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

بابک محمودی*[۱]، سید سعیداله مرتضوی[۲]، حسن براتی[۳]

*۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، 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 توربین هایی با قید نرخ تولید 3% مورد بررسی قرار گرفته و کنترل‌کننده بهینه فازی جدیدی جهت استفاده درAGC پیشنهاد داده شده است. این کنترل‌کننده فازی با استفاده از تکنیک تکاملی محاسباتی الگوریتم ژنتیک بهینه شده است. مقایسه رفتار دینامیکی سیستم در حضور کنترل‌کننده پیشنهادی و کنترل‌کننده‌های مرسوم، برتری کنترل‌کننده پیشنهادی را برایAGC نشان می‌دهد. آنالیز حساسیت کنترل‌کننده پیشنهادی نسبت به تغییرات پارامترهای سیستم(ثابت اینرسیH، ثابت زمانی ری‌هیترT_r وضریب ری-هیترK_r) انجام شده است. نتایج شبیه‌سازی بدست آمده از آنالیز حساسیت، برتری کنترل‌کننده فازی پیشنهادی را نشان می‌دهد.

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

۱- مقدمه

کنترل اتوماتیک تولید (AGC[۱]) یکی از مهم‌ترین مسائل در طراحی و عمل‌کرد سیستم قدرت است. سیستم کنترل AGC به خاطر نقشی که در امنیت سیستم قدرت، تثبیت سرعت موتورهای القایی و سنکرون و در نتیجه بهبود عمل‌کرد 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 عمل‌کرد عادی و به خصوص پس از بروز اغتشاشات سیگنال 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 درسیستم دوناحیه‌ای با نواحی یکسان می‌پردازند[3]. در[4,5] مسئله AGC در سیستم دوناحیه‌ای بررسی شده است. در [3] کاربری کنترل‌کننده‌های کلاسیک در AGC سیستم‌های چند ناحیه‌ای با هم مقایسه شده‌اند و کنترل‌کننده IDD[۲] به عنوان بهترین آن‌ها انتخاب شده است. تحقیقات فوق از این جهت دارای کمبود است که یا به سیستم‌های با نواحی کم می‌پردازند یا این-که کنترل‌کننده ثانویه به‌کار رفته در AGC کنترل‌کننده‌های 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 کنترل‌کننده ثانویه به‌کار رفته در AGC مناسب‌تر به‌نظر می‌رسد. برای طراحی کنترل‌کننده‌های غیرخطی به نوشتن روابط دقیق ریاضی حاکم بر سیستم نیاز است، در صورتی‌که 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. کنترل‌کننده‌های فازی از نوع کنترل‌کننده‌های 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 به‌کار گرفت[۸,۷]. در [7] کنترل‌کننده PI فازی برای AGC سیستم قدرت دوناحیه‌ای به‌کار گرفته شده است. سیستم‌های قدرت بزرگ دارای تعداد نواحی کنترلی بیشتری هسستند و با افزایش تعداد نواحی سیستم حل مسئله AGC دشوارتر می‌شود.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.2.4.8]
Journal of Electrical Power Systems- Vol. 1-No. 2- Autumn 2012

در این مقاله، کنترل‌کننده بهینه PD فازی (FLPD[۳]) تاکاجی-ساجینو جهت به‌کارگیری در AGC سیستم‌های حرارتی سه و پنج ناحیه‌ای با نواحی غیر یکسان پیشنهاد شده است. برای بهینه‌سازی کنترل‌کننده فازی از الگوریتم محاسباتی تکاملی ژنتیک (GA[۴]) استفاده شده است. با توجه به دو عمل تقاطع و جهش ژنی احتمال این‌که این الگوریتم درتله بهینه محلی قرار بگیرد کم است[9]. بخش‌های دیگر مقاله به قرار زیر است:

در بخش۲ مدل سیستم بررسی شده آورده شده است. دربخش ۳ کنترل‌کننده فازی معرفی شده است. دربخش ۴ الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک توضیح داده شده است. دربخش 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 $area_1$=2000MW, $area_2$=4000MW و سیستم پنج ناحیه‌ای با ظرفیت‌های $area_1$=2000MW, $area_2$=4000MW, $area_3$=8000MW $area_3$=8000MW که دارای توربین‌های $area_4$=10000MW, $area_5$=120000MW دارای ری‌هیتر با قید نرخ تولید3% هستند، انجام شده است. مقادیر پریونیت پارامترهای متفاوت در نواحی مختلف در مبنای مربوطه مقدار مشابهی دارند، در مدل‌سازی نواحی به‌هم پیوسته با ظرفیت‌های متفاوت، پارامتر $a_{ij}=-P_{ri}/P_{rj}$ در مدل سیستم لحاظ شده است [3]. برای مثال $a_{12}=-P_{r1}/P_{r2}$ می‌باشد.

دیاگرام سیستم سه‌ناحیه‌ای 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 زیر سیستم‌ها 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.

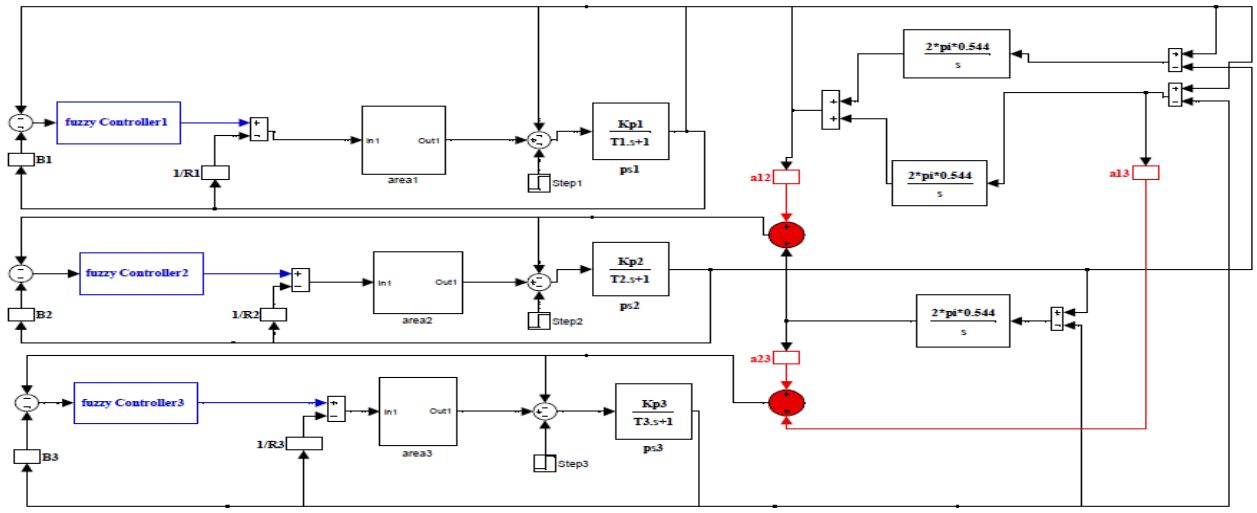
با توجه به استراتژی مسئله تابع هدفی به صورت زیر برای الگوریتم بهینه‌سازی *GA* در نظر گرفته شده است:

$$J=\int_0^T\{(\Delta f_i)^2+(\Delta P_{tiei-j})^2\}dt \qquad (۱)$$

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] عمل‌کرد کنترل‌کننده‌های کلاسیک و مرسوم(I، PI،PID و IDD) درAGC با هم مقایسه شده است که همه کنترل‌کننده‌ها پاسخ تقریباً مشابهی دارند. از میان کنترل‌کننده‌های فوق کنترل‌کننده (IDD) پاسخ نسبتاً بهتری را فراهم می‌کند. تمام کنترل‌کننده‌های فوق با توجه به مدل خطی شده سیستم قدرت حول نقطه کار مشخص طراحی شده‌اند، در صورتی‌که سیستم قدرت، سیستمی غیرخطی و پیچیده است. در اینجا از کنترل‌کننده فازی در AGC استفاده شده است و نتایج حاصل از شبیه‌سازی های مقایسه‌ای انجام شده عمل‌کرد برتر این کنترل‌کننده را نشان می‌دهد.

۳- کنترل کننده PD فازی (FLPDC)

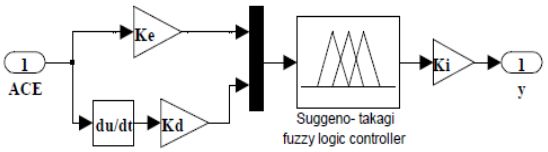
یکی از مزیت‌های مهم کنترل‌کننده‌های فازی نسبت به دیگر انواع کنترل‌کننده‌ها این است که این کنترل‌کننده به تغییر ساختارسیستم، نقطه کار و مقدار پارامترهای سیستم حساس نیست. شکل ۲کنترل‌کننده فازی پیشنهادی را نشان می‌دهد که یک کنترل‌کننده PD است و برای بخش استنتاج آن از قوانین تاکاگی –ساجینو استفاده شده است(TS_FLC[۵]) . ورودی‌های کنترل‌کننده خطای کنترل ناحیه (ACE[۶]) و مشتق مرتبه اول زمانی آن(ACE[۷]) می‌باشند. خروجی آن نیز نقطه تنظیم گاورنرها را مشخص می‌کند. به طورکلی کنترل‌کننده فازی نوع TS یک کنترل‌کننده غیرخطی دارای گین‌های متغیر و قوانین خطی می‌باشد[7]. گین‌های کنترل‌کننده با تغییر بردار ورودی تغییر می‌کنند. تمام پارامترهای تشکیل دهنده قوانین فازی قابل تنظیم می‌باشند و تعداد آن‌ها با افزایش ورودی‌ها افزایش می‌یابد.



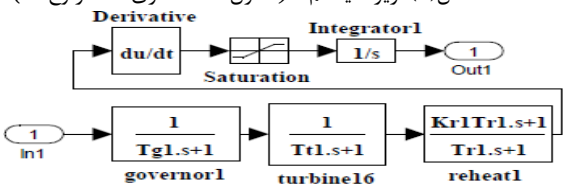
شکل (۱): بلوک دیاگرام سیستم حرارتی سه ناحیه‌ای مورد مطالعه.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.2.4.8]
Journal of Electrical Power Systems- Vol. 1-No. 2- Autumn 2012

در عمل تنظیم دستی این پارامترها ممکن است نامناسب، نا کارآمد 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 PD ازنوع *TS*)



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

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

$$y = K_e K_i ACE + K_d K_i \overset{o}{ACE} \qquad (۲)$$

که yخروجی ، ACE و ACE^o ورودی‌های و K_i،K_d،K_e گین‌های کنترل‌کننده 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:

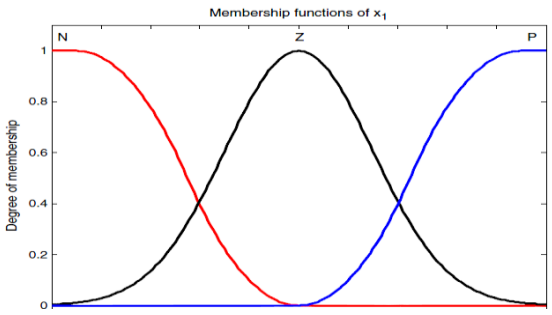
Ru^l: If x_1 is A_1^l and x_2 is A_2^l
Then $y^l = a_1^l x_1 + a_2^l x_2 + a_0$

که Ru^l معرف یک قانون فازی برای $l=1,2,3,...,9$، x_1 و x_2 ورودی‌های قانونRu^l، A_i^l یک مجموعه فازی، a_i^l گین‌های قانون مربوطه و y^l مجموعه قاطع خروجی می‌باشد. این کنترل‌کننده با استفاده از روابط فازی ساز منفرد و غیر فازی‌ساز میانگین مرکز طراحی شده است و کنترل‌کننده 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(ACE^o) می باشند.
۲. انتخاب سه تابع عضویت *(MFS)* برای هرورودی در رنج[*1 -1*].
۳. تعریف قوانین فازی که با توجه به تعداد ورودی‌ها نه تا می باشند و به طور خلا صه 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 $y=a_1x_1+a_2x_2$
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

توابع عضویت نقش مهمی را در عمل‌کرد کنترل‌کننده بازی می‌کنند. رنج عمل‌کرد متغیرها باید به وسیله توابع عضویت انتخاب شده، کاملاً پوشش داده شود[*8,7*]. در اینجا با توجه به نوع سیستم و با سعی و خطا توابع 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 کنترل‌کننده با استفاده از الگوریتم ژنتیک بدست آمده‌اند.



شکل (۳): توابع عضویت کنترل‌کننده‌های فازی

۴- الگوریتم بهینه سازی ژنتیک (GA)

الگوریتم ژنتیک یک روش آماری برای بهینه‌سازی و جستجو است. الگوریتم ژنتیک جزئی 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.

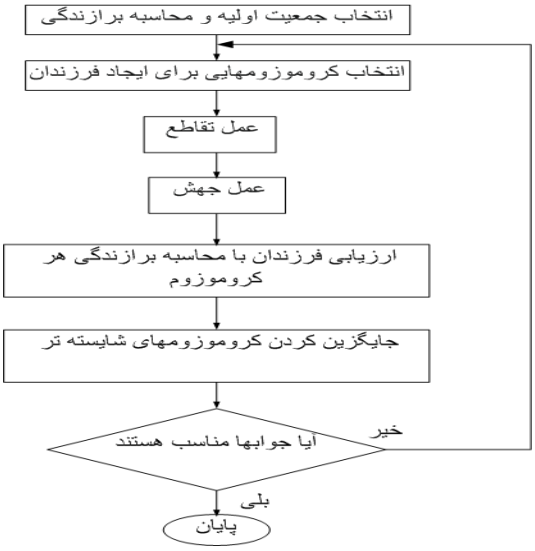
الگوریتم ژنتیک با یک مجموعه از جواب‌ها که از طریق کروموزوم‌ها نشان داده می‌شوند شروع می‌شود. این مجموعه جواب‌ها جمعیت اولیه نام دارند. در این الگوریتم جواب‌های حاصل از یک جمعیت برای تولید جمعیت بعدی استفاده می‌شوند. در این فرآیند امید است که جمعیت جدید نسبت به جمعیت قبلی بهتر باشد. انتخاب بعضی از جواب‌ها 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 شانس بیشتری برای تولید مجدد داشته باشند. این فرایند تا برقراری شرطی که از پیش تعیین شده است (مانند تعداد جمعیت‌ها یا میزان بهبود جواب) ادامه می‌یابد[*8*].

فلوچارت مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک در شکل ۴ آورده شده است.

خلاصه مراحل ذکر شده را می توان به شکل زیر تشریح نمود[*8,9*]:

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

[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.2.4.8]
Journal of Electrical Power Systems- Vol. 1-No. 2- Autumn 2012
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]



شکل(۴): فلوچارت مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک

مرحله۲: در این مرحله، تعداد مناسبی از زوج کروموزوم‌ها بر اساس میزان برازندگی آنها انتخاب می‌شوند تا در مراحل بعدی مورد استفاده قرار بگیرند. کروموزوم‌هایی که دارای عدد برازندگی بالایی هستند، ممکن است چندین بار در مراحل تولید انتخاب شوند، در حالی‌که کروموزوم‌هایی که برازندگی آنها کم می‌باشد، ممکن است هیچ‌گاه انتخاب نگردند. 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 *4*: 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 *5* : دراین مرحله به منظور ارزیابی فرزندان، مقدار برازندگی کروموزوم‌های جدید محاسبه می‌گردد.

مرحله *6*: در این مرحله، جمعیت جدید برای ورود به مرحله بعد الگوریتم، انتخاب می‌گردد. این کار با مقایسه مقدار برازندگی کروموزوم‌ها انجام می‌شود.

مرحله *7*: در این مرحله همه افراد جمعیت جدیدالورود مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. چنانچه شرایط خاتمه الگوریتم فراهم باشد، الگوریتم پایان می‌پذیرد و در غیر این‌صورت جمعیت موجود به عنوان جمعیت اولیه برای مرحله بعد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

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 کنترل‌کننده‌ها آورده شده است. در شبیه‌سازی‌های صورت گرفته از نرم افزار MATLAB/ SIMULINK استفاده شده است.

۵-۱- سیستم سه ناحیه‌ای

عمل‌کرد دینامیکی کنترل‌کننده IDD و کنترل‌کننده فازی پیشنهادی با ایجاد 1% تغییر پله‌ای در بار ناحیه یک (SLP=1%[۷]) با هم مقایسه شده است. مقادیر پارامترهای سیستم از [3] برداشته و در ضمیمه A آورده شده است. مقادیر بهینه گین‌های کنترل‌کننده فازی که با استفاده از الگوریتم ژنتیک بدست آمده‌اند، در جدول ۱ آورده شده است.

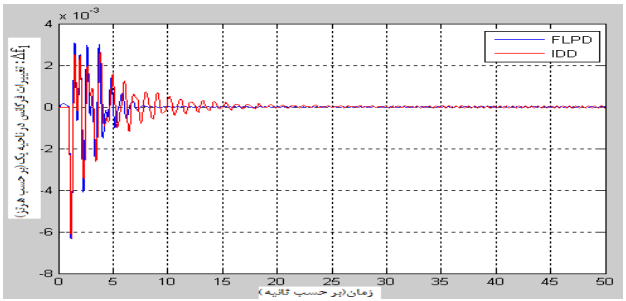
کنترل‌کننده IDD از گروه کنترل‌کننده‌های کلاسیک می‌باشد که تابع تبدیل آن به شکل زیر است:

$$TF_{IDD} = \frac{K_I}{S} + K_{DD}S^2 \qquad (۲)$$

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.

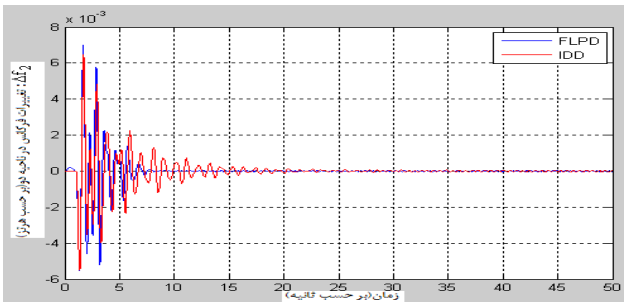
جدول(۱): مقادیر بهینه برای گین‌های کنترل‌کننده فازی

مقداربهینه پارامتر / شماره ناحیه	K_e	K_d	Ki
۱	0.0042	5.0018	1.3132
۲	0.0015	4.1030	1.1893
۳	0.0013	4.3103	1.2843

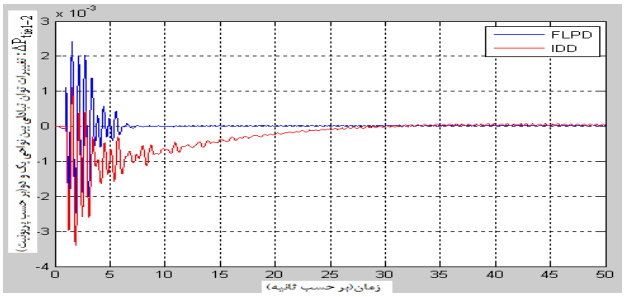


الف:تغییرات فرکانس در ناحیه۱

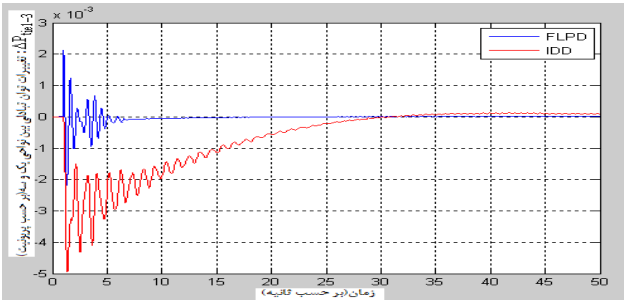
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.2.4.8]
Journal of Electrical Power Systems- Vol. 1-No. 2- Autumn 2012



الف:تغییرات فرکانس در ناحیه۲



پ:تغییرات توان تبادلی بین نواحی ۱و۲



ت:تغییرات توان تبادلی بین نواحی ۱و۳

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

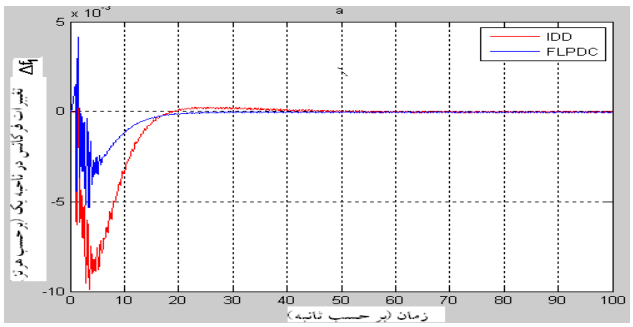
با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود که کنترل‌کننده فازی پیشنهادی پاسخ‌های بهتری را فراهم می‌کند..

۵-۲- سیستم پنج ناحیه‌ای

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

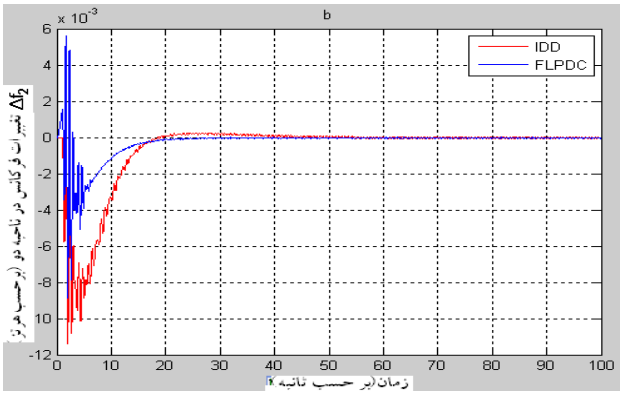
جدول (۲):مقادیر بهینه کنترل‌کننده فازی سیستم پنج ناحیه‌ای

مقدار بهینه پارامترها / شماره ناحیه	K_p	K_e	K_i
۱	0.۰۰۲۲	5.0013	۱.۲۲۸۳
۲	۰.۰۰۱۱	5.0030	۱.0463
۳	۰.۰۰۱۶	5.0103	۱.۲۸۶۳
۴	۰.۰۰۱۴	5.004	۱.۲۹۷۹
۵	۰.۰۰۱۴	5.0015	۱.۲۹۸۷



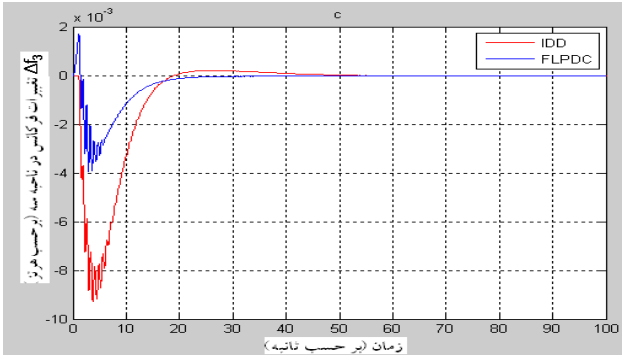
الف:تغییرات فرکانس در ناحیه

۱



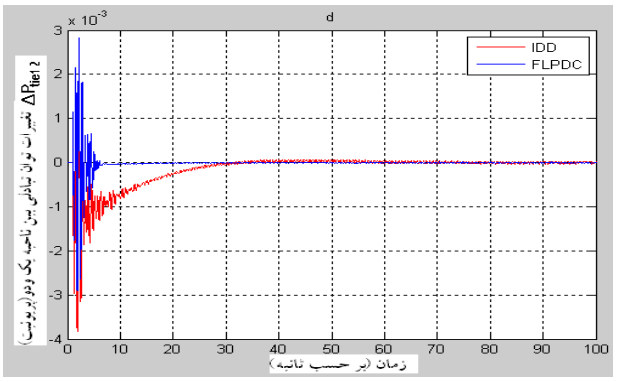
ب:تغییرات فرکانس در ناحیه

۲

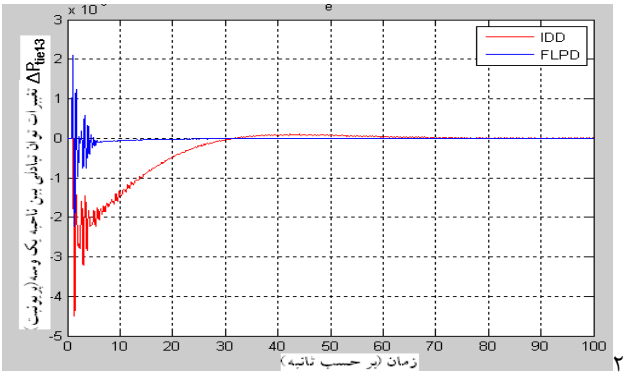


پ:تغییرات فرکانس در ناحیه۳

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.2.4.8]
Journal of Electrical Power Systems- Vol. 1-No. 2- Autumn 2012



ت:تغییرات توان تبادلی بین ناحیه۱و

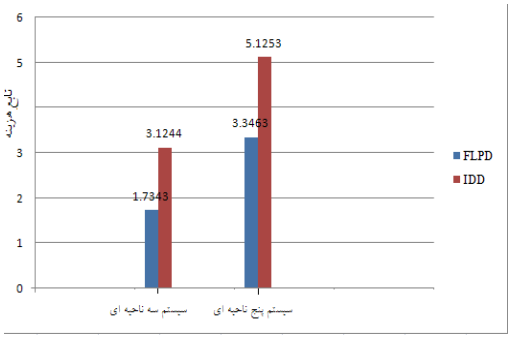


ث: تغییرات توان تبادلی بین ناحیه ۱ و۳

شکل(۶): مقایسه عمل‌کرد کنترلر فازی و IDD بکار رفته در سیستم پنج ناحیه‌ای

با توجه به شکل ۶ کنترل‌کننده فازی عملکرد مناسب‌تری نسبت به کنترلر IDD دارد.

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



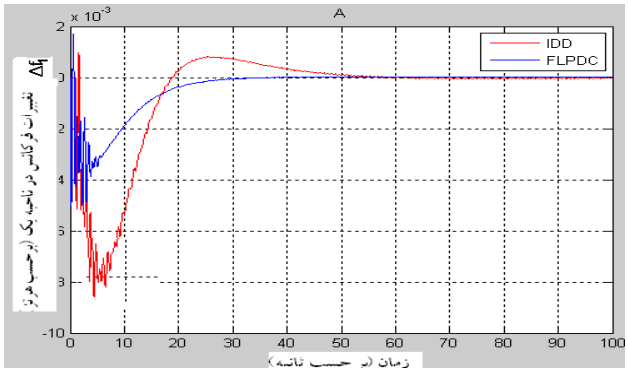
شکل(۷): مقدار تابع هزینه به ازای کنترلرهای مختلف

با توجه به شکل ۷ عملکرد کنترلر فازی مناسب‌تر است.

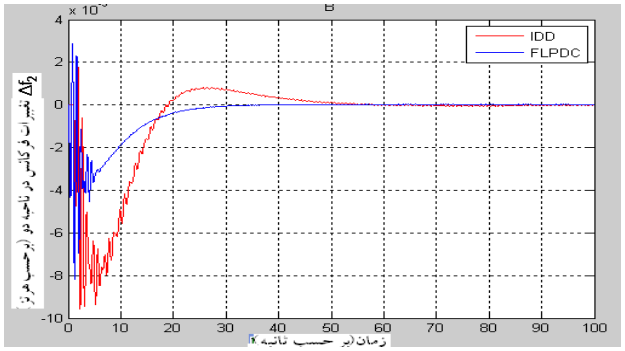
۵-۳- آنالیز حساسیت

آنالیز حساسیت برای سنجش قدرت کنترل‌کننده 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%

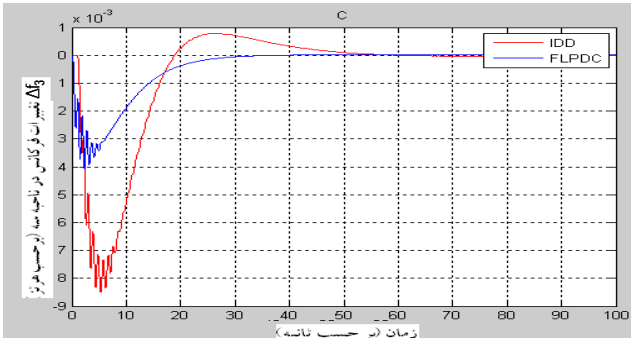
در ناحیه یک بعد از تغییر پارامترهای نواحی مختلف در شکل ۷ آورده شده است.



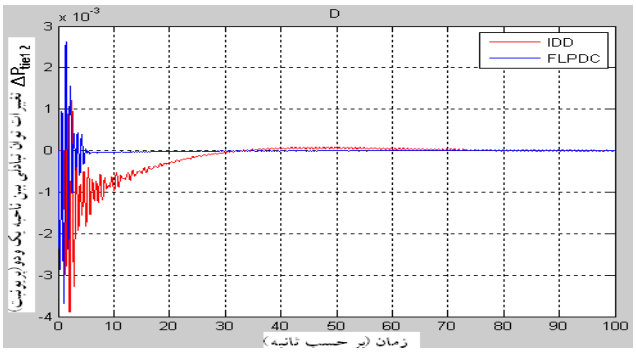
الف:تغییرات فرکانس در ناحیه۱



ب:تغییرات فرکانس در ناحیه۲



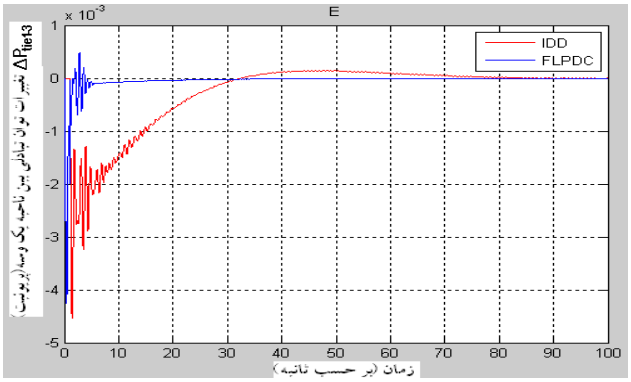
پ:تغییرات فرکانس در ناحیه ۳



ت:تغییرات توان تبادلی بین نواحی ۱ و ۲

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.2.4.8]
Journal of Electrical Power Systems- Vol. 1-No. 2- Autumn 2012



ث:تغییرات توان تبادلی بین نواحی ۱ و۳

شکل (۷): مقایسه عملکرد کنترلر فازی و کنترلر 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 عمل‌کرد دینامیکی کنترل‌کننده فازی پیشنهادی بسیار بهتر است. با دقت در شکل مشاهده می‌شود که کنترل‌کننده فازی به تغییر در پارامترهای سیستم حساس نیست.

۶- نتیجه گیری

کنترل‌کننده‌های کلاسیک بسیاری (مثل I، PI، ID، PID و IDD) جهت AGC سیستم‌های قدرت استفاده شده‌اند. این کنترل‌کننده‌ها 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. دراین مقاله کنترلرPD فازی جهت بکارگیری در AGC سیستم حرارتی چند ناحیه‌ای پیشنهاد شده است، که نسبت به کنترل‌کننده‌های مرسوم پاسخ دینامیکی مناسب‌تری را فراهم می‌کند. مقادیرگین‌های کنترلر در نواحی مختلف سیستم با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ژنتیک بدست آمده‌اند. کنترلر پیشنهادی به عنوان کنترلر ثانویه درAGC 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

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

ضمیمه الف

مقادیر نامی سیستم بررسی شده:

f=60Hz; T_{gi}=0.08s; T_{ri}=10s; H_i=5s; T_{ti}=0.3s; K_r=0.5;
$P_{tie,\ max}$=200MW; D_i=0.00833puMW/Hz; T_{pi}=20s;
K_{pi}=120Hz/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 ایذه متولد شده است (۱۳۶۴). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع 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 می‌باشد. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه دینامیک و بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت است.

[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.2.4.8]
Journal of Electrical Power Systems- Vol. 1-No. 2- Autumn 2012



سید سعیداله مرتضوی در بهبهان متولد شده است (۱۳۴۲). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی برق- قدرت از دانشگاه فردوسی مشهد(۱۳۶۶)، کارشناسی‌ارشد 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.

---

[۱] Automatic Generation Control
[۲] Integrator Double Derivative
[۳] Fuzzy Logic PD Controller
[۴] Genetic Algorithm
[۵] Takagi Suggeno Fuzzy logic controller
[۶] Area Control Error
[۷] Step Load Perturbation

[DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.2.4.8]
Journal of Electrical Power Systems- Vol. 1-No. 2- Autumn 2012
[Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12]