جایابی مبتنی بر هزینه کنترل‌کننده یکپارچه بهینه توان در سیستم قدرت با استفاده از الگوریتم ژنتیک

پانته‌آ عوض‌پور*[۱] افشین لشکرآرا[۲]

*۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی برق قدرت، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول.

پست الکترونیکی: pantea_avazpour@gmail.com

۲-استادیار، گروه مهندسی برق قدرت، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول.

پست الکترونیکی: Lashkarara@ieee.org

چکیده: در این مقاله روش جدیدی برای جایابی بهینه[۱] کنترل‌کننده یکپارچه بهینه توان[۲] در سیستم قدرت با استفاده از الگوریتم ژنتیک[۳] ارائه شده است. روش پیشنهاد شده بر مبنای پخش بار بهینه با هدف اقتصادی نمودن شرایط بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت می‌باشد. به منظور تعیین محل مناسب نصب OUPFC، با در نظر گرفتن مدل تزریق توان[۴] این کنترل‌کننده، پخش بار بهینه[۵] برای یافتن مقادیر توابع هدف چند منظوره[۶] مسئله بهینه سازی استفاده می‌گردد. در این مقاله، توابع هدف شامل هزینه[۷] تولید، هزینه انتقال و هزینه‌ی نصب OUPFC فرمول‌نویسی[۸] شده است. روش پیشنهادی در شبکه ۳۰ - باسه استاندارد IEEE ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد بهبود قابل ملاحظه‌ای در هزینه کل سیستم قدرت ایجاد شده است.

واژه‌های کلیدی: جایابی بهینه، کنترل‌کننده یکپارچه بهینه توان، الگوریتم ژنتیک، تابع هزینه، مدل تزریق توان.

۱- مقدمه

به منظور کاهش قیمت برق در بازار رقابتی،کاهش هزینه‌های سیستم قدرت و به عبارت دیگر تابع هزینه سیستم قدرت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.یکی از راهکارهای مناسب برای بررسی و کنترل هزینه سیستم قدرت، پخش بار بهینه در حضور سایر تجهیزات از جمله ادوات FACTS به منظور تعیین محل مناسب نصب آنها می‌باشد. ایده ادوات FACTS اولین بار توسط Hingorani در سال ۱۹۸۸ مطرح گردید[۱]، و در طی سال‌ها انواع متفاوت FACTS با قابلیت‌های متنوع مورد بررسی قرار گرفت. کنترل کننده یکپارچه بهینه توان یکی از انواع جدید ادوات FACTS می‌باشد که ترکیبی از کنترل‌کننده یکپارچه توان[۹] و ترانسفورماتور تغییر دهنده فاز[۱۰] است[۲]. با استفاده از OUPFC می توان با کنترل زاویه فاز و دامنه ولتاژ در باس مورد نظر و یا با کنترل امپدانس خط، با پخش توان مناسب در شبکه، سیستم قدرت را کنترل نموده، ظرفیت سیستم را افزایش و تلفات را کاهش داد.

مطالعات استاتیکی مبتنی بر هزینه این کنترل‌کننده و با در نظر گرفتن مدل تزریق توان[۳]، و همچنین با در نظر گرفتن پیشامد احتمالی در حالت ماندگار بررسی شده است[۴]. در این مقاله نیز با توجه به مزیت فنی و اقتصادی کنترل‌کننده یکپارچه بهینه توان و اثر آن در بهره‌برداری از سیستم قدرت، تاثیر این کنترل‌کننده در کاهش هزینه انتقال و درنتیجه هزینه کلی سیستم قدرت با در نظر گرفتن هزینه قیمت حاشیه‌ای محلی[۱۱] مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. جایابی بهینه نصب ادوات FACTS در شبکه قدرت نیازمند ارزیابی اثربخشی نصب این کنترل‌کننده در نقاط مختلف سیستم قدرت می‌باشد. روش پخش بار بهینه از روش‌های برنامه‌ریزی غیرخطی است که به منظور بهینه نمودن تابع هدف تعیین شده با در نظر گرفتن قیدهای کنترلی و عملیاتی در حالت ماندگار سیستم قدرت به کار برده می‌شود. OPF به روش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته شده است که شامل دسته روش‌های کلاسیک و روش‌های مدرن می‌باشد[۵]. از روش‌های کلاسیک می‌توان به روش‌های

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

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

برنامه‌ریزی خطی[۱۲] و غیرخطی[۱۳]، روش برنامه‌ریزی درجه دوم[۱۴]، روش نیوتن[۱۵] اشاره نمود. در دسته دوم با ارائه هوش مصنوعی[۱۶] به عنوان ابزاری کارآمد، روش‌های مدرن مورد استفاده قرار گرفت. روش‌های تکاملی[۱۷] یکی از ابزارهای حل مساله بهینه‌سازی در سیستم‌های قدرت می‌باشد. در این راستا، در سال‌های اخیر به منظور اصلاح الگوریتم‌های OPF برای فراهم آوردن امکان تحلیل سیستم قدرت شامل ادوات FACTS محققان الگوریتم‌ها و مدل های مختلفی را برای پخش بار و پخش بار بهینه ارائه نموده‌اند.Taranto و همکارانش روش تجزیه[۱۸]را برای پخش بار بهینه با استفاده از ادوات FACTS پیشنهاد دادند[۶]. از این روش می‌توان برای جبران سازهای سری و تغییردهنده‌های فازاستفاده نمود، اما در این روش، قیدهای پخش بار درنظرگرفته نشده است. در [۷]، روش برنامه‌ریزی خطی برای حل مسئله پخش‌بار بهینه با قیود امنیتی[۱۹] به منظور تعیین پارامترهای FACTS در کنترل گذر توان خطوط معین به کار برده شد. همچنین، حل مساله پخش‌بار بهینه در حضور ادوات FACTS در سیستم قدرت به کمک روش نیون رافسون انجام شده است[۸]. Chung و Li از روش الگوریتم ژنتیک برای تعیین پارامترهای ادوات FACTS استفاده کردند[۹]. Ongsakul و Bhasaputra روش ترکیبی جستجوی ممنوعه[۲۰] و الگوریتم بازپخت فلزات[۲۱] را برای حل مسئله بهینه‌سازی در حضور ادوات FACTSمعرفی کردند [۱۰]. در [۱۱] از ترکیبی از الگوریتم ژنتیک و فازی به منظور جایابی بهینه‌سازی درحضور ادوات FACTS استفاده گردید.

در این مقاله تابع هدف در نظر گرفته شده مجموع هزینه‌های سیستم قدرت می‌باشد که شامل هزینه‌های تولید، هزینه انتقال انرژی با در نظر گرفتن هزینه قیمت حاشیه‌ای محلی و هزینه نصب OUPFCاست. از آنجا که در [۳]، هزینه قیمت حاشیه‌ای محلی و تاثیر آن در کاهش هزینه انتقال در نظر گرفته نشده بود، میزان کاهش تابع هزینه در شبکه انتقال سیستم قدرت ناشی از مدیریت صحیح توان نیز ارزیابی می‌گردد. دسته‌بندی بخش‌های این مقاله به عبارت زیر می‌باشد: فصل دوم، مدل ریاضی OUPFC را به طور مفصل مطرح می‌نماید. الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله جایابی و تعیین ظرفیت بهینه UPFC در فصل سوم شرح داده شده است در فصل چهارم به ارائه فرمول‌نویسی مسئله که شامل توابع هدف و قیدها و الگوریتم حل مسئله می‌باشد پرداخته شده است. فصل پنجم شبیه‌سازی مورد بررسی قرار گرفته، و در آخر، در فصل ششم نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

۲- مدل ریاضی کنترل کننده یکپارچه بهینه توان

دیاگرام فازوری و نمای ساده یک OUPFC در شکل ۱ و مدل حالت ماندگار OUPFC در شکل ۱ نشان داده شده است[۲]. این مدل‌ها به خوبی تاثیر عملکرد کنترل‌کننده را در یک سیستم قدرت نشان می‌دهد. براساس این مدل، جریان ترانسفورماتور تحریک با یک منبع جریان موازی مدل می‌گردد

$$\bar{I}_{sh} = \left(I_p + jI_q\right)e^{j\theta_s} \qquad (۱)$$

که I_p و I_q دامنه جریان های هم فاز و عمود $\overline{V_i}$ می‌باشند $\left(\overline{V_i} = V_i\angle 0^\circ\right)$. ولتاژ $\overline{V_{pq}}$ ولتاژ تزریقی UPFC به خط انتقال است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\overline{V_{pq}} = re^{j\rho}\overline{V_s} \qquad (۲)$$

r و ρ شعاع ناحیه عملکرد و زاویه فاز UPFC می‌باشند. ولتاژ $\overline{V_\sigma}$ ولتاژ تزریقی توسط PST به خط انتقال است.

$$\overline{V_\sigma} = ke^{j\rho}\overline{V_s} \qquad (۳)$$

k نسبت انتقال ولتاژ تززریقی به ولتاژ تحریک بوده و σ زاویه فاز PST است [۱۲]. راکتانس x_s راکتانس کل مدار (راکتانس انتقال خط به علاوه راکتانس ترانسفورماتور تزریق است. ولتاژ منبع $\overline{V_{inj}}$ مجموع ولتاژ PST و UPFC می‌باشد

$$\left(\overline{V}_{inj} = \overline{V}_\sigma + \overline{V}_{pq}\right) \qquad (۴)$$

ولتاژ $\overline{V}_{s_{eff}}$ از جمع برداری ولتاژ کل $\overline{V}_{inj}$ و $\overline{V}_s$ به دست می‌آید. جریان تزریقی سری به صورت زیر می‌باشد.

$$\bar{I}_{se} = \left(\overline{V}_{s_{eff}} - \overline{V}_r\right)/jx_s \qquad (۵)$$

با فرض مدل ایده‌آل ترانسفورماتورها و مبدل‌ها[۲۲]، OUPFC هیچ توانی مصرف نمی‌کند. بنابراین

$$3\overline{V}_{inj}\bar{I}_{se}^{*} = 3\overline{V}_s\bar{I}_{sh}^{*} \qquad (۶)$$

با جایگذاری $\overline{I_{sh}}$ از (۱)، $\overline{V}_{inj}$ از (۲) و (۳) و (۴)، و $\bar{I}_{se}$ از (۵) در (۶) و با دانستن $\delta = \theta_s - \theta_r$ داریم:

$$P_{i,OUPFC} = -b_{se}kV_iV_j\sin(\delta+\sigma) - b_{se}rV_iV_j\sin(\delta+\rho) \qquad (۷)$$

$$\begin{aligned} Q_{i,OUPFC} = {} & -b_{se}V_i^{\,2}\left(k^2+r^2\right) - 2b_{se}krV_i^{\,2}\cos(\sigma-\rho) \\ & - 2b_{se}kV_i^{\,2}\cos(\sigma) - 2b_{se}rV_i^{\,2}\cos(\rho) \\ & + b_{se}kV_iV_j\cos(\delta+\sigma) + b_{se}rV_iV_j\cos(\delta+\rho) \end{aligned} \qquad (۸)$$

$$P_{j,OUPFC} = -P_{i,OUPFC} \qquad (۹)$$

$$\begin{aligned} Q_{j,OUPFC} = {} & +b_{se}kV_iV_j\cos(\delta+\sigma) \\ & + b_{se}rV_iV_j\cos(\delta+\rho) \end{aligned} \qquad (۱۰)$$

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

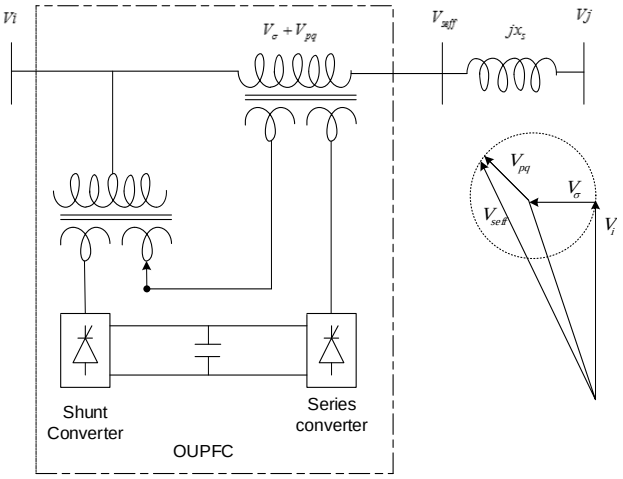
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

متغیرهای r، γ و σ پارامترهای کنترلی کنترل‌کننده یکپارچه بهینه توان می‌باشند و به صورت زیر تعریف می‌شوند:

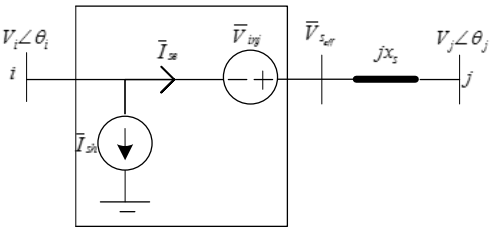
$$u_d = r\cos(\rho),\ u_q = r\sin(\rho) \quad u_d^2+u_q^2=r^2 \qquad (11)$$

$$r = \sqrt{u_{up1}^2+u_{up2}^2} \quad , \quad \gamma = \tan^{-1}\left(\frac{u_{up2}}{u_{up1}}\right) \qquad (12)$$

$$b_{se} = \frac{1}{X_{se}}, \quad \delta = \theta_i - \theta_j, \quad k = \tan\sigma$$



شکل ۱ دیاگرام فازوری و نمای ساده یکOUPFC



شکل ۲مدل OUPFCشامل منبع ولتاژ سری و منبع جریان موازی

۳- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک یکی از روش‌های جستجوی مبتنی بر اصل تکامل می‌باشد، که براساس اصل انتخاب طبیعی و امکان بقاء برای تولید مثل نسل قوی‌تر بنا نهاده شده است. کروموزوم که جواب مسئله می‌باشد، از تعدادی ژن در کنار یکدیگر تشکیل شده است. در ابتدا کروموزوم با رفتار احتمالی جمعیت اولیه ساخته شده، سپس ارزیلی کروموزوم‌ها از طریق تابع هدف صورت پذیرفته، در گام بعدی عملگرِ انتخاب کروموزوم های با بیشترین برازندگی را در بین جمعیت موجود انتخاب کرده و بعد از عملگرهای هَمبَری[۲۳] و جهش[۲۴] جمعیت جدید ساخته می‌شود. پروسه تا زمانی که جمعیت بهبود داده شده و جواب بهینه مسئله یافته شود ادامه پیدا می‌کند.

در مسئله جایابی تعداد ژن ها در هر کروموزوم به تعداد OUPFCها و پارامترهای کنترلی هر یک از کنترل‌کننده‌ها وابسته است. نمونه‌ای از کروموزوم به عنوان ساختار جواب پیشنهادی مسئله در شکل ۳ نشان داده شده است.

جواب در نظر گرفته شده از ۶ بخش تشکیل شده است و ژن های[۲۵] هر بخش به ترتیب حاوی اطلاعات مکان OUPFCها، زاویه فاز PST، دامنه عملکرد UPFC، زاویه فاز UPFC، و دو بخش انتهایی حاوی اطلاعات دامنه و اختلاف فاز ولتاژ ابتدا و انتهای خطی که OUPFC بر روی آن نصب خواهد شد می‌باشد.

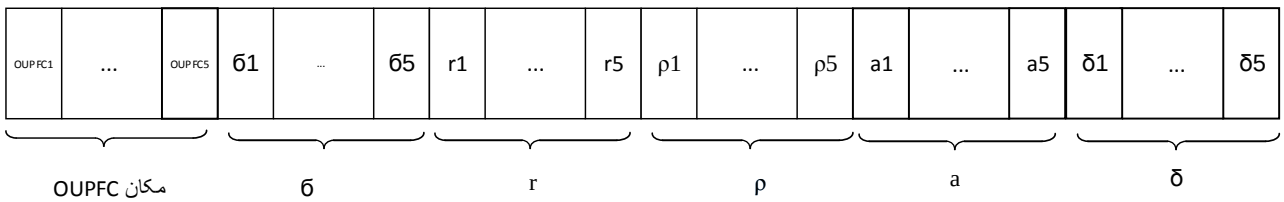
۴- فرمول نویسی مسئله و تابع هدف

از اثرات نصب OUPFC در سیستم قدرت می‌توان به کنترل پخش توان، کاهش تلفات سیستم و کاهش هزینه سوخت ژنراتورها اشاره نمود. هر یک از هزینه های مذکور می‌توانند به عنوان تابع هدف مسئله OPF در حضور OUPFC در نظر گرفته شود. در این مقاله حداقل نمودن تابع هزینه شامل هزینه تولید، هزینه نصب OUPFC و هزینه انتقال با در نظر گرفتن هزینه قیمت حاشیه‌ای محلی به عنوان تابع هدف انتخاب شده است.

۴-۱-تابع هزینه تولید

این تابع به معنای تعیین توان‌های تولیدی هر واحد نیروگاهی در شبکه به گونه‌ای است که با توجه به تابع هزینه سوخت آن واحد، حداقل هزینه به دست آید. این تابع به فرم زیر می‌باشد.

$$C_{Gen} = \sum_{i=1}^{n} \alpha_0 + \alpha_1 P_{G_i} + \alpha_2 P_{G_i}^2 \qquad (13)$$



شکل ۳ ساختار جواب پیشنهادی برای مسئله موردنظر

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

که در اینجا P_{G_i} توان اکتیو تولیدی هر ژنراتور بر حسب MWو α_0 ، α_1و α_2ضرایبی ثابت هستند که بـرای نیروگـاه‌هـای مختلـف متفاوت بوده و در مشخصات تولید کننده داده می‌شود.

۴-۲-تابع هزینه انتقال

از آنجا که اختلاف هزینه‌های انتقال در نتیجه‌ی اختلاف در قیمت های حاشیه ای محلی می‌باشد، تابع هزینه انتقال که به نوعی بیانگر میزان تلفات ناشی از کاهش توان انتقالی در نتیجه پخش بار بهینه نیز است، به صورت زیر تعریف می‌گردد[۱۳, ۱۴].

$$C_{Trans}=\sum_{i\neq j}\left(\lambda_i-\lambda_j\right)P_{ij} \qquad (۱۴)$$

λ_i قیمت حاشیه ای محلی گره iأم (\$/MWhr)و P_{ij} توان انتقالی در خط i-j بر حسب MW می‌باشد.

۴-۳-تابع هزینه ادوات FACTS

به منظور یافتن ظرفیت بهینه، تابع هزینه ادوات FACTS به صورت زیرمی‌باشد[۳].

$$C_{Comp}=\frac{C_{OUPFC}}{8760\times 5}(\$/h) \qquad (۱۵)$$

هزینه OUPFC، C_{OUPFC}، برحسب \$ می‌باشد. تابع هزینه OUPFC بر اساس اطلاعات شرکت‌های ABB و Siemens مطابق زیر است[۱۵, ۱۶]

$$C_{OUPFC}=((12\times S_{PST})+(0.0003\times S_{OUPFC}^2-0.2691\times S_{OUPFC}+188.22)\times S_{OUPFC})\times 1000 \qquad (۱۶)$$

با توجه به آنکه OUPFC از ترکیب یک UPFC و یک PST ساخته شده است. S_{FACTS}، میزان بهره‌برداری از تجهیزات برحسب MVA، نیز شامل اجزاء S_{PST} و S_{UPFC} می‌باشد. با توجه به آنکه ادوات FACTS مدت زمان زیادی مورد استفاده قرار خواهند گرفت، مشابه [۳] در این برنامه نیز افق زمانی[۲۶] پنج ساله برای ارزیابی تابع هزینه در نظر گرفته شده است.

$$C_{Total}=C_{Gen}+C_{Trans}+C_{Comp} \qquad (۱۷)$$

C_{Total}تابع هزینه کل، C_{P_G}تابع هزینه تولید ، C_{Trans}تابع هزینه انتقال و C_{Comp} تابع هزینه جبرانساز استفاده شده، برحسب \$ می‌باشند

۴-۴-محدودیت‌های مسئله

$$\min \quad C_{Total}=\sum C_{Gen}+\sum C_{Trans}+\sum C_{Comp}$$

$$s.t.: \quad P_{ij}=|Y_{ij}|V_i\left(V_i\cos\varphi_{ij}-V_j\cos\left(\varphi_{ij}+\theta_j-\theta_i\right)\right)$$

$$Q_{ij}=|Y_{ij}|V_i\left(V_i\sin\varphi_{ij}-V_j\sin\left(\varphi_{ij}+\theta_j-\theta_i\right)\right)$$

$$0\le P_{G_i}\le P_{G_i,\max}$$

$$P_{ij,\min}\le P_{ij}\le P_{ij,\max}$$

$$Q_{ij,\min}\le Q_{ij}\le Q_{ij,\max}$$

$$V_{i,\min}\le V_i\le V_{i,\max}$$

$$\sum P_{G_i}=\sum_{j=m}^{n}P_{ij}+P_{Load,i}$$

$$0.95\le\frac{V_r}{V_s}\le 1.05$$

$$0\le\delta\le\frac{\pi}{2}$$

$$0\le r\le 1$$

$$-\pi\le\rho\le\pi$$

$$-20^\circ\le\sigma\le 20^\circ$$

P_{G_i} : توان اکتیو تولید هر ژنراتور(MW)

$P_{G_i,\max}$: حداکثر توان اکتیو تولید هر ژنراتور(MW)

P_{ij} : توان اکتیو انتقالی از باس i أم به باس jأم(MW)

Y_{ij} : ادمیتانس خط انتقالی از باس i أم به باس jأم (Ω)

φ_{ij} : زاویه ادمیتانس خط انتقالی از باس iأم به باس jأم (rad)

V_i : ولتاژ باس iأم (V)

$P_{ij,\min}$: حداقل ظرفیت انتقال توان اکتیو در خط انتقال ij(MW)

$P_{ij,\max}$:حداکثر ظرفیت انتقال توان اکتیو در خط انتقال ij (MW)

$V_{i,\min}$: حداقل ولتاژ باس iأم (V)

$V_{i,\max}$: حداکثر ولتاژ باس iأم (V)

$P_{Load,i}$: بار باس iأم(MW)

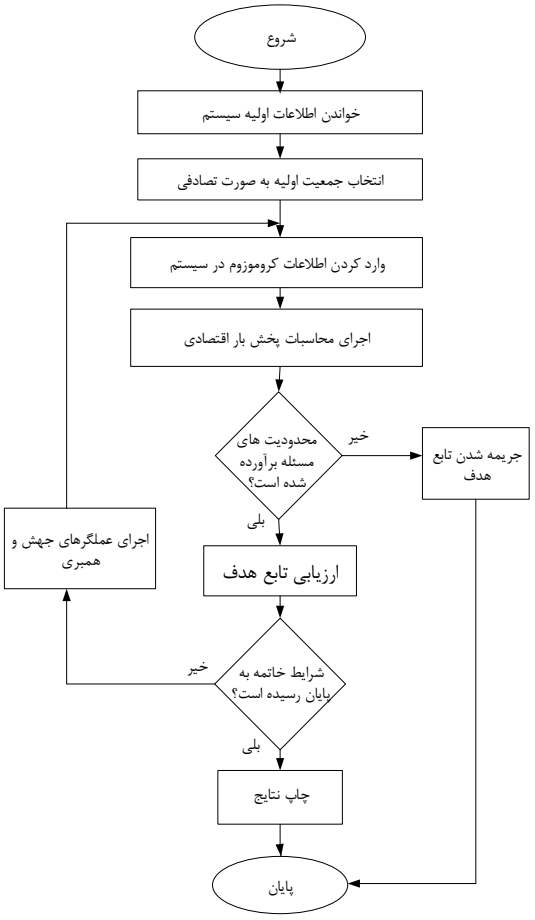
۵-مطالعه

به منظور ارزیابی تاثیر OUPFC بر بهره‌برداری اقتصادی از سیستم قدرت، جایابی این کنترل‌کننده در شبکه ۳۰باسه IEEE به وسیله پخش بار بهینه در محیط نرم‌افزار MATLAB صورت پذیرفته شده است. الگوریتم جایابی بهینه OUPFCها در سیستم قدرت و تعیین پارامترهای کنترلی مربوطه با هدف کاهش هزینه‌ها مطابق شکل ۴ است. اطلاعات مربوط به شبکه ۳۰ باسه IEEE نشان داده شده در شکل ۵، در [۱۷] موجود است. در این مقاله تعداد OUPFCها ۵ عدد در نظر گرفته شده است.

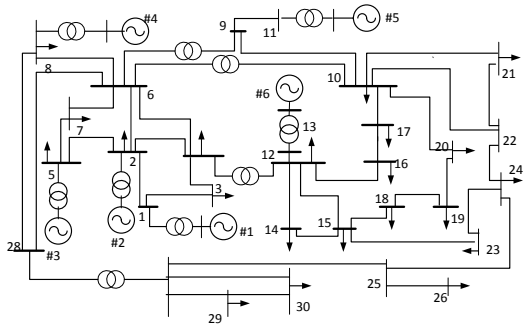
نتایج حاصل از جایابی بهینه و تعیین پارامترهای کنترلی پنج عدد OUPFC در جدول ۱ نشان داده شده، همچنین، هزینه‌های

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

تولیدی در دو حالت قبل و بعد از جایابی OUPFCها در جدول های ۲ و ۳ نشان داده شده است.



شکل ۴ الگوریتم حل مسئله پیشنهادی



شکل ۵ سیستم ۳۰ شینه IEEE

جدول ۱ محل نصب و پارامترهای کنترلی **OUPFC**

OUPFC	از	به	c	R	۴	۱ ؛	δ
۱	۹	۱۱	۰/۱۸۹	۰/۱۱۳	۰/۳۵۰	۰/۹۷۴	۰/۶۲۴
۲	۲۷	۳۰	-۰/۲۹۶	۰/۰۲۹۴	-۲/۰۸۳	۰/۹۸۶	۰/۲۵۰
۳	۱۲	۳۰	۰/۱۵۹	۰/۰۲۱	۲/۹۰۸	۰/۹۶۰	۰/۷۷۶
۴	۱۰	۲۱	۰/۳۴۰	۰/۰۵۵	۰/۳۰۳	۰/۹۷۲	۰/۳۲۵
۵	۲۸	۲۷	۰/۰۱۳	۰/۰۴۱	-۱/۱۳۵	۰/۹۶۰	۱/۵۵۶

جدول ۲ هزینه تولیدی ژنراتورها قبل و بعد از جایابیOUPFC

هزینه و توان تولیدی هر ژنراتور		قبل از جایابی OUPFC		بعد از جایابی OUPFC	
		توان (MW)	هزینه ($/h)	توان (MW)	هزینه ($/h)
۱		۴۱/۵۴	۱۱۷/۶۰	۴۳/۲۵	۱۲۳/۹۳
۲		۵۵/۴۰	۱۵۰/۶۷	۵۷/۳۷	۱۵۷/۹۹
۳		۲۲/۷۴	۵۵/۰۶	۲۲/۸۷	۵۵/۵۴
۴		۳۹/۹۱	۱۴۲/۹۹	۳۴/۹۳	۱۲۳/۶۹
۵		۱۶/۲۸	۵۵/۴۲	۱۶/۵۲	۵۶/۴۰
۶		۱۶/۲۰	۵۵/۱۶	۱۶/۳۴	۵۵/۷۱

جدول ۳ هزینه تولیدی ژنراتورها قبل و بعد از جایابیOUPFC

	هزینه تولید	هزینه انتقال	هزینه OUPFC	هزینه کل
قبل از جایابی OUPFC	۵۷۶/۸۹	۱۹۴۳/۵۷۵	-	**۲۵۲۰/۴۶۸**
بعد از جایابی OUPFC	۴۴۴/۰۷۸	۴۷۸/۰۵۷	۵۷۳/۲۶۷	**۱۴۹۵/۴۰۲**

همانطور که از نتایج به دست آمده می‌توان استدلال نمود، هزینه تولید انرژی الکتریکی قبل از جایابی و نصب OUPFCها، ٪۲۲/۸۹ هزینه کل را شامل می‌شد، امّا این هزینه بعد از جایابی به میزان ٪۲۹/۶۹۶ هزینه کل افزایش یافته است. امّا، هزینه‌ی انتقال انرژی الکتریکی از میزان ٪۷۷/۱۱ هزینه‌ی کل به میزان چشم‌گیر ٪۳۱/۹۷ کاهش یافته است که به معنای ٪۷۵/۴ کاهش هزینه کل بعد از جایابی OUPFCها می‌باشد.در نهایت می‌توان نتیجه گرفت، نصب تعدادی مشخصOUPFC در محل مناسب سیستم قدرت

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

مورد مطالعه منجر به کاهش هزینه‌ی کل به میزان ٪۴۰/۶۷ شده است.

۶-نتیجه‌گیری

امروزه کاهش قیمت برق در بازارهای رقابتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از راهکارهای مناسب برای کنترل هزینه سیستم قدرت، پخش بار بهینه در حضور سایر تجهیزات موثر از جمله ادوات FACTS می‌باشد. در این مقاله روش جدیدی مبتنی بر پخش بار بهینه برای جایابی مناسب کنترل‌کننده یکپارچه بهینه توان در سیستم قدرت ارائه شده است. روش پیشنهاد شده با هدف اقتصادی نمودن شرایط بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت و کاهش هزینه تولید، هزینه انتقال و هزینه‌ی نصب OUPFC، به تعیین محل مناسب نصب OUPFCها می‌پردازد. روش پیشنهادی در شبکه ۳۰ - باسه استاندارد IEEE ارائه شده است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد، بهبود قابل توجه در هزینه کل سیستم قدرت استفاده از این روش را توصیه می‌نماید.

مراجع:

[1] N. G. Hingorani, "Power electronics in electric utilities: role of power electronics in future power systems," Proceedings of the IEEE, vol. 76, pp. 481-482, 1988.

[2] A. Lashkar Ara, A. Kazemi, and S. Nabavi Niaki, "Modelling of Optimal Unified PowerFlow Controller (OUPFC) for optimal steady-state performance of power systems," Energy conversion and Management, vol. 52, pp. 1325-1333, 2011.

[3] L. Afshin, K. Ahad, and B. Mohammad, "Improving power systems operation through multiobjective optimal location of optimal unified power flow controller," Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, vol. 21, pp. 1893-1908, 2013.

[4] A. Lashkar Ara, J. Aghaei, M. Alaleh, and H. Barati, "Contingency-based optimal placement of Optimal UnifiedPower Flow Controller (OUPFC) in electrical energy transmission systems," Scientia Iranica, 2013.

[5] M. Behshad, A. Lashkarara, and A. Rahmani, "Optimal location of UPFC device considering system loadability, total fuel cost, power losses and cost of installation," in Power Electronics and Intelligent Transportation System (PEITS), 2009 2nd International Conference on, 2009, pp. 231-237.

[6] G. N. Taranto, L. Pinto, and M. V. F. Pereira, "Representation of FACTS devices in power system economic dispatch ",Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 7, pp. 572-576, 1992.

[7] S. Ge and T. Chung, "*Optimal active power flow incorporating power flow control needs in flexible AC transmission systems*," Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 14, pp. 738-744, 1999.

[8] H. Ambriz-Perez, E. Acha, and C. Fuerte-Esquivel, "*Advanced SVC models for Newton-Raphson load flow and Newton optimal power flow studies*," Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 15, pp. 129-136, 2000.

[9] T. Chung and Y. Li, "*A hybrid GA approach for OPF with consideration of FACTS devices*," Power Engineering Review, IEEE, vol. 20, pp. 54-57, 2000.

[10] W. Ongsakul and P. Bhasaputra, "*Optimal power flow with FACTS devices by hybrid TS/SA approach*," International journal of electrical power & energy systems, vol. 24, pp. 851-857, 2002.

[11] A. Deihimi and H. Javaheri, "*A Fuzzy Multi-Objective Multi-Case Genetic-Based Optimization for Allocation of FACTS Devices to Improve System Static Security, Power Loss and Transmission Line Voltage Profiles* ", International Review of Electrical Engineering, vol. 5, 2010.

[12] A. Nabavi-Niaki and M. R. Iravani, "*Steady-state and dynamic models of unified power flow controller (UPFC) for power system studies*," Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 11, pp, 1937-1943, 1996.

[13] D. Kirschen and G. Strbac, "Fundamentals of power system economics, 2004," ed: Wiley.

[14] S. K. Ng, C. Lee, and J. Zhong, "*A game theoretic approach to study strategic interaction between transmission and generation expansion planning*," in IEEE Conference Proceedings, 2006.

[15] M. Saravanan, S. Slochanal, P. Venkatesh, and J. Abraham, "*Application of particle swarm optimization technique for optimal location of FACTS devices considering cost of installation and system loadability* ",Electric Power Systems Research, vol. 77, pp. 276-283, 2007.

[16] D. Bonmann, "Technical information on the ABB phase shifting transformer," ed: Feb, 2001.

[17] K. Lee, Y. Park, and J. Ortiz, "*A united approach to optimal real and reactive power dispatch* ",Power Apparatus and Systems, IEEE Transactions on, pp. 1147-1153, 1985.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

رزومه

پانته آ عوض پور در آبادان متولد شده است (۱۳۵۸). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق- قدرت از دانشگاه شهید چمران اهواز (۱۳۸۲)، کارشناسی‌ارشد مهندسی برق- قدرت از دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول اخذ کرده است.فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه ادوات FACTS، مباحث پایداری گذرا و بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت است.



افشین لشکرآرا در سال (۱۳۵۲) درتهران 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.

زیرنویس‌ها

[1]Optimal Placement
[2]Optimal Unified Power Flow Controller (OUPFC)
[3]Genetic Algorithm (GA)
[4]Power Injection Model
[5]Optimal Power Flow (OPF)
[6]Multi-Objective Function
[7]Cost Function (CF)
[8]Formulation
[9]Unified Power Flow Controller
[10]Phase Shifting Transformer
[11]Locational Marginal Prices (LMPs)
[12]Linear Programming (LP)
[13]Nonlinear Programming (NLP)
[14]Quadratic Programming (QP)
[15]Newton method
[16]Artificial Neural Network (ANN)
[17]Evolutionary Programming (EP)
[18]Decomposition
[19]Security
[20]Tabu Search (TS)
[21]Simulated Annealing (SA)
[22]Converter
[23]Crossover
[24]Mutation
[25]Gen
[26]Time Horizon

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.1.0]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013