ارائه روشی بر پایه الگوریتم ژنتیک جهت بازآرایی شبکه‌های توزیع با هدف کاهش تلفات انرژی

محسن استاد*[۱]،الهه مشهور[۲]،سید حمیدرضا آل محمد[۳]

*۱-گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، دزفول، ایران، mo_ostad@yahoo.com

۲-هیات علمی گروه برق، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، e.mashhour@scu.ac.ir

۳-دانشجوی کارشناسی ارشد برق، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، shm.alemohammad@yahoo.com

چکیده: بازآرایی شبکه های توزیع به معنی تغییر آرایش شبکه با تغییر وضعیت کلیدهای حالت عادی باز و حالت عادی بسته در شبکه می‌باشد که با اهداف مختلفی از جمله کاهش تلفات، متعادل سازی بار، بهبود پروفیل ولتاژ یا ترکیبی از این‌ها صورت می‌گیرد. بازآرایی در دو افق زمانی روزانه و فصلی صورت می‌گیرد. اغلب مطالعات انجام شده در این زمینه با تمرکز بر تلفات توان صورت گرفته است. با توجه به اهمیت تلفات انرژی از منظر اقتصادی، این مقاله روشی را جهت بازآرایی فصلی شبکه‌های توزیع شعاعی با هدف کاهش تلفات انرژی توسعه می‌دهد. همچنین با توجه به رویکردهای فعلی در صنعت برق ایران و انتظار افزایش حضور منابع تولید پراکنده (DG) در شبکه توزیع، بازآرایی شبکه توزیع در حضور DGها مورد مطالعه قرار می‌گیرد. مدل پیشنهادی با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل شده و کارایی آن با پیاده سازی بر شبکه تست ۳۲ شینه بررسی می‌گردد. نتایج حاصله اهمیت انتخاب تابع هدف پیشنهادی و موثر بودن آن را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: بازآرایی شبکه‌های توزیع، تلفات انرژی، الگوریتم ژنتیک، تولید پراکنده

۱-مقدمه

با توجه به تغییرات روزانه و فصلی بار، یک آرایش ثابت برای شبکه توزیع نمی‌تواند آرایش بهینه در تمام شرایط بهره‌برداری باشد، بر این اساس بازآرایی[۱] شبکه به عنوان روشی موثر جهت بهبود بهره برداری شبکه‌های توزیع موضوع مهمی است. اساس بازآرایی بر این اصل استوار است که چنانچه بتوان باتغییر در بخش‌هایی از سیستم توزیع برخی از بارها را از فیدری به فیدر دیگر انتقال داد به گونه ای که ساختار شعاعی شبکه حفظ شود، تلفات کاهش یافته و شرایط بهره برداری بهبود می‌یابد. این امر ضمن تعدیل بار بین پست‌ها، بهبودی پروفیل ولتاژ را به همراه دارد و از آن به بازآرایی شبکه تعبیر می‌شود. به بیان دیگر بازآرایی شبکه‌های توزیع در واقع تغییر توپولوژی شبکه با تغییر مناسب وضعیت کلیدهای سیستم است، که با حفظ ساختار شعاعی شبکه به منظور بهبود وضعیت سیستم صورت می‌گیرد.

بازآرایی شبکه یک مساله بهینه سازی با یک هدف و تعدادی قید می‌باشد. هدف بازآرایی می‌تواند کمینه سازی تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ ، بهبود شاخص تعادل بار شبکه یا ترکیبی از اینها باشد. قیود

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.5.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012

متداول مساله بازآرایی شامل دو دسته قیود بار و قیود بهره‌برداری هستند.

قیودبار: به معنای تامین قوانین KVL و KCL یا به عبارتی قیود پخش‌بار در شبکه می‌باشد.

قیود بهره‌برداری: اهم قیود بهره‌برداری شامل موارد زیر است:

۱- قیود حدود مجاز ولتاژ شین‌ها

۲- حدود مجاز توان‌های عبوری خطوط

۳- حداقل تعداد کلیدزنی

۴- حفظ ساختار شعاعی برای شبکه

۵- حد ظرفیت پست فوق توزیع

روش‌های کلی حل مساله بازآرایی شبکه به سه دسته کلی روش‌های ابتکاری، روش‌های ریاضی و روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی تقسیم می‌شوند که هریک از این روش‌ها خود دارای انواع گوناگون و ویژگی‌های مربوط به خود می‌باشند[۸ ، ۱۲].

در روش های ابتکاری[۸، ۹، ۱۰] بر اساس یک‌سری قوانین ابتکاری فضای جستجو کوچک شده و کلیه حالت‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. آرایش مناسب از بین همان حالت انتخاب شده به‌دست می‌آید. انتخاب کلید جهت تغییر وضعیت، به جریان عبوری از کلید وابسته می‌باشند[۲۱]. این نوع روش‌ها دارای سرعت بالا بوده در حل مسایل بزرگ از لحاظ سرعت کارایی خوبی دارند لیکن معمولا به حداقل‌سازی محلی منجر می‌شود و تضمینی برای پیدا کردن جواب بهینه جامع یا نزدیک آن وجود ندارد.

روش‌های ریاضی همه حالت‌های ممکن در باز و بسته کردن کلیدها را در نظر می‌گیرد و نسبت به روش‌های ابتکاری زمان‌بر و پیچیده‌ترند، ولی از لحاظ یافتن جواب مطمئن‌تر می‌باشند و به‌صورت معمول به آرایش بهینه و جامع منتهی می‌گردند. این روش‌ها مبتنی بر مدل[۲] هستند و برای انجام عملیات مشتق‌گیری نیازمند مدل دقیق سیستم می‌باشند. از آنجا که این روش‌هااز یک نقطه شروع به حرکت می‌کنند، احتمال گیر افتادن آنها در بهینه محلی زیاد است. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی اشاره کرد [۱۵ و ۱۶].

ازجمله روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توان به الگوریتم اجتماع پرندگان (PSO)، الگوریتم ژنتیک و ... اشاره کرد. بر خلاف روش‌های ریاضی این روش‌ها مبتنی بر جمعیت[۳]، بدون نیاز به مشتق‌گیری[۴] و مبتنی بر اطلاعات[۵] می‌باشند و از عملگرهایی بهره‌مند هستند که موجب می‌شود احتمال گیر افتادن آن در بهینه‌های محلی در مقایسه با روش‌های ریاضی خیلی کمتر باشد. لذا شانس خوبی برای رسیدن به نقطه نزدیک بهینه را دارند. البته معمولا سرعت هم‌گرایی در این روش‌ها پائین است ولی برای مسائلی که برای کاربرد زمان حقیقی مطرح نیستند، مثل بازآرایی فصلی روش‌های خوبی به شمار می‌روند.

ایده بازآرایی اولین بار در سال ۱۹۷۵ توسط مرلین وبک [۱] ارائه گردید. تابع هدف مورد نظر آن‌ها کاهش تلفات و متعادل سازی بار بود و از قواعد ابتکاری برای حل مساله استفاده شد. در روش پیشنهادی این مقاله، پس از بستن همه کلیدها، با استفاده از قوائد ابتکاری[۶]، کلیدهای دارای جریان کمتر، انتخاب و باز می‌شوند.

شیرمحمدی وهانگ [۸] روش کلید گشایی ترتیبی را که مبتنی بر الگوی پخش بهینه جریان[۷] است جهت بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان در شبکه توزیع ارائه دادند، که به تعبیری توسعه یافته روش مرلین و بک بود.

باران و همکاران نیز در سال ۱۹۸۹ [۱۰] روشی ابتکاری جهت بازآرایی شبکه های توزیع شعاعی با هدف کاهش تلفات و متعادل سازی بار فیدرها ارائه دادند. در این الگوریتم کلیدهای حالت عادی باز بر اساس افت ولتاژ دوسرشان به صورت نزولی مرتب می‌شوند. هر بار کلید با بیشترین افت ولتاژ بسته می‌شود و در حلقه حاصله کلیدی باز می شود که بیشترین کاهش تلفات را به همراه داشته باشد. روش‌های اخیر مبنای کلیه روش‌های ابتکاری بازآرایی شد که بعد از آن ارائه گردید. روند ابداع این روش‌ها تا به حال ادامه دارد و سعی بر آن است که با روش‌های مختلف هوشمند و غیر هوشمند آرایش شبکه موجود را با توابع هدف مختلف، ارتقا دهند. اهم تحقیقات دهه اخیر پیرامون موضوع بازآرایی به شرح ذیل است:

مرجع [۱۱] روشی جدید برای حل مسأله بازآرایی شبکه در حضور تولید پراکنده (DG) با هدف به حداقل رساندن تلفات اکتیو و بهبود پروفیل ولتاژ شبکه ارائه داده است. در این روش از الگوریتم جستجوی فرا اکتشافی هارمونی۸(HSA) به طور همزمان با بازآرایی شبکه به منظور شناسایی مکان‌های بهینه برای نصب و راه اندازی واحدهایDG در شبکه توزیع استفاده شده است.

مرجع [۱۲] روشی را برای بازآرایی شبکه توزیع همراه با پخش بار بهینه با هدف کاهش تلفات توان و متعادل سازی بار فیدرهای شبکه توزیع مشتمل بر واحدهای تولید پراکنده بر مبنای تجزیه بندرز ارائه داده است. قیود مطرح در این مساله شامل ظرفیت خطوط، حد توان حداقل و حداکثر پست‌های فوق توزیع، حداقل و حداکثر توان منابع تولید پراکنده، حد ولتاژ شین‌ها و حفظ ساختار شعاعی شبکه می‌باشد. مساله اصلی یک مساله برنامه ریزی غیرخطی آمیخته عددی است که ساختار شعاعی را برای شبکه تعیین می‌کند و مساله پیرو نیز یک مساله برنامه ریزی غیرخطی است که موجه بودن مساله اصلی را با استفاده از حل OPF تعیین می‌نماید و برش‌های بندرز را برای ارتباط دو مساله فراهم می‌نماید.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.5.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012

در مرجع [۱۴] روش پسرو پیشرو بهبود یافته و اعمال الگوریتم ازدحام ذرات ترکیبی(PSO) برای حل بازآرایی شبکه توزیع با هدف کاهش تلفات توان،به‌همراه واحدهای تولیدپراکنده ارائه شده است. این روش می‌تواند توانایی هم‌گرایی و بهینه سازیPSO سنتی را بهبود بخشد.ساده سازی شبکه بر اساس ویژگی‌های شبکه‌های توزیع و نظریه گراف می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که این روش می‌تواند قدرت انطباق راه حل پخش‌بار پویا[۱]رابهبود بخشد و سرعت محاسبات را دو برابر کند.علاوه بر این،وجودDG می تواند کاهش تلفات شبکه و افزایش ولتاژ گره‌ها را در بر داشته باشد.

مرجع [۱۳] الگوریتمی جهت بازآرایی شبکه با هدف کاهش تلفات توان به همراه جایابی خازن ارائه کرده است. روش ارائه شده یک الگوریتم ژنتیک تطبیقی برای بهینه سازی سوئیچینگ بانک‌های خازنی است که با یک تکنیک تبادل شاخه همراهی می‌شود تا ساختار بهینه شبکه را نیز تعیین نماید. در این روش کلیدهای ارتباطی یکی یکی بسته می‌شوند و در هر حلقه شاخه‌ای باز می‌شود که در نتیجه آن بیشترین کاهش تلفات حاصل گردد.

از آنجا که توالی بستن کلیدها روی ساختار بهینه شبکه و تلفات تاثیر دارد، مرجع[۱۷] روش ارائه شده در مرجع [۱۳] را برای جایابی خازن به همراه بازآرایی برای کاهش تلفات انرژی بسط داده به گونه‌ای که توالی بهینه بستن کلیدها با استفاده از الگوریتم ژنتیک تعیین می‌گردد. در هر حلقه ایجاد شده کلیدی باز می‌شود که بیشترین کاهش تلفات انرژی را به همراه داشته باشد. تابع هدف در یک مبنای اقتصادی محاسبه شده است که منعکس کننده هزینه تلفات انرژی برای یک بازه دوساله و هزینه خرید و نصب خازن می باشد. تلفات انرژی در یک مبنای واقعی محاسبه شده است ولی ایراد آن این است که یک الگوی بار ۲۴ ساعته برای مدت دو سال برای تمام ایام سال ثابت فرض شده و همچنین هزینه تلفات انرژی برای تمام ساعات این دو سال ثابت فرض شده است که با واقعیت های سیستم توزیع تطابق ندارد.

مطالعات موجود بطور غالب کاهش تلفات توان را به عنوان تابع هدف انتخاب نموده‌اند و مساله بازآرایی را برای یک نقطه (بار پیک) حل نموده‌اند، بدین ترتیب پاسخ بهینه ممکن است لزوماً از منظر کمینه سازی تلفات انرژی، بهینه نباشد. با توجه به اهمیت تلفات انرژی از دیدگاه اقتصادی، این مقاله به دنبال یافتن بهترین آرایش فصلی برای شبکه توزیع شعاعی با هدف کمینه سازی تلفات انرژی است و در این راستا الگوی فصلی بار را مدنظر قرار می‌دهد. بدین ترتیب آرایش استخراج شده برای هر فصل با واقعیت‌های سیستم تطابق بیشتری خواهد داشت.همچنین با توجه به رویکردهای فعلی در صنعت برق ایران و افزایش حضور DG[۱۰]ها در شبکه توزیع، این مقاله بازآرایی شبکه توزیع را با حضور DGها مورد مطالعه قرار می‌دهد.

۲-روش پیشنهادی

در این مقاله روشی جدید را بر مبنای الگوریتم ژنتیک جهت بازآرایی فصلی شبکه توزیع شامل تولید پراکنده با هدف کاهش تلفات انرژی توسعه شده است. الگوی بار فصل مورد مطالعه که مبنای محاسبه تلفات انرژی قرار می‌گیرد معلوم فرض می شود.

از آنجا که در شبکه‌های توزیع پسیو، منابع تولید پراکنده از مرکز کنترل مانیتور نمی‌شوند، لذا این واحدها به صورت شین PQ بهره‌برداری می‌شوند تا تداخلی در کنترل ولتاژ برای بهره برداران شبکه پیش نیاید. لذا در این مقاله فرض می‌شود که واحدهای تولید پراکنده به صورت شین PQ کنترل می‌شوند.

الف) تابع هدف

در روش پیشنهادی تابع هدف تلفات انرژی در مبنای روزانه بر اساس یک الگوی بار فصلی است که در روند بهینه سازی کمینه می‌شود و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$F_{obj} = \sum_{h=1}^{24} \sum_{i=1}^{b} r_i I_{i,h}^2 \qquad (۱)$$

در رابطه فوقr_iمقاومت شاخه iام، I_i جریان شاخه iام،b تعداد شاخه‌ها، hاندیس مبین ساعت می‌باشد.

ب) قیود مساله:

$$P_{i,t}(\theta_t, V_t) - P_{g,i,t} + P_{d,i,t} = 0 \,, t = 1:24 \qquad (۲)$$

$$Q_{i,t}(\theta_t, V_t) - Q_{g,i,t} + Q_{d,i,t} = 0 \,, t = 1:24 \qquad (۳)$$

$$V_i^{min} \le V_{i,t} \le V_i^{max} \qquad (۴)$$

$$S_{i-j,t} \le S_{i-j}^{max} \qquad (۵)$$

$$|E_{exch,t}| \le E_{exch}^{max} \qquad (۶)$$

در روابط فوق θ_t بردار زاویه ولتاژها، $\theta_{i,t}$زاویه ولتاژ در گره i، V_tبردار دامنه ولتاژها، $P_{g,i,t}$و$Q_{g,i,t}$توان‌های اکتیو و راکتیو تولیدیDGدر شین i، $P_{d,i,t}$و$Q_{d,i,t}$مصرف توان‌های اکتیو و راکتیو در شین i، $P_{i,t}$و$Q_{i,t}$تزریق توان‌های اکتیو و راکتیو در شین i، $E_{exch,t}$توان تبادلی با شبکه بالادست (شبکه فوق توزیع)و E_{exch}^{max}حداکثر مجاز تبادل توان با شبکه بالادست یا حدظرفیت ترانس فوق توزیع می‌باشد.

از آنجا که شبکه‌های توزیع معمولاً به صورت حلقوی طراحی می‌شوند ولی به صورت شعاعی بهره برداری می‌شوند، در بازآرایی شبکه‌های توزیع، باید ساختار شعاعی شبکه حفظ گردد. شرط لازم جهت بررسی شعاعی بودن شبکه این است که همه پست‌های توزیع مورد تغذیه قرار گیرند، هیچ مسیر بسته‌ای بین پست‌های فوق توزیع ایجاد نگردد و هیچ حلقه‌ای در شبکه ایجاد نشود.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.5.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012

ج) روش حل

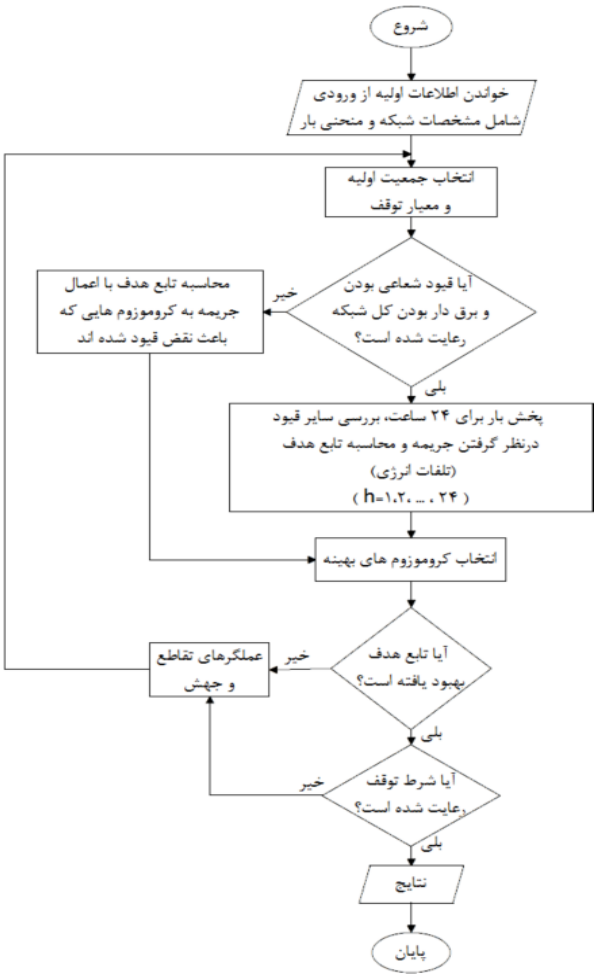
مسأله بهینه سازی فوق یک مسأله برنامه ریزی غیرخطی آمیخته با عدد صحیح[۱۱] می‌باشد. الگوریتم ژنتیک یک روش مبتنی بر جمعیت[۱۲]، بدون نیاز به مشتق گیری[۱۳] و مبتنی بر اطلاعات[۱۴] می‌باشد و از مزیت اپراتورهای ژنتیکی بهره‌مند است. به‌گونه ای که احتمال گیر افتادن آن در بهینه‌های محلی در مقایسه با روش‌های ریاضی کمتر است و شانس خوبی برای رسیدن به نقطه نزدیک بهینه را دارد [۱۸] و قیود مسأله براحتی در آن مدل می‌شوند. لذا در این مقاله از الگوریتم ژنتیک برای حل مساله استفاده شده است. در ادامه الگوریتم ژنتیک بکار گرفته شده بطور خلاصه توضیح داده شده است.

هر کروموزوم شامل وضعیت باز و بسته بودن کلیدها می‌باشد (صفر و یک).به ازاء هر کروموزوم ساختار متناظر استخراج و دو قید مهم تأمین همه بارها و حفظ ساختار شعاعی سیستم توسط زیر الگوریتم تشخیص نقاط فاقد تغذیه و وجود حلقه بررسی می‌شوند. با در نظر گرفتن الگوی بار، ۲۴ بار برنامه پخش بار اجرا می‌شود و در هر کدام، تلفات توان محاسبه می‌گردد. مجموع ۲۴ تلفات توان، تلفات انرژی را بدست می‌دهد. بر اساس هر برنامه پخش بار مقدار تبادل توان با شبکه بالادست محاسبه و قید مربوطه چک می‌شود. محدودیت‌های ولتاژها و توان‌های انتقالی نیز بر اساس نتایج پخش بار چک می‌شوند. بعد از بررسی کردن تمام قیود، تابع هدف محاسبه و در صورت نقض قیود، جریمه اعمال می‌گردد. جریمه درنظر گرفته شده برای نقض همه قیود یکسان نیست و با توجه به اهمیت بالای حفظ ساختار شعاعی سیستم و تامین تمام بارها، جریمه اعمال شده برای نقض این دو قید، ۱۰ برابر جریمه درنظر گرفته شده برای نقض سایر قیود می‌باشد.

در فرآیند تولید مجدد از چرخه رولت برای تولید فرزند برای نسل بعد استفاده می‌شود. با استفاده از روش تنظیم و تست نرخ عملگرهای تقاطع و جهش به ترتیب ۰/۸ و ۰/۲ تعیین شده است.

معیار پایان الگوریتم پیشنهادی، تغییر نکردن برازنده‌ترین جواب برای تعداد مشخصی از تولید، انتخاب شده است، که به نظر می‌آید نسبت به معیارهای دیگر مناسب‌تر است. اما برای اطمینان بیشتر از این‌که تغییر نکردن برازنده‌ترین جواب برای مدت زیاد، به علت قرار داشتن در یک نقطه بهینه محلی نیست، از تحریک اضافی آخرین جواب نیز استفاده شده است. بدین‌صورت که اگر برای تعداد تکرارهای مشخصی برازنده‌ترین جواب تغییری نکرد، با استفاده از یک تحریک اضافی مناسب، نوسان زیادتری در اطراف جواب بدست آمده ایجاد می‌شود. به عبارت بهتر، در این حالت رشته‌های متنوع‌تری تولید شده تا چنانچه نقاط بهتری در فضای جستجو وجود دارد، امکان یافتن آن‌ها فراهم شود و اگر بعد از تحریک اضافی و با گذشت تعداد مشخصی از تولید، همان جواب قبلی بدست آید آن‌گاه الگوریتم خاتمه می‌یابد.

روند نمای روش پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. روند نمای الگوریتم پیشنهادی

۳-نتایج مطالعات شبیه‌سازی:

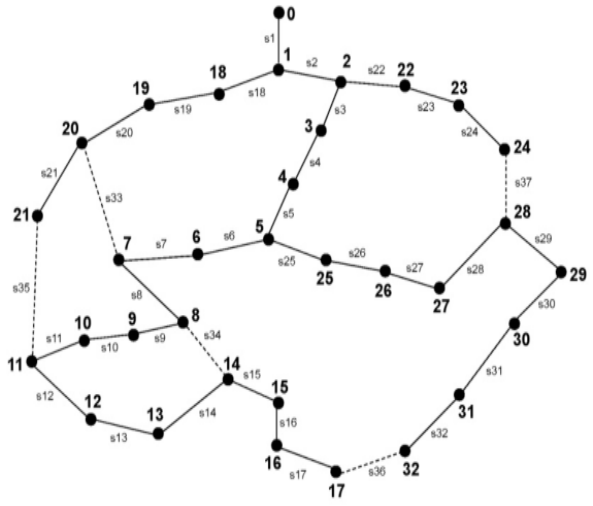
الگوریتم پیشنهادی در محیط نرم افزار MATLAB7.10.0 شبیه سازی شده و جهت اجرای آن از کامپیوتر شخصی Dual core ، CPU2.00GHz استفاده شده است. از شبکه ۳۲شینه که از مرجع [۱۲] استخراج شده برای اعتبارسنجی روش پیشنهادی استفاده شده است. این شبکه دارای ۳۲ گره بار و ۵کلید حالت عادی باز است و فرض می‌شود روی هر کدام از شاخه‌های شبکه یک کلید حالت عادی بسته وجود دارد. سطح ولتاژ ۱۲/۶۶ کیلوولت وتوان مبنا برای آن ۱۰ مگا ولت آمپر فرض می‌شود. دیاگرام تک‌خطی شبکه موردنظر در شکل (۲) آمده است و سایر اطلاعات آن شامل

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.5.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012

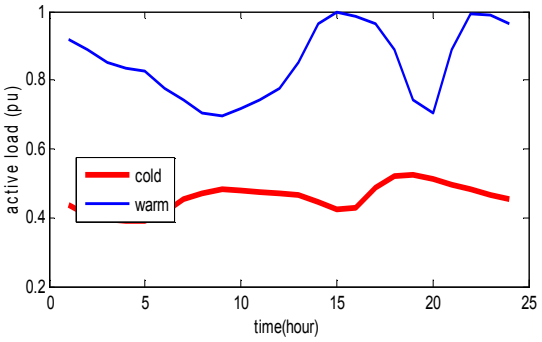
امپدانس خطوط و بار گره ها در ساعت پیک در مرجع [۱۰] ارائه شده است. الگوی بار فرضی روزانه این شبکه برای دو فصل سرد و گرم مشابه الگوی بار شرکت توزیع نیروی برق خوزستان در نظر گرفته شده و در شکل (۳) نشان داده شده است [۱۹]. برای محاسبه بار ساعت‌های مختلف در روز متناظر با فصل گرم و فصل سرد، بار گره ها در ضرایب متناظر بر اساس منحنی شکل (۳) ضرب می‌شوند.

همچنین برای بررسی حالت های مختلف، این شبکه تغییر داده شده و فرض می شود سه عدد خازن با ظرفیت‌های۰/۳۲۶۶، ۰/۳۰۴۹، ۰/۹۶۸۴ مگاوار به ترتیب در شین‌های شماره ۵، ۷ و ۲۹ قرار گرفته‌اند.همچنین سه مولد تولید پراکنده به ظرفیت‌های ۰/۵۵۸۶ ، ۰/۵۲۸۵ و ۰/۵۸۴۰ مگاوات به ترتیب در شین‌های ۳۰، ۳۱ و ۳۲ قرار گرفته‌اند که با ضریب قدرت ۰/۹ بهره برداری می‌شوند. این مقادیر از مرجع [۱۱] استخراج شده است.

بر اساس نتایج پخش بار، تلفات توان در شبکه اولیه(بدون حضور خازن و DG) در وضعیت بار پیک، برابر ۲۰۲/۶۷ کیلووات و تلفات انرژی در ۲۴ ساعت معادل ۳۵۰۱/۸۳ کیلووات ساعت می‌باشد. حداقلو حداکثر ولتاژ شین‌ها به ترتیب ۰/۹۱۳۱ و ۱ در مبنای پریونیت است، در شین‌های شماره ۱۷ و ۰ می‌باشد. همچنانکه ملاحظه می شود، در بعضی از گره ها حد پائین مجاز ولتاژ نقض شده است.



شکل ۲. دیاگرام تک‌خطی شبکه آزمون ۳۲ شینه



شکل ۳. الگوی بار شبکه ۳۲ شینه برای دو حالت فصل سرد و گرم

۳-۱-اعتبار سنجی نتایج پیشنهادی

معیار سنجش کارایی روش پیشنهادی نتایج نهایی حاصله از این روش با دیگر روش‌ها می‌باشد. با توجه به اینکه مراجع مرور شده موجود بازآرایی را با هدف کاهش تلفات انجام داده اند، به منظور اعتبار سنجی روش حل؛ نتایج حاصل از بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان را با نتایج سایر مراجع مقایسه می کنیم. برای این منظور اگر در روندنمای شکل (۱) برنامه پخش بار به جای ۲۴ ساعت فقط یک‌بار (آن هم برای بار پیک) اجرا شود در حقیقت بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان انجام خواهد شد. جدول (۱) مقایسه نتایج بین این روش و چند روش دیگر که همه آن‌ها در این شبکه و با همین اطلاعات (بدون حضور DG) پیاده سازی شده‌اند را نشان می‌دهد. همچنان‌که ملاحظه می‌شود الگوریتم پیشنهادی به آرایشی مشابه مراجع [۱۰] و [۱۵] منجر شده است و از نتایج مرجع [۹] بهتر می باشد.

جدول ۱. مقایسه نتایج اجرای الگوریتم پیشنهادی با مراجع [۹ و ۱۰]

نوع روش	خطوط باز شده	تلفات (کیلووات)
روش ارایه شده توسط [۱۰]Baran	۹-۳۷-۳۲-۱۴-۷	۱۳۹.۵۵
روش ارایه شده توسط [۹]Shirmohammadi	۱۰-۳۷-۳۲-۱۴-۷	۱۴۰.۲۸
روش پیشنهادی	۹-۳۷-۳۲-۱۴-۷	۱۳۹.۵۵

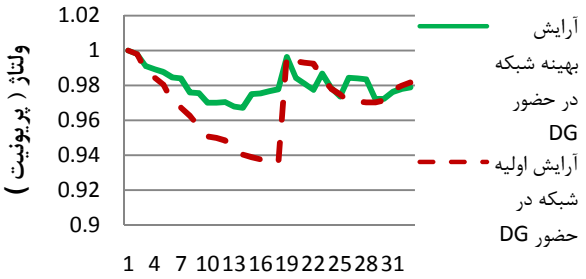
۳-۲-بازآرایی شبکه ۳۲ شینه تغییر یافته در فصل گرم

حالت اول:فرض می‌شود فقط واحد های تولید پراکنده معرفی شده فوق در شبکه حضور دارند. در این قسمت یک بار بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان انجام شده و برای آرایش بهینه حاصله، تلفات

[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.5.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]

انرژی روزانه بر اساس منحنی بار معرفی شده در شکل (۳) محاسبه شده است. نتایج حاصله در جدول (۲) نشان داده شده است.ملاحظه می‌گردد که پس از اجرای الگوریتم پیشنهادی تلفات توان شبکه از ۷۴/۸۷ کیلووات در آرایش اولیه به ۴۷/۰۷ کیلووات در آرایش بهینه الگوریتم پیشنهادی کاهش یافته است. همچنین تلفات انرژی از ۱۵۴۸/۵۲ در آرایش اولیه به ۹۶۰/۷۶ در آرایش بهینه الگوریتم پیشنهادی رسیده است. شکل (۴) پروفیل ولتاژ شبکه را در آرایش اولیه شبکه (در حضورDG ها) با آرایش بهینه الگوریتم پیشنهادی در این حالت مقایسه می نماید. همچنان‌که مشاهده می‌شود کمترین ولتاژ شین‌ها نیز از ۰/۹۳۵۰ پریونیت در شین ۱۷ به ۰/۹۶۷۱ پریونیت در شین شماره ۱۳ افزایش یافته است.

سپس بازآرایی با هدف کاهش تلفات انرژی انجام شده است، جدول (۳).



شکل ۴.مقایسه پروفیل ولتاژ شبکه در آرایش اولیه و آرایش بهینه الگوریتم پیشنهادی در فصل گرم

جدول ۲. نتایج حاصل از بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان روی شبکه ۳۲ شینه تغییر یافته (فقط حضور DGها) در فصل گرم

پارامترها	قبل از بازآرایی	آرایش بهینه الگوریتم پیشنهادی
کلیدهای باز	۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶،۳۷	۷، ۹، ۱۴، ۲۸، ۳۴
تلفات توان (کیلووات)	۷۴.۸۷	۴۷.۰۷
تلفات انرژی (کیلووات ساعت)	۱۵۴۸.۵۲	۹۶۰.۷۶
درصد بهبود تلفات توان	۳۷.۱۳	
درصد بهبود تلفات انرژی	۳۷.۹۶	

جدول ۳. نتایج بازآرایی شبکه ۳۲ شینه تغییر یافته (فقط حضور DGها) با هدف کاهش تلفات انرژی برای فصل گرم

	قبل از بازآرایی	بعد از بازآرایی
کلیدهای باز	۷-۱۴-۳۲-۳۷-۹	۷-۹-۱۳-۳۴-۳۷
تلفات انرژی (kwh)	۱۵۴۸.۵۲	۹۶۱.۶۰
درصد بهبود تلفات انرژی	۳۷.۹	

همچنانکه ملاحظه می‌شود آرایش بهینه الگوریتم پیشنهادی (با هدف کاهش تلفات انرژی) بسیار نزدیک به آرایش بهینه در حالتی است که بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان انجام شده است.

حالت دوم:فرض می شود فقط خازن های معرفی شده فوق در شبکه حضور دارند. در این قسمت یک بار بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان انجام شده و برای آرایش بهینه حاصله، تلفات انرژی روزانه بر اساس منحنی بار معرفی شده در شکل (۳) محاسبه شده است . نتایج حاصله در جدول (۴) نشان داده شده است. سپس بازآرایی با هدف کاهش تلفات انرژی انجام شده است، جدول (۵).

جدول ۴. نتایج حاصل از بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان روی شبکه ۳۲ شینه تغییر یافته (فقط حضور خازنها) در فصل گرم

پارامترها	قبل از بازآرایی	آرایش بهینه الگوریتم پیشنهادی
کلیدهای باز	۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷	۷، ۹، ۱۴، ۳۲، ۳۷
تلفات توان (کیلووات)	۱۱۴.۰۲	۸۰.۶۶
تلفات انرژی (کیلووات ساعت)	۲۴۰۱.۸۸	۱۷۱۲.۳۹
درصد بهبود تلفات توان	۲۹.۲۶	
درصد بهبود تلفات انرژی	۲۸.۷۱	

جدول ۵. نتایج بازآرایی شبکه ۳۲ شینه تغییر یافته (فقط حضور خازنها) با هدف کاهش تلفات انرژی برای فصل گرم

	قبل از بازآرایی	بعد از بازآرایی
کلیدهای باز	۷-۱۴-۳۲-۳۷-۹	۷-۹-۱۳-۳۴-۳۷
تلفات انرژی (kwh)	۲۴۰۱.۸۸	۱۶۷۹.۹۱
درصد بهبود تلفات انرژی	۳۰.۰۵	

همچنان که ملاحظه می شود، تلفات انرژی در آرایش بهینه الگوریتم پیشنهادی (با هدف کاهش تلفات انرژی) بهتر از آرایش بهینه در حالتی است که بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان انجام شده است.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.5.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]

۳-۳-بازآرایی شبکه ۳۲ شینه تغییر یافته در فصل سرد

در این قسمت نیز دو حالت فرض می شود. حالت اول فقط خازن ها در شبکه تغییر یافته حضور دارند و در حالت دوم فقط واحدهای تولید پراکنده در شبکه تغییر یافته حضور دارند. با اعمال ضرایب منحنی متناظر با فصل سرد مطابق شکل (۳) به بار گره های مختلف شبکه، الگوی بار روزانه فصل سرد محاسبه و بازآرایی بر آن اساس انجام شده است. نتایج بازآرایی شبکه ۳۲ شینه تغییر یافته در فصل سرد با دو هدف کاهش تلفات توان و کاهش تلفات انرژی برای حالت های اول و دوم به ترتیب در جداول (۶) و (۷) ارائه شده است.

جدول ۶. مقایسه نتایج بازآرایی شبکه ۳۲ شینه تغییر یافته (فقط حضور خازن ها) با هدف کاهش تلفات توان و کاهش تلفات انرژی در فصل سرد

تابع هدف	کاهش تلفات توان	کاهش تلفات انرژی
کلیدهای باز	۷-۹-۱۴-۳۲-۳۷	۷-۹-۱۴-۲۸-۳۵
تلفات انرژی روزانه در آرایش بهینه (کیلووات ساعت)	۷۹۰.۵۷	۶۱۸.۷۷
درصد بهبود تلفات انرژی	۲۱/۷۳	

جدول ۷. مقایسه نتایج بازآرایی شبکه ۳۲ شینه تغییر یافته (فقط حضور DG ها) با هدف کاهش تلفات توان و کاهش تلفات انرژی در فصل سرد

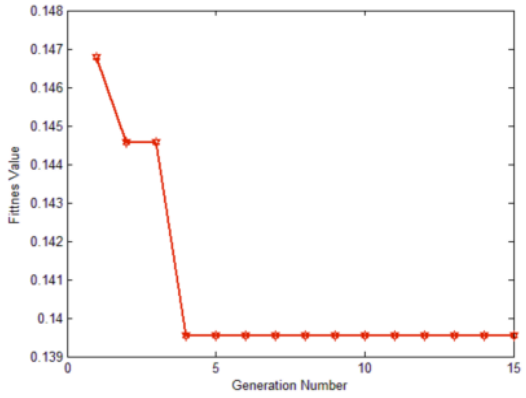
تابع هدف	کاهش تلفات توان	کاهش تلفات انرژی
کلیدهای باز	۷-۹-۱۴-۲۸-۳۴	۷-۱۰-۱۲-۲۵-۳۳
تلفات انرژی روزانه در آرایش بهینه (کیلووات ساعت)	۳۷۸.۱۰	۲۴۲.۲۵
درصد بهبود تلفات انرژی	۳۵/۹۲	

همچنانکه ملاحظه می گردد، وقتی بازآرایی با هدف کاهش تلفات انرژی انجام شده است، تلفات انرژی روزانه در مقایسه با حالتی که در آن بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان انجام شده، در جداول (۶) و (۷) به ترتیب حدود ۲۲٪ و ۳۶٪ کاهش داشته است.

بطور کلی باید گفت وقتی بازآرایی با هدف کاهش تلفات انرژی انجام می‌شود تلفات انرژی ۲۴ ساعته در آرایش بهینه در اغلب موارد کمتر از حالتی است که بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان انجام می‌شود. باید گفت اگرچه بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان که با توجه به بار ساعت پیک صورت می‌گیرد تلفات پیک را بیشتر کاهش داده و در حقیقت مصرف ساعت پیک را بیشتر کاهش می‌دهد، کار ارزشمندی است، لیکن در بقیه ساعات ممکن است باعث افزایش تلفات انرژی شود که از منظر اقتصادی مطلوب نیست.

۴-۳-روند همگرایی الگوریتم

با توجه به نتایج محاسبات، متوسط زمان اجرای الگوریتم (در ده بار اجرای الگوریتم) برای شبکه ۳۲ شینه در حالت‌های مختلف، حداکثر ۲۹ دقیقه بوده است. شکل (۵) روند همگرایی الگوریتم ژنتیک برای بازآرایی شبکه ۳۲ شینه با هدف کاهش تلفات انرژی در فصل گرم را نشان می دهد. طبیعتاً در شبکه‌های عملی این زمان افزایش می‌یابد اما با پیشرفت تکنولوژی الکترونیک و استفاده از کامپیوترهای با CPU قوی‌تر می‌توان این زمان را کاهش داد. البته از آنجا که بازآرایی به صورت فصلی انجام می‌شود افزایش زمان همگرایی با افزایش ابعاد سیستم نگران کننده نیست.



شکل ۵. روند همگرایی الگوریتم ژنتیک برای شبکه ۳۲ شینه باهدف کاهش تلفات انرژی در فصل گرم

۴-نتیجه‌گیری

در این مقاله مدلی جهت کاهش تلفات انرژی به منظور بازآرایی شبکه‌های توزیع مشتمل بر واحدهای تولید پراکنده، بر پایه الگوریتم ژنتیک توسعه داده شد.تلفات انرژی بر اساس نتایج پخش بار و با توجه به منحنی بارشبکه محاسبه می‌شود. الگوریتم پخش بار مورد استفاده الگوریتم پخش بار پس رو- پیش رو می‌باشد که دارای ویژگی همگرایی بسیار خوبی است و از سرعت و دقت خوبی نیز برخوردار است.

نتایج حاصله نشان می دهد که در حالت کلی وقتی بازآرایی با هدف کاهش تلفات انرژی انجام می‌شود تلفات انرژی ۲۴ ساعته در

[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.5.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]

آرایش بهینه در اغلب موارد کمتر از حالتی است که بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان انجام می‌شود. باید گفت اگرچه بازآرایی با هدف کاهش تلفات توان که با توجه به بار ساعت پیک صورت می‌گیرد تلفات پیک را بیشتر کاهش داده و در حقیقت مصرف ساعت پیک را بیشتر کاهش می‌دهد، کار ارزشمندی است، لیکن در بقیه ساعات ممکن است باعث افزایش تلفات انرژی شود که از منظر اقتصادی مطلوب نیست.

مراجع

[1] A. merlin and H. Back, Search for a Minimal Loss Operating Spanning Tree Configuration in Urban Power Distribution System, Proc.5, Power System Computational Conference, Cambridge, UK, pp. 1-18, 1975.

[2] C. H. Castro, J. Bunch, and T. Topka, Generalized algorithms for distribution feeder deployment and sectionalizing, IEEE Trans on PAS, Vol. 99, No. 2,pp. 549-557, 1980.

[3] Ch. Ch. Liu, S. J. Lee, and K. Vu, Loss minimization of distribution feeders: optimality and algorithms, IEEE Trans on PWRD. Vol. 9, No. 4, 1989.

[4] J. T. Boardman, and C. C. Meckiff, A branch and bound formulation to an electricity distribution planning problem, IEEE Trans on PAS, Vol. 104, No. 8, pp. 2112-2118, 1985.

[5] T. Gonen, and I. J. Ramirez-Rosado, Optimal multi-stage planning of power distribution systems, IEEE Trans on PWRD, Vol. 2, No. 2, pp. 512-519, 1987.

[6] K. Aoki, H. Kuwabara, T. Satoh, and M. Kanezashi, An efficient algorithm for load balancing of transformers and feeders by switch operation in large scale distribution systems, IEEE Trans. On PWRD, Vol. 3, No. 4, pp. 1865-1872, 1988.

[7] M. Papadopoulos, N. D. Hatiargriou, and M. E. Papadakis, Graphics aided interactive analysis of radial distribution networks, IEEE Trans on PWRD, Vol. 2, No. 4, pp. 1297-1302, 1987.

[8] D. Shirmohammadi, and D. W. Hong, Reconfiguration of electric distribution networks for resistive line losses reduction, IEEE Trans. On PWRD, Vol. 4, No. 2, pp. 1492-1498, 1989.

[9] S. Civanlar, J. J. Grainger, H. Yin, and S. S. H. Lee, Distribution feeder reconfiguration for loss reduction, IEEE Trans. On PWRD, Vol. 3, No. 3, pp. 1217-1223, 1989.

[10] M. E. Baran and F. wu, Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing , IEEE Trans. Power Del., Vol.9, no. 4, pp. 1401-1407, 1989.

[11] R. S. Rao, K. Ravindra, and S. V. L. Narasimham, Power Loss Minimization in Distribution System using Network Reconfiguration in the Presence of Distributed Generation, IEEE Trans. On Power Syst., Vol. 28, No. 1,pp. 317-325, 2013.

[12] H. M. Khodr, J. Martinrz-Crespo, M. A. Matos, and J. Prereira, Distribution Systems Reconfiguration Based on OPF Using Benders Decomposition, IEEE Trans. On PWRD, Vol. 24, No. 4, pp. 2166-2176, 2009.

[13] D. Zhang, Z. Fu, and L. Zhang, Joint optimization for power loss reduction in distribution, IEEE Trans. on Power Systems, Vol 23, no. 1, pp. 161-169,. 2008.

[14] J. J. Wang, L. Lin, L. J. Yong, Reconfiguration of Distribution Network with Dispersed Generators Based on Improved Forward- backward Sweep Method, Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, pp. 1-5, 2010.

[15] S.M. Moghaddas-Tafreshi, E. Mashhour, Distributed generation modeling for power flow studies and a three-phase unbalanced power flow solution for radial distribution systems considering distributed generation, Electric. Power Syst. Res. Vol. 79, pp. 680-686, 2009.

[16] Ch. R. Wang, Y. E. Zhang, Distribution Network Reconfiguration Based on modified Particle Swarm Optimization algorithm, International Conference on, pp. 2076-2080, 2006.

[17] V. Farahani, B. Vahidi, H. A. Abyane, Reconfiguration and Capacitor Placement Simultaneously for Energy Loss Reduction based on an Improved Reconfiguration Method, IEEE Trans. On Power Syst., Vol. 27, No. 2,pp.587-595, 2012.

[18] M. Gen, R. Cheng, Genetic algorithms and engineering optimization, International Conference, 2000.

[19] گزارشات دفتر بازار برق، شرکت توزیع نیروی برق استان خوزستان

[20] اطلاعات شبکه توزیع برق شهرستان دشت آزادگان ، بانک اطلاعات شبکه، شرکت توزیع برق خوزستان

[21] بی‌تعب، طراحی بهینه شبکه‌های توزیع نیرو با استفاده از الگوریتم ژنتیک، ششمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق، جلد ۱، ۱۰۱-۱۱۱، ۱۳۷۵.

[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.5.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]

رزومه



محسن استاد در دزفول متولد شده است (۱۳۶۶)، تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی (۱۳۸۹) و کارشناسی ارشد مهندسی برق-قدرت از دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول (۱۳۹۲) سپری کرده است. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه سیستم‌های توزیع و بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت است. و در حال حاضر در شرکت توزیع استان خوزستان مشغول به کار می‌باشد.



الهه مشهور دارای مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی برق-قدرت از دانشگاه شهید چمران اهواز و مدرک دکتری مهندسی برق-قدرت از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی است و در حال حاضر عضو هیات علمی دانشگاه شهید چمران اهواز می‌باشد. زمینه های تحقیقاتی ایشان شامل بهره برداری سیستم های قدرت، شبکه های توزیع فعال، مدیریت سمت تقاضا، بازار برق، انرژی های نو و سیستم های هوشمند می‌باشد.



حمیدرضا آل‌محمد در اهواز متولد شده است (۱۳۶۹)، تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی (۱۳۹۱) و کارشناسی ارشد مهندسی برق-قدرت از دانشگاه شهید چمران اهواز (۱۳۹۳) سپری کرده است. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه اتوماسیون سیستم‌های توزیع و بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت است.

زیرنویس ها

[۱] Reconfiguration
[۲] Model-Based.
[۳] Population-Based.
[۴] Free Derivative.
[۵] Data-Based.
[۶] Heuristic
[۷] Optimum Flow Pattern
[۸] meta Heuristic Harmony Search Algorithm
[۹] Dynamic
[۱۰] Distributed Generation
[۱۱] Nonlinear Mixed-Integer Programming.
[۱۲] Population-Based.
[۱۳] Free Derivative.
[۱۴] Data-Based.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.5.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012