

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 بررسی شده 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 گرفته شده‌اند. 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 ذکر شده دارد.

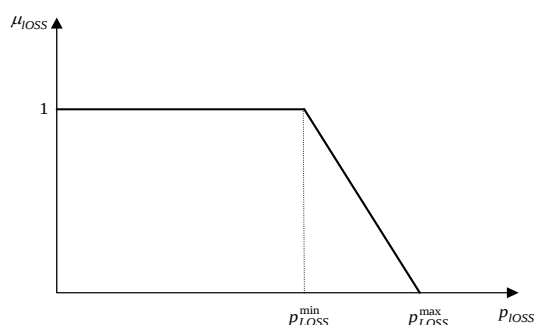
واژه‌های کلیدی: الگوریتم بهینه‌سازی فاخته، بهینه‌سازی چند هدفه، مکان و اندازه منابع تولید پراکنده.

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

[۳و۲] 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



شکل (۱): تابع عضویت برای تلفات [۹]

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

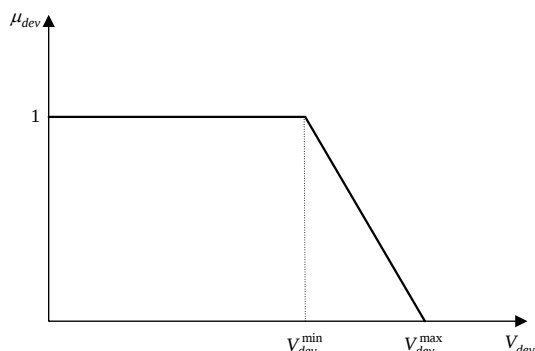
$$\mu_L = \begin{cases} 1 & P_l < P_l^{\min} \\ 0 & P_l > P_l^{\max} \\ \frac{P_l^{\max} - P_l}{P_l^{\max} - P_l^{\min}} & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (2)$$

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:

$$V_{dev} = \frac{1}{nbus} \sum_{k=1}^{nbus} |V_k - V_n| \quad (3)$$

در رابطه‌ی ذکر شده V_{dev} نشان دهنده‌ی میزان انحراف میانگین از ولتاژ نامی، $nbus$ بیانگر تعداد شین‌ها، V_k ولتاژ باس k ام و V_n 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 (شکل ۲):



شکل (۲): تابع عضویت انحراف ولتاژ [۹]

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 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 تولید پراکنده 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 [۹ و ۱۰]. 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:

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

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 داده می‌شود. این مطلب در شکل ۱ نمایش داده می‌شود:

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

در روابط ذکر شده 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 می شود.

۴-۲- تابع هدف

در توابع هدف بیان شده کمینه سازی آن ها مد نظر می باشد در حالی که در مسائل چندهدفه فازی هدف بیشینه سازی میزان مطلوبیت توابع می باشد. در نتیجه توابع هدف فازی به صورت زیر می باشند:

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

در رابطه ذکر شده ω_1 و ω_2 و ω_3 ضرایب وزن دهی اهداف هستند و مجموع آن ها برابر یک در نظر گرفته می شود.

۵-۲- محدودیت های مسئله

قید حاکم بر مسئله صورت زیر هستند:

(۱) قید توازن توان

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

که در آن:

P_{DGh} : توان تولیدی توسط واحد تولید پراکنده h ام

P_{Di} : میزان بار در باس i

P_{gen} : توان تولیدی ژنراتور

NDG : تعداد کل واحدهای تولید پراکنده

(۲) محدودیت های تولید توان اکتیو و راکتیو توسط واحد تولید پراکنده

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

(۳) محدودیت های ولتاژ

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

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

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

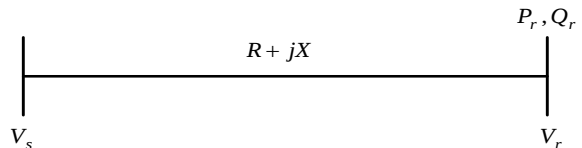
در این مقاله، $V_{dev}^{\min} = 0$ و $V_{dev}^{\max} = 0.1$ در نظر گرفته شده است.

۳-۲- تابع عضویت برای پایداری ولتاژ

در سیستم های توزیع شعاعی هر شین تنها توسط یک شین تغذیه می شود. هنگامی که منابع تولید پراکنده به شبکه توزیع متصل است شاخص پایداری ولتاژ تغییر خواهد کرد. این شاخص برای تمامی شین ها قابل محاسبه است. رابطه ی زیر برای محاسبه شاخص پایداری ولتاژ در شین r ام (VSI_r) ارائه شده است [۱۰].

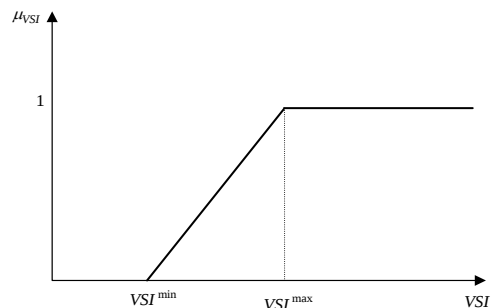
$$VSI_r = |V_s|^4 - 4(P_r \cdot X - Q_r \cdot R)^2 - 4|V_s|^2 \cdot (P_r \cdot X + Q_r \cdot R) \quad (۵)$$

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



شکل (۳): شاخه معرفی شده برای محاسبه ی شاخص پایداری ولتاژ

تابع عضویت فازی میزان مطلوبیت شاخص پایداری ولتاژ را نشان می دهد. هر چه میزان پایداری بیشتر باشد میزان مطلوبیت بیشتری به آن اختصاص داد می شود. این مطلب را به صورت شکل ۴ می توان نشان داد.



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

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

۳- پخش بار جاروب رفت و برگشت با حضور منابع تولید پراکنده

روشی که معمولاً برای تحلیل و به دست آوردن پارامترهای شبکه ی توزیع شعاعی استفاده می شود به جاروب رفت و برگشت موسوم است که شامل مراحل زیر است [۱۱]:
گام اول) ولتاژ تمامی شین ها به میزان یک پریونیت در نظر گرفته می شود.
گام دوم) جریان معادل بار در هر یک از گره های شبکه با استفاده از رابطه ی زیر محاسبه می شود:

$$I_{Li} = \frac{(P_{Li} - P_{DGi}) - j(Q_{Li} - Q_{DGi})}{V^*} \quad (11)$$

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

$$I_{i,j} = I_{Lj} + \sum_{(j,k) \in SL} I_{j,k} \quad (12)$$

در این رابطه $I_{j,k}$ جریان عبوری از بخش (j,k) و SL مجموعه بخش هایی را نشان می دهد که به گره j از بخش (i,j) متصل اند.
گام چهارم) ولتاژ هر یک از شین ها از ابتدای فیدر به سمت انتهای فیدر طبق رابطه ی زیر به دست می آید (جاروب رفت):

$$V_j = V_i - Z_{i,j} \cdot I_{i,j} \quad (13)$$

که در آن $Z_{i,j}$ امپدانس است که در شاخه ی (i,j) قرار دارد.
گام پنجم) اگر اختلاف ولتاژ به دست آمده با مراحل قبلی از یک حد مشخص بیشتر باشد الگوریتم از گام دوم ادامه پیدا می کند در غیر این صورت شرایط همگرایی برآورده شده و ولتاژ، جریان ها و توان ها به عنوان خروجی برنامه نمایش داده می شوند.

۴- جزئیات الگوریتم بهینه سازی فاخته

برای حل یک مسئله بهینه سازی 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 بهینه سازی N_{var} بعدی یک زیستگاه یک آرایه $1 \times N_{var}$ خواهد بود که موقعیت فعلی زندگی فاخته را نشان می دهد. این آرایه به صورت رابطه (۸) تعریف می شود.

$$habitat = [x_1, x_2, \dots, x_{N_{var}}] \quad (14)$$

که در آن x_1 متغیر اول مساله، $x_{N_{var}}$ متغیر N م مساله می باشد.

مقدار سود در زیستگاه فعلی برابر با ارزیابی تابع سود (f_p) در زیستگاه است (۹).

$$profit = f_p(x_1, x_2, \dots, x_{N_{var}}) \quad (15)$$

برای شروع یک ماتریس زیستگاه به سائز $Npop \times Nvar$ تولید می کنیم؛ که $Npop$ تعداد کوکوها، $Nvar$ تعداد متغیر، سپس برای هر کدام از این زیستگاه ها تعدادی تصادفی تخم تخصیص می دهیم. به طور طبیعی هر فاخته بین ۵ تا ۲۰ تخم می گذارد. هر فاخته در یک دامنه مشخص تخم گذاری می نماید که به آن حداکثر دامنه تخم گذاری 3 گفته می شود، می توان آن را به صورت رابطه (۱۶) تعریف کرد:

$$ELR = \beta \times (var_{hi} - var_{lo}) \times \text{تعداد تخم گذاری کوکو در هر مرحله/مجموع تخم گذاری هر کوکو} \quad (16)$$

var_{hi} حد بالا متغیر، var_{lo} حد پایین متغیر، β متغیری که توسط آن حداکثر دامنه تخم گذاری تنظیم می شود.
هر فاخته به صورت تصادفی تخم گذاری را در لانه پرندگان میزبان که در دامنه تخم گذاری خود قرار دارد، می گذارد؛ بنابراین تخم هایی که شباهت بیشتری به تخم پرندگان میزبان دارند شانس بیشتری برای بقا دارند این جوجه ها در لانه های میزبان تغذیه شده و رشد می کنند. در ضمن فقط یک تخم در هر لانه امکان رشد دارد. وقتی جوجه فاخته ها رشد کردند و بالغ شدند مدتی در گروه خود زندگی می کنند ولی هنگامی که وقت تخم گذاری فرا رسد باید به زیستگاه های بهتر که در آنجا شانس بقا بیشتر است مهاجرت کنند. از بین گروه هایی که فاخته ها تشکیل داده اند گروهی که دارای بهترین موقعیت به عنوان نقطه هدف برای سایر فاخته ها جهت مهاجرت انتخاب می شود. تشخیص اینکه هر فاخته به کدام گروه تعلق دارد کار چندان ساده ای نیست. لذا برای حل این مشکل، گروه بندی فاخته ها توسط روش کلاس بندی K-means انجام می شود. حال که گروه های فاخته تشکیل شدند سود میانگین گروه را محاسبه می کنیم تا بهینه نسبی محل زیست آن گروه به دست آید. سپس گروهی که دارای بیشترین مقدار متوسط سود است، به عنوان گروه هدف انتخاب شده و گروه های دیگر به سمت آن مهاجرت می کنند.

برای الگوریتم بهینه سازی فاخته از مقادیر زیر در شبیه سازی استفاده شده است:

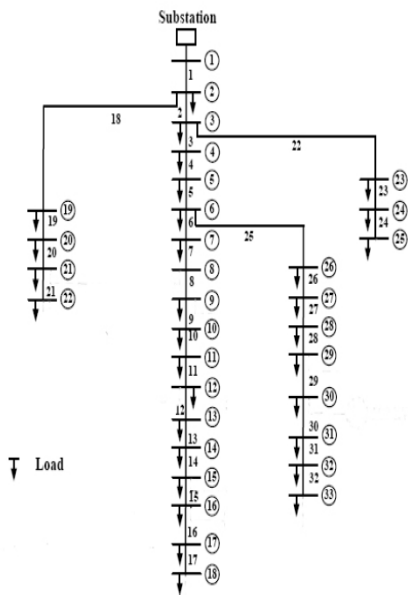
تعداد کوکوها: ۴۰

حداقل تعداد تخم گذاری هر کوکو: ۵

حداکثر تعداد تخم گذاری هر کوکو: ۹

حداکثر تعداد تکرارها: ۴۰

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]

شبیه‌سازی 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 بر توابع هدف بررسی شود. و در حالت سوم نتایج بدست آمده از الگوریتم پیشنهادی با نتایج بدست آمده از الگوریتم‌های ژنتیک و تجمع ازدحام ذرات بررسی شده است که بیانگر سرعت و دقت همگرایی بالای الگوریتم پیشنهادی است.

حالت اول

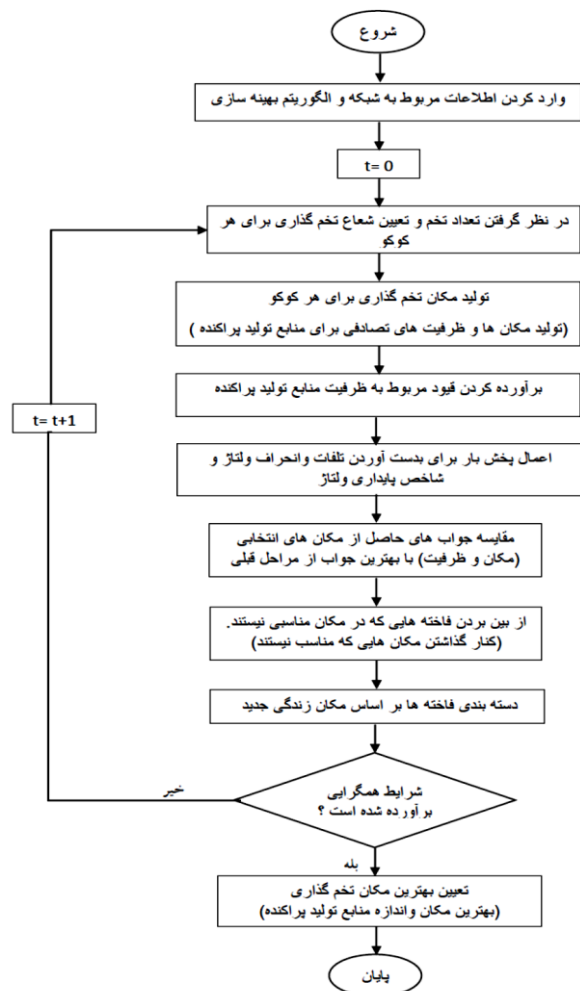
در این حالت منابع تولید پراکنده تنها قادر به تولید توان اکتیو هستند. ۳ منبع تولید پراکنده با بیشینه ظرفیت‌های ۴۰۰ و ۳۰۰ و ۲۰۰ کیلووات و بصورت PV برای مکان‌یابی در نظر گرفته شده‌اند. شبیه‌سازی‌ها با ضرایب وزنی یکسان انجام شده و نتایج در جدول (۱) آورده شده است. همچنین شکل (۶) نشان از بهبود پروفیل ولتاژ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

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

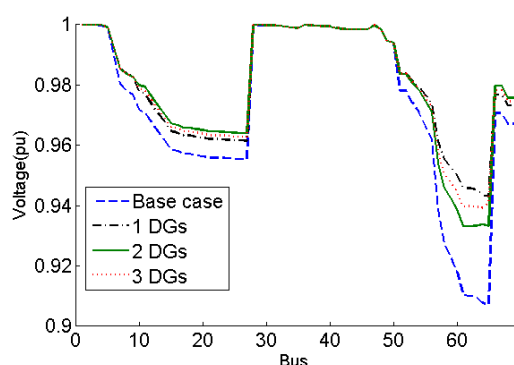
شبیه‌سازی‌ها در یک سیستم نمونه ۳۳ شینه انجام شده است. اطلاعات مربوط به این سیستم از مرجع [۱۳] اخذ شده است. تلفات اولیه در این سیستم ۲۲۷/۶۹ کیلووات بوده و میزان انحراف ولتاژ متوسط آن ۵/۶ درصد است. این سیستم میزان بار اکتیو ۳۷۲۰ کیلووات و بار راکتیو ۲۳۰۰ کیلووار را تغذیه می‌کند. مکان‌یابی بهینه در دو حالت 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

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

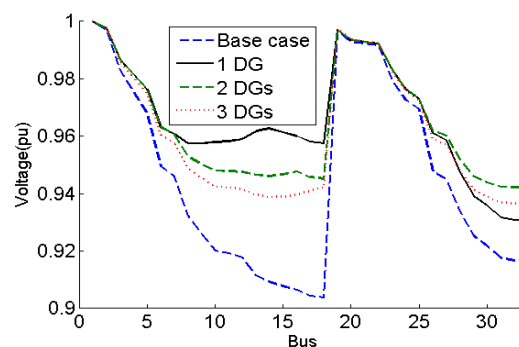
ردیف	تعداد منابع تولید پراکنده	تلفات (kw)	پایداری ولتاژ (VSI)	انحراف ولتاژ (%)	مکان منابع تولید پراکنده	اندازه منابع تولید پراکنده (کیلووات)
۱	حالت پایه شبکه	۲۲۷/۶۹	۰/۴	۵/۶	-	-
۲	۱	۱۶۲/۳۵	۰/۴۸	۴/۶	۱۶	۴۰۰
۳	۱	۱۳۳/۶۹	۰/۵۴	۳/۵	۱۳	۹۰۰
۴	۲	۱۳۴/۱۳	۰/۴۹	۴/۱	۳۱، ۱۶	۳۰۰، ۴۰۰
۵	۲	۱۱۹/۹۰	۰/۵۱	۳/۷	۳۱، ۱۵	۴۰۰، ۵۰۰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

جدول (۲) : نتایج پیاده‌سازی الگوریتم بهینه‌سازی 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 (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	۱۵، ۱۷، ۳۱	۴۰۰، ۲۹۴، ۱۹۴	۱۹۳، ۱۴۳، ۹۶



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



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

نتایج به وضوح نشان می‌دهد که در نظر گرفتن توان راکتیو در منابع تولید پراکنده بدلیل پاسخگویی به توان راکتیو مورد نیاز شبکه و تاثیر توان راکتیو بر بهبود ولتاژ شین‌ها 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.

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 شینه‌های مختلف بدلیل توزیع بهتر توان اکتیو در نقاط مختلف شبکه باعث بهبود در اهداف مورد نظر شده است. مثلاً 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 یافته‌اند.

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 شده‌اند. 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.

[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 optimal DG 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 حق فام، محسن پارسا مقدم، "مکان‌یابی منابع تولید پراکنده در شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی در حضور عدم قطعیت‌ها"، نشریه مهندسی برق و کامپیوتر ایران، سال ۱۳۸۸، شماره ۷، 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.

مقایسه روش پیشنهادی با سایر روش‌ها در مقاله مرجع نشان از برتری الگوریتم پیشنهادی در کاهش تلفات و نتایج قابل قبول 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	۱۱ و ۱۶، ۳۲	۱۲۰۰ و ۸۶۳ و ۹۲۵
GA	۱۱۰.۹۶	۶.۴۷	۰.۶	۳۰ و ۲۹، ۱۱	۱۵۰۰ و ۴۲۲ و ۱۰۷۱
PSO	۱۲۰.۵۵	۷.۱	۱.۰۸	۸ و ۳۲، ۱۳	۸۳۰، ۹۸۱ و ۱۱۷۶
روش پیشنهادی	۷۵.۱۸	۶.۰۸	۱.۵۲	۲۳ و ۱۳، ۲۹	۱۱۸۹ و ۹۱۴، ۹۲۴

۶- نتیجه گیری

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 گرفته شده‌اند؛ بنابراین می‌توان با ضرایب وزنی متفاوت به جواب‌های متفاوتی دست یافت. شبیه‌سازی‌ها در یک سیستم انجام شده و نتایج نشان از دقت الگوریتم بهینه‌سازی پیشنهادی است. همچنین نتایج مقایسه با روش‌های شناخته‌شده‌ی الگوریتم بهینه‌سازی 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.



محمود جورابیان در شوشتر متولد شده است (۱۳۴۰). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق از دانشگاه نیویورک 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. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه کیفیت توان، سیستم‌های هوشمند، الکترونیک قدرت و ادوات فکس، بهینه‌سازی سیستم‌های قدرت، ریزشبکه و شبکه‌های توزیع هوشمند است. چاپ بیش از ۴۰ مقاله در مجلات معتبر داخلی و خارجی از دیگر فعالیت‌های پژوهشی ایشان می‌باشد. ضمناً ایشان دارای ۴ اختراع ثبت شده می‌باشد. ایشان استاد تمام دانشگاه شهید چمران اهواز می‌باشد.

[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 کارشناسی ارشد مهندسی

برق - قدرت از دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول (۱۳۹۳) سپری کرده است. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه انرژی‌های نو، تولیدات پراکنده و بهینه‌سازی سیستم‌های قدرت، ریزشبکه و شبکه‌های توزیع هوشمند است.

زیر نویس ها

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