

دوره آموزشی تجهیزات فرآیندی

Unit Operations training courses

تهیه کننده : محمد بهزادی Mohammad Behzadi

وبلاگ آموزشی: www.mblastsavior.mihanblog.com
پست الکترونیکی: Lastsavior_b@yahoo.com

تقدیم به برادر مهدی هدایت زاده که با بخشش علمی بیدریغ خود استاد و قطب نمای علمی در مسیر زندگیم بود

تذکر: برای دیدن راهنمای مطالب لازم است تا از آکروبات 7 یا بالاتر استفاده شود

Acrobat 7.0 or higher is needed for view commenting!

انواع كنترلر Controllers

17-1- سیر تحولات سیستمهای کنترلی

در آغاز سیستمهای کنترلی صنعتی، عموماً سیستمهای نیوماتیک (بادی) بودند که هم برای انتقال فرمانها (سیگنالها) و هم برای تنظیم شیرکنترل مورد استفاده قرار می گرفتند. سیگنالهای نیوماتیک همگی فشاری هستند و با فشاری بین 3 تا 15 psi قادر به تنظیم فرمانها می باشند.

سیستمهای نیوماتیک با وجود ایمنی زیاد (به خاطر استفاده از هوا) دارای مشکلات فراوانی می باشند. زیرا تمامی قسمتهای سیستم مکانیکی هستند و اصطکاک زیاد و به هم خوردن کالیبراسیون همواره برای واحدهای صنعتی ایجاد مشکل می کنند. مشکل مهم این سیستمها هنگام انتقال سیگنالها و (فرمانها) از قسمت دستگاهها تا اتاق کنترل می باشد که زمان طولانی احتیاج دارد و مشکلات زیادی برای کنترل سیستم به وجود می آورد.

در دهه 60 به علت مشکلات به وجود آمده توسط سیستمهای کنترلی بادی و همگام با گسترش صنایع الکترونیکی مهندسان به استفاده بیشتر از تجهیزات الکتریکی روی آوردند. در این زمان با استفاده از قطعات الکترونیکی مثل مقاومت، دیود و سلف توانستند سیگنالهای الکتریکی را جهت تنظیم و کنترل به کار گیرند. مزایای استفاده از چنین سیستمهایی عبارتند از

- ارزانتر بودن نسبت به سیستمهای نیوماتیک

- نداشتن تاخیر زمانی

با وجود این مزایای مهم به علت مسائل ایمنی، در ابتدا این صنعت زیاد مورد استقبال قرار نگرفت. اما مشکل جرقه زدن با استفاده از short circuit حل شد و پس از آن به سرعت وارد صنعت گردید.

در این زمان شیرهای کنترلی جدیدی به نام شیرهای موتوری وارد بازار شدند که دقت زیادی داشتند اما به علت دینامیک کند مورد استقبال قرار نگرفتند. عمده‌تاً ثابت زمانی شیرهای کنترلی موتوری در حد چند دقیقه می باشد در حالیکه ثابت زمانی شیرهای کنترلی بادی در حد چند ثانیه می باشد.

با توجه به دینامیک سریع شیرکنترل های بادی و مزایای سیستمهای کنترل الکترونیکی در این دهه دستگاهی به نام I to P convector به بازار عرضه شد. I to P این اجازه را به طراح می دهد که تا سر شیر کنترل تمامی فرمانها الکترونیکی باشند و درست در بالای شیر کنترل با استفاده از یک I to P این فرمانهای الکتریکی به فرکانسهای نیوماتیک تبدیل می گردند.

در دهه 70 عمده تحولات در بخش کنترل به وجود آمد و پس از مدتی وسایل اندازه گیری پیشرفته نیز عرضه شد. این بار میکروپروسسور به جای قطعات الکتریکی همچون مقاومت دیود و سلف به کار گرفته شد. مزایای میکروپروسسور عبارتند از:

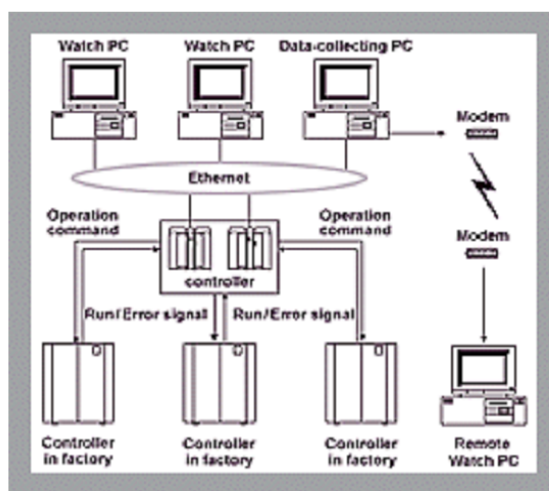
- ارزانتر بودن

- قابلیت محاسبه با سرعت بسیار زیاد

- به کارگیری تنظیم کننده خودکار (Auto tuner mode)



در دهه 80 با استفاده از یک کامپیوتر قوی تحول عمده ای در صنعت کنترل صورت گرفت. تا قبل از استفاده از سیستم های DCS هر حلقه کنترلی با یک میکروپروسسور کنترل می شد اما پس از ابداع DCS کل plant با استفاده از یک میکروپروسسور قوی کنترل می شود. تنها مشکل DCS این است که اگر میکروپروسسور از کار بیفتد تمامی plant به تبع آن از کار می افتد. در نیمه این دهه با قسمت کردن plant تا حدود زیادی مشکل حل شد اما از آنجا که هر قسمت یک میکروپروسسور لازم دارد، هزینه کنترل بالا رفت. امروزه جهت مقابله با این مشکل از دو میکروپروسسور به صورت موازی استفاده می شود. یعنی کل plant با دو میکروپروسسور کنترل می شود. این عمل بدین صورت است که هر دو میکروپروسسور ورودی دارند و محاسبات را همزمان انجام می دهند اما تنها یکی از این دو خروجی دارد و دیگری در حالت آماده به کار (Stand By) می باشد تا اگر میکروپروسسور اول از کار افتاد (fail کرد) سریعاً دومی در همان لحظه وارد عمل گردد.



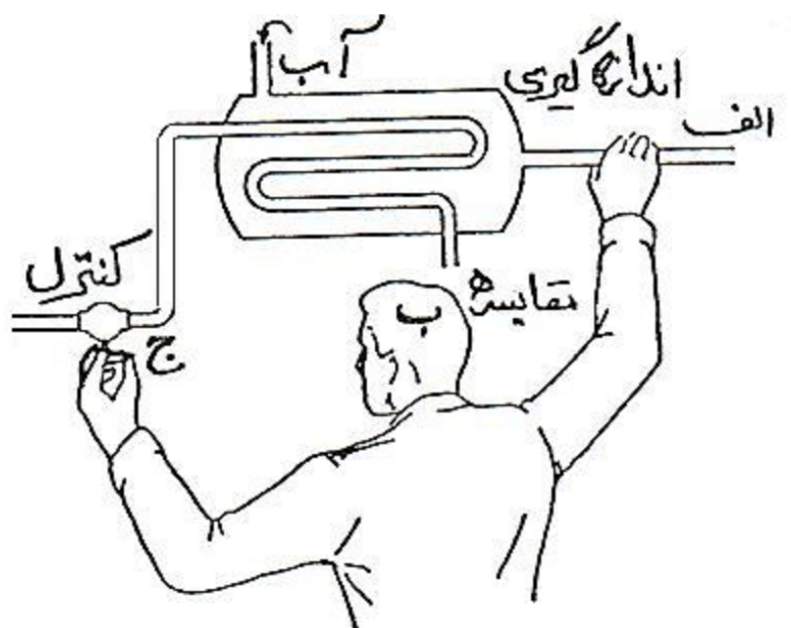
شکل 17-2- نمایی از نحوه کنترل فرآیند توسط سیستم DCS



شکل 17-3- اتاق کنترل یک سیستم DCS

17-2- شرح و توصیف

هدف از کنترل، تنظیم فرایند در شرایط مورد نظر است. در ابتدا جهت آشنایی با برخی از مفاهیم کنترل فرایند به شکل ساده‌ای از کنترل یک فرایند می‌پردازیم. فرایند مورد نظر برای گرم کردن آب (توسط یک سیال داغ) بکار رفته است. نحوه عمل بدین صورت است که ابتدا آب وارد یک مخزن به عنوان آب گرمکن می‌شود و توسط یک کویل حرارتی (لوله‌هایی که در آن یک سیال داغ وجود دارد) آب گرم می‌شود.



شکل 17-4- نمایی از نحوه

کنترل فرایند توسط مسئول

الف) اندازه‌گیری:
توسط مسئول دستگاه
میزان گرم یا سرد بودن آب
ب) مقایسه:
مستول دستگاه، میزان گرمی آب خروجی را با میزان گرمی مطلوب (آنچه

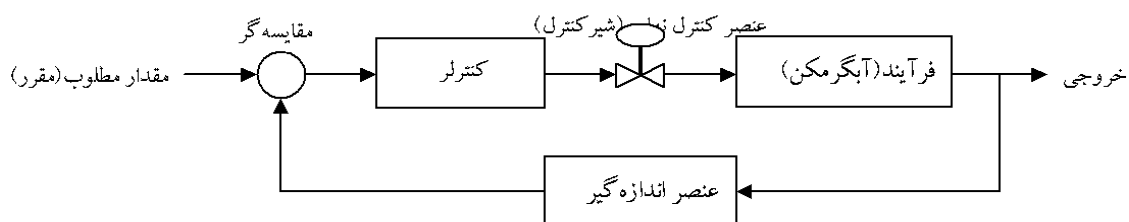
باید باشد) در ذهن مقایسه می‌کند.

(ج) کنترل:

حال با توجه به مقایسه صورت گرفته و متناسب با میزان دوری از حالت مطلوب، شیر "ج" را باز یا بسته می‌نماید و سعی می‌نماید اختلاف دمای موجود را کاهش دهد.

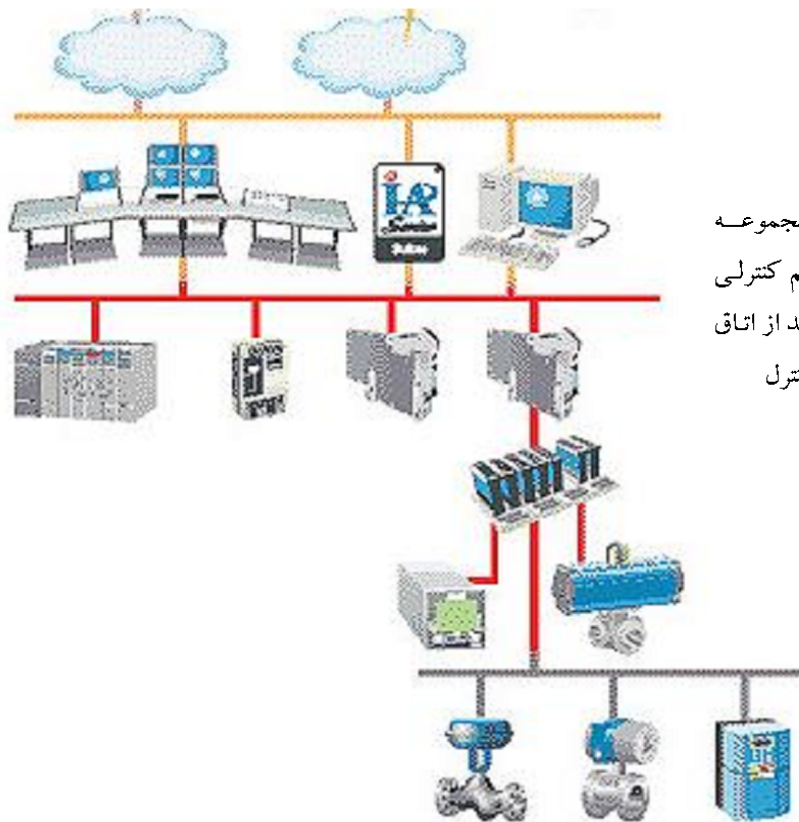
این مجموعه عملیات الف-ب-ج آنقدر ادامه می‌یابد تا در نهایت میزان گرمی آب خروجی برابر مقدار مطلوب شود. این مثال ساده اساس کار یک کنترلر متداول می‌باشد اما مسلم است که در صنعت هیچگاه از یک شخص به طور مستقیم و مداوم نمی‌توان استفاده کرد.

برای درک بهتر و راحت‌تر کردن محاسبات هیچگاه از شکل فوق استفاده نمی‌شود و بجای آن از نمودار جعبه‌ای به شکل زیر استفاده می‌شود.



شکل 17-5- نمودار جعبه‌ای

سیستم کنترل نشان داده شده در شکل، سیستم مدار بسته (Closed loop system) و نیز سیستم پس خور (feed back system) نامیده می‌شود زیرا مقدار اندازه‌گیری شده متغیر کنترل شونده (دمای آب) به مقایسه‌کننده پس خورانیده (feed back) می‌شود. در مقایسه‌گر، متغیر کنترل شونده با مقدار مطلوب (مقدار مقرر) مقایسه می‌شود و اگر اختلافی بین مقدار متغیر اندازه‌گیری شده و مقدار مطلوب موجود باشد توسط مقایسه‌گر، خطا (error) ایجاد می‌شود و به کنترلر (Controller) فرستاده می‌شود. حال کنترلر با توجه به خطای ورودی تنظیمات لازم را برای شیرکنترل (عنصر کنترل نهایی) ارسال می‌کند. حال دوباره اندازه‌گیر (مثلاً دماسنج) با اندازه‌گیری‌هایی که از سیستم به عمل می‌آورد برای مقایسه‌کننده مشخص می‌کند که آیا به مقدار مطلوب رسیده‌ایم یا خیر و پس از آن مجموعه مراحل فوق دوباره تکرار می‌شود.



شکل 17-6- مجموعه
مراحل یک سیستم کنترلی
برای کنترل فرآیند از اتاق
کنترل تا سر شیر کنترل

برخی مفاهیم اساسی در بحث کنترل:

- **متغیرهای کنترلی:** در بحث کنترل فرایند، متغیرهای کنترلی عبارتند از 1- دما 2- فشار 3- جریان 4- سطح
- **اندازه‌گیری:** عمل اندازه‌گیری توسط عنصر اندازه‌گیر متغیرهای کنترلی در يك فرایند (4 مورد فوق) صورت می‌گیرد. چگونگی اندازه‌گیری و دستگاه‌های مربوطه در ابزار دقیق به طور مفصل مورد بحث قرار گرفته‌اند.
- **مقایسه:** مقایسه توسط دستگاه مقایسه‌کننده صورت می‌گیرد. این مقایسه بین مقدار مطلوب (Set point) و کمیت اندازه‌گیری شده توسط عنصر اندازه‌گیر انجام می‌گیرد. قلم‌های ثابت در کنترل کننده‌های قدیمی این عمل را انجام می‌دهند و نتیجه را به صورت فاصله عقب‌به از مقدار مقرر برای کنترلر ارسال می‌کنند.
- **کنترلر:** با توجه به خطای (error) فرستاده شده از مقایسه‌گر فرمان مقتضی را برای شیر کنترل ارسال می‌کند. مثلاً در مرسوم‌ترین نوع کنترلر که کنترلر PID (Proportional Integral Differential) می‌باشد فرمان ارسال شده به صورت سیگنال‌های الکتریکی یا بادی می‌باشد.
- **فرمان (Signal):** پس از اندازه‌گیری تغییرات مشاهده شده در فرایند باید این تغییرات را به طریقی به سایر قسمت‌ها منتقل کرد. در يك مدار کنترل از یکی از فرمان‌های زیر استفاده می‌شود.
- 1- **فرمان برقی:** فرمان برقی بیشتر برای مسافت‌های دور مورد استفاده قرار می‌گیرد. مثلاً برای فرستادن فرمان از اتاق کنترل تا سر شیرکنترل یا از وسایل اندازه‌گیری تا اتاق کنترل.

2- **فرمان بادي:** در فواصل کوتاه براي انتقال تغيير روند از فرمان هوايي استفاده مي‌گردد. در بعضي شرايط بجاي هوا از گازها و يا مايعات (هيدروليكي) نيز استفاده مي‌گردد. به علت سرعت بالاي تغييرات در شير كنترل از فرمان بادي به صورت هوايي فشرده استفاده مي‌گردد. بدین ترتيب از اتاق كنترل تا سر شير كنترل فرمان به صورت الكتريكي و براي سرعت بخشیدن به ديناميك سيستم از هوايي فشرده جهت باز و بسته شدن اكثر شيرهاي كنترلي استفاده مي‌شود. البته گاهي اوقات شير كنترل با موتور الكتريكي به حركت در مي‌آيد كه همانطور كه گفته شد سرعت پاييني دارد.

3- **فرمان مكانيكي:** اين نوع فرمان در داخل ابزار دقيق مورد استفاده قرار مي‌گيرد و در مدار كنترل استفاده نمي‌شود.

- **فرايند:** دستگاه يا مجموعه دستگاه‌هايي كه بايد در حد شرايط مورد نظر كنترل شوند را فرايند گویند.

- **پس‌خور:** اغلب راهكار تنظيم يك فرايند به صورت پس‌خور مي‌باشد يعني پس از آنكه تغييرات توسط كنترلر به سيستم اعمال شد، به صورت مستمر متغيرهاي سيستم (فرايند) اندازه‌گيري مي‌شوند و به مقايسه‌گر پس‌خورانیده مي‌شوند تا آنكه خطا صفر شود.

- **حالت يكنواخت:** يك فرايند را هنگامي مي‌توان در حالت يكنواخت ناميد كه هيچ يك از متغيرها با گذشت زمان تغيير نكند. در اكثر فرايندهاي صنعتي تمامي دستگاهها بايد حول يك نقطه ثابت كه طراحي شده‌اند كار كنند كه نقطه يكنواخت نامیده مي‌شود.

- **اغتشاش و بار:** معمولاً فرايندها هميشه در يك نقطه مشخص كه طراحي شده‌اند عمل نمي‌كنند. اين موضوع به علت نويژها مي‌باشد. به عنوان مثال غلظت يا دبي خوراك ورودي به يك واحد ممكن است همواره تغيير كند. اگر اغتشاش ورودي به فرايند قابل اندازه‌گيري باشد و به نوعي بتوان آنرا مدل كرد آنرا بار (load) مي‌نامند. راهكارهاي زيادي جهت مبارزه با نويژها و بارها وجود دارد.

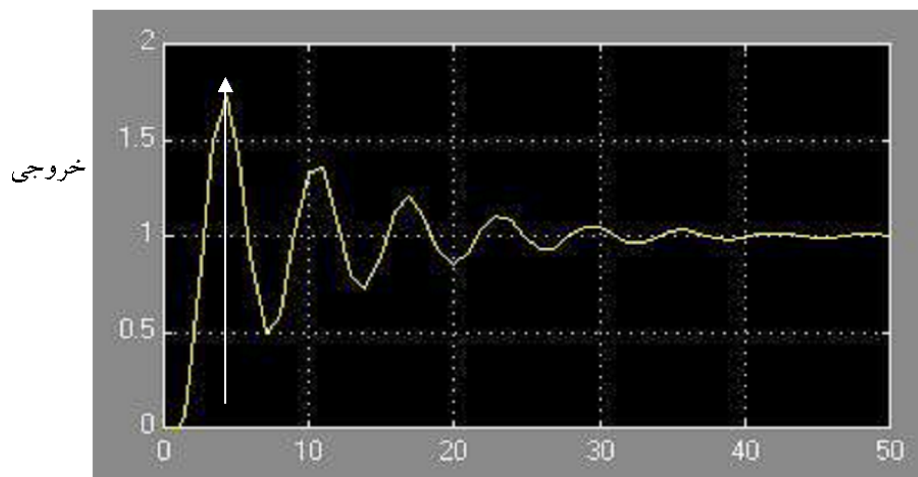
- **تاخير زماني (Lag):** در اكثر فرايندهاي صنايع شيميايي همواره يك تاخير زماني بين ورودي و خروجي وجود دارد. در ساده‌ترين مورد هنگامي كه يك سيال از لوله عبور مي‌كند هيچگاه به محض ورود به لوله از سوي ديگر خارج نمي‌شود. يعني مدت زماني به اندازه زمانيكه لازم است تا لوله با سيال ورودي پر شود لازم است تا اثر ورود سيال در خروجي ظاهر شود. اين پديده را تاخير زماني يا Lag مي‌گوئيم. به عنوان مثال اثر تغيير در شرايط خوراك ورودي به يك دستگاه تقطير ممكن است دهها دقيقه به طول بيانجامد تا تاثير آن در محصول تقطير شده خروجي از بالاي برج مشخص گردد.

17-3- طراحي كنترلر

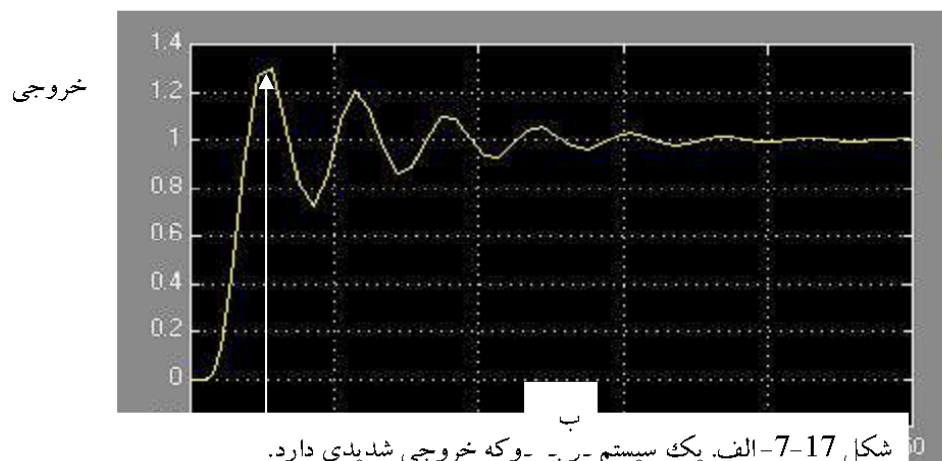
در حالت كلي به سه منظور كنترلر طراحي مي‌گردد:

1- اگر سيستم خيلي تند باشد و بخواهيم سرعت آنرا تعديل كنيم. به عنوان مثال در موارد سيستم بسيار حساس است و با يك تغيير كوچك عكس‌العمل‌هاي شديد مي‌تواند ممكن است به شير كنترل وارد كند كه باعث استهلاك آن مي‌گردد. در نتيجه بايد كنترلر طراحي شود تا مانع از عكس‌العمل‌هاي شديد

شیرکنترل شود. در این حالت اصطلاحاً می‌گوییم یک دینامیک در سیستم وارد کرده‌ایم.



2- گاهی سیستم مورد نظر بسیار کند است و می‌خواهیم سیستم سریعتر به جواب برسد. در این حالت باید مدار کنترلی بخشی از دینامیک فرایند را خنثی سازد. این کار با مدلسازی فرایند و حذف دینامیک سیستم تا جایی ممکن عملی می‌شود.



شکل 7-17 الف. یک سیستم - ر. - و که خروجی شدیدی دارد.
ب. پس از قراردادن یک دینامیک در سیستم پاسخ تعدیل شده است.

3- سیستم ناپایدار است و باید پایدار شود. بحث پایداری مهمترین بحث طراحی کنترل می‌باشد و تمامی سیستمها باید به دقت مورد مطالعه واقع شوند تا ببینیم سیستم پایدار است یا خیر. در صورت پایداری باید با الگوریتم‌های موجود آنرا پیاده‌سازی کنیم. حتی اگر سیستم پایدار باشد باید مواظب باشیم تا پس از بستن مدار و طراحی کنترل سیستم ناپایدار نگردد. در هنگام طراحی از این عامل به عنوان یکی از پارامترهای طراحی استفاده می‌کنیم.

17-4- تنظیم کنترلر

در تنظیم کنترلر همواره دو عامل در نظر گرفته می‌شود:

17-4-1- پایداری

در بحث طراحی کنترلر یکی از مهمترین قسمت‌ها بررسی پایداری سیستم می‌باشد. یک سیستم هنگامی پایدار است که اگر یک ورودی محدود به سیستم وارد شود پس از مدت زمان معینی خروجی محدود بماند. به عنوان مثال اگر یک تغییر در دما یا دبی ورودی راکتور به وجود بیاید پس از یک مدت زمان معین انتظار آنست که شرایط عملیاتی راکتور و کیفیت محصول خارج شده مقدار معینی باشد نه آنکه پس از مدتی راکتور از کنترل خارج شود و مثلاً منفجر گردد. هنگام تنظیم کردن "tune" کنترلر باید متوجه موضوع پایداری بود.

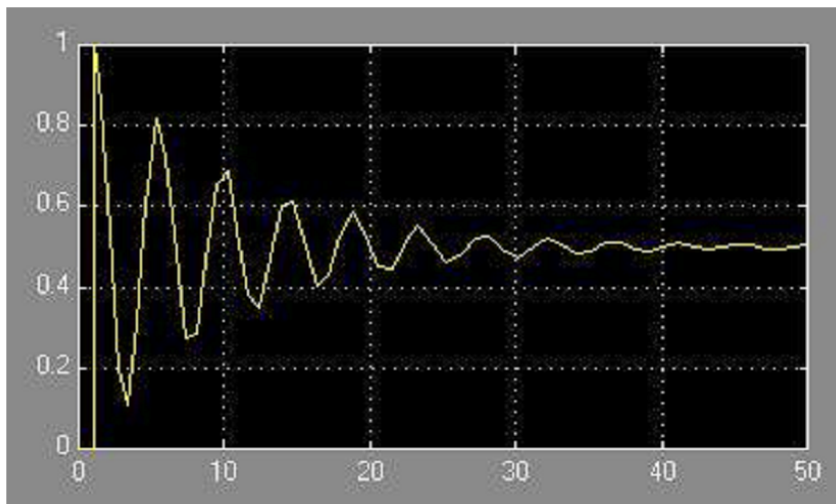
17-4-2- عملکرد کنترلر

در بحث عملکرد کنترلر معمولاً چند عامل در نظر گرفته می‌شوند و سعی طراح بر آن است که کنترلر را طوری تنظیم کند که به بهترین جواب برسد. برخی از مهمترین پارامترهایی که در تنظیم عملکرد کنترلر در نظر گرفته می‌شوند عبارتند از :

- سرعت رسیدن به جواب نهایی
- آفست یا خطای ماندگار در برخی از سیستم‌ها به وجود می‌آید و باعث می‌شود که سیستم هیچگاه به جواب نهایی نرسد و تنها در حدود جواب نهایی قرار گیرد. معمولاً در طراحی‌ها سعی می‌شود مقدار انحراف به حداقل برسد.
- اورشوت؛ در برخی سیستم‌ها به وجود می‌آید. در این حالت سیستم در لحظه‌ای که ورودی به آن وارد می‌شود عکس‌العمل شدیدی نشان می‌دهد. این موضوع باعث بالا رفتن سرعت رسیدن به جواب نهایی می‌شود. اما از طرف دیگر باعث استهلاک کنترلر و خراب شدن محصولات نیز می‌گردد. میزان اورشوت باید بهینه باشد (شکل 17-7- الف).

- انتگرال خطا؛ سطح زیر نمودار می‌باشد. مشخص است که هرچه این سطح کوچکتر باشد کنترلر عملکرد بهتری دارد.

عموماً در طراحی دو عامل پایداری و عملکرد با هم در تقابل می‌باشند. بدین معنا که غالباً به خاطر پایداری باید مقداری از کیفیت عملکرد سیستم بکاهیم. به عنوان مثال برای اینکه سیستم معیار پایداری بهتری داشته باشد خصوصاً در مقابل خطای مدلسازی مقاومت نشان دهد و اصطلاحاً "Robust" باشد مجبوریم از سرعت دینامیکی سیستم بکاهیم و به نوعی مانع از ورودی‌های شدید به سیستم شویم. در تنظیم کنترلر معمولاً از روش‌ها و جداول استاندارد استفاده می‌شود. یکی از مهمترین این روش‌ها تنظیم کنترلر با روش زیگلر-نیکولز می‌باشد که با رجوع به جداول مربوطه می‌توان کنترلرهای PID را تنظیم کرد.



شکل 17-8- نمودار
خطا بر حسب زمان
(برای سیستم شکل 6)
هر قدر سطح
زیر نمودار کمتر باشد،
سیستم بهتر عمل
می کند

17-5- روش های مهم در طراحی کنترلر

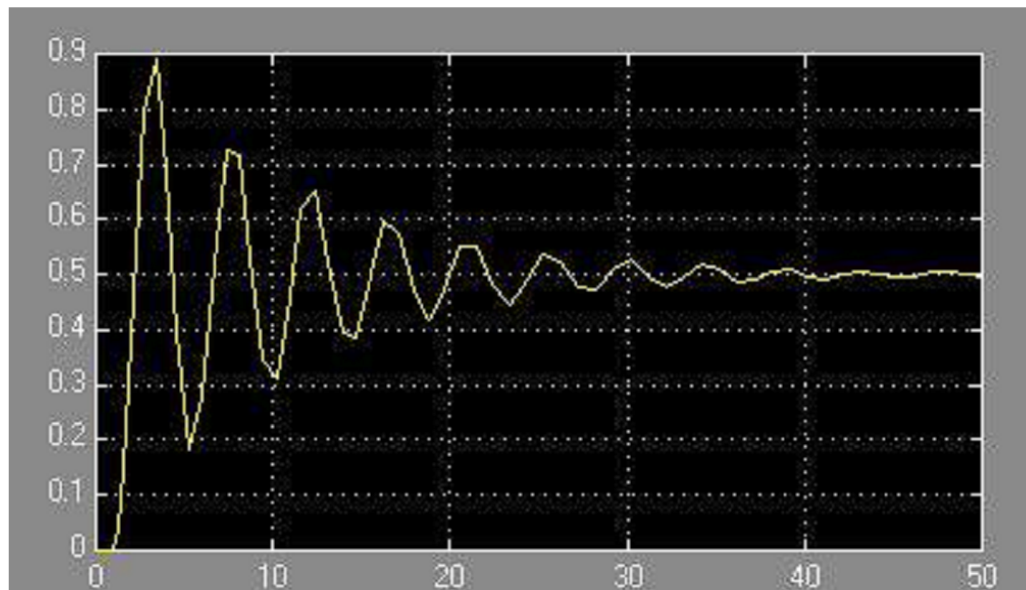
17-5-1- سیستم مدار بسته (Closed loop system)

این روش طراحی، مهمترین روش کنترل کردن سیستمهای کنترلی می باشد. در مورد این روش در ابتدای این بخش توضیحات کافی داده شده است. به طور کلی مبنای این روش استفاده از اطلاعات فرایند و مقایسه آن با مقدار مطلوب می باشد. سپس بر اساس دوری و نزدیکی از مقدار مطلوب (set point) کنترلر عکس العمل های مقتضی را صادر می کند (رجوع شود به شکل 17-5).

یکی از اثرات مهم سیستم مدار بسته کاهش حساسیت می باشد اما با عدم قطعیت سیستم به خوبی مقابله می کند. نکته مهم آنکه در اکثر الگوریتم های کنترلی در نهایت پس از انجام همه مراحل سیستم را مدار بسته نیز می کنند. در روش کنترل پیش خور بیشتر راجع به این موضوع بحث خواهیم نمود.

17-5-2- کنترل پیش خور (Feed Forward)

جهت مقابله با اثرات بار (Load یا اغتشاشات قابل اندازه گیری) از این روش استفاده می شود. مبنای این روش رساندن اطلاعات مربوط به اغتشاش ورودی در همان لحظات اولیه به کنترلر می باشد تا کنترلر اثر بار ورودی را در همان ابتدا خنثی سازد.



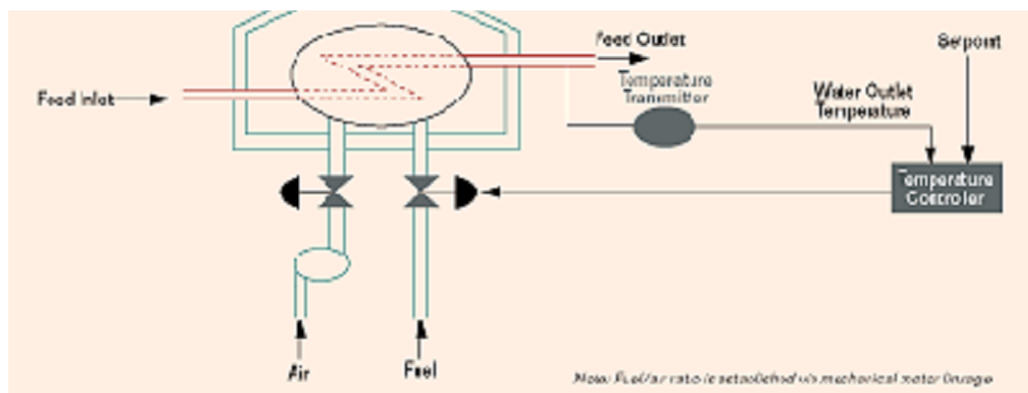
شکل 17-9- پاسخ مدار بسته سیستم (شکل 7). پس از بستن مدار و ورودی پله در خروجی 50٪ آفست داریم که نشان می‌دهد کنترلر باید بهتر تنظیم شود.

جهت روشن شدن موضوع يك گرم‌کننده‌خوارك را مطابق شکل زیر در نظر بگیرید. در این فرآیند می‌خواهیم دمای خروجی جریان خوارك از گرمکن را توسط تغییر در شدت جریان سوخت ورودی به گرمکن کنترل کنیم. يك مدارکنترل پس‌خور ساده نمی‌تواند به طور مناسب عمل کنترل را انجام دهد، زیرا جریان خوارك عملاً دارای نوسانات فشار و دبی می‌باشد.

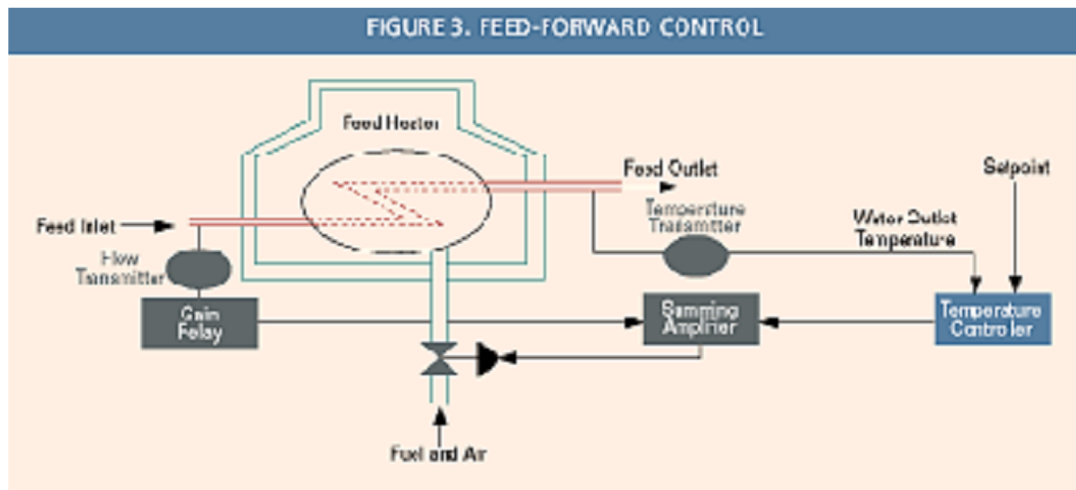
با قراردادن يك اندازه‌گیرجریان روی ورودی خوارك (بار) می‌توان (شکل 17-11) عملکرد سیستم را به‌طور قابل توجهی بهبود داد. دقت شو دکه تمام عملیات تنها با يك شیر کنترل، تنظیم می‌شود.

17-5-3- کنترلر "Feed Forward/Feed Back"

همانطور که گفته شد پس از طراحی کنترلرها عموماً سیستم را مدار بسته می‌کنند. یعنی پس از اینکه سعی شد اثر بار ورودی با پیش‌خور خنثی شود سپس با مدار پس‌خور فرایند کنترل می‌شود تا مشخص شود سیستم به جواب مورد نظر رسیده یا نه (شکل فوق). علت این موضوع آنست که ما در مدلسازی سیستم‌های فرایندی همواره با خطا روبرو هستیم که با سیستم مدار بسته این اثرات را خنثی می‌کنیم. البته شاید این سوال پیش بیاید که پس حالا که از مدار پس، دیگر چه نیازی به مدار پیش‌خور است. جواب این سوال آنست که با مدار پیش‌خور تا حد بسیار خوبی می‌توان عملکرد سیستم را بهبود بخشید و با اثرات load مقابله کرده و از طرفی با استفاده از مدار پس‌خور، سیستم را مقاوم (Robust) کرد تا کنترلر با اثرات خطای مدلسازی مقابله کند. در نتیجه سیستم کنترلی خیلی بهتر عمل خواهد کرد.



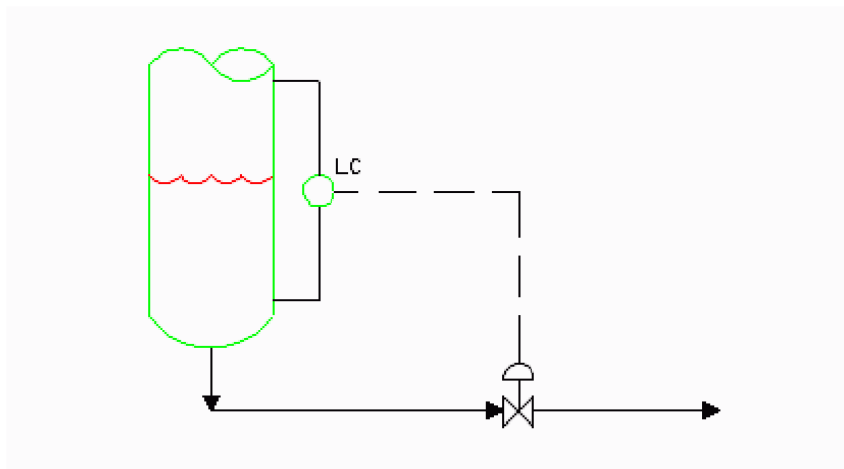
شکل 17-10- فرآیند گرم کننده خوراک. با یک کنترل پس خور به تنهایی نمی توان دمای خروجی را به طور مناسب کنترل کرد



شکل 17-11- با اندازه گیری load (جریان خوراک) می توان سرعت عملکرد سیستم را بهبود داد.

17-5-4- کنترل زنجیره‌ای (Cascade)

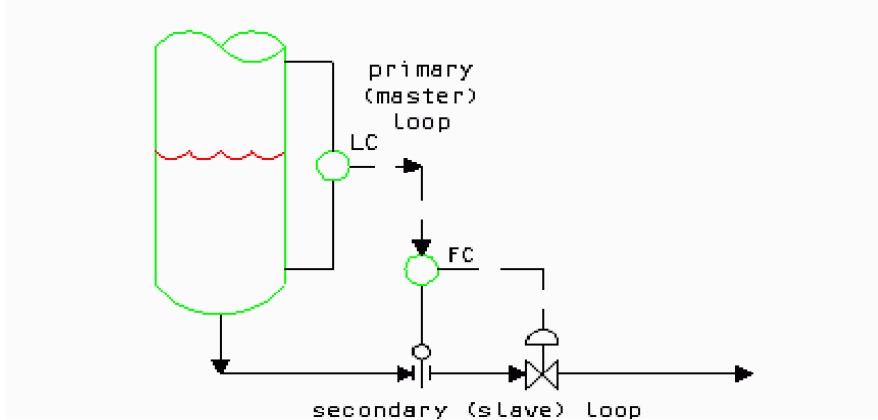
برای مقابله با اثر نویز (noise) در اغتشاشاتی که به سیستم وارد می‌شود و کثیرالافتاق می‌باشند از این روش کنترلی استفاده می‌شود. در این حالت یک وسیله اندازه‌گیری در قسمتی که اغتشاش وارد می‌شود قرار می‌دهیم و سعی می‌کنیم عمل کنترل سیستم را تنها با یک شیر کنترل انجام دهیم. با مثال زیر علت گذاشتن کنترل Cascade مشخص می‌شود. در یک ستون تقطیر عموماً جهت تنظیم سطح در ته برج از این روش استفاده می‌شود. در شکل 12-17 کنترل سطح با یک مدار پس‌خور ساده نشان داده شده است. به علت تغییرات ارتفاع (فشار) جریان خروجی از لوله پایین آورنده دارای اغتشاش زیادی می‌باشد که بر کاهش عملکرد شیر کنترل تاثیر زیادی می‌گذارد و باعث می‌شود زمان زیادی طول بکشد تا کنترلر بتواند با هر تغییر



شکل 12-17- کنترل پس‌خور سطح یک ستون تقطیر تنها با استفاده از اندازه‌گیری

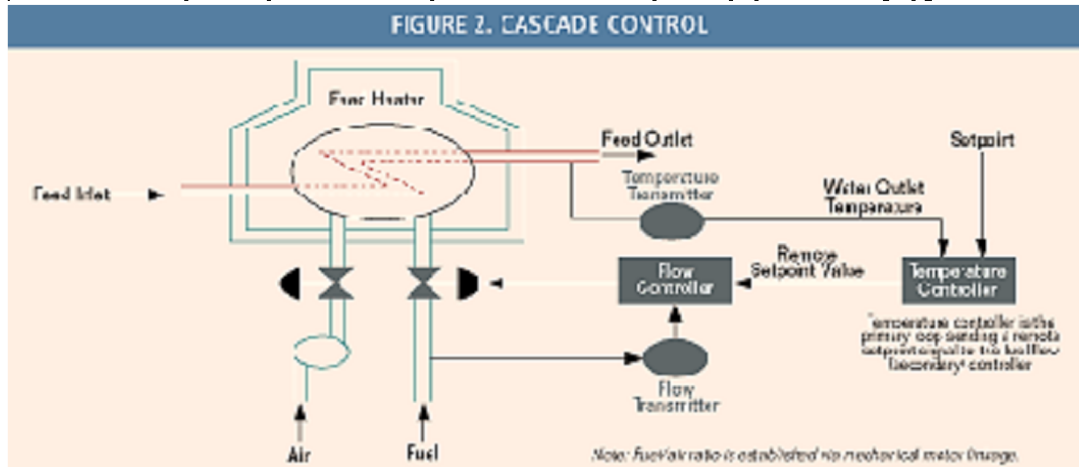
روی سیستم مقابله کند.

برای بهبود سرعت عملیات کنترل باید از یک کنترل cascade استفاده کرد (شکل 12-17). در این صورت با قرار دادن یک اندازه‌گیر جریان، سرعت کنترل پنج برابر افزایش می‌یابد. مدار LC را حلقه اولیه یا ارباب (master) و مدار FC را حلقه ثانویه یا برده (slave) گویند. برای آشنایی بیشتر با این الگوریتم کنترل، مدار شکل 10-17 (گرمکن) را در



شکل 13-17- کنترل cascade سطح یک ستون تقطیر با استفاده از اندازه‌گیری سطح که با اندازه‌گیر جریان کوپل شده است.

نظر بگیرید. سوخت ورودی به گرمکن به علت تغییرات فشار دارای اغتشاش زیادی می‌باشد که عملکرد سیستم را به شدت کم می‌کند و حتی ممکن است آنرا ناپایدار کند. برای بالا بردن عملکرد و مخصوصاً سرعت کنترل از یک کنترل cascade مطابق شکل 14-17 استفاده می‌شود. در این سیستم با قرار دادن یک سنسور و یک کنترلر دیگر با استفاده از یک شیر کنترل سیستم را



شکل 14-17- کنترل cascade برای مقابله با اثرات اغتشاش در جریان

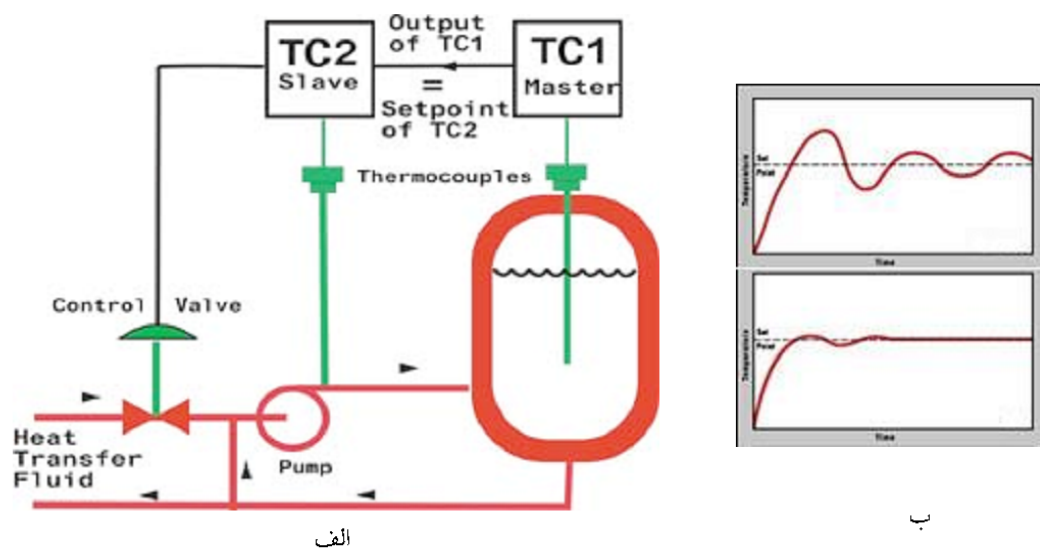
کنترل کرده‌ایم. کنترلر دمای جریان خوراک حلقه اولیه می‌باشد که remote set point را برای حلقه ثانویه می‌فرستد.

به طور کلی یکی از مهمترین موارد کاربرد این نوع کنترلر در کنترل جریاناتی می‌باشد که از واحد utility می‌آید و تغییرات زیادی دارد در این حالت این جریان‌ها یک عامل اغتشاش می‌باشد و میزان ثابتی ندارد. اگر تغییرات این اغتشاش لحاظ نگردد مشکلات زیادی برای کنترل سیستم به وجود می‌آید و حتی ممکن است باعث ناپایداری فرایند گردد. در این حالت بهترین کار آنست که دما یا فشار این جریان‌ها کنترل گردند.

1-4-5-17- چند نکته در مورد کنترل زنجیره‌ای

به دلیل اهمیت و کاربرد گسترده این نوع کنترلر به توضیحات زیر لازم است توجه شود:

- 1- در صنعت اگر متغیر کنترلی، جریان باشد که دارای اغتشاش زیادی می‌باشد آنرا Cascade می‌کنند (معمولاً جریان‌هایی که از utility می‌آید).
- 2- این کنترلر در جایی استفاده می‌شود که بیش از یک بار (load) وجود دارد.
- 3- جهت تنظیم (tune) ابتدا باید کنترلر را روی وضعیت manual قرار داده و حلقه داخلی را تنظیم کرد سپس آنرا remote می‌کنیم و بعد از آن حلقه خارجی را تنظیم می‌کنیم.
- 4-



شکل 15-17- الف. یک رآکتور با سیستم کنترل زنجیره‌ای (cascade)
 ب. پاسخ سیستم به یک ورودی پله‌ای. پاسخ بالایی توسط یک مدار کنترل پس‌خور معمولی
 پاسخ پایینی توسط یک مدار کنترل cascade