

کنترل دیگ های بخار – بخش دوم

در مقاله پیشین پنج راهکار کنترلی پایه شامل کنترل پسخورد ساده، کنترل پیشخورد، کنترل پیشخورد به همراه پسخورد، کنترل آبشاری و کنترل نسبی که در دیگ های بخار استفاده می شود مورد بررسی قرار گرفت. در این مقاله به بحث پیرامون روشهای مختلف تنظیم کنترلرها و تعیین برخی مقادیر مهم پرداخته می شود.

تنظیم کنترلر

جهت تنظیم کنترلرها از روشهای متفاوتی می توان استفاده نمود که شامل استفاده از تنظیمات پیش فرض^۱، S.W.A.G.، زیگلر-نیکولز^۲، لامبدا^۳ و خود تنظیم گر^۴ می باشد. در زمان راه اندازی سیستم، بعضی از مهندسين همچنان به کمک روش سعی و خطا یا S.W.A.G. اقدام به تنظیم کنترلر می نمایند.

در حال حاضر، الگوریتم های کنترلی خود تنظیم گر آماده ای جهت بکارگیری در سیستم های کنترلی در دسترس می باشند. این کنترلرها با تغییر در شرایط دیگ بخار یا فرآیند عمل تنظیم را به صورت خودکار انجام می دهند. از کنترل تطبیقی^۵ نیز می توان بر اساس تغییرات بار حرارتی یا متغیر فرآیندی استفاده نمود.

پاسخ تنظیم لامبدا به تغییر نقطه تنظیم از نوع درجه اول^۶ و غیر نوسانی است. این عمل با انتخاب ثابت زمانی مطلوب میسر می شود. در حلقه های بسته ای که با استفاده از این روش تنظیم می شوند، فراجش^۷ به حداقل رسیده (یا از بین می رود)، انعطاف پذیری بالایی مشاهده شده و نتایج تکرارپذیری ارائه می شود. با توجه به نیاز به استفاده از محصولاتی یکنواخت تر با تکرارپذیری بالا و داشتن فرآیندهایی پایدارتر، این روش تنظیم روز به روز از طرفداران بیشتری برخوردار می شود.

در سال ۱۹۴۲، زیگلر و نیکولز اولین افرادی بودند که روشی استاندارد جهت تنظیم کنترلرهای پسخورد ارائه دادند. آنها پس از بررسی تعداد زیادی فرآیند به معادلاتی جهت محاسبه مقادیر بهره^۸، بازنشانی^۹ و مشتق حلقه

¹ Default Tuning

² Zeigler Nichols

³ Lambda

⁴ Self Tuning

⁵ Adaptive tuning

⁶ First order

⁷ Over-shoot

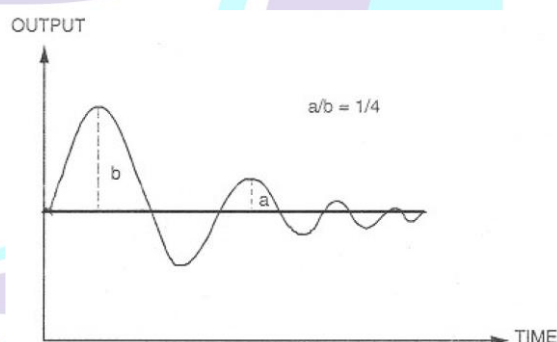
⁸ Gain

⁹ Reset

های کنترل پسخوردی دست یافته و دو روش را ارائه دادند. یکی از این روشها با عنوان روش نهایی شناخته می شود که در آن بهره (حساسیت) نهایی و مدت زمان تکرار نهایی حلقه کنترلی بدست می آید. در کنترلی که تنها عملکرد تناسبی آن فعال باشد، بهره نهایی بیشترین مقدار مجاز بهره است که طی آن سیستم حلقه بسته به یک اغتشاش پاسخی سینوسی و پایدار می دهد.

در روش دوم زیگلر و نیکولز از اطلاعات موجود در منحنی واکنشی فرآیند تحت کنترل استفاده می شود. این منحنی از عکس العمل تمام اجزاء سیستم کنترلی (بجز خود کنترلر) به تغییر پله در سیگنال ورودی بدست می آید.

در روش نهایی، دو متغیر به نام Su و Pu را می بایست تعریف نمود. Su بیشترین مقدار حساسیت بوده و بهره یا باند تناسبی ایست که باعث پدید آمدن موج سینوسی ممتد و پاسخی پایدار می گردد (نمودار دوم شکل ۲). این متغیر با خاموش کردن بخش بازنشانی/انتگرالی کنترلر قابل تعیین است. از طرفی، Pu بزرگترین بازه زمانی بین رئوس موج سینوسی پایدار است (به شکل ۲ رجوع شود).



شکل ۱- تنظیم زیگلر-نیکولز

پارسا انرژی

سورین آذرخش خاورمیانه

Terms are: K_c = gain T_i = integral, reset (Time integral) T_d = derivative (Time) P_u = ultimate period S_u = ultimate sensitivity**Equations are:**

Proportional only

 $K_c = 0.5 S_u$

Proportional-Plus-Reset

 $K_c = 0.45 S_u$ $T_i = P_u / 1.2 \text{ min/rpt}$

Proportional-Plus-Derivative

 $K_c = 0.6 S_u$ $T_d = P_u / 8$

Proportional-Plus-Reset-Plus-Derivative

 $K_c = 0.6 S_u$ $T_i = 0.5 P_u \text{ min/rpt}$ $T_d = P_u / 8$

Proportional only Figure 2-6 a

 $K_c = 0.5 S_u$ $0.5 \times 9 = 4.5 \text{ gain}$

Proportional-plus-reset Figure 2-6 b

 $K_c = 0.45 S_u$ $0.45 \times 9 = 4.05 \text{ gain}$ $T_i = P_u / 1.2 \text{ min/rpt}$ $7.5 / 1.2 = 6.25 \text{ reset}$

Proportional-Plus-Reset-Plus-Derivative

Figure 2-6 c

 $K_c = 0.6 S_u$ $0.6 \times 9 = 5.4 \text{ gain}$ $T_i = 0.5 P_u \text{ min/rpt}$ $0.5 \times 7.5 = 3.75 \text{ reset}$ $T_d = P_u / 8$ $7.5 / 8 = 0.94 \text{ derivative}$

Using the equations $S_u = 9$ and $P_u = 7.5$ minutes from Figure 2.

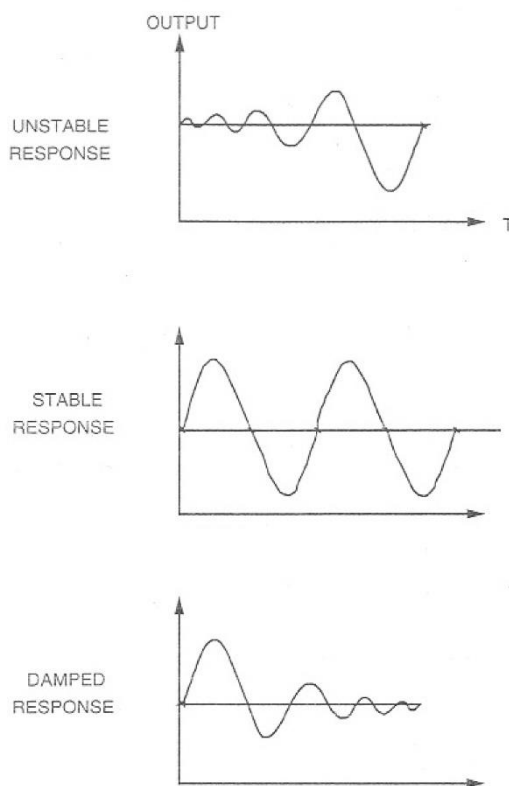
جدول ۱- عبارات و معادلات مورد نیاز جهت تنظیم به روش زیگلر-نیکولز

نمودار فوقانی شکل ۲ نشانگر یک پاسخ ناپایدار است. در این نمودار تغییرات خروجی بزرگتر و بزرگتر می شود. در عوض، نمودار تحتانی نشان دهنده یک پاسخ میراست. در این نمودار خروجی کوچکتر و کوچکتر می شود. در روش نهایی، فراجش در هر صورت وجود دارد و به تبع آن استفاده از این روش در کاربردهایی که فراجش نایستی رخ دهد مناسب نمی باشد.

نمودار میانی شکل ۲ پاسخی پایدار را نشان داده و به کمک آن می توان مقادیر S_u و P_u را تعیین نمود. در این معادلات، از بهره استفاده شده و انتگرال برحسب دقیقه/تکرار است. از طرفی، برخی سازندگان از تکرار/دقیقه به جای دقیقه/تکرار و یا باند تناسبی به جای بهره استفاده می کنند.

در سیستم های کنترل پسخوردی، در صورت بسته بودن حلقه (و تنظیم کنترلر بر روی حالت خودکار)، می توان بهره کنترلی را افزایش داده و شاهد نوسان بیشتر و بیشتر حلقه بود. در صورت افزایش بیش از پیش بهره، نوسان ممتدی در متغیر کنترلی مشاهده خواهد شد. این بیشترین بهره ای است که سیستم می تواند پیش از ناپایدار شدن طبق آن کار نماید و به آن بهره نهایی گفته می شود. به مدت زمان این نوسانات پایدار، بازه زمانی نهایی

گفته می شود. در صورتیکه بهره همچنان افزایش یابد، سیستم ناپایدار می گردد. در شکل ۲ می توان این سه حالت را مشاهده نمود.



شکل ۲- انواع پاسخهای سیستم کنترلی

تعیین مقادیر بهره، بازنشانی و مشتق

جهت تعیین بهره و بازه زمانی نهایی می بایست عملکرد بازنشانی و مشتق را با تنظیم زمان مشتق بر روی عدد صفر و زمان بازنشانی بر روی بی نهایت و یا خاموش نمودن عملکرد بازنشانی، از کنترلر حذف نمود. با قراردادی کنترلر بر روی حالت خودکار، بسته بودن حلقه، و تنظیم بهره بر روی عدد ۱۲، اغتشاشی بر حلقه کنترلی اعمال شده و پاسخ آن مطالعه می شود. ساده ترین راه جهت ایجاد اغتشاش، تغییر کوچک نقطه تنظیم است. در صورتیکه منحنی پاسخ میرا نشده و ناپایدار باشد (نمودار فوقانی شکل ۲)، می توان نتیجه گرفت که بهره تنظیم شده بسیار زیاد بوده است.

با تنظیم بهره بر روی عدد ۳، اغتشاش دیگری اعمال می شود. در صورتیکه منحنی پاسخ میرا شود (نمودار تحتانی شکل ۲)، مقدار بهره بسیار پایین بوده است. بنابراین، بهره تا زمانیکه یک پاسخ پایدار بدست آید افزایش یافته و اغتشاشات تکرار می شوند.

با تشکیل پاسخ پایدار، مقادیر بهره نهایی (S_u) و بازه زمانی نهایی (P_u) به کمک منحنی پاسخ زمانی مربوطه بدست می آید. بازه زمانی نهایی همان بازه زمانی بین هر دو راس منحنی پاسخ پایدار می باشد. بهره نهایی (که با نام حساسیت نهایی نیز شناخته می شود) همان تنظیم بهره کنترلر در زمان پاسخ پایدار است.

بهره و باند تناسبی

بهره و باند تناسبی از عبارات مورد استفاده در تنظیم کنترلرها بوده و معکوس یکدیگر می باشند. باند تناسبی (PB) به صورت درصد است.

$$PB = 100 / \text{Gain}$$

$$\text{Gain} = 100 / PB$$

مثال:

$$\text{Gain} = 2 \Rightarrow PB = 1/2 = 0.5 \times 100 = 50\% \text{ PB or } 100\% / 2 = 50\%$$

$$\text{Gain} = 0.5 \Rightarrow PB = 2 = 2 \times 100 = 200\% \text{ PB or } 100\% / 0.5 = 200\%$$

تکرار بر دقیقه و دقیقه بر تکرار

عملکرد انتگرالی دقیقه بر تکرار یا تکرار بر دقیقه است. مثال:

$$0.5 \text{ Min/Repeat} = 1/0.5 = 2 \text{ Repeats/Min}$$

در مقالات آینده با بحث پیرامون انواع عملکردهای کنترلی بخش تئوری پایان یافته و پس از آن کاربرد عملی این تئوری ها در دیگ های بخار مطرح خواهد شد. علاقمندان می توانند جهت دریافت اطلاعات بیشتر با شماره تلفن های ۰۴۱-۳۴۴۰۲۰۴۷ یا info@parsa-energy.com تماس حاصل فرمایند.

پارسا انرژی

سورین آذرخش خاورمیانه