

## طراحی پایدارساز سیستم قدرت به روش فازی سوگنو جهت بهبود پایداری ژنراتور

محسن موسوی<sup>۱</sup> عباس شیری<sup>۲</sup> فرشاد شوکتی<sup>۳</sup>

۱- شرکت مدیریت تولید برق بیستون

۲- گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد هادیشهر

۳- شرکت مدیریت تولید برق بیستون

### چکیده

از آنجا که PSSها نقشی اساسی در تأمین پایداری ژنراتورهای یک واحد نیروگاهی و نیز پایداری شبکه ایفا می کنند، در این مقاله، به منظور بهبود عملکرد پایدار ساز سیستم قدرت (PSS)، یک پایدارساز فازی از نوع سوگنو به منظور بهبود میرایی نوسانات الکترومکانیکی ژنراتورها ارائه شده است. همچنین، الگوریتم بهینه سازی تجمعی ذرات (PSO)، به منظور تعیین بهینه ترین و مناسب ترین پارامترها برای پایدارساز مذکور به کار رفته است. سطح زیر منحنی نوسانات ژنراتورها به عنوان تابع هدف در الگوریتم PSO استفاده شده است. به منظور نشان دادن قابلیت و توانایی پایدارساز ارایه شده، مطالعات عددی بر روی یک سیستم تست دو ناحیه ای چهار ماشینه پیاده سازی شده است. همچنین به منظور نشان دادن مقاوم بودن روش مذکور یک خطای سه فاز روی خط اتصالی بین دو ناحیه مختلف به سیستم اعمال شده است. نتایج شبیه سازی در حوزه زمان نشان می دهد که پایدارساز مذکور با سرعت قابل ملاحظه ای نسبت به PSS نوسانات الکترومکانیکی را میرا می کند.

**واژه های کلیدی:** پایداری ژنراتور، PSS، نوسانات الکترومکانیکی، روش فازی سوگنو، بهینه سازی تجمعی ذرات

### ۱- مقدمه

را تحت تاثیر قرار می دهد [۱]. راه حل برای میرا کردن نوسان های الکترومکانیکی، مجهز کردن ژنراتور به کنترل کننده ای است که یک سیگنال تکمیلی در ورودی ولتاژ مرجع در تنظیم کننده اتوماتیک ولتاژ وارد کند. این وسیله پایدارساز سیستم قدرت، (PSS) نام دارد. در سه دهه اخیر تحقیقات زیادی بر روی میرا کردن نوسان های الکترومکانیکی به منظور بهبود پایداری سیگنال کوچک با

امروزه با گسترش شبکه های قدرت، مسأله ی پایداری سیستم قدرت از اهمیت ویژه ای برخوردار است. توانایی سیستم قدرت در حفظ پایداری، تا حد زیادی بر میرا کردن نوسانات الکترومکانیکی به وسیله ی کنترل کننده های موجود روی سیستم قدرت و ژنراتورها استوار است. نوسان های الکترومکانیکی پدیده ای ذاتی در سیستم های قدرت به هم پیوسته است که با گسترش سیستم های قدرت و بخصوص با اتصال این سیستم ها با خطوط ضعیف، پایداری حالت ماندگار را محدود کرده، امنیت و عملکرد اقتصادی سیستم

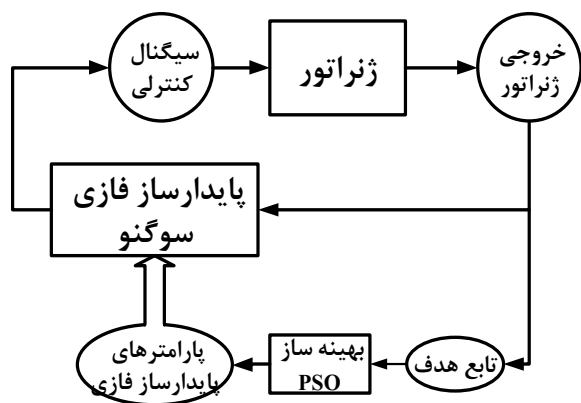
<sup>1</sup> Power System Stabilizer

روش به کار رفته در این مقاله استفاده از طراحی فازی به روش سوگنو به منظور طراحی یک پایدارساز می‌باشد. از آنجا که دینامیک سیستم قدرت، غیرخطی بوده و دارای پیچیدگی خاصی است و عمدتاً تقسیم‌بندی خروجی به صورت مجموعه‌های فازی مشکل می‌باشد سیستم فازی سوگنو نسبت به سیستم ممدانی برتری خاصی از خود نشان می‌دهد. جهت بهینه کردن پارامترهای پایدارساز سوگنو از الگوریتم بهینه‌سازی PSO استفاده شده است که دلیل استفاده از آن مناسب بودن این الگوریتم، برای حل مسائل بهینه‌سازی با متغیرهای فراوان و از نوع پیوسته است.

در بخش ۲ مقاله ساختار پایدارساز فازی ارائه شده تشریح شده است. بخش ۳ مقاله به معرفی سیستم مورد مطالعه و پیاده‌سازی پایدارساز پیشنهادی و ارائه نتایج شبیه‌سازی در حوزه‌ی زمان می‌پردازد. در نهایت بخش ۴ نیز به بحث و نتیجه‌گیری اختصاص یافته است.

## ۲- ساختار پایدارساز فازی سوگنو

پایدارساز به کار رفته برای بهبود میرایی نوسانات الکترومکانیکی در این مقاله، یک پایدارساز فازی سوگنو می‌باشد که برای طراحی و تنظیم پارامترهای آن از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) بهره گرفته شده است. به طور کلی می‌توان ساختار پایدارساز فازی سوگنو و روند بهینه‌سازی آن را به صورت شکل ۱ نشان داد.



شکل ۱ ساختار کنترل‌کننده‌ی ارائه شده

پایدارساز فازی سوگنو، با دریافت فیدبک از سیستم و اندازه‌گیری سیگنال‌های خطا، با استفاده از قواعد فازی خود سیگنال کنترلی مناسب را به سیستم تحریک ماشین‌ها اعمال می‌کند. پارامترهای پایدارساز فازی سوگنو توسط

استفاده از کنترل‌کننده‌های میرا کننده کمکی<sup>۱</sup> انجام شده است.

روش‌های مختلفی برای طراحی PSS پیشنهاد شده است. در این میان PSSهای کلاسیک که دارای جبران کننده‌های پیش‌فاز- پس‌فاز با پارامترهای ثابت هستند، به دلیل ساختار ساده و پیاده‌سازی آسان، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. پارامترهای این دسته PSSها به طور معمول با استفاده از روش‌های کنترل کلاسیک و در حوزه فرکانس تعیین می‌شوند. این دسته از کنترل‌کننده‌ها معمولاً در یک شرایط کاری تنظیم می‌شوند و همواره دارای عملکرد ضعیفی به دلیل طبیعت غیرخطی عناصر سیستم قدرت، نامعینی در پارامترها، محدوده وسیع شرایط کاری و اغتشاش‌های پیش‌بینی نشده در سیستم قدرت هستند [۲].

در [۳-۵] روش‌های مبتنی بر تئوری کنترل در بهینه‌سازی منظور طراحی پایدارسازهای سیستم قدرت به کار گرفته شده‌اند. این کنترل‌کننده‌ها مبتنی بر روش‌های فضای حالت هستند که به اطلاعات کاملی در مورد حالت‌های سیستم نیاز دارند که اندازه‌گیری یا تخمین آن‌ها مشکل و یا غیرممکن است. همچنین، روش‌های کنترل تطبیقی برای بهبود پایداری سیستم قدرت در مقالات گوناگون استفاده شده‌اند [۶-۷]. این روش‌ها نیز براساس شناسایی پارامترهای مدل سیستم در زمان واقعی هستند که زمان بر بوده و از نظر محاسباتی پیچیده‌اند.

در سال‌های اخیر طراحی پایدارسازهای سیستم قدرت با استفاده از روش‌های هوشمند مانند کنترل شبکه‌های عصبی مصنوعی، و روش‌های الهام گرفته از پدیده‌های زیستی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند.

به‌عنوان مثال در [۸]، نویسندگان مقاله یک پایدارساز مبتنی بر شبکه عصبی را به منظور میرا کردن نوسان‌های بین‌ناحیه ای سیستم قدرت معرفی نموده‌اند که در آن یک کنترل کننده عصبی برای تولید سیگنال مکمل به سیستم اکسایتر و یک شناساگر عصبی، به منظور شناسایی دینامیک‌های سیستم قدرت و تطبیق پارامترهای کنترل کننده عصبی به کار رفته است.

در مرجع [۹] از یک کنترل‌کننده‌ی فازی ممدانی برای تعیین پارامترهای یک TCSC با استفاده از سیگنال‌های راه دور استفاده شده است.

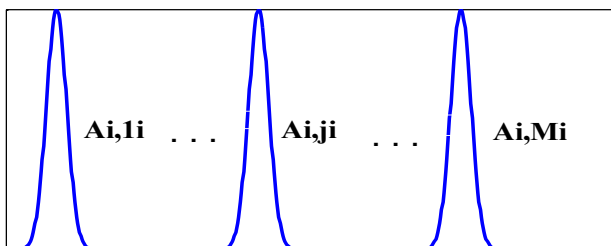
<sup>۱</sup> supplementary damping controllers

سوگنو، به صورت توابع چندجمله ای از ورودی ها در نظر گرفته می شوند و قانون  $r$  ام بصورت زیر تعریف می شود:

$$\text{if } x_1 \text{ is } A_{1,j1}, \dots, x_N \text{ is } A_{N,jN} \\ \text{then } y_r = a_{r,0} + a_{r,1}x_1 + \dots + a_{r,N}x_N \quad (3)$$

که درجه عضویت آن برابر  $\hat{\mu}_r = \prod_{i=1}^N \mu_{i,j_i}(x)$  می باشد. همان گونه که ملاحظه می شود برای هر قانون فازی تعداد  $N+1$  ضریب  $a_{r,0}$  تا  $a_{r,N}$  لازم است، تعداد کل قوانین نیز برابر با  $M^N$  می باشد، بنابراین در کل  $(N+1)M^N$  پارامتر برای قوانین فازی لازم است.

تا این مرحله سیستم با دریافت یک بردار ورودی به طول  $N$ ، به تعداد  $M^N$  عدد خروجی فازی  $y_r$ ، هر یک با درجه عضویت  $\hat{\mu}_r$ ، را محاسبه کرده است. در مرحله بعد از روی این مقادیر، یک عدد خروجی نهایی به عنوان سیگنال کنترلی بدست می آید.



شکل ۲ توابع عضویت ورودی ها

### ۲-۳- غیرفازی سازی

برای تعیین یک عدد غیرفازی نهایی به عنوان خروجی سیستم از روی خروجی های قوانین، میانگین وزندار این خروجی ها با در نظر گرفتن درجه عضویت آن ها به عنوان وزن محاسبه می شود:

$$y = \frac{\sum_{r=1}^{M^N} \hat{\mu}_r y_r}{\sum_{r=1}^{M^N} \hat{\mu}_r} \quad (4)$$

بنابراین در نهایت به ازای  $N$  متغیر ورودی یک عدد به عنوان خروجی بدست آمد. این عدد به مقادیر تنظیم شده برای پارامترها وابسته است و ممکن است مقیاس آن با مقیاس خروجی مطلوب متفاوت باشد، به منظور تنظیم نهایی مقیاس خروجی به صورت مطلوب، یک بلوک بهره در انتها قرار می گیرد که بهره ثابتی را در  $\gamma$  ضرب می کند. پس یک پارامتر بهره نیز به تعداد پارامترها افزوده می شود. در نهایت با احتساب تعداد پارامترهای توابع عضویت، تعداد پارامترهای قوانین فازی و بهره خروجی تعداد کل

الگوریتم PSO و با توجه به تابع هدف تعیین شده و در طی تکرارهای متوالی بهینه می شوند، پس از همگرایی الگوریتم مقادیر بهینه نهایی در پایدارساز قرار می گیرند. به تفاوت پیکان رسم شده از پارامترهای کنترل کننده به کنترل کننده فازی با پیکان ورودی پایدارساز (از سیگنال خروجی ژنراتور) دقت شود، پارامترها ورودی پایدارساز نیستند، بلکه مقادیر بهینه پارامترهای طراحی پایدارساز می باشند.

پایدارساز فازی سوگنو تابعی بین ورودی ها و خروجی هایش می باشد که این تابع توسط پارامترهایش به طور کامل مشخص می شود یعنی:

$$y = f(x; \theta) \quad (1)$$

که  $x$  متغیرهای ورودی و  $\theta$  مجموعه پارامترهای پایدارساز شامل پارامترهای توابع عضویت فازی، ضرایب ورودی ها در قوانین فازی و ضرایب بهره خروجی می باشد.

### ۲-۱- فازی سازی

به ازای هر ورودی پایدارساز، تعدادی تابع عضویت در نظر گرفته می شود، که بنا به دلایل زیر توابع عضویت گوسی در نظر گرفته شده اند: ۱- شکل هموار این توابع برای مسائل کنترلی مناسب تر است و از پرش ها و ناهمواری های ممکن برای توابع ناهموار پرهیز می شود، ۲- تعداد پارامترهای تعریف کننده آن تنها دو تاست (میانگین و واریانس) که تعداد متغیرهای بهینه سازی را کم می کند، ۳- به صورت یک تابع تحلیلی قابل نوشتن است و نیازی به توابع چند ضابطه ای ندارد. اگر پایدارساز فازی سوگنو دارای  $N$  متغیر ورودی  $(x_n : n = 1, \dots, N)$  باشد و برای هر متغیر  $M$  تابع عضویت  $(A_j : j = 1, \dots, M)$  در نظر گرفته شود، تابع عضویت  $r$  ام برای ورودی  $r$  ام به صورت زیر تعریف می شود:

$$\mu_{i,j}(x) = \exp\left(-\frac{(x_i - m_{i,j})^2}{s_{i,j}}\right) \quad (2)$$

در شکل (۲) ورودی  $r$  ام و توابع عضویت آن نشان داده شده است. پارامترهای این تابع  $m_{i,j}$  و  $s_{i,j}$  هستند. با داشتن  $N$  ورودی و  $M$  تابع عضویت برای هر ورودی، تعداد  $2NM$  پارامتر برای توابع عضویت لازم است.

### ۲-۲- قوانین فازی

قوانین فازی مشخص کننده خروجی سیستم به صورت فازی هستند. خروجی غیرفازی نهایی در مرحله بعد و پس از غیر فازی سازی بدست می آید. قوانین فازی در پایدارساز فازی

پارامترهای مورد نیاز برای پایدارسازی بدین صورت خواهد بود :

$$2MN + (N+1)M^N + 1 \quad (5)$$

پیچیدگی سیستم قدرت و ابعاد وسیع آن، تعداد پارامترهای طراحی کنترل‌کننده را بشدت افزایش داده و طراحی پایدارسازی فازی سوگنو را با چالش بزرگی روبرو می‌کند. تعداد زیادی پارامتر برای پایدارسازی فازی سوگنو باید تعیین شود تا خروجی سیستم از نظر میرایی نوسانات مطلوب باشد. بنابر این استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی هوش جمعی همانند الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات می‌تواند بعنوان رهیافت مناسبی در جهت حل سریع و رسیدن به جواب مطلوب مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی PSO برای تعیین پارامترهای پایدارسازی به صورت زیر است.

#### ۴-۲- الگوریتم بهینه‌سازی تجمع ذرات

تعداد معینی ذره در جمعیت اولیه به طور تصادفی و در محدوده مجاز متغیرها تولید می‌شود. بردار سرعت اولیه ذرات نیز بطور تصادفی تولید می‌شود. بردار مکان ذرات نیز برداری به طول تعداد متغیرهای بهینه‌سازی (پارامترهای کنترل‌کننده) است.

به ازای هر مکان ذره، پارامترهای معینی برای پایدارسازی تعیین می‌شود و هر ژنراتور، توسط این پایدارسازی تنظیم شده، عملکرد مشخصی خواهد داشت. با شبیه‌سازی سیستم و اندازه‌گیری نوسانات سیگنال‌های خروجی هر ژنراتور، با توجه به تابع هدف میزان برازندگی پارامترهای کنترل‌کننده (ذرات مختلف) با هم مقایسه می‌شوند.

طی تکرارهای متوالی PSO، سرعت ذرات با توجه به رابطه سرعت :

$$\vec{V}_i(t+1) = w\vec{V}_i(t) + C_1R_1(\vec{x}_i(t) - \overrightarrow{pbest}_i) + C_2R_2(\vec{x}_i(t) - \overrightarrow{gbest}) \quad (6)$$

تعیین شده و مکان آن‌ها نیز طبق رابطه‌ی زیر تغییر می‌کند:

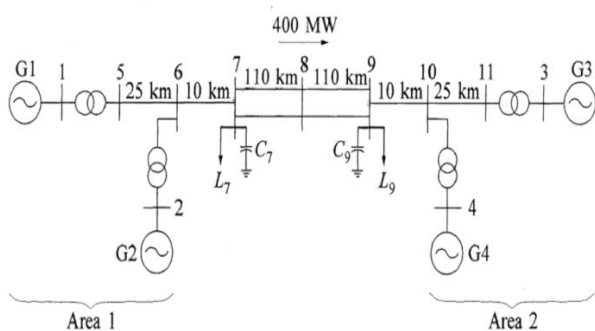
$$\vec{x}_i(t+1) = \vec{x}_i(t) + \vec{V}_i(t+1) \quad (7)$$

که در آن  $\overrightarrow{gbest}$  بهترین مکان میان کل ذرات، و  $\overrightarrow{pbest}_i$  بهترین مکان دیده شده توسط ذره  $i$  ام است. با استفاده از مقایسه برازندگی ذرات با مقادیر فعلی ذخیره شده،  $\overrightarrow{gbest}$  و  $\overrightarrow{pbest}_i$  در هر تکرار به‌روز می‌شوند. هر گاه ذره‌ای دارای برازندگی بهتر نسبت به  $\overrightarrow{gbest}$  یا  $\overrightarrow{pbest}_i$  باشد، بردار مکان آن جایگزین مقادیر ذخیره شده برای  $\overrightarrow{gbest}$  یا  $\overrightarrow{pbest}_i$  می‌شود.

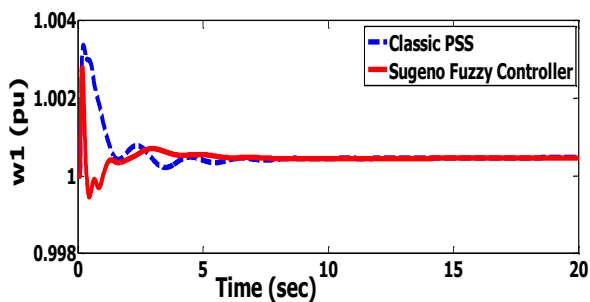
به این ترتیب طی تکرارهای متوالی، ذرات به سمت بهترین جواب همگرا می‌شوند. در پایان اجرای الگوریتم آخرین مقدار ذخیره شده برای  $\overrightarrow{gbest}$  مقادیر بهینه برای پارامترهای پایدارسازی فازی سوگنو را در بر دارد.

#### ۳- پیاده‌سازی کنترل‌کننده فازی سوگنو

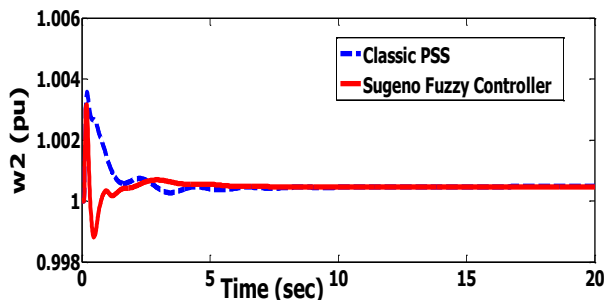
در این قسمت به شبیه‌سازی و بررسی نتایج حاصل از اعمال پایدارسازی فازی بهینه‌سازی شده با الگوریتم PSO به منظور بهبود نوسانات الکترومکانیکی پرداخته شده است. سیستم نمونه مورد استفاده در شبیه‌سازی‌ها، سیستم ۴ ماشینه‌ی دوناحیه‌ای می‌باشد که در شکل ۳ نمایش داده شده است. پارامترهای مربوطه به طور کامل در مرجع [۱] آمده است. ماشین‌های ۱ و ۲ در ناحیه اول و ماشین‌های ۳ و ۴ در ناحیه دوم قرار دارند. در این سیستم هر چهار ماشین مجهز به PSS بوده و سیگنال ورودیشان سرعت روتور همان ژنراتور است [۱]. با این وجود این سیستم دارای دو مد بین ناحیه‌ای با میرایی پایین  $(0.044387 \pm j4.0309)$  می‌باشد که PSSها توانایی کافی برای میرایی آن‌ها را ندارند [۱۰]. در اثر خطای سه فاز متقارن بین باس ۷ و باس ۸ مدهای بین ناحیه‌ای تحریک شده و همزمانی ناحیه ۱ و ۲ از بین رفته و در نتیجه اختلاف سرعت ژنراتورهای ۱ و ۳  $(w_1-w_3)$  بصورت ناپایدار افزایش می‌یابد.



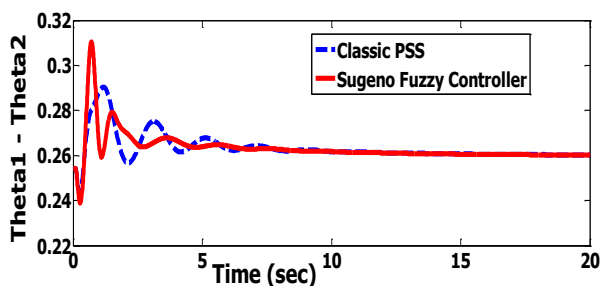
شکل ۳ سیستم تست ۲ ناحیه‌ای ۴ ماشینه



شکل ۵ سرعت ژنراتور ۱

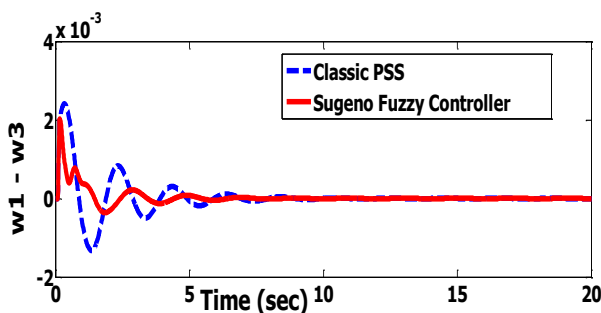


شکل ۶ سرعت ژنراتور ۲



شکل ۷ اختلاف زاویه‌ی ژنراتورهای ۱ و ۲

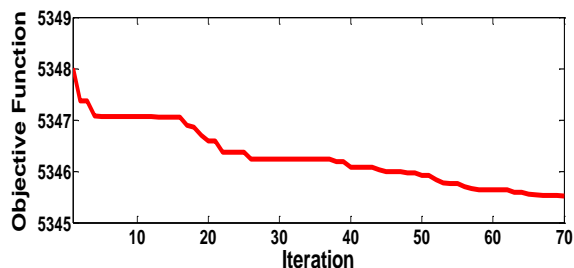
همان طور که ذکر شد سیستم فوق دارای دو مد بین ناحیه‌ای کم‌میرا است که PSSهای کلاسیک توانایی کافی برای میرایی آن‌ها را ندارند. شکل ۸ اختلاف سرعت بین ژنراتورهای ۱ و ۳ و شکل ۹ اختلاف زاویه‌ی ژنراتورهای ۱ و ۳ را نمایش می‌دهد. عملکرد بهتر پایدارساز طراحی شده در حفظ سنکرونیسم دو ناحیه‌ی مختلف و پایداری سیستم نسبت به PSSهای کلاسیک به وضوح قابل مشاهده است.



شکل ۸ اختلاف سرعت ژنراتورهای ۱ و ۳

در ادامه برای کاستن دامنه نوسانات و اختلاف بین سرعت ماشین‌ها پایدارساز فازی سوگنو، طراحی و در سیستم به کار برده می‌شود. ورودی پایدارساز پیشنهادی برای هر ژنراتور، سرعت و تغییرات سرعت همان ژنراتور ( $w, dw$ ) در نظر گرفته شده است. خروجی نهایی کنترل‌کننده به حلقه تحریک ژنراتورها اعمال می‌شود. برای هر ورودی ۵ تابع عضویت گوسی در نظر گرفته شده است. با توجه به توضیحات فوق تعداد پارامترهای پایدارساز برای هر ژنراتور برابر  $2MN + (N + 1)M^N = 96$  خواهد بود. به دلیل تعداد زیاد پارامترها الگوریتم بهینه‌سازی PSO جهت بهینه‌سازی پارامترهای پایدارساز فازی سوگنو استفاده می‌شود.

الگوریتم PSO در تکرارهای متوالی، پارامترهای پایدارساز را با توجه به مقدار تابع هدف بهینه کرده و پس از همگرایی الگوریتم و کمینه شدن تابع هدف، مقادیر یافت شده‌ی متناظر با تابع هدف فوق در پایدارساز سوگنو قرار گرفته و خروجی آن به‌عنوان سیگنال کنترلی مناسب به ژنراتورها اعمال می‌گردد. منحنی بهترین مقدار تابع هدف یافته شده در تکرارهای PSO و پس از همگرایی در شکل ۴ مشاهده می‌شود.



شکل ۴ منحنی همگرایی به بهترین پاسخ برای تابع هدف

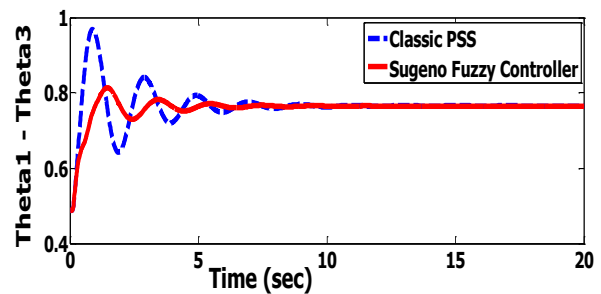
بجهت جلوگیری از تکرار و پرهیز از شلوغی جهت نمونه نمودار سرعت ژنراتورهای ۱ و ۲ در دو حالت با PSSهای محلی (Classic PSS)، و پایدارساز فازی سوگنوی (Sugeno Fuzzy Controller) در شکل ۵ و ۶ نشان داده شده است. همچنین شکل ۷ اختلاف زاویه ژنراتورهای ۱ و ۲ را در حالات فوق نمایش می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود کنترل‌کننده فازی سوگنو، میرایی نوسانات را به طور مؤثری بهبود بخشیده و اختلاف زاویه‌ی ژنراتورهای ۱ و ۲ نسبت به PSS کلاسیک با سرعت بالاتری میرا شده است.

## تشکر و قدردانی

مراتب سپاس و احترام خود را از مدیر عامل محترم شرکت مدیریت تولید برق بیستون، جناب آقای مهندس رستمی و مدیریت محترم نیروگاه زاگرس، جناب آقای مهندس میرزاعسگری به پاس حمایت‌های بی‌دریغ ایشان ابراز می‌دارم. هم‌چنین صمیمانه‌ترین تقدیر خود را به همکاران گران‌مایه‌ام جناب آقای مهندس قبادی، معاونت محترم تعمیرات شرکت مدیریت تولید برق بیستون و جناب آقای مهندس مرادی، مدیر محترم امور بهره‌برداری نیروگاه زاگرس تقدیم می‌نمایم که بدون تشویق‌ها و دلگرمی‌های ایشان انجام این مهم امکان‌پذیر نبود.

## مراجع

- [1] P. Kundur, "Power System Stability and Control", New York: McGraw-Hill, 1994
- [2] A. Hashmani, "Damping of Electromechanical Oscillations in Power Systems using Wide Area Control", PHD Dissertation, Duisburg-Essen University, 2010
- [3] G. P. Chen, O. P. Malik, Hope, G. S. Qin, Y. H., and Xu, G. Y., "An adaptive power system stabilizer based on the self optimization pole shifting control strategy", IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 8, No. 4, 1993.
- [4] Yousef, A. M., Kassem, A. M., "Optimal pole shifting controller for interconnected power system", Energy Conversion and Management, Vol. 52, 2011.
- [5] Furini, M. A., Pereira, A. L. S., Araujo, P. B., "Pole placement by coordinated tuning of Power System Stabilizers and FACTSPOD stabilizers", Electrical Power and Energy Systems, Vol. 33, 2011.
- [6] Xia, D., Heydt, G. T., "Self-tuning controller for generator excitation control," IEEE Trans. PAS, Vol. 102, 1983.
- [7] Ramakrishna, G., Malik, O. P., "Adaptive PSS using a simple on-line identifier and linear pole-shift controller", Electric Power Systems Research, Vol. 80, 2010.A.
- [8] Liu, W., Venayagamoorthy, G. K., Wunsch, D. C., "Adaptive Neural Network Based Power System Stabilizer Design", Proceedings of the International Joint Conference on Neural Network, 2003.
- [9] M. Mokhtari, F. Aminifar, D. Nazarpour, S. Golshannavaz, "Wide-Area Power Oscillation Damping with a Fuzzy Controller Compensating the Continuous Communication Delays", IEEE Trans. on Power Syst., August 21, 2012
- [10] G. Rogers, "Power System Oscillations", Kluwer Academic Publishers, 1999



شکل ۹ اختلاف زاویه ژنراتورهای ۱ و ۳

نتایج حاصله نشان می‌دهد، با پایدارسازی فازی سوگنو می‌توان نوسانات الکترومکانیکی ژنراتورها و نواحی مختلف شبکه را به‌طور مؤثری میرا نمود.

## ۴- بحث و نتیجه گیری

در این مقاله یک پایدارساز از نوع فازی سوگنو، به منظور کاهش و میرایی نوسانات الکترومکانیکی ژنراتورها طرح و شبیه‌سازی شد. برای تعیین پارامترهای متعدد پایدارساز فازی از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات بهره‌گرفته شد. استفاده از این الگوریتم به دلیل مناسب بودن آن برای مسائل بهینه‌سازی با متغیرهای فراوان و از نوع پیوسته بوده است.

در طراحی پایدارساز، با انتخاب تابع هدف مناسب می‌توان اهداف کنترلی مطلوب را برآورده کرد. اهداف از هر نوعی می‌توانند باشند و بیان تحلیلی، مشتق‌پذیری و محدودیت خاصی برای بهینه‌سازی با PSO، در مقایسه با روش‌های کلاسیک، مطرح نیست.

کنترل‌کننده‌های معمول و کلاسیک جای چندانی برای توسعه و اعمال تغییرات نخواهند داشت در حالی که پایدارساز فازی سوگنو امکان تغییرات فراوانی دارد. به عنوان ساده‌ترین مثال می‌توان به امکانات متعددی که در انتخاب شکل توابع عضویت و یا نحوه غیرفازی‌سازی وجود دارد اشاره کرد.