

بهینه سازی پارامترهای کنترل کننده PID فازی در کنترل دما کوره های گرمایی

آزیتا فردوسی معینی^۱، مهدی یعقوبی^۲

^۱دانشگاه آزاد اسلامی - واحد مشهد، ferdowsi.moeini@gmail.com

^۲دانشگاه آزاد اسلامی - واحد مشهد، yaghoobi@mshdiau.ac.ir

چکیده - در این مقاله به جهت مرتفع نمودن مشکلات سیستم های غیر خطی و تغییر پذیر با زمان در راستای تنظیم دما و کاربرد آن در صنعت علی الخصوص کوره های گرمایی، با بروز رسانی بررسی کنترلی از نوع هوشمند که از نظر کارایی و رسیدن به اهداف کنترلی و اینکه بهترین عملکرد را در یک سیستم غیر خطی داشته باشد نظر خود را معطوف می کنیم. در این بررسی ما پس از تحلیل نتایج در راستای استفاده از کنترلر PID ، PI ، PD ، PID کلاسیک، فازی و کنترلر PID فازی خبره جهت کنترل دما یک سیستم غیر خطی از جمله کوره گرمایی و بررسی شبیه سازی انجام شده توسط نرم افزار متلب پی خواهیم برد که رسیدن به اهداف کنترلی به علت پیشرفت الگوریتم های هوشمند توسط کنترلر PID فازی خبره توسط جدول جستجوگر از نظر رسیدن به اهداف کنترلی از جمله پاسخ سریع، فراجش کم نتایج بهینه ای را از خود نشان می دهد کلید واژه- کنترلر PID فازی خبره، کنترل دما، کوره گرمایی

۱- مقدمه

دما کوره پخت و مقایسه ای بین کنترلر PID کلاسیک و PID فازی از نوع استفاده از شبکه عصبی پرداخته شده بود و این نوع به بهبود کیفیت و پایداری بهتر سیستم و مقاومت در برابر اختلالات ناگهانی پرداخت [۴]. چنین پیشینه ای حتی به بررسی دما مطلوب سیستم های HVAC نیز پرداخته است که کنترلر PID فازی را با نوع تطبیقی وارد نموده است [۱] و حال با پیشرفت الگوریتم های هوشمند ضرورت استفاده از PID فازی خبره را بهینه ترین کنترلر می دانیم.

تکنولوژی کنترل فازی PID در کنترل دما کوره در مقایسه با نوع کلاسیک و حتی PI فازی آن به خاطر سادگی، انعطاف پذیر بودن، پایداری و دقت، کاربرد بهتری دارد [۳]. و به منظور محدودیت هایی که در عمل می باشد جهت کنترل دما $real$ time استفاده از کنترلر PID فازی خبره پیشنهاد می شود [۲].

در یک کنترلر فازی خبره می توان از دانش بشری جهت بهینه شدن پاسخ با دقت بالاتری استفاده کرد که در این مقاله ما با بررسی اطلاعات بدست آمده، و با مقایسه انجام شده توسط کنترلر PID فازی خبره توسط جدول جستجوگر از نظر رسیدن به اهداف کنترلی از جمله پاسخ سریع، فراجش کم نتایج بهینه

اغلب در صنعت در سیستم های مختلف استفاده از کوره های گرمایی و تنظیم دما به خاطر معایب غیر خطی بودن و تغییر پذیری با زمان و با توجه بر وجود مشکلات کنترل دما و به علت تداخل بسیاری از پارامترها از جمله دما محیط، گرما زایی اجناس داخلی و باز و بسته بودن درب کوره، نتایج کنترلی آنها رضایت بخش نیست و بنابر این کنترل دقیق دما بسیار حائز اهمیت می باشد [۱].

این موضوع در اصل کنترل و تنظیم چند کمیت معین در نگه داشتن آن کمیت در مقدار دمایی مطلوب می باشد [۲] و با در نظر گرفتن نیاز کنترل دما در صنایع مختلف جهت بررسی، توسط محققین به مقایسه کنترلر PI فازی و PID کلاسیک در صنایع تولید گاز اشاره کرد و در آن مبحث، کنترلر نوع کلاسیک پیشی گرفت [۳] و بر بینش گذشتگان پایه ای ترین کنترلر، راکنترلر PID کلاسیک می دانستند ولی در بررسی ها انجام شده به علت اینکه در سال های اخیر با پیشرفت تئوری فازی و شبکه های عصبی مواجه شده ایم لذا در پیشینه این مورد به بررسی

تاخیر را نیز مدل خواهیم کرد و همچون روال بدست آوردن ضرایب کنترلر PID کلاسیک عمل خواهیم نمود.

۲-۲- طراحی کنترلر فازی PID و فازی سازی

در این بحث و در مقوله فازی سازی پروسه طراحی را با توجه به نوع ممدانی (max و min) و همراه با در نظر گرفتن تابع عضویت از نوع گوسی به صورت زیر دنبال خواهیم کرد: به زبان عامه یک PID کنترلر کلاسیک به صورت معادله (۲) تعریف می شود.

$$u(k) = k_p e(k) + k_i \sum e(k) + K[e(k) - e(k-1)] \quad k=0,1,\dots,n \quad (2)$$

$$\begin{aligned} k_p &= k'_p + k_p \\ k_i &= k'_i + k_i \\ k_D &= k'_d + k_d \end{aligned}$$

وقتی پارامترهای PID توسط کنترلر فازی تنظیم می شوند کنترلر PID به کنترلر PID فازی تبدیل می شود. که در آن (k'_d, k'_i, k'_p) پارامترهای اولیه PID و k_d, k_i, k_p پارامترهای تنظیم شده PID هستند. دامنه تنظیم توابع عضویت خطای فازی (e)، آهنگ تغییرات خطا (ec)، پارامترهای PID (k_d, k_i, k_p) را در محدوده ۰ تا ۱ در نظر گرفته ایم و با توجه به تابع عضویت از نوع گوسی به صورت مجموعه (۳) تعریف شده اند.

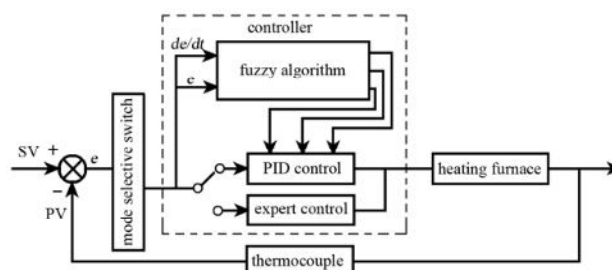
$$\mu(x) = e^{-\left[\frac{x-a}{b}\right]^2} \quad (3)$$

و σ را ما به ترتیب در روند شبیه سازی به صورت وابسته به محدوده خطی سازی شده پارامترها بین ۰,۰۰۱ و ۰,۷۰۸ در نظر گرفته ایم و نمونه ای از تابع عضویت خطا را در شکل (۲) نشان داده ایم و قوانین فازی را به صورت جدول ۱، جدول ۲ و جدول ۳ مشخص شده است و در شبیه سازی شاهد خروجی PID کلاسیک، فازی و PI فازی خواهیم بود.

ای را از خود نشان می دهد. ما در این مقاله پاسخی مطلوب ارائه خواهیم داد و می توان از نظر بحث ما به چندین نوع کوره توجه نمود تا بتوانیم نسبت به کنترل کردن و دریافت بهترین عملکرد (پاسخ سریع، فراجش کم و ریاستنس) توسط کنترلر های PID کلاسیک، PID فازی و PID فازی خبره نظر دهیم. که نشان می دهیم با توجه به پیشرفت علم کنترل هوشمند ما بهترین فراجش همراه با بهترین عملکرد را از PID فازی خبره از طریق جدول جستجوگر به یک مدل غیر خطی شاهد هستیم.

۲- ساختار عملکرد سیستم

تنظیم دما کوره در سیستم های متفاوت یکسان است و اندازه گیری آن توسط ترموکوپل انجام میگیرد که دمای جاری با دمای مطلوب مقایسه می شود و در صورت کمتر بودن و یا بیشتر بودن کنترل تعریف شده بر روی آن انجام می پذیرد. کنترل دمای Gas pilot plant، کنترل دمای سیستم های HVAC و کنترل دما برای کوره های محوری، گاز نیترویدی و... نمونه هایی است که می توان به آن اشاره کرد. در شکل ۱ نمونه ای از کنترل سیستم کوره گرمایی را نشان داده ایم [۲] و [۴].



شکل ۱: سیستم کنترل دما کوره گرمایی.

۲-۱- مدل تجربی و ساختار عملکردی

پس از بررسی های متعدد بر روی سیستم های مختلف ما به صورت پلنت کلی معادله (۱) مدل سیستم را بررسی خواهیم کرد.

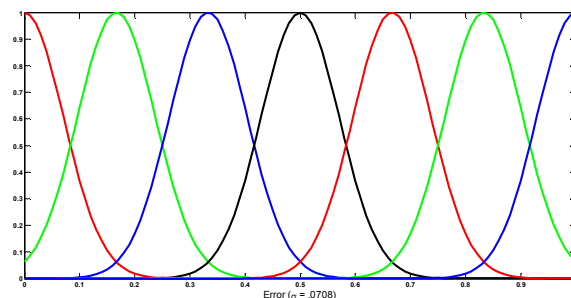
$$G(s) = \frac{11}{50s+1} e^{-80s} \quad (1)$$

شاهد هستیم سیستم دارای تاخیر است که نشانی از غیر خطی بودن سیستم دارد و لذا ما جهت بدست آوردن جوابی بهینه

با توجه به جداول فازی می توانیم 3×49 قانون فازی داشته باشیم و آنها می توانند توسط جمله (۴) توصیف شوند. [۲]

$$(4) \quad k_p(k_1 k_d) = c_{ij} \quad \text{آنگاه } EC : B_j \quad \text{اگر } E = A_i$$

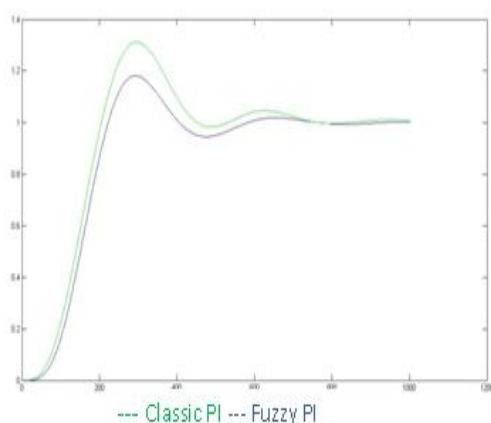
که در آن C_{ij}, B_j, A_i مجموعه های فازی خطا (E)، آهنگ تغییر خطا (EC) و پارامترهای PID، به ترتیب k_d, k_i, k_p هستند. و از نافازی ساز میانگین مراکز جهت یافتن k_p و k_i و k_d در این راستا استفاده می نماییم.



شکل ۲: تابع عضویت خطا .

۲-۳- آنالیز نتایج شبیه سازی

در این روند ما پس از اجرا شبیه سازی و مقایسه ای که بین کنترلر PI و PD کلاسیک و فازی داشته ایم و با در نظر گرفتن شکل ۳ که نمونه ای از این شبیه سازی می باشد و به نکته قابل توجه ای پی می بریم که در کنترلر PI فازی سیستم نسبت به نوع کلاسیک آن کمی لخت تر عمل می کند ولی سرعت پایداری آن بهبود قابل توجهی پیدا کرده است و نوع کنترلر PD فازی در مقایسه با نوع کلاسیک آن فقط دارای Settling time مناسب تری می باشد و به طور کلی این نکته به ما خاطر نشان می کند که استفاده از PID فازی جوابگو نیازات بیشتری می باشد و در گام بعدی، آنها را با نوع خبره خود مقایسه خواهیم نمود .



شکل ۳: نتیجه شبیه سازی برای کنترلر PI فازی و کلاسیک .

ولی با در نظر گرفتن شبکه های هوشمند ما بر آنیم که از این علم به منظور بهبود استفاده نماییم که در این بحث ما از جدول جستجوگر در متلب به منظور آموزش و بهینه سازی استفاده کرده و در واقع ما از خروجی های کنترلر PID فازی زوج ورودی

بعد از اینکه تابع عضویت تعریف شد و قوانین فازی مناسب k_d, k_i, k_p می توانند با تجربیات خبره پایه ریزی شوند و آنها در جدول ۱، ۲ و ۳ به ترتیب نمایش داده شدند. [۲]

جدول (۱): قوانین فازی K_p

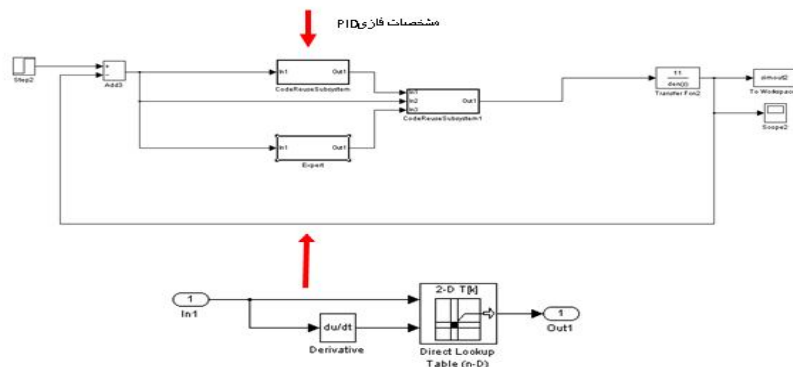
e	ec						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PM	PM	PS	ZO	ZO
NM	PB	PB	PM	PS	PS	ZO	NS
NS	PM	PM	PM	PS	ZO	NS	NS
ZO	PM	PM	PS	ZO	NS	NM	NM
PS	PS	PS	ZO	NS	NS	NM	NM
PM	PS	ZO	NS	NM	NM	NM	NB
PB	ZO	ZO	NM	NM	NM	NB	NB

جدول (۲): قوانین فازی K_i

e	ec						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NM	NM	NS	ZO	ZO
NM	NB	NB	NM	NS	NS	ZO	ZO
NS	NB	NM	NS	NS	ZO	PS	PS
ZO	NM	NM	NS	ZO	PS	PM	PM
PS	NM	NS	ZO	PS	PS	PM	PB
PM	ZO	ZO	PS	PS	PM	PB	PB
PB	ZO	ZO	PS	PM	PM	PB	PB

جدول (۳): قوانین فازی K_d

e	ec						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PS	NS	NB	NB	NB	NM	PS
NM	PS	NS	NB	NM	NM	NS	ZO
NS	ZO	NS	NM	NM	NS	NS	ZO
ZO	ZO	NS	NS	NS	NS	NS	ZO
PS	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO
PM	PB	NS	PS	PS	PS	PS	PB
PB	PB	PM	PM	PM	PS	PS	PB



شکل ۴: شبیه سازی استفاده از جدول در محیط متلب .

۳- نتیجه گیری

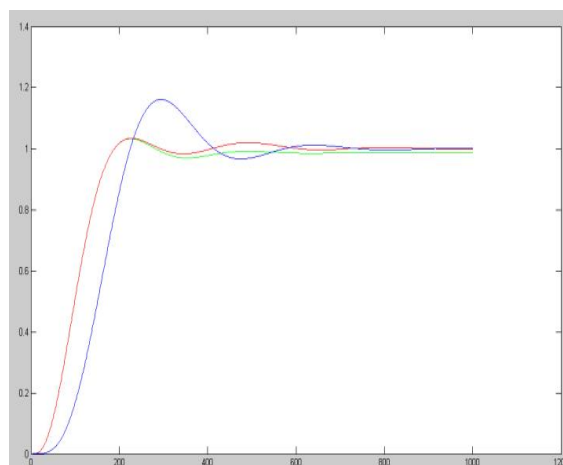
برای تنظیم دمای کوره حرارتی روش نوین استفاده از PID فازی خبره می باشد که این کنترلر مزایای زیادی شامل دقت بالای کنترل فازی و سرعت بالای سیستم خبره را نشان می دهد. نتایج شبیه سازی حاکی از آن است که PID فازی خبره برتر از کنترلر PID کلاسیک و PI کلاسیک و فازی عمل می کند و در میزان زمان rise time حدود ۳٪ و فراجهش حدود ۱۵٪ و نیز تنظیم پاسخ نتایج نهایی حدود ۷۰ ثانیه سریع تر نسبت به PID سنتی عمل می کند که در شکل ۵ نشان داده شده است و دما به سرعت پایدار می شود.

مراجع

- [1] Servet Soyguder , Mehmet Karakose , Hasan Alli, Design and simulation of self-tuning PID-type fuzzy adaptive control or an expert HVAC system, Contents lists available at ScienceDirect Expert Systems with Applications
- [2] SHI Dequan*, GAO Guili, GAO Zhiwei, XIAO Peng, Application of Expert Fuzzy PID Method for Temperature Control of Heating Furnace, 2012 International Workshop on Information and Electronics Engineering (IWIEE)
- [3] Mohammad Adnan Baloch, Nordin Saad, I.Ismail, Taj.M.Baloch, design and analysis of PI-fuzzy controller for temperature control system, 2010 Fourth Asia International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation
- [4] Guohuan Lou* Jianmin Wang Jiawei Wang Fuxing Yu, Research and Implementation of the Temperature Control System for the Sintering Shaft Furnace, International Journal of Intelligent Engineering and Systems, Vol.3, No.1, 2010
- [5] WANG Lei, SUN Hui, CUI Ming-yuan, YANG Hong, WANG Qiong, The Simulation Study on Temperature Control System of Nitriding Electric-Furnace Based on Fuzzy-PID Control, 2009 First International Workshop on Education Technology and Computer Science

جدول را در نظر می گیریم که نتایج را جهت مقایسه در شکل ۵ شاهد هستیم .

در این روش با در نظر گرفتن نقاط مناسبی از خروجی PID فازی ، خطا و مشتق خطا استفاده می کنیم و خروجی بهینه را برای مرحله خبره آموزش می دهیم که می توان در شکل ۴ آن را شاهد باشیم .



شکل ۵ : نمودار آبی (کنترلر PID کلاسیک) - نمودار قرمز (کنترلر PID فازی) - نمودار سبز (کنترلر PID فازی خبره)