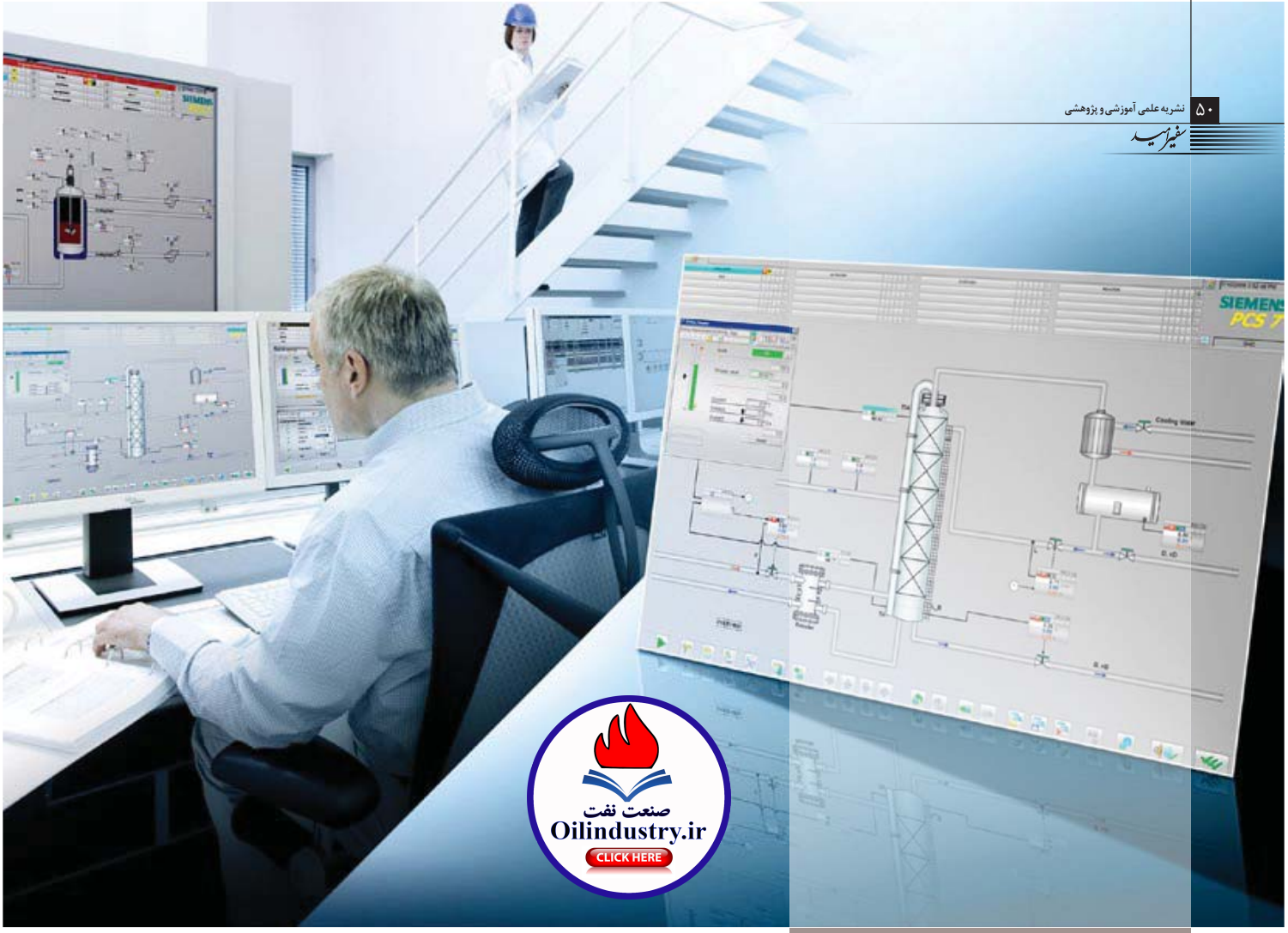


صنعت نفت
Oilindustry.ir
CLICK HERE

Plant Control System

سیستم کنترل پالایشگاه

تهیه و تنظیم : مهندس یونس فلاح
مهندس بهروز خواجه‌علی

انقلاب صنعتی اول، پای ماشین‌های بخار و فولاد را به زندگی بشر باز کرد و انقلاب دوم صنعتی با شعار تولید انبوه و مکانیزه، تحولی بزرگ در انقلاب اول بپا کرد. اگر در انقلاب اول ماشین‌های بخار و تولید فولاد عناصر اصلی بودند، در انقلاب جدید تولید انبوه فولاد، کنترل فرایند، ترمودینامیک و ماشین‌های دیزل دستاوردهای جدیدی بودند که تا جنگ جهانی اول صحنه انقلاب خود را در سرتاسر غرب اروپا، ژاپن و آمریکا گسترش دادند. محرک هر انقلابی اوج گرفتن ظلم و نارضایتی است که با افزایش سطح دانش و اطلاعات جامعه در بستر ارتباطات سازمان‌یافته به موج و در نهایت سیلی ویران‌گر تبدیل می‌شود. محرک انقلاب سوم صنعتی ناخوشنودی طبیعت از آلوده شدنش در بستر بزرگترین روشن‌گر و منبع انتشار اخبار و اطلاعات در تمام طول تاریخ یعنی اینترنت می‌باشد. در ریشه‌شناسی انقلاب سوم باید به این مهم توجه داشت که اینترنت حیات خود را به صورت جدی مدیون کامپیوترهایی است که با توسعه سریع الکترونیک و مخابرات در یک دوره کوتاه خود را به همه خانه‌ها و اخیراً به دست تک تک افراد جامعه بشری رساندند. توسعه منظم و با سرعت کنترل فرایندها در این انقلاب نقشی سازنده و مهم بر عهده داشته است. با اختراع ماشین بخار و ساخت گاورنر ساده جیمزوات، توسعه صنعت به کنترل فرایند گره خورد. در دوران پایانی انقلاب دوم صنعتی همراهی صنعت و کنترل فرایند به یک دوستی استراتژیک و با اهمیت تبدیل شد. امروزه تصّور یک سیستم صنعتی و یک فرایند فاقد کنترل امری کاملاً دور از ذهن می‌باشد. کنترل فرایند از یک سو به بخش لازمی از یک سیستم یا فرایند تبدیل شده و از سوی دیگر هم‌ارز ایمنی و قابلیت اطمینان یک سیستم شده است.

در مانیفست انقلاب سوم صنعتی گام برداشتن به‌سمت انرژی‌های تجدیدپذیر، ساختمان‌هایی که در خود نیروگاه‌های سبز انرژی دارند، هیدروژن و ذخیره‌سازی انرژی، اینترنت و شبکه‌های هوشمند الکتریکی و خودروهای الکتریکی و پیل سوختی بیشتر از هرچیز دیگر خودنمایی می کنند. انقلابیون جدید می‌دانند که انقلاب آنها بدون توسعه همزمان سیستم‌های کنترل و سیستم‌های کامپیوتری توانمند، چاره‌ای جز شکست نخواهد داشت. همین واقعیت باعث شده که امروزه سیستم‌های بسیار پیشرفته کنترل فرایند با تکیه بر بستر محکم و قابل اطمینان الکترونیک، مخابرات و کامپیوتر به مغز و اعصاب تاسیسات بزرگ صنعتی مانند پالایشگاه‌های نفت، گاز و سایر تاسیسات مهم در این حوزه تبدیل شوند.

» مقدمه

می‌دانیم که امروزه هیچ واحد فرایندی کوچک یا بزرگی تاسیس نمی‌شود، مگر آنکه همراه با آن سیستم کنترل آن توسعه داده شده و برای آغاز بهره‌برداری از وجود یک ناظر امین و دقیق برای کنترل پارامترهای حیاتی واحد مطمئن باشیم. در یک پالایشگاه گاز عملیات کنترل فرایند به عنوان یک بخش اصلی از طراحی پالایشگاه از ابتدای پروژه مدنظر قرار می گیرد. نحوه طراحی، ساخت و راه‌اندازی سیستم کنترل از مباحث مهم در این حوزه می‌باشد. در این مبحث قصد آن وجود دارد که به بررسی جامع سیستم کنترل پالایشگاه پرداخته شود. به دلیل اهمیت شناخت مفاهیم کلیدی این حوزه، قبل از ورود به بحث اصلی به معرفی اصطلاحات و مفاهیم مربوطه پرداخته می‌شود. این بخش دربرگیرنده مفاهیم و اصطلاحات مربوط به سیستم کنترل، تجهیزات ابزاردقیق، تجهیزات کنترلی و زیرساخت‌های ارتباطی می‌باشد.

۱ کنترل فرایند

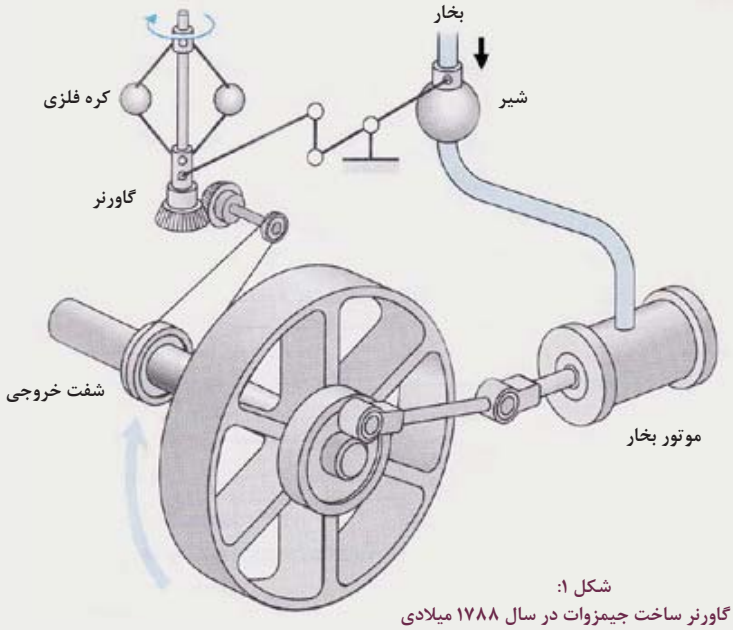
کنترل در فرایندهای صنعتی به معنای وجود بازخورد (Feedback) و تنظیم همه‌جانبه فرایند است. کنترل مستمر و دقیق سطح، دما، فشار و جریان سیالات در همه کاربردهای فرایندی مهم و حیاتی است زیرا اعمال تغییرات کوچک در این پارامترها می تواند اثرات بزرگی در خروجی فرایند داشته باشد. کنترل فرایند به وسیله سیستم کنترل به عنوان مغز سیستم، ابزارهای دقیق به عنوان حواس و شیرهای کنترلی به عنوان ابزارهای کنترل، حضور و تاثیر خود را به عنوان سیستم کنترل و نظارت بر یک سیستم فرایندی اعمال می کند. کنترل فاکتورهایی نظیر مقدار یک ترکیب در فرایند، دما، فشار و چگونگی مخلوط شدن یا جداشدن ترکیبات از یکدیگر شده‌اند، همگی در کیفیت محصول نهایی تاثیرگذار می‌باشند. افزایش کارآمدی، اطمینان از ایمنی و کاهش تغییرپذیری مشخصه‌های مهم در یک سیستم کنترل فرایندی محسوب می‌شوند.

» افزایش کارآمدی

جهت حداکثر شدن بهره‌وری در برخی از فرایندها، می‌بایست فرایند در نقطه خاصی (Set point) تنظیم شود، برای مثال، یک نقطه کنترلی ممکن است دمایی باشد که یک واکنش شیمیایی در آن صورت می گیرد. بنابراین با کنترل دقیق دما می توان بهره‌وری فرایند را تضمین نمود.

» اطمینان از ایمنی

در یک عملیات فرایندی، هنگامی که همه متغیرها و شرایط تحت کنترل دقیق قرار نگیرند، همواره امکان به بار آمدن فاجعه ممکن است، برای مثال در هنگام عملیات یک بویلر اگر فشار و دما به همراه کنترل سوخت و هوای ورودی و همچنین کنترل گازهای خروجی به صورت دقیق انجام نشود. این بویلر مانند بشکه باروتی خواهد بود که در نزدیکی شعله آتش قرار گرفته است.



شکل ۱:
طرح گاورنر ساخت جیمزوات در سال ۱۷۸۸ میلادی

شکل ۲: کریولیس، یک تجهیز اندازه‌گیری در حلقه کنترل

» کاهش تغییرپذیری

کنترل فرایند می‌تواند با کاهش تغییرپذیری، تولید مستمر محصول با کیفیت مطلوب را تضمین کند. برای مثال در فرایند تولید گازوئیل، بیش از ۱۲ عنصر با هم ترکیب می‌شوند تا به درجه دلخواهی از کیفیت گازوئیل برسیم. اگر فرایند پالایش، کنترل دقیقی بر پارامترهای مختلف سیالات مورد پالایش نداشته باشد، گازوئیل خروجی ممکن است دارای درصد اکتان بالایی باشد. در این حالت مشتری با پرداخت پول کم، گازوئیل با درجه کیفیت بالایی را دریافت کرده و این درحالی‌است که فرایند پالایش پرهزینه‌تر از قیمت فروش گازوئیل بوده و این به معنی زیان تولیدکننده است. در حالت عکس این موضوع هنگامی که به دلیل تغییرپذیری، افت کیفیت در محصول خروجی وجود داشته باشد، تولیدکننده اقدام به بالا بردن سطح کیفی کلیه محصولات تولیدی به سطحی بالاتر از سطح قابل قبول می‌کند تا با این روش احتمال کاهش کیفیت سطح محصولات به سطحی پایین‌تر از سطح مورد نیاز کاهش نیابد. به این روش پدینگ محصولات (Product padding) گفته می‌شود. در چنین حالتی سیستم‌های کنترل فرایند از طریق کاهش تغییرپذیری و نزدیک کردن نقطه مرجع (Set point) به مشخصه‌های واقعی محصول خروجی، می‌توانند هزینه‌های ناشی از روش پدینگ محصولات را کاهش دهند. در فرایند پالایش گاز نیز ترکیب گاز نهایی بسیار مهم است و در صورت نداشتن کیفیت مطلوب، استفاده از آن در شبکه سراسری و انتقال گاز مجاز نمی‌باشد. برای رسیدن به مشخصات مورد انتظار، باید ترکیبات مختلف گاز کنترل شده و به مقدار مشخصی برسند. در صورتی که کنترل پارامترهای مختلف سیال گاز به صورت مستمر و دقیق انجام نپذیرد، دستیابی به گاز شیرین نهایی با مشخصات درخواستی بسیار سخت و پرهزینه خواهد بود. بنابراین به‌واسطه یک سیستم کنترل فرایند مطمئن و دقیق می‌توان گاز خروجی را با مشخصات مورد انتظار تولید نمود.

شکل ۳: شیر کنترل، مهمترین تجهیز دریافت کننده فرمان در حلقه کنترل

۲ تجهیزات حلقه‌های کنترل

اساس یک سیستم کنترل مبتنی بر حلقه‌های متشکل از یک المان اندازه‌گیری، یک المان کنترل‌کننده و یک المان اِعمال فرمان اصلاحی در فرایند مورد کنترل می‌باشد. در این بخش المان‌ها و مفاهیم مرتبط با حلقه کنترل معرفی می‌شوند.

» سنسورها

سنسور(Sensor) یا آنچه که به فارسی سنجه ترجمه‌شده است، یک مبدل است که یک کمیت فیزیکی را اندازه‌گیری کرده و به یک سیگنال مناسب تبدیل می‌کند. در برخی موارد به ویژه در سیستم‌های اعلان خطر به سنسورها، آشکارساز(Detector) گفته می‌شود. این المان، اولین تجهیز اندازه‌گیری از نوع ابزاردقیق در یک حلقه سیستم کنترل فرایند به شمار می‌رود. با استفاده از این تجهیزات می‌توان مقدار پارامترهای مختلفی از قبیل دما، فشار، فلو و دیگر پارامترهای سیالات را اندازه‌گیری نموده و توسط یک فرستنده، مقدار اندازه‌گیری شده را به صورت یک پالس الکتریکی کنترلی به گیرنده‌ای در مرکز سیستم کنترل ارسال کرد. فشارسنج‌ها، ترمومترها، فلومترها تجهیزاتی هستند که از یک سنسور مناسب اندازه‌گیری کمیت فیزیکی متناظر بهره می‌گیرند. سنسورها یا همان اجزای ابتدایی سیستم کنترل، از تغییر در یکی از پارامترهای فیزیکی و احیاناً شیمیایی فرایند تاثیر می‌پذیرند و این تاثیر را به صورت یک سیگنال ارسال می‌کنند. سیگنال ارسالی ممکن است در ابتدا دارای ماهیت الکتریکی باشد و پس از تقویت به سیستم کنترل ارسال شود. اگر سیگنال دارای ماهیت الکتریکی نباشد، پس از تبدیل این سیگنال به سیگنال الکتریکی و تقویت آن، سیگنال مناسب به سیستم کنترل ارسال می‌شود. برای مثال، وقتی یک سیال هادی از داخل میدان مغناطیسی عبور می‌کند، این سیال ولتاژی تولید می‌کند که اندازه آن متناسب با سرعت سیال فرایند است. با اندازه‌گیری این ولتاژ می‌توان به نرخ فلو سیال دست یافت، این مکانیزم در فلومترهای الکترومغناطیسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مثال اشاره شده سنسور جریان الکتریکی ضعیفی تولید می‌کند که این جریان پس از تقویت می‌تواند به سیستم کنترل ارسال شود. برخی دیگر از سنسورها نظیر سنسورهای دود، تغییر صورت گرفته در میزان نور دریافتی سنسور با تغییر در میزان مقاومت، تغییر در مشخصات یک ماده نیمه‌هادی یا تغییر یک ماده شیمیایی را به صورت غیر مستقیم به جریان الکتریکی تبدیل می‌کنند.

» مبدل‌ها و تبدیل کننده‌ها

یک مبدل(Transducers) وسیله می‌باشد که یک سیگنال مکانیکی را به یک سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند. به عنوان مثال تغییر فشار در سطح جوشن‌های یک خازن می‌تواند باعث تغییر در ظرفیت خازنی شود. در نتیجه این تغییر می‌توان تغییر مکانیکی را به یک سیگنال الکتریکی متناسب تبدیل کرد. از این خاصیت در فشارسنج‌های خازنی استفاده می‌شود. نوع دیگری از مبدل‌ها(Converters) یک نوع سیگنال را به نوع دیگری تبدیل می‌کنند. برای مثال، یک تبدیل‌کننده ممکن است جریان را به ولتاژ یا یک سیگنال آنالوگ را به سیگنال دیجیتال تبدیل می‌کند. به عنوان مثال در سیستم‌های نیوماتیک، سیگنال‌های از جنس هوای فشرده در محدوده ۱۵psi-۳ می‌باشند. این سیگنال مورد استفاده عملگر برخی شیرهای کنترلی می‌باشد. در کنار این سیگنال، سیگنال پایه سیستم دارای مقدار دیجیتال یا مقدار آنالوگ ۲۰mA-۴ می‌باشد. برای برقراری ارتباط میان سیگنال نیوماتیک و سیگنال الکتریکی از مبدل استفاده می‌شود.

» ترانسمیتر

یک انتقال‌دهنده یا ترانسمیتر(Transmitter) وسیله‌ای است که مقدار خوانده شده توسط سنسور یا ترانسدیوسر را به یک سیگنال با سطح توان مناسب و استاندارد تبدیل می‌کند. این سیگنال پس از ترانسمیتر شرایط مناسب برای انتقال به یک کنترلر یا مونیتور را خواهد داشت. ترانسمیترهای فشار، فلو، دما و سطح نمونه‌هایی از ترانسمیترهای کاربردی می‌باشند.

» سیگنال

علایمی که توسط سنسور، ترانسدیوسر یا مبدل به سیستم کنترل ارسال یا از سیستم کنترل به تجهیزات کنترلی نظیر شیر کنترل ارسال می‌شود، سیگنال نامیده می‌شوند. در سیستم کنترل سیگنال‌های آنالوگ، دیجیتال و نیوماتیک کاربرد دارند.

» سیگنال‌های نیوماتیک

سیگنال‌هایی از جنس هوای فشرده که متناسب با تغییر فشار، تغییر می‌کنند، به نام سیگنال نیوماتیک شناخته می‌شوند. در صنعت این سیگنال دارای مقدار استانداردی در محدوده بین ۱۵psi-۳ می‌باشد. مقدار ۳ مربوط به حد پایین(LRV) و مقدار ۱۵ مربوط به حد بالا(URV) می‌باشد. اگرچه سیگنال‌های نیوماتیک هنوز هم به صورت محدود کاربرد دارند، اما با ورود تجهیزات الکترونیکی به تدریج استفاده از این سیگنال‌ها به تدریج کاهش یافته است.

» سیگنال آنالوگ

معمولترین سیگنال کاربردی، سیگنال الکتریکی آنالوگ می‌باشد. مقدار استاندارد و کاربردی این سیگنال جریان الکتریکی محدوده ۲۰mA-۴ می‌باشد. سیگنال جریان نوعی نشانگر است که در آن ۴mA کوچکترین مقدار و معادل صفر و ۲۰mA بالاترین مقدار ممکن را نشان می‌دهد. برای مثال، فرایندی را در نظر بگیرید که باید دمای آن در ۱۰۰°C ثابت نگه داشته شود. یک سنسور دمایی از نوع RTD به همراه ترانسمیتر دمای فرایند در ۹۵°C را با یک سیگنال ۴mA و در دمای ۱۰۵°C را با سیگنال ۲۰mA به کنترلر اعلام می‌کند. با این سیستم دمای ۱۰۰°C معادل ۱۲mA خواهد بود. همانگونه که خاصیت مقاومتی سنسور با تغییر دما تغییر می‌کند، ترانسمیتر یک سیگنال ۲۰mA-۴ تولید می‌کند که متناسب با تغییرات دما خواهد بود. سیگنال‌های الکتریکی ۵v-۱ولت، استاندارد دیگری در این حوزه می‌باشد.

» سیگنال دیجیتال

سیگنال‌های دیجیتال نسل جدید سیگنال‌های کنترل فرایند می‌باشند. این سیگنال‌ها دارای مقادیر گسسته‌ای هستند که به روش‌های ویژه‌ای ترکیب می‌شوند تا نشان‌دهنده متغیرهای فرایندی

یا اطلاعات دیگری باشند. روش استفاده شده برای ترکیب سیگنال‌های دیجیتال را پروتکل می‌نامند. سازندگان ممکن است از یک پروتکل دیجیتال باز (Open) یا اختصاصی خاص خودشان استفاده کنند. برای استفاده از پروتکل‌های باز نیازی به خرید امتیاز استفاده از پروتکل نمی‌باشد.

» متغیر فرایند

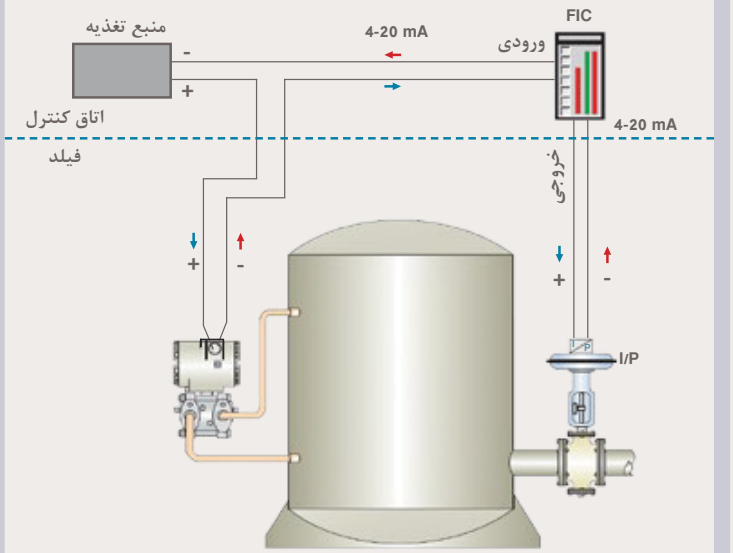
یک متغیر فرایند حالتی از سیال فرایند[مایع یا گاز] است که می‌تواند فرایند تولید را تحت تاثیر قرار بدهد. فشار، فلو، سطح، دما، چگالی، PH، جرم، رسانایی نمونه‌ای از متغییرهای فرایند می‌باشند.

» مقدار مرجع

مقدار مرجع (Set Point) برای یک متغیر فرایندی، مقداری مطلوب مورد انتظار می‌باشد. برای مثال اگر لازم باشد که دمای فرایند در محدود ۱۰۵°C-۹۵ حفظ بشود، مقدار مرجع ۱۰۰°C خواهد بود. یک سنسور دما در این مورد برای رصد کردن دما لازم است. این سنسور دمای فرایند را اندازه گیری می کند و یک کنترلر دمای قرائت شده از سنسور را با مقدار مرجع مقایسه می کند. اگر دمای قرائت شده ۱۱۰°C باشد کنترلر این مقدار را دریافت کرده و با توجه به اینکه دما فرایند بالاتر از مقدار مرجع می‌باشد، فرمان مناسب برای کاهش ارسال سوخت ارسال می گردد. باید توجه کرد که فرایند تنظیم دما در یک حلقه کنترلی انجام می‌شود و با بسته‌شدن تدریجی شیر کنترل سوخت، دمای کوره نیز به صورت پیوسته اندازه‌گیری می‌شود. با رسیدن دما به مقدار مطلوب عملیات بسته شدن شیر متوقف می گردد.

» متغیر اندازه گیری شده / متغیر تغییر داده شده

در یک حلقه کنترل دما، متغیر اندازه گیری شده، دما می‌باشد که بایستی در نزدیکی دمای مطلوب نگه داشته شود. در مثال قبل متغیر اندازه گیری شده (Manipulated Variable) همان متغیر فرایند می‌باشد. متغیر اندازه‌گیری شده متغیری است که مقدار آن باید در مقدار مرجع تعیین شده نگه داشته شود. لازم نیست که همواره متغیر اندازه‌گیری شده و متغیر فرایند یکی باشند. برای مثال برای تعیین سطح مخزن، می‌توان فلوی ورودی و خروجی را اندازه‌گیری نمود. در این مثال، فلو متغیر اندازه‌گیری شده بوده و سطح سیال فرایند متغیر فرایند می‌باشد. همچنین به پارامتری که تغییر می کند و تغییر آن متغیر اندازه‌گیری شده را در محدوده مقدار مرجع نگه می‌دارد متغیر تغییر داده شده گفته می‌شود. در مثال قبل متغیر تغییر داده شده فلو ورودی به مخزن می‌باشد.



شکل ۴: نمونه‌ای از تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل در حلقه‌های کنترلی

» خطا

به تفاوت بین متغیر اندازه‌گیری شده و مقدار مرجع در اصطلاح "خطا" گفته می‌شود. هدف هر استراتژی کنترلی کم کردن و یا از بین بردن خطا می‌باشد. بنابراین، ضروری است که مفهوم خطا به درستی درک شود. اندازه، مدت و نرخ اجزا خطا به حساب می آیند.

» خطای ماندگار

انحراف متغیر فرایند از مقدار مرجع که به صورت ماندگار تبدیل شده باشد را انحراف متغیر فرایند (Offset) می گویند. در مثال حلقه کنترلی دما، اگر دمای سیال فرایند به صورت ماندگار در ۱۰۰/۵°C تثبیت شود، خطای ماندگار برابر ۰/۵°C خواهد بود.

» بار اغتشاش

بار اغتشاش (Load Disturbance) یک تغییر ناخواسته در یکی از فاکتورهایی است که می توانند متغیر فرایند را تحت تاثیر قرار دهند. در مثال حلقه کنترلی دما، اضافه کردن سیال سرد به برج (Vessel) یک بار اغتشاش خواهد بود زیرا دمای سیال فرایند را کم می کند.

» الگوریتم کنترل

الگوریتم کنترل بیان ریاضی از تابع کنترل می‌باشد. در مثال حلقه کنترل دما، الگوریتم کنترل به این صورت $V=f(\pm e)$ می‌باشد که در آن e بیانگر خطا می‌باشد و V موقعیت شیر سوخت‌رسانی به صورت تابعی از خطا می‌باشد. الگوریتم‌های کنترل می‌توانند برای محاسبه نیازهای حلقه‌های کنترلی بسیار پیچیده‌تری از مثالی که بیان شد به کار گرفته شوند. در حلقه‌های کنترلی پیچیده‌تر، الگوریتم کنترل باید پاسخگوی سوالاتی از قبیل "چقدر شیر در پاسخ به یک انحراف مشخص از مقدار مرجع باید باز یا بسته شود؟" پاسخ دهد.

» کنترل دستی و اتوماتیک

قبل از اتوماسیون فرایند، انسان بجای ماشین بسیاری از کارهای کنترلی فرایند را انجام می‌داد. برای مثال، یک اپراتور انسانی ممکن بود با نگاه کردن به نشانگر سطح در زمانی که سطح به مقدار مرجع برسد، شیری را باز یا بسته نماید. عملیات کنترلی که برای تنظیم فرایند احتیاج به عملی از سوی اپراتور انسانی دارد را کنترل دستی می‌نامند. بالعکس، عملیات کنترلی که در آن به هیچ دخالتی از سوی اپراتور نیاز ندارد را کنترل اتوماتیک می‌نامند.

» حلقه‌های کنترلی باز و بسته

زمانی حلقه کنترلی بسته وجود دارد که متغیر فرایند اندازه‌گیری شده، با یک مقدار مرجع مقایسه شود و در نتیجه آن عملی انجام شود تا انحراف از مقدار مرجع تصحیح شود. حلقه کنترلی باز در زمانی مورد بحث واقع می‌شود که متغیر فرایند با چیزی قیاس نشود و عمل انجام شده توسط کنترلر، نه در جواب به بازخورد ارسالی از متغیر فرایند، بلکه بدون در نظر گرفتن این مقدار انجام شود. افزودن آب سرد به فرایند برای اجتناب از گرم شدن بیش از حد سیال طبق یک جدول زمانی از پیش تعیین شده و بدون در نظرگرفتن دمای واقعی سیال فرایند، نمونه‌ای از یک حلقه باز می‌باشد.

ادامه دارد

منابع

1- Instrumentation & Control, Process Control Fundamentals,PAControl.com, 2006
2 - Process-Indsutrial Instruments and Controls Handbook, Gregory K. McMILLAN, Fifth Edition, 1999, McGraw-Hill