Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 2:58 +0330 on Saturday November 14th 2026

Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 2- summer 2013

طراحی بهینه نیروگاه‌های تولید پراکنده در شبکه توزیع با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی فاخته و مقایسه با روش‌های پیشین

آنا زنگنه *[۱]، محمود جورابیان [۲]

*۱- کارشناسی ارشد، گروه برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، دزفول، ایران anna.zangeneh@yahoo.com
۲-استاد، گروه برق، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، دزفول ، ایران mjoorabian@yahoo.com

تاریخ دریافت:۹۴/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش:۹۴/۰۹/۲۸

چکیده: با توجه به روند روبه رشد استفاده از منابع تولید پراکنده، طراحی بهینه این واحدها در سیستم قدرت به خصوص در شبکه توزیع لازم و ضروری است. در این مقاله جهت تعیین مکان و اندازه بهینه‌ی منابع تولید پراکنده از الگوریتم بهینه‌سازی فاخته با اهداف چندگانه، استفاده شده است. اهداف بررسی‌شده عبارت‌اند از: کاهش تلفات خطوط، کاهش انحراف متوسط ولتاژ و پایداری ولتاژ. الگوریتم فاخته یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت است که از زندگی پرنده فاخته در طبیعت الهام گرفته است. استفاده از این الگوریتم موجب بهبود دقت و سرعت همگرایی شده است. برای پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی، منابع تولید پراکنده در دو حالت در نظر گرفته‌شده‌اند. در حالت اول منابع تولید پراکنده فقط توان اکتیو تولید می‌کنند و در حالت دوم علاوه بر توان اکتیو، توان راکتیو نیز تولید می‌کنند. شبیه‌سازی‌ها در سیستم شعاعی ۳۳ شینه انجام شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان‌دهنده همگرایی بهینه‌ی الگوریتم پیشنهادی هست. همچنین برای نشان دادن کارایی الگوریتم پیشنهادی، نتایج حاصل، با نتایج به دست آمده از الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات و الگوریتم ژنتیک مقایسه شده که نشان از برتری محسوس الگوریتم فاخته نسبت به روش‌های ذکرشده دارد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم بهینه‌سازی فاخته، بهینه‌سازی چند هدفه، مکان و اندازه منابع تولید پراکنده.

۱-مقدمه

استفاده از منابع تولید پراکنده[۱] یکی از گزینه‌های اصلی برای مقابله با رشد بار، افزایش قابلیت اطمینان و یا کاهش تلفات در خطوط هستند. علاوه بر دلایل ذکر شده جنبه‌های اقتصادی نیز از دیگر مواردی است که باعث شده در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی در این زمینه صورت بگیرد [۱].

روش‌های زیادی برای تعیین اندازه و مکان بهینه‌ی منابع تولید پراکنده ارائه شده است. مکان‌یابی بهینه بسیار حائز اهمیت است زیرا نصب منابع تولید پراکنده در مکان‌های غیر بهینه ممکن است سبب افزایش تلفات در سیستم شود. در همین راستا در مراجع [۲و۳] مکان‌یابی بهینه‌ی منابع تولید پراکنده انجام شده است. در [۴] مکان‌یابی با هدف کاهش تلفات با استفاده از الگوریتم ایمنی مصنوعی (AI) انجام شده است. در مرجع [۵] جایابی با استفاده از الگوریتم ژنتیک (GA) و تجمع ذرات (PSO) صورت گرفته است. در [۶]روشی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک برای افزایش سود ناشی از مکان‌یابی منابع تولید پراکنده در خطوط فوق توزیع و با اهداف چندگانه انجام شده است. در مرجع [۷] مکان‌یابی منابع تولید پراکنده در حضور عدم قطعیت‌ها بررسی شده است. همچنین در

مرجع [۸] اثرات منابع تولید پراکنده بر روی ولتاژ بررسی شده است.

در این مقاله یک روش جدید مبتنی بر الگوریتم بهینه‌سازی فازی چند هدفه فاخته[۲] برای مکان‌یابی و تعیین اندازه‌ی بهینه‌ی منابع تولید پراکنده جهت بهبود تلفات، انحراف ولتاژ و پایداری ولتاژ شبکه ارائه شده است. اهداف کاهش تلفات و انحراف ولتاژ و پایداری ولتاژ به صورت فازی در نظر گرفته شده‌اند؛ یعنی بهینه‌سازی با در نظر گرفتن اهمیت نسبی بین توابع هدف انجام شده است. شبیه‌سازی در یک سیستم نمونه انجام شده و نتایج با ضرایب وزنی یکسان برای اهداف آورده شده است. تاثیر تعداد منابع تولیدپراکنده و نقش توان راکتیو در بهبود توابع هدف بررسی شده است. و نتایج با نتایج بدست آمده از الگوریتم ژنتیک و تجمع ذرات مقایسه شده است

۲- فرمول بندی مسئله

در مسائل فازی هر تابعی با توجه به میزان مطلوبیت خود در تابع هدف شراکت داده می‌شود و اگر میزان مطلوبیت کاملاً برآورده شده و یا کاملاً نقض شود به ترتیب مقادیر یک و صفر برای آن در نظر گرفته شده و در غیر اینصورت مقداری بین صفر و یک برای آن لحاظ می‌شود [۹و۱۰]. در این مقاله اهداف زیر مد نظر هستند:

۱) کاهش میزان تلفات خطوط
۲) کاهش میزان انحراف متوسط ولتاژ
۳) افزایش پایداری ولتاژ

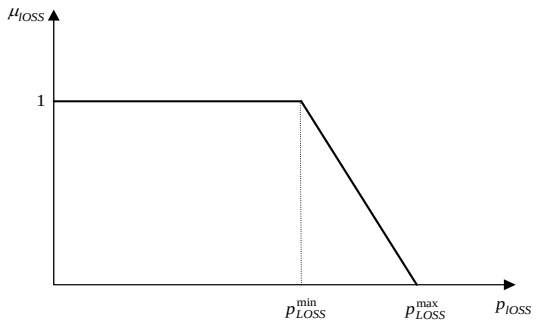
۲-۱- تابع عضویت برای کاهش تلفات

کاهش تلفات توان اکتیو برای بالا بردن بازده بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت مورد نیاز است. میزان تلفات در سیستم با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$P_L = \sum_{i=1}^{n} Loss_i \qquad (۱)$$

در این رابطه P_L بیانگر تلفات کل خطوط، $Loss_i$ نشان دهنده‌ی تلفات خط i و n نیز نشان دهنده‌ی تعداد خطوط است.

تابع عضویت فازی میزان مطلوبیت تلفات خطوط را نشان می‌دهد. هر چه میزان تلفات کمتر باشد میزان مطلوبیت بیشتری به آن اختصاص داد می‌شود. این مطلب در شکل ۱ نمایش داده می‌شود:



شکل (۱) : تابع عضویت برای تلفات[۹]

در این رابطه μ_L میزان مطلوبیت فازی تلفات خطوط را نشان می‌دهد و از روبط زیر قابل دستیابی است:

$$\mu_L = \begin{cases} 1 & P_l < P_l^{\min} \\ 0 & P_l > P_l^{\max} \\ \dfrac{P_l^{\max} - P_l}{P_l^{\max} - P_l^{\min}} & \text{elsewhere} \end{cases} \qquad (۲)$$

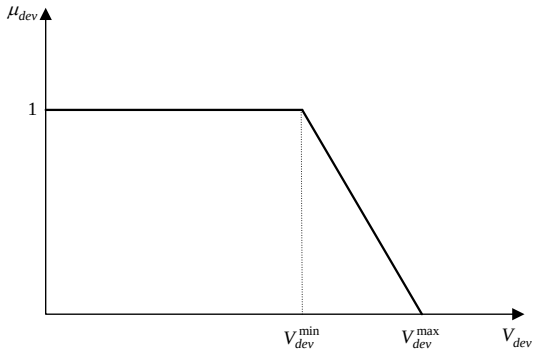
۲-۲- تابع عضویت برای کاهش انحراف ولتاژ

در فیدرهای شبکه‌های توزیع که عموماً به صورت شعاعی نیز می‌باشند میزان پروفیل ولتاژ در انتهای فیدر به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند. مدل ارائه شده برای کاهش ولتاژ نشان دهنده‌ی میزان انحراف ولتاژ از مقدار نامی می‌باشد و به صورت زیر معرفی می‌شود:

$$V_{dev} = \frac{1}{nbus} \sum_{k=1}^{nbus} |V_k - V_n| \qquad (۳)$$

در رابطه‌ی ذکر شده V_{dev} نشان دهنده‌ی میزان انحراف میانگین از ولتاژ نامی، $nbus$ بیانگر تعداد شین ها، V_k ولتاژ باس kام و Vn نیز ولتاژ نامی می‌باشد

برای کاهش میزان انحراف ولتاژ (V_{dev}) نیز به صورت مشابه می‌توان رابطه‌ی زیر را برای میزان مطلوبیت انحراف ولتاژ μ_{dev} ارائه کرد (شکل۲):



شکل (۲) : تابع عضویت انحراف ولتاژ[۹]

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 2:58 +0330 on Saturday November 14th 2026

$$\mu_{dev}=\begin{cases}1 & V_{dev}<V_{dev}^{\min}\\ 0 & V_{dev}>V_{dev}^{\max}\\ \dfrac{V_{dev}^{\max}-V_{dev}}{V_{dev}^{\max}-V_{dev}^{\min}} & \text{elsewhere}\end{cases} \quad (۴)$$

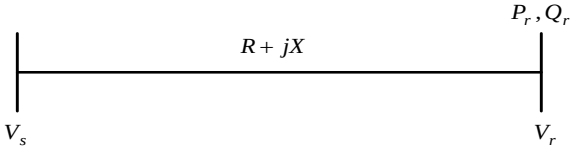
در این مقاله، $V_{dev}^{\max}=0.1$ و $V_{dev}^{\min}=0$ در نظر گرفته شده است.

۲-۳- تابع عضویت برای پایداری ولتاژ

در سیستم‌های توزیع شعاعی هر شین تنها توسط یک شین تغذیه می‌شود. هنگامی‌که منابع تولید پراکنده به شبکه توزیع متصل است شاخص پایداری ولتاژ تغییر خواهد کرد. این شاخص برای تمامی شین‌ها قابل‌محاسبه است. رابطه‌ی زیر برای محاسبه شاخص پایداری ولتاژ در شین r ام (VSI_r) ارائه‌شده است[۱۰].

$$VSI_r=|V_s|^4-4(P_r\cdot X-Q_r\cdot R)^2-4|V_s|^2\cdot(P_r\cdot X+Q_r\cdot R) \quad (۵)$$

در این رابطه $|V_s|$ دامنه ولتاژ در شین تغذیه‌کننده، P_r و Q_r توان‌های اکتیو و راکتیو در شین تغذیه شونده و R و X نیز مقاومت و راکتانس بین دو شین r و s هستند (شکل ۳).



شکل(۳) : شاخه معرفی‌شده برای محاسبه‌ی شاخص پایداری ولتاژ

تابع عضویت فازی میزان مطلوبیت شاخص پایداری ولتاژ را نشان می‌دهد. هر چه میزان پایداری بیشتر باشد میزان مطلوبیت بیشتری به آن اختصاص داد می‌شود. این مطلب را به‌صورت شکل ۴ می‌توان نشان داد.



شکل(۴) : تابع عضویت شاخص پایداری ولتاژ[۱۰]

$$\mu_{VSI}=\begin{cases}1 & VSI>VSI^{\max}\\ 0 & VSI<VSI^{\min}\\ \dfrac{VSI^{\min}-VSI}{VSI^{\max}-VSI^{\min}} & \text{elsewhere}\end{cases} \quad (۶)$$

در روابط ذکرشده VSI شاخص پایداری ولتاژ و μ_{VSI} میزان مطلوبیت فازی است. همچنین حداکثر و حداقل شاخص پایداری ولتاژ به ترتیب با $VSI^{\max}$ و $VSI^{\min}$ نشان داده می‌شود.

۲-۴- تابع هدف

در توابع هدف بیان شده کمینه‌سازی آن‌ها مد نظر می‌باشد در حالی که در مسائل چندهدفه‌ی فازی هدف بیشینه‌سازی میزان مطلوبیت توابع می‌باشد. در نتیجه توابع هدف فازی به صورت زیر می‌باشند:

$$Max\ F=(-\omega_1\cdot\mu_{VSI}+\omega_2\cdot\mu_{Loss}+\omega_3\cdot\mu_{dev}) \quad (۷)$$

در رابطه‌ی ذکر شده ω_1 و ω_2 و ω_3 ضرایب وزن‌دهی اهداف هستند و مجموع آن‌ها برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

۲-۵- محدودیت‌های مسأله

قیود حاکم بر مسأله صورت زیر هستند:

۱) قید توازن توان

$$\sum_{h=1}^{NDG}P_{DG\,h}+P_{gen}=\sum_{i=1}^{nbus}P_{Di}+P_L \quad (۸)$$

که در آن:

$P_{DG\,h}$: توان تولیدی توسط واحد تولید پراکنده hام

P_{Di} : میزان بار در باس i

P_{gen} : توان تولیدی ژنراتور

NDG : تعداد کل واحدهای تولید پراکنده

۲) محدودیت‌های تولید توان اکتیو و راکتیو توسط واحد تولید پراکنده

$$\begin{aligned}P_{DG}^{\min}\le P_{DG}\le P_{DG}^{\max}\\ Q_{DG}^{\min}\le Q_{DG}\le Q_{DG}^{\max}\end{aligned} \quad (۹)$$

۳) محدودیت‌های ولتاژ

ولتاژ هر کدام از شین ها باید در بین حد بیشینه پروفیل ولتاژ باشد:

$$V^{\min}\le V_i\le V^{\max} \quad (۱۰)$$

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 2:58 +0330 on Saturday November 14th 2026

که در این مقاله حد بالا و پایین پروفیل ولتاژ بـه ترتیـب ۱.۱ و ۰.۹ در نظر گرفته شده است.

۳- پخـش بار جاروب رفت و برگشت بـا حضـور منابع تولید پراکنده

روشی که معمولاً برای تحلیل و به دست آوردن پارامترهای شبکه ی توزیع شعاعی استفاده می‌شود به جـاروب رفـت و برگشـت موسـوم است که شامل مراحل زیر است [۱۱]:
گام اول) ولتاژ تمامی شین ها به میزان یک پریونیت در نظر گرفتـه می‌شود.
گام دوم) جریان معادل بار در هر یک از گره‌های شبکه با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{Li} = \frac{(P_{Li} - P_{DGi}) - j(Q_{Li} - Q_{DGi})}{V^*} \qquad (۱۱)$$

گام سوم) جریان جاری شده در هر خط به ترتیب از انتهای فیدر به سمت ابتدای آن به صورت زیر به دست می‌آید (جاروب برگشت):

$$I_{i,j} = I_{Lj} + \sum_{(j,k)\in SL} I_{j,k} \qquad (۱۲)$$

در این رابطه $I_{j,k}$ جریـان عبـوری از بخـش (j,k) و SL مجموعـه بخش‌هایی را نشان می‌دهد که به گره jام بخش (I,j)متصل‌اند.
گام چهارم) ولتاژ هر یک از شین ها از ابتدای فیدر به سمت انتهـای فیدر طبق رابطه‌ی زیر به دست می‌آید (جاروب رفت):

$$V_j = V_i - Z_{i,j} \cdot I_{i,j} \qquad (۱۳)$$

که در آن $Z_{i,j}$ امپدانسی است که در شاخه‌ی (i,j) قرار دارد.
گام پنجم) اگر اختلاف ولتاژ به دست آمده با مراحـل قبلـی از یـک حد مشخص بیشتر باشد الگوریتم از گام دوم ادامه پیدا مـی‌کنـد در غیر این صورت شرایط همگرایی برآورده شده و ولتـاژ، جریـان‌هـا و توان‌ها به عنوان خروجی برنامه نمایش داده می‌شوند.

۴-جزئیات الگوریتم بهینه‌سازی فاخته

برای حل یک مسئله بهینه‌سازی لازم است تا مقادیر متغیرهای مسئله به فرم یک آرایه شکل گیرند، در این الگوریتم این آرایه "محل سکونت" نام دارد [۱۲].
در یک مسئله بهینـه‌سـازی N_{var} بعـدی یـک زیسـتگاه یـک آرایـه $1*N_{var}$ خواهد بود که موقعیت فعلی زندگی فاخته را نشان می‌دهد. این آرایه به صورت رابطه (۸) تعریف می‌شود.

$$habitat = [x_1, x_2, \ldots, x_{N\,var}] \qquad (۱۴)$$

که در آن x_1 متغیر اول مساله، $x_{N\,var}$ متغیر Nم مساله می‌باشند.

مقدار سود در *زیستگاه* فعلی برابر بـا ارزیـابی تـابع سـود (f_p) در *زیستگاه* است (۹).

$$profit = f_p(x_1, x_2, \ldots, x_{N\,var}) \qquad (۱۵)$$

برای شروع یک ماتریس *زیستگاه* به سایز *Npop*Nvar* تولید مـی‌کنیم؛ که *Npop تعداد* کوکوها، *Nvar تعداد* متغیر، سپس برای هر کدام از این زیستگاه‌ها تعدادی تصادفی تخم تخصیص می‌دهیم. بـه طور طبیعی هر فاخته بین ۵ تا ۲۰ تخم میـ‌گذارد. هر فاخته در یک دامنه مشخص تخم‌گذاری می‌نماید که به آن حداکثر دامنـه تخـم‌گذاری [۳] گفته می‌شود، می‌توان آن را به صورت رابطه (۱۶) تعریـف کرد:

$$ELR = \beta \times (\mathrm{var}_{hi} - \mathrm{var}_{lo}) \times \frac{\text{(تعداد تخم‌گذاری}}{\text{کوکو در هر مرحله/مجموع تخم‌گذاری هر کوکو)}} \qquad (۱۶)$$

var_{hi} حد بالا متغیر، varloحد پایین متغیر، β متغیری که توسـط آن حداکثر دامنه تخم گذاری تنظیم می‌شود.
هر فاخته به صورت تصادفی تخم‌گذاری را در لانه پرنـدگان میزبـان که در دامنه تخم گذاری خود قرار دارد، می‌گـذارد؛ بنـابراین تخـم‌هایی که شـباهت بیشـتری بـه تخـم پرنـده میزبـان دارنـد شـانس بیشتری برای بقا دارند این جوجه‌ها در لانه‌های میزبان تغذیه شـده و رشد می‌کنند. در ضمن فقط یک تخم در هر لانه امکان رشد دارد. وقتی جوجه فاخته‌ها رشد کردند و بالغ شدند مدتی در گـروه خـود زندگی می‌کنند ولی هنگامی‌که وقت تخم‌گـذاری فرارسـد بایـد بـه *زیستگاه‌های* بهتر که در آنجا شانس بقا بیشتر است مهاجرت کننـد. از بین گروه‌هایی که فاختـه‌هـا تشـکیل داده‌انـد گروهـی کـه دارای بهترین موقعیت به عنوان نقطه هدف بـرای سـایر فاختـه‌هـا جهـت مهاجرت انتخاب می‌شود. تشخیص اینکه هر فاخته بـه کـدام گـروه تعلق دارد کار چندان ساده‌ای نیست. لـذا بـرای حـل ایـن مشـکل، گروه‌بندی فاخته‌ها توسط روش کلاس‌بندی K-means انجام می‌شود. حال که گروه‌های فاخته تشکیل شدند سود میـانگین گـروه را محاسبه می‌کنیم تا بهینه نسبی محل زیست آن گروه به دست آیـد. سپس گروهی که دارای بیش‌ترین مقـدار متوسـط سـود اسـت، بـه عنوان گروه هـدف انتخـاب‌شـده و گـروه‌هـای دیگـر بـه سـمت آن مهاجرت می‌کنند.
برای الگوریتم بهینه سازی فاختـه از مقـادیر زیـر در شـبیه سـازی استفاده شده است:
تعداد کوکوها: ۴۰
حداقل تعداد تخم‌گذاری هر کوکو: ۵
حداکثر تعداد تخم‌گذاری هر کوکو: ۹
حداکثر تعداد تکرارها: ۴۰

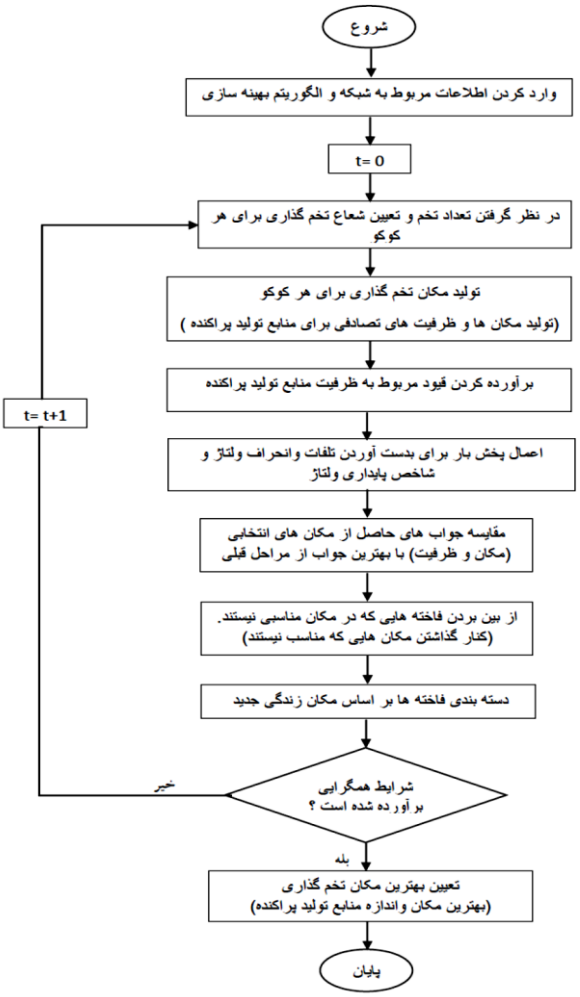
Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 2:58 +0330 on Saturday November 14th 2026

ضریب مهاجرت: ۹

تعداد خوشه‌بندی‌ها: ۲

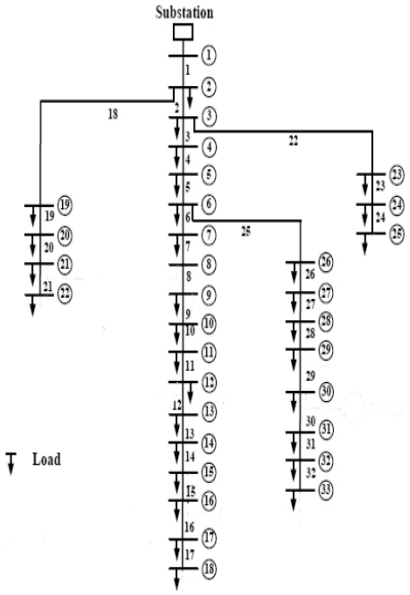
شعاع همگرایی: ۳۰

نحوه ی پیاده سازی الگوریتم فاخته برای حل مسئله مورد نظر بصورت فلوچارت زیر است :



۵-شبیه‌سازی و مطالعات عددی

شبیه‌سازی‌ها در یک سیستم نمونه ۳۳ شینه انجام شده است. اطلاعات مربوط به این سیستم از مرجع [۱۳] اخذ شده است. تلفات اولیه در این سیستم ۲۲۷/۶۹ کیلووات بوده و میزان انحراف ولتاژ متوسط آن ۵/۶ درصد است. این سیستم میزان بار اکتیو ۳۷۲۰ کیلووات و بار راکتیو ۲۳۰۰ کیلووار را تغذیه می‌کند. مکان‌یابی بهینه در دو حالت در نظر گرفته شده است. در حالت اول منابع تولید پراکنده فقط توان اکتیو تولید می‌کنند و در حالت دوم این منابع علاوه بر تولید توان اکتیو توان راکتیو نیز تولید می‌کنند. تعداد منابع تولید پراکنده در هر دو حالت برابر ۳ در نظر گرفته شده است. در حالت سوم نتایج به دست آمده از الگوریتم فاخته با اعداد به دست آمده با از الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی تجمع ذرات در مرجع [۵] مقایسه شده است.



شکل (۵) : دیاگرام تک‌خطی شبکه توزیع ۳۳ شینه[۱۳]

شبیه سازی در سه حالت انجام شده است. در حالت اول منابع تولید پراکنده فقط قادر به تولید توان اکتیو هستند. در حالت دوم برای منابع تولید پراکنده علاوه بر توان اکتیو توان راکتیو نیز در نظر گرفته شده است تا تاثیر حضور توان راکتیو برتوابع هدف بررسی شود. و در حالت سوم نتایج بدست آمده از الگوریتم پیشنهادی با نتایج بدست آمده از الگوریتم های ژنتیک و تجمع ازدحام ذرات بررسی شده است که بیانگر سرعت و دقت همگرایی بالای الگوریتم پیشنهادی است.

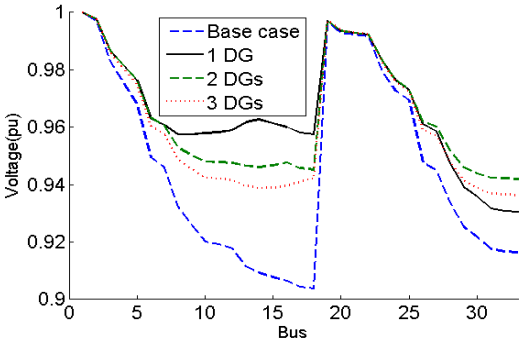
حالت اول

در این حالت منابع تولید پراکنده تنها قادر به تولید توان اکتیو هستند. ۳ منبع تولید پراکنده با بیشینه ظرفیت‌های ۴۰۰ و ۳۰۰ و ۲۰۰ کیلووات و بصورت PV برای مکان‌یابی در نظر گرفته‌شده‌اند. شبیه‌سازی‌ها با ضرایب وزنی یکسان انجام‌شده و نتایج در جدول (۱) آورده شده است. همچنین شکل (۶) نشان از بهبود پروفیل ولتاژ با وجود منابع تولید پراکنده است.

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 2:58 +0330 on Saturday November 14th 2026

جدول (۱) : نتایج پیاده‌سازی الگوریتم بهینه سازی فاخته در حالت اول با ضرایب وزنی یکسان اهداف

ردیف	تعداد منابع تولید پراکنده	تلفات (kw)	پایداری ولتاژ (VSI)	انحراف ولتاژ (٪)	مکان منابع تولید پراکنده	اندازه منابع تولید پراکنده (کیلووات)
۱	حالت پایه شبکه	۲۲۷/۶۹	۰/۴	۵/۶	-	-
۲	۱	۱۶۲/۳۵	۰/۴۸	۴/۶	۱۶	۴۰۰
۳	۱	۱۳۳/۶۹	۰/۵۴	۳/۵	۱۳	۹۰۰
۴	۲	۱۳۴/۱۳	۰/۴۹	۴/۱	۱۶، ۳۱	۴۰۰، ۳۰۰
۵	۲	۱۱۹/۹۰	۰/۵۱	۳/۷	۱۵، ۳۱	۵۰۰، ۴۰۰
۶	۳	۱۳۳/۲۹	۰/۸۷	۴/۱	۱۶، ۳۱، ۱۸	۴۰۰، ۳۰۰، ۲۰۰



شکل (۶) : نمایش بهبود پروفیل ولتاژ بعد از اضافه‌شده منابع تولید پراکنده در حالت اول

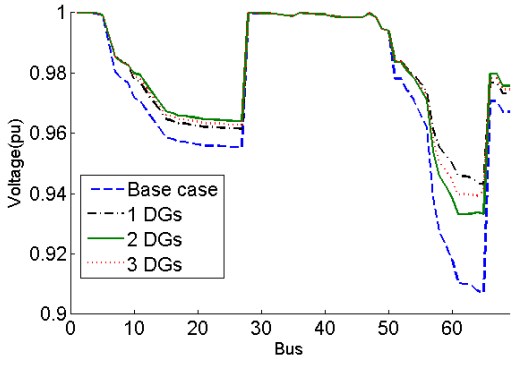
همانطور که نتایج نشان میدهد با اضافه شدن منابع تولید پراکنده در شبکه بدلیل پاسخگویی به توان اکتیو مورد نیاز شبکه و توزیع این منابع در شینهای مختلف بدلیل توزیع بهتر توان اکتیو در نقاط مختلف شبکه باعث بهبود در اهداف مورد نظر شده است. مثلا در ردیف سوم و پنجم حجم تولید اضافه شده در شبکه یکسان بوده ولی در ردیف پنجم با توزیع منابع تولید پراکنده در نقاط مختلف شبکه پارامترها بهبود بافته اند.

حالت دوم

در این بخش منابع تولید پراکنده علاوه بر توان اکتیو توان راکتیو نیز تولید می‌کنند. هر کدام از منابع تولید پراکنده توان راکتیو با ضریب قدرت ۰/۹ تولید می‌کنند. حد مجاز برای تولید توان اکتیو نیز همانند حالت قبل در نظر گرفته شده است. منابع تولید پراکنده در این حالت بصورت PQ مدل شده اند. مشابه حالت قبل نتایج با ضرایب وزنی یکسان در جدول (۲) ذکر شده است. همچنین در شکل(۷) بهبود پروفیل ولتاژ به تصویر کشیده شده است.

جدول (۲) : نتایج پیاده‌سازی الگوریتم بهینه سازی فاخته در حالت دوم با ضرایب وزنی یکسان اهداف

تعداد منابع تولید پراکنده	تلفات (kw)	پایداری ولتاژ (VSI)	انحراف ولتاژ (٪)	مکان منابع تولید پراکنده	اندازه منابع تولید پراکنده (اکتیو) کیلووات	اندازه منابع تولید پراکنده (راکتیو) کیلووار
حالت پایه شبکه	۲۲۷/۶۹	۰/۴	۵/۶	-	-	-
۱	۱۰۴/۰۳	۰/۶۱	۲/۶	۱۳	۹۰۰	۵۳۵
۲	۱۱۹/۶۷	۱/۹۲	۳/۶	۱۶، ۱۸	۵۰۰، ۴۰۰	۲۴۲، ۱۹۳
۳	۱۱۸/۴۶	۱/۸	۳/۸	۱۸، ۱۷، ۳۲	۴۰۰، ۲۹۴، ۱۹۴	۱۹۳، ۱۴۳، ۹۶



شکل (۷) : نمایش بهبود پروفیل ولتاژ بعد از اضافه‌شده منابع تولید پراکنده در حالت دوم

نتایج به وضوح نشان می‌دهد که در نظر گرفتن توان راکتیو درمنابع تولید پراکنده بدلیل پاسخگویی به توان راکتیو مورد نیاز شبکه و تاثیر توان راکتیو بر بهبود ولتاژ شین ها باعث کاهش بیشتر تلفات و انحراف متوسط ولتاژ و افزایش پایداری ولتاژ شده است.

حالت سوم

در این بخش نتایج به دست آمده از الگوریتم فاخته با نتایج به دست آمده از الگوریتم ژنتیک (GA)، بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) و الگوریتم ترکیبی ژنتیک و ازدحام ذرات (GA/PSO) در مرجع [۵] مقایسه شده است؛ و نتایج در جدول(۳) نشان داده شده است.

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 2:58 +0330 on Saturday November 14th 2026

مقایسه روش پیشنهادی با سایر روش‌ها در مقاله مرجع نشان از برتری الگوریتم پیشنهادی در کاهش تلفات و نتایج قابل‌قبول در سایر اهداف دارد.

جدول (۳) : نتایج به دست آمده با در سیستم ۳۳ شینه و مقایسه با مقاله مرجع

روش	تلفات	شاخص پایداری ولتاژ	انحراف ولتاژ	مکان منابع تولید پراکنده	اندازه منابع تولید پراکنده کیلووات
GA/PSO	۱۳۱.۴۴	۷.۵۵	۱.۰۳	۳۲، ۱۶ و ۱۱	۱۲۰۰، ۸۶۳ و ۹۲۵
GA	۱۱۰.۹۶	۶.۴۷	۰.۶	۱۱، ۲۹ و ۳۰	۱۵۰۰، ۴۲۲ و ۱۰۷۱
PSO	۱۲۰.۵۵	۷.۱	۱.۰۸	۱۳، ۳۲ و ۸	۹۸۱، ۸۳۰، ۱۱۷۶
روش پیشنهادی	۷۵.۱۸	۶.۰۸	۱.۵۲	۲۹، ۱۳ و ۲۳	۱۱۸۹، ۹۲۴، ۹۱۴

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله الگوریتم جدیدی برای مکان‌یابی بهینه منابع تولید پراکنده بر اساس الگوریتم بهینه‌سازی فازی چند هدفه‌ی فاخته ارائه شد. شبیه‌سازی‌ها در دو حالت، بدون در نظر گرفتن توان راکتیو و با در نظر گرفتن توان راکتیو، حل شد. اهداف مسئله به صورت فازی در نظر گرفته‌شده‌اند؛ بنابراین می‌توان با ضرایب وزنی متفاوت به جواب‌های متفاوتی دست یافت. شبیه‌سازی‌ها در یک سیستم انجام‌شده و نتایج نشان از دقت الگوریتم بهینه‌سازی پیشنهادی است. همچنین نتایج مقایسه با روش‌های شناخته‌شده‌ی الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO) و الگوریتم ژنتیک (GA) نشان می‌دهد می‌توان به جواب‌های بهتری با استفاده از الگوریتم پیشنهادی در مکان‌یابی بهینه‌ی منابع تولید پراکنده دست یافت.

مراجع:

[1] El-Khatami, W, Salama, M.M.A., "Distributed generation technologies, definitions and benefits," Electric Power Systems Research, Vol. 71, No. 2, pp. 119-128, 2004.

[2] Gandomkar, M., Vakilian, M., Ehsan, M., "A combination of genetic algorithm and simulated annealing for optimal distributed DG allocation in distributed networks," IEEE Electrical and Computer Engineering Canadian Conference, saskatoon, pp. 645–648, 2005.

[3] Keane, A., O'Malley, M., "Optimal distributed generation plant mix with novel loss adjustment factors," IEEE Power Engineering Society General Meeting, Montreal, Que, 2006.

[4] Aghaebrahimi, M.R., Amiri, M., Zahiri, H., "An immune-based optimization method for distributed generation placement in order to minimize power losses," International conference on Sustainable Power Generation and Supply, Nanjing, 2009.

[5] M.H. Moradi, M. Abedini, "A combination of genetic algorithm and particle swarm optimization for optimalDG location and sizing in distribution systems" Electrical Power and Energy Systems, Vol. 72, pp. 66–74, 2012.

[6] Abou El-Ela, A.A., Allama, S.M., Shatlab, M.M., "Maximal optimal benefits of distributed generation using genetic algorithms," Electric Power Systems Research, Vol. 80, No. 7, pp. 869–877, 2010.

[7] حمید فلقی، محمود رضا حقی فام، محسن پارسا مقدم، "مکان‌یابی منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی در حضور عدم قطعیت‌ها"، نشریه مهندسی برق و کامپیوترایران، سال۱۳۸۸ ، شماره۷، صفحه ۳-۱۳.

[8] Moya, O.E., "Numerical tools and models for Monte Carlo studies of the influence on embedded generation on voltage limits in LV grids," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 20, No. 3, pp. 2343-2350, 2005.

[9] Das, D., "Optimal placement of capacitors in radial distribution system using a Fuzzy-GA method," Electrical Power and Energy Systems, Vol. 30, No. 6, pp. 361–367, 2008.

[10] T. Go, U. Eminoglu, M. H. Hocaoglu, "A tool for voltage stability and optimization (VS&OP) in radial distribution systems using matlab graphical user interface (GUI), Simulation Modelling Practice and Theory," Vol. 16, No. 5, pp. 505–518, 2008.

[11] Shirmohamad, D., Hong, H. W., Semlyen, A., "Acompensation-based power flow method for weakly meshed distribution and transmission networks," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 3, No. 2, pp. 753-762, 1988.

[12] Jubaer Ahmed, Zainal Salam, A Maximum Power Point Tracking (MPPT) for PV system using Cuckoo Search with partial shading capability, Vol. 119, pp. 118-130, 15 April 2014.

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 2:58 +0330 on Saturday November 14th 2026

[۱۳] M.A. Kashem, V. Ganapathy, G.B. Jasmon and M.I. Buhari, "A Novel Method for Loss Minimization in distribution Networks," proceeding of International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, Vol. 53, pp. 251-255, 2000

رزومه



آنا زنگنه در اهواز متولد شده است (۱۳۶۷). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک از دانشگاه شهید چمران اهواز (۱۳۸۹) و کارشناسی‌ارشد مهندسی برق- قدرت از دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول(۱۳۹۳) سپری کرده است. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه انرژی های نو، تولیدات پراکنده و بهینه سازی سیستم های قدرت، ریزشبکه و شبکه های توزیع هوشمند است.



محمود جورابیان در شوشتر متولد شده است (۱۳۴۰). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق از دانشگاه نیوهیون آمریکا (۱۳۶۱)، کارشناسی ارشد مهندسی برق از دانشگاه صنعتی رن سی لیر آمریکا(۱۳۶۴) و دکتری مهندسی برق از دانشگاه باث انگلستان(۱۳۷۵) سپری کرده است. فعالیت¬های پژوهشی و علاقه¬مندی ایشان در زمینه کیفیت توان، سیستم های هوشمند، الکترونیک قدرت و ادوات فکتس ، بهینه سازی سیستم های قدرت، ریزشبکه و شبکه های توزیع هوشمند است. چاپ بیش از ۴۰ مقاله در مجلات معتبر داخلی و خارجی از دیگر فعالیتهای پژوهشی ایشان می باشد. ضمنا ایشان دارای ۴ اختراع ثبت شده می باشد. ایشان استاد تمام دانشگاه شهید چمران اهواز می باشد.

زیر نویس ها

1. Distributed Generation
2. Fuzzy Multi Objective Cuckoo search algorithm
3. ELR

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 2:58 +0330 on Saturday November 14th 2026