بازآرایی بهینه شبکه‌های توزیع با هدف کاهش تلفات، افزایش قابلیت اطمینان و بهبود پروفیل ولتاژ با استفاده از الگوریتم کلونی موش‌های وحشی

احسان اکبری*[۱]
*۱- دانشکده مهندسی برق، دانشگاه علوم و فنون مازندران، بابل، ایران، akbari.ieee@gmail.com
تاریخ دریافت: ۹۹//۱/۴ تاریخ پذیرش:۹۹/۳/۲۵

چکیده: شبکه‌های توزیع به علت سطح ولتاژ پایین و در نتیجه جریان بالا دارای تلفات بسیار زیاد و افت ولتاژ بالایی می‌باشند که همواره بیشترین سهم در تلفات و کاهش قابلیت اطمینان شبکه توزیع برق را به خود اختصاص داده است. روش‌های مختلفی برای کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ و افزایش قابلیت اطمینان در این شبکه‌ها ارائه شده است که یکی از این روش‌ها بازآرایی شبکه توزیع می‌باشد. بازآرایی شبکه‌های توزیع که با مجموعه‌ای کلید زنی صورت می‌گیرد پیدا کردن بهترین ترکیب از تمام سوئیچ‌ها در شبکه به منظور به حداقل رساندن تلفات توان و متعادل کردن بار در شرایطی است که قیود پخش بار، توپولوژی شعاعی شبکه و حداقل ولتاژ مورد نیاز تأمین شود یک روش بسیار مؤثر و کم هزینه است که بدون افزودن تجهیزات اضافه بر شبکه سبب کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ و افزایش قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع نیروی برق می‌شود. در محاسبات قابلیت اطمینان از روش تجزیه و تحلیل کات ست جهت بالا بردن سرعت در مقایسه با روش مونت‌کارلو استفاده شده است. بازآرایی شبکه‌های توزیع یک مسئله بهینه‌سازی ترکیبی غیرخطی با ابعاد وسیع و شامل تعدادی قید می‌باشد. در این مقاله جهت بازآرایی شبکه‌های توزیع نیروی برق به منظور کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ و افزایش قابلیت اطمینان از یک الگوریتم فرا ابتکاری جدید بر پایه الگوی رفتاری موش‌های وحشی استفاده شده است. الگوریتم کلونی موش‌های وحشی یک الگوریتم مناسب برای یافتن پاسخ بهینه جهت مسائل پیچیده می‌باشد. اثرات بازآرایی سیستم بر روی دو شبکه توزیع ۳۳ و ۶۹ شین استاندارد IEEE پیاده سازی شده و نتایج بدست آمده مورد ارزیابی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم کلونی موش‌های وحشی، بازآرایی شبکه توزیع، بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش تلفات، قابلیت اطمینان.

۱- مقدمه

با افزایش روزافزون جمعیت و رشد اقتصادی و اجتماعی در دنیای امروز، نیاز بشر به منابع انرژی نیز در حال افزایش است. انرژی الکتریکی به دلیل سادگی تولید، انتقال و تبدیل آن، به عنوان یکی از مهمترین نیازهای زندگی امروز به شمار می‌رود. با توجه به افزایش عظیم تقاضای انرژی الکتریکی، تقویت و توسعه شبکه‌های برق در سطح تولید، انتقال و توزیع امری ضروری می‌باشد[۱]. شبکه‌های توزیع به عنوان آخرین زنجیره از سیستم قدرت که اتصال بین بارها و شبکه انتقال و تولید را برقرار می‌کنند دارای سطح ولتاژ پایینی هستند لذا تلفات در این شبکه‌ها تا حدودی بالا بوده و کاهش آن از اهمیت زیادی برخوردار است. همچنین افت ولتاژ در این شبکه‌ها بدلیل ساختار شعاعی آنها بالا می‌باشد. با رشد تقاضای بار در شبکه‌های توزیع و با توجه به مسائل و مشکلات اشاره شده، نیاز به تجدید آرایش شبکه (بازآرایی) برای حل مشکلات بهره‌برداری و افزایش ظرفیت شبکه بیشتر احساس می‌شود. از طرف دیگر به علت گستردگی زیاد این شبکه‌ها و تعداد بسیار زیاد تجهیزات در چنین شبکه‌هایی، حفظ قابلیت اطمینان آن‌ها بسیار حائز اهمیت است. در شبکه‌های توزیع برای برق‌رسانی مستمر و قابل اطمینان

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-10]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.1.5.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.1- Spring 2020

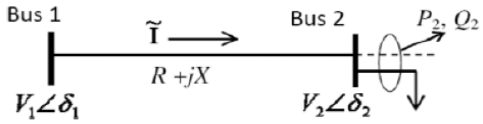
به مصرف کننده‌ها به هنگام قطع شدن قسمتی از شبکه و نیز به منظور کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ انشعابات حلقوی در شبکه در نظر گرفته می‌شود، اما در هنگام برق‌رسانی می‌بایست آرایش شبکه بگونه‌ای باشد که در آن هیچ‌گونه حلقه‌ای وجود نداشته و ساختار شعاعی باشد. یکی از روش‌های مدرن بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های توزیع برای تغییر اساسی در پخش بار و در نتیجه تغییر در تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ و افزایش قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع تجدید آرایش (بازآرایی) شبکه‌های توزیع در هنگام بهره برداری است[۴]. بازآرایی در شبکه توزیع عملی است که در آن با تغییر دادن حالت سوئیچ‌های موجود، توپولوژی شبکه را تغییر می‌دهند آنچنان که محدودیت‌ها و شرایط خاص تامین گردد و تابع هدف نیز بهینه گردد. در بازآرایی شبکه-های توزیع هدف پیدا کردن آرایشی است که بین تمام آرایش‌های شعاعی شبکه مورد نظر دارای کمترین تلفات کل باشد. این موضوع یک مسئله پیچیده و غیر دیفرانسیلی از نوع بهینه‌سازی ترکیبی است چرا که در آن برآورده نمودن محدودیت‌ها و شرایط متعددی باید محقق گردد و امکان استفاده از روش‌های مشتق‌گیری در آن وجود ندارد و روش‌های زیادی برای حل آن ارائه شده است. مهمترین ویژگی این مسئله آن است که متغیر مستقل آن یک متغیر حقیقی نیست بلکه آرایش‌های مختلف یک شبکه توزیع می‌باشد. مرلین و باک ایده پیکربندی مجدد شبکه توزیع برای اولین بار را در سال ۱۹۷۵ به منظور مینیمم‌سازی تلفات ارائه کردند[۱]. آنها یک مدل خطی برای آرایش مجدد شبکه توزیع ارائه و آن را با استفاده از شاخه گسسته و روش محدود حل نمودند. در سال ۱۹۸۸ یک تحول مهم در این روش رخ داد، Civanlar و همکارانش یک روش جدید ابتکاری به نام روش تعویض کلید یا روش تعویض شاخه را به همراه فرمول تقریبی برای کاهش تلفات ارائه دادند. در سال ۱۹۸۹ شیرمحمدی و همکارانس با تحول دیگر در بازآرایی شبکه روش بسیار مهمی را ارائه کردند و آن را روش کلید گشایی ترتیبی نام نهادند. پس از آن در [۲] M. Baran و همکارانش در سال ۱۹۸۹ با توسعه روش Civanlar تابع هدف تعادل بار را نیز به مسئله افزودند و تغییر آرایش و بازآرایی شبکه را به منظور کاهش بارگذاری و تلفات توان ارائه دادند. در شبکه‌های توزیع n کلید دو وضعیتی (قطع و وصل) وجود دارد که 2^n حالت مختلف برای وضعیت باز یا بسته بودن کلیدها وجود خواهد داشت. از اینرو بررسی تمامی حالت‌ها جهت بازآرایی شبکه با روش‌های سنتی تقریبا غیر ممکن است.. بنابراین برای تحلیل این مسائل محققان مجبور به استفاده از روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری شده‌اند که تاکنون روش‌های مختلفی برای حل مسئله بازآرایی شبکه-های توزیع ارائه شده است که در بین آنها روش‌هایی به چشم می‌خورد که از الگوریتم‌های فرا ابتکاری بهره‌گرفته‌اند. مرجع[۵] با اعمال تغییراتی در نحوه کدگذاری کروموزوم‌ها و الگوی جهش، نسخه بهبود یافته‌ای از الگوریتم ژنتیک ارائه کرد و به کمک آن مسئله بازآرایی را با تابع هدف کاهش تلفات حل کرده است. مرجع[۶] الگوریتم جستجوی ممنوعه بهبود یافته‌ای برای بازآرایی شبکه‌های توزیع ارائه نموده است. در مرجع [۷] به وسیله الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) و با کمک تئوری گراف، بازآرایی با هدف کاهش تلفات و بهبود قابلیت اطمینان انجام شده است. مرجع [۸] نسخه بهبود یافته و قابل انطباق الگوریتم رقابت استعماری (IAICA) را ارائه کرده و مسئله بازآرایی را به منظور کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ حل کرده است. در این مقاله، بازآرایی شبکه-های توزیع جهت کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ و همچنین افزایش قابلیت اطمینان مد نظر قرار می‌گیرد و یک الگوریتم فراابتکاری جدید بر پایه الگوی رفتاری موش‌های وحشی برای حل مسئله بازآرایی پیشنهاد می‌گردد. همچنین شبیه‌سازی‌ها بر روی دو شبکه تست ۳۳ شینه و ۶۹ شینه انجام شده است. در بخش دوم، به بیان مسئله و تعیین تابع هدف پرداخته شده و در قسمت سوم، معادلات پخش بار مطرح شده است. در قسمت چهارم و پنجم، به ترتیب ساختار و روش الگوریتم کلونی موش‌های وحشی [۱](WMC) معرفی و نتایج حاصله از شبیه‌سازی این الگوریتم روی شبکه‌های تست استاندارد ۳۳ و ۶۹ شینه IEEE بیان شده است و در قسمت ششم نتیجه‌گیری صورت گرفته است.

۲- فرمول‌بندی مسئله و تعیین تابع هدف

مسئله بازآرایی شبکه‌های توزیع در حقیقت یک مسئله بهینه‌سازی بوده و همانند هر مسئله بهینه‌سازی دیگر دارای تابع هدف و یک سری قیود می‌باشد. در این مقاله، ارزیابی‌های به‌عمل آمده با توجه به تابع هدف‌های زیر در نظر گرفته شده است: ۱- تلفات شبکه ۲- پروفیل ولتاژ ۳- بهبود قابلیت اطمینان سیستم، برای مسئله بازآرایی در این تحقیق، سه تابع هدف در نظر گرفته شده است که توسط الگوریتم کلونی موش-های وحشی بهینه‌سازی خواهند شد.

۲-۱- تلفات شبکه

اولین تابع هدف مربوط به تلفات اکتیو فیدرهای شبکه توزیع است. کمینه کردن میزان تلفات با توجه به شکل (۱) به صورت زیر تعریف می‌شود[۳]:



شکل (۱): سیستم توزیع دو شینه ساده

$$\min P_{loss} = \sum_{i=1}^{n_p} r_i \frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} \qquad (۱)$$

که در این فرمول، n_p تعداد کل گره‌های شبکه، r_i مقاومت شاخه i، P_i توان اکتیو گره i، Q_i توان راکتیو گره i و V_i ولتاژ گره i می‌باشند. بطور مثال با توجه به مشخص بودن ولتاژ اولیه و زاویه آن و همچنین توان اکتیو و راکتیو در قسمت شین دوم از شکل (۱) داریم:

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-10]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.1.5.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.1- Spring 2020

$$I = \left(V_1\angle\delta_1 - V_2\angle\delta_2\right)/\left(R + jX\right) \quad (۲)$$

حال با داشتن ولتاژ شینه دوم می‌توان تلفات را محاسبه کرد:

$$P_{loss} = R\left(P_2^2 + Q_2^2\right)/V_2^2 \quad (۳)$$

۲-۲- پروفیل ولتاژ

تابع هدف دوم حداقل ولتاژ شبکه است. همانگونه که مشخص است وجود سطح قابل قبول ولتاژ در شبکه علاوه بر افزایش کیفیت انرژی سبب افزایش رضایتمندی مشترکین برق نیز می‌گردد. در حل مسئله مورد نظر در این تحقیق در هر مرحله بهبود پروفیل ولتاژ با در نظر گرفتن متوسط اختلاف ولتاژ کلیه شین‌ها با شین مرجع لحاظ می‌گردد که به صورت زیر بیان می‌شود[۳]:

$$Max\left[\left|1-V_{\min}\right| and \left|1-V_{\max}\right|\right] \quad (۴)$$

برای هر باس میزان اختلاف بین مینیمم و ماکسیمم با عدد یک بگونه‌ایست که هرچه مینیمم‌تر شود پروفیل ولتاژ بهبود پیدا می‌کند.

$$\min V_s = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n_b}\left(V_i - V_p\right)} \quad (۵)$$

$$V_p = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n_b} V_i \quad (۶)$$

که V_s شاخص پروفیل ولتاژ، V_i ولتاژ شاخه، i، n_b تعداد گره‌های شبکه و، V_p میانگین ولتاژ گره‌ها می‌باشند.

۲-۳- بهبود قابلیت اطمینان

سیستم توزیع گسترده‌ترین بخش سیستم قدرت از نظر مساحت تحت پوشش هست. از طرف دیگر این سیستم واسطه‌ای میان مصرف کننده و سیستم قدرت بوده که انرژی را از شبکه انتقال و فوق توزیع دریافت کرده و به مصرف کننده تحویل می‌دهد. همچنین از آنجایی که علی‌رغم سادگی ساختار شبکه‌های توزیع سهم عمده‌ای از سرمایه‌گذاری در سیستم قدرت به این بخش اختصاص دارد، لذا ارزیابی و بررسی قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع بسیار ضروری به نظر می‌رسد. دو روش کلی برای محاسبات قابلیت اطمینان وجود دارد: شبیه‌سازی و محاسبات تحلیلی[۹]. جهت اجتناب از حجم بالای محاسبات روش شبیه‌سازی، در این مقاله از روش تحلیلی تجزیه و تحلیل کات ست استفاده شده است.

۲-۳-۱- روش تجزیه و تحلیل کات ست

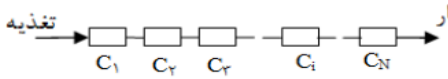
کات ست مینیمال مجموعه‌ای از عناصر سیستم است که خرابی آن به از کار افتادن سیستم می‌انجامد اما در صورتی که هر یک از عناصر به درستی کار کند، کارکرد سیستم تحت تاثیر این کات ست قرار نخواهد گرفت. احتمال وقوع یک کات ست به کمک رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P(C) = \prod_i Q_i \quad (۷)$$

که در آن Q_i عدم قابلیت اطمینان عضو iام کات ست است. در نهایت عدم قابلیت اطمینان سیستم با سری کردن کات ست‌ها از رابطه زیر محاسبه خواهد شد:

$$Q_s = P\left(\bigcup_i C_i\right) \quad (۸)$$

در این مقاله پیش از انجام هر گونه محاسبات، ابتدا قید شعاعی بودن آرایش مورد نظر بررسی می‌شود. بنابراین هنگام محاسبه قابلیت اطمینان هر بار، با اطمینان می‌توان گفت تنها یک مسیر برای تغذیه آن وجود دارد. پس برای هر بار، تک تک اجزای شبکه بالادست یک کات ست مینیمال را مانند شکل (۲) تشکیل می‌دهند. در نهایت قابلیت اطمینان به کمک رابطه $R_s = 1 - Q_s$ به دست خواهد آمد.



شکل (۲): کات‌ست‌ها بین بار و نقطه تغذیه

یکی از مهم‌ترین شاخص‌های قابلیت اطمینان، انرژی توزیع نشده (ENS[۲]) است. پس از انجام محاسبات قابلیت اطمینان به راحتی می‌توان ENS را برای هر بار، محاسبه نمود. مجموع آنها، ENS را برای کل سیستم به دست می‌دهد.

$$U_i = 8760 \times Q_i \quad (۹)$$

$$ENS_s = \sum_{i=1}^{n} L_i^{ave} U_i \quad (۱۰)$$

که در آن L_i^{ave} متوسط بار، U_i عدم دسترسی سالانه و n تعداد باس‌های سیستم است.

همچنین شاخص مدت زمان متوسط قطعی هر مشتری[۳](CAIDI) بر حسب ساعت (h) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (۱۱)$$

حال، شاخص متوسط مدت قطع برق سیستم[۴] SAIDI و شاخص متوسط فراوانی قطع برق سیستم[۵] SAIFI به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$SAIDI = \frac{\sum_i ACIT_i * C_i}{\sum_i C_i} \quad (۱۲)$$

$$SAIFI = \frac{\sum_i ACIF_i * C_i}{\sum_i C_i} \quad (۱۳)$$

$$ACIT_i = \sum_k \left(8760 * P_{rk} * frac_{i,k}\right) \quad (۱۴)$$

$$ACIF_i = \sum_k \left(P_{rk} * frac_{i,k}\right) \quad (۱۵)$$

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.1.5.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.1- Spring 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-10]

که در روابط فوق C_i تعداد بار متصل به باس iام، P_{rk} و $frac_{i,k}$ به ترتیب احتمال از دست دادن بار iام و میزان بار از دست رفته در باس iام می‌باشند. همچنین $ACIT_i$ و $ACIF_i$ به ترتیب میانگین مدت زمان قطعی (h/a) و میانگین تعداد قطعی هر مشتری $(1/a)$ در سال را نشان می‌دهد.

۴-۲- قیود مد نظر در تمامی مراحل بهینه‌سازی

در کنار تابع هدف چند منظوره فوق باید قیود زیر را در نظر گرفت:

۱- قید برقراری معادلات پخش بار: مجموع توان‌های جاری‌شده در شاخه‌هایی که به باس iام متصل است برابر با تقاضای بار در باس iام است.

۲- قید محدودیت ولتاژ مجاز باس‌ها: دامنه ولتاژ باس‌ها در محدوده مجاز خود باقی بماند.

$$V_{\min} \prec V_i \prec V_{\max} \qquad (۱۶)$$

که $V_{\min}$ و $V_{\max}$ حداقل و حداکثر ولتاژ مجاز برای شاخه iام می‌باشند.

۳- قید محدودیت جریان فیدرها: جریان جاری شده در فیدرها به دلیل محدودیت‌های حرارتی نباید از حد مجاز خود بالاتر رود.

$$|I_k| \le I_{k\max} \qquad (۱۷)$$

۴- قید شعاعی بودن شبکه: که می‌بایست در تمامی آرایشات بدست آمده از بازآرایی، همواره ساختار شعاعی خود را حفظ کند. برای رعایت این قید، در حالتی که یک پست فوق توزیع تغذیه کننده وجود دارد تعداد خطوط موجود در شبکه بایستی یک عدد کمتر از تعداد باس‌ها باشد. همچنین نباید حلقه بسته‌ای تشکیل شده و یا حالت جزیره‌ای بوجود آید. در صورتی که رابطه (۱۸) برقرار باشد می‌توان از حفظ آرایش شعاعی شبکه اطمینان حاصل کرد. در این رابطه A ماتریس تلاقی شاخه و گره شبکه بوده و $rank(A)$ بیانگر تعداد سطرها یا ستون‌های مستقل خطی ماتریس A می‌باشد.

$$rank(A) = nb - 1 \qquad (۱۸)$$

۳- معادلات پخش بار

یکی از روش‌های مناسب و با همگرایی سریع به منظور حل معادلات پخش بار در شبکه‌های توزیع شعاعی با نسبت X/R پایین، روش پخش بار پسرو پیشرو می‌باشد. از ویژگی‌های این پخش بار می‌توان به سادگی و همگرایی مناسب آن در شبکه‌های توزیع که اکثرا شعاعی هستند اشاره کرد. در این روش در تکرار اول ولتاژ همه‌ی باس‌ها مقدار مشخصی در نظر گرفته می‌شود (یک پریونیت) سپس با داشتن ولتاژ باس-ها از باس انتهایی شروع کرده و جریان بارهای متصل به شین‌های شبکه و جریان عبوری از خطوط شبکه مشخص می‌شوند که این مرحله، مرحله پسرو نامیده می‌شود. بعد از مرحله پسرو نوبت به مرحله پیشرو می‌رسد. در این مرحله با دارا بودن جریان عبوری از خطوط شبکه، مقدار ولتاژ شین‌ها به ترتیب از شین ابتدایی تا شین انتهایی شبکه محاسبه شده و این روند تا رسیدن به دقت مناسب تکرار می‌شود[۴].

الف) مرحله پسرو:

در تکرار اول ولتاژ همه‌ی شین‌ها با اندازه یک و زاویه صفر در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از دو معادله زیر جریان عبوری از هر خط به دست می‌آید.

$$I_L(i) = \frac{P_L(i) - Q_L(i)}{V^*(i)} \qquad (۱۹)$$

$$I(i) = I_L(i) + \sum_{j \in k} I(j) \qquad (۲۰)$$

که $I_L(i)$ و $I(i)$ به ترتیب جریان بار شین iام و جریان خط بین شین iام و شین $(i-1)$ام می‌باشد، $P_L(i)$ و $Q_L(i)$ به ترتیب توان اکتیو و راکتیو بار شین iام و k شماره خطوط متصل به خط مورد نظر می‌باشد.

ب) مرحله پیشرو:

پس از محاسبه جریان خطوط شبکه با استفاده از روابط ذکر شده، ولتاژ تمام شین‌ها با شروع از شین دوم محاسبه می‌شود. (شین اول شین مرجع می‌باشد که ولتاژ آن در تمام تکرارها $1\angle 0$ در نظر گرفته می‌شود)

$$V(i) = V(i-1) - I(i)Z(i) \qquad (۲۱)$$

که $V(i)$ و $V(i-1)$ به ترتیب ولتاژ شین iام و شین $(i-1)$ام و $Z(i)$ امپدانس خط بین شین iام و شین $(i-1)$ام می‌باشد.

این دو مرحله تا زمانی تکرار می‌شوند که اختلاف ولتاژ شبکه در دو تکرار متوالی از یک مقدار مشخص کوچک‌تر باشد. این مقدار که همان دقت حل مسئله پخش بار می‌باشد در این مقاله ۰/۰۰۰۱ در نظر گرفته شده است.

۴- الگوریتم بهینه‌سازی کلونی موش‌های وحشی

در دهه‌های اخیر طبیعت و جانداران موجود در آن الگوی بسیاری از الگوریم‌هایی شد که توانستند راهی برای حل مسائل پیچیده پیدا کنند[۱۰]. در این مقاله یک الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری جدید ارائه شده که از رفتار شناسی موش‌های وحشی در داخل و بیرون کلونی‌ها الهام گرفته شده است. شالوده این الگوریتم از یک آزمایش زیست محیطی پایه‌گذاری شده است. الگوریتم حاصل یک الگوی مناسب برای یافتن پاسخی بهینه جهت مسائل پیچیده می‌باشد. مکانیزمی که این الگوریتم دارد استفاده از کلونی‌ها می‌باشد که این باعث تلاش جمعی کلونی‌ها برای یافتن پاسخ‌های بهینه می‌شود و همچنین هر کلونی در داخل خود دارای مکانیزم رفتاری خاصی است که الگوریتم را به سمت

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-10]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.1.5.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.1- Spring 2020

یافتن جواب‌های بهینه می‌برد. برای یافتن جواب بهینه این الگوریتم فازهای متفاوتی را ارائه می‌دهد که تنوع راه‌های رسیدن به سمت جواب را بالا برده است. این الگوریتم به دلیل استفاده از ابزارهای روبه هدف زیادی که دارد دارای پویایی بالایی می‌باشد. در سال ۱۹۷۰ کالهون در یک محیط آزمایشگاهی تحقیقی بر روی کلونی موش‌ها انجام داد و نتایج نشان از حرکت هدفمند موش‌ها در قالب کلونی‌ها جهت تطبیق با طبیعت و حرکت در سمت بقا داشت. نتایج به دست آمده از رفتار موش‌ها در قالب یک الگوریتم تحت عنوان الگوریتم بهینه‌سازی کلونی موش‌های وحشی نامگذاری شد[۱۰]. ابتدا پارامترهایی که برای الگوریتم مورد نیاز است را تعریف می‌کنیم:

تعداد کلونی= دلخواه، تعداد موش نر= تعداد کلونی*۴، تعداد موش ماده= تعداد کلونی*۸، مقدار هنجار موش=با مقدار اولیه ۰/۱، سن موش‌ها= با مقدار اولیه ۰/۱، پذیرش موش ماده= با مقدار اولیه ۰، نوع موش= سر کلونی (Colony Head) که با علامت CH مشخص می‌شود و عضو کلونی (Colony Member) که با علامت CM مشخص می‌شود، جنسیت موش= نر با علامت M و ماده با علامت F، کلونی رزرو= آرایه خالی.

۴-۱- تولید جمعیت اولیه

به‌طور تصادفی و در فضای مسئله به تعداد (تعداد کلونی *۱۲) ذره تولید می‌شود. از این تعداد جمعیت بر اساس پارامتر اولیه تعریف شده موش‌های ماده و نر تعدادشان مشخص خواهد شد. از این تعداد موش‌های نر و ماده تصادفی و بر اساس تعداد تعیین شده تصادفی تعیین می‌شوند.

۴-۲- ارزیابی اولیه

جهت ارزیابی اولیه جمعیت تصادفی تولید شده، جمعیت اولیه در تابع هزینه قرار می‌گیرند و مقدار شایستگی آن‌ها تعیین می‌شود.

۴-۳- تعیین هنجارترین موش‌های نر برای ساخت کلونی‌ها:

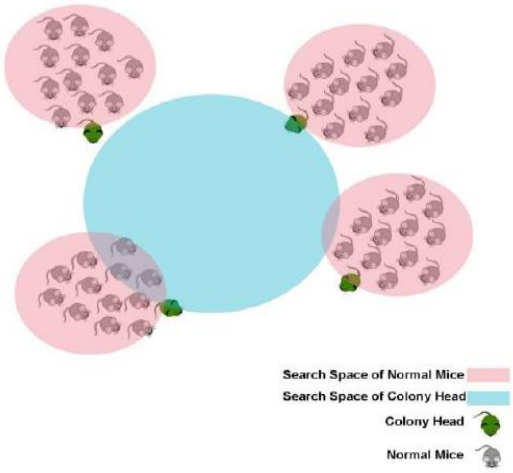
در آزمایش صورت گرفته بر موش‌ها یک اصل در موش‌ها دیده شد که تحت عنوان هنجار موش‌ها معرفی شد. موش‌ها بر اساس این هنجار اولویت طبقاتی خود را خواهد شناخت. در واقع موش‌هایی با هنجار بالا در موقعیت بهتری نسبت به دیگر موش‌ها می‌توانند اقدام به ساخت کلونی یا جفت‌گیری و غیر شوند. جمعیت اولیه بر اساس تابع هزینه مرتب می‌شوند و به میزان تعداد کلونی از اول این آرایه مرتب شده موش‌های نر مشخص می‌شوند تا کلونی یا قلمرو خود را بسازند. پارامتر نوع این موش‌ها به CH تغییر می‌کند. این موش‌ها از میان موش‌های نر ۳ عدد و از میان موش‌های ماده ۸ عدد را تصادفی انتخاب و جزو کلونی خود قرار می‌دهد.

۴-۴- تعیین اعضای نر و ماده کلونی‌ها:

برای هر کلونی از جمعیت تولیدی اولیه به صورت تصادفی عضو-گیری صورت خواهد گرفت. طبق آزمایش کالهون اعضای نر هر کلونی ۴ عدد خواهد بود. ابتدا از بین جمعیت هر کلونی تعدادی به عنوان اعضای نر مشخص خواهد شد. همچنین اعضای ماده هر کلونی به تعداد ۸ عضو از ۱۲ عضو هر کلونی مشخص خواهد شد. برطبق نتایج به دست آمده از رفتارشناسی موش‌ها مشخص گردید سن موش‌ها در مراودات اجتماعی آن‌ها مهم می‌باشد، لذا سن موش‌ها تنظیم خواهد شد. سن موش‌ها در هر تکرار یک واحد اضافه می‌گردد. درجه هنجار با تراکم کلونی تغییر می‌کند. هرچه تراکم کلونی زیاد باشد درجه هنجار موش-های آن کلونی پایین می‌آید.

۴-۵- حرکت موش‌ها

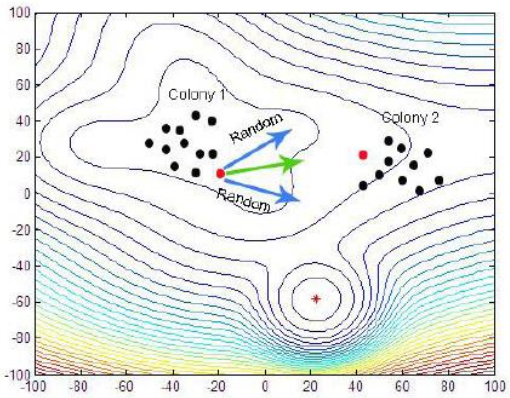
برای تنظیم مکان هر موش در هر بار ارزیابی به دو روش مختلف برای اعضای عادی کلونی و سرکلونی‌ها عمل شده است. حرکت موش-های عضو هر کلونی بر اساس یک حرکت تصادفی و میانگین مکان موش‌های همان کلونی بوده است.



شکل (۳): محدوده فضای حرکتی سرکلونی‌ها و اعضای کلونی‌ها

حرکت سرکلونی‌ها بر اساس یک حرکت تصادفی و بهترین سرکلونی دیگر بوده است. در شکل (۳) محدوده‌ای که جمعیت‌ها طبق آن باید جستجو و حرکت کنند مشخص شده است. در شکل (۴) روند حرکتی هر سه کلونی مشخص شده است. برای آنکه عمل جفت‌گیری انجام گیرد بهترین موش سرکلونی کاندید می‌شود و با موش ماده‌ای که پارامتر پذیرش آن یک باشد جفت‌گیری می‌کند. پارامتر پذیرش موش-های ماده بدین صورت یک می‌شود که: بهترین موش ماده کلونی اگر در راند جفت‌گیری قرار داشت در آن راند پارامتر پذیرش یک خواهد شد. سه بار در سال جفت‌گیری انجام می‌شود. بنابراین با تقسیم تعداد تکرار بر عدد ۳ عدد اولیه به دست می‌آید. بعد با خود این عدد هر بار جمع می‌شود تا زمان جفت‌گیری بعدی مشخص شود..

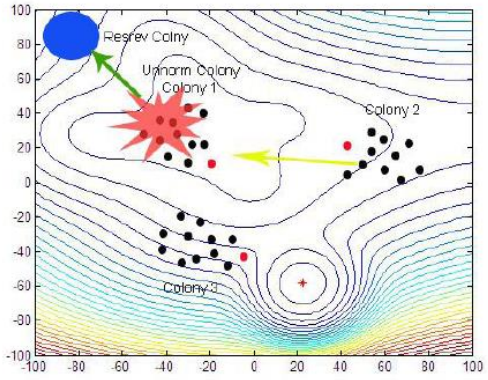
[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.1.5.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.1- Spring 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-10]



شکل (۴): نحوه حرکت سرکلونی شماره ۱

۶-۴- جفت‌گیری موش نر و ماده

موش‌های سرکلونی از میان موش‌های ماده به‌طور تصادفی و با داشتن سه شرط ازدواج کرده و بین ۵ تا ۱۵ موش‌های جدید تولید می‌کنند. میزان نر یا ماده بودن جمعیت متولد شده تصادفی تعیین می‌شود. موش‌های تولیدشده توسط عملگر کراس‌اور درجه دوم غیرخطی طبیعی مکان خود را می‌یابند. سپس فرزندان تولید شده با جمعیت جوان همان کلونی مبارزه می‌کنند و نصف جمعیت (نصف جمعیتی که با هم مبارزه می‌کنند) ضعیف‌ها از کلونی اخراج‌می‌شوند. در شکل (۵) مشخص است که عضو دوم یک کلونی به عنوان هنجارترین موش بعد از سر کلونی به ناهنجارترین کلونی از لحاظ مکانی حمله‌کرده و نصف جمعیت ناهنجار موش‌های کلونی را کشته و بعد اقدام به تشکیل یک کلونی می‌نماید.



شکل (۵): نحوه حمله هنجارترین موش بعد از سرکلونی به بدترین کلونی و کشتن نصف موش‌های آن کلونی

بعد از آن جمعیت آن کلونی مرتب‌سازی شده و جمعیت نر دوم بعد از سرکلونی از کلونی جدا شده و با حمله به ناهنجارترین سرکلونی نصف جمعیت جوان آن کلونی را می‌کشد بقیه و به اضافه اعضای مازاد کلونی که در آن متولد شده را در کلونی رزرو قرار خواهد داد. سپس شروع به ساختن کلونی جدید می‌کند. جهت ایجاد کلونی جدید توسط موش حمله‌ور از میان کلونی رزرو، ۸ ماده و ۳ نر برای عضوهای کلونی جدید تعیین می‌شوند. اگر این تعداد وجود نداشت کلونی با تعداد کم باقی می‌ماند تا در تکرار بعد هر کلونی اگر جمعیت کمی داشت از کلونی رزرو برای عضوگیری کمک بخواهد. این کمک و تقاضا در صورت کمبود نیرو در هر تکرار انجام خواهد گرفت. کلونی رزرو هیچ فعالیتی در فضای مسئله نخواهد داشت. در هر تکرار کلونی‌ها در صورت کمبود نیرو از کلونی رزرو نیرو استخدام می‌کند. بعد از عمل جفت‌گیری و حرکت جدید و در هر تکرار بهترین بهینه عمومی هر کلونی تعیین می‌شود. در مرحله بعد بهینه عمومی کل جمعیت تعیین می‌شود. در پایان تکرار آخر تعیین شده بهینه عمومی کل به عنوان بهترین جواب تعیین می‌شود. در شکل (۶) ترتیب اجرای الگوریتم پیشنهادی آورده شده است.

WMC ALGORITHM

Random(population)
//Initialize of initial population
Cost=Fitness Function(population)
//Evaluation of initial population
Best array=sort(Cost)
//Colony Head Election

$[Colony(i).index] = rand\left[(mice.sec = m):۲\right]$ & $rand[(mice.sec = f):۸]$
//Generate of Colony
Male/Female Members of Colony Definition
Mice(age)= Mice(age)+۱

$if\ (Std \sum_{j=۱}^{n}(mice(j).Position) < Treshhold$
$mice(i).Norm = mice(i).Norm - ۱;$
//**Determine of Colony Norm**
$mice(i).position_{Normal\ Mice} = mice(i).position + rand * ((mean(\sum_{j=۱}^{ColonyMember} mice(j).position - mice(i).position)$
//Position Equation of Normal Mice
$mice(i).position_{Colony\ Head} = mice(i).position + rand * ((best(CH) - mice(i).position)$
//**Position Equation of Colony Head**
$MatingRound = \frac{Iteration}{۲}$
$for\ i = ۱\ to\ ncolony$
$for\ j = ۱\ to\ mice.f$
$if\ iteration = MatingRound$
$mice(j).accept = ۱;$
$MatingRound = MatingRound + \frac{Iteration}{۲}$
end
end
end
//Determine of Mating Accept Parameter for Female Mice
$for\ i = ۱\ to\ mice.m$
$for\ j = ۱\ to\ mice.f$

$if\ mice(i).Norm = Max\ \&\ mice(j).sec = f\ \&\ mice(j).accept = ۱\ \&\ mice(j).age \geq age\ treshhold\ \&\ mice(j).Marriage \geq ۲$
$mice(i).Marriage = mice(j).index$
$mice(j).Marriage = mice(j).Marriage + ۱$
$mice(j).accept = ۰;$

//Act of Mating From Male Mice and Female Mice
$for\ i = ۱\ to\ ncolony$
$for\ j = ۱\ to\ n$
$delete\frac{۱}{۲} * (sort\sum_{j=۱}^{n}(mice(j).cost) : end \in mice(j).age \geq agetreshhold$
//Fight of Born Mice for Survival
$for\ newCH \rightarrow Create[NewColony]$
$[NewColony.index] = in\ Reservation\left[(mice.sec = m):۲\right]$ & $in\ Reservation[(mice.sec = f):۸]$
//Create New Colony by Invader Mice
$ColonyGBest = min(mice(i).cost)$
//Determine of Global Best of any Colony
$GBest = min(ColonyGBest)$
//Determine of Global Best of Total Colony

شکل (۶): روند اجرای الگوریتم کلونی موش‌های وحشی[۱۰]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.1.5.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.1- Spring 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-10]

۷-۴- اعمال الگوریتم کلونی موش‌های وحشی به مسئله بازآرایی

در یک شبکه توزیع دو نوع کلید وجود دارد. کلیدهایی که در حالت عادی بسته بوده (NC) و کلیدهایی که در حالت عادی باز می‌باشند (NO). اکنون فرض کنید که همه NOها بسته شوند. در این حالت در سیستم حلقه تشکیل می‌شود که تعداد حلقه‌ها برابر با تعداد NOها خواهد بود. مجموعه کلیدهایی که یک حلقه را تشکیل می‌دهند بردار حلقه نامیده می‌شوند. در روش پیشنهادی به ازای هر بردار حلقه یک کلونی تعریف شده و همواره یکی از کلیدهای موجود در هر بردار حلقه باید باز باشد. روند اجرای الگوریتم پیشنهادی در حل مسئله بازآرایی را می‌توان به صورت مراحل زیر خلاصه کرد:

مرحله اول: خواندن اطلاعات ورودی شامل اطلاعات بار، خطوط، ولتاژ و توان مبنا و غیره.

مرحله دوم: تولید جمعیت اولیه.

مرحله سوم: بررسی پاسخ‌های تولید شده و ارزیابی اولیه در تعیین اعضای کلونی با توجه به قیود مسئله و انجام آنالیز پخش بار.

مرحله چهارم: تعیین وضعیت حرکت موش‌ها و جفت گیری آنها در تولید یک آرایش جدید.

مرحله پنجم: به روز رسانی جمعیت.

مرحله ششم: محاسبه تابع هدف

مرحله هفتم: در صورت برآورده شده شرط همگرایی به مرحله هشتم رفته و در غیر این صورت به مرحله پنجم.

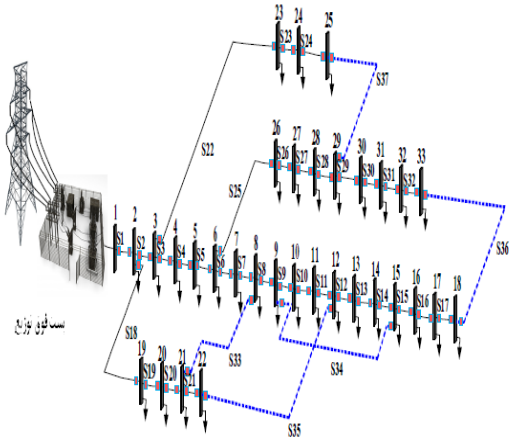
مرحله هشتم: نشان دادن پاسخ بهینه (خروجی نتایج)

۵- شبیه‌سازی و ارائه نتایج

در این قسمت، برای نشان دادن کارایی الگوریتم بهینه‌سازی کلونی موش‌های وحشی، این روش بر روی دو شبکه توزیع ۳۳ شینه و ۶۹ شینه تست می‌شود و به تحلیل نتایج حاصل از شبیه‌سازی پرداخته می‌شود. جمعیت الگوریتم WMC و ماکزیمم تکرار برای هر دو شبکه برابر ۱۰۰ می‌باشد. اطلاعات خطوط و شین‌های هر دو شبکه در[۵] و [۷] آمده است. جهت ارزیابی الگوریتم بهینه‌سازی، نتایج بدست آمده توسط الگوریتم WMC، با نتایج الگوریتم‌های PSO و GA و TLBO مقایسه شده است.

۵-۱- شبکه ۳۳ شینه استاندارد IEEE

شبکه ۳۳ شینه IEEE دارای یک پست فوق توزیع تغذیه کننده و ۳۲ باس‌بار می‌باشد. اطلاعات خطوط و شین‌های شبکه در [۵] آمده است. این شبکه در حالت عادی شامل ۵ فیدر باز (تای سوئیچ یا کلید عادی باز که با خط‌چین‌های آبی رنگ در شکل (۷) مشخص شده است) و ۳۲ فیدر بسته می‌باشد. شبکه مورد مطالعه دارای سطح ولتاژ نامی ۱۲/۶۶ کیلو ولت بوده و مجموع توان‌های اکتیو و راکتیو مصرفی شبکه در حالت عادی به ترتیب ۳۷۱۵ کیلو وات و ۲۳۰۰ کیلو وار می‌باشد.



شکل (۷): شبکه ۳۳ شینه مورد مطالعه

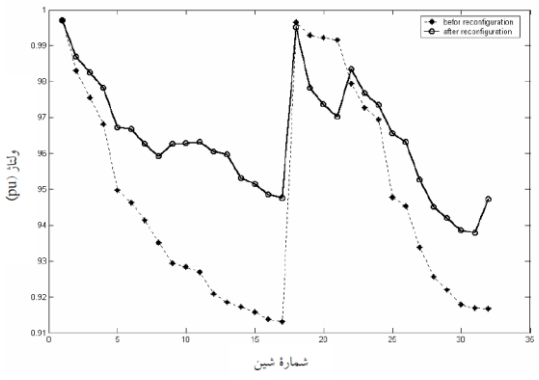
با توجه به آنکه تابع هدف مسئله مطرح شده در این مقاله کاهش تلفات شبکه، بهبود پروفیل ولتاژ و افزایش قابلیت اطمینان سیستم بوده است، نتایج مطالعات در قالب دو حالت مطالعاتی شامل حالت قبل از انجام بازآرایی شبکه و پس از انجام بازآرایی شبکه ارائه‌شده‌است. نتایج بدست‌آمده از اعمال روش پیشنهادی به شبکه ۳۳شینه در جدول(۱) نشان‌داده‌شده‌است. باتوجه به جدول(۱) مشاهده‌می‌شود که بعد از بازآرایی مقدار تلفات از مقدار ۱۶۴/۳۸۳۶ کیلووات به مقدار ۱۰۱/۵۷۹۲ کیلووات کاهش‌پیداکرده‌است. به‌وضوح می‌توان نقش مؤثر بازآرایی در کاهش تلفات را مشاهده‌کرد. مقدار انرژی‌تأمین‌نشده از ۵۱/۵۵۷۹ کیلووات‌ساعت در سال به مقدار ۴۰/۱۹۸۱کیلووات‌ساعت در سال رسیده‌است که این بیانگر کاهش ۲۲/۰۳درصدی این شاخص می‌باشد. شاخص CAIDI نیز از مقدار ۵/۵۸۵۱ به ۴/۵۴۰۳ کاهش یافته و شاخص SAIFI نیز از مقدار ۲/۵۹۶۶ به مقدار ۱/۹۹۲۴ کاهش داشته این امر بیانگر تأثیر مؤثر بازآرایی در افزایش قابلیت‌اطمینان شبکه می‌باشد.

جدول (۱): نتایج شبیه‌سازی برای شبکه ۳۳ شینه

پارامترهای مسئله	قبل از بازآرایی	بعد از بازآرایی
تلفات (kw)	۱۶۴/۳۸۲۶	۱۰۱/۵۷۹۲
مینیمم ولتاژ (p.u)	۰/۹۱۳۷۵	۰/۹۳۹۶۷
ماکزیمم ولتاژ (p.u)	۱	۱
شماره کلیدهای باز	۳۳،۳۴،۳۵،۳۶،۳۷	۷،۹،۱۴،۳۲،۳۷
انرژی‌تأمین‌نشده (KWh/a)	۵۱/۵۵۷۹	۴۰/۱۹۸۱
شاخص CAIDI (h)	۵/۵۸۵۱	۴/۵۴۰۳
شاخص SAIFI	۲/۵۹۶۶	۱/۹۹۲۴

شکل (۸) منحنی مربوط به پروفیل ولتاژ قبل و بعد از بازآرایی می‌باشد. با توجه به منحنی دیده می‌شود که بازآرایی تأثیر خوبی بر روی پروفیل ولتاژ می‌گذارد، به‌طوری که مینیمم ولتاژ از مقدار ۰/۹۱۳۷۵ پریونیت به مقدار ۰/۹۳۹۶۷ پریونیت افزایش یافته است.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.1.5.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.1- Spring 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-10]



شکل (۸): منحنی پروفیل ولتاژ قبل و بعد از بازآرایی

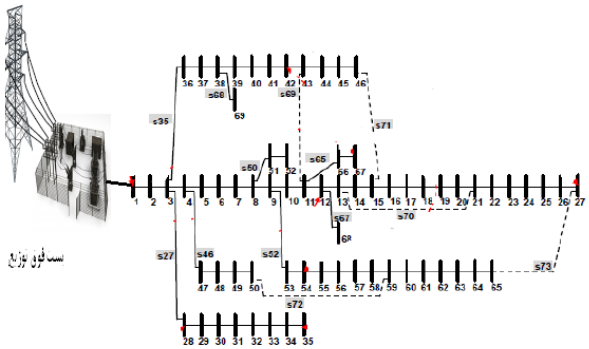
در جدول (۲) بررسی پروفیل ولتاژ شین‌ها با استفاده از الگوریتم WMC آورده شده است.

جدول (۲): بررسی پروفیل ولتاژ شین‌ها برای شبکه ۳۳ شینه

ولتاژ ماکزیمم	ولتاژ مینیمم	شین ولتاژ ماکزیمم	شین ولتاژ مینیمم
۱	۰/۹۳۹۶۷	۳۲	۱۸

۲-۵- شبکه ۶۹ شینه استاندارد IEEE

شبکه ۶۹ شینه IEEE دارای یک پست فوق توزیع تغذیه کننده و ۶۸ باس‌بار می‌باشد. اطلاعات خطوط و شین‌های شبکه در [۷] آمده است. این شبکه در حالت عادی شامل ۵ حلقه است، که در شکل (۹) مشخص شده است.همچنین، کلیدها در خطوط پررنگ به‌صورت نرمال بسته هستند و کلیدها در خطوط چین‌دار به‌صورت نرمال باز هستند. شبکه مورد مطالعه دارای سطح ولتاژ نامی ۱۲/۶۶ کیلو ولت بوده و مجموع توان‌های اکتیو و راکتیو مصرفی شبکه در حالت عادی به ترتیب ۳۸۰۲/۱۹ کیلو وات و ۲۶۹۴/۶ کیلو وار می‌باشد.



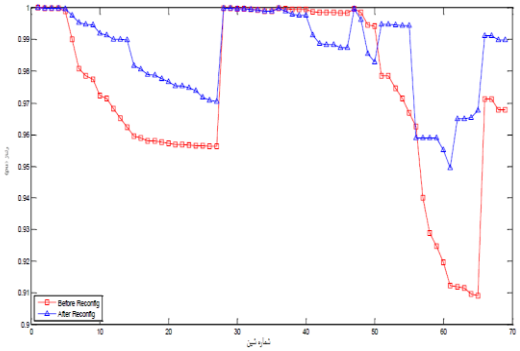
شکل (۹): شبکه ۶۹ شینه مورد مطالعه

با توجه به آنکه تابع هدف مسئله مطرح شده در این مقاله کاهش تلفات شبکه، بهبود پروفیل ولتاژ و افزایش قابلیت اطمینان سیستم بوده است نتایج مطالعات در قالب دو حالت مطالعاتی شامل حالت قبل از انجام بازآرایی شبکه و پس از انجام بازآرایی شبکه ارائه شده است. نتایج بدست آمده از اعمال روش پیشنهادی به شبکه ۶۹ شینه در جدول (۳) نشان داده شده است. با توجه به جدول (۳) مشاهده می‌شود که بعد از بازآرایی مقدار تلفات از مقدار ۲۲۴/۹۸۰۴ کیلووات به مقدار ۹۴/۶۵۷۴ کیلووات کاهش پیدا کرده است. به وضوح می‌توان نقش مؤثر بازآرایی در کاهش تلفات را مشاهده کرد. همچنین مقدار انرژی تأمین نشده از ۴۶۲/۳ کیلووات ساعت در سال به مقدار ۲۵۱/۴ کیلووات ساعت در سال رسیده است که این بیانگر کاهش ۴۵/۶۲ درصدی این شاخص می‌باشد. شاخص CAIDI نیز از مقدار ۴/۶۷۹۱ به ۲/۲۵۹۳ کاهش یافته و شاخص SAIFI نیز از مقدار ۲/۷۶۵۴ به مقدار ۱/۲۶۸۴ کاهش داشته این امر بیانگر تأثیر مؤثر بازآرایی در افزایش قابلیت اطمینان شبکه می‌باشد.

جدول (۳): نتایج شبیه‌سازی برای شبکه ۶۹ شینه

پارامترهای مسئله	قبل از بازآرایی	بعد از بازآرایی
تلفات (kw)	۲۲۴/۹۸۰۴	۹۴/۶۵۷۴
مینیمم ولتاژ (p.u)	۰/۹۰۹۱۹	۰/۹۵۱۷۶
ماکزیمم ولتاژ (p.u)	۱	۱
شماره کلیدهای باز	۶۹،۷۰،۷۱،۷۲،۷۳	۱۲،۲۰،۵۶،۶۱،۶۹
انرژی تأمین‌نشده (KWh/a)	۴۶۲/۳	۲۵۱/۴
شاخص CAIDI (h)	۴/۶۷۹۱	۲/۲۵۹۳
شاخص SAIFI	۲/۷۶۵۴	۱/۲۶۸۴

شکل (۱۰) منحنی مربوط به پروفیل ولتاژ قبل و بعد از بازآرایی می‌باشد. با توجه به منحنی دیده می‌شود که بازآرایی تأثیر خوبی بر روی پروفیل ولتاژ می‌گذارد، به‌طوری که مینیمم ولتاژ از مقدار ۰/۹۰۹۱۹ پریونیت به مقدار ۰/۹۵۱۷۶ پریونیت افزایش یافته است.



شکل (۱۰): منحنی پروفیل ولتاژ قبل و بعد از بازآرایی

در جدول (۴) بررسی پروفیل ولتاژ شین‌ها با استفاده از الگوریتم WMC آورده شده است.

جدول (۴): بررسی پروفیل ولتاژ شین‌ها برای شبکه ۶۹ شینه

ولتاژ ماکزیمم	ولتاژ مینیمم	شین ولتاژ ماکزیمم	شین ولتاژ مینیمم
۱	۰/۹۵۱۷۶	۲۸	۶۱

جدول (۵) نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی (WMC) در این مقاله را در مقایسه با سایر روش‌های ارائه شده در دیگر پژوهش‌ها (PSO [۷]، GA [۵] و TLBO [۹]) در شرایط یکسان را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.1.5.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.1- Spring 2020

جدول (۵): مقایسه نتایج بازآرایی شبکه در این مقاله با سایر روش‌ها

روش	درصد کاهش تلفات شبکه		مینیمم ولتاژ (pu) شبکه		ENS	
	۳۳ شینه	۶۹ شینه	۳۳ شینه	۶۹ شینه	۳۳ شینه	۶۹ شینه
PSO	٪۲۸/۷۸	٪۴۲/۷۵	۰/۹۲۶۴۳	۰/۹۳۸۹۶	-	-
GA	٪۳۳/۵۹	٪۵۱/۳۹	۰/۹۲۹۷۵	۰/۹۴۳۱۲	۵۴/۳۹۸۶	۳۱۲/۶
TLBO	٪۳۷/۶۳	٪۵۶/۸۴	۰/۹۳۱۳۵	۰/۹۴۸۷۳	۴۸/۴۷۶۵	۲۸۷/۷
WMC	٪۳۸/۲	٪۵۷/۹۲	۰/۹۳۹۶۷	۰/۹۵۱۷۶	۴۰/۱۹۸۱	۲۵۱/۴

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله، با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی موش‌های وحشی (WMC) تأثیر بازآرایی شبکه‌های توزیع بر کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ و افزایش قابلیت اطمینان به صورت همزمان مورد بررسی قرار گرفت. در محاسبات قابلیت اطمینان از روش تجزیه و تحلیل کات-ست، جهت بالا بردن سرعت در مقایسه با روش شبیه‌سازی مونت-کارلو استفاده شده است. بگونه‌ای که زمان و حجم محاسبات به شدت کاهش یافته است. همچنین بمنظور بررسی محدودیت‌های الکتریکی شبکه و تعیین مقدار تلفات در شاخه‌ها وکل شبکه از پخش‌بار پسرو/پیشرو استفاده شده است. الگوریتم پیشنهادی، بر روی دو سیستم تست ۳۳ و ۶۹ شینه استاندارد IEEE مورد استفاده قرار گرفت و با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که، بازآرایی بهینه شبکه‌های توزیع سبب کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش قابل قبول انرژی تأمین نشده سالیانه، کاهش متوسط زمان قطعی هر مشترک و در کل افزایش قابلیت اطمینان سیستم توزیع می‌گردد. نتایج بدست آمده از الگوریتم پیشنهادی با نتایج سه الگوریتم PSO، GA و TLBO مقایسه شده است. این مقایسه نشان می‌دهد که روش پیشنهادی جوابی بهتر و بهینه‌تر برای مسئله ارائه می‌دهد.

سپاسگزاری

در این بخش لازم است تا از راهنمایی‌ها و الطاف بی‌دریغ جناب آقای پروفسور گئورگ قره‌پتیان استاد دانشکده برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر تشکر و قدردانی را داشته باشم که بنده را در تهیه این مقاله یاری نمودند.

مراجع

[1] A. Merlin and H. Back, "*Search for a minimal loss operating spanning tree configuration in anurban power distribution system*, in Proc. 5th Power System Computation Conf, Cambridge, U.K., 1975.

[2] M. E. Baran and F. F. Wu, "*Network reconfiguration in system for loss reduction and load balancing*" IEEE Trans. power Delivery, Vol. 4, No. 2, pp. 1401-1407, Apr 1989.

[3] R. S. Roa and K. Satish, "*Power loss minimization in Distribution System Using Network Reconfiguration in the Presence of Distribution Generation*" IEEE Trans. Power System, Vol. 28, No. 1, pp. 317-325, Feb 2014.

[4] F. Gomes and S. Pereira, "*A New Distribution System Reconfiguration Approach Using Optimum Power Flow and Sensitivity Analisis for Loss Reduction*" IEEE Trans. Power System, Vol. 21, No. 4, pp. 1616-1623, Nov2013.

[5] Y. Y. Hong, and S. Ho "*Determination of network configuration considering multiobjective in distribution system using genetic algorithms*" IEEE Trans. Power System, Vol. 20, No. 2, pp. 1062-1069, May 2012.

[6] Y. Huang and C. Yang, "*Solving the capacitor placement problem in a radial distribution system using Tabu search approach*" IEEE Trans. Power System, Vol. 11, No. 4, pp. 1868-1873, Oct 2014.

[7] A. T. Abdelaziz and F. M. Mekhamer, "*Distribution system reconfiguration using a modified particle swarm optimization algoritthm*" Electric Power system Research, Vol. 77, Issues. 5, pp. 685-694, Apr 2015

[8] H. Mirhoseini, and S.M. Hosseini, "*A new improved adaptive imperialst competitive algorithm to solve the reconfiguration problem of distribution system for loss reduction and voltage profile improvement* ," International Journal of Electrical Power & Energy System, Vol. 55, pp. 128-143, Feb 2014.

[9] N. Gupta, and K.R. Niazi, "*Distribution network reconfiguration for power loss minimization* and reliability improvement using TLBO algorithms" International Journal of Electrical Power & Energy System, Vol. 55, pp. 664-671, Jan 2016

[10] S. Nejatian, H. Parvin, M. Yasrebi and R. Omidvar "*A New Algorithm: Wild Mice Colony Algorithm*" Tabriz Journal of Electrical Engineering, Vol. 49, No. 1, pp. 425-437, July 2019.

رزومه

احسان اکبری در بروجرد متولد شده است (۱۳۶۶). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق- قدرت در دانشگاه مازندران(۱۳۸۹) و کارشناسی‌ارشد مهندسی برق- قدرت را در دانشگاه علوم و فنون مازندران(۱۳۹۲) سپری کرده است. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه ادوات FACTS، کیفیت توان الکتریکی، الکترونیک قدرت و کاربرد آن در سیستم‌های قدرت، تولیدات پراکنده و شبکه‌های توزیع هوشمند می‌باشد و در حال حاضر مربی گروه برق دانشگاه فنی و حرفه‌ای چرخکار بروجرد می‌باشد.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.1.5.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.1- Spring 2020
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-10]

زیرنویس‌ها

[1] Wild Mice Colony Algorithm
[2] Energy Not Supplied
[3] Customer Average Interruption Duration Index
[4] System Average Interruption Duration Index
[5] System Average Interruption Frequency Index

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-10]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.1.5.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.1- Spring 2020

Optimal Reconfiguration of Distribution System for Loss Reduction, Voltage Profile Improvement and Increase Reliability using Wild Mice Colony Algorithm

Ehsan Akbari[1]

1- Department of Electrical Engineering, Mazandaran University of Science and Technology, Babol, Iran, akbari.ieee@gmail.com

Abstract: Due to the low voltage level and as a result of high current, the distribution networks have high losses and high voltage drop, which has always been the biggest contributor to the losses and reduced reliability of the electricity distribution network. Various methods have been proposed to reduce losses, improve voltage profiles and increase reliability in these networks, one of which is redistribution. Rebuilding Distribution Networks with Switching Keys is to find the best combination of all switches in the network to minimize power losses and load balancing in situations where load distribution constraints, grid radial topology and The minimum voltage required is a very cost-effective and low cost method that reduces losses, improves voltage profiles and increases reliability in power distribution networks without adding additional equipment to the grid. Reliability calculations have used the Cut-Set method to speed up compared to the Monte Carlo method. The rearrangement of distribution networks is a large-scale nonlinear hybrid optimization problem involving a number of constraints. In this paper, a new meta-heuristic algorithm based on the behavioral pattern of wild mice is used to reconfiguration of power distribution networks to reduce losses, improve voltage profiles and increase reliability. The wild mice colony algorithm is a suitable algorithm for finding the optimal answer to complex problems. The effects of distribution system reconfiguration on two distribution networks 33 Bus and 69 Bus of IEEE standard are implemented and the results are evaluated.

Keywords: Wild Mice Colony Algorithm (WMC); Reconfiguration; Voltage Profile Improvement; Loss Reduction; Reliability.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2025-04-10]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1399.9.1.5.3]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 9-No.1- Spring 2020