Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 0:58 +0330 on Thursday July 10th 2025

جایابی بهینه UPFC در سیستم‌های قدرت با استفاده از بهینه‌سازی مبتنی بر جغرافیای زیستی (BBO)

عبدالرضا رشیدی *[۱]، امیرحسین رحمانی[۲]، افشین لشکرآرا[۳]

*۱- کارشناس‌ارشد برق، گروه برق، دانشکده تحصیلات تکمیلی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول ، rashidi.areza@yahoo.com
۲- گروه برق، دانشکده تحصیلات تکمیلی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول ،a_h_rahmani@yahoo.com
۳- گروه برق، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، Lashkarara@iust.ac.ir

چکیده: این مقاله کاربرد بهینه‌سازی مبتنی بر جغرافیای زیستی (BBO) برای پیدا کردن محل مناسب و تنظیم پارامترهای کنترلی عنصر کنترل کننده یکپارچه‌ی توان(UPFC) به منظور حداقل نمودن هزینه‌های تولید و تلفات توان حقیقی در یک سیستم قدرت را نشان می‌دهد. UPFC یکی از کامل ترین و جامع ترین ادوات FACTS می‌باشد که محققان زیادی برای کنترل پخش بار و کاهش تلفات سیستم از آن استفاده کرده‌اند. BBO یک الگوریتم تکاملی جدید است که بر اساس ریاضیات جغرافیای زیستی می‌باشد. جغرافیای زیستی توضیح می‌دهد چگونه گونه‌ها از یک جزیره به دیگری مهاجرت می‌کنند، گونه‌های جدید چگونه بوجود می‌آیند و چگونه منقرض می‌شوند. الگوریتم پیشنهادی با استفاده از نرم افزار MATLAB بر روی شبکه ۱۴ شینه IEEE برای جایابی بهینه و تنظیم پارامترهای UPFC انجام گردیده است. نتایج بدست آمده کارایی و توانایی الگوریتم BBO را در مکان‌یابی UPFC نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: جغرافیای زیستی، پخش بار بهینه، جایابی بهینه و کنترل کننده یکپارچه توان .

۱- مقدمه

هدف از ایجاد یک سیستم قدرت، تحویل مطمئن انرژی الکتریکی به مصرف‌کنندگان می‌باشد به گونه‌ای که انرژی تحویل شده از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و همچنین از نظر کیفیت مطلوب و از ایمنی لازم برخوردار باشد. برای این منظور روش‌های حل و پخش توان بهینه با تغییر الگوهای بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت به طور وسیعی به کار رفت. از آنجاییکه تغییرات بار به سرعت در حال تغییرات روز افزون می‌باشد و اضافه کردن سیستم‌های انتقال جدید به دلایل اقتصادی و زیست‌محیطی دارای محدودیت‌هایی می‌باشد استفاده از ادوات FACTS برای افزایش ظرفیت خطوط انتقال بدون احداث خطوط جدید در سال‌های اخیر اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. به گونه‌ای که تحقیقات وسیعی پیرامون پخش بار بهینه در حضور ادوات FACTS در سیستم‌های قدرت انجام شده است و با توجه به تاثیر حضور این ادوات، تعیین مکان نصب آنها از اهمیت بالایی برخوردار بوده و یکی از مهمترین مسایل در بهبود عملکرد سیستم‌های انتقال می‌باشد. کاهش هزینه تولید، کاهش تلفات توان اکتیو، بهبود حد پایداری و افزایش ظرفیت انتقال و جلوگیری از فروپاشی توان برخی از فاکتورهایی هستند که در انتخاب محل و پارامترهای بهینه این ادوات در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین الگوریتم پخش بار بهینه (OPF) مورد استفاده باید با در نظر گرفتن یک یا تمام فاکتورهای ذکر شده بالا با ادوات FACTS ترکیب شود. پخش بار بهینه اولین بار در سال ۱۹۶۲ معرفی گردید. هدف اصلی یک برنامه OPF تعیین تنظیمات بهینه در یک سیستم قدرت به منظور بهینه نمودن توابع هدف سیستم می‌باشد در حالی که معادلات سیلان توان و محدودیت‌های ایمنی و کاری تجهیزات را ارضا می‌کند. با توجه به توابع هدف انتخاب شده و محدودیت‌ها، فرمول بندی‌های ریاضی مختلفی برای حل مسائل OPF وجود دارد. تکنیک‌های مختلف از جمله روش‌های کلاسیک که برای حل مسائلOPF به کار رفته‌اند عبارتند از: برنامه ریزی غیر خطی (NLP)[۱]، برنامه ریزی

خطی(LP)[۲]، برنامه ریزی درجه دوم (QP)[۳]، روش گرادیان[۴]، روش نیوتن[۵] و روش‌های نقطه داخلی(IPMs)[۶]. تکنیک‌های بهینه‌سازی کلاسیک به کار رفته برای حل مسائل با توابع هدف و قیود جدا نشدنی، غیر محدب و ناهموار ناموفق بوده‌اند. با ظهور روش‌های تکاملی جدید در مسائل بهینه‌سازی و جهت غلبه بر برخی از اشکالات روش‌های کلاسیک استقبال گسترده‌ای از این روش‌ها شده است. روش‌های جستجوی هوشمند و تکاملی مانند: الگوریتم ژنتیک(GA)[۷]، برنامه ریزی تکاملی(EP)[۸]، بهینه‌سازی کلنی مورچگان(ACO)[۹]، بهینه‌سازی ذرات معلق (PSO)[۱۰] و الگوریتم تکامل تفاضلی (DE) [۱۱] برای حل مسائل مختلف OPF به کار رفته‌اند.

نصب ادوات FACTS در محل‌های مناسب باعث افزایش کنترل‌پذیری سیستم‌های قدرت می‌شود اما برای تحلیل سیستم قدرت شامل ادوات FACTS الگوریتم‌های OPF موجود باید اصلاح شوند. به طور مختصر برخی از کارهای انجام شده در این زمینه را عنوان می‌کنیم. در [۱۲] الگوریتم ژنتیک برای جایابی بهینه یک مجموعه از جابجاگرهای فاز به کار رفته است. در [۱۳] الگوریتم ژنتیک (GA) برای جایابی بهینه ادوات FACTS چندگانه ارائه گردیده است. بهینه‌سازی‌ها روی سه پارامتر محل نصب ادوات، نوع آنها و مقادیر آنها انجام شده است. بارپذیری سیستم به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شده است. با این حال هزینه نصب و نگهداری عناصر در نظر گرفته نشده و تعداد عناصر نصب شده قبل از بهینه‌سازی مشخص گردیده است. در [۱۴] جایابی بهینه UPFC با استفاده از یک رویکرد عملی بر مبنای روش ضرایب لاگرانژ انجام گرفته است و تابع هدف روش مطرح شده هزینه سرمایه گذاری ادوات و تلفات توان حقیقی را نیز در بر دارد. در [۱۵] جردهی و جورابیان، از استراتژی تکاملی(ES) برای جایابی بهینه ادوات FACTS در سیستم‌های قدرت استفاده نموده‌اند. هدف از بهینه‌سازی حداکثر نمودن بار پذیری سیستم بوده و عناصر مختلفی از جمله SVC ، TCSC و UPFC در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. در[۱۶] لشکرآرا و همکارانش با استفاده از روش محدودیت ε یک الگوریتم بهینه‌سازی چند هدفه برای جایابی بهینه کنترل کننده‌های سری موازی FACTS مطرح نموده‌اند. تابع هدف در این تحقیق شامل هزینه سوخت، تلفات توان و بار پذیری سیستم با و بدون در نظر گرفتن هزینه نصب ادوات FACTS می‌باشد. برخی دیگر از کارهای انجام شده عبارتند از: جایابی بهینه چندگانه ادوات FACTS به روش برنامه ریزی تکاملی(EP) [۱۷ و ۱۸] ، جایابی بهینه ادوات FACTS با استفاده ازالگوریتم(PSO) [۱۹ و ۲۰]، روش جستجوی تابو (TS) و سرد شدن فلزات (SA) [۲۱] و جایابی بهینه UPFC با استفاده از الگوریتم مصون سازی(IM)[۲۲].

روش بهینه‌سازی مبتنی بر جغرافیای زیستی (BBO[1]) در سیستم‌های قدرت تاکنون برای حل مسائل توزیع اقتصادی بار(ELD) [۲۳] و پخش بار بهینه [۲۴] استفاده گردیده است. در این مقاله ما عنصر UPFC را به منظور کاهش هزینه تولید و تلفات توان اکتیو جایابی بهینه نموده و سپس پخش بار بهینه با حضور این عنصر در مکان پیشنهادی با روش BBO را انجام داده و پارامترها و متغیرهای کنترلی بهینه را بدست می‌آوریم. الگوریتم پیشنهادی با استفاده از سیستم‌های استاندارد IEEE شبیه سازی و تست شده است.

پیکربندی این مقاله بدین صورت است که در بخش دوم به بهینه‌سازی مبتنی بر جغرافیای زیستی پرداخته شده است. در بخش سوم مدل تزریق توان عنصر UPFC نشان داده شده است. در بخش چهارم فرمول بندی مسئله که شامل پخش بار بهینه در حضور UPFC با استفاده از BBO و روش پیشنهادی جهت جایابی بهینه این ادوات بیان شده است. در بخش پنجم نتایج حاصل از شبیه سازی الگوریتم پیشنهادی روی شبکه ۱۴ شین IEEE آورده شده است. و در نهایت نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۲- بهینه‌سازی مبتنی بر جغرافیای زیستی

در سال ۲۰۰۸ دان سیمون [۲۵] از علم جغرافیای زیستی که مطالعه توزیع جغرافیایی گونه‌های زیستی می‌باشد و ریاضیات آن برای حل مسایل بهینه‌سازی استفاده نمود و یک روش هوشمند جدید به نام بهینه‌سازی مبتنی بر جغرافیای زیستی(BBO) را مطرح نمود. این روش ویژگی‌های مشترکی با دیگر بهینه‌سازی‌های مبتنی بر زیست شناسی مانند ژنتیک و اجتماع ذرات معلق دارد. مدل‌های ریاضی جغرافیای زیستی نحوه مهاجرت گونه‌ها از یک جزیره (ISLAND) به جزیره دیگر، ایجاد گونه‌های جدید و همچنین انقراض گونه‌ها در یک زیستگاه (جزیره) را بیان می‌کند. شاخص تناسب زیستگاه(HSI) مقدار تناسب هر زیستگاه برای اقامت گونه‌های زیستی را نشان می‌دهد. متغیرهایی که قابلیت سکنی را مشخص می‌کنند، متغیر شاخص تناسب(SIV) نامیده می‌شوند. SIVها به عنوان متغیرهای مستقل زیستگاه در نظر گرفته می‌شوند و HSI متغیر وابسته. تعداد گونه‌ها در زیستگاههای با HSI بالا زیاد و در نتیجه در آنها برون‌کوچ گونه به زیستگاه‌های همسایه زیاد و نرخ درون‌کوچ کمی دارند. زیستگاه‌های با HSI پایین تعداد گونه کمی دارند و لذا نرخ درون‌کوچ به آنها زیاد و نرخ برون‌کوچ کمی دارند.

توزیع طبیعی گونه‌ها در جغرافیای زیستی را می‌توان با پاسخ کلی مسائل مقایسه نمود. یک پاسخ خوب شبیه به یک زیستگاه با HSI بالا است و یک پاسخ ضعیف مشابه با یک زیستگاه با HSI پایین است. پاسخ‌های با HSI بالا تمایل دارند ویژگی‌هایشان را با پاسخ‌های HSI پایین به اشتراک بگذارند. (یعنی یک کپی از ویژگی‌های پاسخ‌های HSI بالا جایگزین ویژگی‌های پاسخ‌های HSI پایین می‌شوند).

[1]Biogeography-Based Optimization

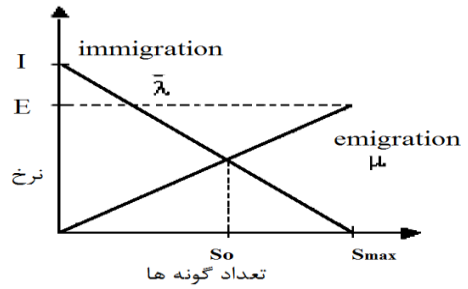
Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 0:58 +0330 on Thursday July 10th 2025

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 0:58 +0330 on Thursday July 10th 2025

پاسخ‌های ضعیف تعداد زیادی از ویژگی‌های جدید را از زیستگاه‌های با HSI بالا می‌پذیرند. این افزودن ویژگی‌های جدید به پاسخ‌های HSI پایین قادر است کیفیت آن پاسخ‌ها را بالا ببرد. این روش جدید برای حل مسایل، بهینه‌سازی مبتنی بر جغرافیای زیستی(BBO) نامیده می‌شود [۲۵].

۲- ۱- ریاضیات جغرافیای زیستی

شکل۱ یک نمونه از فراوانی گونه‌ها در یک زیستگاه را نشان می‌دهد. نرخ درون‌کوچ (λ) و نرخ برون‌کوچ (μ) تابعی از تعداد گونه‌ها در زیستگاه می‌باشند. ماکزیمم نرخ درون‌کوچ به زیستگاه I است و وقتی رخ می‌دهد که در زیستگاه هیچ گونه‌ای نباشد. ماکزیمم نرخ برون‌کوچ برابر است با E و زمانی اتفاق می‌افتد که زیستگاه شامل بیشترین تعداد گونه‌ای که می‌تواند تامین کند باشد.



شکل ۱ - یک نمونه از فراوانی گونه‌ها در یک زیستگاه

تعداد تعادل گونه‌ها برابر با S_O و در نقطه‌ای که نرخ‌های درون‌کوچ و برون‌کوچ با هم برابر هستند می‌باشد.

حال احتمال P_S که زیستگاه شامل دقیقا S گونه باشد را در نظر بگیرید. P_S از زمان t تا زمان ($t+\Delta t$) به صورت زیر تغییر می‌کند.

$$P_S(t+\Delta t) = P_S(t)\,(1-\lambda_S\,\Delta t-\mu_S\,\Delta t) + P_{S-1}\,\lambda_{S-1}\,\Delta t + P_{S+1}\,\mu_{S+1}\,\Delta t \qquad (۱)$$

که λ_S و μ_S نرخ‌های درون‌کوچ و برون‌کوچ زیستگاه با دقیقا S گونه هستند. این معادله را به این صورت است زیرا به منظور داشتن S گونه در زمان ($t+\Delta t$) باید یکی از شرایط زیر را داشته باشیم :

۱- در زمان t، S گونه موجود بوده و هیچ درون‌کوچ و برون‌کوچی از زمان t تا زمان ($t+\Delta t$) رخ نمی‌دهد.

۲- (S-1) گونه در زمان t موجود بوده و یک گونه درون‌کوچ کرده است.

۳- (S+1) گونه در زمان t موجود بوده و یک گونه برون‌کوچ کرده است.

فرض کنید که Δt به اندازه ی کافی کوچک هست به گونه‌ای که می‌توان احتمال بیشتر از یک درون‌کوچ یا برون‌کوچ را نادیده گرفت. با گرفتن حد از معادله (۱) وقتی که Δt به سمت صفر میل می‌کند معادله (۲) بدست می‌آید.

$$P_S^{\square} = \begin{cases} -(\lambda_S+\mu_S)\,P_S+\mu_{S+1}P_{S+1}, & S=0 \\ -(\lambda_S+\mu_S)\,P_S+\lambda_{S-1}P_{S-1}+\mu_{S+1}\,P_{S+1}, & 1\le S\le S_{\max}-1 \\ -(\lambda_S+\mu_S)\,P_S+\lambda_{S-1}P_{S-1}, & S=S_{\max} \end{cases} \qquad (۲)$$

برا ی سادگی $n=S_{\max}$ و $P=[P_0....P_n]^T$ در نظر گرفته می‌شود. برا ی منحنی‌های خط مستقیم نشان داده شده در شکل ۱ داریم:

$$\mu_k=\frac{E_K}{n} \qquad \lambda_k=I\left(1-\frac{k}{n}\right) \qquad (۳)$$

حال، حالت خاص $E=I$ را در نظر بگیرید. در این حالت داریم:

$$\lambda_k+\mu_k=E \qquad (۴)$$

مفهوم BBO بطور کلی بر اساس مهاجرت و جهش می‌باشد [۲۵] .

۲-۲- مهاجرت

عمل مهاجرت در جغرافیای زیستی شبیه عمل بازترکیب عمومی در ژنتیک و استراتژی تکاملی بوده و برای اصلاح پاسخ‌های غیر نخبه انجام می‌شود و بدین صورت است که نرخ‌های برون کوچ(μ) و درون-کوچ (λ) هر پاسخ برای تقسیم اطلاعات بطور احتمالی بین زیستگاه‌ها به کار می‌روند و با استفاده از احتمال P_{mod} (احتمال بهبود زیستگاه)، هر پاسخ بر مبنای دیگر پاسخ‌ها بهبود می‌یابد. اگر یک پاسخ مفروض برای بهبود انتخاب شده باشد، آنگاه از λ ی آن پاسخ برای تصمیم گیری به صورت احتمالی استفاده می‌کنیم که آیا SIVها در آن پاسخ بهبود یابند یا نه. اگر یک SIV مفروض در یک پاسخ مفروض S_i برای بهبود انتخاب شده باشد، آنگاه ما از نرخ‌های برون‌کوچ (μ) دیگر پاسخ‌ها برای تصمیم‌گیری به صورت احتمالی استفاده می‌کنیم که کدام یک از پاسخ‌ها می‌بایست یک SIV را به طور تصادفی به پاسخ S_i مهاجرت دهد[۲۵].

۲-۳- جهش

اتفاقات ناگهانی مانند (کالاهای آب آورده فوق العاده بزرگ رسیده از زیستگاه‌های همسایه، بیماری، بلایای طبیعی و ...) باعث می‌شوند که تعداد گونه‌ها از مقدار تعادل خود منحرف شوند و HSI زیستگاه به طور ناگهانی تغییر کند. در BBO این اتفاق با جهش SIV نشان داده می‌شود و از احتمال تعداد (شمارش) گونه‌ها برای تعیین نرخ‌های جهش استفاده می‌شود. هر احتمال شمارش گونه را می‌توان با استفاده از معادله تفاضلی (۲) بدست آورد. با مشاهده در نقطه تعادل روی منحنی گونه‌های شکل۱ می‌بینیم که تعداد گونه‌های کم و گونه‌های زیاد هر دو احتمال نسبتا کمی دارند. تعداد گونه‌های متوسط که به نقطه تعادل نزدیک هستند بیشترین احتمال را دارند. هر عضو جمعیت یک احتمال مربوط به خود دارد که نشان دهنده

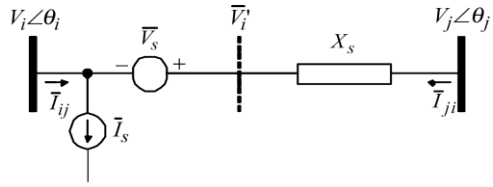
احتمال پاسخ بودن آن عضو برای یک مسئله مفروض را نشان می‌دهد. اگر احتمال یک پاسخ مفروض خیلی کم باشد آنگاه آن پاسخ احتمالا به دیگر پاسخ‌ها جهش می‌کند، برعکس اگر احتمال یک پاسخ خیلی بالا باشد آنگاه آن پاسخ شانس خیلی کمی برای جهش دارد. پاسخ‌های با HSI خیلی بالا و پاسخ‌های با HSI خیلی پایین به یک اندازه و احتمال کمی دارند. این عمل با عنوان نرخ جهش M که به طور معکوس متناسب با احتمال پاسخ است به کار گرفته شود.

$$m(s) = m_{\max}\left(\frac{1-P_s}{P_{\max}}\right) \qquad (۵)$$

که $m_{\max}$ یک پارامتر تعریف شده توسط کاربر است. این طرح جهش تمایل دارد، تنوع را در جمعیت افزایش دهد. بدون این اصلاح، پاسخ‌های با احتمال بالا گرایش به نفوذ بیشتر در جمعیت خواهند داشت. این جنبه جهش پاسخ‌های HSI بالا و پایین را برای جهش محتمل‌تر می‌کند، و به هر دو نوع از پاسخ‌ها، یک شانس بهبود در مقایسه با مقادیر اولیه‌شان به آنها می‌دهد[۲۵].

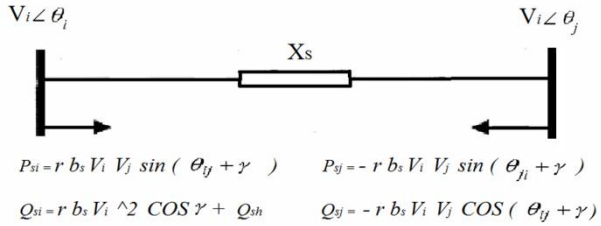
۳- مدل تزریق توان UPFC

با استفاده از مدار معادل UPFC که در شکل ۲ نشان داده شده است و با جایگزینی منبع ولتاژ معادل مبدل سری با یک منبع جریان به صورت موازی با خط و سپس تحلیل شبکه می‌توان مدل تزریق UPFC را به صورت نمایش داده شده در شکل ۳ بدست آورد.



شکل ۲- مدار معدل عنصر UPFC

توان راکتیو مبدل شنت می‌تواند به صورت مستقل کنترل شده و به شکل یک منبع توان راکتیو شنت کنترل پذیر مدل شود.



شکل ۳- مدل کامل تزریق توان UPFC

که $r = |V_S| / |V_i|$ و از صفر تا $r_{\max}$ متغیر است و γ نیز زاویه فاز UPFC است که از صفر تا 2π قابل کنترل است. همچنین داریم $b_S = 1/X_S$. مدل بالا نشان می‌دهد که تبادل داخلی توان اکتیو خالص UPFC با سیستم قدرت صفر است. همانند آنچه برای UPFC بدون تلفات انتظار داشتیم[۲۶].

۴- فرمول بندی مسئله OPF در حضور عناصر FACTS

مسئله OPF مربوط به بهینه‌سازی عملکرد حالت ماندگار سیستم قدرت نسبت به تابع هدف مشخص، با وجود قیود مساوی و نامساوی می‌باشد. شکل ریاضی مسئله OPF را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$\begin{aligned} &Min && J(x,u) \\ &Subject\ to && g(x,u) = 0 \\ &And && h(x,u) \le 0 \end{aligned} \qquad (۶)$$

J تابع هدفی است که باید حداقل شود، x و u به ترتیب بردار متغیرهای وابسته و کنترلی می‌باشند. بردار متغیرهای وابسته x را می‌توان به صورت زیر نمایش داد:

$$X^T = [\, P_{G1}, V_{L1} \ldots V_{LNPQ}, Q_{G1} \ldots Q_{GNPV}, S_{l1} \ldots S_{lNTL}, S_{UPFC} \,] \qquad (۷)$$

که P_{G1} توان حقیقی شین اسلک، V_L ولتاژ شین‌های بار، Q_G توان راکتیو خروجی ژنراتورها، S_l سیلان خط انتقال، S_{UPFC} توان ظاهری UPFC، NPV تعداد شین کنترل شده ولتاژ، NPQ تعداد شین بار و NTL تعداد خطوط انتقال می‌باشد. بردار متغیرهای کنترلی u را به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$u^T = [V_{G1} \ldots V_{GNPV}, P_{G2} \ldots P_{GNPV}, T_{N1} \ldots T_{NT}, r_{UPFC}, \gamma_{UPFC}\,] \qquad (۸)$$

که NT تعداد ترانسفورماتورهای تغییر دهنده تپ، V_G و P_G به ترتیب ولتاژ ترمینال و توان اکتیو خروجی ژنراتور در شین‌های PV، T تنظیم تپ ترانسفورماتورهای تغییر دهنده تپ، r_{UPFC} شعاع محدوده کاری UPFC، γ زاویه فاز UPFC است.

۴-۱- توابع هدف

توابع هدف به کار رفته در مسئله OPF در این مقاله به صورت زیر فرمول بندی شده‌اند:

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 0:58 +0330 on Thursday July 10th 2025

۴-۱-۱- تابع هزینه سوخت ژنراتور

این تابع هدف برای حداقل کردن هزینه تولید ژنراتورها در حالیکه تمامی قیود مساوی و نامساوی را برآورده کند، می‌باشد. تابع هدف عبارت است از:

$$F_1 = (\sum F_i(P_i)) = \sum_{i=1}^{NG} (a_i + b_i P_i + c_i P_i^2)\ (\$/h) \qquad (۹)$$

که $F_i(P_i)$ هزینه سوخت واحد تولیدی i، P_i توان تولیدی واحد i و NG تعداد ژنراتورها می‌باشد[۲۴].

۴-۱-۲- تابع تلفات توان اکتیو شبکه

حداقل نمودن تلفات توان اکتیو همواره از اهداف طراحان سیستم‌های قدرت بوده است. و تابع هدف آن به صورت زیر بیان می‌شود:

$$F_2 = P_{loss}(x,u) = \sum_{i=1}^{nl} P_l \qquad (۱۰)$$

که u بردار متغیرهای کنترلی و x بردار متغیرهای وابسته می‌باشد. P_l تلفات توان اکتیو در خط l بوده و می‌توان با جمع کردن توان اکتیو در ابتدا و انتهای هر خط آنرا محاسبه نمود. nl تعداد خطوط انتقال است [۲۴].

۴-۱-۳- شاخص بارپذیری شبکه

هدف حداکثر نمودن بار پذیری سیستم می‌باشد و به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$F_3 = \rho(x,u) \qquad (۱۱)$$

که ρ با ثابت گرفتن یک ضریب توان ثابت در هر بار در معادلات تعادل توان اکتیو و راکتیو به صورت زیر بدست می‌آید:

$$\begin{aligned} P_{Gi} - \rho P_{Di} &= f_{Pi}(x,u) \\ Q_{Gi} - \rho Q_{Di} &= f_{Qi}(x,u) \end{aligned} \qquad (۱۲)$$

که f_{Pi} و f_{Qi} معادلات پخش بار توان اکتیو و راکتیو در شین i با در نظر گرفتن پارامترهای کنترل کننده‌های FACTS می‌باشند. P_{Gi} و Q_{Gi} به ترتیب توان اکتیو و راکتیو ژنراتور در شین i و P_{Di} و Q_{Di} به ترتیب توان اکتیو و راکتیو بار در شین i می‌باشند[۱۶].

۴-۱-۴- هزینه سرمایه گذاری UPFC

تابع هدف به منظور در نظر گرفتن هزینه نصب UPFC و حداقل کردن آن که می‌توان به صورت زیر فرمول بندی کرد:

$$F_4 = \frac{C \times S \times 1000}{8760 \times 5} \qquad (۱۳)$$

که C هزینه نصب عنصر بر حسب US$/KVA می‌باشد و S رنج کاری عنصر بر حسب MVA می‌باشد. برای تبدیل واحد هزینه عنصر FACTS به $/h یک مدت سرمایه گذاری ۵ ساله در نظر گرفته شده است. تابع هزینه UPFC به صورت زیر می‌باشد [۱۶].

$$C_{UPFC} = 0.0003S^2 - 0.2691S + 188.22 \quad (US\$/KVA) \qquad (۱۴)$$

۴-۲- قیود مساوی

در اینجا، g مجموعه قیود مساوی نشان دهنده ی معادلات سیلان توان می‌باشد.

$$P_{Gi} - P_{Di} = V_i \sum_{k=1}^{NB} V_k (G_{ik} \cos\theta_{ik} + B_{ik} \sin\theta_{ik}) \qquad (۱۵)$$
$$i = 1, 2, \ldots, NB$$

$$Q_{Gi} - Q_{Di} = V_i \sum_{k=1}^{NB} V_j (G_{ik} \sin\theta_{ik} + B_{ik} \cos\theta_{ik}) \qquad (۱۶)$$
$$i = 1, 2, \ldots, NB$$

که P_{Gi} و Q_{Gi} توان اکتیو و راکتیو تزریقی می‌باشند. P_{Gi} و Q_{Gi} توان اکتیو و راکتیو مورد تقاضا در شین i، G_{ki} و B_{ki} کندوکتانس و سوسپتانس بین شین‌های i و k هستند، θ_{ik} زاویه اختلاف فاز بین ولتاژها در شین i و k و NB تعداد کل شین‌ها است[۲۴].

۴-۳- قیود نامساوی

h یک مجموعه از قیود نامساوی بهره‌برداری سیستم به صورت زیر می‌باشد:

۴-۳-۱- محدودیت‌های ژنراتور

برای کلیه ژنراتورها می‌بایست ولتاژها، توان‌های اکتیو و راکتیو

$$V_{Gi}^{\min} \le V_{Gi} \le V_{Gi}^{\max}, \qquad i = 1, 2, \ldots NPV \qquad (۱۷)$$

$$P_{Gi}^{\min} \le P_{Gi} \le P_{Gi}^{\max}, \qquad i = 1, 2, \ldots NPV \qquad (۱۸)$$

$$Q_{Gi}^{\min} \le Q_{Gi} \le Q_{Gi}^{\max}, \qquad i = 1, 2, \ldots NPV \qquad (۱۹)$$

خروجی و اسلک بین حد بالا و پایین آنها به صورت زیر باشند:

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 0:58 +0330 on Thursday July 10th 2025

۴-۳-۳- محدودیت‌های ایمنی

شامل محدودیت ولتاژ در شین‌های PQ و بارهای خطوط انتقال می‌باشد. ولتاژ هر شین PQ می‌بایست بین محدوده پایین و بالای بهره‌برداری باشد. جریان خط هر خط انتقال می‌بایست بین محدوده‌ی ظرفیت آن باشد. این محدودیت‌ها به صورت زیر در مسئله بهینه‌سازی اعمال می‌شوند [۲۴]:

$$V_{Li}^{\min} \le V_{Li} \le V_{Li}^{\max}, \quad i = 1,2,\ldots NPQ \qquad (۲۰)$$

$$S_{li} \le S_{li}^{\max}, \quad i = 1,2,\ldots NTL \qquad (۲۱)$$

۴-۳-۵- محدودیت‌های UPFC

حدود مجاز UPFC که شامل اندازه و زاویه ولتاژ تزریقی سری UPFC است.

$$r^{\min} \le r \le r^{\max} \qquad (۲۲)$$
$$\gamma^{\min} \le \gamma \le \gamma^{\max}$$

به منظور نگهداشتن خروجی نهایی در محدوده کاری، قیود نامساوی متغیرهای وابسته (مانند P_{G1}، V_L، Q_G، S_l) در تابع هدف را می‌توان توسط ضرایب پنالتی مربعی، یکی کرد. بنابر این برای به حساب آوردن قیود ایمنی، تابع هدف رابطه (۱۷) را به صورت زیر اصلاح می‌نماییم:

$$J_{\text{mod}} = J + \lambda_p (P_{G1} - P_{G1}^{\lim})^2 + \lambda_v \sum_{i=1}^{NPQ} (V_{Li} - V_{Li}^{\lim})^2 + \lambda_Q \sum_{i=1}^{NPV+slack} (Q_{Gi} - Q_{Gi}^{\lim})^2 + \lambda_s \sum_{i=1}^{NTL} (S_{li} - S_{li}^{\max})^2 \qquad (۲۳)$$

که λ_P، λ_V، λ_q، λ_s ضرایب پنالتی هستند. مقدار $x^{\lim}$، مقدار مرزی متغیر وابسته x است (می‌تواند حد بالایی یا پایینی باشد وابسته به اینکه متغیر از کدام حد تجاوز کرده است) و به صورت زیر داده می‌شود:

$$x^{\lim} = \begin{cases} x^{\max}, & x > x^{\max} \\ x^{\min}, & x < x^{\min} \end{cases} \qquad (۲۴)$$

۴-۴- الگوریتم حل مسئله OPF به روش BBO در حضور عنصر UPFC

در این قسمت الگوریتم حل مسئله OPF در حضور عنصر UPFC با روش BBO بیان شده است. متغیرهای کنترلی اساسی مسئله، که با SIVهای هر زیستگاه نمایش داده می‌شوند، عبارتند از: توان اکتیو ژنراتورها، ولتاژ شین ژنراتورها، موقعیت تپ ترانسفورماتورهای تغییر دهنده تپ و پارامترهای تنظیم کننده ولتاژ تزریقی سری عنصر UPFC. چندین مجموعه از SIVها با هم ماتریس زیستگاه H را تشکیل می‌دهند. مراحل الگوریتم BBO برای حل مسائل OPF در حضور عنصر UPFC را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

گام اول) برای شروع، تعداد واحدهای ژنراتور، تعداد ترانسفورماتورهای تغییر دهنده تپ و تعداد عناصر UPFC را انتخاب و سایز ماتریس زیستگاه را تعیین کنید. و پارامترهای BBO مانند P_{mod}، $M_{\max}$، I، E، dt، حداکثر تکرار $I_{ter\max}$ و تعداد زیستگاه‌های نخبه P را نیز مقدار دهی کنید.

گام دوم) همه ی SIVهای زیستگاه مفروض از ماتریس H را به طور تصادفی و در محدوده کاری تعریف شده مقدار دهی اولیه نمایید. هر زیستگاه یک پاسخ پتانسیل برای مسئله مفروض را نشان می‌دهد.

گام سوم) برنامه پخش بار NR با در نظر گرفتن تاثیر عنصر UPFC و با استفاده از SIVهای مقدار دهی شده در گام دوم را اجرا نموده و متغیرهای وابسته برای چک برآوردن قیود نامساوی تعیین کنید. اگر مقادیر متغیرهای وابسته برای هر زیستگاه این قیود را برآورده نمی‌کنند، آنگاه مقدار تجاوز (mismatch) هر متغیر وابسته از حدود کاری مربوطه محاسبه می‌شود.

گام چهارم) برای هر زیستگاه از مجموعه کل زیستگاه‌ها طبق رابطه (۲۳) مقدار HSI را محاسبه کنید. در اینجا HSI می‌تواند هزینه سوخت یا تلفات توان اکتیو یا هر تابع هدف دیگری باشد.

گام پنجم) بر مبنای مقادیر HSI، زیستگاه‌های نخبه شناسایی و به گونه‌ای ذخیره شوند که بعد از هر تکرار مستقل هیچ گونه اصلاحی روی آنها صورت نگیرد.

گام ششم) عملیات مهاجرت به صورت احتمالی بر روی زیستگاه‌های غیر نخبه اعمال گردد.

گام هفتم) احتمال شمارش گونه‌های هر زیستگاه با استفاده از رابطه (۲) به روز و عمل جهش به صورت احتمالی روی زیستگاه‌های غیر نخبه انجام گردد.

گام هشتم) به مرحله ۳ برو برای تکرار بعدی. این حلقه بعد از تعداد مشخصی از تکرار $I_{ter\max}$ پایان می‌یابد.

بعد از اینکه هر زیستگاه اصلاح شد (گام‌های ۶ و ۷)، عملی بودن آن به عنوان یک پاسخ مسئله می‌بایست تایید شود. اگر متغیرهای کنترلی تولید شده جدید عملی باشند، آنگاه متغیرهای وابسته با استفاده از آن دسته از متغیرها محاسبه می‌شوند. یک دسته SIV عملی می‌باشد اگر هر SIV کنترلی قیود بهره‌برداری مسئله OPF را بر آورده سازد. اگر متغیرهای کنترلی (یعنی SIVها) عملی نباشند، یعنی در محدوده مجاز نباشند آنگاه مقادیر مرزی محدوده مجاز جایگزین آنها می‌گردد. فلوچارت حل مسئله OPF با روش BBO در شکل (۴) نشان داده شده است [۲۴].

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 0:58 +0330 on Thursday July 10th 2025

۴-۸- جایابی بهینه

در مسئله جایابی بهینه ادوات FACTS، هدف تعیین محلی برای قرار دادن عنصر مورد استفاده به منظور حصول بیشترین بهبود در توابع هدف می‌باشد ضمن اینکه با در نظر گرفتن قیود مربوطه، پارامترهای کنترلی عناصر FACTS را تعیین و ظرفیت آن را مشخص می‌نماید. در این مقاله تمرکز اصلی برای جایابی بهینه عنصر UPFC، حداقل نمودن هزینه سوخت مولدها و تلفات توان اکتیو شبکه در نظر گرفته شده است. با این حال با توجه به اینکه روش ارائه شده قابلیت بهینه سازی چند هدفه را دارا می‌باشد بقیه توابع هدف ذکر شده در بخش قبل را مد نظر قرار داده و بهبود در نتایج حاصله را نشان خواهیم داد.

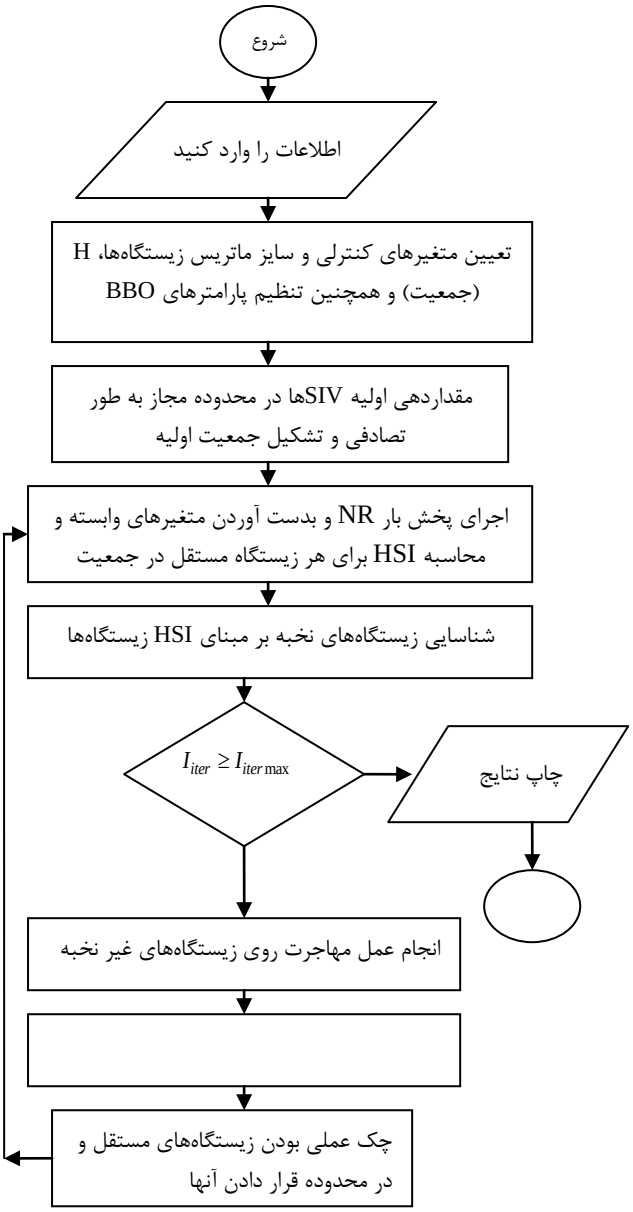
یکی از نتایج کنترل سیلان توان اکتیو توسط کنترل کننده‌های FACTS در سیستم‌های قدرت، امکان تغییر الگوی سیلان توان در شبکه انتقال است یا به عبارتی تغییر سیلان توان عبوری از یک خط در یک شبکه انتقال باعث تغییر توان انتقال عبوری از خطوط دیگر می‌گردد. با استفاده از این نکته و با توجه به قابلیت عنصر UPFC در کنترل توان اکتیو خطوط، می‌توان دریافت که اگر خطوط پربار را برای محل نصب این عناصر در نظر بگیریم، محدوده کنترل وسیعتری برای عملکرد بهینه خواهیم داشت و در نتیجه می‌توان الگوهای سیلان توان بیشتری را در شبکه بررسی نمود. با توجه به تاثیر این ادوات در کاهش تلفات توان اکتیو خطوط و به منظور حداقل نمودن تلفات توان اکتیو در شبکه، در میان این خطوط پر بار، خطوط با تلفات توان اکتیو بالا را به عنوان محل نصب در نظر می‌گیریم و پخش بار بهینه را در حضور این ادوات انجام داده و محل‌های مناسب را انتخاب می‌نماییم.

به عنوان نمونه در سیستم ۱۴ شین IEEE با انجام پخش بار بهینه بدون UPFC با روش BBO و مرتب نمودن بار خطوط از بیشترین به کمترین، و سپس با مرتب نمودن ۸ خط از این خطوط پر بار بر حسب تلفات آن خطوط، بهترین گزینه‌ها برای جایابی UPFC خطوط شماره (۲، ۱، ۳، ۴ و ۱۳) انتخاب می‌شوند.

۵ - نتایج شبیه سازی

در این مقاله شبیه سازی‌ها بر روی شبکه ۱۴ شین IEEE انجام شده است و نتایج حاصله در جدول ۱ نشان داده شده است. پخش بار بهینه با توابع هدف متفاوت بر روی شبکه و به دو صورت، بدون حضور UPFC و با حضور UPFC انجام و با نتایج مرجع [۱۶] مقایسه شده است. مشاهده می‌گردد که با استفاده از الگوریتم پیشنهادی، مقادیر هزینه ژنراتور و تلفات توان اکتیو و شاخص بارپذیری سیستم بصورت تکی و چند هدفه در مقایسه با مقادیر نتایج مرجع [۱۶] بهبود یافته است. اطلاعات سیستم مورد آزمایش در [۲۷] آمده است. حداکثر تغیرات ولتاژ در ژنراتورها ۱۰٪ و در شین‌های بار ۵٪ در نظر گرفته شده است. پارامترهای به کار رفته مربوط به BBO در این مقاله بصورت زیر می‌باشند.

سایز زیستگاه(H=۵۰)، احتمال بهبود زیستگاه(Pmod=۱)، حدود احتمال مهاجرت(۰ تا یک)، گام زمانی برای انتگرال‌گیری عددی(dt=۱)، حداکثر نرخ درون‌کوچ و برون‌کوچ ($\mu_{\max} = \lambda_{\max} = 1$)، تعداد زیستگاه‌های نخبه (p=۲) و احتمال جهش(m=۰/۰۵).



شکل ۴- فلوچارت حل مسئله OPF به روش BBO

۶- نتیجه‌گیری

مقاله حاضر به بررسی کاربرد تکنیک BBO در حل مسائل OPF با حضور عناصر UPFC و جایابی بهینه این عنصر پرداخته است. این روش با توابع هدف مختلف و بر روی شبکه ۱۴ شین استاندارد IEEE آزمایش شده است. نتایج حاصل شده نشان دهنده‌ی عملکرد و کاربرد خوب UPFC با روش حل پیشنهادی در کاهش هزینه‌های تولید و تلفات توان اکتیو و بهبود شاخص بارپذیری سیستم می‌باشد.

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 0:58 +0330 on Thursday July 10th 2025

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 0:58 +0330 on Thursday July 10th 2025

جدول۱- نتایج بهینه‌سازی تک هدفه و چند هدفه شبکه ۱۴ شینه IEEE به روش BBO و مقایسه با نتایج مرجع

تابع هدف	پارامترها	بدون حضور UPFC		با حضور UPFC	
		مرجع ۱۶	BBO	مرجع ۱۶	BBO
هزینه ژنراتور	هزینه ژنراتور ($/h)	۱۷۲۷۸/۸۰۴	۱۷۲۷۴/۹۲	۱۷۱۵۹/۴۳	۱۷۲۴۳/۱۵
	تلفات توان اکتیو (MW)	۱/۷۱۲	۱/۶۴۷	۱/۹۲۹	۱/۲۱۱
	هزینه UPFC ($/h)	-	-	۱۰۵/۱۶	۱۰۷/۸۵
	توان UPFC (MVA)	-	-	۲۵/۳۷	۲۶/۰۳۹
	محل UPFC	-	-	۴-۲	۵-۱
تلفات توان اکتیو	هزینه ژنراتور ($/h)	۱۸۱۸۶/۶۱۸	۱۸۲۵۳/۹۸	۱۸۸۶۱/۴۲	۱۸۲۱۳/۹۴
	تلفات توان اکتیو (MW)	۱/۱۲۸	۱/۰۶۶	۰/۷۸۳	۰/۸۶
	هزینه UPFC ($/h)	-	-	۹۰/۰۲	۱۰۴/۸۴
	توان UPFC (MVA)	-	-	۲۱/۶۰	۲۵/۲۸
	محل UPFC	-	-	۱۳-۶	۱۳-۶
شاخص بارپذیری	هزینه ژنراتور ($/h)	۳۰۷۰۰/۱	۳۰۳۰۶/۳۰۴	۳۰۷۰۰/۱	۳۰۶۹۲/۰۸۲
	تلفات توان اکتیو (MW)	۶/۸۶۲۱	۷/۲۴۸	۷/۲۸۹	۵/۷۹۸
	شاخص بارپذیری	۱/۵۵	۱/۵۴	۱/۵۷	۱/۵۶
	هزینه UPFC ($/h)	-	-	۱۰۹/۲۶	۱۰۴/۷۵۵
	توان UPFC (MVA)	-	-	۲۶/۳۹	۲۵/۲۶۴
	محل UPFC	-	-	۳-۲	۳-۲
با هر سه تابع هدف	هزینه سوخت ($/h)	۲۱۶۲۲/۱۶۸	۲۱۶۰۱/۰۸۸	۲۳۹۳۷/۲۱	۲۳۹۲۸/۱۰۳
	تلفات توان اکتیو (MW)	۳/۲۸۷	۳/۱۸۶	۴/۰۹۲	۳/۵۱۹
	شاخص بارپذیری	۱/۲۰۹	۱/۲۰۸	۱/۳۱۱	۱/۳۱
	هزینه UPFC ($/h)	-	-	۱۴۳/۹۹	۹۹/۳۷
	توان UPFC (MVA)	-	-	۳۵/۲۱	۲۳/۹۱۸
	محل UPFC	-	-	۵-۲	۵-۱
	تلفات توان راکتیو	-	-	۲۳/۰۹۵	-۲/۵۳

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 0:58 +0330 on Thursday July 10th 2025

مراجع

[1] Carpentier, J.: 'Contribution a l'Etude du Dispatching Economique', Bulletin de la Societe Francaise des Electriciens, 1962, 3, pp. 431–474

[2] Dommel, H., Tinny, W.: 'Optimal power flow solution', IEEE Trans. Power Appar. Syst.,1968, PAS-87, (10), pp. 1866–1876

[3] Abou El-Ela, A.A., Abido, M.A.: 'Optimal operation strategy for reactive power control modeling', Simul. Control, Part A, 1992, 41, (3), pp. 19–40

[4] Mota-Palomino, R.,Quintana, V.H.: 'Sparse reactive power scheduling by a penalty-function linear programming technique', IEEE Trans. Power Syst., 1986, 1, (3), pp.31–39

[5] Burchett, R.C., Happ, H.H., Vierath, D.R.: 'Quadratically convergent optimal power flow', IEEE Trans. Power Appar. Syst., 1984,PAS-103, (11), pp. 3267–3276

[6] Sun, D.I., Ashley, B., Brewer, B., Hughes, A., Tinney, W.F.: 'Optimal power flow by Newton approach', IEEE Trans. Power Appar. Syst., 1984, PAS-103, (10), pp. 2864– 2875.

[7] Bakirtzis, A.G., Biskas, P.N., Zoumas, C.E., Petridis, V.: 'Optimal power flow by enhanced genetic algorithm', IEEE Trans. Power Syst.,2002, 17, (2), pp. 229–236

[8] Yuryevich, J., Wong, K.P.: 'Evolutionary programming based optimal power flow algorithm', IEEE Trans Power Syst., 1999, 14, (4), pp. 1245–1250

[9] Soares, J.; Sousa, T.; Vale, Z.A.; Morais, H.; Faria, P." Ant Colony Search algorithm for the optimal power flow problem", Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE.PP.1-8.

[10] Onate Yumbla, P.E., Ramirez, J.M., Coello Coello, C.A.: 'Optimal power flow subject to security constraints solved with a particle swarm optimizer', IEEE Trans. Power Syst., 2008, 23, (1), pp. 33–40.

[11] Cai, H.R., Chung, C.Y., Wong, K.P.: 'Application of differential evolution algorithm for transient stability constrained optimal power flow', IEEE Trans. Power Syst., 2008, 23, (2), pp. 719–728

[12] P. Paterni, S. Vitet, M. Bena, A. Yokoyama, "Optimal location of phase shifters in the French network by genetic algorithm," IEEE Trans. Power System vol. 14,pp. 37–42, 1999.

[13] S. Gerbex, R. Cherkaoui, A.J. Germond, "Optimal location of multi-type FACTS devices in a power system by means of genetic algorithms", IEEE Transactions on Power Systems, Volume 16, Issue 3, 2001, pp. 537-544.

[14] Fang, W.L.; Ngan, H.W "Optimising location of unified power flow controllers using the method of augmented Lagrange multipliers" IEE Proceedings on Generation, Transmission and Distribution, Vol. 146, pp. 428 -434, 1999.

[15] A.Jordehi, M.Joorabian, "Optimal Placement of Multi-Type FACTS Devices in Power Systems Using Evolution Strategies" , The 5th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2011), Shah Alam, Selangor, Malaysia : 6-7 June 2011.

[16]A. Lashkarara, A. Kazemi, and S. A. Nabavi Niaki, "Multiobjective Optimal Location of FACTS Shunt-Series Controllers for Power System Operation Planning "IEEE Trans. Power Delivery, 2012, 27, (2), pp. 481–490.

[17] W. Ongskul, P. Jirapong, "Optimal allocation of FACTS devices to enhance total transfer capability using evolutionary programming", IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Vol.5, 23-26 May. 2005, pp.4175-4178.

[18] K. P. Wang, J. Yurevich, A. Li, "Evolutionaryprogramming-based load flow algorithm for systems containing unified power flow controllers", IEE Proc.-Gener.Transm .Distrib, Vol.150, No. 4, Jul. 2003.

[19] M. Saravanan, etal, "Application of PSO technique for optimal location of FACST devices considering system loadability and cost of installation", Power Engineering Conference, Vol. 21, 29 Nov.-2 Dec. 2005, pp.716 -72.

[20] H. I. Shaheen, G. I. Rashed, and S. J. Cheng, "Optimal Location and Parameters setting of Unified Power Flow Controller Based on Evolutionary Optimization Techniques",IEEE PES 2007 General Meeting, 24-28 June Tampa, FL,USA (Accepted).

[21]. P. Bhasaputra and W. Ongsakul, "Multi-objective optimal placement with multi-type FACTS devices by hybrid TS/SA approach",International Journal of Energy Technology and Policy 4 (3-4), 2006,pp. 294-319.

[22] S.A.Taher, M.Amooshahi, "Optimal placement of UPFC in power systems using immune algorithm", Simulation Modelling Practice and Theory 19 (2011) 1399–1412 .

[23] Bhattacharya, A., Chattopadhyay, P.K.: 'Biogeography-based optimization for different economic load dispatch problems', IEEE Trans. Power Syst., 2010, 25, (2), pp. 1064–1077

[24] Bhattacharya, A., Chattopadhyay, P.K.: 'Application of biogeography-based optimization to solve different optimal power flow problems' IET Gener. Transm. Distrib., 2011, Vol. 5, Iss. 1, pp. 70–80 .

[25] Simon, S.: 'Biogeography-based optimization', IEEE Trans. Evol. Comput., 2008, 12, (6), pp. 702–713

[26] M. Noroozian, L. Ängquist, M. Ghandhari, and G. Andersson, "Use of UPFC for optimal power flow control," IEEE Trans. Power Delivery, vol. 12, pp. 1629–1634, Oct. 1997.

[27]IEEE 14-Bus Test System Data. < http://www.ee.washington.edu /research/pstca/pf14/pg_tca14bus.htm>.

رزومه

عبدالرضا رشیدی اوندی در سال (۱۳۶۱) در ایذه متولد شد. مدارک کارشناسی وکارشناسی ارشد خود را در سالهای (۱۳۸۲) و (۱۳۹۱) بترتیب از دانشگاه هوایی شهید ستاری و دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول در رشته مهندسی برق-الکترونیک و قدرت اخذ نموده است. زمینه تحقیقاتی ایشان آنالیز سیستم قدرت و ادوات FACTS می‌باشد.

امیرحسین رحمانی در سال (۱۳۴۷) در اصفهان متولد شد. مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در سالهای (۱۳۷۰) و (۱۳۷۴) بترتیب در رشته‌های مهندسی برق و کنترل از دانشگاه تهران اخذ نموده است. ایشان هم اکنون دانشجوی دکترای کنترل دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و همچنین عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول می‌باشند. زمینه تحقیقاتی ایشان تحلیل سیستم‌های کنترل و روشهای بهینه‌سازی هوشمند می‌باشد.

افشین لشکرآرا در سال (۱۳۵۲)در تهران متولد شد. مدارک کارشناسی،کارشناسی ارشد و دکترای خود را در سالهای (۱۳۷۴)، (۱۳۸۰) و (۱۳۸۹) بترتیب از دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، دانشگاه مازندران و دانشگاه علم و صنعت ایران در رشته مهندسی برق- قدرت اخذ نموده است. ایشان هم اکنون عضو انجمن مهندسی برق و الکترونیک امریکا(IEEE) و از سال (۱۳۸۰) تاکنون عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول می‌باشند. زمینه تحقیقاتی ایشان مطالعات استاتیکی و دینامیکی سیستم‌های قدرت، پایداری و کنترل و ادوات FACTS می‌باشد.

Downloaded from jeps.dezful.iau.ir at 0:58 +0330 on Thursday July 10th 2025