طراحی همزمان STATCOM و پایدارساز سیستم قدرت با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی جستجوکننده (SOA) جهت بهبود میرائی سیستم قدرت

احسان افضلان *[1]، محمود جورابیان[2]

*۱- احسان افضلان ، کارشناس ارشد مهندسی برق قدرت، ehsan.afzalan@ymail.com
۲- استاد، گروه برق، دانشکده مهندسی ، دانشگاه شهید چمران اهواز ، mjoorabian@scu.ac.ir
تاریخ دریافت:۹۳/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش:۹۳/۰۹/۲۰

چکیده: ادوات Facts به صورت روزافزون جهت افزایش میرایی سیستم قدرت استفاده میشوند. طراحی ناهماهنگ این ادوات با پایدارساز سیستم قدرت ممکن است بر عملکرد سیستم قدرت تاثیر داشته باشد. این مقاله الگوریتم بهینه‌سازی جستجوکننده(SOA) را جهت طراحی پارامترهای PSS و STATCOM به صورت هماهنگ به منظور بهبود بیشتر میرایی سیستم قدرت ارائه میدهد. روش پیشنهادی نتایج بهینه بهتری را برای حل مسئله بهینه‌سازی مذکور می‌دهد. شبیه‌سازی‌ها به منظور طراحی همزمان STATCOM وPSS بر روی سیستم دو ناحیه‌ای چهارماشینه Kundur انجام شده است. نتایج شبیه‌سازی حاصل از روش پیشنهادی با طراحی همزمان STATCOM و PSS با استفاده از الگوریتم ژنتیک و طراحی جداگانه (Uncoordinated) مقایسه و قابلیت برتر روش پیشنهادی نشان داده شده است.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم بهینه سازی جستجوکننده (SOA)،جبرانگر استاتیکی سنکرون(STATCOM)، پایدارساز سیستم قدرت(PSS)، طراحی همزمان STATCOM و PSS.

۱-مقدمه

پایداری سیستم قدرت یکی از مهمترین مسائل در بهره‌برداری سیستم‌های قدرت است و میرایی نوسانات الکترومکانیکی سیستم-های قدرت نقش مهمی در بهبود پایداری ایفا می‌کند. در دهه‌های اخیر جهت میرایی نوسانات سیستم‌های قدرت مدرن، پایدارسازهای سیستم قدرت(PSS)[1] به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. پایدارسازهای سیستم قدرت سبب افزایش میرایی نوسانات محلی استفاده می‌گردند. به این منظور پارامترهای PSS به نحوی تعیین می‌شوند که مدهای نوسانی سیستم قدرت میرا شود [۱].
با اتصال سیستم های قدرت به یکدیگر و افزایش ابعاد آن، دامنه مسئله طراحی پارامترهای کنترل‌کننده‌ها نیز افزایش خواهد یافت. در این شرایط با توجه به تاثیر متقابل ژنراتورها و ماهیت غیرخطی سیستم قدرت، یافتن پارامترهای PSS بصورت جداگانه امکان‌پذیر نمی‌باشد.
بنابراین ضروری است تا پارامترهای PSS مربوط به ماشین‌های الکتریکی سیستم قدرت به صورت همزمان بدست آیند [۴-۲].
در سال‌های اخیر، استفاده از الگوریتم‌های تکاملی جهت حل مسائل بهینه سازی مورد توجه قرار گرفته است. الگوریتم‌های هوشمند از قبیل جست‌و جوی ذرات (PSO) [۲] الگوریتم ژنتیک [5]، بازپخت فلزات [6]، جهت طراحی و تنظیم پارامترهای PSS استفاده شده-اند. همچنین، در [7] طراحی PSS با استفاده از الگوریتم جست و جوی باکتریایی (BFA) و PSO انجام شده و نتایج با یکدیگر مقایسه شده‌اند. یکی از مشکلات اساسی این تحقیقات، طراحی و

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.2.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

تنظیم پارامترهای PSS برای یک خطای خاص (خطای سه فاز) می‌باشد. در حالی که پارامترهای PSS برای خطاهای دیگر جواب قابل قبولی نمی‌دهد. در این راستا در مرجع [7] طراحی پارامترهای PSS برای چندین خطا بهینه شده است.

پیشرفت‌های اخیر در الکترونیک قدرت منجر به افزایش روز افزون استفاده از ادوات FACTS[۲] [8] شده است. ادوات FACTS باعث بهبود میرایی نوسانات بین ناحیه‌ای سیستم قدرت می‌شوند. در این راستا، با توجه به میرائی نوسانات محلی با استفاده از PSS و میرایی نوسانات بین ناحیه‌ای با استفاده از ادوات FACTS ، هماهنگ‌سازی عملکرد کنترل‌کننده‌های ادوات FACTS و پایدارساز سیستم قدرت (PSS) ضروری است [3-4]. از آنجا که سیستم قدرت یک سیستم غیرخطی است، روش‌های طراحی پارامترهای پایدارساز و کنترل‌کننده ادوات FACTS باید برای مدل غیرخطی طراحی گردد. در این راستا، طراحی هماهنگ PSS و TCSC[۳] در [3-4,9] مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور، طراحی هماهنگ PSS و TCSC با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی غیرخطی در [9] و با استفاده از الگوریتم PSO[۴] در [3-4] انجام پذیرفته است. در مرجع [10] طراحی همزمان پایدارساز SSSC [۵] و PSS با استفاده از روش PSO استفاده شده است. طراحی هماهنگ PSS و SVC[۶] با استفاده از تئوری Probabilistic در [11] پیشنهاد شده است. در مرجع [12] الگوریتم PSO جهت هماهنگ‌سازی پارامترهای STATCOM و PSS، استفاده شده است.

در سال‌های اخیر، الگوریتم جست‌وجو کننده (SOA)[۷] [۱۳] برای حل مسائل بهینه‌سازی مختلفی مورد استفاده و بررسی قرار گرفته است. این الگوریتم از مفاهیم انسانی جهت یافتن نقطه بهینه الهام گرفته شده است. مفاهیم اساسی این الگوریتم جهت پیاده‌سازی نسبت به دیگر الگوریتم‌های پیشنهادی در سایر مقالات بسیار آسان است. ویژگی‌های اصلی این روش به شرح زیر می‌باشد:

۱. اندازه گام و جهت جستجو، برای به روز کردن موقعیت ذرات الگوریتم استفاده می‌گردد.
۲. قانون انتخابی مناسبی برای محاسبه جهت جستجو به کار برده می‌شود که این قانون، پراکندگی جمعیت برای قابلیت جستجوی کلی و کاهش تعداد پارامترهای کنترلی را اصلاح می‌کند و این عمل سبب آسانی پیاده‌سازی الگوریتم می‌شود.
۳. برهان فازی جهت تولید اندازه گام الگوریتم باتوجه به عدم قطعیت برهان جستجوی انسانی استفاده می‌شود و توسط متغییرهای زبانی و شکل ساده قانون *if-else* توصیف می‌شود.

در این مقاله، جهت افزایش هرچه بیشتر میرائی سیستم قدرت یک پایدارساز به حلقه کنترلی ولتاژ ac مربوط به STATCOM اضافه شده است. همچنین کنترل‌کننده‌های PI ولتاژ ac و dc مربوط به STATCOM نیز در طراحی همزمان STATCOM و پایدارساز سیستم قدرت در نظرگرفته شده است. مسئله بهینه‌سازی پیشنهادی در این مقاله با استفاده از الگوریتم جست‌وجو کننده (SOA) جهت طراحی همزمان STATCOM و پایدارساز سیستم قدرت حل گردیده است. بعلاوه تفاوت سرعت میان ماشین‌های سنکرون به عنوان سیگنال ورودی به STATCOM در نظر گرفته شده است. ساختار مقاله به شرح زیر می‌باشد :

مدل سیستم قدرت و STATCOM در بخش ۲ بررسی شده است. الگوریتم جست‌وجو کننده (SOA) در بخش ۳ بحث شده است. تابع هدف پیشنهادی در بخش ۴ بیان شده است. سپس نتایج شبیه‌سازی در بخش ۵ مورد بررسی قرار گرفته است که در این مقاله، طراحی هماهنگ و همزمان کنترل‌کننده‌های STATCOM و پایدارساز سیستم قدرت با در نظرگرفتن مدل غیرخطی سیستم قدرت، در سیستم چهار ماشینه مورد توجه قرار گرفته است. همچنین نتایج شبیه‌سازی با نتایج حاصل از طراحی هماهنگ و همزمان کنترل‌کننده‌های STATCOM و پایدارساز سیستم قدرت با استفاده از الگوریتم ژنتیک(GA) و طراحی جداگانه (هماهنگ نشده) PSS و STATCOM، مقایسه شده است. نتایج شبیه سازی توانایی الگوریتم SOA برای هماهنگ سازی STATCOM و PSS جهت بهبود پایداری سیستم را نشان می‌دهد. نهایتا در بخش ۶ نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۲- مدلسازی

۲-۱ مدلسازی ماشین سنکرون

سیستم قدرت با n ژنراتور را در نظر بگیرید. مدل دینامیکی ماشین iام بر حسب معادلات دیفرانسیلی مرتبه ۵ در روابط (۱) تا (۵) نمایش داده شده است [۱۴]

$$\frac{d\delta_i}{dt} = \omega_o\,\omega_i \qquad (۱)$$

$$\frac{d\omega_i}{dt} = -\frac{1}{2\,H_i}\left[P_{mi} - P_{ei} - D_i\omega_i\right] \qquad (۲)$$

$$\frac{de'_{di}}{dt} = \left[-e'_{di} - \left(x_{qi} - x'_{di}\right) I_{qi}\right]\frac{1}{T'_{qoi}} \qquad (۳)$$

$$\frac{de'_{qi}}{dt} = \left[E_{fdi} - e'_{qi} - \left(x_{di} - x'_{di}\right) I_{di}\right]\frac{1}{T'_{doi}} \qquad (۴)$$

$$\frac{dE_{FD}}{dt} = -\frac{1}{T_{Ai}}\left(E_{fdi} - E_{fdi0}\right) - \frac{K_{Ai}}{T_{Ai}}\left(V_{ti} - V_{ti0}\right) \qquad (۵)$$

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

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.2.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

که در آن δ، ω، H، P_m، P_e، D، e'_d، e'_q، x'_d، x_q، I_d، I_q، E_{fd}، T'_{do}، K_A، T_A، V_t زاویه، سرعت زاویه‌ای روتور، ثابت اینرسی، توان مکانیکی ورودی، توان الکتریکی خروجی، ضریب میرائی، ولتاژ داخلی محورهای d و q، راکتانس سنکرون و گذرای محور d و q، جریان محورهای d و q آرمیچر، ولتاژ تحریک، ثابت زمانی گذرای محور d، بهره و ثابت زمانی تحریک و ولتاژ ترمینال ژنراتور سنکرون است.

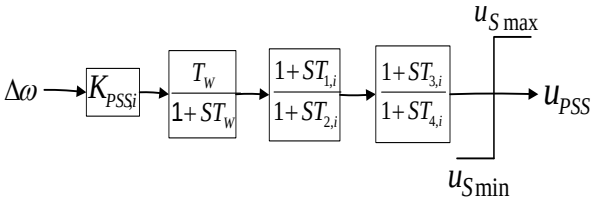
جریان محورهای d و q آرمیچر ژنراتور سنکرون به صورت زیر به دست می‌آید:

$$I_{di} = \sum_{j=1}^{n} e'_{qi}\left(G_{ij}\sin\delta_{ij} - B_{ij}\cos\delta_{ij}\right) \quad (۶)$$

$$I_{qi} = \sum_{j=1}^{n} e'_{qi}\left(B_{ij}\sin\delta_{ij} + G_{ij}\cos\delta_{ij}\right) \quad (۷)$$

که در آن G_{ij} و B_{ij} : قسمت حقیقی و موهومی عنصر (i, j) ماتریس ادمیتانس است.

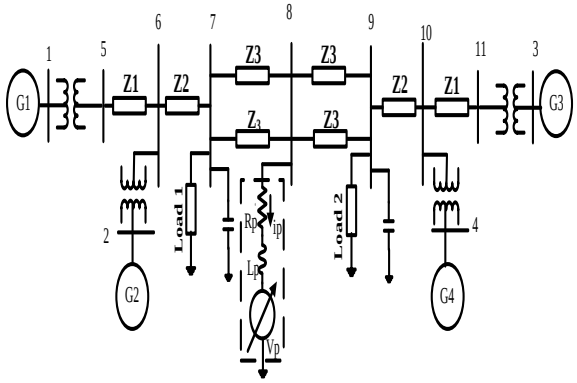
پایدارساز سیستم قدرت کلاسیک دارای ساختار lead-lag بوده که در شکل (۱) نشان داده شده و تحریک از نوع DC-type1 است.



شکل (۱): ساختار lead-lag پایدارساز سیستم قدرت

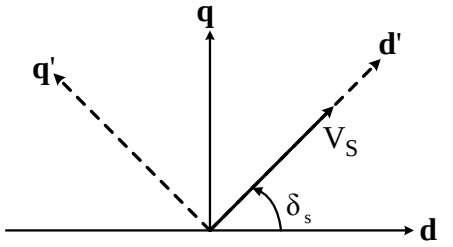
۲-۲-مدلسازی جبرانگر استاتیکی سنکرون (SATACOM)

سیستم چهار ماشینه همراه با STATCOM در شکل (۲) نشان داده شده است، که درآن R_p مجموع مقاومت تریستورهای STATCOM در حالت روشن و مقاومت پراکندگی ترانسفورماتور و L_p، اندوکتانس پراکندگی ترانسفورماتور هستند.



شکل(۲): سیستم دو ناحیه، چهار ماشینه کندور همراه با STATCOM

در STATCOM، برای کنترل توان راکتیو تزریقی، از یک اینورتر منبع ولتاژ با ولتاژ V_p استفاده می‌شود. در حالت ماندگار ولتاژ باس dc ثابت است و در این حالت ولتاژ باس ac، V_s، همفاز با مؤلفه اصلی V_p است. اگر $|V_s|>|V_p|$ باشد، STATCOM از ولتاژ باس ac توان راکتیو جذب می‌کند و برعکس [15]. در مرجع [15] ابتدا معادلات STATCOM در قاب مرجع d و q آورده شده است، اما با توجه به اینکه مرجع جریان راکتیو توسط ولتاژ باس ac مشخص می‌گردد، قاب d' و q' انتخاب می‌گردد؛ طوری که محور d' مماس با ولتاژ باس ac است. دیاگرام برداری قاب مرجع d و q و قاب d' و q' در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل (۳): دیاگرام برداری قاب مرجع d و q و قاب d' و q'

معادلات دینامیکی جریان مولفه‌های d' و q'، STATCOM در ادامه آورده شده است[15].

$$\frac{di_{pd'}}{dt} = -\frac{R_p}{L_p}i_{pd'} + \omega i_{pq'} + \frac{1}{L_p}\left(V_s - V_{pd'}\right) \quad (۸)$$

$$\frac{di_{pq'}}{dt} = -\omega i_{pd'} - \frac{R_p}{L_p}i_{pq'} + \frac{1}{L_p}\left(-V_{pq'}\right) \quad (۹)$$

که در آن $V_{pd'}$، $V_{pq'}$ ولتاژ مولفه‌های d' و q' منبع ولتاژ V_p است. ولتاژهای $V_{pq'}$ و $V_{pd'}$ به صورت زیر تعریف می‌شوند:

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.2.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

$$V_{pq'} = V_{pq}\cos\delta_s - V_{pd}\sin\delta_s \quad (۱۰)$$

$$V_{pd'} = V_{pd}\cos\delta_s + V_{pq}\sin\delta_s \quad (۱۱)$$

$$\omega = \omega_o + \frac{d\delta_s}{dt} \quad (۱۲)$$

که در آن ω فرکانس زاویه‌ای ولتاژ STATCOM است. ولتاژهای $V_{pd'}$ و $V_{qd'}$ نیز از رابطه زیر به دست می‌آیند.

$$V_{pq'} = -\left(\omega L_p i_{pd'} + L_p u_{q'}\right) \quad (۱۳)$$

$$V_{pd'} = \omega L_p i_{pq'} + V_s - L_p u_{d'} \quad (۱۴)$$

با جایگذاری معادلات (۱۳-۱۴) در معادلات (۸-۹)، معادلات دیفرانسیل STATCOM به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\frac{di_{pd'}}{dt} = -\frac{R_p}{L_p} i_{pd'} + u_{d'} \quad (۱۵)$$

$$\frac{di_{pq'}}{dt} = -\frac{R_p}{L_p} i_{pq'} + u_{q'} \quad (۱۶)$$

که در آن $u_{d'}$ و $u_{q'}$، سیگنال‌های کنترلی هستند که توسط کنترل-کننده‌های PI به دست می‌آیند:

همچنین معادله دینامیکی ولتاژ باس dc به صورت زیر است [15]:

$$\frac{dV_{dc}}{dt} = \frac{3}{2CV_{dc}}\left[V_s i_{pd'} - \left(i_{pd'}^2 + i_{pq'}^2\right)R_p\right] - \frac{V_{dc}}{CR_{dc}} \quad (۱۷)$$

که در آن V_{dc} ولتاژ خازن dc، C مقدار خازن dc و R_{dc} مقاومت موازی با خازن dc که معادل تلفات سوئیچینگ STATCOM است. معادلات (۱۵) تا (۱۷) سه معادله دینامیکی STATCOM است.

در شکل (۴) ساختار کنترل‌کننده STATCOM نشان داده شده است. در این ساختار، دو حلقه کنترلی، حلقه کنترل ولتاژ ac و حلقه کنترل dc، وجود دارد [15]. همچنین جهت افزایش پایداری و میرائی سیستم در حلقه ac مربوط به STATCOM یک پایدارساز اضافه شده است. این پایدار ساز ساختاری مانند PSS دارد و تفاوت سرعت میان ماشین‌های سنکرون به عنوان سیگنال ورودی به STATCOM در نظر گرفته شده است.

۳- الگوریتم بهینه‌سازی SOA

الگوریتم SOA [۱۸-۱۶،۱۳] برای اولین بار در سال ۲۰۰۷ توسط دای و همکاران [۱۸] ارائه شده است و همانند سایر الگوریتم‌های زیستی بر اساس جمعیت اولیه می‌باشد. در این الگوریتم، جواب بهینه با استفاده از جمعیت جستجوکننده بدست می‌آید. هر عضو این جمعیت اصطلاحاً seeker نامیده می‌شود. این جمعیت اولیه رندوم‌گونه در سه گروه دسته‌بندی می‌شود. این سه گروه چندین ناحیه مختلف از فضای جستجو را برای رسیدن به جواب بهینه جستجو می‌کنند. تمامی seekerهای عضو یک گروه یک همسایگی را اطراف خود ایجاد می‌کنند. این همسایگی، مولفه اجتماعی برای اشتراک‌گذاری اجتماعی اطلاعات را نشان می‌دهد.

۳-۱- مراحل الگوریتم بهینه‌سازی جستجوکننده (SOA)

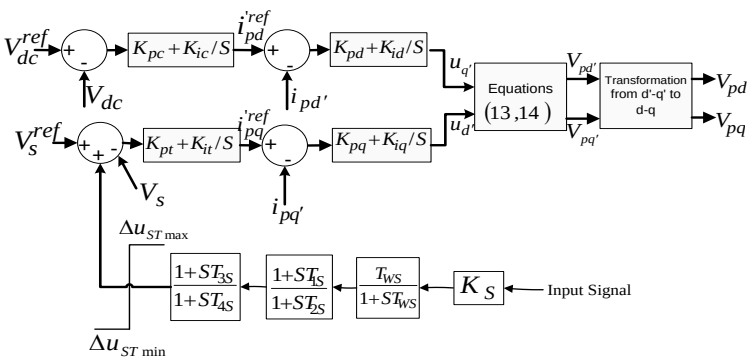
در الگوریتم SOA جهت جستجو $d_{ij}(t)$ و اندازه گام $\alpha_{ij}(t)$ به صورت جداگانه برای iامین seeker و jامین متغییر مورد بهینه-سازی در هر گام زمانی t محاسبه می‌شود به طوری که $d_{ij}(t) \in \{-1,0,1\}$ و $\alpha_{ij}(t) \geq 0$ برقرار باشد.

۳-۱-۱- محاسبه جهت جستجو

به طور کلی معامله کردن در یک فضای گروهی و مشارکتی برای برآوردن نیازها و اهداف از گرایشات طبیعی یک گروه به شمار می-رود. در این راستا دو نوع رفتار مشارکت گونه در فعالیت‌های گروهی مورد مطالعه وبررسی قرار می‌گیرد. این رفتارهای مشارکت گونه بر اساس رفتارهای خودپسندانه و همنوع پسندانه شکل می‌گیرد. هر seeker به عنوان یک عضو از جامعه رفتاری شخصی و مربوط به خود بر اساس قضاوت‌های شخصی و میل به سمت بهترین موقعیت گذشته انجام می‌دهد. این رفتار iامین seeker می‌تواند توسط بردار جهتی تجربی $d_{i,ego}(t)$ به صورت زیر مدل گردد.

$$d_{i,ego}(t) = sign\left(p_{i,best}(t) - x_i(t)\right) \quad (۱۸)$$

در معادله (۱۸)، $sign(\cdot)$ برای هر متغییر تابع علامت می‌باشد. از طرف دیگر، در یک فضای هم‌نوع پسند گونه، seeker ها تمایل به ارتباط با یکدیگر را دارند.



شکل (۴):ساختار کنترل¬کننده STATCOM

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.2.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

بنابراین، به طور واضح با یکدیگر فعالیت مشترک انجام می‌دهند و رفتارهایشان را در پاسخ به دیگر همسایگانشان برای رسیدن به اهداف مطلوب تنظیم می‌کنند. به عبارت دیگر این seeker ها کاملا یک رفتار گروهی حرفه‌ای را نشان می‌دهند. این جمعیت یک رفتار گروهی سازمان یافته را از خود نشان می‌دهد. این دو جهت اختیاری بر اساس تمایلات گروهی به صورت زیر مدل می‌شوند

$$d_{i,alt1}(t) = sign\big(g_{best}(t) - x_i(t)\big) \quad (۱۹)$$

$$d_{i,alt2}(t) = sign\big(I_{best}(t) - x_i(t)\big) \quad (۲۰)$$

در معادلات (۲۰-۱۹)، $g_{best}(t)$ و $I_{best}(t)$ به ترتیب بهترین موقعیت گذشته و جاری همسایه seeker را نشان می‌دهند. بعلاوه، seeker ها توانائی ارائه رفتار هدف‌گرایانه را دارند به نحوی که رفتار آینده می‌تواند توسط رفتار گذشته پیش‌بینی و آموزش داده شود. نتیجتاً، جمعیت seeker برای تغییر جهت جستجو و ارائه رفتار هدف‌گرایانه براساس رفتار گذشته‌اش عمل می‌کند. بنابراین هر seeker ، متناظر است با یک جهت تجربی که اصطلاحاً جهت بیش فعالی نامیده می‌شود و به صورت زیر مدل می‌گردد:

$$d_{i,pro}(t) = sign\big(x_i(t_1) - x_i(t_2)\big) \quad (۲۱)$$

در معادله (۲۱) $t_1, t_2 \in \{t, t-1, t-2\}$ است و فرض می‌شود که $x_i(t_1)$ موقعیت بهتری نسبت به $x_i(t_2)$ دارد. چهار جهت تجربی فوق الذکر که در معادلات (۱۸) تا (۲۱) نشان داده شده‌اند، هر seeker را به سمت یک تصمیم‌گیری منطقی در فضای جستجویش هدایت می‌کند.

اگر jامین متغییر از iامین seeker به سمت جهت مثبت محور مختصات حرکت کند، جهت $d_{ij}(t)$ مقدار ۱+ را می‌گیرد. اگر jامین متغییر از iامین seeker به سمت جهت منفی محور مختصات حرکت کند، جهت $d_{ij}(t)$ مقدار ۱- را می‌گیرد. . اگر jامین متغییر از iامین seeker در موقعیت فعلی خود بماند، مقدار $d_{ij}(t)$ برابر ۰ می‌باشد. با به کار بردن قانون انتخابی زیر جهت تجربی $d_i(t)$ برای هر عنصر j انتخاب می‌گردد.

$$d_i(t) = \begin{cases} 0 & \text{if} \quad r_j \le p_j^{(0)} \\ +1 & \text{if} \quad p_j^{(0)} \le r_j \le p_j^{(0)} + p_j^{(+1)} \\ -1 & \text{if} \quad p_j^{(0)} + p_j^{(+1)} \le r_j \le 1 \end{cases} \quad (۲۲)$$

در معادله (۲۲)، r_j یک عدد تصادفی در بازه [0, 1] می‌باشد به طوری که $p_j^{(m)} (m \in o, +1, -1)$ میزان درصد تعداد m از مجموعه $\{d_{ij,ego}, d_{ij,alt1}, d_{ij,alt2}, d_{ij,pro}\}$ برای jامین متغییر و چهار جهت تجربی می‌باشد. به عبارت دیگر $p_j^{(m)}$ برابر است با $m/4$.

۳-۱-۲- محاسبه اندازه گام

مسائل بهینه‌سازی متفاوت اغلب محدوده متنوعی از مقادیر تابع هدف را دارند. جهت طراحی یک سیستم فازی برای کاربردی کردن در طیف وسیعی از مسائل بهینه‌سازی، مقدار تابع هدف برای تمامی seeker ها از شماره ۱ تا S مرتب می‌گردد و به عنوان ورودی برهان فازی اعمال می‌گردد. همچنین، یک تابع عضویت خطی در قسمت شرطی استفاده می‌شود. این تابع به صورت زیر مدل می‌گردد.

$$\mu = \mu_{\max} - \frac{S - I_i}{S - 1}(\mu_{\max} - \mu_{\min}) \quad (۲۳)$$

در معادله (۲۳)، I_i رتبه مرتب شده $x_i(t)$ بعد از مرتب‌سازی مقادیر تابع هدف می‌باشد. $\mu_{\max}$ مقدار درجه عضویت ماکزیمم که برابر یا کوچکتر از ۱ می‌باشد و همچنین، مقدار $\mu_{\max}$ برابر ۰/۹۵در نظر گرفته می‌شود.

یک سیستم فازی بر طبق اصول قانون کنترلی به صورت زیر عمل می‌کند:

$$\text{if } \{\text{the conditional part}\}, \text{ then } \{\text{the action part}\}$$

دراین راستا ازتابع عضویت *Bell* به صورت $\mu(x) = e^{-x^2/2\delta^2}$ جهت ارائه بخش action استفاده شده است. مقادیر درجه عضویت حدود متغییرهای ورودی $[-3\delta, +3\delta]$ مقداری کمتر از ۰/۰۱۱۱ $(\mu(\pm 3\delta) = 0.0111)$ را داراست. حد عناصر $[-3\delta, +3\delta]$ در جمعیت sekker ها قابل صرفنظر می‌باشد. بنابراین، مقدار مینیمم μ برابر با ۰/۰۱۱۱ تنظیم می‌گردد. همچنین، پارامتر δ از تابع عضویت *Bell* به صورت زیر تعیین می‌گردد.

$$\delta = \omega \times abs(x_{best} - x_{rand}) \quad (۲۴)$$

در این معادله، مقدار قدرمطلق بردار ورودی متناظر با بردار خروجی توسط نماد $abs(\cdot)$ نشان داده شده است. پارامتر ω جهت کاهش اندازه گام با افزایش گام زمانی استفاده می‌شود بنحوی که به آهستگی دقت جستجو را بهبود می‌دهد. در این مقاله، ω به صورت خطی از مقدار ۰/۹ تا ۰/۱ در زمان اجرای برنامه کاهش پیدا می‌کند. x_{best} و x_{rand} به ترتیب بهترین seeker و seeker انتخاب شده به صورت تصادفی می‌باشد که از یک زیر گروه مشابه از

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.2.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

seeker بدست می‌آید. لازم به ذکر است که x_{rand} متفاوت از x_{best} می‌باشد و برای همه seeker ها در یک گروه مشابه δ به اشتراک گذاشته می‌شود.

به منظور رندومی کردن هر متغییر و بهبود قابلیت جستجوی محلی، معادله (۲۵) معرفی می‌شود که μ_i به یک بردار μ_i تبدیل می‌گردد. در این راستا عناصر این بردار به صورت زیر معین می‌شود

$$\mu_{ij} = RAND(\mu_i, 1) \quad (۲۵)$$

در معادله فوق، $RAND(\mu_i,1)$ یک عدد حقیقی رندوم یکنواخت در بازه $[1, \mu_i]$ می‌باشد. معادله (۲۶) بخش عمل برهان فازی را نشان می‌دهد و اندازه گام (α_{ij}) برای هر متغییر j به صورت زیر بدست می‌اید.

$$\alpha_{ij} = \delta_j \sqrt{-\ln(\mu_{ij})} \quad (۲۶)$$

۳-۱-۳- به روز کردن موقعیت seeker ها

در یک جمعیت به اندازه S، موقعیت iامین seeker $(1 \le i \le S)$ برای بعد jام به صورت زیر بدست می‌آید

$$x_{ij}(t+1) = x_{ij}(t) + \alpha_{ij}(t) \times d_{ij}(t) \quad (۲۷)$$

۳-۱-۴- یادگیری گروه‌ها از یکدیگر

هر الگوریتم هوشمند جواب بهینه را با استفاده از اطلاعات اعضای جمعیت جستجو می‌کند. این موضوع نشان می‌دهد که ممکن است که جمعیت در مینیمم محلی قرار بگیرد و موجب همگرائی زودرس شود. بنابراین در این الگوریتم از چند زیر گروه مربوط به جمعیت اصلی استفاده می‌شود و در این الگوریتم هر گروه باید اطلاعات بهینه را (که در ناحیه مربوط به خود بدست اورده‌اند) از گروه‌های دیگر فرا گیرد. بنابراین، موقعیت بدترین seeker مربوط به هر گروه با بهترین seeker مربوط به دیگر گروه‌ها با استفاده از عملگر crossover دوگانه به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$x_{k_n j,worst} = \begin{cases} x_{lj,bestt} & \text{if} \quad \text{rand}_j \le 0.5 \\ x_{k_n j,worst} & \text{else} \end{cases} \quad (۲۸)$$

در معادله فوق rand_j یک عدد حقیقی رندوم یکنواخت در بازه [0,1] می‌باشد. $x_{k_n j,worst}$ برابر است با jامین متغییر از بدترین موقعیت nام در گروه kام. $x_{lj,bestt}$ برابر است با jامین متغییر از بهترین موقعیت در گروه lام به نحوی که $n,k,l = 1,2,\ldots,K-1 \ and \ k \ne l$. به منظور افزایش تنوع در جمعیت، اطلاعات مفید بدست آمده توسط هر گروه در میان تمامی گروه‌ها به اشتراک گذاشته می‌شود.

۴- تابع هدف پیشنهادی

توابع هدف مختلفی برای طراحی همزمان STATCOM و پایدارساز سیستم قدرت در نظر گرفته شده است [۱۲و۳-۲]. در این راستا یکی از معروفترین معیارها به نام معیار انتگرال زمانی قدرمطلق خطا (ITAE) برای طراحی همزمان پارامترهای کنترل‌کننده‌های STATCOM و پایدارساز سیستم قدرت استفاده شده است[19-20]:

$$Min: F = \sum_{l=1}^{NP}\sum_{j=1}^{NF} A_l \cdot \int_{t_1=0}^{t_2=t_{sim}} \left[\alpha_l \sum_{i=1}^{n} |\Delta\omega_i| + \beta_l |\Delta V_S| \right] t\, dt \quad (۲۹)$$

$$subject \quad to:$$

$$K_{PSS,i}^{\min} \le K_{PSS,i} \le K_{PSS,i}^{\max}, \ T_{1,i}^{\min} \le T_{1,i} \le T_{1,i}^{\max}$$

$$T_{2,i}^{\min} \le T_{2,i} \le T_{2,i}^{\max}, \ T_{3,i}^{\min} \le T_{3,i} \le T_{3,i}^{\min}$$

$$T_{4,i}^{\min} \le T_{4,i} \le T_{4,i}^{\max}, \ K_{pt}^{\min} \le K_{pt} \le K_{pt}^{\max}$$

$$K_{it}^{\min} \le K_{it} \le K_{it}^{\max}, \ K_{pc}^{\min} \le K_{pc} \le K_{pc}^{\max}$$

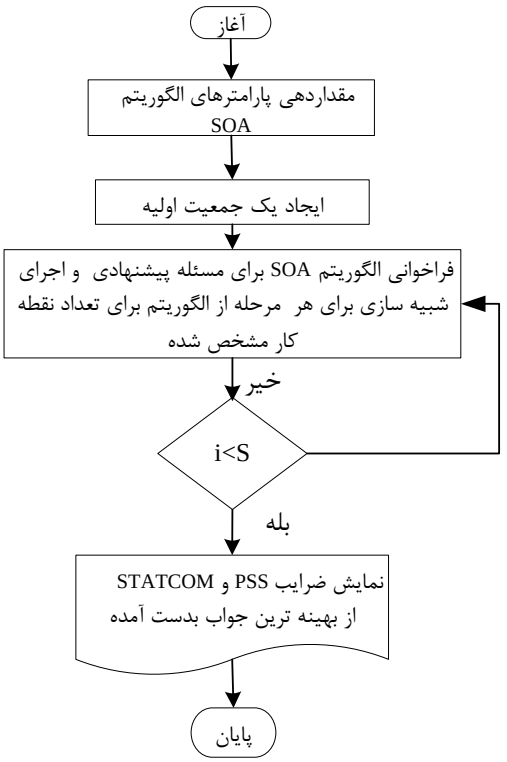
$$K_{ic}^{\min} \le K_{ic} \le K_{ic}^{\max}, \ K_S^{\min} \le K_S \le K_S^{\max}$$

$$K_{1S}^{\min} \le K_{1S} \le K_{1S}^{\max}, \ K_{3S}^{\min} \le K_{3S} \le K_{3S}^{\max}$$

در معادله (۲۹)، NF تعداد خطاهای در نظرگرفته شده در فرایند بهینه‌سازی می‌باشد. NP برابر است با تعداد نقاط کار سیستم قدرت که مسئله بهینه‌سازی برای آن نقاط حل می‌گردد. n برابر است با تعداد ماشین‌های سنکرون سیستم قدرت. $\Delta\omega_i$ برابر است با تغییرات سرعت ماشین iام و ΔV_S تغییرات ولتاژ شین STATCOM می‌باشد. همچنین α و β ضرایب وزنی برای تغییرات سرعت و ولتاژ شین STATCOM می‌باشد. در این مقاله برای طراحی هماهنگ STATCOM و PSS دو خطا در نظر گرفته می‌شود. ابتدا یکی از خطوط ارتباطی توان به مدت ۲۰۰ m-sec خارج می‌گردد و سپس بعد از بازگست سیستم به حالت پایدار یک خطای اتصال کوتاه سه فاز به مدت ۲۰۰ m-sec در نزدیکی شین ۸ اعمال می‌گردد. در این راستا A_i ضریب وزنی برای هر یک از دو خطای خروج خط و اتصال کوتاه سه فاز متفاوت می‌باشد. $K_{PSS,i}$ و ضرایب $T_{1,i}$ تا $T_{4,i}$ به ترتیب بهره و ثابت‌های زمانی

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.2.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

PSS برای ماشین iام می‌باشد. همچنین، ضرایب PI K_{pt} و K_{it} و K_{pc} و K_{ic} به ترتیب بهره تناسبی و انتگرالی مربوط به حلقه ولتاژ ac و dc، STATCOM می‌باشد. همچنین، K_S، K_{1S} و K_{2S} به ترتیب بهره و ثابت‌های زمانی مربوط به پایدارساز کنترل-کننده STATCOM می‌باشد. نتیجتاً، پارامترهای کنترل‌کننده‌های STATCOM و PSS به نحوی تعیین می‌گردند که تابع هدف (۲۹) مینیمم شود. فلوچارت طراحی همزمان کنترل‌کننده STATCOM و PSS با استفاده از روش SOA در شکل (۵) نشان داده شده است. با توجه به این شکل، پارامترهای الگوریتم SOA مقداردهی و یک جمعیت اولیه تشکیل می‌گردد. براساس این جمعیت اولیه، الگوریتم SOA فراخوانی و مقدار تابع هدف را در راستای یافتن بهینه‌ترین پارامترها طراحی هماهنگ مینیمم خواهد کرد. پس از پایان تعداد تکرار، ضرایب STATCOM و PSS مربوط به بهینه‌ترین جواب به دست آمده مشخص می‌گردد.



شکل (۵): فلوچارت مسأله هماهنگی PSS و STATCOM

۵- نتایج شبیه‌سازی

در این مقاله عملکرد الگوریتم پیشنهادی بر روی سیستم چهار ماشینه که در شکل (۲) نشان داده شده است، بررسی شده است. برای بدست آوردن نتایج شبیه‌سازی خطای اتصال کوتاه سه فاز و در پی آن برای حذف خطای سه فاز خارج شدن یکی از خطوط Tie-Line اعمال می‌گردد و عملکرد سیستم قدرت بررسی می‌شود. لازم به ذکراست جهت بررسی مقاوم بودن الگوریتم پیشنهادی سه نقطه کار در نظر گرفته شده است که مقادیر تولیدی توان اکتیو و راکتیو مربوط به سیستم چهار ماشینه در جدول (۱) نشان داده شده است. در این شبیه‌سازی، تعداد جمعیت اولیه S=۱۰۰، و تعداد تکرار *Itr*=200، در نظر گرفته شده است. در شبیه‌سازی‌های انجام شده، مقدار توان STATCOM نصب شده برای سیستم چهار ماشینه ۱۰۰ MVAR [12] است. اطلاعات سیستم تحریک و STATCOM در ضمیمه آورده شده است. همچنین، محدوده تغییرات ضرایب مربوط به PSS با استفاده از مرجع [7] در نظر گرفته شده است.

پارامترهای کنترل‌کننده‌های STATCOM و PSS جهت طراحی هماهنگ و افزایش میرائی سیستم قدرت و با استفاده از الگوریتم SOA در جدول (۲) نشان داده شده است. جهت بررسی کارائی الگوریتم پیشنهادی، طراحی همزمان کنترل‌کننده‌های STATCOM و PSS با استفاده از الگوریتم کلاسیک GA انجام شده است. همچنین نتایج شبیه‌سازی با نتایج حاصل از طراحی جداگانه کنترل‌کننده STATCOM و PSS که اصطلاحاً Un-coordinated نامیده شده است، مقایسه گردیده است. به این منظور یک اتصال کوتاه سه فاز به مدت ۲۰۰ میلی ثانیه نزدیک شین ۸ اعمال می‌گردد و برای حذف خطای سه فاز خط Tie-Line بین شین‌های ۸ و ۹ به مدت ۲۰۰ میلی ثانیه خارج می‌گردد. در این حالت سیستم قدرت در سه نقطه کاری متفاوت ذکرشده درجدول (۱)، بهینه‌سازی شده و مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول (۱) مقادیر توان اکتیو و راکتیو مربوط به سیستم چهار ماشینه

Operating condition	P_1	Q_1	P_2	Q_2	P_3	Q_3	P_4	Q_4
Case1	0.7767	0.1524	0.7659	0.1799	0.8163	0.1090	0.7912	0.1119
Case2	0.7323	0.1711	0.7183	0.1888	0.7679	0.1337	0.7404	0.1266
Case3	0.8268	0.1297	0.8199	0.1689	0.8712	0.0793	0.8492	0.0936

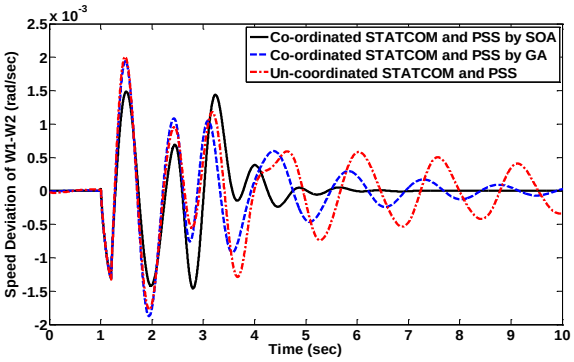
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.2.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

جدول (۲) پارامترهاي كنترل‌كننده‌هاى STATCOM و PSS با استفاده از الگوريتم SOA

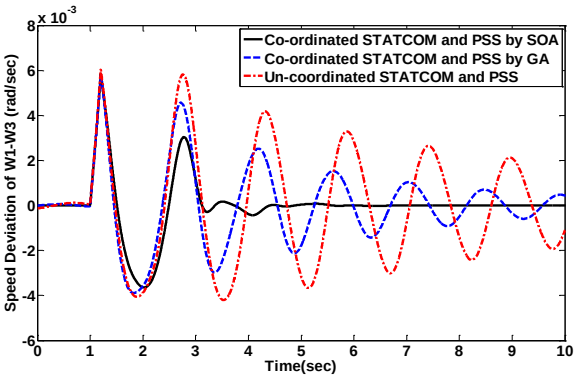
Machine	K_{pss}	T_1	T_2	T_3	T_4
G1	8.1384	1.555	0.3382	3.0124	8.25
G2	17.7442	0.005	0.4518	3.0524	4.7097
G3	26.6819	0.4117	0.419	4.7109	3.1388
G4	25.6080	0.0984	0.2056	7.7185	5.287
STATCOM	K_{pt}	K_{it}	K_{pc}	K_{ic}	-
PI-Controller	23.198	2328.379	1.8e-5	0.0182	-
Stabilizer	K_S	T_{1S}	T_{2S}	T_{3S}	T_{4S}
	33.7662	0.8615	0.5	0.7942	0.5

۵-۱- سیستم در حالت اول :

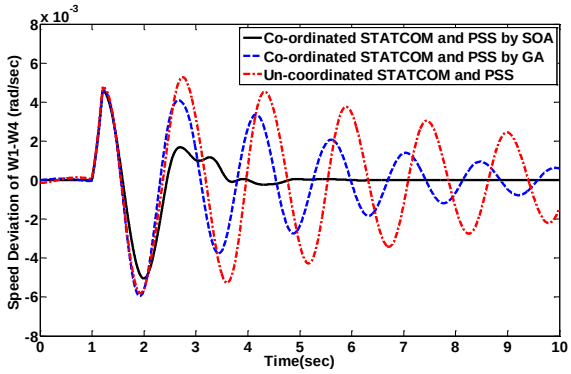
در این حالت تغییرات سرعت ماشین‌های سنکرون در ناحیه ۱ و ۲ برای نقطه کار اول در شکل‌های (۶) تا (۹) نشان داده شده است. همانطور که نشان داده شده است، طراحی هماهنگ با استفاده از الگوریتم پیشنهادی نسبت به طراحی هماهنگ با استفاده از الگوریتم GA و طراحی جداگانه دارای مشخصه دینامیکی بهتری می‌باشد.



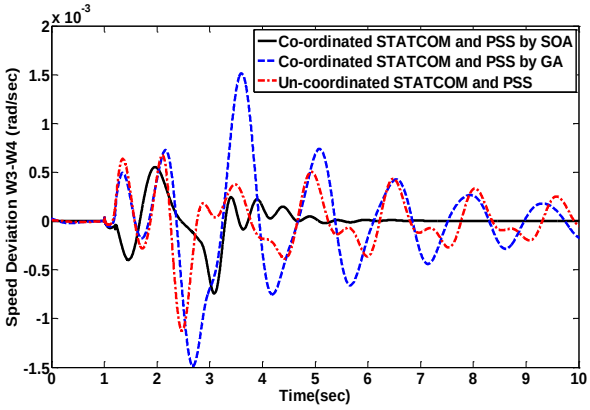
شکل (۶): تغییرات تفاوت سرعت ماشین اول و دوم برای نقطه کار اول



شکل (۷): تغییرات تفاوت سرعت ماشین اول و سوم برای نقطه کار اول



شکل (۸): تغییرات تفاوت سرعت ماشین اول و چهارم برای نقطه کار اول

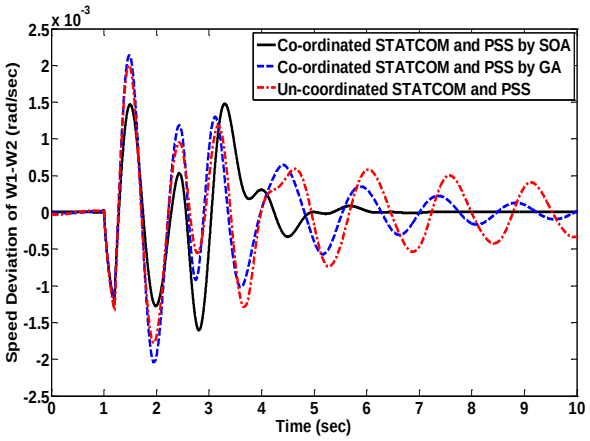


شکل (۹): تغییرات تفاوت سرعت ماشین سوم و چهارم برای نقطه کار اول

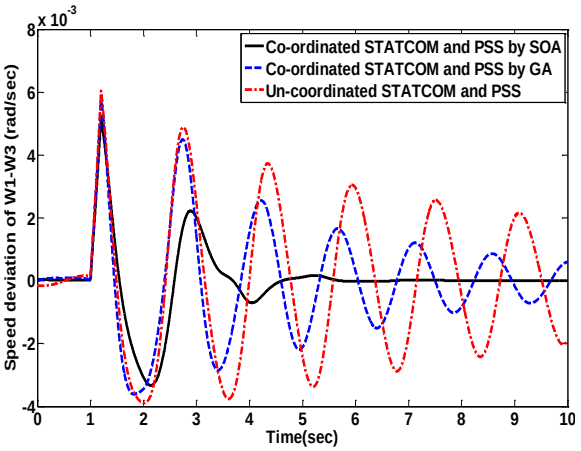
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.2.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]

۵-۲- سیستم در حالت دوم :

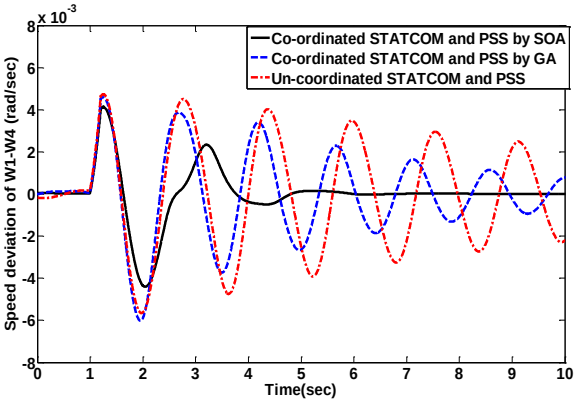
در این حالت تغییرات سرعت ماشین‌های سنکرون در ناحیـه ۱ و ۲ برای نقطه کار دوم در شکل‌های (۱۰) تا (۱۳) نشان داده شده است.



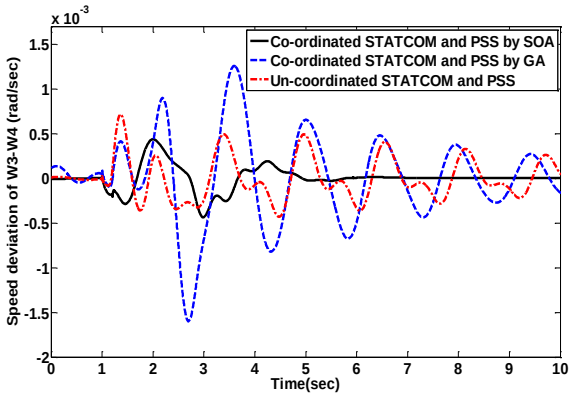
شکل (۱۰): تغییرات تفاوت سرعت ماشین اول و دوم برای نقطه کار دوم



شکل (۱۱): تغییرات تفاوت سرعت ماشین اول و سوم برای نقطه کار دوم



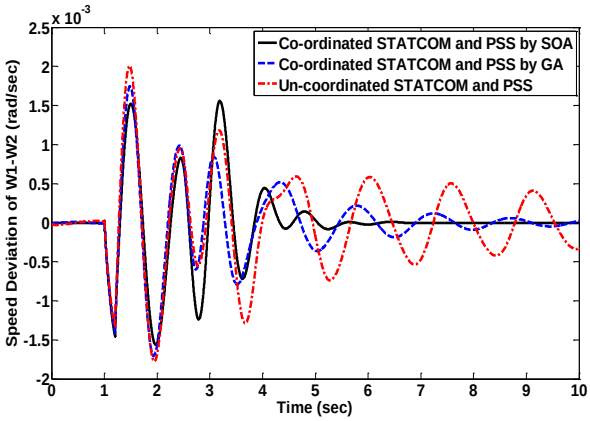
شکل (۱۲): تغییرات تفاوت سرعت ماشین اول و چهارم برای نقطه کار دوم



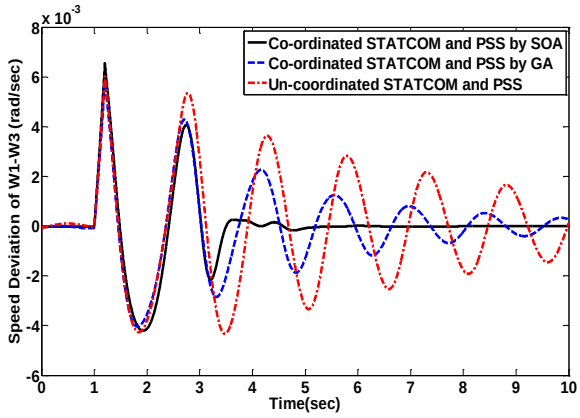
شکل (۱۳): تغییرات تفاوت سرعت ماشین سوم و چهارم برای نقطه کار دوم

۵-۳- سیستم در حالت سوم :

در این حالت تغییرات سرعت ماشین‌های سنکرون در ناحیـه ۱ و ۲ برای نقطه کار سوم در شـکل‌هـای (۱۴) تـا (۱۷) نشـان داده شـده است.

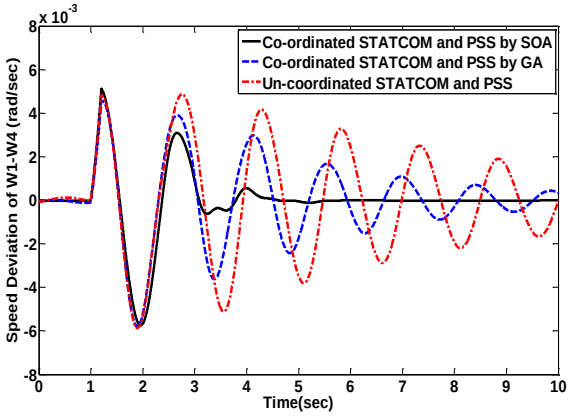


شکل (۱۴): تغییرات تفاوت سرعت ماشین اول و دوم برای نقطه کار سوم

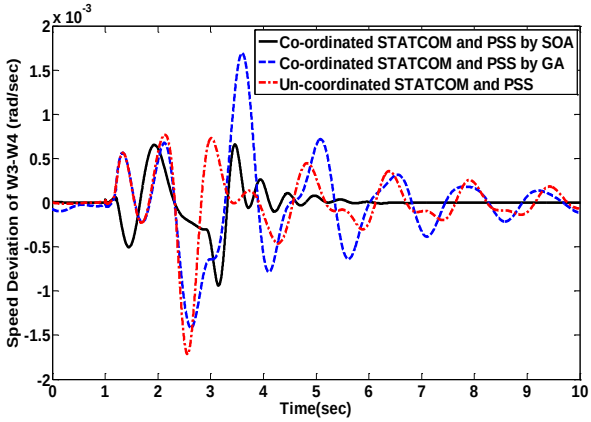


شکل (۱۵): تغییرات تفاوت سرعت ماشین اول و سوم برای نقطه کار سوم

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.2.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]



شکل (۱۶): تغییرات تفاوت سرعت ماشین اول و چهارم برای نقطه کار سوم



شکل (۱۷): تغییرات تفاوت سرعت ماشین سوم و چهارم برای نقطه کار سوم

با توجه به اشکال (۶) تا (۱۷) به خوبی می‌توان دریافت که اختلاف سرعت ماشین‌ها از لحاظ مشخصات پایداری با استفاده از الگوریتم SOA پاسخ به مراتب بهتری نسبت به روش GA[۸] و حالت Un-coordinated نشان می‌دهد. به هر حال، این اشکال عملکرد مطلوب طراحی هماهنگ PSS و STATCOM با استفاده از الگوریتم SOA را نشان می‌دهند.

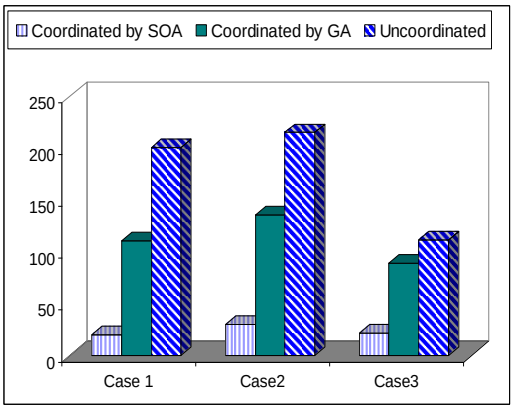
۵-۴- بررسی عملکرد روش پیشنهادی

در این بخش جهت نشان دادن عملکرد و میزان مقاومت الگوریتم پیشنهادی از دو شاخص معروف *ITAE* و *FD* استفاده شده است. دو ضریب عملکرد *ITAE* و *FD* [۲۱] به صورت زیر تعریف می‌گردند:

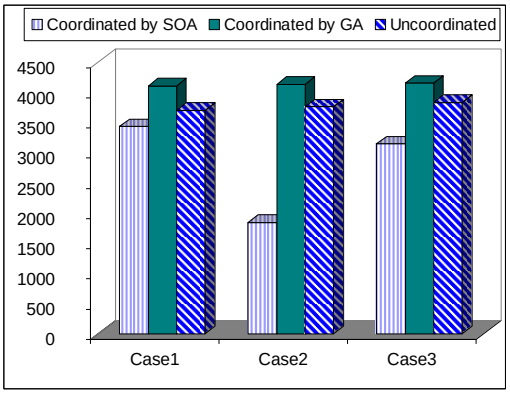
$$ITAE = 1000\int_{t_1=0}^{t_2=t_{sim}} t\cdot\left(\begin{array}{l}|w_1-w_2|+|w_1-w_3|\\+|w_1-w_4|+|w_3-w_4|+|\Delta V_s|\end{array}\right)dt \qquad (۲۹)$$

$$FD = \sum_{i=1}^{4}(OS_i\times 4000)^2+(US_i\times 4000)^2+TS_i^{\,2} \qquad (۳۰)$$

در اینجا، w ، t ، OS_i ، US_i ، TS_i به ترتیب سرعت روتور، زمان شبیه‌سازی، فراجهش، فروجهش و زمان نشست سرعت ماشین iام می‌باشد.همچنین مقادیر کمتر هر یک از ضرایب عملکرد ITAE و FD مشخصه زمانی بهتری را نشان می‌دهد. در این راستا، مقادیر هر یک از ضرایب عملکرد ITAE[۹] و FD[۱۰] برای طراحی همزمان STATCOM و PSS به ترتیب در اشکال (۱۸) و (۱۹) نشان داده شده است. بر اساس این آنالیز عددی و اشکال نشان داده شده، طراحی همزمان STATCOM و PSS با استفاده از الگوریتم SOA دارای مشخصه عملکرد و پاسخ زمانی مناسبتری از دیدگاه پایداری دینامیکی و گذرا در مقایسه با طراحی همزمان STATCOM و PSS با استفاده از الگوریتم GA و طراحی جداگانه دارا می‌باشد.



شکل (۱۸): مقادیر مربوط به ضریب عملکرد ITAE



شکل (۱۹): مقادیر مربوط به ضریب عملکرد FD

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.2.1]

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله، طراحی همزمان کنترل‌کننده‌های STATCOM و پایدارساز سیستم قدرت جهت افزایش میرایی با استفاده از الگوریتم SOA بررسی شده است. در این طراحی، جهت افزایش میرائی سیستم یک پایدارساز در حلقه ولتاژ ac مربوط به STATCOM در نظرگرفته شده است. همچنین، کنترل‌کننده‌های PI مربوط به حلقه‌های ولتاژ ac و dc مربوط به STATCOM در این طراحی در نظر گرفته شده است. در این راستا جهت طراحی همزمان کنترل‌کننده‌های STATCOM و پایدارساز سیستم قدرت از الگوریتم جدید SOA استفاده شده است و نتایج شبیه‌سازی با استفاده از روش SOA، با نتایج حاصل از STATCOM و PSS هماهنگ شده با استفاده از الگوریتم GA وطراحی جداگانه (Un-coordinated) مقایسه شده اند. نتایج شبیه‌سازی بیانگر بهبود پایداری سیستم قدرت با استفاده از روش پیشنهادی در مقایسه با دیگر روش هوشمند است. همچنین، برای نمایش کارائی و مقاومت الگوریتم پیشنهادی از ضرایب عملکرد ITAE و FD استفاده شده است. ضمناً با توجه به عملکرد مطلوب کنترل‌کننده طراحی شده در مقابل تغییرات سیستم، بهبود دقت و سرعت فرایند جستجوی تعیین بهینه پارامترهای سیستم نیز به اثبات رسیده است.

مراجع:

[1] Kundur, P., Power System Stability and Control, McGraw-Hill, 1994.

[2] H. Shayeghi, H.A. Shayanfar, A. Safari, R. Aghmasheh, A robust PSSs design using PSO in a multi-machine environment, Energy Conversion and Management 51 (2010) 696–702

[3] H. Shayeghi, H.A. Shayanfar, A. Safari, PSS and TCSC damping controller coordinated design using PSO in multi-machine power system, Energy Conversion and Management 51 (2010) 2930–2937.

[4] H. Shayeghi, H.A. Shayanfar, S. Jalilzadeh, A. Safari, TCSC robust damping controller design based on particle swarm optimization for a multi-machine power system, Energy Conversion and Management 51 (2010) 1873–1882.

[5] Bomfim, A. L. B., Taranto, G. N., "Simultaneous tuning of power system damping controllers using ganetic algorithms", IEEE Trans. on Power Syst., Vol. 15, No. 1, pp. 163-169, 2000.

[6] Abido, M. A., "Robust design of multimachine power system stabilizers using simulated annealing", IEEE Trans. Energy Convers., Vol. 15, No. 3, pp. 297-304, 2000.

[7] Das, T. K., Venayagamoorthy, G. K., Aliyu, U. O., "Bio-Inspired Algorithms for the Design of Multiple Optimal Power System Stabilizers: SPPSO and BFA", IEEE Trans. Industry Appl., Vol. 44, No. 5, pp. 1445-1457, 2008.

[8] Hingorani, N. G., Gyugyi, L., Understanding FACTS-Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems, IEEE Press, 2000.

[9] Cai, L. J., Erlich, I., "Simultaneous Coordinated Tuning of PSS and FACTS Damping Controllers in Large Power Systems", IEEE Trans. Power Syst., Vol. 20, No. 1, pp. 294-300, 2005.

[10] M.R. Shakarami, A. Kazemi, Assessment of effect of SSSC stabilizer in different control channels on damping inter-area oscillations, Energy Conversion and Management 52 (2011) 1622–1629

[11] Bian, X. Y., Tse, C. T., Zhang, J. F., Wang, K. W., "Coordinated design of probabilistic PSS and SVC damping controllers", Int. Journal Electr. Power Energy Syst., online available (2010).

[12] Panda, S., Padhy, N. P., "Optimal location and controller design of STATCOM for power system stability improvement using PSO", Journal Franklin Ins., Vol. 345, No. 2, pp. 166-181, 2008.

[13] Chaohua Dai, Weirong Chen, Member, IEEE, and Yunfang Zhu, Seeker Optimization Algorithm for Digital IIR Filter Design, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 57, NO. 5, MAY 2010.

[14] Faisal, S. F., Rahim, A. H. M. A., Bakhashwain, J. M., "Robust STATCOM Controller for a Multi-Machine Power System Using Particle Swarm Optimization and Loop-shaping", Int. Journal Electr. Computer Syst. Eng., Vol. 1, No. 1, pp. 64-70, 2007.

[15] Sahoo, N. C., Panigrahi, B. K., Dash, P. K., Panda, G., "Application of a multivariable feedback linearization scheme for STATCOM control", Electr. Power Syst. Res., Vol. 62, No. 2, pp. 81-91, 2002.

[16] B. Shaw1 V. Mukherjee2 S.P. Ghoshal, Seeker optimisation algorithm: application to the solution of economic load dispatch problems, IET Gener. Transm. Distrib., 2011, Vol. 5, Iss. 1, pp. 81–91.

[17] Binod Shaw, V. Mukherjee, S.P. Ghoshal, Solution of economic dispatch problems by seeker optimization algorithm, Expert Systems with Applications 39 (2012) 508–519.

[18] C. Dai, Y. Zhu, and W. Chen, "Seeker optimization algorithm," in Computational Intelligence and Security, vol. 4456, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Y. Wang, Y. Cheung, and H. Liu, Eds. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2007, pp. 167–176.

[19] Fraile-Ardanuy J, Zufiria PJ. Adaptive Power System Stabilizer Using ANFIS and Genetic Algorithms. Computational Intell Bioinspired Syst 2005; 3512: 1124-31.

[20] Ardanuy JF, Zufiria PJ. Design and comparison of adaptive power system stabilizers based on neural fuzzy networks and genetic algorithms. Neurocomputing 2007; 70(16-18): 2902-12.

[21] Shayeghi H, Shayanfar HA, Jalili A. Multi stage fuzzy PID power system automatic generation controller in deregulated environments. Energy Convers Manage 2006;47:2829–45.

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

[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.2.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013

ضمیمه :

اطلاعات STATCOM :

۵۰۰KV, R_p =۰/۰۷۱, L_p = ۰/۲۲, V_{DC} = ۴۰KV, C_{DC} = ۳۷۵۷ Micro-F, V_{ref} = ۱/۰ pu

سیستم تحریک:

T_A =۰/۰۵, K_A =۲۰۰.

u_{Smax} = ۰/۱۵ pu, u_{Smin} = -۰/۱۵/ pu,

sensor time constant = ۰/۰۱۵

رزومه



احسان افضلان مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی برق- قدرت در سال‌های۱۳۸۶و۱۳۹۰ ازدانشگاه آزاد اسلامی دریافت کرد.وی هم‌اکنون شاغل در شرکت مدیریت تولید برق اهواز(نیروگاه حرارتی رامین)می‌باشد. زمینه‌های علمی مورد علاقه نام‌برده متنوع بوده و شامل موضوعاتی شامل بازار برق ، مدل‌سازی سیستم‌های قدرت،شبکه‌های توزیع برق وشبکه‌های تجدیدساختار یافته است.



محمود جورابیان تحصیلات خود را در مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد به ترتیب در سال‌های۱۳۶۲(دانشگاه نیوهیون-آمریکا) و۱۳۶۴(دانشگاه صنعتی رن سی لیر-آمریکا) در رشته مهندسی برق قدرت آغاز نمود.وی مقطع دکتری مهندسی برق را در سال ۱۳۷۵ در دانشگاه باث انگلستان به پایان رسانده است و هم‌اکنون استاد دانشکده مهندسی برق دانشگاه شهید چمران اهواز می‌باشد. زمینه‌های تحقیقاتی ایشان شبکه‌های عصبی مصنوعی،سیستم‌های هوشمند،شبکه‌های انتقال و توزیع قدرت الکتریکی، دینامیک و کنترل سیستم‌های قدرت ، بازارهای برق و سیستم‌های انتقال جریان متناوب انعطاف‌پذیر (FACTS) می‌باشد.

زیر نویس ها

[1] Power system stabilizer (PSS)
[2] Flexible AC Transmission System
[3] Thyristor Controlled Series Capacitor
[4] Praticle Swarm Optimization
[5] Static Synchronous Series Compensator
[6] Static VAR Compensator
[7] Seeker Optimization Algorithm

[8] Genetic Algorithm
[9] Integral of Time multiplied Absolute Error
[10] Figure of Demerit

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1392.2.1.2.1]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 2-No. 1- spring 2013