

طراحی کنترل کننده فازی جدید جهت استفاده برای کنترل اتوماتیک تولید(AGC) سیستم حرارتی چند ناحیه‌ای به هم پیوسته

بابک محمودی^{*}، سید سعیدالله مرتضوی^۲، حسن براتی^۳

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

b_mahmoodi57@yahoo.com

۲- دانشیار گروه برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز ، *mortazavi_s@scu.ac.ir*

۳- استادیار گروه برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، *barati216@gmail.com*

چکیده: در این مقاله، مسئله کنترل اتوماتیک تولید(AGC) سیستم حرارتی سه و پنج ناحیه‌ای با نواحی غیر یکسان و توربین‌هایی با قید نرخ تولید ۳% مورد بررسی قرار گرفته و کنترل کننده بهینه فازی جدیدی جهت استفاده در AGC پیشنهاد داده شده است. این کنترل کننده فازی با استفاده از تکنیک تکاملی محاسباتی الگوریتم ژنتیک بهینه شده است. مقایسه رفتار دینامیکی سیستم در حضور کنترل کننده پیشنهادی و کنترل کننده‌های مرسوم، برتری کنترل کننده پیشنهادی را برای AGC نشان می‌دهد. آنالیز حساسیت کنترل کننده پیشنهادی نسبت به تغییرات پارامترهای سیستم(ثابت اینرسی H ، ثابت زمانی ری‌هیتر T_r و ضریب ری‌هیتر K_r) انجام شده است. نتایج شبیه‌سازی بدست آمده از آنالیز حساسیت، برتری کنترل کننده فازی پیشنهادی را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ژنتیک، سیستم پنج ناحیه‌ای حرارتی، SLP AGC FLPDC

دارای کمبود است که یا به سیستم‌های با نواحی کم می‌پردازند یا این- که کنترل کننده ثانویه به کار رفته در AGC کنترل کننده‌های کلاسیکی هستند که با توجه به مدل خطی شده سیستم قدرت حول نقطه کار معینی طراحی شده‌اند، با تغییر نقطه کار سیستم این کنترل کننده‌ها به تنظیم مجدد نیاز پیدا می‌کنند. بنابراین استفاده از کنترل- کننده‌های غیر خطی و یا هوشمند به عنوان کنترل کننده ثانویه به کار رفته در AGC مناسب‌تر به نظر می‌رسد. برای طراحی کنترل کننده‌های غیرخطی به نوشتن روابط دقیق ریاضی حاکم بر سیستم نیاز است، در صورتی که در کنترل هوشمند نیازی به روابط سیستم نمی‌باشد. در [6] از شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت کنترل اتوماتیک تولید سیستم سه ناحیه‌ای استفاده شده است. یکی از مشکلات اصلی استفاده از این شبکه‌ها، نیاز به داده‌های آموزشی زیاد است. کنترل کننده‌های فازی از نوع کنترل کننده‌های هوشمند هستند که با توجه به قوانین تجربی طراحی می‌شوند و به تغییر نقطه کار، پارامترها و ساختار سیستم حساس نیستند و در عمل نیز به راحتی می‌توان آن‌ها را به کار گرفت [7]. در [7] کنترل کننده PI فازی برای AGC سیستم قدرت دوناچیه‌ای به کار گرفته شده است. سیستم‌های قدرت بزرگ دارای تعداد نواحی کنترلی بیشتری هستند و با افزایش تعداد نواحی سیستم حل مسئله AGC دشوارتر می‌شود.

۱- مقدمه

کنترل اتوماتیک تولید (AGC) یکی از مهم‌ترین مسائل در طراحی و عمل کرد سیستم قدرت است. سیستم کنترل AGC به خاطر نقشی که در امنیت سیستم قرت، ثبت سرعت موتورهای القایی و سنکرون و در نتیجه بهبود عمل کرد واحدهای نیروگاهی دارد، دارای اهمیت فراوان است [1]. AGC سیستم کنترلی است که عمدتاً دو هدف دارد [2] :

۱. حفظ فرکانس سیستم در مقدار نامی در حالت عمل کرد عادی و به خصوص پس از بروز اختشاشات سینگنال کوچک مثل قطع و وصل بارها.

۲. حفظ توان تبادلی بین نواحی کنترلی همسایه در یک سیستم قدرت بزرگ.

در دهه‌های اخیر تحقیقات زیادی در حوزه AGC انجام شده است، اکثر تحقیقات به بررسی AGC در سیستم دوناچیه‌ای با نواحی یکسان می‌پردازند [3]. در [4,5] مسئله AGC در سیستم دوناچیه‌ای بررسی شده است. در [3] کاربری کنترل کننده‌های کلاسیک در AGC سیستم دوناچیه‌ای چند ناحیه‌ای با هم مقایسه شده‌اند و کنترل کننده IDD به عنوان بهترین آن‌ها انتخاب شده است. تحقیقات فوق از این جهت

با توجه به استراتژی مسئله تابع هدفی به صورت زیر برای الگوریتم بهینه‌سازی GA در نظر گرفته شده است:

$$J = \int_0^T \{(\Delta f_i)^2 + (\Delta P_{tiei-j})^2\} dt \quad (1)$$

که در آن Δf_i تغییرات فرکانس در ناحیه i و ΔP_{tiei-j} تغییرات توان تبادلی بین ناحیه i و دیگر نواحی است. در [3] عمل کرد کنترل کننده‌های کلاسیک و مرسوم (PID, PI, I) در AGC با هم مقایسه شده است که همه کنترل کننده‌ها پاسخ تقریباً مشابهی دارند. از میان کنترل کننده‌های فوق کنترل کننده (IDD) پاسخ نسبتاً بهتری را کنترل کننده‌های فوق کنترل کننده (ID) پاسخ نسبتاً مشابهی دارند. تمام کنترل کننده‌های فوق با توجه به مدل خطی شده سیستم قدرت حول نقطه کار مشخص طراحی شده‌اند، در صورتی که سیستم قدرت، سیستمی غیرخطی و پیچیده است. در اینجا از کنترل کننده فازی در AGC استفاده شده است و نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های مقایسه‌ای انجام شده عمل کرد بروز این کنترل کننده را نشان می‌دهد.

۳- کنترل کننده PD فازی (FLPDC)

یکی از مزیت‌های مهم کنترل کننده‌های فازی نسبت به دیگر انواع کنترل کننده‌ها این است که این کنترل کننده به تغییر ساختار سیستم، نقطه کار و مقدار پارامترهای سیستم حساس نیست. شکل ۲ کنترل کننده فازی پیشنهادی را نشان می‌دهد که یک کنترل کننده PD است کنترل کننده فازی پیشنهادی را نشان می‌دهد که یک کنترل کننده PD است و برای بخش استنتاج آن از قوانین تاکاگی- ساجینو استفاده شده است (TS_FLC). ورودی‌های کنترل کننده خطای کنترل ناحیه و برای بخش استنتاج آن از قوانین تاکاگی- ساجینو استفاده شده است (TS_FLC). ورودی‌های کنترل کننده خطای کنترل ناحیه (ACE^۰) و مشتق مرتبه اول زمانی آن (ACE^۱) می‌باشند. خروجی آن نیز نقطه تنظیم گاورنرها را مشخص می‌کند. به طور کلی کنترل کننده فازی نوع TS یک کنترل کننده غیرخطی دارای گین‌های متغیر و قوانین خطی می‌باشد [7]. گین‌های کنترل کننده با تغییر بردار ورودی تغییر می‌کنند. تمام پارامترهای تشکیل دهنده قوانین فازی قبل تنظیم می‌باشند و تعداد آن‌ها با افزایش ورودی‌ها افزایش می‌یابد.

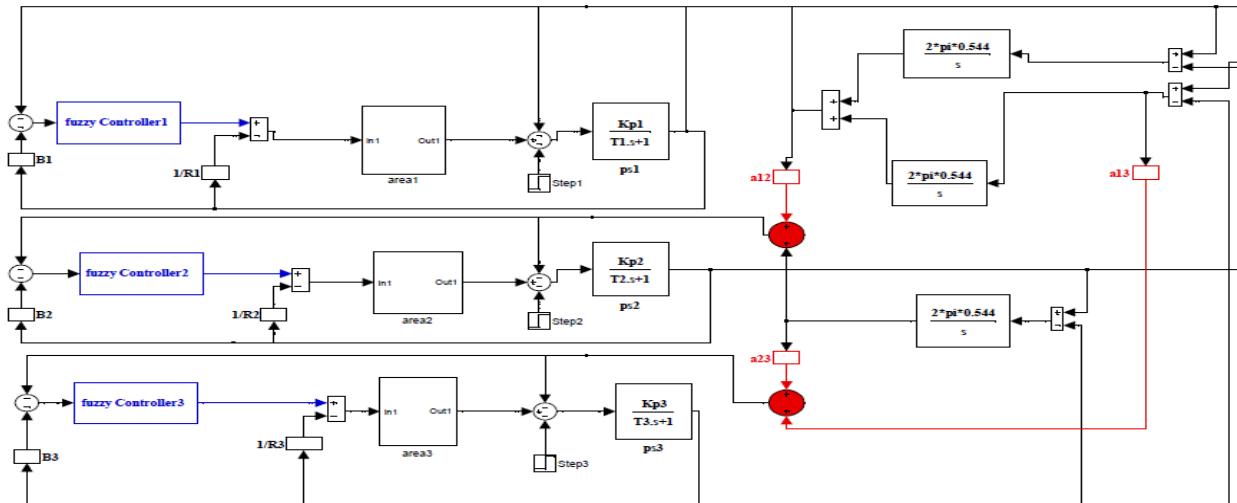
در این مقاله، کنترل کننده بهینه PD فازی (FLPD) (تاکاگی- ساجینو) جهت به کارگیری در AGC سیستم‌های حرارتی سه و پنج ناحیه‌ای با نواحی غیر یکسان پیشنهاد شده است. برای بهینه‌سازی کنترل کننده فازی از الگوریتم محاسباتی تکاملی ژنتیک (GA) استفاده شده است. با توجه به دو عمل تقاطع و جهش ژئی احتمال این که این الگوریتم در تله بهینه محلی قرار بگیرد کم است [9]. بخش‌های دیگر مقاله به قرار زیر است:

در بخش ۲ مدل سیستم بررسی شده آورده شده است. در بخش ۳ کنترل کننده فازی معرفی شده است. در بخش ۴ الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک توضیح داده شده است. در بخش ۵ نتایج حاصل از شبیه‌سازی آورده شده است. در نهایت در بخش ۶ نتیجه گیری آمده است.

۲- سیستم تحت بررسی

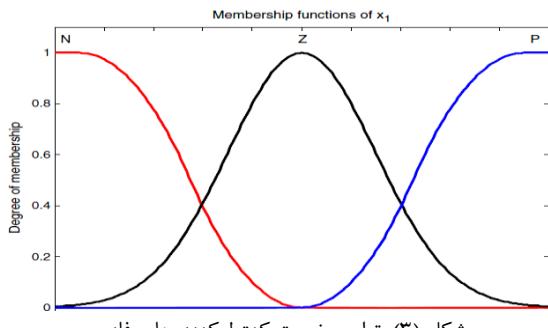
مطالعات بر روی سیستم حرارتی سه ناحیه‌ای دارای نواحی غیر یکسان با ظرفیت‌های area₁=2000MW, area₂=4000MW, area₃=8000MW و سیستم پنج ناحیه‌ای با ظرفیت‌های area₁=2000MW, area₂=4000MW, area₃=8000MW, area₄=10000MW, area₅=120000MW دارای ری‌هیتر با قید نرخ تولید 3% هستند، انجام شده است. مقادیر پریونیت پارامترهای متفاوت در نواحی مختلف در مبنای مربوطه مقدار مشابهی دارند، در مدل سازی نواحی بهم پیوسته با ظرفیت‌های متفاوت، پارامتر a_{ij}=P_{rj}/P_{ri} در مدل سیستم لحاظ شده است [3]. برای مثال a₁₂=P_{r1}/P_{r2} می‌باشد.

دیاگرام سیستم سه ناحیه‌ای در شکل ۱ آمده است. در هر ناحیه دو زیرسیستم وجود دارد. یکی از زیرسیستم‌ها مربوط به کنترلر هر ناحیه و دیگری مربوط به مدل عناصر آن ناحیه است. دیاگرام بلوکی زیرسیستم‌ها به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ آمده است. هر ناحیه شامل گاورنر و توربین‌های دارای ری‌هیتر با محدودیت نرخ تولید می‌باشد. دیاگرام سیستم پنج ناحیه‌ای نیز با توجه به سیستم سه ناحیه‌ای قابل ترسیم است.



شکل (۱): بلوک دیاگرام سیستم حرارتی سه ناحیه‌ای مورد مطالعه.

تابع عضویت نقش مهمی را در عمل کرد کنترل کننده بازی می-کنند. رنج عمل کرد متغیرها باید به وسیله تابع عضویت انتخاب شده، کاملاً پوشش داده شود [8,7]. در اینجا با توجه به نوع سیستم و با سعی و خطا تابع عضویت به صورت دو تابع سیگموید در کنار و یک تابع گوسی در وسط انتخاب شده اند که در شکل ۳ قابل مشاهده هستند. مقدار بهینه گینهای کنترل کننده با استفاده از الگوریتم ژنتیک بدست آمده‌اند.



شکل (۳): تابع عضویت کنترل کننده‌های فازی

۴- الگوریتم بهینه سازی ژنتیک (GA)

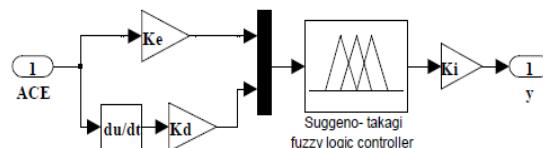
الگوریتم ژنتیک یک روش آماری برای بهینه‌سازی و جستجو است. الگوریتم ژنتیک جزوی از محاسبات تکاملی است که خود بخشی از هوش مصنوعی می‌باشد. ویژگی‌های خاص این الگوریتم باعث می‌شود که نتوانیم آن را یک جستجوگر تصادفی ساده قلمداد کنیم.

الگوریتم ژنتیک با یک مجموعه از جواب‌ها که از طریق کرموزوم‌ها نشان داده می‌شوند شروع می‌شود. این مجموعه جواب‌ها که از طریق جمعیت اولیه نام دارند. در این الگوریتم جواب‌های حاصل از یک جمعیت برای تولید جمعیت بعدی استفاده می‌شوند. در این فرآیند امید است که جمعیت جدید نسبت به جمعیت قبلی بهتر باشد. انتخاب بعضی از جواب‌ها از میان کل جواب‌ها (والدین Parent) به منظور ایجاد جواب‌های جدید یا همان فرزندان (Offspring) بر اساس میزان مطلوبیت آنها می‌باشد. طبیعی است که جواب‌های مناسب‌تر شناس بیشتری برای تولید مجدد داشته باشند. این فرآیند تا برقراری شرطی که از پیش تعیین شده است (مانند تعداد جمعیت‌ها یا میزان بهینه جواب) ادامه می‌یابد [8].

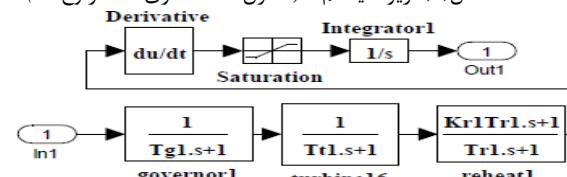
فلوچارت مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک در شکل ۴ آورده شده است. خلاصه مراحل ذکر شده را می‌توان به شکل زیر تشریح نمود [8,9]:

مرحله ۱: ابتدا با توجه به صورت مسئله، متغیرهایی که باید تعیین شوند، مشخص می‌شوند. سپس این متغیرها به نحو مناسبی کدگذاری شده و به شکل کرموزوم نمایش داده می‌شوند. براساس تابع هدف، یک تابع برازنده‌گی برای کرموزوم‌ها تعریف می‌گردد و یک جمعیت اولیه دلخواه نیز بطور تصادفی انتخاب می‌شود. دنبال آن، میزان تابع برازنده‌گی برای هر کرموزوم جمعیت اولیه حساب می‌شود.

در عمل تنظیم دستی این پارامترها ممکن است نامناسب، ناکارآمد و خصوصاً در مواردی که پارامترها زیادند غیر ممکن باشد. معمولاً از الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای تنظیم پارامترها استفاده می‌شود.



شکل (۲): زیر سیستم ۱ (کنترل کننده فازی TS-PD از نوع PD)



شکل (۳): زیر سیستم ۲ (دیاگرام بلوكی عناصر یک ناحیه)

با توجه به شکل ۱ رابطه بین ورودی و خروجی کنترل کننده به صورت زیر است:

$$y = K_e K_i ACE + K_d K_i \overset{\circ}{ACE} \quad (2)$$

که y (خروجی)، $\overset{\circ}{ACE}$ و ACE ورودی‌های و K_i, K_d, K_e گینهای کنترل کننده می‌باشند. برای هر ورودی سه تابع عضویت در نظر گرفته شده است. بنابراین تمام فضای کنترل با نه قانون پوشش داده می‌شود که به شکل زیرند:

Ru¹: If x_1 is A_1^1 and x_2 is A_2^1
Then $y^1 = a_1^1 x_1 + a_2^1 x_2 + a_0$

Ru¹: If x_1 is A_1^1 and x_2 is A_2^1
Then $y^1 = a_1^1 x_1 + a_2^1 x_2 + a_0$
که Ru¹ معرف یک قانون فازی برای x_1 و x_2 و $a_1^1, a_2^1, A_1^1, A_2^1$ یک مجموعه فازی، a_0 گینهای قانون مربوطه و y^1 مجموعه قاطع خروجی می‌باشد. این کنترل کننده با استفاده از روابط فازی ساز منفرد و غیر فازی ساز میانگین مرکز طراحی شده است و کنترل کننده قوی است. به طور ساده روند طراحی در زیر آمده است:

۱. انتخاب دو ورودی x_1 و x_2 که به ترتیب x_1 خطای کنترل ناحیه (ACE) و x_2 مشتق خطای کنترل ناحیه ($\overset{\circ}{ACE}$) می‌باشند.
۲. انتخاب سه تابع عضویت (MFS) برای هر ورودی در رنج [-1, 1].
۳. تعریف قوانین فازی که با توجه به تعداد ورودی‌ها نه تا می‌باشند و به طور خلاصه در زیر آمده‌اند:

Rule 1: If x_1 is P and x_2 is P Then $y=1$

Rule 2: If x_1 is P and x_2 is Z Then $y=0.75$

Rule 3: If x_1 is P and x_2 is N Then $y=0.25$

Rule 4: If x_1 is Z and x_2 is P Then $y=0.5$

Rule 5: If x_1 is Z and x_2 is Z Then $y=a_1 x_1 + a_2 x_2$

Rule 6: If x_1 is Z and x_2 is N Then $y=-0.5$

Rule 7: If x_1 is N and x_2 is P Then $y=-0.25$

Rule 8: If x_1 is N and x_2 is Z Then $y=-0.75$

Rule 9: If x_1 is N and x_2 is N Then $y=-1$

۵- نتایج شبیه سازی

این بخش شامل سه قسمت می‌باشد: در قسمت اول نتایج حاصل از شبیه‌سازی سیستم سه ناحیه‌ای و در قسمت دوم نتایج مربوط به شبیه‌سازی سیستم پنج ناحیه‌ای آورده شده است. در قسمت سوم نتایج حاصل از آنالیز حساسیت کنترل کننده‌ها آورده شده است. در شبیه‌سازی‌های صورت گرفته از نرم افزار MATLAB/SIMULINK استفاده شده است.

۱-۱- سیستم سه ناحیه‌ای

عمل کرد دینامیکی کنترل کننده IDD و کنترل کننده فازی پیشنهادی با ایجاد ۱٪ تغییر پله‌ای در بار ناحیه یک ($SLP=1\%$) با هم مقایسه شده است. مقادیر پارامترهای سیستم از [3] برداشته و در ضمیمه A آورده شده است. مقادیر بهینه گین‌های کنترل کننده فازی که با استفاده از الگوریتم ژنتیک بدست آمداند، در جدول ۱ آورده شده است.

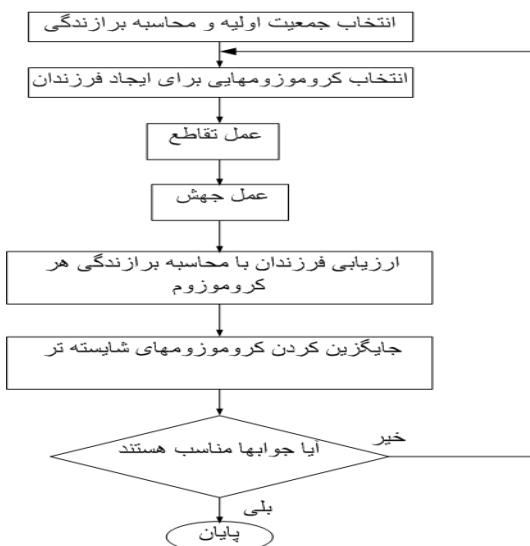
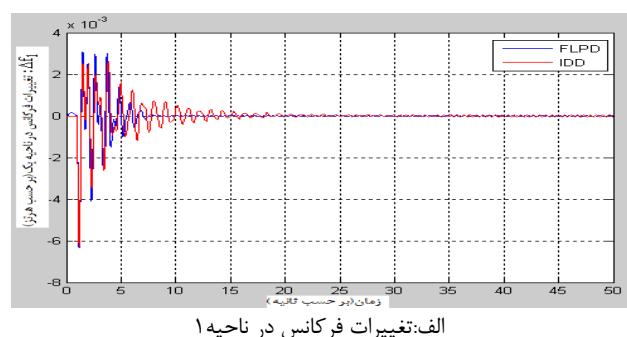
کنترل کننده IDD از گروه کنترل کننده‌های کلاسیک می‌باشد که تابع تبدیل آن به شکل زیر است:

$$TF_{IDD} = \frac{K_I}{S} + K_{DD} S^2 \quad (2)$$

شکل ۵ پاسخ‌های دینامیکی تغییرات فرکانس در نواحی مختلف و نیز تغییرات توان تبادلی بین نواحی مختلف به عنوان تابعی از زمان را نشان می‌دهد.

جدول(۱): مقادیر بهینه برای گین‌های کنترل کننده فازی

شماره ناحیه	مقادیر بهینه پارامتر	K_e	K_d	K_i
۱		0.0042	5.0018	1.3132
۲		0.0015	4.1030	1.1893
۳		0.0013	4.3103	1.2843



شکل(۴): فلوچارت مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک

مرحله ۲: در این مرحله، تعداد مناسبی از زوج کروموزوم‌ها بر اساس میزان برآزنده‌گی آنها انتخاب می‌شوند تا در مراحل بعدی مورد استفاده قرار بگیرند. کروموزوم‌هایی که دارای عدد برآزنده‌گی بالایی هستند، ممکن است چندین بار در مراحل تولید انتخاب شوند، در حالی که کروموزوم‌هایی که برآزنده‌گی آنها کم می‌باشد، ممکن است هیچ‌گاه انتخاب نگردد. ساده‌ترین روش برای اجرای این مرحله، استفاده از مدل چرخ رولت Roulette Wheel است.

مرحله ۳: در این مرحله عملگر تقاطعی با احتمال P_C بر روی کروموزوم‌های والد عمل کرده و با ترکیب آنها، کروموزوم‌های جدیدی (فرزندان) را تولید می‌کند.

مرحله ۴: در این مرحله عمل جهش با احتمال P_m بر روی کروموزوم‌های حاصل از عمل جابجایی انجام شده و با تغییر بیت‌های این کروموزوم‌ها، راهی را برای ورود اطلاعات جدید بوجود می‌آورد.

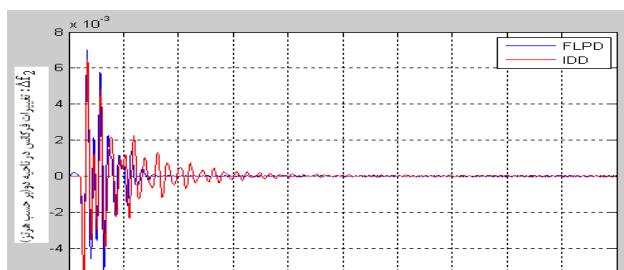
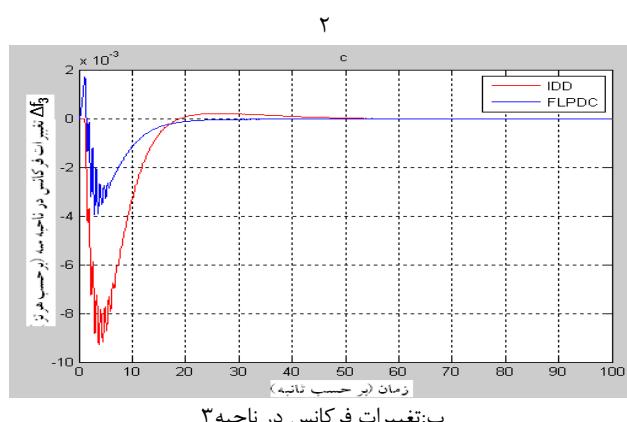
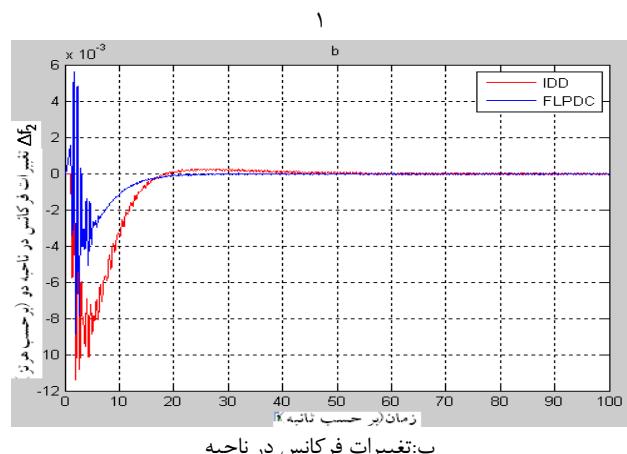
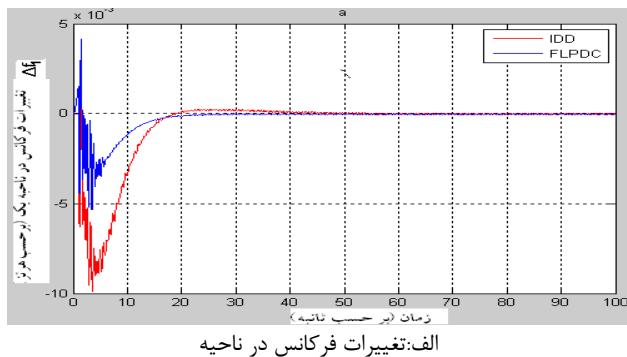
مرحله ۵: در این مرحله به منظور ارزیابی فرزندان، مقدار برآزنده‌گی کروموزوم‌های جدید محاسبه می‌گردد.

مرحله ۶: در این مرحله، انتخاب می‌گردد. این کار با مقایسه مقدار برآزنده‌گی کروموزوم‌ها انجام می‌شود.

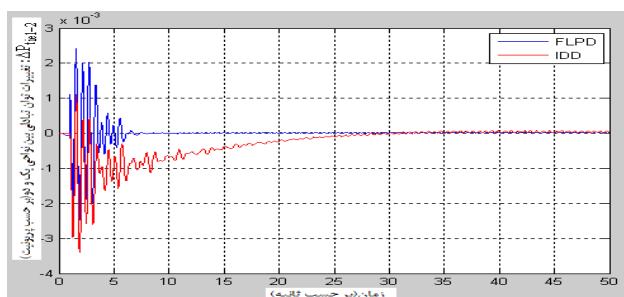
مرحله ۷: در این مرحله همه افراد جمعیت جدیدالسورود مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. چنانچه شرایط خاتمه الگوریتم فراهم باشد، الگوریتم پایان می‌پذیرد و در غیر این صورت جمعیت موجود به عنوان جمعیت اولیه برای مرحله بعد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول (۲): مقادیر بهینه کنترل کننده فازی سیستم پنج ناحیه‌ای

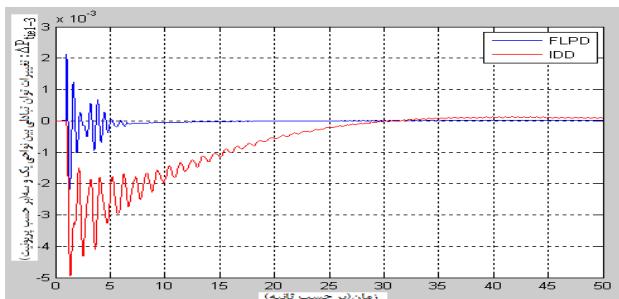
شماره ناحیه	مقادیر بهینه پارامترها	K_p	K_e	K_i
۱		۰.۰۰۲۲	۵.۰۰۱۳	۱.۲۸۳
۲		۰.۰۰۱۱	۵.۰۰۳۰	۱.۰۴۶۳
۳		۰.۰۰۱۶	۵.۰۱۰۳	۱.۲۸۶۳
۴		۰.۰۰۱۴	۵.۰۰۴	۱.۲۹۷۹
۵		۰.۰۰۱۴	۵.۰۰۱۵	۱.۲۹۸۷



الف: تغییرات فرکانس در ناحیه ۲



پ: تغییرات توان تبادلی بین نواحی ۲ و ۱



ت: تغییرات توان تبادلی بین نواحی ۱ و ۲

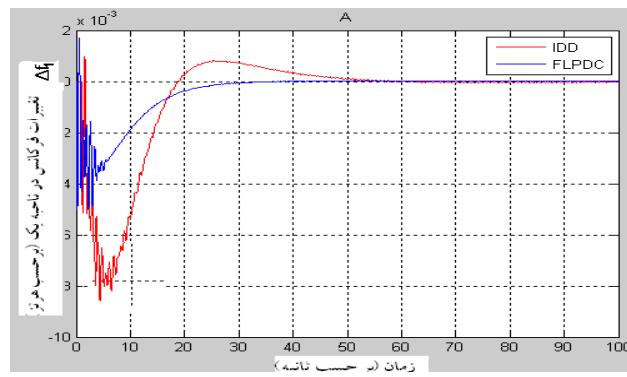
شکل (۵): مقایسه عملکرد کنترل فازی و IDD در سیستم سه ناحیه‌ای

با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود که کنترل کننده فازی پیشنهادی پاسخ‌های بهتری را فراهم می‌کند.

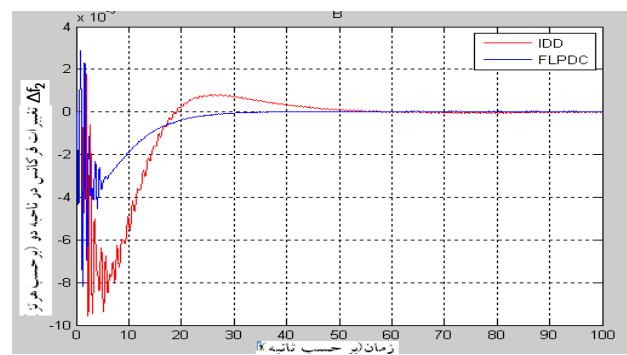
۲-۵- سیستم پنج ناحیه‌ای

پاسخ دینامیکی سیستم شکل ۱ با ایجاد $SLP=1\%$ در ناحیه یک برای کنترل کننده IDD و کنترل کننده فازی پیشنهادی در شکل ۶ ترسیم شده است. مقادیر بهینه بدست آمده برای کنترل کننده فازی در جدول ۲ آورده شده است. این نتایج با اجرای الگوریتم ژنتیکی با تعداد جمعیت اولیه ۱۴ و ۳۰۰ تکرار بدست آمده‌اند:

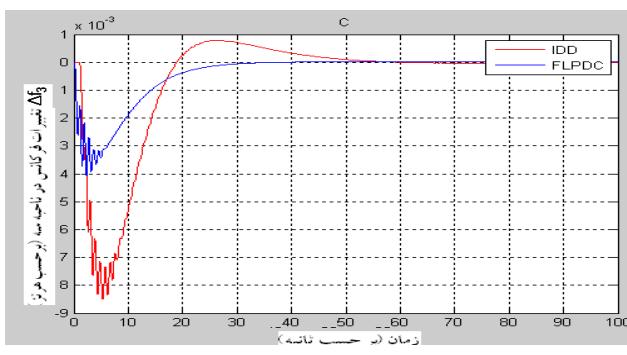
در ناحیه یک بعد از تغییر پارامترهای نواحی مختلف در شکل ۷ آورده شده است.



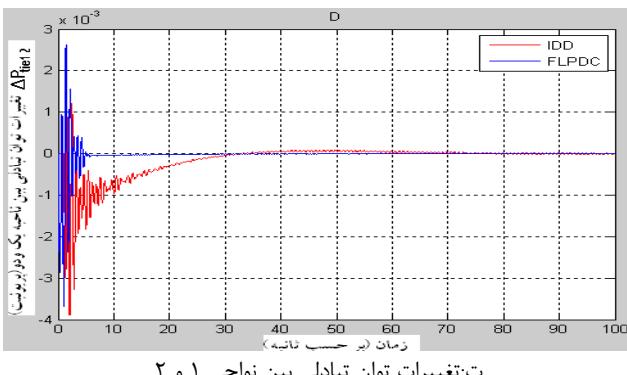
الف: تغییرات فرکانس در ناحیه ۱



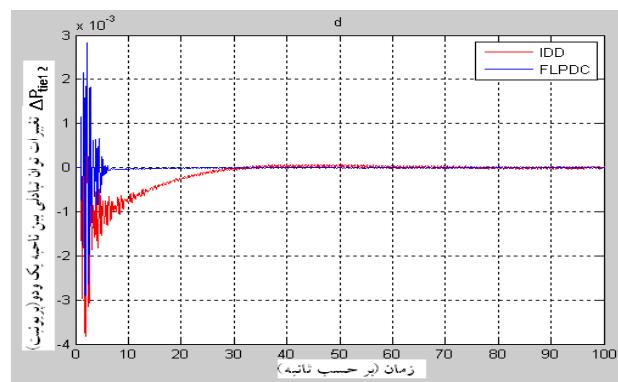
ب: تغییرات فرکانس در ناحیه ۲



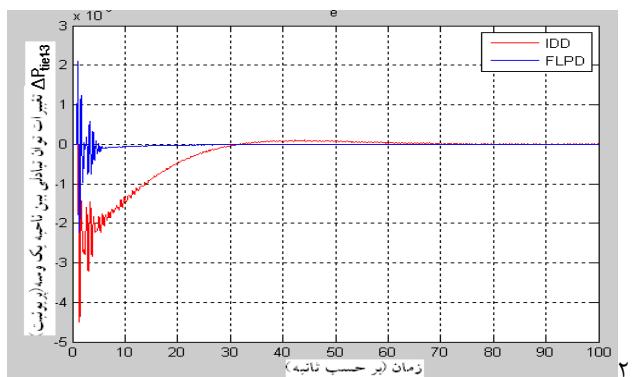
پ: تغییرات فرکانس در ناحیه ۳



ت: تغییرات توان تبادلی بین نواحی ۱ و ۲



ت: تغییرات توان تبادلی بین ناحیه ۱

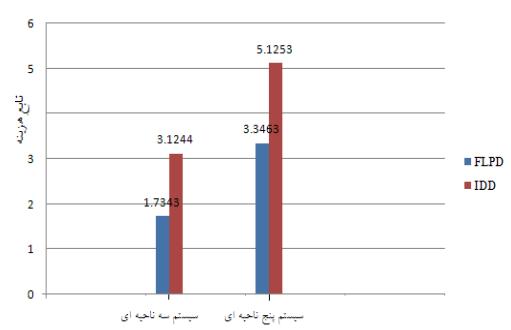


ث: تغییرات توان تبادلی بین ناحیه ۱ و ۳

شکل (۶): مقایسه عمل کرد کنترل فازی و IDD بکار رفته در سیستم پنج ناحیه‌ای

با توجه به شکل ۶ کنترل کننده فازی عملکرد مناسب‌تری نسبت به کنترل IDD دارد.

در شکل ۷ مقدارتابع هزینه (J) برای هردو سیستم بررسی شده، ترسیم شده است.



شکل (۷): مقدارتابع هزینه به ازای کنترلهای مختلف با توجه به شکل ۷ عملکرد کنترل فازی مناسب‌تر است.

۳-۵ - آنالیز حساسیت

آنالیز حساسیت برای سنجش قدرت کنترل کننده پیشنهادی با تغییر بزرگی در پارامترهای سیستم (۵۰٪ تغییر در H و T_r و K_r در هر ناحیه انجام شده است. پاسخ دینامیکی سیستم به ازای $SLP=1\%$

$K_{pi}=120\text{Hz/p.u.MW}$; loading=50%; $T_{ij}=0.544$;

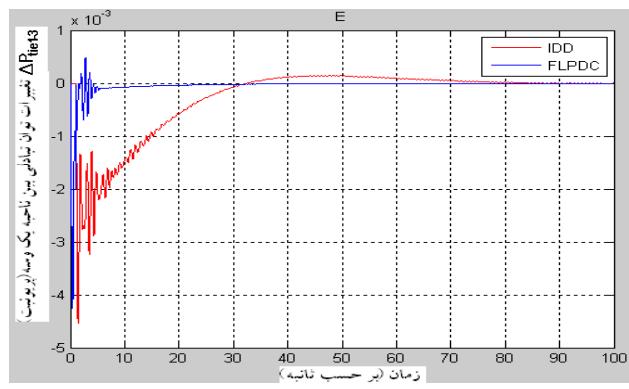
مراجع

- [1] Swasti R. Khuntia, Sidhartha Panda "A Novel Approach for Automatic Generation Control of a Multi-Area Power System", IEEE CCECE, 1182-1187, Canada, 2011.
- [2] Kundur Prabha. "Power system stability and control" ,McGraw-Hill, 1994.
- [3] Lalit Chandra Saikia, J. Nanda, S. Mishra "Performance comparison of several classical controllers in AGC for multi-area interconnected thermal system" Electrical Power and Energy Systems, vol. 33, pp. 394-401, 2011.
- [4] C.Ertugrul and I.Kocaarslan, " load frequency control in two area power system", Elect power and energy Syst, vol 46, pp.233-243, 2005.
- [5] N .L.Kothari, J.Nanda, D.P. Kolwbi D.Das, " discrete-mode Approach Automatic Generation Control of a two area interconnected thermal system ",IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 4, No. 2, May 1989.
- [6] Swasti R. Khuntia, Sidhartha Panda "A Novel Approach for Automatic Generation Control of a Multi-Area Power System", IEEE CCECE, 1182-1187, Canada, 2011.
- [7] C.Ertugrul and I.Kocaarslan, "A fuzzy gain scheduling PI controller application for an interconnected power system", Elect Power Syst Res, Vol. 73, pp.267-274, 2005.
- [8] Mohammad Mehdi Fateh, "Robust Fuzzy Control of Electrical Manipulators," J Intell Robot Syst, springer, 22 june 2010.Swasti R. Khuntia, Sidhartha Panda "A Novel Approach for Automatic Generation Control of a Multi-Area Power System", IEEE CCECE, 1182-1187, Canada, 2011.
- [9] Charles L.Karr and L.M. Freeman "Industrial Applications of genetic Algorithms ", CRC Press, 1999.
- [10] Coley a David "An Introduction to Genetic Algorithms for Scientists and Engineers", World Scientific press, 1999.
- [11] Edwin K.P Chong and Stanislaw H.Zak "An Introduction to Optimization ", Wiley, Second Edition, New York, 2001.

رزومه



بابک محمودی در اینده متولد شده است (۱۳۶۴). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقاطع کارشناسی مهندسی برق- قدرت از دانشگاه آزاد دزفول(۱۳۸۷) سپری کرده است، و هم اکنون (۱۳۹۱) دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق - قدرت همان واحد می باشد. فعالیت‌های پژوهشی و علاقهمندی ایشان در زمینه دینامیک و بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت است.



شکل (۷): مقایسه عملکرد کنترلر فازی و کنترل IDD بعد از تغییر پارامترهای سیستم قدرت

با توجه به شکل ۷ اگرچه کنترلر IDD پاسخ‌های نسبتاً خوبی را حتی بعد از تغییر پارامترهای سیستم فراهم می‌کند، اما عمل کرد دینامیکی کنترل کننده فازی پیشنهادی بسیار بهتر است. با دقت در شکل مشاهده می‌شود که کنترل کننده فازی به تغییر در پارامترهای سیستم حساس نیست.

۶- نتیجه گیری

کنترل کننده‌های کلاسیک بسیاری (مثل I, PID، PI و IDD) سیستم‌های قدرت استفاده شده‌اند. این کنترل کننده‌ها با توجه به مدل خطی شده سیستم حول نقطه کار مشخص طراحی شده‌اند و همه آن‌ها کم و بیش پاسخ دینامیکی مشابهی را فراهم می‌کنند. در این مقاله کنترلر PD فازی جهت بکارگیری در AGC سیستم حرارتی چند ناحیه‌ای پیشنهاد شده است، که نسبت به کنترل کننده‌های مرسوم پاسخ دینامیکی مناسب‌تری را فراهم می‌کند. مقادیر گین‌های کنترلر در نواحی مختلف سیستم با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ژنتیک بدست آمده‌اند. کنترلر پیشنهادی به عنوان کنترلر ثانویه در AGC سیستم‌های حرارتی سه و پنج ناحیه‌ای بکار رفته و پاسخ‌های دینامیکی مناسبی را فراهم می‌کند. آنالیز حساسیت کنترلر پیشنهادی با تغییر بزرگی در پارامترهای سیستم انجام شده است، که نشان می‌دهد علی‌رغم تغییر پارامترهای سیستم کنترلر فازی پاسخ‌های خوبی را فراهم می‌کند. این یکی از مزیت‌های مهم کنترلر فازی می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسنده‌گان این مقاله از حمایت علمی و مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول کمال سپاسگزاری را دارند.

ضمیمه الف

مقادیر نامی سیستم بررسی شده:

$$f=60\text{Hz}; T_{gi}=0.08\text{s}; T_{ri}=10\text{s}; H_i=5\text{s}; T_{ti}=0.3\text{s}; K_r=0.5; P_{tie, max}=200\text{MW}; D_i=0.00833\text{puMW/Hz}; T_{pi}=20\text{s};$$



سید سعید‌الله مرتضوی در بهبهان متولد شده است (۱۳۴۲). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق- قدرت از دانشگاه فردوسی مشهد(۱۳۶۶)، کارشناسی ارشد مهندسی برق- کنترل از دانشگاه فردوسی مشهد(۱۳۶۹) و دکتری مهندسی برق- کنترل از دانشگاه IIT-Delhi در هند(۱۳۷۹) سپری کرده است. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه کنترل هوشمند است و در حال حاضر دانشیار گروه برق دانشگاه شهید چمران اهواز می‌باشد.



حسن براتی در دزفول متولد شده است (۱۳۴۸). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک از دانشگاه صنعتی اصفهان(۱۳۷۱)، کارشناسی- ارشد مهندسی برق- قدرت از دانشگاه تبریز(۱۳۷۵) و دکتری مهندسی برق- قدرت از دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران(۱۳۸۷) سپری کرده است. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه ادوات FACTS، کیفیت توان، و بهره- برداری از سیستم‌های قدرت است و در حال حاضر استادیار گروه برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول می‌باشد.

^۱Automatic Generation Control

^۲Integrator Double Derivative

^۳Fuzzy Logic PD Controller

^۴Genetic Algorithm

^۵Takagi Sugeno Fuzzy logic controller

^۶Area Control Error

^۷Step Load Perturbation