

کنترل بار فرکانس یک سیستم قدرت سه ناحیه ای با استفاده از کنترل کننده PID و بهینه سازی پارامترهای کنترل کننده با الگوریتم گرگ های خاکستری

عبدالمجید دژم خوی^۱، محسن علیایی^۲، سجاد دولتی خیاوی^۳

۱-دانشگاه محقق اردبیلی

۲-دانشگاه محقق اردبیلی

۳-دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

با رشد و پیچیدگی سیستم های قدرت و افزایش تقاضای بار نیاز به استفاده از الگوریتم ها برای بهبود عملکرد سیستم روز به روز افزایش پیدا کرده است. در این مقاله از الگوریتم گرگ های خاکستری، برای بهبود عملکرد کنترل کننده PID به منظور جلوگیری از انحراف فرکانس و توان خطوط استفاده شده است. نتایج در یک سیستم قدرت سه ناحیه ای شامل نیروگاه حرارتی نشان می دهد که این الگوریتم به طور مناسبی ضرایب کنترل کننده های PID در هر سه ناحیه را بهینه کرده و انحراف فرکانس و همچنین تغییرات توان خطوط به صفر میل کرده است. سیستم قدرت سه ناحیه ای در سیمولینک متلب شبیه سازی شده است.

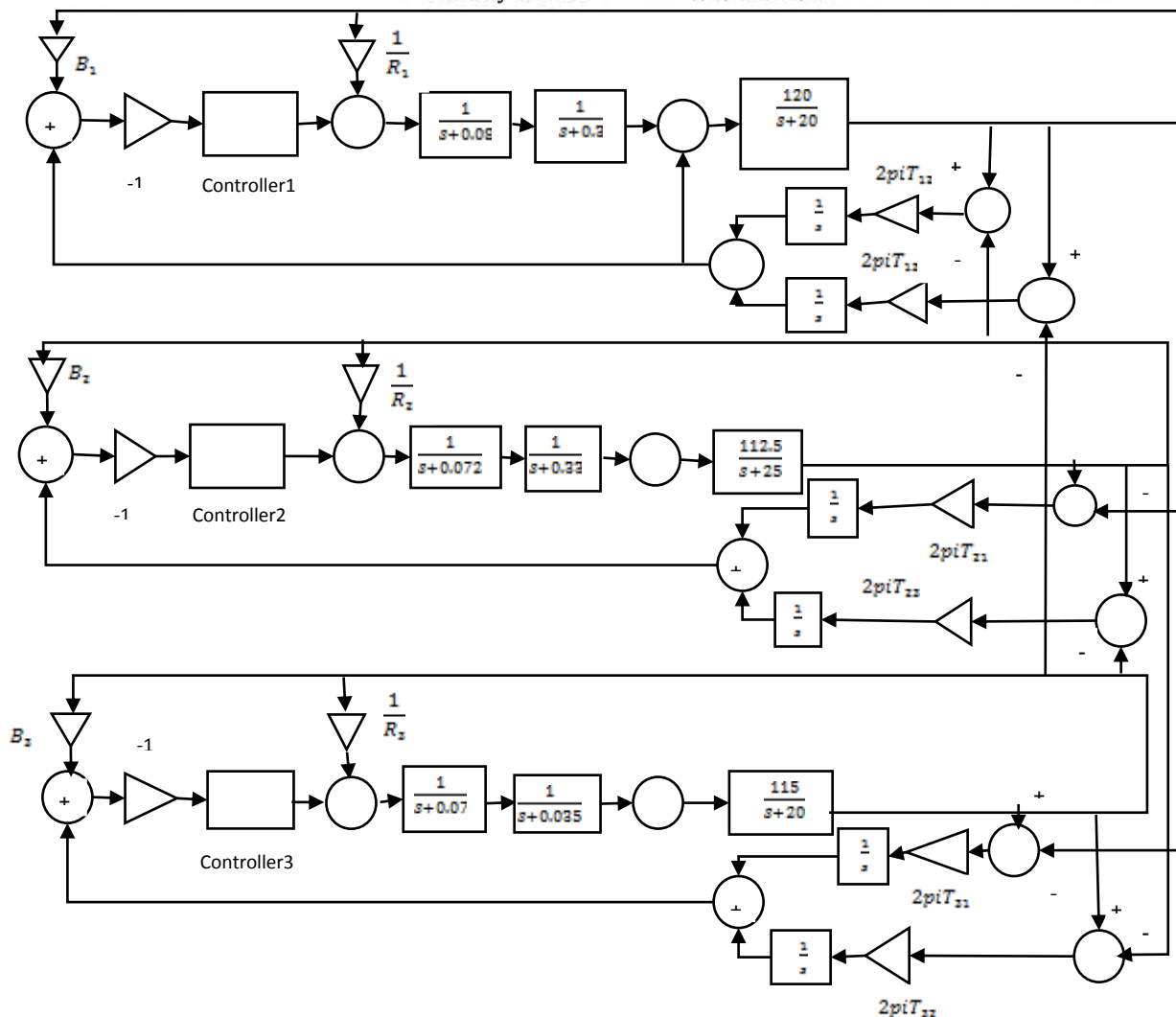
واژگان کلیدی: کنترل بار فرکانس (LFC)، کنترل کننده PID، الگوریتم گرگ های خاکستری.

۱: مقدمه

هدف اصلی کنترل تولید اتوماتیک متعادل کردن تولید سیستم در برابر تلفات بار سیستم است، بنابراین فرکانس سیستم با تبادل توان بین نواحی مجاور کنترل می شود. هر عدم مطابقت بین تولید و تقاضا سبب می شود فرکانس سیستم از مقدار نامی دور شود. این انحراف فرکانس بالا ممکن است سیستم را به طور نیمه کامل یا کامل به سمت فروریختگی سوق دهد. کنترل تولید اتوماتیک (AGC) شامل یک حلقه کنترل بار فرکانس (LFC) و یک حلقه تنظیم کننده ولتاژ اتوماتیک است که به سیستم های قدرت متصل شده و شار توان و فرکانس را به وسیله کنترل تولید اتوماتیک تنظیم می کند. سیستم کنترل بار فرکانس، بار ژنراتور را از انحراف فرکانس با توجه به خطاهای حالت ماندگار صفر حفاظت می کند و اهداف بهینه رفتار گذرای کنترل بار فرکانس در یک سیستم قدرت متصل شده چند ناحیه ای را فراهم می کند (Gross and Lee, 2001). نویسندگان در (Satyanarayana et al, 2014) عملکرد بین حلقه های LFC و AVR و همچنین تاثیرات ترکیبی دو حلقه LFC و AVR را مورد بررسی قرار داده اند.

با توجه به رشد و پیچیدگی در سیستم های قدرت همزمان با افزایش تقاضای بار استفاده از سیستم های هوشمند ضروری شده است. در مقالات هنوز کار روی بهینه سازی پارامترهای کنترل کننده برای بهبود بیشتر عملکرد سیستم وجود دارد. بنابراین، ساختارهای کنترل کننده و شیوه های بهینه سازی تکاملی گوناگون جدیدی برای مطالعه عملکرد بهینه سازی پیشنهاد شده اند (Sahu et al, 2013). الگوریتم گرگ های خاکستری (GWO) رفتار گرگ های خاکستری در جستجوی شکار و طعمه را نشان می دهد. مراحل اصلی شکار گرگ های خاکستری دوره کردن شکار و حمله به شکار می باشد و به طور متوسط در گروه های ۵ تا ۱۲ تایی زندگی می کنند (Mirjalili et al, 2014). در (Sharma and Saikia, 2015) با استفاده از الگوریتم GWO پارامترهای PID در یک سیستم سه ناحیه ای برای کنترل بار فرکانس سیستم به کار برده شده که موفقیت این الگوریتم برای کنترل فرکانس بار توسط کنترل کننده PID را نشان می دهد.

با رشد و پیچیدگی سیستم های قدرت و افزایش تقاضای بار نیاز به استفاده از الگوریتم ها، برای بهبود عملکرد سیستم روز به روز افزایش پیدا کرده است. در این مقاله از الگوریتم گرگ های خاکستری، برای بهبود عملکرد کنترل کننده PID برای جلوگیری از انحراف فرکانس و توان خطوط استفاده شده است. نتایج در یک سیستم قدرت سه ناحیه ای شامل نیروگاه حرارتی نشان می دهد که این الگوریتم به طور مناسبی ضرایب کنترل کننده های PID در هر سه ناحیه را بهینه کرده و انحراف فرکانس و همچنین تغییرات توان خطوط به صفر میل کرده است.



شکل ۱. مدل سیمولینک سیستم قدرت سه ناحیه ای

۲: سیستم مورد مطالعه

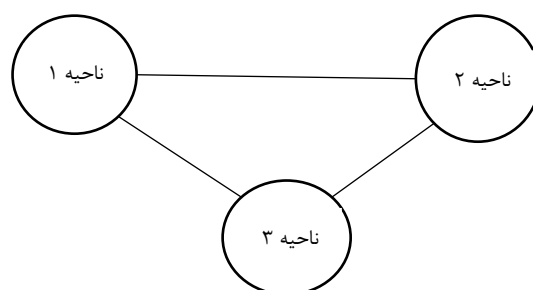
سیستم قدرت از سه ناحیه شامل نیروگاه حرارتی تشکیل شده است. حلقه های ثانویه تنظیم مناسب فرکانس را به وسیله بازنشانی خطای فرکانس به صفر از طریق عمل انتگرالی صورت می دهند. نسبت بین سرعت و بار می تواند به وسیله تغییر دادن یک ورودی نقطه دستگاه مرجع بار، تنظیم شود. به طور کلی، تنظیم نقطه دستگاه مرجع بار به وسیله عملکرد موتور تغییردهنده سرعت انجام می شود. خروجی هر واحد در یک فرکانس سیستم معین می تواند تنها به وسیله تغییر دادن مرجع بار خودش تغییر داده شود که در حقیقت، مشخصات ناپایداری به سرعت به طرف بالا و پایین حرکت می کند. این کنترل به طور قابل ملاحظه ای آهسته است و تنها زمانی که کنترل اولیه کار خودش را انجام دهد به طرف عملکرد مناسب می رود (Kothari and Nagrath, 2003). سیستم قدرت سه ناحیه ای با خطوط نشان داده در شکل ۱ متصل شده اند. هر ناحیه دو هدف زیر را دنبال می کند:

۱. هر منطقه کنترلی باید تقاضای بار متعلق به خودش و انتقال توان از طریق خط به وسیله توافق دو جانبه را تغذیه کند.

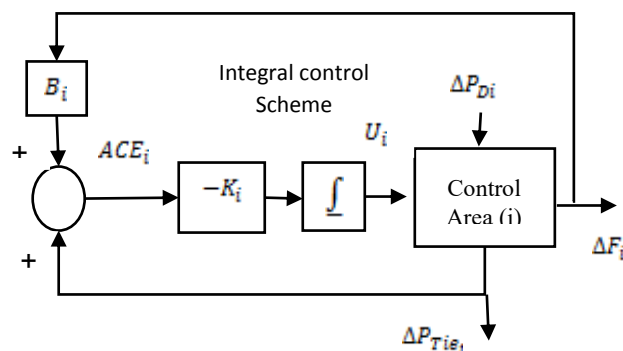
۲. هر منطقه کنترلی باید فرکانس اش قابل کنترل باشد (Chatterjee, 1993).

در شکل ۲ اتصال بین نواحی نشان داده شده است. در سیستم از PID استفاده شده و پارامترهای PID توسط الگوریتم GWO بهینه شده است. وظیفه کنترل کننده فرکانس بار، تولید یک سیگنال کنترل U_i است که فرکانس سیستم و تغییرات توان خط را در مقادیر از پیش تعیین شده حفظ می کند. رویه کنترل انتگرال تناسبی در شکل ۳ نشان داده شده است (Kothari and Nagrath, 2003).

۳:
الگوریتم
گرگ
های



شکل ۲. نحوه اتصال نواحی کنترلی



شکل ۳. ساختار کنترل کننده PI

خاکستری

این الگوریتم توسط سید علی میرجلیلی و سید محمد میرجلیلی بسط داده شده است. این الگوریتم رفتار گرگ خاکستری در جستجوی شکار و طعمه را منعکس می کند (Mirjalili et al, 2014). گرگ های خاکستری ترجیح می دهند به طور متوسط در گروه های ۵ تا ۱۲ تایی زندگی کنند. آنها سلسله مراتب غالب خیلی سختگیرانه ای دارند. رهبری گروه برعهده یک گرگ نر و یک گرگ ماده است. چهار رده بندی آلفا، بتا، دلتا و امگا وجود دارد. آلفا نخستین سطح رده بندی، و بیش از همه مسئول تصمیم گیری هستند. تصمیم های آلفا به گروه تحمیل می شود. آلفا ضرورتاً قوی ترین

عضو گروه نیست اما بهترین مدیر گروه است. این رفتار گروه نشان می دهد که سازماندهی و نظم یک گروه مهم تر از قدرتش است. دومین سطح رده بندی بتا است. بتا سطح دوم گرگ است و آنها آلفا را در تصمیم گیری و یا در دیگر فعالیت ها کمک می کنند. گرگ بتا می تواند نر یا ماده باشد. بتا می تواند مسئولیت گروه را در صورت نبود آلفا برعهده بگیرد. گرگ بتا فرماندهی آلفا را در سراسر گروه تقویت می کند. سطح سوم در رده بندی دلتا است. دلتا سومین سطح است و شامل دیده بانی ها، نگهبان، شکارچی ها و محافظت کننده ها است.

دیده بان ها مسئول پایش محدوده ی قلمرو هستند. آنها هنگام خطر به گروه هشدار می دهند. نگهبان مسئولیت امنیت گروه را برعهده دارد. شکارچی ها آلفا ها و بتا ها را زمان شکار کردن کمک می کنند. پایین ترین رده گروه امگا است. گرگ های امگا باید مطیع همه ی گرگ های غالب باشند. آنها آخرین گرگ هایی هستند که اجازه دارند غذا بخورند. مراحل اصلی شکار کردن گرگ خاکستری (۱) دوره کردن شکار (۲) حمله به شکار می باشد (Sharma and Saikia, 2015).

در مقاله (Mirjalili et al, 2014) دو مرحله اصلی شکار به صورت معادلات زیر فرمول بندی شده اند. در مرحله اول که دوره کردن طعمه توسط گرگ های خاکستری است، معادلات زیر پیشنهاد شده است:

$$\vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}_p(t) - \vec{X}(t)| \quad (1)$$

$$\vec{X}(t+1) = |\vec{X}_p(t) - \vec{A} \cdot \vec{D}| \quad (2)$$

که t نشان دهنده مرحله در حال اجرا است. $\vec{A}$ و $\vec{C}$ ضرایب برداری هستند. $\vec{X}_p(t)$ بردار موقعیت شکار و $\vec{X}$ بردار موقعیت گرگ های خاکستری را نشان می دهد. بردارهای $\vec{A}$ و $\vec{C}$ به صورت زیر محاسبه می شوند:

$$\vec{A} = 2\vec{a} \cdot \vec{r}_1 - \vec{a} \quad (3)$$

$$\vec{C} = 2 \cdot \vec{r}_2 \quad (4)$$

که $\vec{a}$ به طور خطی از ۲ به ۰ کاهش می یابد. $\vec{r}_1$ و $\vec{r}_2$ بردارهای رندوم بین ۰ و ۱ هستند.

هر چند در یک فضای جستجوی مطلق تصویری از موقعیت بهینه که همان طعمه می باشد وجود ندارد ولی برای اینکه به طور ریاضی رفتار شکار کردن گرگ های خاکستری شبیه سازی شود فرض شده که آلفا، بتا و دلتا از موقعیت طعمه آگاه هستند که به صورت زیر معادله سازی شده اند:

$$\vec{D}_\alpha = |\vec{C}_1 \cdot \vec{X}_\alpha - \vec{X}|, \vec{D}_\beta = |\vec{C}_2 \cdot \vec{X}_\beta - \vec{X}|, \vec{D}_\delta = |\vec{C}_3 \cdot \vec{X}_\delta - \vec{X}| \quad (5)$$

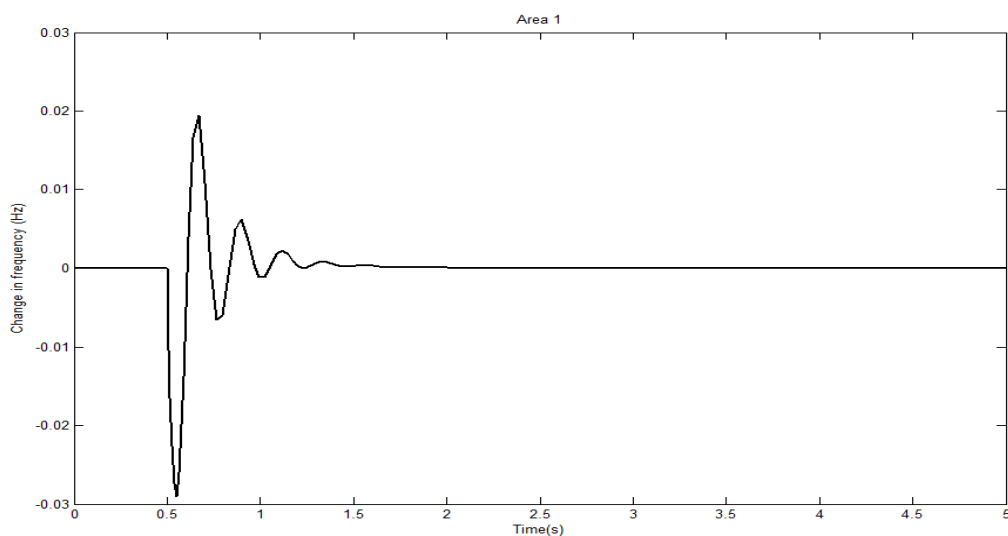
$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1 \cdot (\vec{D}_\alpha), \vec{X}_2 = \vec{X}_\beta - \vec{A}_2 \cdot (\vec{D}_\beta), \vec{X}_3 = \vec{X}_\delta - \vec{A}_3 \cdot (\vec{D}_\delta) \quad (6)$$

$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3} \quad (7)$$

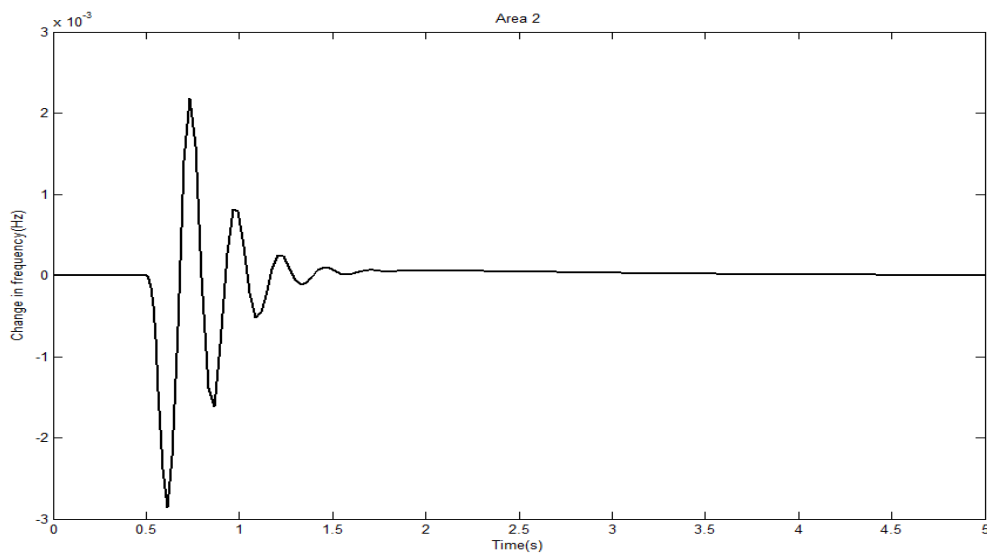
در این مقاله همچنین نشان داده شده که آلفا، بتا و دلتا موقعیت شان از طعمه را تخمین می زنند و دیگر گرگ ها موقعیت شان را به طور رندوم اطراف طعمه به روز می کنند.

۴: نتایج شبیه سازی

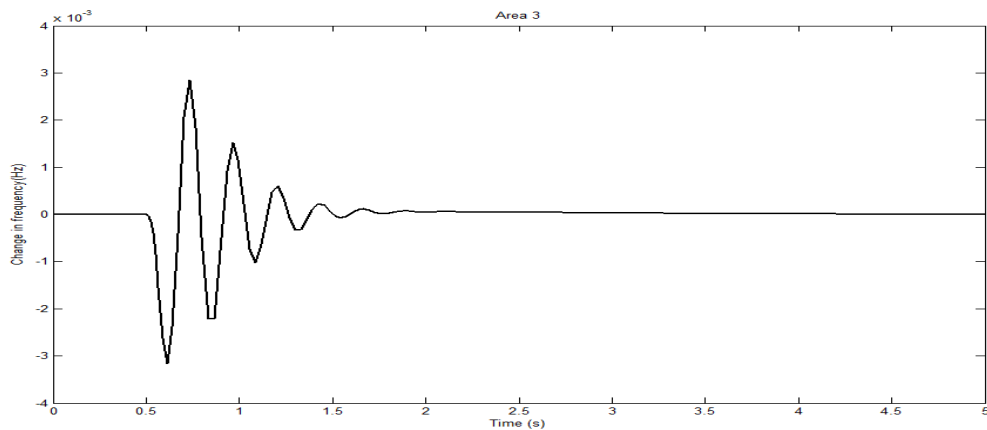
برای نشان دادن عملکرد کنترلی، شبیه سازی ها در نرم افزار متلب انجام شده است. سیستم مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. شبیه سازی برای یک تغییر توان بار ۰٫۰۲ پریونیت در ناحیه اول مورد بررسی قرار گرفته شده است.



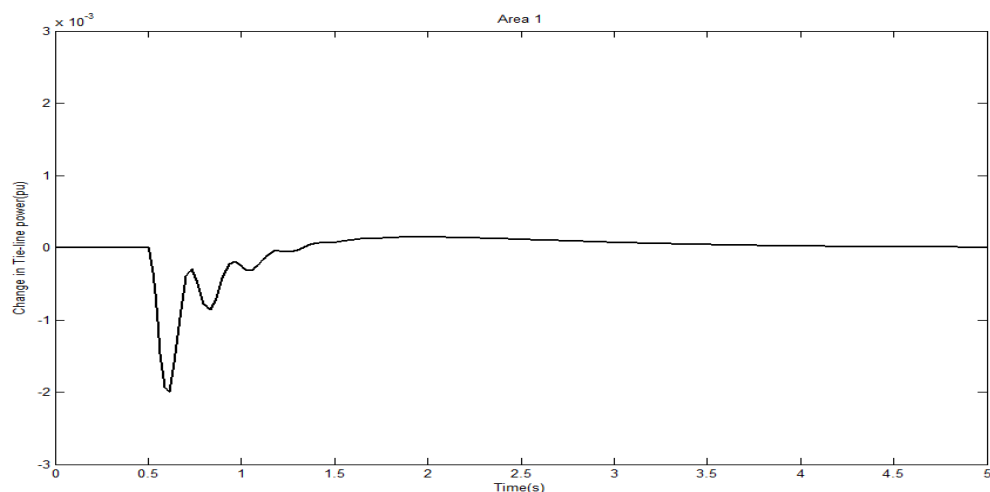
شکل ۴. تغییرات فرکانس در ناحیه ۱



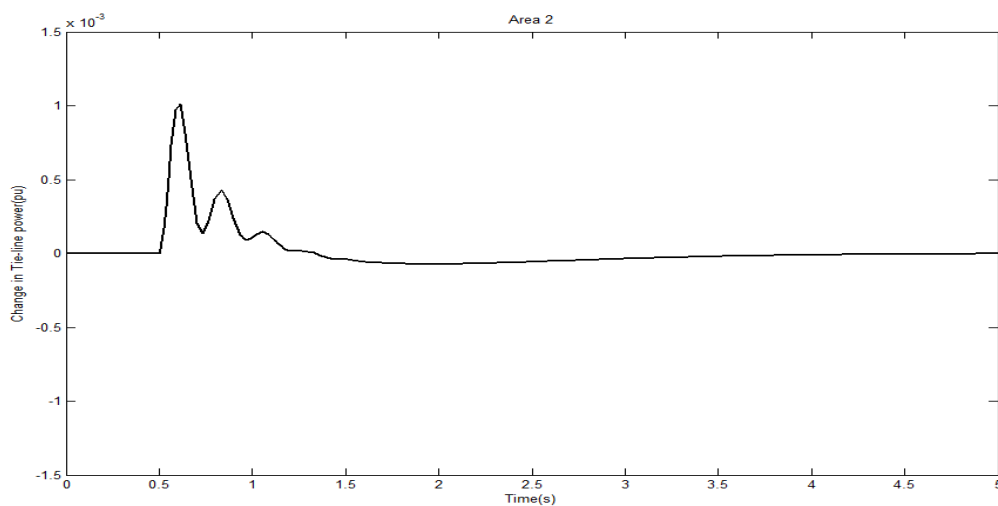
شکل ۵. تغییرات فرکانس در ناحیه ۲



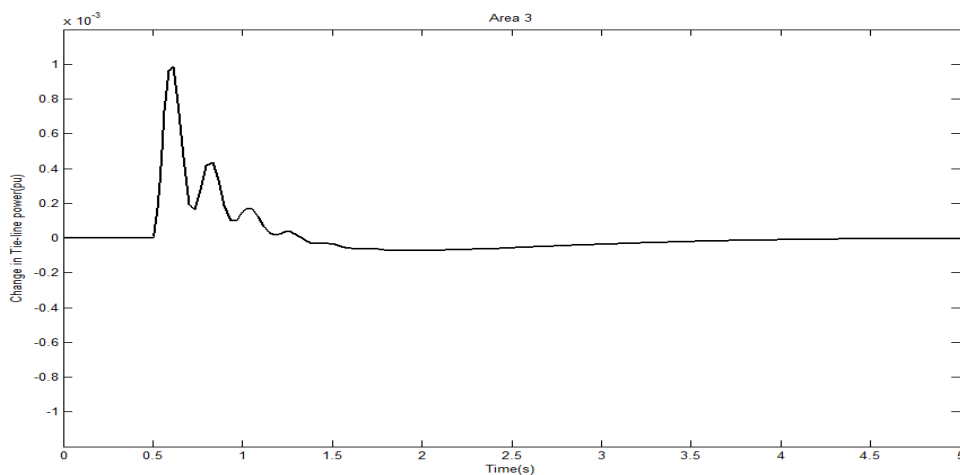
شکل ۶. تغییرات فرکانس در ناحیه ۳



شکل ۷. تغییرات توان ناحیه ۱



شکل ۸. تغییرات توان ناحیه ۲



شکل ۹. تغییرات توان ناحیه ۲

شکل های ۴، ۵ و ۶ به ترتیب انحراف فرکانس در نواحی ۱، ۲ و ۳ را نشان می دهد. در این شکل ها مشخص شده است که با استفاده از الگوریتم گرگ های خاکستری پارامترهای کنترل کننده PID به طور مناسبی بهینه شده است. همچنین در شکل های ۷، ۸ و ۹ مشخص شده که الگوریتم GWO در بهینه کردن پارامترهای کنترل کننده PID برای میرا کردن تغییرات توان نواحی به طور مناسبی عمل کرده است.

۵: نتیجه گیری:

در این مقاله، کنترل کننده بار فرکانس (LFC) برای یک سیستم قدرت سه ناحیه ای بررسی شده است. عملکرد کنترل کننده PID، از طریق شبیه سازی در متلب نشان داده شده است. پارامترهای کنترل کننده PID توسط الگوریتم گرگ های خاکستری بهینه شده است. آنالیزها در شکل های ۴ تا ۹ نشان می دهد که کنترل کننده PID بهینه شده با الگوریتم گرگ های خاکستری در همگرایی انحراف فرکانس و تغییرات توان خطوط سیستم قدرت به طور مناسبی عمل کرده است.

جدول ۱. نتایج حاصل از بهینه سازی پارامترهای PID

پارامترها	kp	ki	kd
مقادیر	۱۱,۳۷۹۵	۰,۸۵۴۶	۶,۰۲۹۲

منابع

- D.P. Kothari, Nagrath, Modern Power System Analysis. (2003). 3rd ed., Tata McGraw-Hill, New Delhi, India.
- G. Gross and J. W. Lee. (2001). Analysis of load frequency control performance assessment criteria, *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 16, no. 3, pp. 520-525.
- K. Chatterjee. (1993). Design of Dual Mode PI Controller for Load frequency Control. 40 (February (1)) (1993).
- R. Sahu, S. Panda and U. Rout. (2013). DE optimized parallel 2-DOF PID controller for load frequency control of power system with governor dead-band nonlinearity. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 49, pp. 19-33.
- S. Mirjalili, S. Mirjalili and A. Lewis. (2014). Grey Wolf Optimizer. *Advances in Engineering Software*, vol. 69, pp. 46-61, 2014.
- S. Satyanarayana, R. K. Sharma, A. Mukta, S. A. Kumar. (2014). Automatic Generation control in power plant using PID, PSS and fuzzy-PID controller. in *Smart Electric Grid (ISEG)*, Guntur, pp. 1 - 8.
- Y. Sharma and L. Saikia. (2015). Automatic generation control of a multi-area ST – Thermal power system using Grey Wolf Optimizer algorithm based classical controllers. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 73, pp. 853-862.