جایابی همزمان بانک‌های خازنی و نیروگاه‌های تولید پراکنده به منظور ارتقاء قابلیت اطمینان و کمینه‌سازی تلفات توان با استفاده از الگوریتم ژنتیک

بهروز معرف*[۱]، سید مصطفی عابدی[۲]، محمودرضا حقی‌فام[۳]

*۱- دانشجوی دکتری تخصصی برق قدرت، گروه مهندسی برق قدرت، دانشکده مهندسی برق، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران behrouz.moarref@yahoo.com

۲- استادیار، گروه مهندسی برق قدرت، دانشکده مهندسی برق، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، m_abedi@azad.ac.ir

۳- استاد، گروه مهندسی برق قدرت، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، haghifam@modares.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۱۵

چکیده: ایجاد مشخصه‌های مثبت تولید برق از قبیل کاهش تلفات توان، بهبود پروفیل ولتاژ و افزایش قابلیت اطمینان، با مطالعات دقیق و صرف هزینه‌های چشمگیر به دست می‌آید. از این‌رو بررسی موارد یاد شده و ارائه راه‌کارهای بهینه، عرصه جدیدی را برای پژوهش و بررسی در صنعت برق ایجاد کرده است. همچنین باید توجه کرد که غالب طراحان شبکه، استفاده از منابع تولید پراکنده و بانک‌های خازنی را به منظور مرتفع کردن غالب مشکلات شبکه‌ی توزیع پیشنهاد می‌کنند. از این‌رو در این مقاله، بانک‌های خازنی و نیروگاه‌های تولید پراکنده به صورت همزمان در شبکه توزیع جایابی می‌شوند. هدف از این جایابی کمینه‌سازی تلفات توان، بهبود پروفیل ولتاژ و بهبود قابلیت اطمینان بصورت موازی است. مطالعه برروی شبکه توزیع ۱۱۸ شینه استاندارد IEEE و با طرح سناریوهایی مبتنی بر خطا و تعداد منابع جایابی شده انجام خواهد شد. همچنین از الگوریتم ژنتیک و روش پخش بار پیشرو و پسرو به‌عنوان تکنیک حل مساله با استفاده از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است. بررسی شاخص‌های ENS و SAIDI به جهت بهبود قابلیت اطمینان شبکه جزیره‌ای مورد توجه و ارزیابی قرار می‌گیرد و سپس تاثیر آن بر روی شبکه مورد مطالعه بررسی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: جایابی همزمان، بهبود قابلیت اطمینان، الگوریتم ژنتیک، کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ

۱- مقدمه

شبکه‌ی توزیع به‌عنوان آخرین بخش از شبکه برق هر کشور، دارای بیشترین تنوع تجهیزات و بیشترین گستردگی است که این دو عامل منشاء مشکلات فراوان در این شبکه می‌شود. استفاده از تجهیزات با تنوع و تعداد زیاد منجر به افزایش احتمال خرابی و قطعی برق و به دنبال آن کاهش قابلیت اطمینان شبکه می‌شود. با توجه به اینکه شبکه‌ی توزیع مستقیماً و بی‌واسطه با مصرف‌کنندگان در ارتباط است، میزان جریان بالا و سطح ولتاژ پایین بوده و در صورت گستردگی بیش از حد شبکه، این جریان بالاتر نیز می‌رود. از این‌رو، تلفات اهمی (یا تلفات RI^2) در شبکه‌ی توزیع، بویژه شبکه‌ی برق ایران، بسیار بالاست. این مشکل زمانی دو چندان می‌شود که شبکه‌ی توزیع غالباً با توپولوژی شعاعی طراحی شود که در آن تغذیه تنها از یک شینه (پست فوق توزیع) صورت می‌گیرد. بنابراین با افزایش تلفات، سطح ولتاژ در شبکه، بویژه در شینه-های انتهائی، به‌صورت چشم‌گیری کاهش می‌یابد.

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

[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022

طراحان گزینه‌های چندان متنوعی برای حل و یا حداقل کاهش این ایرادات ندارند چرا که بایستی علاوه‌بر بهبود و حل مشکلات فنی مباحث اقتصادی و زیست‌محیطی را نیز در نظر داشته باشند. از این‌رو، غالب طراحان شبکه، استفاده از منابع تولید پراکنده (DG) و بانک‌های خازنی را به منظور مرتفع کردن غالب مشکلات شبکه‌ی توزیع پیشنهاد می‌کنند. با توجه به مزایای واحدهای تولید پراکنده از قبیل کیفیت توان بالاتر، کاهش تلفات، آزادسازی ظرفیت انتقال و توزیع، کاهش هزینه نصب و افزایش قابلیت اطمینان شبکه، استفاده از آنها (نظیر مولدهای تولید همزمان برق و گرما، توربین‌های بادی، پانل‌های فتوولتایی و غیره) از انتخاب‌های دهه اخیر در این باب می‌باشد که مطرح شده است. از این‌رو بیشتر تحقیقات حضور تولیدات پراکنده و بانک‌های خازنی را در شبکه توزیع به عنوان منابع بهبود شاخص‌های شبکه در نظر گرفته‌اند. در [۱]، تاثیر حضور مجموعه‌ای از تولیدات پراکنده با در نظر گرفتن رشد بار با استفاده از یک روش تحلیلی مورد مطالعه قرار گرفته است. در [۲]، روشی برای مکان‌یابی بهینه‌ی DG برای کمینه‌سازی تلفات و بهبود قابلیت اطمینان براساس روش‌های تحلیلی ارائه شده است. در [۳]، روشی مبتنی بر حصول بیشترین تاثیر حاصل از نصب DG را برای جایابی بهینه‌ی تولیدات پراکنده به منظور بهبود قابلیت اطمینان شبکه پیشنهاد می‌کند. در [۴]، دو تابع هدف جدید برای جایابی بهینه‌ی خازن به منظور مطالعه‌ی میزان اثرگذاری حضور خازن بر روی بهبود قابلیت اطمینان شبکه توزیع پیشنهاد داده‌اند. در [۵]، تابعی از بیشینه‌سازی پروفیل ولتاژ، کاهش تلفات، و بهبود آن است که با استفاده از تکنیک قیمت‌گذاری نقطه‌ای حل می‌شود. در [۶]، پیشنهاد جایابی و تعیین ظرفیت بهینه‌ی واحدهای DG برای بهبود حد پایداری ولتاژ است. در [۷]، تکنیک پیشنهادی روی شبکه‌های ۱۳ و ۳۴ شینه استاندارد IEEE مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج آن با ورژن‌های دیگر الگوریتم ژنتیک (یعنی الگوریتم ژنتیک حساسیت، الگوریتم ژنتیک مولتی پاپ و الگوریتم ژنتیک ساده) مورد مقایسه قرار گرفته است. در [۸]، الگوریتم ژنتیکی مبتنی بر روش چندهدفه‌ی فازی برای تعیین مقادیر بهینه‌ی خازن‌های شنت و کلیدزنی به منظور بهبود پروفیل ولتاژ و کمینه‌سازی تلفات توان پیشنهاد شده است.

در [۹-۱۰]، بهبود شاخص پایداری ولتاژ (VSI)[۱] توسط جایابی بهینه خازن با استفاده از تکنیک تحلیلی که به شدت به فروپاشی ولتاژ در شبکه‌های توزیع حساس است، انجام شده است. در [۱۱]، تابع هدفی مبتنی بر هزینه‌ی خازن و DG به منظور کمینه‌سازی تلفات توان و انرژی و بهبود پروفیل ولتاژ را پیشنهاد کرده‌اند. در [۱۲]، به منظور بهبود کیفیت توان در شبکه، جایابی و تعیین ظرفیت بهینه خازن شنت با استفاده از الگوریتم ژنتیک (GA) انجام شده است. در [۱۳]، دو مدل بهینه‌سازی برای حصول مکان‌های بهینه‌ی DG و خازن به منظور حفظ پروفیل ولتاژ در شبکه‌های توزیع پیشنهاد شده است. در [۱۴]، الگوریتم ژنیتک جدیدی مبتنی بر بهبود کیفیت توان و جایابی همزمان خازن و DG به‌صورت همزمان پیشنهاد می‌کند.

حال با درک توانائی منابع تولید پراکنده و بانک‌های خازنی در کاهش مصرف توان راکتیو و تلفات توان اکتیو، بهبود قابلیت اطمینان و ارتقاء پروفیل ولتاژ شبکه، هدف‌گذاری برای کمینه‌سازی هزینه‌ی نصب خازن و DG، کمینه‌سازی تلفات توان، ارتقاء پروفیل ولتاژ شبکه و بهبود شاخص هزینه‌ی انرژی تامین نشده (CENS) به‌عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های بررسی میزان بهبود قابلیت اطمینان شبکه می‌باشد. لذا در این مقاله، بانک‌های خازنی و نیروگاه‌های تولید پراکنده به صورت همزمان در شبکه توزیع جایابی می‌شوند. هدف از این جایابی کمینه‌سازی تلفات توان، بهبود پروفیل ولتاژ و بهبود قابلیت اطمینان به‌صورت موازی است. مطالعه بر روی شبکه توزیع ۱۱۸ شینه استاندارد IEEE و با طرح سناریوهائی مبتنی بر خطا و تعداد منابع جایابی شده (خازن و منابع تولید پراکنده) انجام خواهد شد. همچنین از الگوریتم ژنتیک و روش پخش بار پیشرو و پسرو به‌عنوان تکنیک حل مساله با استفاده از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است. بنابراین نوآوری‌های طرح پیشنهادی به شرح زیر است:

- جایابی بهینه همزمان بانک‌های خازنی و تولیدات پراکنده در شبکه توزیع
- استفاده از الگوریتم ژنتیک برای حل مسأله پیشنهادی

شایان ذکر است که در ادامه مقاله، ابتدا مدل و ساختار مسأله پیشنهادی در بخش دوم بیان می‌شود. بخش سوم مربوط به نتایج عددی استخراج شده از مدل مسأله پیشنهادی است. در نهایت نتیجه‌گیری در بخش چهارم بیان می‌شود.

۲- ساختار مسأله پیشنهادی

در این مقاله، جایابی همزمان بانک‌های خازنی و نیروگاه‌های تولید پراکنده به منظور ارتقاء قابلیت اطمینان و کمینه‌سازی تلفات توان با استفاده از الگوریتم ژنتیک بیان می‌شود. شایان ذکر است که در این مقاله، بانک‌های خازنی و ظرفیت تولید پراکنده به صورت پله‌ای و گسسته تغییر می‌کند. علاوه بر این، زیر مجموعه‌های مسأله پیشنهادی شامل تابع هدف، پخش بار و الگوریتم حل آن، قابلیت اطمینان و الگوریتم ژنتیک است. که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند.

۲-۱- تابع هدف

روش در این مقاله، هدف کمینه‌سازی تلفات اکتیو و راکتیو شبکه توزیع به همراه انحراف ولتاژ از مقدار مطلوب است. این مورد در رابطه (۱) نمایش داده شده است.

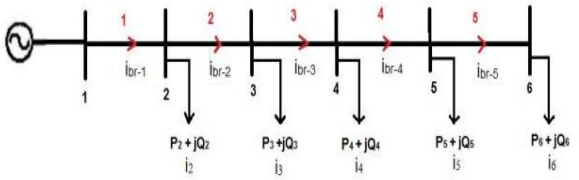
$$\min \quad J = \alpha_1 \sum_{i=1}^{N} \Delta V_i + \alpha_2 \sum P_{Loss} + \alpha_3 \sum Q_{Loss} \qquad (۱)$$

که در آن، ΔV_i، ΣP_{loss} و ΣQ_{loss} به‌ترتیب معرف انحراف ولتاژ در گره i ام، تلفات توان اکتیو و تلفات توان راکتیو شبکه توزیع است. ضرائب α_1، α_2 و α_3 توسط کاربر با تعیین میزان اهمیت هر پارامتر در فرآیند طراحی شبکه مقداردهی می‌شود.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

۲-۲- پخش بار

پخش بار دارای معادلاتی است که فیزیک و ساختار شبکه را بیان می-کند. همچنین روش‌های متفاوتی برای حل آن وجود دارد، ولی روش حل پسرو/پیشرو بهترین روش حل برای استفاده در شبکه توزیع شعاعی همانند شکل (۱) است [۱۵].



شکل (۱): ساختار شبکه توزیع شعاعی نمونه [۱۵]

در این روش ابتدا فرض می‌شود که ولتاژ تمامی باس‌های به‌صورت $1\angle 0$ در نظر گرفته می‌شوند. سپس جریان بار هر باس از رابطه (۲) محاسبه می‌شود. توجه شود که در این رابطه، P، Q و I به ترتیب معرف توان اکتیو و راکتیو به همراه جریان بار هستند. سپس جریان خطوط (IL) براساس رابطه (۳) محاسبه می‌شود. توجه شود که در شبکه شعاعی، جریان خط برابر با مجموع جریان خط و بار جلویی آن است. به این ترتیب کلیه جریان خطوط محاسبه شده که این روند به روند پسرو معروف است. در روند پیشرو باید توجه داشت که ولتاژ (V) باس مرجع (باس ابتدا) برابر $1\angle 0$ است. لذا با دانستن جریان خطوط و امپدانس خط(Z که برابر $R + jX$ است و R و X به ترتیب معرف مقاومت و راکتانس خط هستند)، می‌توان ولتاژ باس جلویی باس ابتدا را از رابطه (۴) محاسبه کرد. این روند تا محاسبه ولتاژ تمامی باس‌ها ادامه می‌یابد. در نهایت توجه شود که مسأله زمانی به اتمام می‌رسد که مسأله در نقطه‌ای همگرا شود. به عبارتی ولتاژ دو مرحله آخر نبایستی اختلاف زیادی داشته باشند.

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{(V_i)^*} \qquad (۲)$$

$$IL_{i,i+1} = I_{i+1} + IL_{i+1,i+2} \qquad (۳)$$

$$V_{i+1} = V_i - Z_{i+1,i} IL_{i+1,i} \qquad (۴)$$

توجه شود که در روابط بالا، عبارت i مربوط به باس است و شماره گذاری به‌گونه‌ای است که باس مرجه با شماره ۱ نمایش داده می‌شود. در سیستم‌هایی که دارای مسیر انشعابی می‌باشد برای هر مسیر فرعی همانند بالا عمل می‌شود با این تفاوت که دیگر ولتاژ باس ابتدایی $1\angle 0$ پریونیت نمی‌باشد. در مسیر فرعی همان ولتاژ به‌دست آمده از مسیر پسرو برای مسیر پسرو و ولتاژ به دست آمده از پیشرو برای مسیر پیشرو بعنوان ولتاژ باس ابتدایی ملاک می‌باشد. عمل پیشرو/ پسرو در مسیر انشعابی آنقدر تکرار می‌گردد که شرط همگرایی در مسیر مورد نظر حاصل گردد.

۳-۲- قابلیت اطمینان

شایان ذکر است که به منظور کاهش انرژی تغذیه نشده و یا کاهش ساعات خاموشی در شبکه توزیع مبحث قابلیت اطمینان ارائه می‌شود. قابلیت اطمینان دارای شاخص‌های مختلفی است که در این مقاله به منظور نمایش دادن میزان انرژی تغذیه نشده و ساعات خاموشی در شبکه توزیع، شاخص‌های زیر بیان می‌شود:

- **انرژی تغذیه نشده [۲](ENS):** ENS از مهم‌ترین شاخص‌های مبتنی بر انرژی در محاسبات قابلیت اطمینان می‌باشد. این شاخص ارتباط مستقیمی با کاهش درآمد و کاهش فروش انرژی برای شرکت‌های برق دارد. اگر قیمت هر واحد انرژی در عدد حاصله ضرب شود، می‌توان ضرر ناشی از این قطعی‌ها را برای شرکت‌ها بدست آورد. هر چه میزان این شاخص کوچکتر باشد نمایانگر بالاتر بودن میزان قابلیت اطمینان در شبکه تحت مطالعه است. این شاخص از رابطه (۵) محاسبه می‌شود و همچنین در این رابطه، N معرف تعداد مشترکین و L معرف بار قطع شده است.

$$ENS = \sum_i N_i L_i \qquad (۵)$$

- **متوسط انرژی تغذیه نشده [۳](AENS):** درجه اهمیت این شاخص نیز بسان ENS است و دارای مفاهیم مشابهی با هم هستند، با این تفاوت که این شاخص، انرژی از دست رفته را به ازای هر مشترک بدست می‌دهد که می‌تواند برای شرکت‌های برق از لحاظ سنجش یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های رضایت مشترکین بسیار مفید باشد. برای محاسبه AENS به اطلاعاتی مانند مدت زمان هر قطعی، توان از دست رفته در هر قطعی و تعداد کل مشترکین وجود دارد. اپراتورها می‌توانند مدت زمان و توانی که در نقاط بار قطع شده را ثبت کنند و تعداد مشترکینی که به هر یک از نقاط بار شبکه متصل هستند نیز با توجه به اطلاعات شبکه تعیین شود. تعریف این شاخص به صورت زیر است (Neq معرف تعداد کل مشترکین است):

$$AENS = \frac{ENS}{Neq} \qquad (۶)$$

- **شاخص دوره زمانی متوسط قطع برق سیستم [۴](SAIDI):** این شاخص بیانگر مدت زمان متوسطی است که هر مشترک تحت مطالعه به انرژی الکتریکی دسترسی ندارد که این مدت زمان، مربوط به قطعی‌های گذرا نمی‌باشد. با این شاخص می‌توان دریافت که هر مشترک، به طور میانگین در یک دوره مشخص، چه مدت زمانی را (بر حسب دقیقه یا ساعت) در خاموشی به سر می‌برد. برای محاسبه این شاخص نیاز است که تعداد مشترکینی که در هر قطعی تحت تأثیر قرار می‌گیرند و مدت زمانی را که مشترکین در هر قطعی تجربه می‌کنند ثبت گردد؛ و مطابق رابطه (۷)، از حاصل ضرب تعداد مشترکینی که تحت تأثیر یک قطعی قرار گرفته‌اند در مدت زمان همان قطعی تقسیم بر کل تعداد

[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

مشترکینی که تحت سرویس دهی قرار دارند، بدست می‌آید. هر چه میزان این شاخص کمتر باشد نمایانگر قابلیت اطمینان بالاتر شبکه از لحاظ مدت خاموشی به ازای هر مشترک است. SAIDI در یک سیستم در نتیجه قطعی بخشی از شبکه توزیع است که خود آن می‌تواند تابع شرایط محیطی و شرایط فنی و غیرفنی مختلفی باشد. رابطه محاسبه این شاخص به‌صورت زیر است (U برابر دوره زمانی قطع برق است):

$$SAIDI = \frac{\sum_i N_i U_i}{\sum_i N_i} \quad (۷)$$

- **شاخص متوسط قطع برق سیستم [۵](SAIFI)**: SAIFI از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم، مبتنی بر مشترک است. این شاخص نشان می‌دهد که یک مشترک در طول دوره گزارش، بطور متوسط چند قطعی را تجربه کرده است. برای محاسبه این شاخص لازم است اطلاعات مربوط به تعداد مشترکینی که در هر قطعی، تحت تأثیر قرار گرفته‌اند و تعداد کل مشترکینی که تحت سرویس هستند ثبت شده و نسبت تعداد قطعی مشترکین به کل مشترکین، شاخص میانگین دفعات قطعی به ازای هر مشترک را نشان می‌دهد. هر چه مقدار این شاخص بزرگتر باشد نشان می‌دهد که شبکه از لحاظ قابلیت اطمینان ضعیف‌تر بوده و تعداد دفعات قطع مشترکان این سیستم بیشتر می‌باشد. رابطه محاسبه این شاخص به‌صورت (۸) است (λ برابر قطع برق است):

$$SAIFI = \frac{\sum_i N_i \lambda_i}{\sum_i N_i} \quad (۸)$$

۴-۲- الگوریتم ژنتیک

شایان ذکر است که مسأله پیشنهادی دارای ساختار غیرخطی آمیخته با اعداد صحیح می‌باشد که روند حل آن توسط الگوریتم‌های ریاضی سنگین است. از این‌رو در این مقاله، برای دستیابی به روش حل ساده با ویژگی‌های فراوان از الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود.

قبل از این که یک الگوریتم ژنتیکی بتواند اجرا شود، ابتدا باید کدگذاری (یا نمایش) مناسبی برای مسئله موردنظر پیدا شود. معمولی‌ترین شیوه نمایش کروموزوم‌ها در الگوریتم ژنتیک به شکل رشته‌های دودویی است. هر متغیر تصمیم‌گیری به صورت دودویی در آمده و سپس با کنار هم قرار گرفتن این متغیرها کروموزوم ایجاد می‌شود. گرچه این روش گسترده‌ترین شیوه کدگذاری است اما شیوه‌های دیگری مثل نمایش با اعداد حقیقی در حال گسترش هستند. هم چنین یک تابع برازندگی نیز باید ابداع شود تا به هر راه حل کدگذاری شده، ارزشی را نسبت دهد. در طی اجرا، والدین برای تولید مثل، انتخاب می‌شوند و با استفاده از عملگرهای آمیزش و جهش با هم ترکیب می‌شوند تا فرزندان جدیدی تولید کنند. این فرآیند چندین بار تکرار می‌شود تا نسل بعدی جمعیت تولید شود. سپس این جمعیت بررسی می‌شود و در صورتی که ضوابط همگرایی برآورده شوند، فرآیند فوق خاتمه می‌یابد. بنابراین مراحل اجرای این الگوریتم به شرح زیر است:

- **شروع:** تولید تصادفی یک جمعیت که شامل تعداد زیادی کروموزم است.
- **صحت و درستی:** ارزیابی صحت برای تابع f(x) به ازای هر کروموزوم x درجمعیت.
- **ایجاد یک جمعیت جدید:** تولید یک جمعیت با در نظر گرفتن موارد زیر:

انتخاب: انتخاب کروموزوم‌های پدر و مادر از جمعیت قبلی با توجه به صحت و درستی آن، بطوری‌که هر چه Fitnees بهتر باشد (دقت جواب در همگرائی بیشتر باشد) شانس بیشتری برای انتخاب دارد.

تولید مثل: انجام زادو ولد و ایجاد یک نسل جدید.

جهش: مشخص شدن مکان فرزند تولید شده در کروموزوم.

پذیرش: جا دادن فرزند جدید در داخل جمعیت.

جایگزینی: جایگزینی جمعیت جدید به جای جمعیت قبلی و مورد استفاده قرار دادن جمعیت جدید در مراحل بعدی الگوریتم.

امتحان: اگر شرایط مطلوب در حل مسئله ارضا شد اعلام می‌کنیم که به بهترین جواب رسیده‌ایم و از الگوریتم خارج می‌شویم در غیر این صورت به مرحله Fitness می‌رویم و دوباره همین روند را تکرار می‌کنیم.

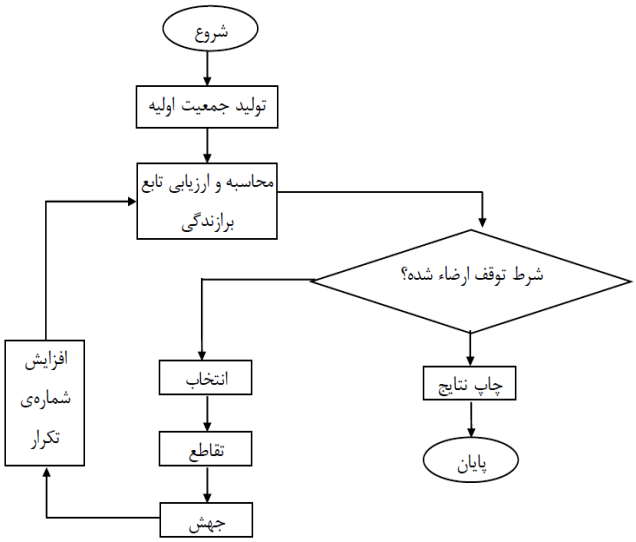
توجه شود که فلوچارت اجرایی الگوریتم ژنتیک همانند شکل (۲) است. علاوه بر این، توجه شود که در مسئله پیشنهادی میزان پله‌های تولیدات پراکنده و بانک‌های خازنی به همراه مکان آنها در شبکه توزیع شعاعی به عنوان متغیرهای تصمیم‌گیری هستند. از این‌رو، مراحل الگوریتم ژنتیک برروی این موارد اجراء می‌شود و دیگر مباحث به عنوان قیود مسأله پیشنهادی می‌باشند.

۳- نتایج عددی

۳-۱- داده‌های مسأله

شبکه مورد استفاده در این مقاله، شبکه توزیع شعاعی ۱۱۸ باسه و ۱۱۷ شاخه با ولتاژ نامی ۱۱ کیلوولت می‌باشد. این شبکه در شکل (۳) نشان داده شده است. همچنین مشخصات بار و خطوط این شبکه در [۱۶] موجود است. کلیه بارهای این سیستم سه‌فاز بوده و خطوط رابط در آن به صورت ترکیب سری یک سلف و مقاومت مدل شده است. در این شبکه مجموع بارهای اکتیو و راکتیو به ترتیب ۲۲۷۰۹/۷۰ کیلووات و ۱۷۰۴۱/۱۰ کیلووار می باشد [۱۶]. علاوه‌بر داده‌های شبکه، در این مسأله خازن و تولیدات پراکنده (DG) نیز استفاده شده است که در این مقاله فرض شده است که هر کدام از عناصر ذکر شده دارای ۲۰ پله هستند که میزان توان اکتیو و راکتیو هر کدام در هر پله متناسب با جدول (۱) است.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]



شکل (۲): فلوچارت اجرای الگوریتم ژنتیک

جدول (۱) : میزان توان راکتیو هر پله از عناصر خازن و تولیدات پراکنده

پله	۱	۲	۳	۴	۵
راکتیو خازن (kVAr)	۴۰۰	۵۰۰	۶۵۰	۷۵۰	۸۰۰
اکتیو DG (kW)	۵۰۰	۵۵۰	۶۰۰	۶۵۰	۷۰۰
پله	۶	۷	۸	۹	۱۰
راکتیو خازن (kVAr)	۸۵۰	۹۰۰	۹۵۰	۱۰۰۰	۱۰۵۰
اکتیو DG (kW)	۷۵۰	۸۰۰	۸۵۰	۹۰۰	۹۵۰
پله	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
راکتیو خازن (kVAr)	۱۱۰۰	۱۱۵۰	۱۲۰۰	۱۲۵۰	۱۳۰۰
اکتیو DG (kW)	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰
پله	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
راکتیو خازن (kVAr)	۱۳۵۰	۱۴۰۰	۱۴۵۰	۱۵۰۰	۱۵۵۰
اکتیو DG (kW)	۳۰۰۰	۳۵۰۰	۴۰۰۰	۴۵۰۰	۵۰۰۰

در این بخش سه مورد مطالعاتی مختلف صورت گرفته است که جزئیات هرکدام به شرح زیر است:

الف) ارزیابی شاخص‌های قابلیت اطمینان و شبکه توزیع در مسأله جایابی دو بانک خازنی و دو تولید پراکنده در شبکه توزیع

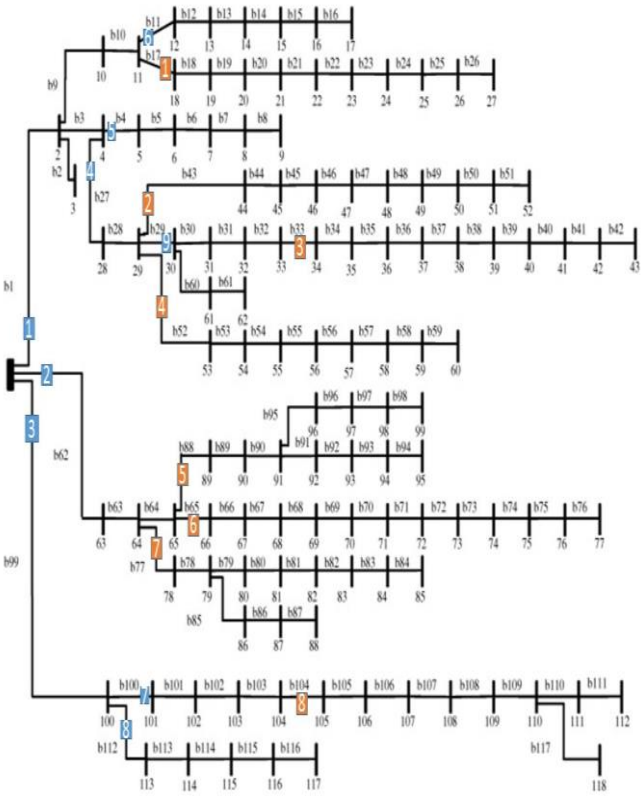
ب) ارزیابی شاخص‌های قابلیت اطمینان و شبکه توزیع در مسأله جایابی سه بانک خازنی و سه تولید پراکنده در شبکه توزیع

ج) ارزیابی شاخص‌های قابلیت اطمینان و شبکه توزیع در مسأله جایابی چهار بانک خازنی و چهار تولید پراکنده در شبکه توزیع

۲-۳- نتایج

مسئله جایابی همزمان بانک‌های خازنی و تولیدات پراکنده با هدف بهبود قابلیت اطمینان، کمینه‌سازی تلفات شبکه و بهبود پروفیل ولتاژ با استفاده از الگوریتم ژنتیک در نرم‌افزار MATLAB و اکسل کدنویسی شده است و نتایج عددی حاصل، از این نرم‌افزار استخراج شده است.

الف) بررسی شبکه پایه: در این بخش، شاخص‌های شبکه و قابلیت اطمینان برای حالتی‌که در شبکه هیچ بانک خازنی و تولید پراکنده‌ای وجود ندارد و شبکه در حالت پایه است، مورد بررسی واقع می‌گردد. از این‌رو، پروفیل ولتاژ شبکه توزیع ۱۱۸ باسه پس از پخش بار اولیه شبکه پایه در شکل (۴) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در شبکه توزیع پایه، تعداد باس‌های زیادی از شبکه مذکور دارای ولتاژ کمتر از مقدار استاندارد (۰/۹۵ پریونیت) هستند که می‌توان به باس-های ۳۳ الی ۴۳، ۶۷ الی۷۷، ۹۱ الی ۹۹ و ۱۰۶ الی ۱۱۲ اشاره کرد. شایان ذکر است که کمترین مقدار ولتاژ (کمتر از ۰/۹ پریونیت) در باس‌های ۷۰ الی ۷۷ وجود دارد (بدترین باس از لحاظ سطح ولتاژ باس ۷۷ با مقدار ۰/۸۶۸۸ پریونیت می‌باشد) که به‌عنوان بدترین باس‌ها از لحاظ پروفیل ولتاژ شناخته می‌شوند. این میزان کاهش شدید ولتاژ در



شکل (۳) : دیاگرام تک خطی سیستم ۱۱۸ باسه

[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

بیشتر باس‌های شبکه ۱۱۸ باسه ناشی از بارگذاری اکتیو و راکتیو شدید شبکه مذکور است. همچنین تلفات اکتیو شبکه توزیع ۱۱۸ باسه در حالت پایه برابر ۱۲۹۴ کیلووات است که حدود ۵/۷ درصد کل بار شبکه است.



شکل (۴) : پروفیل ولتاژ شبکه توزیع پایه

همچنین هزینه هرکیلووات ساعت انرژی تلفاتی معادل ۰/۰۶ دلار بوده که هزینه سالیانه آن ۶۲۸۲۸۱ دلار می شود. محاسبه شاخص‌های قابلیت اطمینان در شبکه پایه با توجه به شکل (۲) تنها برای خطای خطوط محاسبه شده و تمامی اجزاء دیگر شبکه از قبیل ترانس، باس‌ها، بریکرها، کات اوت فیوزها و سکسیونرها بصورت پیش فرض با قابلیت اطمینان کامل در نظر گرفته شده‌اند. همانطور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود شاخص‌های قابلیت اطمینان در شبکه پایه با توجه به ۱۷ عدد بریکر قرار داده شده در شبکه و در سرشاخه‌های اصلی شبکه ۱۱۸ باسه برای تمامی ۱۱۷ شاخه موجود در شبکه محاسبه می‌گردد. همچنین منابع تولید پراکنده در این مقاله که جهت بهبود قابلیت اطمینان بر روی قسمت‌های جزیره‌ای شده جایابی می‌شوند با زمان در مدار آمدن ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شده‌اند (این زمان با توجه به در نظر گرفتن ایزوله کردن ناحیه خطا می‌باشد).

شاخص‌های قابلیت اطمینان شبکه در وضعیت پایه شبکه توزیع مذکور در جدول (۲) ارائه شده است. همچنین هزینه هر کیلووات ساعت انرژی تامین نشده مشترک با توجه به تامین این انرژی از طریق منابع تولید پراکنده معادل ۰/۰۸ دلار بوده که برای شبکه پایه معادل ۷۹۷۷/۶۸ دلار می‌گردد. پس از مشخص شدن شاخص های قابلیت اطمینان شبکه پایه، براساس برنامه نوشته شده نقاط دلخواه جهت بررسی شاخص‌های قابلیت اطمینان به جهت انجام آنالیز جایابی منابع تولید پراکنده و بانک-های خازنی و همچنین بررسی وضعیت جزیره‌ای شدن آن نقاط براساس مهیا شدن شرایط تابع هدف توسط الگوریتم ژنتیک، به برنامه داده می-شود که این نقاط در شکل (۳) با رنگ قرمز مشخص شده است. در این مرحله قابلیت اطمینان شبکه براساس نقاط انتخاب شده، توسط برنامه مورد ارزیابی قرار گرفته و شاخص‌های SAIDI و ENS در هر نقطه مقایسه می‌گردد. این عملیات به دلایل زیر انجام می‌گردد:

۱ – تعیین نقاط حساس شبکه از لحاظ شاخص‌های قابلیت اطمینان به منظور تعیین مناطق منتخب جهت جزیره‌ای شدن.

۲ - تعیین نقاط به منظور بهبود قابلیت اطمینان، تلفات توان و پروفیل ولتاژ در شبکه و همچنین شبکه جزیره‌ای، جهت قرار دادن تولید پراکنده و بانک خازنی.

این عملیات برای تعیین سه نقطه که دارای بدترین میزان قابلیت اطمینان از لحاظ انرژی تامین نشده مشترک (ENS) هستند، انجام می‌شود. در جدول (۳) نتایج حاصل از محاسبات شاخص های قابلیت اطمینان برای هشت نقطه مورد مطالعه ارائه شده است.

جدول (۲) : شاخص‌های قابلیت اطمینان شبکه توزیع ۱۱۸ باسه در وضعیت پایه

وضعیت شبکه	شاخص‌های قابلیت اطمینان			
	SAIFI	AENS	ENS	SAIDI
پایه	۰/۱۵۲۵	۱۲۹/۶۳	۹۹۷۲۱	۴/۶۸۵۷

جدول (۳) : شاخص‌های قابلیت اطمینان در نقاط مختلف شبکه ۱۱۸ باسه

شماره شاخه	شاخص‌های قابلیت اطمینان	
	ENS کیلووات ساعت	SAIDI ساعت بر سال
۱۷	۳۶۸/۵۲۱۷	۰/۲۶
۳۳	۵۸۸/۵۱۱۶	۰/۲۶
۴۳	۱۲۷۳/۱۲۴۶	۰/۷۸
۵۲	۶۶۰/۵۶۵۶	۰/۷۸
۶۵	۷۶۵/۹۷۳۸	۰/۲۶
۷۷	۵۶۳/۶۰۱	۰/۲۶
۸۸	۱۱۹۱/۶۳۳۳	۰/۷۸
۹۶	۵۶۶/۷۲۳۱	۰/۲۶

همانطور که براساس جدول (۳) مشاهده می‌شود، شاخه‌های ۴۳، ۶۵ و ۸۸ دارای مقدار ENS بالایی نسبت به دیگر نقاط منتخب هستند. از این‌رو این سه شاخه به‌عنوان بدترین شاخه‌های منتخب استفاده می-شوند که با قطع آنها (در اثر خطا) و عملکرد بریکر بالادست آن بیشترین تاثیر بر روی شاخص‌های قابلیت اطمینان مورد مطالعه بخصوص انرژی تامین نشده برای مشترکانی که با قطع این شاخه از مدار خارج می‌شوند را بوجود می‌آورد، که برای بهبود قابلیت اطمینان شبکه، باید شاخص-های قابلیت اطمینان این سه شاخه و به طبع آن شاخص‌های قابلیت اطمینان شاخه‌هایی که از آن تاثیر می‌پذیرند بهبود یابد. به‌طور کلی برای بهبود قابلیت اطمینان شبکه، این سه نقطه به‌عنوان شبکه جزیره‌ای لحاظ می‌شوند و مورد ارزیابی و مطالعه قرار می‌گیرند.

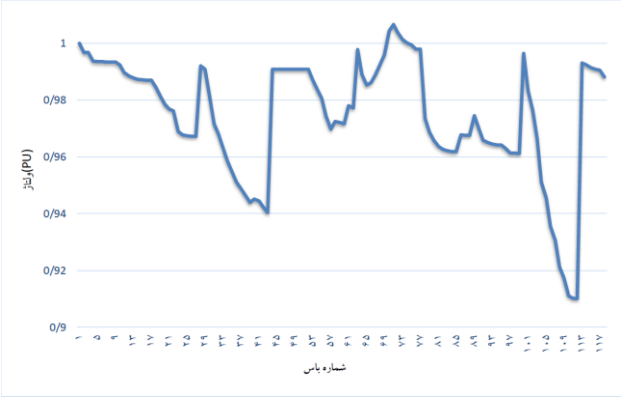
ب) بررسی نتایج مورد مطالعاتی الف: هنگام اجرای مورد مطالعاتی الف به‌ترتیب دو قسمت ۱ و ۲ توسط برنامه اجرا می‌گردد که به شرح زیر می‌باشد:

[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

۱) جایابی یک DG و دو بانک خازنی با توجه به جدا شدن اولین نقطه خطا از شبکه (شاخه ۴۳) که همان جدا شدن شبکه جزیره‌ای از شبکه می‌باشد.

۲) جایابی یک DG با توجه به متصل شدن اولین نقطه از شبکه (خط ۴۳) که همان متصل شدن شبکه جزیره‌ای به شبکه می‌باشد.

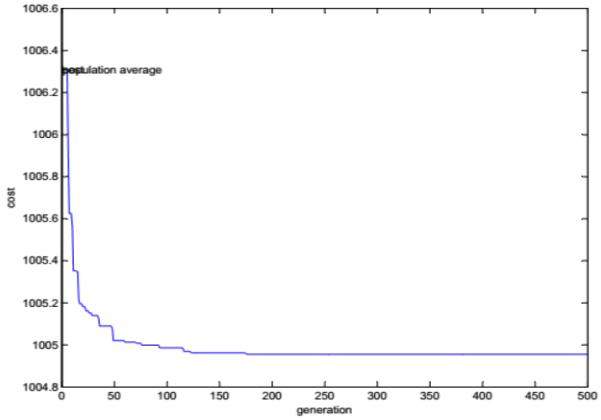
(۱) در این بخش جایابی یک DG به همراه دو بانک خازنی انجام می‌شود: با این فرض که خط ۴۳ از شبکه حذف شده است (شکل ۳ کلید شماره ۲ قرمز رنگ). این عمل به منظور بهبود تلفات توان و پروفیل ولتاژ در مواقعی که شبکه بصورت جزیره تبدیل شده انجام می‌گردد. پروفیل ولتاژ و مقادیر آن در هر باس در مورد مطالعاتی الف-۱ در شکل (۵) نشان داده شده است. براساس مقایسه این نتایج با مقادیر پایه در قبل از جایابی مشخص می‌گردد، ولتاژ تمامی باس‌ها بهبود یافته‌اند، به‌طوری که کمترین ولتاژ برابر ۰/۹۱ پریونیت است. این امر ناشی از وجود منابع توان اکتیو و راکتیو در قسمت‌های مختلف شبکه است که موجب کاهش تقاضای توان بارها از سمت شبکه بالادست می‌شود و بخشی از میزان درخواستی بارها در داخل شبکه تأمین می‌شود. به دنبال این امر افت ولتاژ خطوط کمتر می‌شود و افت ولتاژ شدیدی در باس‌ها رخ نمی‌دهد.



شکل (۵) : پروفیل ولتاژ شبکه توزیع با جایابی یک DG و دو خازن با حذف خط ۴۳

همچنین در شکل (۶) نتایج ضریب همگرایی و تعداد تکرار الگوریتم ژنتیک در این مرحله مشخص شده است. براساس این شکل الگوریتم در مورد مطالعاتی الف-۱ در تکرار ۱۷۵ و با ضریب ۴/۹۹۵۴ همگرا می‌شود. همچنین نتایج جایابی تولیدات پراکنده و خازن‌ها (موقعیت و مقدار) به‌همراه تلفات شبکه و هزینه تلفات شبکه در جدول (۴) بیان شده است. براساس این جدول، مکان تولیدات پراکنده در باس‌های انتهایی فیدرها قرار دارد. همچنین پله‌های تولیدات پراکنده در باس‌های انتهایی فیدرها در مقدار بالای خود (پله ۱۷) قرار دارند. این امر به منظور جلوگیری از کاهش شدید ولتاژ باس‌ها است. شایان ذکر است که قرارگیری تولیدات پراکنده در این باس‌ها، هم برای قید ولتاژ و هم برای کمینه‌سازی تلفات شبکه است. به عبارت دیگر اگر تولیدات پراکنده در باس‌های ابتدای فیدرها قرار گیرند، در این صورت پله‌های تولیدات پراکنده پایین خواهد بود تا ولتاژ از حد بالای خود عبور نکند و تلفات نیز کاهش زیادی نخواهد داشت. از این رو تولیدات پراکنده در باس‌های انتهایی فیدرها قرار می‌گیرند تا ولتاژ کلیه باس‌ها در محدوده مجاز خود قرار گیرند و تلفات شبکه کاهش بیشتری داشته باشد. علاوه‌بر مکان‌یابی تولیدات پراکنده، مکان خازن‌ها نیز در انتها و میان فیدرها است. این امر نیز به دلیل برقراری ولتاژ باس‌ها در محدوده مجاز و کاهش تلفات شبکه است.

به‌طوری که در مورد مطالعاتی الف-۱ تلفات اکتیو شبکه براساس جدول (۴) ۶۴۶/۳۴ کیلووات است. این میزان نشان دهنده قابلیت تولیدات پراکنده و خازن‌ها به‌عنوان منبع کاهش تلفات است که در این مورد مطالعاتی حدود ۵۰ درصد نسبت به وضعیت پایه شبکه ۱۱۸ باسه کاهش تلفات مشاهده می‌شود. این مقدار در حدود ۲/۸۶ درصد کل بار شبکه است.



شکل (۶) : همگرایی الگوریتم ژنتیک با حذف خط ۴۳

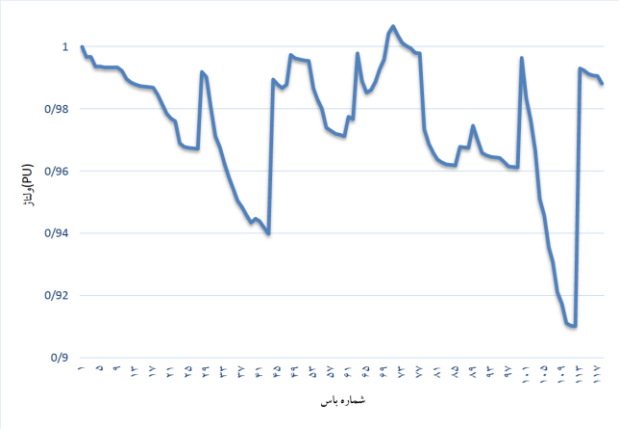
جدول (۴) : نتایج جایابی بانک‌های خازنی و تولیدات پراکنده در شبکه توزیع مورد مطالعاتی الف-۱

مورد مطالعاتی		باس	پله	میزان	تلفات شبکه کیلووات	هزینه تلفات دلار	تکرار
الف-۱	C1	۴۰	۲۰	۱۵۵۰ کیلووار	۶۴۶/۳۴ کیلووات	۳۳۹۷۱۶/۳۰۴ دلار	۱۷۵
	C2	۷۴	۲۰	۱۵۵۰ کیلووار			
	DG1	۷۱	۱۷	۳۵۰۰ کیلووات			

(۲) در این بخش جایابی یک DG انجام می‌شود: در این حالت پیش‌بینی می‌شود که قابلیت اطمینان شبکه بهبود یابد و همچنین مجدداً شبکه از لحاظ بهبود تلفات توان و پروفیل ولتاژ در مواقعی که شبکه جزیره‌ای به شبکه اصلی متصل شود، بررسی می‌گردد. در این مرحله DG به‌گونه ای انتخاب می‌شود که از مجموع توان‌های روی شبکه جزیره‌ای تا سه پله بیشتر نشود و تنها مجاز به قرارگیری بر روی یکی از باس‌های شبکه جزیره‌ای می‌باشد. پروفیل ولتاژ و مقادیر آن در هر باس در مورد مطالعاتی الف-۲ در شکل (۷) نشان داده شده است. براساس مقایسه این نتایج با مقادیر پایه در قبل از جایابی مشخص

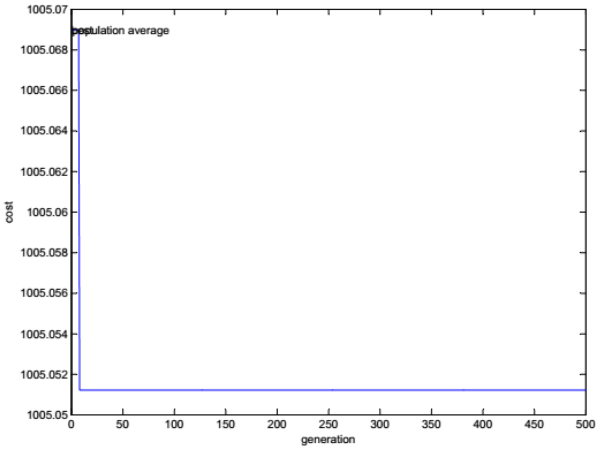
[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

می‌گردد، ولتاژ تمامی باس‌ها بهبود یافته‌اند، به‌طوری که کمترین ولتاژ برابر ۰/۹۱ پریونیت است. شایان ذکر است که پروفیل ولتاژ مورد مطالعاتی الف-۲ نزدیک به مورد مطالعاتی قبل است. بنابراین در شرایط جدید، پروفیل ولتاژ تغییر ناچیزی دارد.



شکل (۷) : پروفیل ولتاژ شبکه توزیع با جایابی یک DG و دو خازن با عدم حذف خط ۴۳

همچنین درشکل (۸) نتایج ضریب همگرایی و تعداد تکرار الگوریتم ژنتیک در این مرحله مشخص شده است. براساس این شکل الگوریتم در مورد مطالعاتی الف-۲ در تکرار ۱۱ و با ضریب ۵/۰۵۱۲ همگرا می‌شود. همچنین نتایج جایابی تولیدات پراکنده (موقعیت و مقدار) به‌همراه تلفات شبکه و هزینه تلفات شبکه در جدول (۵) بیان شده است. بر این اساس تلفات اکتیو شبکه نسبت به مورد مطالعاتی قبلی افزایش یافته است زیرا بخشی از شبکه جدا شده در این حالت مجدداً به شبکه اصلی متصل می‌گردد.



شکل (۸) : همگرایی الگوریتم ژنتیک با حذف خط ۴۳

جدول (۶) نتایج شاخص‌های قابلیت اطمینان کل شبکه و شبکه جزیره-ای را بیان کرده است. با مقایسه شاخص‌های شبکه در وضعیت الف-۲ و وضعیت شبکه پایه، مشاهده می‌شود که اضافه شدن تولید پراکنده به بخش جزیره‌ای شده موجب بهبود قابلیت اطمینان در هر دوقسمت می-گردد و سبب کاهش شاخص‌های مورد مطالعه شده است. تغییرات شاخص‌های قابلیت اطمینان در این مرحله در شبکه جزیره‌ای چشمگیر بوده و در مقایسه با شبکه پایه تنها شاخص ENS تغییر قابل ملاحظه‌ای را نسبت به شاخص SAIDI نشان می‌دهد.

جدول (۵) : نتایج جایابی بانک‌های خازنی و تولیدات پراکنده در شبکه توزیع مورد مطالعاتی الف-۲

مورد مطالعاتی		باس	پله	میزان	تلفات شبکه کیلووات	هزینه تلفات دلار	هزینه ENS دلار	تکرار
الف-۲	DG2	۴۸	۱۴	۲۰۰۰ کیلووات	۶۷۸/۴۶ کیلووات	۳۵۶۵۹۸/۵۷۶ دلار	۷۴۵۱/۲۴ دلار	۱۱

جدول (۶) : شاخص‌های قابلیت اطمینان برای وقوع خطا در خط ۴۳

مورد مطالعاتی	شاخص‌های قابلیت اطمینان	
	ENS کیلووات ساعت	SAIDI ساعت بر سال
پایه	۹۹۷۲۱	۴/۶۸۵۷
الف-۲	۹۳۱۳۷/۸	۴/۴۶۱
شبکه جزیره‌ای	۷۰/۱۸۵	۰/۴۳

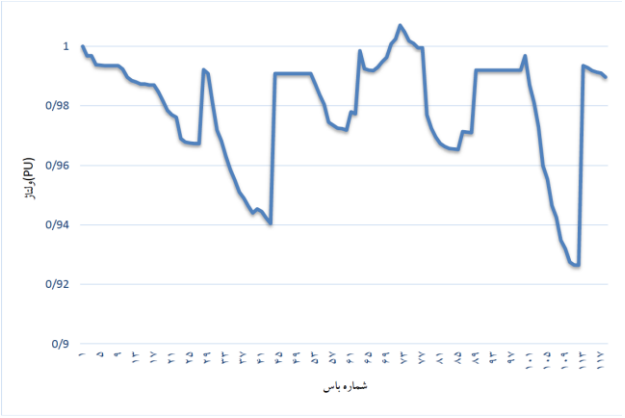
ج) ارزیابی مورد مطالعاتی ب: هنگام اجرای مورد مطالعاتی ب بترتیب دو قسمت ۱ و ۲ توسط برنامه اجرا می‌گرددکه به شرح زیر می‌باشد:

۱) جایابی یک DG و سه بانک خازنی با توجه به جدا شدن دو نقطه خطا از شبکه (شاخه۴۳ و ۸۸) که همان جدا شدن شبکه جزیره‌ای از شبکه می‌باشد.

۲) جایابی دو DG با توجه به متصل شدن دو نقطه از شبکه (خط ۴۳ و ۸۸) که همان متصل شدن شبکه جزیره‌ای به شبکه می‌باشد.

(۱) در این بخش جایابی یک DG به همراه سه بانک خازنی انجام می‌شود: با این فرض که خط ۴۳ و ۸۸ از شبکه حذف شده است (شکل ۳ کلید شماره ۲ و ۵ قرمز رنگ). این عمل به منظور بهبود تلفات توان و پروفیل ولتاژ در مواقعی که شبکه بصورت جزیره تبدیل شده انجام می گردد. پروفیل ولتاژ و مقادیر آن در هر باس در مورد مطالعاتی ب-۱ در شکل (۹) نشان داده شده است. بر اساس مقایسه این نتایج با مقادیر پایه در قبل از جایابی مشخص می‌گردد، ولتاژ تمامی باس‌ها بهبود یافته-اند، به‌طوری که کمترین ولتاژ برابر ۰/۹۲۶ پریونیت است. این امر ناشی از وجود منابع توان اکتیو و راکتیو در قسمت‌های مختلف شبکه است که موجب کاهش تقاضای توان بارها از سمت شبکه بالادست می‌شود و بخشی از میزان درخواستی بارها در داخل شبکه تأمین می‌شود. به دنبال این امر افت ولتاژ خطوط کمتر می‌شود و افت ولتاژ شدیدی در باس‌ها رخ نمی‌دهد.

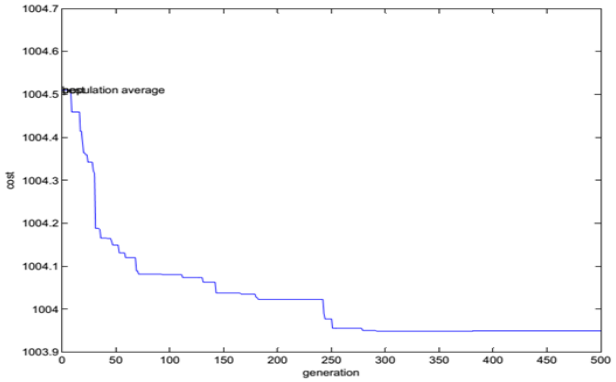
[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]



شکل (۹) : پروفیل ولتاژ شبکه توزیع با جایابی یک DG و سه خازن با حذف خطوط ۴۳ و ۸۸

همچنین درشکل (۱۰) نتایج ضریب همگرایی و تعداد تکرار الگوریتم ژنتیک در این مرحله مشخص شده است. براساس این شکل الگوریتم در مورد مطالعاتی ب-۱ در تکرار ۲۹۰ و با ضریب ۳/۹۴۸۹ همگرا می‌شود. همچنین نتایج جایابی تولیدات پراکنده و خازن‌ها (موقعیت و مقدار) به‌همراه تلفات شبکه و هزینه تلفات شبکه در جدول (۷) بیان شده است. براساس این جدول، مکان تولیدات پراکنده در باس‌های انتهایی فیدرها قرار دارد. همچنین پله‌های تولیدات پراکنده در باس‌های انتهایی فیدرها در مقدار بالای خود (پله ۱۶) قرار دارند. این امر به منظور جلوگیری از کاهش شدید ولتاژ باس‌ها است. شایان ذکر است که قرارگیری تولیدات پراکنده در این باس‌ها، هم برای قید ولتاژ و هم برای کمینه‌سازی تلفات شبکه است. به‌عبارت دیگر اگر تولیدات پراکنده در باس‌های ابتدای فیدرها قرار گیرند، در این صورت پله‌های تولیدات پراکنده پایین خواهد بود تا ولتاژ از حد بالای خود عبور نکند و تلفات نیز کاهش زیادی نخواهد داشت. از این رو تولیدات پراکنده در باس‌های انتهایی فیدرها قرار می‌گیرند تا ولتاژ کلیه باس‌ها در محدوده مجاز خود قرار گیرند و تلفات شبکه کاهش بیشتری داشته باشد. علاوه‌بر مکان‌یابی تولیدات پراکنده، مکان خازن‌ها نیز در انتها و میان فیدرها است. این امر نیز به دلیل برقراری ولتاژ باس‌ها در محدوده مجاز و کاهش تلفات شبکه است.

به‌طوری که در مورد مطالعاتی ب-۱ تلفات اکتیو شبکه براساس جدول (۷) ۴۷۶/۰۵ کیلو وات است. این میزان نشان دهنده قابلیت تولیدات پراکنده و خازن‌ها به‌عنوان منبع کاهش تلفات است که در این مورد مطالعاتی حدود ۶۳ درصد نسبت به وضعیت پایه شبکه ۱۱۸ باسه کاهش تلفات مشاهده می‌شود. این مقدار در حدود ۲/۰۹ درصد کل بار شبکه است.



شکل (۱۰) : همگرایی الگوریتم ژنتیک با حذف خطوط ۴۳ و ۸۸

جدول (۷) : نتایج جایابی بانک‌های خازنی و تولیدات پراکنده در شبکه توزیع مورد مطالعاتی ب-۱

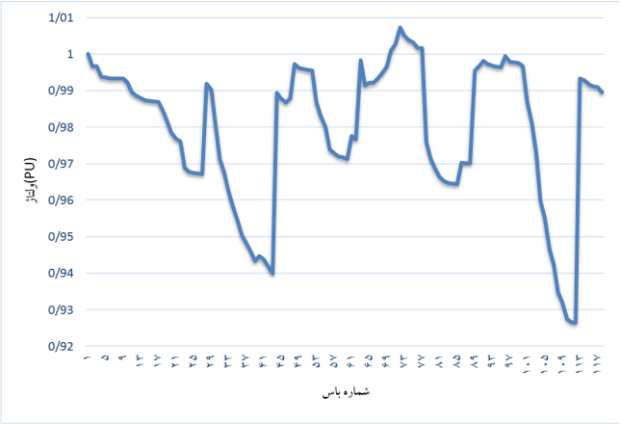
مورد مطالعاتی		باس	پله	میزان	تلفات شبکه کیلووات	هزینه دلار	تکرار
ب-۱	C1	۴۰	۲۰	۱۵۵۰ کیلووار	۴۷۶/۰۵ کیلووات	۲۵۰۲۱۱/۸۸ دلار	۲۹۰
	C2	۷۳	۲۰	۱۵۵۰ کیلووار			
	C3	۱۱۸	۲۰	۱۵۵۰ کیلووار			
	DG1	۷۲	۱۶	۳۰۰۰ کیلووات			

(۲) در این بخش جایابی دو DG انجام می‌شود: در این حالت پیش‌بینی می‌شود که قابلیت اطمینان شبکه بهبود بیشتری یابد و همچنین مجددا شبکه از لحاظ بهبود تلفات توان و پروفیل ولتاژ در مواقعی که شبکه جزیره‌ای به شبکه اصلی متصل شود، بررسی می‌گردد. در این مرحله DGها به‌گونه‌ای انتخاب می‌شوند که از مجموع توان‌های روی شبکه جزیره‌ای تا سه پله بیشتر نشود و تنها مجاز به قرارگیری بر روی یکی از باس‌های شبکه جزیره‌ای می‌باشد پروفیل ولتاژ و مقادیر آن در هر باس در مورد مطالعاتی ب-۲ در شکل (۱۱) نشان داده شده است. براساس مقایسه این نتایج با مقادیر پایه در قبل از جایابی مشخص می‌گردد، ولتاژ تمامی باس‌ها بهبود یافته‌اند، به‌طوری‌که کمترین ولتاژ برابر ۰/۹۲۶ پریونیت است. شایان ذکر است که پروفیل ولتاژ مورد مطالعاتی ب-۲ نزدیک به مورد مطالعاتی قبل است. بنابراین در شرایط جدید، پروفیل ولتاژ تغییر ناچیزی دارد.

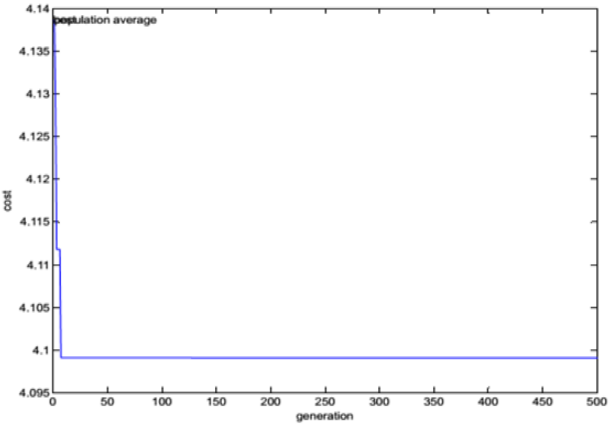
همچنین درشکل (۱۲) نتایج ضریب همگرایی و تعداد تکرار الگوریتم ژنتیک در این مرحله مشخص شده است. براساس این شکل الگوریتم در مورد مطالعاتی ب-۲ در تکرار ۸ و با ضریب ۴/۰۹۹۱ همگرا می‌شود. همچنین نتایج جایابی تولیدات پراکنده (موقعیت و مقدار) به‌همراه تلفات شبکه و هزینه تلفات شبکه در جدول (۸) بیان شده است. بر این اساس تلفات اکتیو شبکه نسبت به مورد مطالعاتی قبلی افزایش یافته است زیرا بخشی از شبکه جداشده در این حالت مجددا به شبکه اصلی متصل می‌گردد. در مجموع هزینه تلفات و تلفات توان شبکه در مورد

[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

مطالعاتی ب نسبت به مورد مطالعاتی الف کاهش مناسبی داشته و پروفیل ولتاژ آن به اندازه ۰/۱ پریونیت تغییرات را نسبت به بدترین حالت مورد مطالعاتی الف نشان می‌دهد.



شکل (۱۱) : پروفیل ولتاژ شبکه توزیع با جایابی دو DG و سه خازن با عدم حذف خطوط ۴۳ و ۸۸



شکل (۱۲) : همگرایی الگوریتم ژنتیک با حذف خطوط ۴۳ و ۸۸

جدول (۸) : نتایج جایابی بانک‌های خازنی و تولیدات پراکنده در شبکه توزیع مورد مطالعاتی ب-۲

مورد مطالعاتی		باس	پله	میزان	تلفات شبکه کیلووات	هزینه تلفات دلار	هزینه ENS دلار	تکرار
ب-۲	DG2	۴۸	۱۴	۲۰۰۰ کیلووات	۵۴۰/۲ کیلووات	۲۸۳۹۲۹/۱۲ دلار	۶۶۰۳/۶۶۴ دلار	۸
	DG3	۹۶	۱۵	۲۵۰۰ کیلووات				

جدول (۹) نتایج شاخص‌های قابلیت اطمینان کل شبکه و شبکه جزیره-ای را بیان کرده است. با مقایسه شاخص‌های شبکه در وضعیت ب-۲ و وضعیت شبکه پایه، مشاهده می‌شود که اضافه شدن تولید پراکنده به بخش جزیره ای شده موجب بهبود قابلیت اطمینان در هر دو قسمت می‌گردد و سبب کاهش شاخص‌های مورد مطالعه شده است. تغییرات شاخص‌های قابلیت اطمینان در این مرحله در شبکه جزیره‌ای چشمگیر بوده و در مقایسه با شبکه پایه تنها شاخص ENS تغییر قابل ملاحظه‌ای را نسبت به شاخص SAIDI نشان می‌دهد. این تغییرات نسبت به مورد مطالعاتی الف تغییرات بیشتری به سمت بهبود شبکه را نشان می‌دهد.

جدول (۹) : شاخص‌های قابلیت اطمینان برای وقوع خطا در خطوط ۴۳ و ۸۸

مورد مطالعاتی		شاخص‌های قابلیت اطمینان	
		ENS کیلووات ساعت	SAIDI ساعت بر سال
پایه		۹۹۷۲۱	۴/۶۸۵۷
ب-۲		۸۲۵۴۵/۸	۳/۹۴۷۲
شبکه جزیره-ای	خطا در ۴۳	۷۰/۱۸۵	۰/۰۴۳
	خطا در ۸۸	۱۹۸/۶	۰/۱۳

د) بررسی نتایج مورد مطالعاتی ج: هنگام اجرای مورد مطالعاتی ج بترتیب دو قسمت ۱ و ۲ توسط برنامه اجرا می‌گردد که به شرح زیر می‌باشد:

۱) جایابی یک DG و چهار بانک خازنی با توجه به جدا شدن سه نقطه خطا از شبکه (شاخه۴۳، ۸۸ و ۶۵) که همان جدا شدن شبکه جزیره‌ای از شبکه می‌باشد.

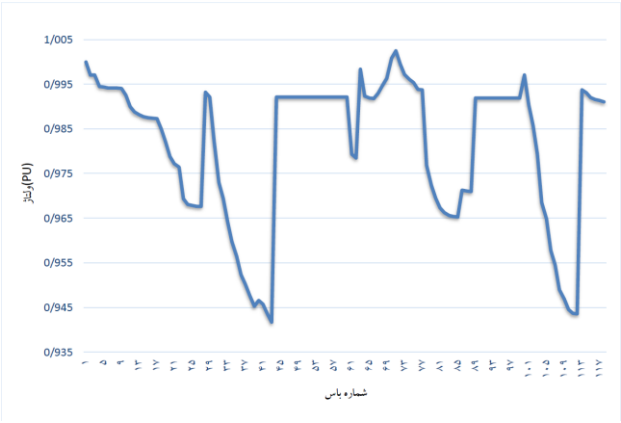
۲) جایابی سه DG با توجه به متصل شدن سه نقطه از شبکه (خط ۴۳، ۸۸ و ۶۵) که همان متصل شدن شبکه جزیره‌ای به شبکه می‌باشد.

(۱) در این بخش جایابی یک DG به همراه چهار بانک خازنی انجام می‌شود، با این فرض که خط ۴۳، ۸۸ و ۶۵ از شبکه حذف شده است (شکل۳ کلید شماره ۲، ۵ و ۶ قرمز رنگ). این عمل به منظور بهبود تلفات توان و پروفیل ولتاژ در مواقعی که شبکه بصورت جزیره تبدیل شده انجام می‌گردد. پروفیل ولتاژ و مقادیر آن در هر باس در مورد مطالعاتی ج-۱ در شکل (۱۳) نشان داده شده است. براساس مقایسه این نتایج با مقادیر پایه در قبل از جایابی مشخص می‌گردد، ولتاژ تمامی باس‌ها بهبود یافته‌اند، به‌طوری‌که کمترین ولتاژ برابر ۰/۹۴۳ پریونیت است. این امر ناشی از وجود منابع توان اکتیو و راکتیو در قسمت‌های مختلف شبکه است که موجب کاهش تقاضای توان بارها از سمت شبکه بالادست می‌شود و بخشی از میزان درخواستی بارها در داخل شبکه تأمین می‌شود. به دنبال این امر افت ولتاژ خطوط کمتر می‌شود و افت ولتاژ شدیدی در باس‌ها رخ نمی‌دهد. همچنین در شکل (۱۴) نتایج ضریب همگرایی و تعداد تکرار الگوریتم ژنتیک در این مرحله مشخص شده است. براساس این شکل الگوریتم در مورد مطالعاتی ج-۱ در تکرار ۲۵۳ و با ضریب ۳/۳۰۰۸ همگرا می‌شود.

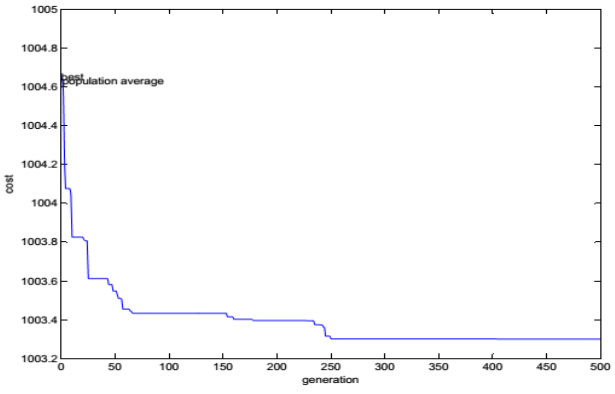
همچنین نتایج جایابی تولیدات پراکنده و خازن‌ها (موقعیت و مقدار) به‌همراه تلفات شبکه و هزینه تلفات شبکه در جدول (۱۰) بیان شده است. براساس این جدول، مکان تولیدات پراکنده در باس‌های انتهایی فیدرها قرار دارد. همچنین پله‌های تولیدات پراکنده در باس‌های انتهایی فیدرها در مقدار بالای خود (پله ۱۷) قرار دارند. این امر به منظور جلوگیری از کاهش شدید ولتاژ باس‌ها است. شایان ذکر است که قرارگیری تولیدات پراکنده در این باس‌ها، هم برای قید ولتاژ و هم برای کمینه‌سازی تلفات شبکه است. به عبارت دیگر اگر تولیدات پراکنده در

[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

باس‌های ابتدای فیدرها قرار گیرند، در این صورت پله‌های تولیدات پراکنده پایین خواهد بود تا ولتاژ از حد بالای خود عبور نکند و تلفات نیز کاهش زیادی نخواهد داشت. از این‌رو تولیدات پراکنده در باس‌های انتهایی فیدرها قرار می‌گیرند تا ولتاژ کلیه باس‌ها در محدوده مجاز خود قرار گیرند و تلفات شبکه کاهش بیشتری داشته باشد. علاوه‌بر مکان‌یابی تولیدات پراکنده، مکان خازن‌ها نیز در انتها و میان فیدرها است. این امر نیز به دلیل برقراری ولتاژ باس‌ها در محدوده مجاز و کاهش تلفات شبکه است. به‌طوری‌که در مورد مطالعاتی ج-۱ تلفات اکتیو شبکه براساس جدول (۱۰) ۳۶۰/۳۱ کیلووات است. این میزان نشان دهنده قابلیت تولیدات پراکنده و خازن‌ها به‌عنوان منبع کاهش تلفات است که در این مورد مطالعاتی حدود۷۲ درصد نسبت به وضعیت پایه شبکه ۱۱۸ باسه کاهش تلفات مشاهده می‌شود. این مقدار در حدود ۱/۵۹ درصد کل بار شبکه است.



شکل (۱۳) : پروفیل ولتاژ شبکه توزیع با جایابی یک DG و چهار خازن با حذف خطوط ۴۳، ۶۵ و ۸۸



شکل (۱۴) : همگرایی الگوریتم ژنتیک با حذف خطوط ۴۳، ۶۵ و ۸۸

جدول (۱۰) : نتایج جایابی بانک‌های خازنی و تولیدات پراکنده در شبکه توزیع مورد مطالعاتی ج-۱

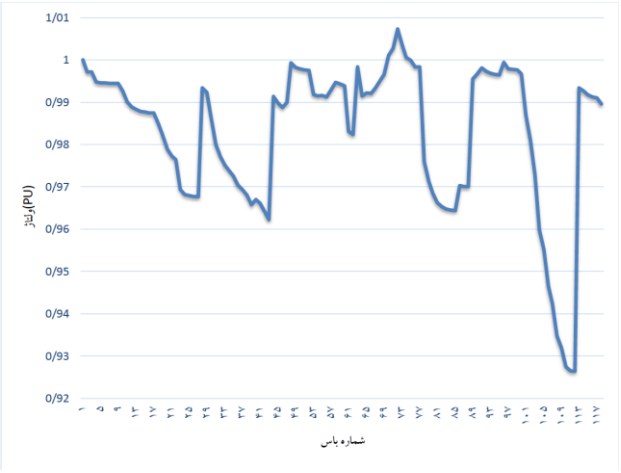
مورد مطالعاتی		باس	پله	میزان	تلفات شبکه کیلووات	هزینه دلار	تکرار
ج-۱	C1	۴۰	۲۰	۱۵۵۰ کیلووار	۳۶۰/۳۱ کیلووات	۱۸۹۳۷۸/۹۳۶ دلار	۲۵۳
	C2	۷۴	۱۸	۱۴۵۰ کیلووار			
	C3	۱۱۰	۲۰	۱۵۵۰ کیلووار			
	C4	۱۱۸	۲۰	۱۵۵۰ کیلووار			
	DG1	۷۰	۱۷	۳۵۰۰ کیلووات			

(۲) در این بخش جایابی سه DG انجام می‌شود: در این حالت پیش‌بینی می‌شود که قابلیت اطمینان شبکه بهبود بیشتری یابد و همچنین مجددا شبکه از لحاظ بهبود تلفات توان و پروفیل ولتاژ در مواقعی که شبکه جزیره‌ای به شبکه اصلی متصل شود، بررسی می‌گردد. در این مرحله DGها به‌گونه‌ای انتخاب می‌شوند که از مجموع توان‌های روی شبکه جزیره‌ای تا سه پله بیشتر نشود و تنها مجاز به قرار گیری بر روی یکی از باس‌های شبکه جزیره‌ای می‌باشد. پروفیل ولتاژ و مقادیر آن در هر باس در مورد مطالعاتی ج-۲ در شکل (۱۵) نشان داده شده است. براساس مقایسه این نتایج با مقادیر پایه در قبل از جایابی مشخص می‌گردد، ولتاژ تمامی باس‌ها بهبود یافته‌اند، به‌طوری‌که کمترین ولتاژ برابر ۰/۹۲۶ پریونیت است. شایان ذکر است که پروفیل ولتاژ مورد مطالعاتی ج-۲ نسبت به مورد مطالعاتی قبل ۰/۰۱۷ پریونیت کمتر است. بنابراین در شرایط جدید، پروفیل ولتاژ تغییر ناچیزی دارد.

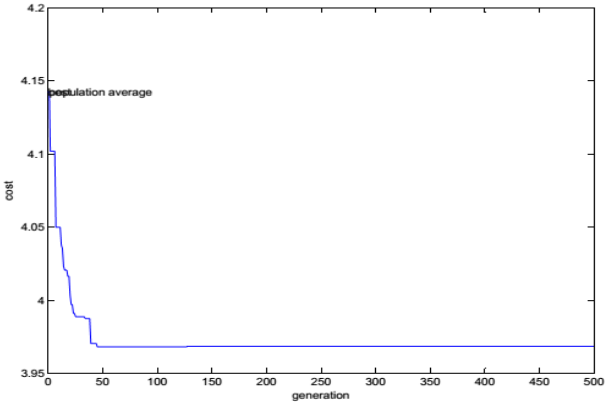
همچنین در شکل (۱۶) نتایج ضریب همگرایی و تعداد تکرار الگوریتم ژنتیک در این مرحله مشخص شده است. براساس این شکل الگوریتم در مورد مطالعاتی ب-۲ در تکرار ۴۷ و با ضریب ۳/۹۶۷۱ همگرا می‌شود. همچنین نتایج جایابی تولیدات پراکنده (موقعیت و مقدار) به‌همراه تلفات شبکه و هزینه تلفات شبکه در جدول (۱۱) بیان شده است. بر این اساس تلفات اکتیو شبکه نسبت به مورد مطالعاتی قبلی افزایش یافته است زیرا بخشی از شبکه جدا شده در این حالت مجدداً به شبکه اصلی متصل می‌گردد. در مجموع هزینه تلفات و تلفات توان شبکه در مورد مطالعاتی ج نسبت به مورد مطالعاتی الف و ب کاهش مناسبی داشته و پروفیل ولتاژ آن به اندازه ۰/۲ پریونیت تغییرات را نسبت به بدترین حالت مورد مطالعاتی ب نشان می‌دهد. جدول (۱۲) نتایج شاخص‌های قابلیت اطمینان کل شبکه و شبکه جزیره‌ای را بیان کرده است. با مقایسه شاخص‌های شبکه در وضعیت ج-۲ و وضعیت شبکه پایه، مشاهده می‌شود که اضافه شدن تولید پراکنده به بخش جزیره‌ای شده موجب بهبود قابلیت اطمینان در هر دو قسمت می‌گردد و سبب کاهش شاخص‌های مورد مطالعه شده است. تغییرات شاخص‌های قابلیت اطمینان در این مرحله در شبکه جزیره‌ای چشمگیر بوده و در مقایسه با شبکه پایه تنها شاخص ENS تغییر قابل ملاحظه‌ای را نسبت

[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

به شاخص SAIDI نشان می‌دهد. این تغییرات نسبت به مورد مطالعاتی ب تغییرات بیشتری به سمت بهبود شبکه را نشان می‌دهد.



شکل (۱۵) : پروفیل ولتاژ شبکه توزیع با جایابی سه DG و چهار خازن با عدم حذف خطوط ۴۳، ۶۵ و ۸۸



شکل (۱۶) : همگرایی الگوریتم ژنتیک با عدم حذف خطوط ۴۳، ۶۵ و ۸۸

جدول (۱۱) : نتایج جایابی بانک‌های خازنی و تولیدات پراکنده در شبکه توزیع در مورد مطالعاتی ج-۲

مورد مطالعاتی		باس	پله	میزان	تلفات شبکه کیلووات	هزینه دلار	هزینه ENS دلار	تکرار
ج-۲	DG2	۴۸	۱۴	۲۰۰۰ کیلووات	۵۶۳/۹۵ کیلووات	۲۹۶۴۱۲/۱۲ دلار	۶۴۱۵/۵۰۴ دلار	۴۷
	DG3	۶۶	۱۷	۳۵۰۰ کیلووات				
	DG4	۹۱	۱۴	۲۰۰۰ کیلووات				

جدول (۱۲) : شاخص‌های قابلیت اطمینان برای وقوع خطا در خطوط ۴۳، ۶۵ و ۸۸

مورد مطالعاتی		شاخص‌های قابلیت اطمینان	
		ENS کیلووات ساعت	SAIDI ساعت بر سال
پایه		۹۹۷۲۱	۴/۶۸۵۷
ج-۲		۸۰۱۹۳/۸	۳/۷۰۴۱
شبکه جزیره‌ای	خطا در ۴۳	۷۰/۱۸۵	۰/۰۴۳
	خطا در ۶۵	۱۹۱/۵	۰/۰۶۵
	خطا در ۸۸	۱۹۸/۶	۰/۱۳

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله، مسأله جایابی همزمان بانک‌های خازنی و نیروگاه‌های تولید پراکنده به منظور ارتقاء قابلیت اطمینان، کمینه سازی تلفات توان و بهبود پروفیل ولتاژ با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه شده است. لذا در ابتدا مشخصات و جزئیات مسأله معرفی شد و سپس روند حل مسأله با الگوریتم ژنتیک بیان شد. مسأله مذکور بر چهار مورد مطالعاتی انجام شد که مورد مطالعاتی اول به شبکه بدون خازن و تولیدات پراکنده اشاره داشت. سه مورد مطالعاتی دیگر به ترتیب به جایابی دو تولید پراکنده و دوبانک خازن، جایابی سه تولید پراکنده و سه بانک خازن، و جایابی چهار تولید پراکنده و چهار بانک خازن اشاره می‌کنند. در هر یک از موراد مطالعاتی مختلف شاخص‌های شبکه (پروفیل ولتاژ و تلفات توان)، شاخص‌های قابلیت اطمینان (ENS و SAIDI)، مکان و ظرفیت تولیدات پراکنده و بانک‌های خازنی، هزینه تلفات توان و هزینه انرژی تامین نشده مشترکین مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به نتایج عددی حاصل از موارد مطالعاتی مختلف صورت گرفته، می‌توان بیان کرد که هر چه تعداد تولیدات پراکنده و بانک‌های خازنی بیشتر باشد، تلفات و افت ولتاژ شبکه کاهش می‌یابد و قابلیت اطمینان شبکه افزایش می‌یابد. توجه شود که مکان بهینه بانک‌های خازنی و تولیدات پراکنده در شبکه توزیع متناسب با باس‌هایی هستند که افت ولتاژ بالایی در مدل پایه شبکه دارند، همچنین اثر قابل توجهی بر تلفات شبکه و قابلیت اطمینان شبکه دارند.

مراجع

[1] Zhu, D., Broadwater, R. P., Tam, K. S., Seguin, R., and Asgeirsson, H., "*Impact of DG placement on reliability and efficiency with time-varying loads*", IEEE Transactions On Power Systems, Vol 21, No 1, pp 419-427, 2006.

[2] Borges, C. L. T., and Falcao, D. M., "*Optimal distributed generation allocation for reliability, losses and voltage improvement*", Electrical Power and Energy Systems, Vol 28, pp 413-420, 2006.

[3] Han, L., Zhou, R., and Deng, X., "*An analytical method for DG placements considering reliability improvements*",

[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

IEEE Power & Energy Society General Meeting, Calgary, pp 1-5, 2009.

[4] Etemadi, A. H., and Fotuhi-Firuzabad, M., "*Distribution system reliability enhancement using optimal capacitor placement*", IET Generation, Transmission & Distribution, Vol 2, No 5, pp 621–631, 2008.

[5] Singh, R. K., and Goswami, S. K., "*Optimum allocation of distributed generations based on nodal pricing for profit, loss reduction and voltage improvement including voltage rise issue*", Electrical Power and Energy Systems, Vol 32, pp 637-644, 2010.

[6] Abri, R. S. Al., El-Saadany, E. F., and Atwa, Y. M., "*Optimal placement and sizing method to improve the voltage stability margin in a distribution system using distributed generation*", IEEE Transactions on Power System, Vol 28, No 1, pp 326-334, 2013.

[7] Kim, K. H., Rhee, S. B., Kim, S. N., and You, S. Ku., "*Application of ESGA hybrid approach for voltage profile improvement by capacitor placement*", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 18, No 4, pp 1516-1522, 2003.

[8] Das, D., "*Optimal placement of capacitors in radial distribution system using a Fuzzy-GA method*", Electrical Power and Energy Systems, Vol 30, pp 361-367, 2008.

[9] Mohan, G., and Aravindhababu, P., "*A Novel Capacitor Placement Algorithm for Voltage Stability Enhancement in Distribution Systems*", International Journal of Electronics Engineering, Vol 1, No 1, pp 83-87, 2009.

[10] Aravindhababu, P., and Mohan, G., "*Optimal capacitor placement for voltage stability enhancement in distribution systems*", ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol 4, No 2, pp 88-92, 2009.

[11] Sajjadi, S. M., Haghifam, M. R., and Salehi, J., "*Simultaneous placement of distributed generation and capacitors in distribution networks considering voltage stability index*", Electrical Power and Energy Systems, Vol 46, pp 366-375, 2013.

[12] Taher, S. A., Hasani, M., and Karimian, A., "*A novel method for optimal capacitor placement and sizing in distribution systems with nonlinear loads and DG using GA*", Commun Nonlinear Sci Numer Simulat, Vol 16, pp 851-862, 2011.

[13]] Wang, M., and Zhong, J., "*A novel method for distributed generation and capacitor optimal placement considering voltage profiles*", 2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting, San Diego, pp 1-6, 2011.

[14] Mandy, I. B., "*Optimal sizing of capacitor banks and distributed generation in distorted distribution networks by genetic algorithms*", 20th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution - Part 1, CIRED 2009., Prague, pp 1-4, 2009.

[15] Baran, M. E., and Wu, F. F., "*Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing*", IEEE Trans. Power Del., Vol 4, No 2, pp 1401–1407, 1989.

[16] N. Gnanasekaran , S. Chandramohan , P. Sathish Kumar , A. Mohamed Imran"*Optimal placement of capacitors in radial distribution system using shark smell optimization algorithm*," Electrical Engineering Research, Vol7, Issue 2, pp 907–916 , June 2016

رزومه



بهروز معرف در تهران متولد شـــده اســـت (۱۳۶۵). در سال ۱۳۸۷ در مقطع کارشناسی و در سال ۱۳۹۰ در مقطع کار شنا سی‌ار شد مهندسی برق – قدرت با رتبه اول از دانشگاه آزاد ا سلامی واحد دزفول فارغ‌التحصیل شد. ایشان هم اکنون دانشجوی دکترای تخصصی برق قدرت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب می‌باشد.فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه ادوات FACTS، کیفیت توان، و بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت است.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

زیرنویس‌ها

[1] Voltage Stability Improvr index
[2] Energy not supplied
[3] Average Energy not supplied
[4] System Average Interruption Duration Index
[5] System Average Interruption Frequency Index

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022

Simultaneous Placement of capacitive banks and distributed generation power plants in order to improve reliability and minimize power losses using genetic algorithm

Behrouz Moarref[1], Seyyed Mostafa Abedi[2], Mahmoud Reza Haghifam[3]

1- Ph.D Student, Faculty of Electrical Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Faculty of Electrical Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3-Professor, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract: Creating positive characteristics of power generation such as reducing power losses, improving voltage profiles and increasing reliability can be achieved through careful studies and significant costs. Therefore, the study of the mentioned cases and the presentation of optimal solutions has created a new field for research and study in the electricity industry. It should also be noted that most network designers recommend the use of distributed generation resources and capacitive banks in order to solve most of the distribution network problems. Therefore, in this paper, capacitive banks and distributed generation power plants are located simultaneously in the distribution network. The purpose of this placement is to minimize power losses, improve voltage profiles and improve reliability in parallel. The study will be conducted on the IEEE 118-bus network and will be done by designing scenarios based on fault and the number of resources placed. Also, genetic algorithm and forward-backward load flow method have been used as a problem solving technique using MATLAB software. ENS and SAIDI indicators are evaluated to improve the reliability of the island network and then its effect on the studied network is investigated.

Keywords: Simultaneous placement; Improve Reliability; Genetic algorithm; reduction of losses; Improved voltage profile.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1401.11.2.4.8]
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 11 -No. 2- Summer 2022