پراکندگی جواب ها به نحو مطلوبی تنظیم شود و جواب های به طور یکنواخت در فضای جستجو پخش شوند.

ویژگی های عمده این الگوریتم عبارتند از :

- تعریف فاصله تراکمی‌به عنوان ویژگی جایگزین برای شیوه هایی مانند اشتراک برازندگی.
- استفاده از عملگر انتخاب تورنومنت دو دویی.
- ذخیره و آرشیو کردن جواب های نا مغلوب که در مراحل قبلی الگوریتم به دست آمده اند (نخبه گرایی).

در الگوریتم NSGA-II با استراتژی خاموش توسط بازه ای که برای آن تعریف شده جمعیت اول خود را تولید و بر روی این جمعیت ادغام و جهش صورت می‌دهد سپس اولین نسل بوجود آمده و با جمعیت اول یک جمعیت دوم را تشکیل می‌دهند سپس با انتخاب غیر قالب بین والدین و فرزندان، جمعیت جدیدی حاصل شده و دوباره این مراحل از سر گرفته می‌شود؛ این تکرار را تا جایی ادامه می‌یابد تا بهینه ترین جواب برای کروموزوم بدست آید؛ همچنین جمعیت اولیه را در الگوریتم استفاده شده (Population)، ۱۰۰ و تکرار(Itteration) روی ۱۰۰ در نظر گرفته شد.

برای پیاده‌سازی مفهوم جانشینی خاموش، دو دسته DG درنظر گرفته شده‌است. دسته اول DG هایی هستند که در حالت عادی روشن بوده و در مورد بهره‌برداری می‌باشند. دسته دوم نیز DG های جانشین هستند که در حالت عادی خاموش می‌باشند. در صورت وقوع خطا در شبکه یا فیدرها، DG های جانشین نیز روشن شده و برای بازیابی بارهای قطع شده استفاده می‌شوند.

در ادامه فرآیند کلی الگوریتم پیشنهادی در روند نمای، در شکل (۱) نشان داده شده است. در این روند نمایی Q: شاخص فرزندان، P: جمعیت والدین، R: بردار جمع آوری، G: شاخص تولید تعریف شده اند.

۴-نتایج:

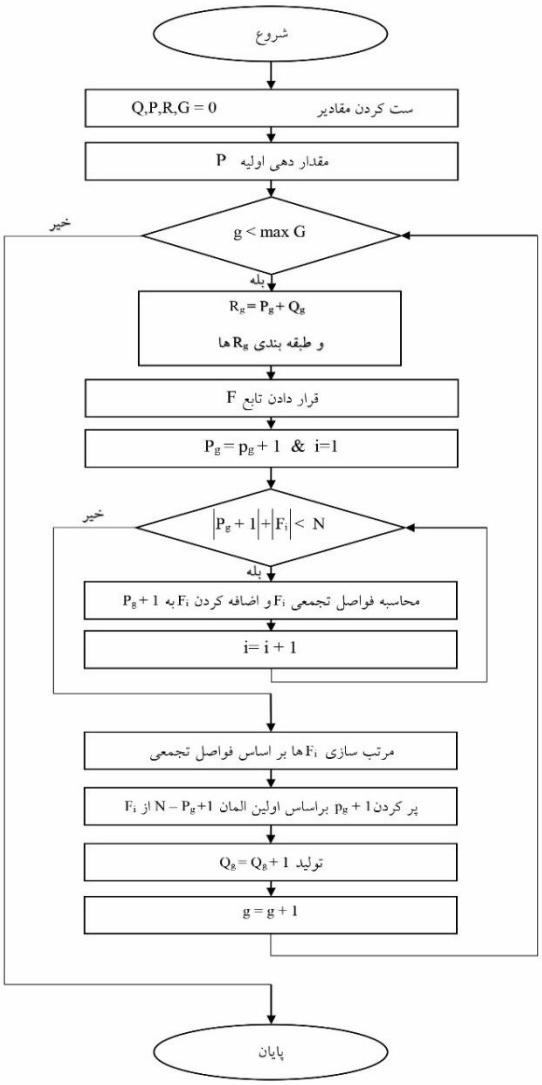
نتایج عددی حاصل از اجرای الگوریتم طراحی شده برای بهینه سازی کاهش تلفات و متعادل سازی بار فیدرها در شبکه های توزیع نیرو ارائه می‌شود. برای آزمایش الگوریتم پیشنهادی و مطالعه حضور مناسب DG ها در شبکه ۳۳ شین تحت استاندارد IEEE مورد مطالعه قرار گرفته شده. نتایج عددی حاصل از پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی بر شبکه آزمایشی و همچنین تاثیر DG ها بر پروفیل ولتاژ و مقایسه آن با دیگر روش ها ارائه می‌شود. نتایج عددی حاصل از پیاده سازی الگوریتم مذکور در EENS و میزان تلفات با دیگر روش ها بررسی میگردد.

شبیه سازی روش پیشنهادی به منظور مکان یابی منبع تولید پراکنده بر روی شبکه ۳۳ شین ایزوله توزیع تحت استاندارد IEEE با نرم افزار متلب پیاده سازی گردیده است. دیاگرام تک خطی در شکل (۲) آمده است.

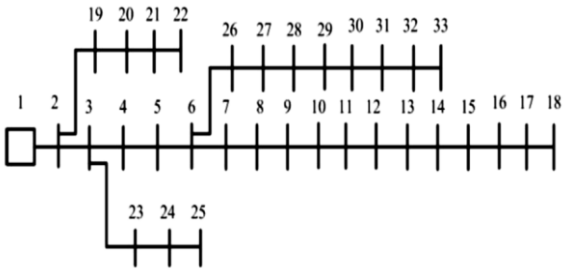
در جدول (۱) مشاهده می‌شود که الگوریتم جواب کروموزوم را داده و می‌توان ۳ واحد تولید پراکنده بصورت زیر جایگذاری کرد.

در شین شماره ۱۴ به ظرفیت تولید ۷۸.۴۰۸ کیلووات، شین شماره۱۷ به ظرفیت ۶۰۰ کیلووات، شین شماره ۳۲ به ظرفیت ۳۹.۵۰۸ کیلووات می‌باشد. مجموع ظرفیت نصب شده در شین های مذکور برابر با ۱۵۱۷/۱۷ کیلووات می‌باشد.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.2.6]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring and summer 2018



شکل(۱) روند نمای الگوریتم NSGA-II با استراتژی خاموش[۸]



شکل (۲) شبکه ۳۳ شینه تحت استاندارد IEEE

جدول (۱) محل نصب و اندازه DG ها در شبکه ۳۳ شین با الگوریتم NSGA-II

Bus_number	On_DG_size
۱۴	۷۸.۴۰۸
۱۷	۶۰۰
۳۲	۳۹.۵۰۸

همچنین نتایج بدست آمده برای مکان DG های خاموش به این صورت است که در شین ۱ به ظرفیت تولید ۵۷.۵۴۶ کیلووات، شین شماره ۱۱ به ظرفیت ۶۰۰ کیلووات، شین شماره ۲۷ به ظرفیت ۲۸.۵۲۹ کیلووات، شین شماره ۳۱ به ظرفیت ۶۰۰ کیلووات، می‌باشد.

جدول (۲) محل نصب و اندازه DG های جانشین خاموش در شبکه ۳۳ شین با الگوریتم NSGA-II

Bus_number	ColdStandby_DG_size
۱	۵۷.۵۴۶
۱۱	۶۰۰
۲۷	۲۸.۵۲۹
۳۱	۶۰۰

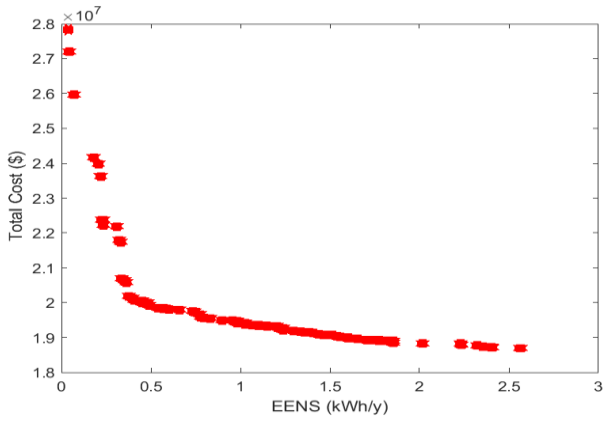
۴-۱ قابلیت اطمینان

داده های شین ها بعد از نصب DG ها نشان می‌دهد تولید پراکنده باعث شده مقدار ولتاژ در بیشتر شین های شبکه بهبود یافته و توان تولیدی توسط مولدهای تولید پراکنده سبب می‌گردد که تقاضای توان از ژنراتورها کاهش یافته که این امر باعث می‌شود ظرفیت خطوط افزایش و تلفات نیز کاهش یابد و همچنین شاخص قابلیت اطمینان نیز بهبود یابد.

جدول (۳) فاکتور قابلیت اطمینان (EENS) در شبکه ۳۳ شین IEEE با الگوریتم NSGA-II

پارامتر قابلیت اطمینان بدون DG (KWh)	پارامتر قابلیت اطمینان فقط با DGهای روشن (KWh)	پارامتر قابلیت اطمینان با مجموع DGهای روشن و خاموش (KWh)
۶۷.۳	۳۵۹۲.۲	۳۸۳۸۲.۰

نمودار همگرایی هزینه برحسب EENS در شکل (۳) مشاهده می‌گردد.

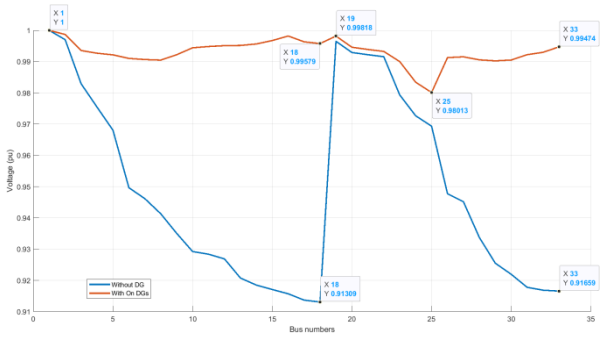


شکل (۳) نمودار همگرایی هزینه برحسب EENS

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.2.6]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring and summer 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

۴-۲ پروفیل ولتاژ

در نهایت بعد از جایابی منابع تولید پراکنده همانطور که انتظار می‌رفت پروفیل ولتاژ بهبود یافته و بصورت نمودار زیر ارائه می‌گردد. این نمودار نشان دهنده ولتاژ شین های شبکه قبل و بعد از جایابی DG است.



شکل (۴) پروفیل ولتاژ در شبکه ۳۳ شین IEEE قبل و بعد از نصب DG

با توجه به شکل (۴) مشخص است که پروفیل ولتاژ پس از نصب DG ها در شبکه ۳۳ شین، به طور قابل ملاحظه ای بهبود یافته به نحوی که مینیمم ولتاژ در شین ۲۵ و به مقدار ۹۸۰۱۳.۰ پریونیت و ماکزیمم آن در شین شماره ۱۹ به میزان ۹۹۸۱۸.۰ پریونیت می‌باشد.
در مراجع [۳,۵] برای جایابی بهینه منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع شعاعی از الگوریتم BSOA و SKHA استفاده شده که نتایج برای نمودار پروفیل ولتاژ در جداول(۴) و (۵) قابل مشاهده می‌باشد.

۴-۳ تلفات

در جدول(۶) مقایسه بین الگوریتم NSGA-II با الگوریتم های BSOA و SKHA از نقطه نظر تلفات شبکه ارائه شده است.

جدول(۴) مقایسه نتایج پروفیل ولتاژ با الگوریتم SKHA

Algorithm	Max (V)	Min (V)
NSGA-II	۰,۹۹۸۱	۰,۹۸۰۱
BSOA	۰,۹۹۸۱	۰,۹۵۵۴

جدول(۵) مقایسه نتایج پروفیل ولتاژ با الگوریتم BSOA

Bus (Number)	NSGA-II (V)	SKHA (V)
Bus (۱۳)	۰,۹۹۵۷	۰,۹۷۰۳
Bus(۱۸)	۰,۹۹۸۱	۰,۹۷۰۱

۵- نتیجه‌گیری

با روند رو به رشد استفاده از تولیدات پراکنده، تعیین مکان و ظرفیت بهینه و بررسی اثرات بکارگیری این واحدها در سیستم قدرت به خصوص در شبکه توزیع لازم و ضروری می‌باشد. در این مقاله هدف تعیین مکان و ظرفیت تولیدات پراکنده بوده، که نتایج بعد از نصب DG های روشن و خاموش حاکی از بهبود پروفیل ولتاژ، بهبود قابلیت اطمینان و کاهش تلفات و... در سیستم بوده. در این مقاله تعیین بهینه مکان و اندازه تولیدات پراکنده با استفاده از الگوریتم NSGA-II مبتنی بر روش جانشین خاموش انجام می‌شود این استراتژی در این روش برای اولین بار مورد مطالعه قرار می‌گیرد، این شبیه سازی ها بر روی شبکه های ۳۳ شین IEEE مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته اند که نتایج حاصله حاکی از برتری این روش می‌باشد. بهبود قابل ملاحضه در پارتو و جواب نهایی عملکرد بهتر روش بهینه سازی چند هدفه استفاده از این الگوریتم و استراتژی خاموش باعث افزایش قابلیت اطمینان و پایداری در شبکه و... می‌گردد.

جدول(۶) مقایسه تلفات الگوریتم NSGA-II با الگوریتم BSOA و SKHA در شبکه ۳۳ شین

Algorithm	تلفات (KW)	اندازه (KW) DG	شماره شین نصب DG
الگوریتم NSGA-II	۲۷۱.۶۶	۷۸.۴۰۸	۱۴
		۶۰۰	۱۷
		۳۹.۵۰۸	۳۲
الگوریتم SKHA	۷۸.۷۲	۱۰۵۴	۱۳
		۱۰۹۱	۲۴
		۸۰۲	۳۰
الگوریتم BSOA	۰۵.۸۹	۶۳۲	۱۳
		۴۸۶	۲۸
		۵۵۰	۳۱

مراجع

[۱] طاهر، سید عباس، شیبانی، محمد رضا، نصرت آبادی، سید مصطفی، جدید الاسلام، مرتضی، روش جدید برای جایابی و تعیین اندازه منابع تولید پراکنده در سیستم‌های توزیع با استفاده از الگوریتم ژنتیک، سیستمهای هوشمند در مهندسی برق، سال دوم، شماره سوم، ۱۳۹۰.

[۲] مرادی، حمیدرضا، جایابی و اندازه‌دهی منابع تولید پراکنده با هدف بهبود قابلیت اطمینان و پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات در شبکه های توزیع، مجله نخبگان علوم و مهندسی، جلد۱-شماره۲، ۱۳۹۵.

[3] Attia El-Fergany, *Optimal allocation of multi-type distributed generators using backtracking search optimization algorithm*, 2014.

[4] E.S.ali, S.M.AbdnElazim, A.Y.Abdelaziz, Ant Lion Optimization Algorithm for optimal location and sizing of renewable distributedgenerations, 10/1016/j.renene. 2016.09.02R.

[5] S.A.ChithraDevi, L.Lakshminarasimman, R. Balamurugan, *Stud Krill herd Algorithm for multiple DG*

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.2.6]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring and summer 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

placement and sizing in a radial diatribution system, 10. 10.1016/j.jestch.2016.11.009.

[6] Oscar Andrew zongo, anant Oonsivilai, *Optimal placement of distributed generator for power loss minimization and voltage stability improvement*, 10.1016/j.egypro.2017.10.080.

[۷] جعفری، مسعود، منصف، حسن، جایابی هم زمان منابع تولید پراکنده و ادوات حفاظتی با استفاده از ترکیب الگوریتم کلونی مورچگان و تحلیل سلسله مراتبی، نشریه علمی- پژوهشی مدیریت انرژی، سال اول، شماره اول، ۱۳۹۰.

[8] Mostafa Abouei Ardakan, Mohammad Taghi Rezvan, *Multi-objective optimization of reliability-redundancy allocation problem with cold-standby strategy using NSGA-II*, 10,1016/j,ress,2017,12,019.

رزومه



محمد محمودی راد در اندیمشک متولد شده است(۱۳۶۶). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی‌ارشد مهندسی برق- قدرت از دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول(۱۳۹۸) سپری کرده است. علاقه‌مندی ایشان در زمینه سیستم های قدرت، کیفیت توان، و بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت است و در حال حاضر در صنعت نیروگاهی مشغول به خدمت می‌باشد.

زیرنویس‌ها

[1] Backtracking Search Optimization Algorithm
[2] Photo Voltaic
[3] Wind Turbine
[4] Ant Lion Optimization Algorithm
[5] Stud Krill Herd Algorithm
[6] Institute of Electrical and Electronics Engineering
[7] Expected Energy Not Supplied
[8] Distributed Generation
[9] Nondominated Sorting Genetic Algorithm
[10] Load That Not Served

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.2.6]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring and summer 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

Optimal Placement and Sizing of DG in Distributed Network using NSGA-II based on Cold-Standby Strategy

Mohammad Mahmoudi Rad[1*]

*1-Senior Electrical Engineer, Khuzestan Hydro Power Plants Installation &Maintenance Co, Ahwaz, Iran
m.mahmoudi.raad@gmail.com

Abstract: in this Paper, Optimal placement and sizing of DGs is considered as an engineering optimization problem. Due to integration and influence of DGs in distributed networks, optimal location and sizing of them are done based on objective functions such as: voltage profile improvement, power loss reduction, reliability improvement, restraining the increase of power plant, etc. These goals considering the NSGA-II algorithm with cold standby strategy will be investigated and simulated on IEEE 33-bus standard test system. In order to implement the concept of Cold Standby theory, a group of DGs are considered which are off in normal condition but in fault condition, these DGs turn on and help to reconstruction the network. In order to measuring reliability, used the expected energy not supply (EENS) index. Optimization is done with two goals: reduction of EENS and the cost, including investment cost and power loss cost. Moreover, voltage profile improvement has been applied as a function penalty. Simulation has been done in MATLAB software and results show the effectiveness and capability of proposed algorithm.

Key Words: NSGA-II algorithm, distributed generation, optimal placement, reliability, voltage profile.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1397.7.1.2.6]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 7-No. 1- spring and summer 2018
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]