

به نام خالق زیبایی‌ها

آشنایی با شیرهای کنترلی



مدرس : امیر حصیمی

پست الکترونیک: ahassimi@iooc.co.ir

ویرایش هفتم

بهار ۱۴۰۰

شیرهای کنترلی

جزوه آموزشی :

گروه مهندسی فرآیند

مدرس:

امیر حصیمی

صفحه ۳ از ۵۲

عنوان

فهرست مطالب

صفحه

مقدمه

۴

تاریخچه شیر کنترلی

۴

شیر کروی و انواع آن

۵

انواع شیر از لحاظ خصوصیات جریان

۸

جریان بحرانی

۹

تعاریف برای شیر کنترلی اتوماتیک

۱۲

طراحی شیر کنترلی

۱۴

کلاس فشاری شیر کنترلی

۲۰

اجزای شیر کنترلی

۲۱

شیرهای کنترلی تویی V

۲۹

آزمایشهای معمول و استانداردهای مهم شیرهای کنترلی

۳۳

جنس (material)

۳۵

پیوست‌ها

۳۶

مثالی عملی

۴۳

منابع

۵۲

صفحه ۴ از ۵۲	امیر حصیمی	مدرس:	گروه مهندسی فرآیند
--------------	------------	-------	--------------------

مقدمه

مطابق تعریف مندرج در استاندارد ISA-75.05 ، شیر کنترل وسیله‌ای است که با اعمال نیرویی غیر از نیروی دست عمل می‌نماید و میزان جریان سیال را در یک سیستم کنترل فرایندی تنظیم می‌کند. شیر کنترل شامل یک شیر است که به یک مکانیزم محرکه یا Actuator که توانایی تغییر عنصر کنترل کننده سیال را دارد متصل می‌باشد. این تغییر بر مبنای سیگنالی است که از سیستم کنترل دریافت می‌شود.

شیر کنترل نقش مهم و اساسی در یک صنعت فرایندی ایفا می‌نماید و قسمت زیادی از هزینه‌های خرید قطعات و دستگاه‌ها در صنایع، مربوط به شیر کنترل و سیستم های جانبی آن می‌باشد.

رشد شیرهای Rotary از سال ۱۹۵۰ تا سال ۱۹۸۰ از یک درصد به ۵۰ درصد رسیده است و کاربرد آن بیشتر و بیشتر شده است. اولین نوع از شیرهای Rotary نوع پروانه‌ای آن بود. شیرهای Rotary از لحاظ هزینه و نیز عملکرد، مزایایی را نسبت به شیرهای خطی از خودشان نشان دادند. شیرهای معروف Straight-through دارای ظرفیت جریانی یا همان Cv بیشتر می‌باشند ولی جزء شیرهای High Recovery بوده و مستعد ایجاد Choking و Cavitation می‌باشند. ولی از لحاظ وزن و ابعاد موقعیت مناسبی دارند. شیرهای Rotary دارای دامنه محدودتر فشار و دما نسبت به شیرهای Globe می‌باشند.

انتخاب شیرهای کنترلی قبلاً بر مبنای پارامترهای اولیه‌ای نظیر Pressure Rating ، دامنه جریان، افت فشار و .. بود اما اکنون تاکید بر هزینه‌ها می‌باشد. بنابراین شیرهای کنترلی باید از لحاظ هزینه‌های اولیه و هزینه‌های تعمیراتی، مناسب باشند ضمن اینکه می‌بایست خواص کنترلی خوبی داشته باشند. پارامترهای ثانویه در انتخاب شیر کنترل شامل نشستی‌های مجاز، خصوصیات جریانی، دما، لزجت و سایش می‌باشد.

همچنین می‌بایست مواردی همچون Noise جریان، محرک یا Actuator مناسب را با توجه به حداکثر اختلاف فشار بین دو طرف شیر (Max. Shut-off Differential Pressure) و نیز موقعیت دهنده شیر یا Positioner مشخص گردند.

مشخص نمودن اندازه شیر کنترلی که به آن Control Valve Sizing اطلاق می‌شود، بستگی به پارامترهای متغیری بنام Cv دارد. پارامترهای لازم جهت محاسبه ضریب جریانی مورد نیاز فرایند که در انتها با مثالی توضیح داده شده است، در استاندارد ISA مشخص شده است. همچنین تعریف این ضریب جریانی در ادامه ذکر شده است. باید دقت نمود که Cv مربوط به شیر کنترلی (اعم از دستی یا اتوماتیک) می‌باشد و به اشتباه "بنام ضریبی برای جریان" شناخته می‌شود. بر طبق تعریف این ضریب، نشان داده می‌شود که حداکثر دبی که از محلی از خط لوله که مقرر هست شیر کنترلی نصب گردد، در حالت کاملاً باز چقدر می‌باشد (زیرا 1 Psi افت فشار بسیار کمی می‌باشد).

تاریخچه شیر کنترلی

استفاده از شیر کنترلی حداقل به زمان رومیان بر می‌گردد، زمانی که آنها از شیرهای سماوری برنزی استفاده می‌کردند ولی استفاده از شیر کنترلی اتوماتیک ابتدا توسط جیمز وات در اواخر قرن ۱۸ میلادی انجام گردید. وی در ماشین بخار خود جهت کنترل سرعت، از شیرهای کنترلی استفاده نمود.

اجداد شیرهای کنترلی امروزی در قرن نوزدهم میلادی همزمان با کاربرد بیشتر بخار به بازار، گسترش یافتند. در اواخر قرن نوزدهم رگلاتورهای فشار به بازار آمدند. در سال ۱۸۸۰ ، ویلیام فیشر (William Fisher) مهندسی در ایالت آیوای آمریکا در پی راهی جهت کنترل فشار خروجی پمپ‌های آب آتش‌نشانی بود. با تلاش وی، تنظیم کننده‌هایی (governor) جهت پمپ‌ها ساخته شد و پس از آن شرکت Fisher تاسیس گردید. در سال ۱۹۰۷ این تنظیم کننده‌ها در نیروگاه‌های ایالات متحده، کانادا و انگلیس نصب شدند.

در سال ۱۸۸۲ آقای ویلیام ماسون (William Mason) شرکت "ماسون رگلاتور" را تاسیس نمود. این شرکت در قسمتی از شهر بوستون از ایالت ماساچوست قرار داشت. وی سپس تنظیم کننده‌های دیگری برای کشتی های بخار تولید نمود.

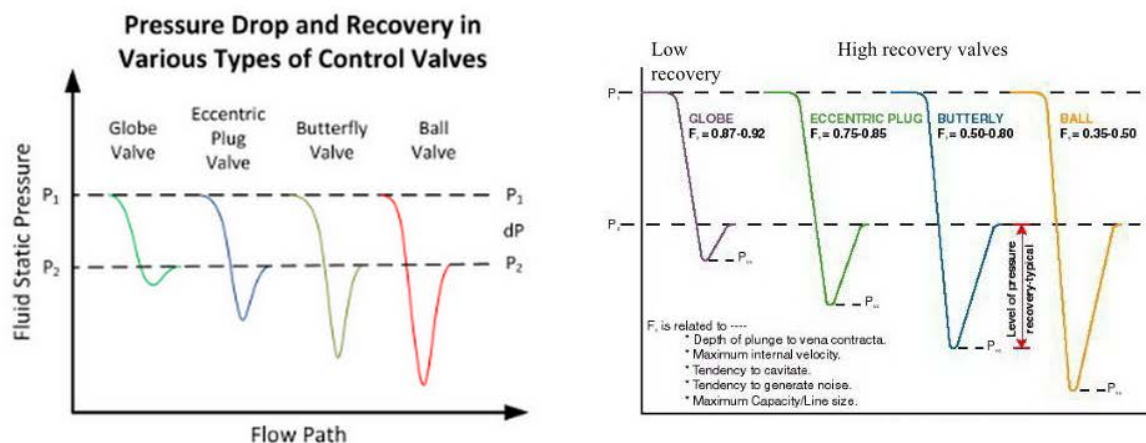
در سال ۱۸۹۰ رگلاتورها در کشتی‌های نیروی دریایی آمریکا مورد استفاده قرار گرفتند. شرکت‌های دیگری نیز در اواخر قرن نوزدهم جهت ساخت شیر کنترلی شروع به فعالیت نمودند. با رشد صنایع نفت و گاز نیاز به رگلاتورهای بزرگ بیشتر گردید و بنابراین رگلاتورهای پایلوت‌دار به بازار عرضه شدند. در سال های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ شرکت Hanlon-Waters، ابداعاتی در زمینه ساخت شیرهای کنترلی بعمل آورد. این شرکت در ایالت اوکلاهاما آمریکا قرار داشت.

تا سال ۱۹۳۰ جهت تعیین سائز شیرهای کنترلی، از نمودارهای شرکت Fisher استفاده می‌شد تا اینکه آقای Ralph Rockwell و آقای دکتر Mason از شرکت Foxboro فرمول‌هایی را جهت تعیین اندازه شیرهای کنترل ارائه نمودند. در این فرمول‌های اولیه، اثری از Cv نبود.

در سال های ۱۹۴۳ تا ۱۹۴۵ شرکت National Steam Specialty Club شروع به استانداردسازی جهت ابعاد شیرهای کنترلی (Face-To-Face) نمود. استانداردسازی نهایتاً بوسیله گروهی متشکل از Paul Elfers از شرکت Fisher و Ralph Rockwell از شرکت Mason-Neilan و .. تکمیل گردید.

اولین نوع شیرهای Rotary در سال ۱۹۳۰ توسط شرکت Mason-Neilan ساخته شد. در سال ۱۹۵۴ شیرهایی از نوع Saunders و پروانه‌ای (Butterfly) تولید شدند.

در بین سال های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۵ شیرهای هوشمند گسترش یافتند. شیرهای هوشمند شیرهایی هستند که از ترانسیمیتورهای هوشمند و Positioner های خود، استفاده نموده‌اند.



شکل شماره ۱. افت فشار درون انواع شیرها و بازیافت آن

شیر کروی^۱ و انواع آن

یکی از پرکاربردترین شیرهای صنعتی، شیرهای کروی یا globe می‌باشند که بیشتر برای کنترل جریان مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربرد آن برای کنترل و تنظیم جریان سیال، به جهت طراحی شکل بندآور و تغییر جهت حرکت سیال می‌باشد. نام این شیر نیز برگرفته از شکل ظاهری بدنه آن که شبیه یک کره است، می‌باشد. اجزای اساسی این نوع شیر شامل بدنه، درپوش، ساقه، بندآور، نشمینگاه و آب‌بندها می‌باشد. جهت ورود جریان به شیرهای کروی بسیار مهم است. این شیر در حالت مستقیم می‌تواند طوری قرار گیرد که جریان سیال از زیر بندآور وارد شیر شود (انرژی جنبشی سیال مانع از بسته شدن شیر شده و

¹ Globe Valve

صفحه ۶ از ۵۲	امیر حصیمی	مدرس:	گروه مهندسی فرآیند
--------------	------------	-------	--------------------

کمک به باز شدن آن نماید) و یا جریان سیال از بالای بندآور وارد گردد؛ که حالت اول جهت اجتناب از احتمال جدا شدن قطعه‌ای از مجموعه ساقه (Stem) و بندآور، برای مواقعی است که شیر بیشتر وظیفه کنترل جریان را داشته باشد و حالت دوم برای مواقعی که بستن سریع جریان مورد نیاز باشد، مفید است. در اینحالت، شیرها برای قطع و وصل کردن جریان و آب بندی کامل، مورد استفاده قرار می‌گیرند. باتوجه به موقعیت حرکت بندآور که می‌تواند از زیر نشیمنگاه تا نشیمنگاه و یا از بالای آن تا نشیمنگاه حرکت نماید و جهت نیروی هوا به دیافراگم، Air to What (Air to Close/Open) & Fail Closed/Open تعیین می‌گردد.

در هنگام مقایسه بین یک شیر کروی و یک شیر دروازه‌ای، معمولاً نشتی از نشیمنگاه شیر کروی کمتر می‌باشد. انواع آن از لحاظ ساختمانی شامل شیرهای T شکل، شیرهای Y شکل و شیرهای زاویه‌ای است که در ادامه به توضیح آنها می‌پردازیم.

به دلیل کاربردهای فراوانی که این نوع شیرها در صنعت دارند، طراحان دست به تغییراتی در ساختمان آنها زده‌اند تا متناسب با نیاز، استفاده از آنها برای موقعیت‌های جدید بهینه شود. این شیرها را می‌توان در سه دسته کلی تقسیم کرد:

شیرهای T شکل

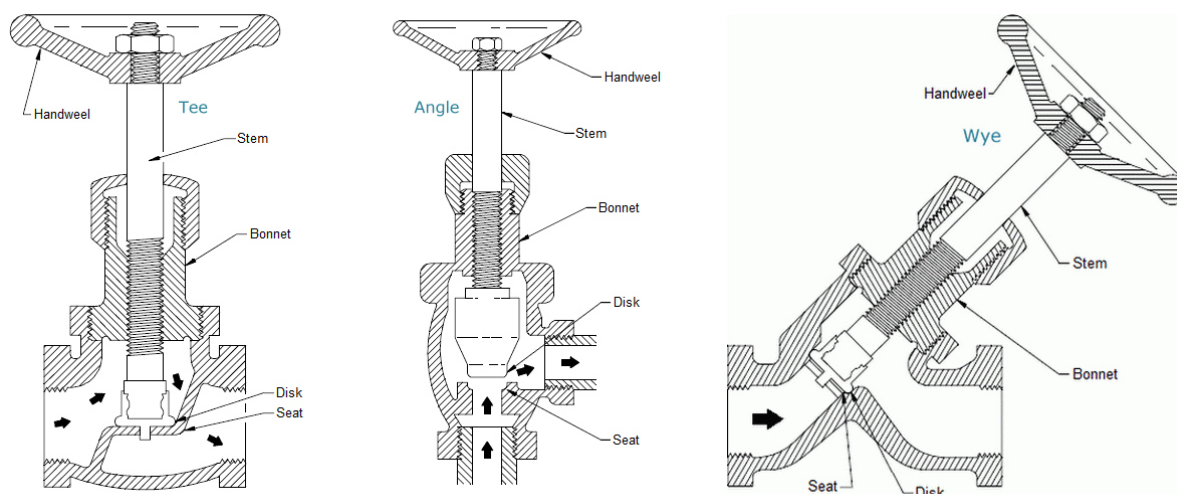
ساده ترین نوع شیرهای کروی می‌باشند. در این شیرها، سیال برای مواجهه با بندآور ۹۰ درجه تغییر جهت می‌دهد و برای ترک شیر نیز دوباره ۹۰ درجه تغییر جهت می‌دهد. این شیرها با طرح ساده و ابتدایی خود، علی رغم افت فشار بالایی که دارند (ظرفیت عبوردهی پایین تر جریان)، به دلیل هزینه ساخت پائین، بسیار به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال در شرایطی که جریان سیال به ندرت در مسیر برقرار می‌شود، مانند مسیرهای کنارگذر شیرهای کنترلی و یا در سرویس‌هایی که افت فشار اهمیت چندانی نداشته و تنها کنترل جریان مد نظر باشد، از این نوع شیرها استفاده می‌شود.

شیرهای Y شکل

در مواردی که نیاز باشد شیر به مدت طولانی در وضعیت کاملاً باز در سرویس قرار بگیرد، شکل T باعث افت فشار، اتلاف انرژی و فرسایش بدنه می‌شود؛ لذا در این موارد از نوع دیگری از شیرهای کروی با شکل Y استفاده می‌شود. در این طراحی با تغییری مختصر در ساختار شیر، خواص آن به طرز چشم گیری بهبود پیدا می‌کند. در حقیقت شکل Y دارای بیشترین ضریب جریان و پائین ترین افت فشار درون شیر در میان مدل‌های مختلف شیر کروی است. در این شیرها، سیال با تغییر زاویه ای کمتر از ۹۰ درجه وارد شده و مجدداً با تغییر زاویه‌ای کمتر از ۹۰ درجه از شیر خارج می‌شود. از این شیرها در کنترل جریان‌های فصلی که شیر در بازه‌های زمانی طولانی باز می‌ماند، یا در زمان های راه‌اندازی که نیاز به باز بودن شیر به مدت طولانی وجود دارد، به صورت گسترده‌ای استفاده می‌شود. از مزایای دیگر این طراحی این است که در خطوط drain که عموماً بسته‌اند، می‌توان رسوبات شکل گرفته در سمت پائین گذر را به سادگی و با سیخ زدن از شیر خارج نمود.

شیرهای زاویه‌ای

نوع سوم این شیرها، شیرهایی با ساختار زاویه‌ای می‌باشند. در این شیرها، سیال بدون تغییر جهت وارد شیر می‌شود و با ۹۰ درجه تغییر، شیر را ترک می‌کند. افت فشار در این شیرها، بیشتر از افت فشار شیرهای نوع Y می‌باشد. اما مزیت اینگونه شیرها، تغییر ۹۰ درجه‌ای جهت جریان بدون استفاده از زانویی است. همچنین در جریان‌هایی که شدت جریان به شدت و با ضربان تغییر می‌کند، مانند لوله‌هایی که جریان دوفازی دارند یا دائماً هوا می‌گیرند، استفاده از این شیرها بسیار مفید است، چرا که این شیرها به واسطه شکل و ساختارشان به سادگی نیروهای ناشی از ضربات سیال را تحمل می‌کنند. موارد کاربرد دیگر این نوع شیر کروی، برای سرویس‌های دارای flashing، خورنده (بخصوص به همراه استفاده از قطعه‌ای بنام sleeve در خروجی) و نیز مواردی که امکان تشکیل کک و امثال آن در شیر کنترلی وجود دارد، می‌باشد.



شکل شماره ۲. انواع شیر کروی از لحاظ ساختمانی

نسل اول تا سوم شیرهای کنترلی

طراحان برای حل مشکلات انتقال فشار و نیروی سیال به بندآور و ساقه و توسعه دامنه فشار و اندازه شیر، وارد عمل شده و نسل دوم شیرهای کروی را طراحی نمودند. زیرا در نسل اول این شیرها درحالتیکه جریان سیال از زیر بندآور وارد می‌شود، برای بستن شیر باید نیروی بسیار زیادی به ساقه اعمال کرد که اینکار با بکار بردن Actuator (Handwheel) بزرگتر انجام می‌شد که مشکل محدودیت جا، سنگین شدن Actuator و نیز افزایش زمان باز و بسته کردن شیر را به دنبال داشت. در نسل دوم این شیرها از دو بندآور و دو نشیمنگاه استفاده شده است^۲. در حالت بسته، از سوی سیال دو نیرو به دو بندآور شیر وارد می‌شود. با توجه به اینکه سطحی که تحت تأثیر فشار سیال سرویس قراردارد، در دو بندآور تقریباً مساوی است، از سوی سیال دو نیروی تقریباً مساوی و مختلف الجهت به مجموعه بندآورها و ساقه وارد می‌شود که یکدیگر را خنثی کرده (قسمت اعظم نیروها خنثی می‌شوند) و تعادل هیدرولیکی به وجود می‌آید. در نتیجه با نیروی کمی می‌توان شیر را باز و در حالت مخالف، بسته نمود.

مشکل رایجی که در شیرهای نسل دوم وجود داشت، این بود که آنها نمی‌توانستند جریان سیال را کاملاً قطع و آببندی نمایند. این مسأله در بسیاری از کاربردها یک نقطه ضعف اساسی به شمار می‌رفت. به همین دلیل طراحان در پی رفع این ایراد، نسل سوم شیرهای کروی را ابداع نمودند. در این شیرها، بندآور به شکل یک استوانه است که با کمک یک cage^۳، در مسیر حرکت خود به سهولت حرکت می‌کند (در ادامه توضیح بیشتری در مورد آن در قسمت اجزای شیر داده خواهد شد). وظیفه این راهنما، جلوگیری از انحراف و لق‌زدن استوانه مذکور می‌باشد. بدنه این شیرها را می‌توان به سه منطقه تقسیم کرد: منطقه اول، ورودی شیر؛ منطقه دوم، بخش خروجی و در آخر، منطقه موازنه کننده فشار قرار دارد. باید توجه داشت که به دلیل وجود مجراهایی در بندآور^۳، بخش ورودی همیشه با بخش درپوش هم فشار است. در حالتی که شیر بسته است، سیال به واسطه وجود تجهیزات آببندی در بالا و پایین راهنمای بندآور، به بیرون نشت نخواهد کرد، اما با حرکت بندآور و بالا رفتن آن، مسیر خروج سیال باز شده و سیال جریان پیدا می‌کند. باز هم به دلیل وجود مجراهای ارتباطی بین بخش‌های پایین و بالای بندآور، بالانس هیدرولیکی برقرار بوده و شیر به سادگی باز یا بسته خواهد شد.

^۲ Double Seated (Double Port) Globe Control Valve

^۳ Balancing Hole

لازم به ذکر می‌باشد که همگی انواع شیرهای کنترلی این نسل، شامل cage و بندرآور آن‌ها نیز دارای سوراخ هم‌فشار کننده نیستند.

البته برای کنترل‌های خاص جریانی، از گونه‌های خاص شیرهای کنترلی با بدنه توپی، مانند شیرهای V-Port Ball Control Valve و V-ball Control Valve نیز استفاده می‌گردد که در ادامه مقداری در مورد آنها نیز توضیح داده خواهد شد.



شکل شماره ۳. V-Port & X-Port Ball Control Valve

انواع شیر از لحاظ خصوصیات جریانی (Flow Characteristics)

انواع آن شامل Quick Opening ، Linear و Equal Percentage می‌باشد. شیر نوع Quick Opening در حرکت‌های اولیه ساقه (تا حدود ۳۰٪)، دبی زیادی را از خود عبور می‌دهد و در انتهای حرکت ساقه، جریان کمی از شیر عبور می‌کند. این نوع شیر برای کاربردهای قطع-وصل جریان استفاده می‌شود که جهت ایجاد سریع دبی بیشینه طراحی شده است. در شیر از نوع Linear نسبت تغییرات حرکت شیر و تغییرات مقدار جریان، بدون توجه به موقعیت بندآور، همیشه یکسان است. بعنوان مثال در موقعیت ۲۰٪ باز بودن این نوع شیر، ۲۰٪ جریان را خواهیم داشت. از این نوع شیر در جایی که افت فشار شیر سهم عمده‌ای از افت فشار کلی سیستم دارد، استفاده می‌گردد. در شیر از نوع Equal Percentage تغییر در مقدار جریان به ازای تغییر واحد در حرکت شیر، مستقیماً متناسب با مقدار جریانی است که درست قبل از بوجود آمدن تغییر، وجود داشته است. بعبارت دیگر وقتی مقدار جریان کم است، تغییرات کم و وقتی مقدار جریان زیاد است، تغییرات نیز زیاد خواهد بود. عموماً از این نوع شیر در کنترل فشار استفاده می‌شود.

برای طراحی شیرهای کروی (دستی یا اتوماتیک) و تعیین میزان دبی سیالی که از خود عبور می‌دهند، یک ضریب جریانی شیر یعنی Valve Flow Coefficient (C_v) یا فاکتور جریانی یعنی Flow Factor (K_v) تعریف می‌گردد. تعریف ضریب جریانی شیر در سیستم آحاد انگلیسی به صورت مقدار دبی آب برحسب gal/min در دمای $60^\circ F$ است که از شیری با افت فشار ۱ psi عبور می‌کند.

مزایای شیر کروی: سرعت نسبتاً بالای واکنش شیر بعلا فاصله کمی که بندآور بین حالت باز و بسته طی می‌کند و نیز سادگی تعمیر آن بدون نیاز به جدا شدن از خط لوله.

معایب شیر کروی: اساسی‌ترین مشکل این نوع شیر، انتقال فشار و نیروی سیال به بندآور و ساقه می‌باشد. همچنین مواردی چون میزان نشت‌بندی و ضریب جریانی پایین‌تر نسبت به بعضی از انواع دیگر شیرهای کنترلی

شیرهای کنترلی

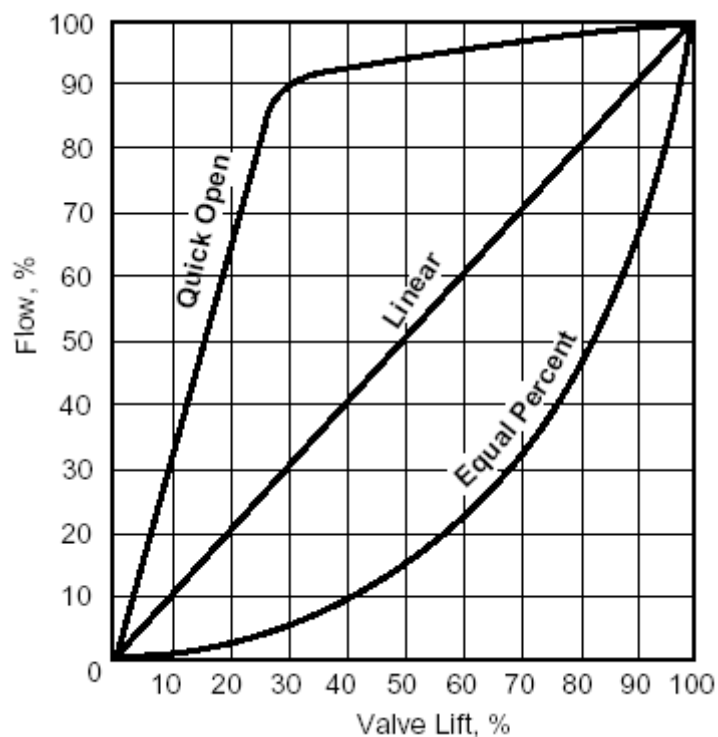
جزوه آموزشی :

صفحه ۹ از ۵۲

امیر حصیمی

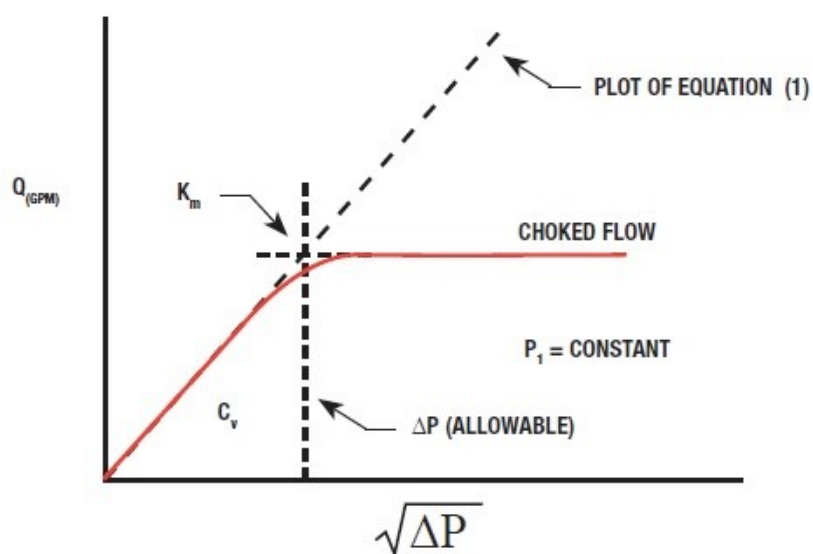
مدرس:

گروه مهندسی فرآیند



شکل شماره ۴. مشخصات جریان شیر کنترلی

جریان بحرانی^۴



شکل شماره ۵. شماتیک جریان چوک شده

⁴ Critical Flow

چوک شدن جریان: این پدیده، یک اثر جریان تراکم‌پذیر بوده که در هنگام عبور یک سیال از یک محدود کننده جریان (مانند گلوگاه یک نازل یا شیر در یک لوله) بوجود می‌آید که دینامیک سیالات و اثر ونتوری (Venturi Effect) با یکدیگر همراه می‌گردند (پارامتر محدود شده یا چوک شده، سرعت سیال می‌باشد). در حالت سرعت پایین‌تر از سرعت صوت، بعلاوه عبور سیال از سطح مقطع کوچکتر و با توجه به اصل بقای جرم، سرعت سیال زیاد می‌گردد درحالی‌که، در همان زمان، بخاطر اثر ونتوری، فشار استاتیک (به P در معادله برنولی، فشار استاتیک و به $\frac{1}{2} \rho v^2$ فشار دینامیکی اطلاق می‌گردد) و در نتیجه دانسیته سیال در پایین دست محدودکننده جریانی، کاهش می‌یابد. جریان چوک شده یک حالت حدی می‌باشد که نرخ جریان با کاهش بیشتر در فشار پایین دست، مادامیکه فشار بالادست معین باشد، افزایش نمی‌یابد. در این حالت دبی جرمی از فشار پایین دست مستقل گردیده و فقط به دما و فشار و نتیجتاً دانسیته گاز بالادست محدود کننده جریانی، وابستگی پیدا می‌نماید. (در Choke Valve ها که برای محدود نمودن و تنظیم دبی تولیدی از چاههای نفت و گاز، قبل از لوله جریانی، از آنها استفاده می‌گردد، از همین اصل استفاده شده تا دبی تولیدی چاه، مستقل از فشار در پایین دست که همان تاسیسات فراورش است، گردد).

در حالت جریان یا سیال تراکم‌ناپذیر مانند آب یا مایعات، دانسیته ثابت می‌ماند. در اینحالت نوعی دیگر از چوک شدن جریان بوجود می‌آید که درصورت کاهش فشار مایع در پایین دست محدودکننده جریانی به زیر فشار بخار آن در آن دما، پدیده کاویتاسیون و flashing رخ می‌دهد. به این ترتیب، تشکیل حباب های بخار، از افزایش نرخ جریان ممانعت می‌نماید. دبی جرمی و حجمی در اینحالت، از فشار بالا و پایین دست شیر کنترلی، مستقل خواهد بود. جریان در زیر حالت جریان چوک، Sub-Critical و بالای آنرا Critical یا بحرانی می‌گویند.

$$\text{Critical Pressure Ratio} = \frac{P_{\text{critical}}}{P_{\text{upstream}}} = R_c = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

که

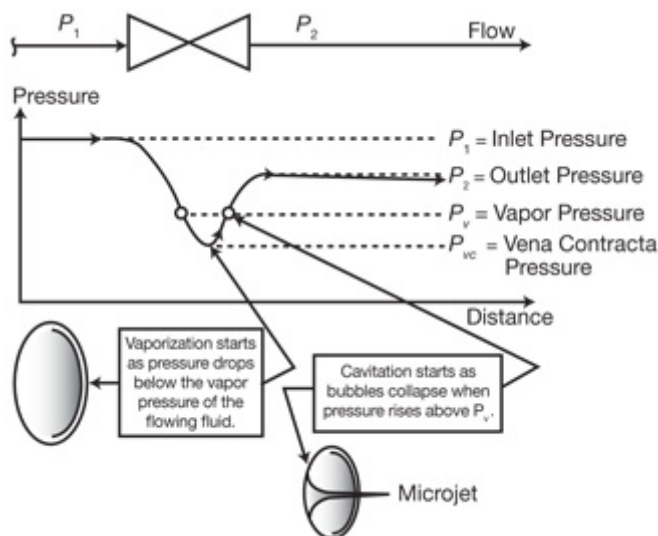
$$K = \frac{C_p}{C_v}$$

اگر نسبت P_2 (پایین دست) به P_1 (بالادست) کوچکتر و مساوی R_c باشد، جریان بحرانی خواهد بود. برای انتخاب شیر کنترلی با C_v مناسب، می‌بایست پدیده‌های Flashing و Cavitation در قسمت نشیمنگاه شیر، جایی که فشار به ناگهان افت پیدا می‌کند را نیز در نظر گرفته و محاسبات آن انجام گیرد:

در پدیده Flashing، فشار استاتیک خروجی، به زیر فشار بخار سیال در دمای عملیات که افت نماید، در همان حالت نگه داشته می‌شود و سیال تبخیر می‌گردد که در اینحالت تجهیز می‌شود مثل شیر کنترلی، بخاطر ساییدگی یا erosion بواسطه سرعت بالای سیال بخاطر انبساط مایع به بخار، دچار آسیب می‌گردد ولی در پدیده کاویتاسیون، بعد از جوشش و تبخیر، فشار استاتیک سیال در پایین دست نقطه Vena Contracta بازیابی شده و بنابراین حباب‌های ایجاد شده، بهم پیوسته و ترکیده و ایجاد Shock Wave و Microjet کرده که لطمه بسیار جدی‌تری به تجهیز وارد می‌نماید (تفاوت این دو نوع کاویتاسیون یعنی نوع ایستایی و غیرایستایی در نیروی متقارن و نامتقارن وارد شده به حبابها می‌باشد که به ترتیب باعث بوجود آمدن Shock Wave و Microjet می‌گردد).

برای تخمین پدیده کاویتاسیون، می‌بایست Cavitation Index را محاسبه نمود (Sigma Method) که عبارتست از :

$$\text{Cavitation Index} = (P_1 - P_v) / (P_1 - P_2)$$



شکل شماره ۶. نقطه Vena Contracta در شیر کروی

که P_v فشار بخار مایع در دمای عملیاتی می‌باشد که به تجربه و بصورت زیر احتمال پدیده کاویتاسیون تخمین زده می‌گردد:

Cavitation Index $\gg 2$	کاویتاسیون رخ نمی‌دهد
$1.7 < \text{Cavitation Index} < 2$	نیاز به کنترل کاویتاسیون نمی‌باشد
$1.5 < \text{Cavitation Index} < 1.7$	تا حدودی نیاز به کنترل کاویتاسیون می‌باشد
$1 < \text{Cavitation Index} < 1.5$	پتانسیل برای کاویتاسیون جدی وجود دارد
Cavitation Index $\ll 1$	Flashing در حال رخ دادن است

اما برای تخمین دقیق‌تر، بایستی به روابط موجود در استاندارد ANSI/ISA 75.23 مراجعه نماییم و اینکه تعیین نماییم که در کدام مرحله از cavitation هستیم.

بر این اساس، مراحل مختلف کاویتاسیون به شرح زیر می‌باشد :

- Incipient Cavitation, σ_i
- Constant Cavitation, σ_c
- Incipient Damage Cavitation, σ_{id}
- Choking Cavitation, σ_{ch}
- Maximum Intensity of Vibration, σ_{mv}

توضیح هر مرحله، در جزوه طراحی شیرهای کنترلی آمده است.

البته استفاده از روابطی که اختلاف فشار دو طرف شیر کنترلی را با جمله $K_m \cdot (P_1 - R_c \cdot P_v)$ برای پیش‌بینی پدیده choking مقایسه می‌نماید که

K_m =Valve Recovery Coefficient

R_c =Critical Pressure Ratio (depending on P_v/P_c , P_c = Absolute Critical Pressure of Liquid)

P_v = Vapor Pressure of the Liquid at body inlet temperature

و اختلاف فشار دو طرف شیر کنترلی را با جمله $K_c \cdot (P_1 - P_v)$ برای پیش‌بینی پدیده کاویتاسیون مقایسه می‌نماید که

K_c =Cavitation Index

نیز برای بعضی از شرکت‌های معتبر سازنده شیرهای کنترلی (مانند شرکت Emerson)، معمول می‌باشد.

بطور کلی می‌توان گفت که در انتخاب یک شیر، فاکتورهای زیادی دخیل هستند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱- محیط و شرایط محیطی مانند خوردگی، سایش، دما و فشار
- ۲- خصوصیات جریان شیر
- ۳- اندازه شیر (باید کاملاً با توجه به شرایط فرایندی در نظر گرفته شود)
- ۴- کلاس فشاری شیر (باید با شرایط فشار و نیز دمای فرایند مطابقت داشته باشد)

تعاریف برای شیر کنترلی اتوماتیک

Process Gain (K_p) : که با **Controller or Proportional Gain (K_c)** متفاوت است و بهره فرایند می‌باشد یعنی در پاسخ به تغییر در خروجی کنترل‌کننده، چقدر متغیر فرایندی اندازه‌گیری شده تغییر خواهد نمود. بهره کنترل‌کننده یا بهره تناسبی به صورت تقسیم عدد ۱۰۰ بر **Proportional Band** تعریف می‌گردد.

Set Point (SP): مقدار مقرر یا مطلوب برای متغیر فرایندی که می‌بایست بر روی آن مقدار تنظیم گردد.

PV (Process Value): مقدار متغیر فرایندی اندازه‌گیری شده مانند فشار یک تفکیک‌گر یا دمای نفت

OP (Output): خروجی کنترلر در زمان t می‌باشد مانند مقدار باز بودن شیر کنترلی

اغتشاش: تغییری است ناخواسته که در متغیرهای خارجی فرایند، صورت می‌گیرد مانند تغییر دمای محیط که باعث می‌شود تغییرهای خروجی از مقادیر مطلوب انحراف پیدا نمایند.

خطا (error): اختلاف بین SP و PV در هر لحظه

افت کنترل یا خطای ماندگار (offset): خطای حالت پایدار می‌باشد، یعنی اختلاف بین SP و PV، هنگامیکه زمان به بی نهایت میل نماید.

overshoot: مقداری است که متغیر فرایندی از مقدار مقرر در خلال یک تغییر در بار سیستم یا در مقدار مقرر، تجاوز می‌نماید. درواقع همان عکس‌العمل شدید سیستم در لحظه ورود یک تغییر به آن می‌باشد.

زمان مرده (Dead Time): اختلاف زمان بین لحظه وارد شدن اغتشاش و لحظه شروع پاسخ سیستم کنترلی می‌باشد که به آن گاهی **delay** نیز اطلاق می‌گردد. این زمان مرده به ماهیت فرایند، موقعیت دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنترلر کننده‌ها بستگی دارد. زمان انتقال مواد یا انرژی از نقطه‌ای از واحد به نقطه دیگر، اغتشاشات خارجی و لوپهای کنترلی باعث بوجود آمدن این تاخیر در سیستم فرایندی می‌شود.

تاخیر زمانی (Lag Time): میزان زمان بعد از زمان مرده می‌باشد که متغیر فرایندی نیاز دارد تا به ۶۳٫۳ درصد از مقدار نهایی خود، پس از یک تغییر پله‌ای در موقعیت شیر برسد. این مفهوم با متغیر قابل مقداردهی که در بعضی از سیستم‌های کنترلی وجود دارد و سرعت عکس‌العمل یک کنترل‌کننده را می‌توان با آن تنظیم نمود، متفاوت است.

کنترل کننده های (PID(Proportional-Integral-Derivative :

بصورت خلاصه می توان گفت، اگر کنترلی وجود نداشته باشد، مقدار متغیر تا رسیدن به مقدار جدید حالت یکنواخت، افزایش می یابد. حال اگر کنترل تناسبی (Proportional Control) وجود داشته باشد، سیستم کنترل قادر است که افزایش متغیر اندازه گیری را متوقف نماید و در نهایت، در یک حالت یکنواخت جدید نگاه دارد. اضافه نمودن کنترل انتگرالی باعث حذف افت کنترل (offset) می گردد و متغیر اندازه گیری شده در نهایت به مقدار معین شده باز می گردد. این، مزیت کنترل انتگرالی با زیان بخشی رفتار نوسانی تر آن می باشد. اضافه نمودن کنترل مشتقی بهبودی خاصی در پاسخ، ایجاد می نماید. افزایش متغیر اندازه گیری شده، سریعتر و با نوسان کمتر، متوقف می شود.

درواقع اگر به پاسخی سریع در مقابل اغتشاش ورودی نیاز باشد یا افت کنترل حالت پایدار مهم نباشد، استفاده از کنترلر فقط تناسبی، مناسب است. بطور کلی افزایش k تناسبی، باعث کنترل دقیق تر و بهتر فرآیند می گردد، اما آنرا نمی توان نامحدود افزایش داد زیرا افزایش بیشتر از محدوده پایداری، باعث ناپایداری در پاسخ سیستم می گردد و با افزایش آن نیز در محدوده پایداری، زمان رسیدن به پاسخ نهایی، کاهش اما نوسان پاسخ افزایش می یابد. هنگامیکه وجود خطا نامطلوب باشد، می بایست از عمل انتگرال گیری برای رفع آن استفاده نمود. نقص عمل انتگرالی افزایش نوسان پاسخ می باشد و احتمال ناپایداری در فرایند را نیز افزایش می دهد. هرچه این عمل طولانی تر باشد، احتمال ناپایداری بیشتر است. اگر پاسخ کنترلر تناسبی-انتگرالی در مقابل اغتشاش به حد کافی نباشد، می توان از عمل مشتق گیری نیز استفاده نمود تا دوره نوسان پاسخ را کاهش داد. درواقع به این ترتیب با محاسبه مشتق تغییرات، جهت تغییرات خطا نسبت به SP مشخص می گردد.

در عمل تناسبی، رابطه ای خطی بین ورودی یا خطا و خروجی کنترل کننده وجود دارد، در عمل مشتقی، خروجی کنترل کننده متناسب با نرخ تغییرات ورودی یا خطا (مشتق خطا نسبت به زمان) نسبت به زمان می باشد و در عمل انتگرالی، خروجی کنترل کننده متناسب با انتگرال ورودی یا خطا می باشد.

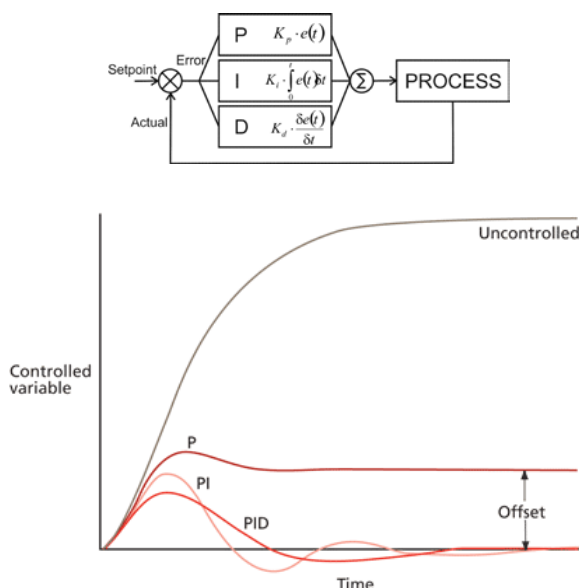
روشهای مختلفی جهت تنظیم مدار کنترل کننده PID وجود دارد. معمولاً موثرترین روشها نیازمند توسعه بعضی از حالات مدل فرایندی و سپس انتخاب پارامترهای تناسبی، انتگرالی و مشتقی بر اساس پارامترهای مدل دینامیکی می باشد. روشهای تنظیم دستی، بخصوص برای سیستمهایی با زمانهای مدار طولانی، می تواند نسبتاً زمان بر باشد. انتخاب روش تاحد زیادی تابع اینکه آیا بتوان مدار کنترلی را بصورت offline درآورد یا خیر و تابع زمان پاسخ سیستم می باشد. اگر سیستم را بتوان offline نمود، اغلب بهترین روش تنظیم، متضمن تحمیل سیستم به یک تغییر پله ای در ورودی، اندازه گیری خروجی بصورت تابعی از زمان و استفاده از این پاسخ جهت تعیین پارامترهای کنترلی می باشد.

روشهای مختلف تنظیم پارامترهای کنترلی عبارتند از: تنظیم دستی، Ziegler-Nichols ، Tyreus-Luyben ، Cohen-Coon و ابزارهای نرم افزاری می باشد که هر یک، مزایا و معایبی دارند.

روشهای کنترلی دیگری نیز وجود دارد مانند MPC (Model Predictive Control) و LQR

کنترل پیش بین یا MPC ، نوعی کنترل پیشرفته فرایند است که از دهه ۱۹۸۰ در صنایع فرایندی در تاسیسات شیمیایی و پالایشگاههای نفت به کار می رود. در سالهای اخیر، این کنترل در مدل های بالانس سیستمهای قدرت نیز به کار رفته است. کنترل کننده های پیش بین، مبتنی بر مدل های دینامیکی فرایند، عمدتاً مدل های خطی تجربی هستند که با شناسایی سیستم به دست آمده اند. این نوع کنترل، توانایی پیش بینی رخداد های آینده و اتخاذ اعمال کنترلی متناسب با آنها را دارد، درحالی که

کنترل کننده‌های PID و LQR این توانایی پیش‌بینی را ندارند. کنترل پیش‌بین بطور کلی بصورت یک کنترل دیجیتالی بکار برده می‌شود.



شکل شماره ۷. اثر افزودن کنترلهای گوناگون به سیستم در کنترل کننده‌های PID

طراحی شیر کنترلی^۵

برای طراحی بایستی تعاریف زیر را کاملاً درک نمود (در مورد تعدادی از آنها قبلاً بحث شد):

Cavitation:

Occurs in liquid service when the pressure in the valve body falls below the vapour pressure of the liquid. The bubbles which are formed will implode immediately or shortly after leaving the valve, due to the downstream pressure of the control valve recovering to rise above the liquid vapor pressure.

Choked Flow:

Is a situation in which, for either compressible or incompressible fluids with fixed inlet conditions, decreasing downstream pressure fails to produce further increases in flowrate at a constant valve opening.

Compressible Fluid:

Is a fluid whose density will decrease by 10% or greater if the pressure drop due to the flow of a gas through a system is large enough relative to the inlet pressure.

Design Condition:

⁵ Control Valve Sizing

Is the set of process conditions under which the total plant or part of the plant is calculated, main equipment is ordered, etc.

NOTE: During a plant start-up or shutdown situation, conditions other than design condition may exist.

Flashing:

Occurs, for liquids only, when the pressure in the valve body falls below the liquid's vapour pressure. The bubbles thus formed remain as vapour in the fluid, owing to the fact that the downstream pressure of the control valve is below the liquid's vapour pressure.

Flow Coefficient:

Is the flow capacity of a control valve, commonly expressed by the "Cv" factor or "Kv" factor.

*The C_v of a control valve is defined as the quantity of water, at 60 °F, in US gallons per minute, that will flow through the valve at a specified travel with a pressure drop of 1 psi.

*The K_v of a control valve is defined as the quantity of water in m³/h, at a temperature between 5 and 40 °C, that will flow through the valve at a specified travel with a pressure drop of 1 bar.

$$*K_v = 0.856 C_v.$$

Fluid mixture is a mixture of various gases, a mixture of various liquids, a mixture of liquid with a non-associated gas or a mixture of a liquid with its saturated vapour.

NOTE: Other type of mixtures, such as with solids, etc., are not considered.

Incompressible Fluid:

Is a liquid or it is a gas whose density change within the system is less than 10% .

مثال از استاندارد ANSI/ISA-75.01 :

حالت ساده و برای سیال تراکم ناپذیر آب و حالت بدون چوک شدن جریان را در نظر می گیریم:

دمای ورودی = ۳۶۳ کلوین

Density = 965.4 kg/m³

Vapour Pressure = 70.1 Kpa

Critical Pressure = 22120 Kpa

Kinematic Viscosity = 3.26 x10⁻⁷ m²/sec

فشار مطلق ورودی =

680 kpa

فشار مطلق خروجی =

شیرهای کنترلی

جزوه آموزشی :

گروه مهندسی فرآیند

مدرس:

امیر حصیمی

صفحه ۱۶ از ۵۲

220 kpa

Flowrate = 360 m³/hr

Pipe Size: D1=D2=150 mm

مشخصات شیر انتخابی :

Trim= Parabolic Plug

Flow Direction = Flow to Open

Valve Size: D=150 mm

از جدول شماره ۲ (پیوست شماره ۳) داریم :

Liquid Pressure Recovery Factor, $F_L = 0.90$

Valve Style Modifier, $F_d = 0.46$

حل:

برای چنین دبی و سیال آب که از نوع شیر بالا موجود است، بر اساس استاندارد ISA، ضریب جریان را پیدا می‌نماییم:

نمودار درختی B.1 (پیوست شماره ۱) را در نظر می‌گیریم.

باتوجه به مقادیر فشار بخار و فشار بحرانی داریم :

$$F_F \text{ (Liquid critical pressure ratio factor)} = 0.96 - 0.28 \sqrt{\frac{P_v}{P_c}} = 0.944$$

برای تعیین نوع جریان :

$$F_L^2 (P_1 - F_F \times P_v) = 497 \cdot 2 \text{ Kpa}$$

که از اختلاف فشار ۴۶۰ کیلوپاسکال بیشتر بوده و در نتیجه، جریان بصورت non-choked می‌باشد.

برای محاسبه Cavitation Index داریم:

$$\text{Cavitation Index} = (P_1 - P_v) / (P_1 - P_2) = 1.32$$

که باتوجه به جدول موجود، پتانسیل برای کاویتاسیون جدی وجود دارد.

اما همانطور که گفته شد، برای تخمین دقیق‌تر، بایستی به روابط موجود در استاندارد ANSI/ISA 75.23 مراجعه نماییم (تیوری این موضوع در جزوه بعدی اینجانب که مثال‌هایی از مدارک شرکت VALTEK در آن حل شده، آمده است) و اینکه تعیین نماییم که در کدام مرحله از cavitation هستیم. در مثال بعدی، به این مساله پرداخته می‌شود.

به علت عدم وجود reducer یا اتصالات، نیازی به محاسبه Geometry Factor و تصحیح ضریب جریانی شیر نمی‌باشد و مقدار F_p را برابر مقدار یک در نظر می‌گیریم. پس ضریب جریانی C توسط معادله زیر (رابطه شماره ۱) برای اولین بار محاسبه می‌گردد (جریان چوک نشده و بدون وجود reducer):

شیرهای کنترلی

جزوه آموزشی :

گروه مهندسی فرآیند

مدرس:

امیر حصیمی

صفحه ۱۷ از ۵۲

$$C = \frac{Q}{N_1} \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_0 \Delta P}} = 165 \frac{m^3}{h} \text{ for } K_v$$

که از جدول شماره ۱ (پیوست شماره ۲) برای مقدار N_1 داریم: 1×10^{-1} و نیز با توجه به دبی $(360 \text{ m}^3/\text{h})$ و نیز اختلاف فشار ورودی و خروجی 460 کیلوپاسکال و $\frac{\rho_1}{\rho_0} = 0.965$ ، مقدار بالا بدست می‌آید (ρ_0) ، دانسیته مایع در دمای استاندارد یا همان 60 درجه فاراینهایت می‌باشد).

برای محاسبه Re_v (عدد رینولدز شیر کنترلی) داریم:

$$Re_v = \frac{N_4 F_d Q}{v \sqrt{C_i F_L}} \left[\frac{F_L^2 C_i^2}{N_2 D^4} + 1 \right]^{\frac{1}{4}} = 2.967 \times 10^6$$

که از جدول شماره ۱ (پیوست شماره ۲) برای مقادیر N_2 و N_4 استفاده می‌کنیم:

$$N_2 = 1.60 \times 10^{-3}$$

$$N_4 = 7.07 \times 10^{-2}$$

و مقادیر F_d و F_L دبی، ویسکوزیته دینامیکی و قطر خط لوله را که داشتیم. با توجه به Re_v ، چون از مقدار 10000 بیشتر می‌باشد، جریان متلاطم است (معیار روال شرکت VALTEK، عدد 40000 می‌باشد) و ضریب جریانی محاسبه شده، نیازی به تصحیح ندارد (نیاز به محاسبه Fr ، Reynolds Number Factor، نیست):

$$C_i = C = K_v = 165 \text{ m}^3/\text{h}$$

بطور کلی، از لحاظ محاسبات می‌بایست برای سه حالت یعنی دبی کمینه، دبی نرمال و دبی بیشینه فرایندمان، سه ضریب جریانی پیدا کرده (Required or Calculated C_v) و به سازنده شیر به همراه اطلاعات شرایط سیال و دبی، اعلام نماییم تا سازنده بتواند شیر کنترلی مناسبی را برای ما از بین شیرهای خود انتخاب نماید.

ذکر این نکته مهم می‌باشد که می‌بایست حتماً C_v شیر انتخابی سازنده در حالت 100 درصد باز یا همان Rated C_v ، از C_v محاسباتی ما (Calculated or Required C_v) برای دبی بیشینه‌مان، بیشتر باشد تا شیر بتواند دبی بیشینه در فرایند را از خود بخوبی عبور دهد، همچنین Rangeability شیر کنترلی انتخاب شده باید مناسب باشد که بطور کلی، شیر بتواند بین 30 تا 70 درصد یا گاهی بین 20 تا 80 نیز گفته می‌شود، حرکت یا Travelling معمول را انجام و دقت لازم برای کنترل جریان در دبی بیشینه و کمینه در فرایند را داشته باشد.

نمونه‌ای از Datasheet شیرکنترلی که توسط اطلاعات شرکت کارفرما یا تقاضاکننده شیر کنترلی و شرکت سازنده پر شده است در قسمت پیوست (پیوست شماره ۴) آمده است.

شیرهای کنترلی

جزوه آموزشی :

گروه مهندسی فرآیند

مدرس:

امیر حصیمی

صفحه ۱۸ از ۵۲

مثال از استاندارد ANSI/ISA-75.23 :

شیر کنترلی نوع globe در سرویس آمونیاک

دمای ورودی = ۲۰ درجه فاراینهایت

Specific Gravity = 0.65

Vapour Pressure = 48.2 Psia

فشار مطلق ورودی =

149.7 Psia

فشار مطلق خروجی =

64.7 Psia

Flowrate = 850 GPM (Gallon Per Minute)

Pipe Size: D1=D2=3 inch, Sch. 40

پس از محاسبه، ضریب جریانی شیر برابر شده است با 74.3 GPM و مشخصات شیر انتخابی:

Trim: Globe Valve, Full Area Trim

Flow Characteristics: Linear

Valve Size: D=3 inch, Pressure Rating=300

برای محاسبه Cavitation Index یا همان روش sigma داریم:

$$\text{Cavitation Index} = (P_1 - P_v) / (P_1 - P_2) = 1.194$$

که باتوجه به جدول مربوطه و محاسبات سرانگشتی، پتانسیل برای کاویتاسیون جدی وجود دارد. می‌دانیم که شاخص کاویتاسیون بر این فرض استوار است که اندازه شیر کنترلی و خواص سیال فرایندی بغیر از فشار بخار، اثر کمی بر این شاخص خواهد داشت، درحالیکه در عمل اینگونه نیست. پس بایستی این شاخص در شرایط سرویس ارزیابی گردد و سپس، با یک شاخص قابل قبول که مربوط است به شیری که برای همان شرایط سرویس scale شده باشد در آزمایش، مقایسه گردد. حال به صورت تفصیلی به محاسبات این روش می‌پردازیم:

Sigma توصیه شده توسط شرکت سازنده (σ_{mr}) بر اساس مرحله Incipient Damage برای این کاربرد شیر کنترلی بصورت زیر می‌باشد:

Trim Style	σ_{mr}
Standard	2
Trim A	1.15
Trim B	1.002

Trim A برای بررسی انتخاب می‌گردد (بررسی Size and Pressure Scale Effect). داده‌های شرکت سازنده برای این Trim بصورت زیر می‌باشد:

$$(P_1 - P_V)_R = 90 \text{ Psi}, a = 0.2, d_R = 3 \text{ inch (valve inlet inside diameter of tested reference valve)}$$

برای محاسبه Pressure Scale Effect (PSE) یا همان تغییر در مقدار ضریب کاویتاسیون وابسته به تغییر در فشار:

$$\left[\frac{(P_1 - P_V)}{(P_1 - P_V)_R} \right]^a = \left(\frac{101.5}{90} \right)^{0.2} = 1.024$$

برای محاسبه Size Scale Effect (SSE) یا همان تغییر در مقدار ضریب کاویتاسیون وابسته به اندازه شیر کنترلی:

$$\left(\frac{d}{d_R} \right)^b = \left(\frac{3}{3} \right)^b = 1$$

برای محاسبه σ_v (cavitation coefficient for a valve, scaled for a valve size and pressure) برای Trim A :

$$\sigma_v = (\sigma_R SSE - 1) PSE + 1$$

که σ_R مقداری مرجع برای ضریب کاویتاسیون است و می‌توان مقدار آن را بر اساس Sigma توصیه شده توسط شرکت سازنده در نظر گرفت. پس:

$$\sigma_v = (1.15 \times 1 - 1) \times 1.024 + 1 = 1.153$$

حال بخاطر اینکه σ_v از Cavitation Index (σ) کوچکتر می‌باشد، Trim A برای استفاده قابل قبول است و شیر کنترلی در یک مرحله کاویتاسیون ملایم‌تر نسبت به کاویتاسیونی که σ_R شیر توسط سازنده تعیین شده است (کمتر از صدمه مرحله incipient)، کار خواهد کرد. در صورت وجود reducer و expander در دو طرف شیر، مقدار σ_v می‌بایست تصحیح و مقدار σ_p محاسبه گردد.

توجه: اگر شیر کنترلی به صورت oversized انتخاب شده باشد و یا درواقع، دبی فرایندی حال حاضر مون از مقدار Minimum Required Cv اعلامی به سازنده در هنگام sizing و انتخاب شیر کنترلی، کمتر باشد، "قابلیت کنترل ضعیفی" بر روی مقدار کمینه دبی فرایندی خواهیم داشت. در این حالت، عملکرد شیر کنترلی ضعیف و طول عمر فرایندی آن کاهش پیدا می‌کند، چرا که شیر کنترلی عموماً در حالت نزدیک به بسته کار خواهد کرد. در این حالت، درواقع افت فشار در طول شیر کنترلی، کاهش پیدا می‌کند (بالا تر بودن ظرفیت گذردهی جریان فرایندی) و نیز مقدار authority هم کم خواهد شد.

مفهوم authority بصورت درصد افت فشار شیر کنترلی در حالت کاملاً باز به افت فشار کل مدار (سیستم) تعریف می‌گردد. اگر یک نیم نگاهی هم به فرایند بیاندازیم، می‌بینیم که در این حالت، برای اینکه شیر کنترلی در گستره مناسب باز بودن کار کند، می‌بایست یکی از شیرهای isolation بالا و یا پایین دست رو نیمه باز قرار دهیم که این خود، باعث آسیب به شیر مذکور می‌شود (مثلاً آسیب به packing های شیر تویی مربوطه) و اغتشاش در جریان ایجاد می‌نماید و نیز زمانیکه دبی بیشینه فرایندی داشته باشیم، محدودیت ایجاد می‌کند و بطور کلی در حالت oversized بودن شیر کنترلی، هزینه بی‌مورد نیز برای این شیر بزرگتر از لحاظ قابلیت گذردهی جریان کرده‌ایم.

اگر شیر کنترلی به صورت undersized انتخاب شده باشد و یا درواقع، دبی فرایندی حال حاضرمون از مقدار Maximum Required Cv اعلامی به سازنده در هنگام sizing و انتخاب شیر کنترلی، بیشتر باشد، "قابلیت کنترل خوبی" بر روی مقدار کمینه دبی فرایندی خواهیم داشت و تاحدودی هم دبی نرمال فرایندی، اما این قابلیت را برای دبی بیشینه فرایندی از دست می‌دهیم و نتیجتاً به Design Capacity مورد نظر نخواهیم رسید.

در این حالت، درواقع افت فشار در طول شیر کنترلی، افزایش پیدا می‌کند (کمتر بودن ظرفیت گذردهی جریان فرایندی) و نیز مقدار authority افزایش خواهد یافت. اما آیا بالا بودن میزان authority لزوماً خوب است ؟

جواب به این صورت خواهد بود که اگر به صورت مستقل از سایر شرایط به این قضیه نگاه کنیم این High Valve Authority خوب است (بیشتر از مقدار ۰/۵) و کنترل نسبتاً خوبی خواهیم داشت ولی ما نمی‌توانیم فقط این پارامتر را در نظر بگیریم و بقیه پارامترها را لحاظ ننماییم. بخصوص که در این حالت، "مصرف انرژی" زیاد خواهد بود (authority بالا، یعنی مصرف انرژی بیشتر و درواقع افت فشار بیشتر و گرفتن انرژی بیشتری از سیال عبوری)، بعلاوه اینکه اشاره شد برای دبی‌های بیشینه فرایندی، کنترل خوبی نخواهیم داشت.

اگر یک نیم نگاهی هم به فرایند بیاندازیم، می‌بینیم که در این حالت، برای اینکه شیر کنترلی در گستره مناسب باز بودن کار کند، می‌بایست از شیر مسیر کنارگذر کمک گرفته و مقداری از آن را باز کنیم که زیانبخشی این رفتار، زمانی نمایان می‌شود که هنگامیکه بر اساس الزام فرایندی، شیر کنترلی کامل بسته می‌شود و جریانی نباید عبور نماید، شیر کنارگذر همچنان باز است و اپراتور ممکن است فراموش کند که آن را به موقعیت قبلی‌اش یعنی کاملاً بسته برگرداند.

همچنین در حالت undersized بودن شیر کنترلی، در سیستم‌های رسوب زا، بخاطر ته نشینی رسوب برای زمانهایی که شیر کنترلی نزدیک به حالت کاملاً باز هست، دچار مشکل خواهیم شد.

بطور کلی یادمان باشد که در هر دو حالت Oversized or Undersized انتخاب شیر، شیر کنترلی قادر به کنترل اغتشاش وارد شده به سیستم فرایندی، هنگامیکه در موقعیتهای نزدیک به کاملاً بسته و نزدیک به کاملاً باز کار می‌کند، نخواهد بود.

قابل ذکر است که این دو حالت، مستقیماً باعث کاهش Reliability شیر کنترلی نخواهد شد اما Oversized or Undersized بودن شیر کنترلی، می‌تواند بخاطر شرایط فرایندی، این خصیصه را کاهش دهد.

کلاس فشاری شیر کنترلی

کلاس فشاری شیرها با کلاس فشاری فلنجهای آنها شناخته می‌شوند. فلنچ‌ها یکی از اتصال دهنده‌های لوله‌ها، شیرآلات و دستگاهها به یکدیگر می‌باشند. فلنچ‌ها بصورت قطعه دیسکی شکل بوده که همیشه بصورت جفت به کمک پیچ و مهره، دو قطعه را به یکدیگر متصل می‌سازند و به آسانی نیز باز می‌گردند. آب‌بندی بین دو فلنچ توسط gasket و در فشارهای بالاتر، توسط Ring Gasket (RTJ) که در بین آنها قرار داده می‌شود، انجام می‌گیرد. بطور کلی استاندارد پرکاربرد درمورد کلاس فشاری، ابعاد و آزمایش فشار برای شیرهای صنعتی، استاندارد ASME B16.34 می‌باشد که جداول فشار و دمایی همچون جداول موجود در استانداردهای ASME B16.47 و ASME B16.5 را دارد.

• دسته بندی فلنچ‌ها از لحاظ تحمل فشار:

- دسته بندی فشار مطابق با استاندارد ASME B16.5 و ASME B16.47

مطابق این استاندارد فلنچ‌های فولادی و آلیاژهای آن به کلاس های ۱۵۰ ، ۳۰۰ ، ۴۰۰ ، ۶۰۰ ، ۹۰۰ ، ۱۵۰۰ و ۲۵۰۰ تقسیم بندی می‌شوند که با توجه به جنس فلنچ و دمای عملیاتی، فشار مجاز کاری برای آن فلنچ مذکور از جداول مربوطه بدست می‌آید. معمولاً فشار کارکرد، حدود ۲٫۴ برابر اعداد فوق می‌باشد. مثلاً فلنچ کلاس ۱۵۰ از جنس گروه ۱،۱ مواد، فشار عملیاتی برابر 19.2 barg در دمای عملیاتی 50°C خواهد داشت.

- دسته بندی فشار مطابق با استاندارد ISO 7005

در این استاندارد فشار تحمل فلنچهای فولادی و آلیاژهای آن، با PN نشان داده شده که این بیانگر فشار اسمی بر حسب barg می‌باشد. بعنوان مثال PN40 یعنی فشار کارکرد فلنچ، در حدود 40 barg می‌باشد. برای بدست آوردن مقدار دقیق فشار مجاز کاری، می‌بایست به جداول مربوطه بر اساس جنس فلنچ و دمای عملیاتی مراجعه نمود.

- دسته بندی فشار مطابق با استاندارد API 6A (فلنچ های نوع 6B و 6BX)

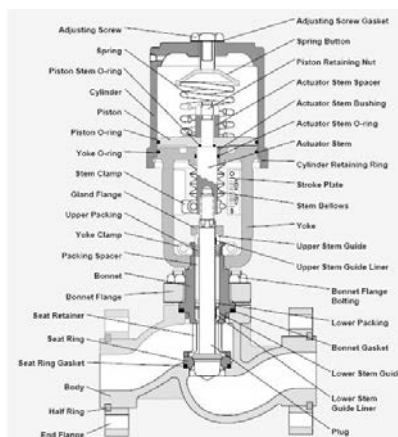
این نوع فلنچ‌ها دارای تحمل فشار بیشتری نسبت به فلنچ های گروه ANSI هستند و به کلاس های ۲۰۰۰ ، ۳۰۰۰ ، ۵۰۰۰ ، ۱۰۰۰۰ ، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ رده‌بندی می‌گردند (البته بعضی از کلاس های فشاری این استاندارد با کلاس های فشاری استاندارد ASME تطابق دارد).

طبق استاندارد ASME B16.34 که مربوط به شیرهای صنعتی فلنجی، رزوه‌ای و جوشی می‌باشد، کلاس فشاری ۴۵۰۰ نیز وجود دارد که مربوط به شیرهای نوع جوشی است.

اجزای شیر کنترلی

در شیر کنترلی زیر، که مربوط به شرکت Fisher می‌باشد "قطعات اصلی" آن مشخص شده‌است :

- Actuator
- Positioner
- Solenoid Valve
- Pressure Regulator
- Body
- Trim



شکل شماره ۸. شماتیک یک شیر کنترلی globe (سمت راست) با محرک پیستونی و اجزای اصلی یک شیر کنترلی کارخانه فیشر (سمت چپ)

Actuator

محرك يا عملگر شیر که قسمتی از شیر است که به وسیله جریان الکتریکی، فشار هوا، فشار روغن هیدرولیک و یا فشار سیال به عضو مسدودکننده شیر یعنی بندآور، نیرو و حرکت اعمال می‌کند. با حرکت بندآور، جریان سیال تنظیم و یا قطع و وصل می‌گردد. محرک‌ها دارای انواع مختلفی هستند. بر اساس استاندارد ANSI/ISA-75.05 محرک‌ها شامل :

- Bellows Actuators
- Diaphragm Actuators
- Electro-Hydraulic Actuators
- Electro-Mechanical Actuators
- Hydraulic Actuators
- Piston Actuators
- Pneumatic Actuators
- Vane Actuators

می‌باشند.

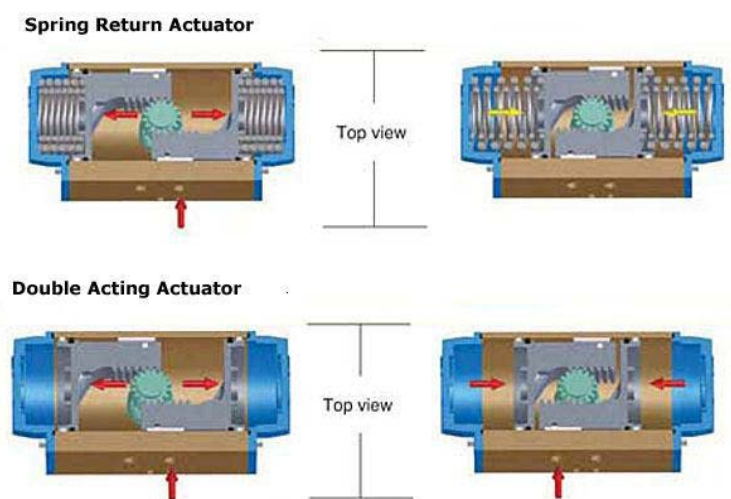
Actuator معمولاً از یک دیافراگم با سطح مقطع مناسب، تشکیل یافته است (نوع دیافراگمی). عضو دیافراگم عضو انعطاف‌پذیری است که نسبت به فشار اعمال شده به آن واکنش نشان می‌دهد و نیرو را به ساقه یا همان Stem اعمال می‌نماید. در محرک‌های پیستونی، سیال محرک بر روی یک عضو قابل حرکت پیستونی شکل عمل کرده و باعث حرکت ساقه می‌گردد. سیال محرک در این محرک‌ها می‌تواند هوای ابزار دقیق یا روغن هیدرولیک باشد. مزیت اصلی این نوع محرک‌ها حرکت بیشتر نسبت به محرک‌های دیافراگمی است. درضمن، در فشارهای بالا، کاربرد این محرک‌ها بیشتر می‌باشد.



شکل شماره ۹. یک شیر کنترلی globe با محرک پیستونی (سمت راست) و یک شیر کنترلی globe با محرک دیافراگمی (سمت چپ)

بطور کلی محرک‌های دیافراگمی و پیستونی از لحاظ Fail Action و در واقع حرکت یک یا دوطرفه دیافراگم و یا پیستون به دو صورت Single Acting (Spring Return) و Double Acting دسته‌بندی می‌شوند. در حالت دوم، فشار سیال به دو طرف دیافراگم و یا پیستون وارد می‌گردد که در این حالت بعلت عدم وجود فنر، فقط در صورت استفاده از ادوات اضافه می‌توان حالت Fail Safe شیر به صورت کاملاً باز و یا کاملاً بسته را ایجاد نمود. نوع محرک Double Acting برای شیرهای بزرگتر و غلبه بر اختلاف فشارهای بیشتر مناسب‌ترند. محرک‌ها بخصوص محرک‌های هوایی پیستونی و دیافراگمی فنردار، معمولاً به دو صورت Air to Open (Fail Closed) و یا Air to Close (Fail Open) می‌باشند. یعنی با فشار هوا عمل می‌کنند که طبیعتاً حالت Failure

شیر کنترلی یعنی حالتی که فشار هوای ابزار دقیق قطع و یا اشکالی در ارسال سیگنال الکتریکی بوجود آید (اشکال در اتصال الکتریکی به positioner) و شیر کنترلی به وضعیت Fail Safe خود می‌رود، توسط فنر کاملاً باز و یا کاملاً بسته می‌شوند. پس در حالت وجود فنر، همانطور که گفته شد، شیر کنترلی می‌تواند بصورت Fail Safe کاملاً باز و یا کاملاً بسته عمل نماید. برای شیرهای کنترلی نوع globe، حالت‌های ذکر شده به ترکیب نوع محرک و شیر کنترلی از لحاظ مستقیم^۶ و معکوس^۷ بودن مربوط می‌شود. حالت Fail Lock نیز وجود دارد که معنی آن این است که وقتی نیروی محرکه محرک قطع شود، شیر کنترلی در همان حالت خود، باقی می‌ماند که هر دو نوع محرک‌های Single & Double Acting با اضافه نمودن تجهیز اضافی مانند Lock-up Valve، می‌توانند این حالت Fail Safe را داشته باشند (حالت Fail Last نیز برای محرک‌های Double Acting وجود دارد که شیر کنترلی بعد از اینکه در همان حالت خود باقی ماند، توسط فشار سیال، کاملاً باز و یا بسته می‌شود). بطور کلی، استاندارد ISA از اصطلاح Fail-in-place برای این دو حالت استفاده می‌نماید. اختصار وضعیت‌های موجود مانند FC و FO و FL در نقشه‌های فرایندی در زیر شیر کنترلی درج می‌گردد.



شکل شماره ۱۰. محرک‌های Single Acting و Double Acting

مستقیم و معکوس بودن محرک در این نوع محرک‌ها بستگی به اینکه هوا به زیر دیافراگم و یا پیستون بخورد و یا از بالا و مستقیم و معکوس بودن شیر کنترلی نیز بستگی به ترکیب اینکه بندآور زیر نشیمنگاه باشد و فاصله بین زیر نشیمنگاه تا آن را طی نماید و یا بندآور روی نشیمنگاه باشد و فاصله بالای نشیمنگاه تا آن را طی بکند و جهت ورود جریان به شیر، دارد. در شکل شماره ۱۱، این مفاهیم نشان داده شده است.

محرک‌های Single & Double Acting می‌توانند بصورت خطی^۸ یا چرخشی^۹ باشند که نوع چرخشی می‌تواند بصورت Single or Double Cylinder طراحی گردد. همچنین نوع چرخشی از لحاظ اعمال نیرو می‌تواند به دو صورت Rack & Pinion و Scotch Yoke باشد که نوع Scotch Yoke برای شیرهای بزرگتر (گشتاور بیشتر در فشار یکسان) مناسب‌تر است. در شکل شماره ۱۲ شماتیک این دو نوع محرک دیده می‌شوند.

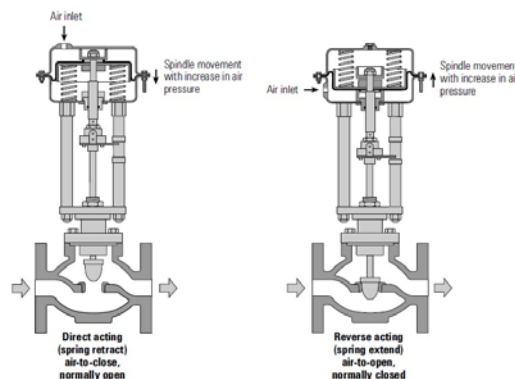
⁶ Direc

⁷ Reverse

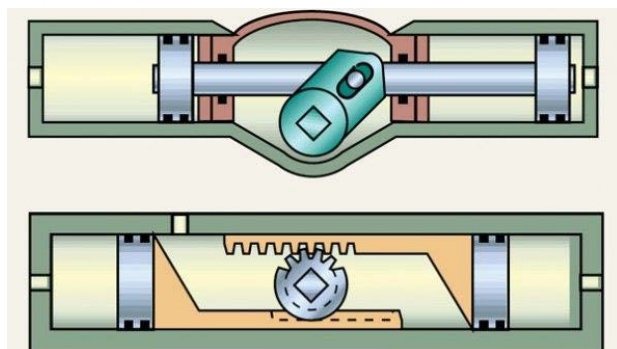
⁸ Linear

⁹ Rotary

Two port valves				
Actuator action	Direct	Reverse	Reverse	Direct
Valve action	Direct	Reverse	Direct	Reverse
On air failure	Valve opens		Valve closes	



شکل شماره ۱۱. مستقیم و معکوس بودن محرک و شیر کنترلی



شکل شماره ۱۲. محرک چرخشی، مکانیسم Scotch Yoke (بالا) و Rack & Pinion (پایین)

محرک‌های Electro-Mechanical از یک موتور الکتریکی که به یک سیستم چرخ‌دنده متصل می‌باشد، برای حرکت ساقه استفاده می‌نمایند. بطور کلی به شیرهای دارای این نوع محرک‌ها، Motor Operated Valve (MOV) اطلاق می‌گردد. مزیت این نوع محرک‌ها، حذف هوای ابزار دقیق بعنوان نیروی محرکه بوده اما معایبی همچون قیمت و پیچیدگی بالاتر نسبت به محرک دیافراگمی و پیستونی و نیز عدم حالت Fail Safe بودن شیر کنترلی (در انواع معمولی آن) را دارد.

محرک‌های Electro-Hydraulic

محرکی می‌باشد که به سیگنال الکتریکی واکنش داده و یک Pilot Valve را تنظیم می‌نماید تا روغن هیدرولیک تحت فشار، پیستون یا belows موجود را به جهت تغییر وضعیت ساقه، به حرکت در آورد. به علت هزینه های بالا معمولاً از این نوع محرک استفاده نمی‌گردد.

محرک شیرهای کنترلی از لحاظ ساختمانی شامل انواع دیافراگمی، پیستونی و Vane می‌باشند.

Positioner

دستگاه موقعیت‌دهنده شیر یا Positioner بر اساس موقعیت‌دهنده شیر یا گردش واسطه (Positioner Deflection) کار می‌کند و دستگاهی است که ساقه را دقیقاً در وضعیت مناسب با سیگنال ارسالی از controller قرار می‌دهد. در شرایطی که ساقه شیر کنترلی به دلایل مختلف محکم و سفت شده باشد و در برابر حرکت مقاومت نشان دهد، Positioner آنقدر فشار هوای دیافراگم را افزایش می‌دهد که ساقه به حرکت درآید. از مزایای این تجهیز، افزایش سرعت عمل شیر کنترلی می‌باشد. بخصوص برای سیستم‌های نیوماتیکی (هوایی)، زمانیکه فرمان از راه دور ارسال می‌گردد و وارد دیافراگم می‌شود، بعلت فشار

کم و کندی انتقال پس از مدت زمان طولانی، شیر کنترل عمل می‌نماید اما positioner با ارسال هوا با فشار بالا بر روی دیافراگم، به شیر کنترلی سرعت فرمان عمل می‌دهد.

قطعات اصلی سازنده این دستگاه عبارتند از :

- یک دستگاه Bellows که فرمان را از Controller می‌گیرد.
- یک محور Bean یا میله اتصال دهنده که از یک طرف به Bellows و از طرف دیگر از طریق اتصال دهنده (Mechanical Feedback Linkage) به ساقه شیر وصل است.
- یک شیر از نوع Pilot Valve که در نقطه اتکا Fulcrum به میله وصل شده است. فرمان از controller باعث حرکت Bellows می‌شود و حرکت آن باعث می‌شود که Pilot Valve هوا را اضافه کند یا بکشد (از طریق دیافراگم) تا اینکه وضعیت ساقه شیر با فرمان رسیده با هم مطابقت نماید. در این موقع Pilot بحالت معلق باقی می‌ماند. این عمل باعث می‌گردد که حرکت شیر انتهایی و حرکت Bellow با هم متناسب باشند.

Solenoid Valve

معمولاً یک شیر برقی (الکترومکانیکی) دو یا چند مسیره می‌باشد. هنگامیکه فرمان یا سیگنال Shut Down برای آن ارسال می‌گردد، De-energized شده و مسیر هوای ورودی به actuator را قطع و هوای موجود در روی دیافراگم را تخلیه می‌نماید (در حالت energized ، بخاطر نیروی الکتریکی و ایجاد میدان مغناطیسی، یک پیستون یا یک آرمیچر که حل محوری می‌چرخد، برخلاف نیروی فنر شیر solenoid، کشیده و مسیر هوا باز نگاه داشته می‌شود). به این ترتیب، شیر کنترلی با توجه به نیروی فنر محرک و با توجه به نوع کاربرد آن، باز یا بسته می‌شود (مانند یک ESDV یا BDV عمل می‌نماید). این تجهیز برای شیرهای کنترلی‌ای تعبیه می‌شود که نقش قطع یا وصل جریان را نیز داشته باشند. این نوع شیر در واقع با استفاده از جریان الکتریکی که از داخل یک سیم‌پیچ جهت ایجاد میدان مغناطیسی عبور می‌نماید، کار می‌کند.

Supply Pressure Regulator

رگلاتور جهت کاهش فشار هوای ابزار دقیق برای استفاده در Positioner شیر کنترلی بکار می‌رود.

Body

بدنه شیر که اصلی ترین قسمتی از شیر است که تحت فشار می‌باشد. این قسمت شامل اتصالات به لوله و مسیر جریان است. این قسمت همچنین محل لازم برای Seat & Plug (نشیمگاه و بندآور) را فراهم می‌آورد.

Cage

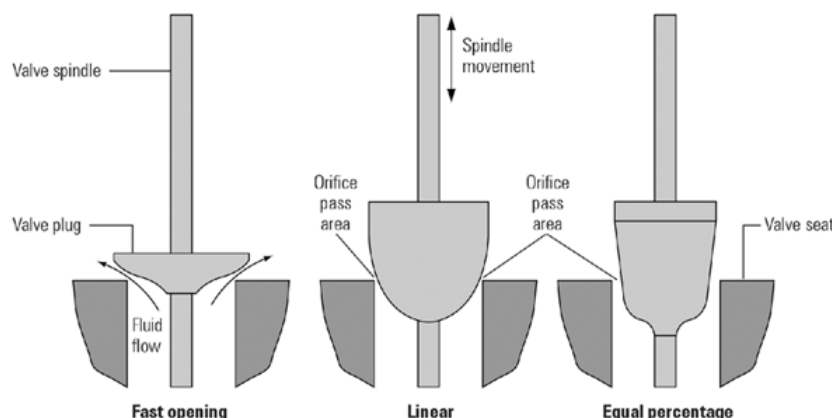
برای شیرهای کنترلی نسل سوم از cage ها استفاده شد که کاربردهای زیادی دارد. این تجهیز، عضوی سیلندر مانند توخالی است که قسمتی از Trim شیر کنترلی نیز محسوب می‌گردد و می‌تواند نقش یک strainer را ایفا نماید. از این تجهیز به عنوان یک هدایت کننده جهت هدایت بندآور بر روی نشیمگاه استفاده می‌شود که مهمترین کاربرد آن است. وظیفه این راهنما همانطور که گفته شد برای جلوگیری از انحراف و لق زدن استوانه مذکور می‌باشد. در بعضی از انواع شیرها^{۱۰}، cage دارای حفره‌ای با اشکال مختلف و یا سوراخ‌هایی می‌باشد که خصوصیات جریانی شیر کنترل اعم از Quick Opening ، Linear و

¹⁰ Cage Guided

Equal Percentage ، که در مورد آنها توضیح داده شد، را تعیین می‌نماید. این تجهیز همچنین می‌تواند به عنوان کاهندهٔ سر و صدا (برای سرویس‌های تراکم پذیر) و نیز بعنوان یک وسیله ضدکاویتاسیون برای سرویس‌های مایع استفاده گردد که در این حالت به آن Flow Divider می‌گردد (دیگر Cage نخواهد بود و وظیفه هدایت بندآور را پورت و یا همان guide های بالا و یا پایین برعهده دارند)، به این صورت که با جهت‌دهی به جریان و آرام نمودن آن، افت فشار در چندین مرحله اتفاق می‌افتد. طبیعی است که برای شیرهای rotary ، چنین تجهیزاتی وجود ندارد و دیسک سوراخ‌دار در بعضی از انواع شیرهای کنترلی توپی، cage نمی‌باشد.

Bonnet

قسمتی از شیر است که قطعات متحرک مانند ساقه یا Stem در آن قرار دارند و ساقه در آن حرکت می‌نماید و به عنوان یک هدایت‌کننده برای آن می‌باشد. این پوشش در برگرنده جعبه آب‌بند^{۱۱} و آب‌بندها و قطعات داخلی می‌باشد. بعضی از شیرهای مثل شیرهای سماوری یا بعضی شیرهای توپی، این پوشش را ندارند. این قسمت درواقع مکمل برای قسمت Body بوده که بصورت اتصال دایمی و یا موقت (پیچ و مهره) به بدنه متصل می‌شود. انواع Plug یا بندآور و نیز انواع Cage برای شیر کنترلی، در شکلهای شماره ۹ و ۱۰ آمده است.



شکل شماره ۱۳. انواع بندآور

¹¹ Stuffing Box

شیرهای کنترلی

جزوه آموزشی :

گروه مهندسی فرآیند

مدرس:

امیر حصیمی

صفحه ۲۷ از ۵۲



QUICK OPENING



LINEAR

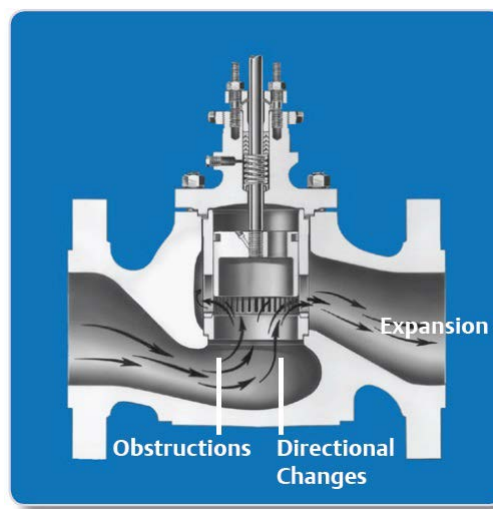


EQUAL PERCENTAGE

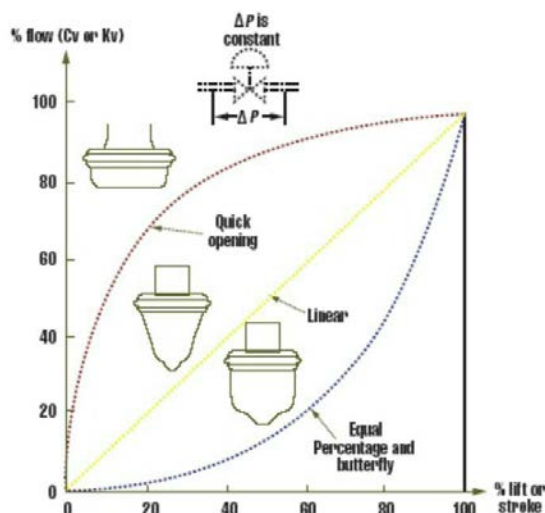
شکل شماره ۱۴. انواع Cage



شکل شماره ۱۵. یک نوع Cage و بندآور آن



شکل شماره ۱۶. نمایی از یک شیر کروی

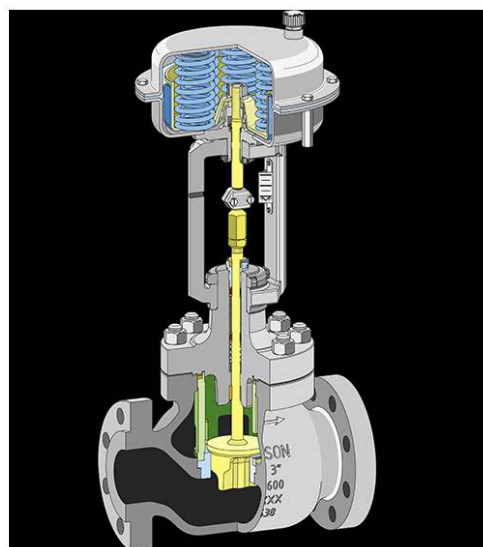
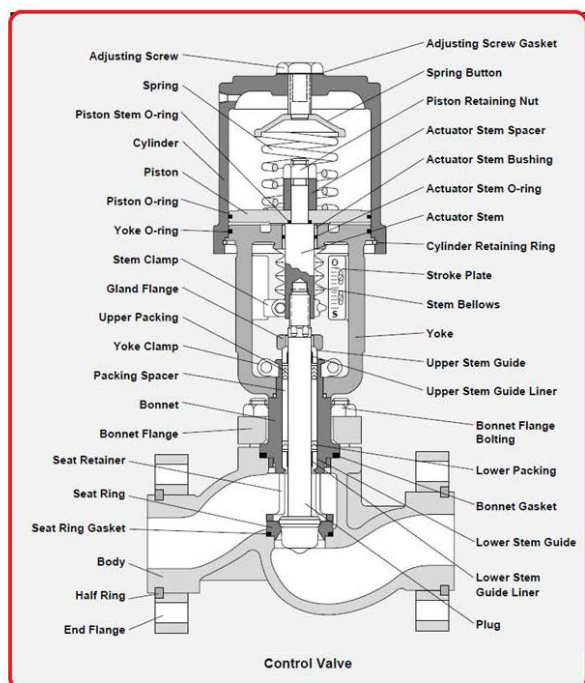


شکل شماره ۱۷. انواع بندآور متناسب با انواع حالت باز شدن برای شیر کروی

Trim

Trim شیر شامل کلیه قطعاتی از شیر است که در تماس با سیال فرایندی می‌باشد، به جز بدنه شیر، Bonnet، فلنج‌های بدنه و Gasket. بنابراین برای یک شیر کروی، Trim شامل بندآور، نشیمنگاه، Guide Bushing و Cage می‌باشد. قسمت‌هایی از Packing Box هم بعنوان Trim محسوب می‌گردند.

قسمت‌های مختلف یک شیر کنترلی را در شکل شماره ۱۸ مشاهده می‌نمایید.



شکل شماره ۱۸. قسمت‌های مختلف شیر کنترلی

شیرهای کنترلی توپی V

شیرهای پروانه‌ای و توپی که در گذشته فقط بعنوان شیرهای قطع-وصلی در نظر گرفته می‌شدند، امروزه بطور وسیعی بعنوان شیرهای کنترلی استفاده می‌گردند. نسبت به شیر کروی مرسوم، امتیازات این شیرها (بخصوص توپی) شامل قیمت و وزن پایین‌تر و ظرفیت عبوردهی جریان بالاتر (دو تا سه برابر شیر کروی) می‌باشد. بقیه خصوصیات مانند مسدود نمودن مسیر عبور جریان بصورت کامل، طراحی‌های ایمن در برابر آتش‌سوزی و نشستی کم از ساقه، باعث شده که ملزومات تنظیم شده دولتی در اداره ایمنی و بهداشت حرفه‌ای^{۱۲} و آژانس حفاظت از محیط زیست^{۱۳} در ایالت متحده آمریکا و دستورالعمل تجهیزات تحت فشار در اتحادیه اقتصادی اروپا^{۱۴}، آسان‌تر ارضا گردند.

شیرهای با دهانه خروجی V شکل و توپی V شکل (V-Port & V-Ball) یک انتخاب عملی را نسبت به انواع دیگر شیرها شامل شیرهای کروی که تمایل به بزرگ و گران‌بودن دارند و اینکه همیشه نمی‌توانند آب‌بندی خوبی را گارانتی نمایند، ارائه می‌دهند. بنابراین می‌بایست همیشه یک شیر قطع‌کننده برای ایزوله نمودن شیر کروی، به مجموعه اضافه نمود. انتخاب نوع V از یک نشیمنگاه فلزی متمایز که توسط توپی شیر دربرگرفته شده است جهت آب‌بندی کامل، تشکیل یافته است که با نشیمنگاه نرم ارتجاعی پشتیبانی شده که در نتیجه، شیر مستعد نشستی داخلی نمی‌باشد. این شیرها ظرفیت بالا و کنترل فشار مناسبی را که مورد نیاز برای سیالات تمییز یا کثیف می‌باشد و نیز در کاربردهای سیالات سوسپانسیون رشته‌ای، فراهم می‌آورند. Rangeability در واقع نسبت بیشینه جریان (قابل کنترل) به کمینه آن می‌باشد که جزو مشخصات ذاتی خود شیر است (این مفهوم در استاندارد ANSI/ISA 75.11.01 به صورت نسبت بزرگترین ضریب جریانی به کوچکترین ضریب جریانی که انحراف قابل قبول از منحنی مشخصه بصورت درصد در یک جدول آمده است، معرفی شده است) براساس آزمایش‌هایی که توسط شرکت سازنده انجام می‌گیرد و آنرا نباید با تعریف Turndown Ratio که از مشخصات نصب شیر در یک سیستم piping یا لوله‌کشی هست (حالت واقعی)، اشتباه گرفت. Inherent Flow Characteristic برای شیر کنترلی در کارگاه سازنده شیر با سیال آب تحت اختلاف فشار ثابت (معمولاً 1 Psi) و درواقع نمودار رابطه بین ظرفیت گذردهی جریان شیر کنترلی با میزان باز بودن شیر در حالت آزمایش و بدون لحاظ نمودن اثر سیستم لوله‌کشی، با Installed Flow Characteristic و نمودار رابطه بین ظرفیت گذردهی شیر کنترلی با میزان باز بودن شیر در حالت واقعی در فرایند با افت فشار واقعی، کمی متفاوت می‌باشد. اما، Cv های بدست آمده برای شیر کنترلی در آزمایش، یکتا هستند. بخاطر همین است که سازنده فقط یک نمودار برای ارتباط بین ظرفیت شیر کنترلی و میزان باز بودن آن در اختیار قرار می‌دهد و نه بی‌شمار نمودار برای سیال‌های مختلف و افت فشارهای مختلف متناظر با بی‌شمار حالتی که این شیر کنترلی، ممکن است در فرایند واقعی قرار گیرد و نصب شود. شیرهای کنترلی توپی، Rangeability بالایی دارند. توپی شیر متمایز شده، خصوصیات جریانی قابل کنترل از تقریباً حالت بسته تا موقعیت کاملاً باز را ایجاد می‌کند.

گذرگاه جریانی خطی، بازده موثر حداکثری و مقاومت ساییدگی بسیار عالی را فراهم می‌آورد. فرمهای داخلی خطی و اغتشاش جریانی حداقلی، باعث از بین رفتن نسبتاً کم انرژی جریان و فراهم آوردن ضریب جریانی بیشتر نسبت به شیرهای کروی

¹² Occupational Safety & Health Administration (OSHA)

¹³ Environmental Protection Agency (EPA)

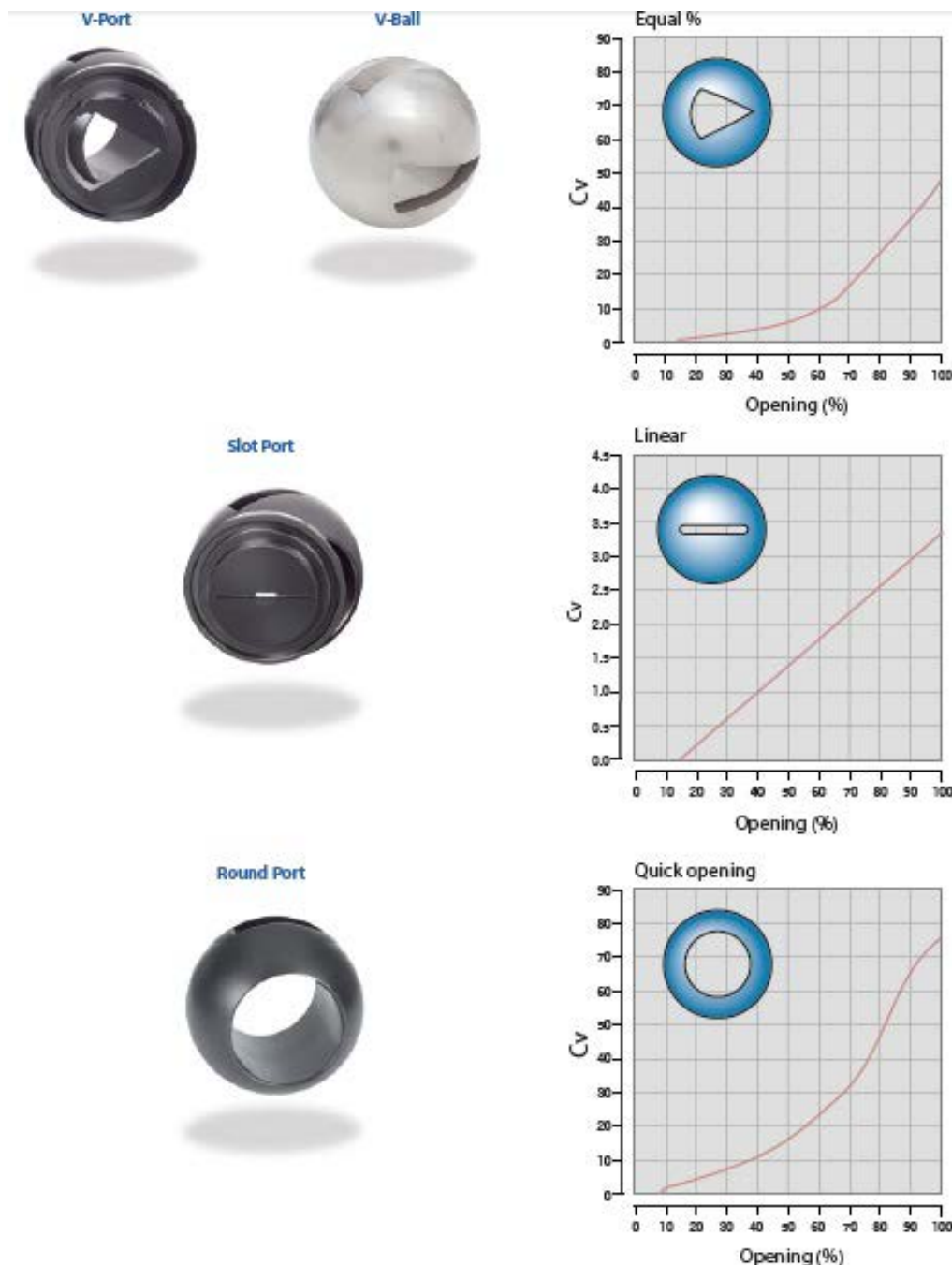
¹⁴ European Economic Community (EEC)

می‌شود. همچنین این از دست رفتن انرژی کمتر، باعث فرایند جریانی باصرفه‌تری بخصوص در مقایسه با شیر کروی پیچ و خم‌دار می‌شود.

گذرگاه جریان خطی باعث می‌گردد که پدیده کاویتاسیون، کمتر اتفاق بیفتد. همچنین به کمک ایجاد شبکه لوله‌ای سوراخ‌ها، سر و صدا و نوسان و نیز خسارت ناشی از کاویتاسیون کاهش پیدا می‌نماید. این شبکه، به قسمت پایین‌دست نشیمنگاه فلزی توسط منبع ترموالکتریکی براده‌برداری شده و سپس بمنظور یکپارچه شدن با توپی شیر، رویهم قرار می‌گیرد. تمامی مجموعه، برای حذف ساییدگی و نیز بالابردن مقاومت ساییدگی، مقاوم می‌گردند. بطور کلی استفاده از شیرهای ۷ در کاربردهایی که احتمال کاویتاسیون وجود دارد، توصیه می‌گردد. طراحی‌های ضد کاویتاسیون و ضد صدا معمولاً به دو صورت می‌باشد. اولین نوع طراحی شامل تضعیف کننده‌های صدا هستند که داخل توپی شیر بکار می‌روند و باعث می‌شوند که جریان به جریان‌های کوچکتر تقسیم شود. سوراخکاری داخل تضعیف کننده صدا می‌تواند بگونه‌ای تغییر یابد که بر خصوصیات جریانی شیر نیز تاثیر گذارد. نوع دیگر طراحی، اضافه نمودن آرایش پیچ و خم‌دار چند مرحله‌ای داخل توپی شیر است که بخاطر سوراخهای کوچک، سرعت سیال زیر مقادیری که موجب آسیب دیدگی می‌شود، نگه‌داشته می‌شود.

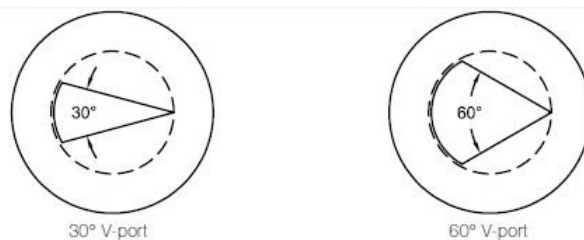
بیشتر بودن ضریب جریانی این شیرها به این معنی می‌باشد که بواسطه شیر با اندازه کوچکتر به دبی جریانی یکسانی که شیر کروی بزرگتر از خود عبور می‌دهد، می‌توان دست یافت. بنابراین این نوع شیر، فضای کمتری را اشغال نموده و انتخاب آن، وزن کمتر، صرفه اقتصادی بیشتر و تعمیرات راحت‌تری را به دنبال خواهد داشت. از طرفی، چون تمامی فشار سیال به بندآور شیر کروی اعمال می‌گردد، نیاز به محرکهای بزرگی برای اینگونه شیر جهت ایجاد نیروی بزرگ برای به حرکت درآوردن آن می‌باشد. درحالیکه حرکت ۹۰ درجه چرخشی شیرهای ۷، اجازه استفاده از محرکهای کوچکتر را برای به حرکت درآوردن شیر می‌دهد.

کارایی و دقت کنترلی برتر برای هندسه پایین‌دست شیرهای با دهانه خروجی ۷ شکل طراحی می‌گردد. شکل ۷ بریده شده با دقت لیزر، خصوصیات جریانی Equal Percentage را امکانپذیر ساخته، درحالیکه طراحی مجرا مانند (slot)، خصوصیات جریانی Linear را فراهم می‌آورد. شیرهای کنترلی ۷ تمایل کمتری برای نشستی خارجی از ساقه را نیز دارند، زیرا گشتاور کمتری از محرک این شیرها برای به حرکت درآوردن آنها مورد نیاز است و نتیجتاً فرسایش آب‌بند ساقه نیز کمتر خواهد بود. به همین میزان، تعمیرات این شیرها نیز کاهش می‌یابد.



شکل شماره ۱۹. مقایسه خصوصیات جریان شیرهای با دهانه خروجی V شکل و توپی V شکل، با دهانه خروجی slot مانند و توپی معمولی

شیرهای با دهانه خروجی V شکل و توپی V شکل، ایده‌آل برای کنترل جریانی دقیق‌تر، به همراه ویژگی سادگی و آب‌بندی یک شیر توپی معمولی می‌باشند. خصوصیات جریانی به شکل لبه توپ نیمه کامل و نیز جهت برقراری جریان وابسته است. شکل شکاف V شکل، در لبه شیر از حالت مقعر برای دهانه‌های کوچک تا حالت محدب برای دهانه‌های بزرگ تغییر می‌نماید. شیرهای با دهانه خروجی V با زاویه ۳۰ درجه، اجازه کنترل ظریف‌تر در سرتاسر چرخش شیر را داده در حالیکه شیرهای با دهانه خروجی V با زاویه ۶۰ درجه، ضریب جریانی بیشتری را برای کنترل سیال فراهم می‌آورند.



شکل شماره ۲۰. شیرهای با تویی V شکل با زاویه‌های ۳۰ و ۶۰ درجه

در انتها باید گفت که شیرهای کنترلی از انواع دیگر، شامل موارد زیر می‌باشند:

- Segmented Ball Control Valve
- Axial Flow Control Valve
- Eccentric Plug Control Valve
- Diaphragm Control Valve
- Butterfly Control Valve

آزمایشهای معمول و استانداردهای مهم شیرهای کنترلی (و نیز انجمن‌ها و کمیته‌های بین المللی)

- Hydrostatic Test بر اساس استانداردهای ASME B16.34 و یا BS EN 12266.1 و یا ANSI/ISA-75.19.01
 - Control Valve Seat leakage Test بر اساس استانداردهای ANSI/FCI 70.2 و یا IEC 60534_4
 - Packing Leakage Test بر اساس استاندارد IEC 60534_4
 - Standard Function Test بر اساس استاندارد IEC 60534_4
 - Control Valve Capacity Test Procedure برای آزمایش خصوصیات جریان شیر کنترلی و محاسبات مربوط به ضریب جریانی بر اساس استاندارد ANSI/ISA-75.02.01
- 0 تعدادی از استانداردهای شیرهای کنترلی به شرح زیر می‌باشند :
- API RP 550, manifold installation for control valves
API RP 553, Refinery Valves and Accessories for Control and Safety Instrumented Systems
- IPS-E-IN-160 Engineering standard for control valves
IPS-M-IN-160 Material standard for control valves
IPS-C-IN-160 Construction and installation standard for control valves
NPCS-MS-IN-23 M.S for control valves
NPCS-SD-IN-18 Air connection for control valves
- ISA 51.1, Process Instrumentation Terminology
ISA75.01, Flow Equations for Sizing Control Valves
ISA 75.02, Control Valve Capacity Test Procedures
ISA 75.03, Face-to-Face Dimensions for Flanged Globe-Style Control Valve Bodies (Classes 125, 150, 250, 300, and 600)
ISA 75.04, Face-to-Face Dimensions for Flangeless Control Valves (Classes 150, 300, and 600)
ISA 75.05, Terminology
ISA 75.07, Laboratory Measurement of Aerodynamic Noise Generated by Control Valves
ISA 75.08, Installed Face-to-Face Dimensions for Flanged Clamp or Pinch Valves
ISA 75.11, Inherent Flow Characteristic and Rangeability of Control Valves
ISA 75.12, Face-to-Face Dimensions for Socket Weld-End and Screwed-End Globe-Style Control Valves (Classes 150, 300, 600, 900, 1500, and 2500)
ISA 75.13, Method of Evaluating the Performance of Positioners with Analog Input Signals
ISA 75.14, Face-to-Face Dimensions for Buttweld-End Globe-Style Control Valves (Class 4500)

ISA 75.15, Face-to-Face Dimensions for Butt-weld-End Globe-Style Control Valves (Classes 150, 300, 600, 900, 1500, and 2500)

ISA 75.16, Face-to-Face Dimensions for Flanged Globe-Style Control Valve Bodies (Classes 900, 1500, and 2500)

ISA 75.17, Control Valve Aerodynamic Noise Prediction

ISA 75.19, Hydrostatic Testing of Control

ISA 75.20, Face-to-Face Dimensions for Separable Flanged Globe-Style Control Valves (Classes 150, 300, and 600)

ISA 75.22, Face-to-Centerline Dimensions for Flanged Globe-Style Angle Control Valve Bodies (Classes 150, 300, and 600)

ISA RP75.23, Considerations for Evaluating Control Valve Cavitation

IEC 60534-1 Part 1: Control valve terminology and general considerations

IEC 60534-2-1 Part 2: Flow capacity - Section One: Sizing equations for incompressible fluid flow under installed conditions (based on ISA S75.01)

IEC 60534-2-3 Part 2: Flow capacity - Section 3: Test procedures (based on ISA S75.02)

IEC 60534-2-4 Part 2: Flow capacity - Section 4: Inherent flow characteristics and rangeability (based on ISA S75.11)

IEC 60534-4 Part 4: Inspection and routine testing

IEC 60534-5 Part 5: Marking

IEC 60534-6-1 Part 6: Mounting details for attachment of positioners to control valve actuators - Section 1: Positioner mounting on linear actuators

IEC 60534-6-2 Part 6: Mounting details for attachment of positioners to control valve actuators - Section 2: Positioner mounting on rotary actuators

IEC 60534-7 Part 7: Control valve data sheet

IEC 60534-8-1 Part 8: Noise considerations - Section 1: Laboratory measurement of noise generated by aerodynamic flow through control valves (based on ISA S75.07)

IEC 60534-8-2 Part 8: Noise considerations - Section 2: Laboratory measurement of noise generated by hydrodynamic flow through control valves

IEC 60534-8-3 Part 8: Noise considerations - Section Three: Control valve aerodynamic noise prediction method (based on ISA S75.17)

IEC 60534-8-4 Part 8: Noise considerations - Section 4: Prediction of noise generated by hydrodynamic flow

FCI 70-2-1991, Control Valve Seat Leakage

جنس (material)

جنس معمول بدنه و bonnet برای شیرهای کنترلی برای سرویسهای معمولی همان Carbon Steel بوده که مطابق با استاندارد ASTM A216 می باشد و دارای گریدهای WCA ، WCB و WCC مربوط به فرایند ریخته‌گری می باشد اما برای تولید به روش آهنگری بایستی از استاندارد ASTM A105 تبعیت گردد.

فولادهای زنگ نزن یا همان Stainless Steel به صورت ریخته‌گری مطابق با استاندارد ASTM A351 و به صورت آهنگری مطابق با استاندارد ASTM A182 ساخته می‌شوند.

برای سرویسهای ترش، استانداردهای NACE MR 0175 یا ISO 15156 وجود داشته و برای سرویسهای Cryogenic یعنی گستره دمایی بین ۱۰۰- تا ۲۵۵- درجه سانتیگراد، نیز متریال می‌بایست مطابق با استاندارد MSS SP 134 ساخته شوند که خود این استاندارد برای ساخت بدنه و درپوش، به کد ASME B16.34 ارجاع داده است.

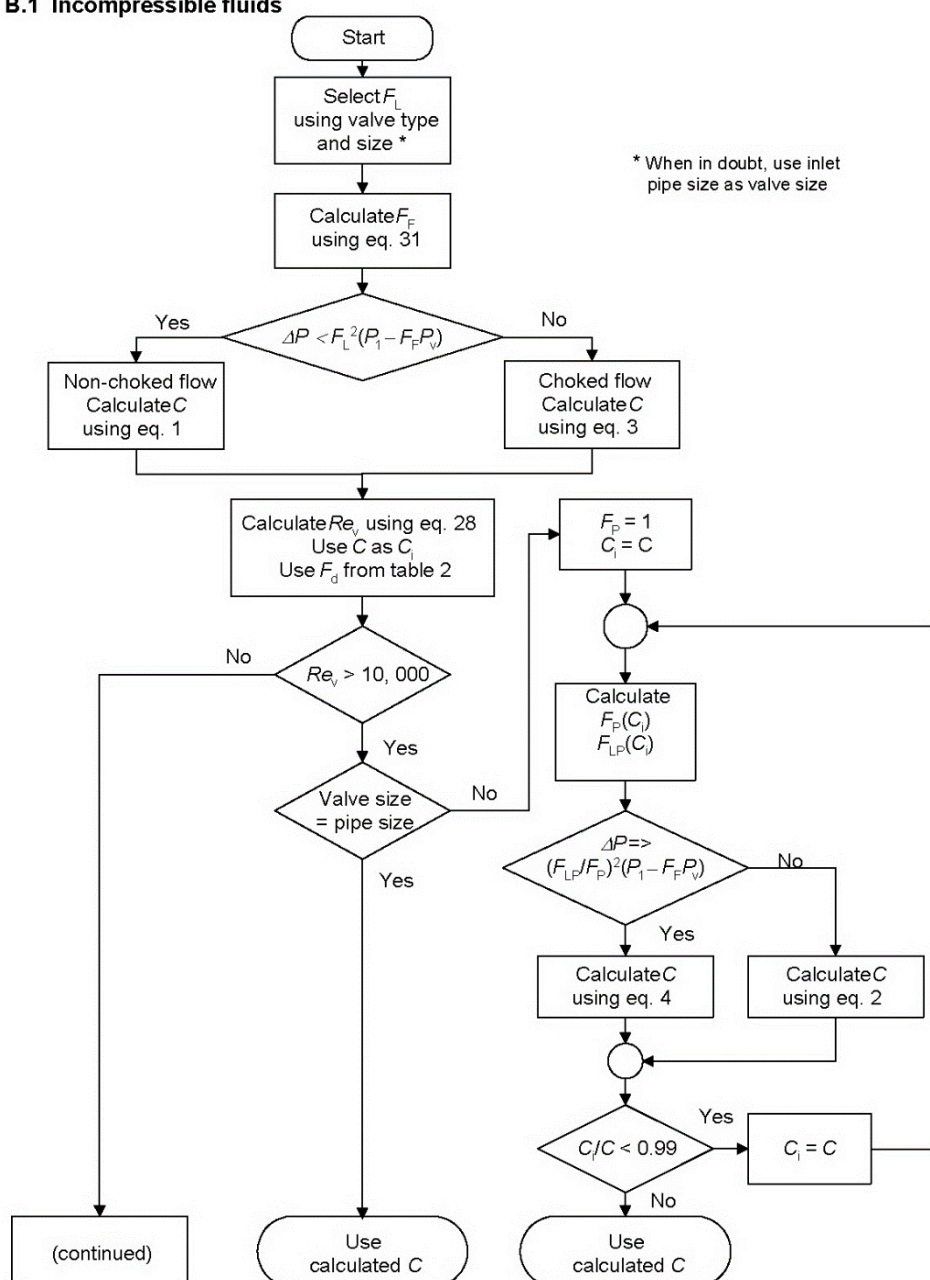
روش ساخت و جنس ساقه هم می‌تواند متفاوت باشد.

پیوست‌ها

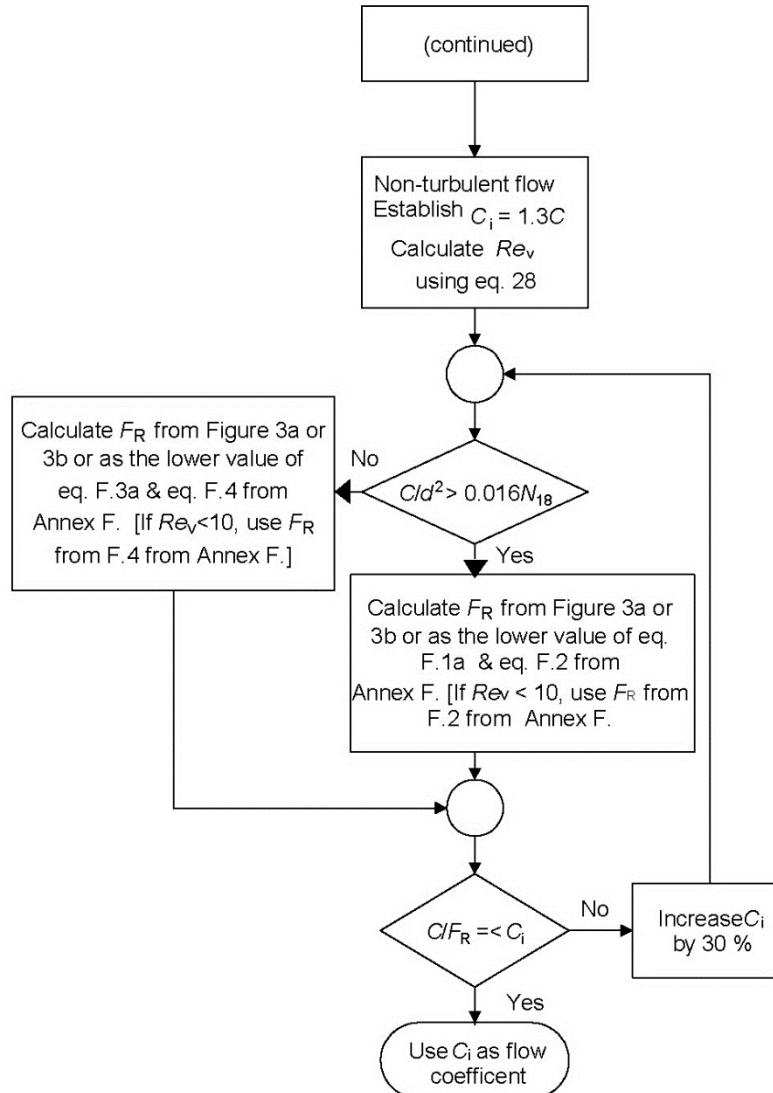
پیوست شماره ۱

Annex B (informative) — Control valve sizing flow charts

B.1 Incompressible fluids



B.1 Incompressible fluids (continued)



پیوست شماره ۲

Table 1 — Numerical constants N

Constant	Flow coefficient C		Formulae unit						
	K_v	C_v	W	Q	$P, \Delta P$	ρ	T	d, D	η
N_1	1×10^{-1}	8.65×10^{-2}	—	m ³ /h	kPa	—	—	—	—
	1	8.65×10^{-1}	—	m ³ /h	bar	—	—	—	—
	—	1	—	gpm	psia	—	—	—	—
N_2	1.60×10^{-3}	2.14×10^{-3}	—	—	—	—	—	mm	—
	—	8.90×10^2	—	—	—	—	—	in	—
N_4	7.07×10^{-2}	7.60×10^{-2}	—	m ³ /h	—	—	—	—	m ² /s
		1.73×10^4	—	gpm	—	—	—	—	cS
		2.153×10^3	—	scfh	—	—	—	—	cS
N_5	1.80×10^{-3}	2.41×10^{-3}	—	—	—	—	—	mm	—
		1.00×10^3	—	—	—	—	—	in	—
N_6	3.16	2.73	kg/h	—	kPa	kg/m ³	—	—	—
	3.16×10^1	2.73×10^1	kg/h	—	bar	kg/m ³	—	—	—
	—	6.33×10^1	lbm/h	—	psia	lbm/ft ³	—	—	—
N_7 ($t = 15.6^\circ\text{C}$)	4.82	4.17	—	m ³ /h	kPa	—	—K	—	—
	4.82×10^2	4.17×10^2	—	m ³ /h	bar	—	—K	—	—
	—	1.36×10^3	—	scfh	psia	—	—R	—	—
N_8	1.10	9.48×10^{-1}	kg/h	—	kPa	—	K	—	—
	1.10×10^2	9.48×10^1	kg/h	—	bar	—	K	—	—
	—	1.93×10^1	lbm/h	—	psia	—	R	—	—
N_9 ($t = 0^\circ\text{C}$)	2.46×10^1	2.12×10^1	—	m ³ /h	kPa	—	K	—	—
	2.46×10^3	2.12×10^3	—	m ³ /h	bar	—	K	—	—
	—	6.94×10^3	—	scfh	psia	—	R	—	—
N_9 ($t_s = 15^\circ\text{C}$)	2.60×10^1	2.25×10^1	—	m ³ /h	kPa	—	K	—	—
	2.60×10^3	2.25×10^3	—	m ³ /h	bar	—	K	—	—
	—	7.32×10^3	—	scfh	psia	—	R	—	—
N_{18}	8.65×10^{-1}	1.00	—	—	—	—	—	mm	—
		6.45×10^2	—	—	—	—	—	in	—
N_{19}	2.5	2.3	—	—	—	—	—	mm	—
		9.06×10^{-2}	—	—	—	—	—	in	—
N_{22} ($t_s = 0^\circ\text{C}$)	1.73×10^1	1.50×10^1	—	m ³ /h	kPa	—	K	—	—
	1.73×10^3	1.50×10^3	—	m ³ /h	bar	—	K	—	—
	—	4.92×10^3	—	scfh	psia	—	R	—	—
N_{22} ($t_s = 15^\circ\text{C}$)	1.84×10^1	1.59×10^1	—	m ³ /h	kPa	—	K	—	—
	1.84×10^3	1.59×10^3	—	m ³ /h	bar	—	K	—	—
	—	5.20×10^3	—	scfh	psia	—	R	—	—
N_{27} ($t_s = 0^\circ\text{C}$)	7.75×10^{-1}	6.70×10^{-1}	kg/h	—	kPa	—	K	—	—
	7.75×10^1	6.70×10^1	kg/h	—	bar	—	K	—	—
	—	1.37×10^1	lbm/h	—	psia	—	R	—	—
N_{32}	1.40×10^2	1.27×10^2	—	—	—	—	—	mm	—
		1.70×10^1	—	—	—	—	—	in	—

NOTE Use of the numerical constants provided in this table together with the practical metric and US units specified in the table will yield flow coefficients in the units in which they are defined.

پیوست شماره ۳

Table 2 — Typical values of valve style modifier F_d , liquid pressure recovery factor F_L , and pressure differential ratio factor x_T at full rated travel ¹⁾

Valve type	Trim type	Flow direction ²⁾	F_L	x_T	F_d
Globe, single port	3 V-port plug	Open or close	0.9	0.70	0.48
	4 V-port plug	Open or close	0.9	0.70	0.41
	6 V-port plug	Open or close	0.9	0.70	0.30
	Contoured plug (linear and equal percentage)	Open	0.9	0.72	0.46
		Close	0.8	0.55	1.00
	60 equal diameter hole drilled cage	Outward ³⁾ or inward ³⁾	0.9	0.68	0.13
	120 equal diameter hole drilled cage	Outward ³⁾ or inward ³⁾	0.9	0.68	0.09
Globe, double port	Characterized cage, 4-port	Outward ³⁾	0.9	0.75	0.41
		Inward ³⁾	0.85	0.70	0.41
Globe, angle	Ported plug	Inlet between seats	0.9	0.75	0.28
	Contoured plug	Either direction	0.85	0.70	0.32
Globe, small flow trim	Contoured plug (linear and equal percentage)	Open	0.9	0.72	0.46
		Close	0.8	0.65	1.00
	Characterized cage, 4-port	Outward ³⁾	0.9	0.65	0.41
		Inward ³⁾	0.85	0.60	0.41
Rotary	Venturi	Close	0.5	0.20	1.00
	V-notch	Open	0.98	0.84	0.70
	Flat seat (short travel)	Close	0.85	0.70	0.30
Butterfly (centered shaft)	Tapered needle	Open	0.95	0.84	$N_{19} \frac{(CF_L)^{0.5}}{D_0}$
	Eccentric spherical plug	Open	0.85	0.60	0.42
Butterfly (eccentric shaft)	Eccentric conical plug	Close	0.68	0.40	0.42
		Open	0.77	0.54	0.44
High Performance Butterfly (eccentric shaft)	Offset seat (70°)	Close	0.79	0.55	0.44
		Open	0.62	0.35	0.57
	Swing-through (70°)	Either	0.70	0.42	0.50
Ball	Swing-through (60°)	Either	0.67	0.38	0.30
	Fluted vane (70°)	Either	0.67	0.35	0.57
Segmented ball	Full bore (70°)	Either	0.74	0.42	0.99
		Either	0.60	0.30	0.98

1) These values are typical only; actual values shall be stated by the valve manufacturer.

2) Flow tends to open or close the valve, i.e. push the closure device (plug, ball, or disc) away from or towards the seat.

3) Outward means flow from center of cage to outside, and inward means flow from outside of cage to center.

شیرهای کنترلی

جزوه آموزشی :

گروه مهندسی فرآیند

مدرس:

امیر حصیمی

صفحه ۴۰ از ۵۲

پیوست شماره ۴

CONTROL VALVE DATA SHEET

VSP2010-K01A-03



Project	Tag No. 02-PV-0201A		
Customer	Q'ty 1	SHT. No. 3/10	
Ult. Client	Revision No. 0	Date 12/8/17	
Inq./P.O. No.	Serial No. RFQ-G436		
Process	P&ID : QSMS-02-PR-PI-0105		
Application			

1	SERVICE CONDITIONS	Fluid	GAS SOUR		Critical Pr.	BarA	Critical Tr.	Deg C
2			Units	Max.	Norm.	Min.		
3		Flow Rate	Kg/hr	4451	4047	1214		
4		Inlet Pressure	BarG	1.8	1.8	1.8		
5		Outlet Pressure	BarG	1.6	1.6	1.6		
6		Differential Pressure	Bar	0.2	0.2	0.2		
7		Inlet Temperature	Deg C	85	24.8	24.9		
8		Density	Kg/m3	3.7	3.7	3.7		
9		Specific Heat Ratio	k	1.2	1.2	1.2		
10		Compressibility	Z	0.982	0.982	0.982		
11		Required Capacity	Cv	206.97	187.8	56.11		
12		Opening Travel	%-EQ	70.68	67.01	41.78		
13		Predicted SPL	dBA	< 85	< 85	< 85		
14	GENERAL	Inlet Pipe Size	8	Inch	20	Sch.	50	Type E/P
15		Outlet Pipe Size	8	Inch	20	Sch.	51	Mfr / Model Y.T.C / YT - 2550L
16		Design Pressure	[IN]	[OUT]	BarG		52	Input Signal 4 ~ 20 mA DC
17		Design Temperature	[IN]	[OUT]	Deg C		53	Increase Signal To VALVE OPEN
18		Max. Shut-Off Dp.			Bar		54	
19	VALVE BODY / BONNET	Model No.	KCG 12Series				55	Type N/A
20		Body Type	GLOBE				56	Mfr / Model N/A
21		Body Size	6" (150A)				57	Energized To N/A
22		Pr. Rating	ANSI 300 LBS				58	Voltage
23		End Connection	RF FLANGED				59	Type N/A
24		Bonnet Type	STANDARD				60	Mfr / Model N/A
25		Flow Direction	FLOW TO OPEN				61	Contact Point N/A
26		Lining					62	
27	VALVE TRIM	Trim Type	P - PORT				63	Filter Regulator Y.T.C / YT - 250(1/4")
28		Port Size	6 in	Rated Cv	360		64	Volume Booster Y.T.C / YT - 350(1/4")
29		Flow Character.	EQ - %	Stroke	60 mm		65	I-P Transducer N/A
30		Plug Type	BALANCED				66	Position Feedback N/A
31		Seat Leakage	ANSI Class IV				67	N/A
32	MATERIAL	Body / Bonnet	A216 WCB				68	Elect Housing STD Ex ia IIC T5,6
33		Stem	316L SS				69	Tubing Material S.S 316L
34		Plug / Disc / Ball	316L SS				70	Stroke Time(s)
35		Seat Ring	316L SS				71	Approx. Weight
36		Cage / Retainer	316L SS				72	
37		Balance Seal	316L + TFE				73	
38		Packing	V - PTFE				74	
39	ACTUATOR	Gasket	316L+TFE - SPIRAL WOUND				75	
40		Actuator Type	DIAPHRAGM - RA				76	
41		Mfr / Model	KOPECS / KAC 40 SERIES				77	
42		Actuator Size	480Lmm Dia.				78	
43		Failure Mode	VALVE CLOSE				79	
44		Supply (Max)	4.5(7.0) Barg				80	
45		Manual Override	N/A				81	
47								
48	0	2012-08-17	FOR INFORMATION		S.Y.AN			G.M.CHO
49	No.	Date	Revision Description		Prepared By	Reviewed By	Approved By	

شیرهای کنترلی

جزوه آموزشی :

صفحه ۴۱ از ۵۲

امیر حصیمی

مدرس:

گروه مهندسی فرآیند

CONTROL VALVE SIZING SHEET

	Project	---	Revision No.	0
	Customer	OCEANUS	SHT. No.	3/10
	Ult. Client	---	Prepared By	S.Y.AN
	Tag No.	02-PV-0201A	Date	2012-08-17

Valve Sizing : Gas Flow

VSP2010-K01A-03

Body Size	6" (150A)	Flow Rate Unit	Kg/hr
Inlet Line Size	8	Pressure Unit	BarG
Outlet Line Size	8	Temperature Unit	Deg C
Outlet Line Schedule	20	Velocity Unit	m/sec
Trim Type	P - PORT		
Rated Cv	360		
Rangeability	30		

Service Conditions

	Max.	Norm.	Min.		
Flow Rate	4451	4047	1214		
Inlet Pressure	1.8	1.8	1.8		
Outlet Pressure	1.6	1.6	1.6		
Diff. Pressure	0.2	0.2	0.2		
Inlet Temperature	85	24.8	24.9		
Density	3.7	3.7	3.7		
Specific Heat Ratio	1.2	1.2	1.2		
Compressibility	0.982	0.982	0.982		

Sizing Output

Calculated Cv	206.97	187.8	56.11		
Stroke % (EQ %)	70.7	67.0	41.8		
Stroke % (Linear)	56.0	50.5	12.7		
Stroke % (Modified)	83.7	80.9	45.3		
Choked Flow	None	None	None		
	1.83	1.83	1.84		
Outlet Valve Velocity	19.7	17.9	5.4		
Outlet Line Velocity	10.8	9.8	2.9		
Noise Level [dBA]	< 85	< 85	< 85		

Notes

1. Single phase control valve sizing is based on ISA S75.01, "Flow Equations For Sizing Control Valves".

شیرهای کنترلی

جزوه آموزشی :

گروه مهندسی فرآیند مدرس:

امیر حصیمی

صفحه ۴۲ از ۵۲

1- Schematic Diagram

2- ACTUATOR TYPE

□ SIDE HANDLE

□ TOP HANDLE

3- DIMENSIONS

4- ACTUATOR DIMENSION

MODEL NO.	WE	HE	C	D
S1	220	276	180	-
S2	300	300	200	-
S3	370	470	200	330
S4	460	665	-	430
S5	550	700	-	500

5- DIMENSION

BODY SIZE	L					H	
	150LB	300LB	600LB	900LB	1500LB	570	570
1" (25.4)	184	197	210	252	282	124	224
1 1/2" (40)	222	235	251	282	282	145	245
2" (50.8)	254	267	286	333	333	158	258
2 1/2" (63.5)	276	292	311	375	375	167	267
3" (76.2)	288	308	337	410	410	204	304
4" (101.6)	332	368	394	441	440	235	335
6" (152.4)	451	473	508	511	530	320	451

6- BILL OF MATERIAL

NO.	PART NAME	MATERIAL	QTY	REMARK
1	Body	A216 WCB	1	
2	Bonnet	A216 WCB	1	
3	Plug	316 SS	1	
4	Stem	316 SS	1	
5	Wedge Core	316 SS	1	
6	Seat	316 SS	1	
7	Valve	A193 CL3	1	
8	Locking Guard	A276 304	1	
9	Guard Flange	A182 304	1	
10	Packing	PTFE	1	
11	Indicator Scale	AL	1	
12	Actuator Stem	A276 304	1	
13	Connector	316-TFE	1	
14	Stem Clamp	A351 CB7	1	
15	Balance Seal	316-TFE	1	
16	Actuator	-	1	
17	Positioner	-	1	
18	Air Filter Reg.	-	1	
19	Volume Booster	-	1	

7- TAG NO.
02-PN-0201A, 02-PN-0201B

8- Description Of Valve Design

Specification Required	ANSI B 16.34
Type of Valve	2-Way Globe Valve
Valve Nominal Size	See Table
Valve Pressure Class	ANSI 300LB
End Connection Type	RF Flanged
End to End Dimension	ISA 575.03.01
Flange Dimension	ANSI B 16.5
End Connection Dimension	See Table
Fluid Service	GAS
Design Temperature	-20°C ~ 180°C
Valve Operating	Pneumatic Diaphragm
Failure Mode	Valve Close
TEST PRESSURE	HYDRAULIC SHELL : 1125 PSI (78) Kg/cm ² SEAT : 815 PSI (57) Kg/cm ²
TEST PRESSURE	PNEUMATIC SHELL : 80 PSI (6) Kg/cm ² SEAT : 58 PSI (4) Kg/cm ²
DATE	2012.11.30
DRAWING NO.	PD-01381-01
CUSTOMER	OCEANUS
TITLE	GLOBE CONTROL VALVE

9- REFERENCE

FOR REFERENCE: 12.1.30, 12.1.31, 12.1.32, 12.1.33, 12.1.34, 12.1.35, 12.1.36, 12.1.37, 12.1.38, 12.1.39, 12.1.40, 12.1.41, 12.1.42, 12.1.43, 12.1.44, 12.1.45, 12.1.46, 12.1.47, 12.1.48, 12.1.49, 12.1.50, 12.1.51, 12.1.52, 12.1.53, 12.1.54, 12.1.55, 12.1.56, 12.1.57, 12.1.58, 12.1.59, 12.1.60, 12.1.61, 12.1.62, 12.1.63, 12.1.64, 12.1.65, 12.1.66, 12.1.67, 12.1.68, 12.1.69, 12.1.70, 12.1.71, 12.1.72, 12.1.73, 12.1.74, 12.1.75, 12.1.76, 12.1.77, 12.1.78, 12.1.79, 12.1.80, 12.1.81, 12.1.82, 12.1.83, 12.1.84, 12.1.85, 12.1.86, 12.1.87, 12.1.88, 12.1.89, 12.1.90, 12.1.91, 12.1.92, 12.1.93, 12.1.94, 12.1.95, 12.1.96, 12.1.97, 12.1.98, 12.1.99, 12.1.100, 12.1.101, 12.1.102, 12.1.103, 12.1.104, 12.1.105, 12.1.106, 12.1.107, 12.1.108, 12.1.109, 12.1.110, 12.1.111, 12.1.112, 12.1.113, 12.1.114, 12.1.115, 12.1.116, 12.1.117, 12.1.118, 12.1.119, 12.1.120, 12.1.121, 12.1.122, 12.1.123, 12.1.124, 12.1.125, 12.1.126, 12.1.127, 12.1.128, 12.1.129, 12.1.130, 12.1.131, 12.1.132, 12.1.133, 12.1.134, 12.1.135, 12.1.136, 12.1.137, 12.1.138, 12.1.139, 12.1.140, 12.1.141, 12.1.142, 12.1.143, 12.1.144, 12.1.145, 12.1.146, 12.1.147, 12.1.148, 12.1.149, 12.1.150, 12.1.151, 12.1.152, 12.1.153, 12.1.154, 12.1.155, 12.1.156, 12.1.157, 12.1.158, 12.1.159, 12.1.160, 12.1.161, 12.1.162, 12.1.163, 12.1.164, 12.1.165, 12.1.166, 12.1.167, 12.1.168, 12.1.169, 12.1.170, 12.1.171, 12.1.172, 12.1.173, 12.1.174, 12.1.175, 12.1.176, 12.1.177, 12.1.178, 12.1.179, 12.1.180, 12.1.181, 12.1.182, 12.1.183, 12.1.184, 12.1.185, 12.1.186, 12.1.187, 12.1.188, 12.1.189, 12.1.190, 12.1.191, 12.1.192, 12.1.193, 12.1.194, 12.1.195, 12.1.196, 12.1.197, 12.1.198, 12.1.199, 12.1.200, 12.1.201, 12.1.202, 12.1.203, 12.1.204, 12.1.205, 12.1.206, 12.1.207, 12.1.208, 12.1.209, 12.1.210, 12.1.211, 12.1.212, 12.1.213, 12.1.214, 12.1.215, 12.1.216, 12.1.217, 12.1.218, 12.1.219, 12.1.220, 12.1.221, 12.1.222, 12.1.223, 12.1.224, 12.1.225, 12.1.226, 12.1.227, 12.1.228, 12.1.229, 12.1.230, 12.1.231, 12.1.232, 12.1.233, 12.1.234, 12.1.235, 12.1.236, 12.1.237, 12.1.238, 12.1.239, 12.1.240, 12.1.241, 12.1.242, 12.1.243, 12.1.244, 12.1.245, 12.1.246, 12.1.247, 12.1.248, 12.1.249, 12.1.250, 12.1.251, 12.1.252, 12.1.253, 12.1.254, 12.1.255, 12.1.256, 12.1.257, 12.1.258, 12.1.259, 12.1.260, 12.1.261, 12.1.262, 12.1.263, 12.1.264, 12.1.265, 12.1.266, 12.1.267, 12.1.268, 12.1.269, 12.1.270, 12.1.271, 12.1.272, 12.1.273, 12.1.274, 12.1.275, 12.1.276, 12.1.277, 12.1.278, 12.1.279, 12.1.280, 12.1.281, 12.1.282, 12.1.283, 12.1.284, 12.1.285, 12.1.286, 12.1.287, 12.1.288, 12.1.289, 12.1.290, 12.1.291, 12.1.292, 12.1.293, 12.1.294, 12.1.295, 12.1.296, 12.1.297, 12.1.298, 12.1.299, 12.1.300, 12.1.301, 12.1.302, 12.1.303, 12.1.304, 12.1.305, 12.1.306, 12.1.307, 12.1.308, 12.1.309, 12.1.310, 12.1.311, 12.1.312, 12.1.313, 12.1.314, 12.1.315, 12.1.316, 12.1.317, 12.1.318, 12.1.319, 12.1.320, 12.1.321, 12.1.322, 12.1.323, 12.1.324, 12.1.325, 12.1.326, 12.1.327, 12.1.328, 12.1.329, 12.1.330, 12.1.331, 12.1.332, 12.1.333, 12.1.334, 12.1.335, 12.1.336, 12.1.337, 12.1.338, 12.1.339, 12.1.340, 12.1.341, 12.1.342, 12.1.343, 12.1.344, 12.1.345, 12.1.346, 12.1.347, 12.1.348, 12.1.349, 12.1.350, 12.1.351, 12.1.352, 12.1.353, 12.1.354, 12.1.355, 12.1.356, 12.1.357, 12.1.358, 12.1.359, 12.1.360, 12.1.361, 12.1.362, 12.1.363, 12.1.364, 12.1.365, 12.1.366, 12.1.367, 12.1.368, 12.1.369, 12.1.370, 12.1.371, 12.1.372, 12.1.373, 12.1.374, 12.1.375, 12.1.376, 12.1.377, 12.1.378, 12.1.379, 12.1.380, 12.1.381, 12.1.382, 12.1.383, 12.1.384, 12.1.385, 12.1.386, 12.1.387, 12.1.388, 12.1.389, 12.1.390, 12.1.391, 12.1.392, 12.1.393, 12.1.394, 12.1.395, 12.1.396, 12.1.397, 12.1.398, 12.1.399, 12.1.400, 12.1.401, 12.1.402, 12.1.403, 12.1.404, 12.1.405, 12.1.406, 12.1.407, 12.1.408, 12.1.409, 12.1.410, 12.1.411, 12.1.412, 12.1.413, 12.1.414, 12.1.415, 12.1.416, 12.1.417, 12.1.418, 12.1.419, 12.1.420, 12.1.421, 12.1.422, 12.1.423, 12.1.424, 12.1.425, 12.1.426, 12.1.427, 12.1.428, 12.1.429, 12.1.430, 12.1.431, 12.1.432, 12.1.433, 12.1.434, 12.1.435, 12.1.436, 12.1.437, 12.1.438, 12.1.439, 12.1.440, 12.1.441, 12.1.442, 12.1.443, 12.1.444, 12.1.445, 12.1.446, 12.1.447, 12.1.448, 12.1.449, 12.1.450, 12.1.451, 12.1.452, 12.1.453, 12.1.454, 12.1.455, 12.1.456, 12.1.457, 12.1.458, 12.1.459, 12.1.460, 12.1.461, 12.1.462, 12.1.463, 12.1.464, 12.1.465, 12.1.466, 12.1.467, 12.1.468, 12.1.469, 12.1.470, 12.1.471, 12.1.472, 12.1.473, 12.1.474, 12.1.475, 12.1.476, 12.1.477, 12.1.478, 12.1.479, 12.1.480, 12.1.481, 12.1.482, 12.1.483, 12.1.484, 12.1.485, 12.1.486, 12.1.487, 12.1.488, 12.1.489, 12.1.490, 12.1.491, 12.1.492, 12.1.493, 12.1.494, 12.1.495, 12.1.496, 12.1.497, 12.1.498, 12.1.499, 12.1.500, 12.1.501, 12.1.502, 12.1.503, 12.1.504, 12.1.505, 12.1.506, 12.1.507, 12.1.508, 12.1.509, 12.1.510, 12.1.511, 12.1.512, 12.1.513, 12.1.514, 12.1.515, 12.1.516, 12.1.517, 12.1.518, 12.1.519, 12.1.520, 12.1.521, 12.1.522, 12.1.523, 12.1.524, 12.1.525, 12.1.526, 12.1.527, 12.1.528, 12.1.529, 12.1.530, 12.1.531, 12.1.532, 12.1.533, 12.1.534, 12.1.535, 12.1.536, 12.1.537, 12.1.538, 12.1.539, 12.1.540, 12.1.541, 12.1.542, 12.1.543, 12.1.544, 12.1.545, 12.1.546, 12.1.547, 12.1.548, 12.1.549, 12.1.550, 12.1.551, 12.1.552, 12.1.553, 12.1.554, 12.1.555, 12.1.556, 12.1.557, 12.1.558, 12.1.559, 12.1.560, 12.1.561, 12.1.562, 12.1.563, 12.1.564, 12.1.565, 12.1.566, 12.1.567, 12.1.568, 12.1.569, 12.1.570, 12.1.571, 12.1.572, 12.1.573, 12.1.574, 12.1.575, 12.1.576, 12.1.577, 12.1.578, 12.1.579, 12.1.580, 12.1.581, 12.1.582, 12.1.583, 12.1.584, 12.1.585, 12.1.586, 12.1.587, 12.1.588, 12.1.589, 12.1.590, 12.1.591, 12.1.592, 12.1.593, 12.1.594, 12.1.595, 12.1.596, 12.1.597, 12.1.598, 12.1.599, 12.1.600, 12.1.601, 12.1.602, 12.1.603, 12.1.604, 12.1.605, 12.1.606, 12.1.607, 12.1.608, 12.1.609, 12.1.610, 12.1.611, 12.1.612, 12.1.613, 12.1.614, 12.1.615, 12.1.616, 12.1.617, 12.1.618, 12.1.619, 12.1.620, 12.1.621, 12.1.622, 12.1.623, 12.1.624, 12.1.625, 12.1.626, 12.1.627, 12.1.628, 12.1.629, 12.1.630, 12.1.631, 12.1.632, 12.1.633, 12.1.634, 12.1.635, 12.1.636, 12.1.637, 12.1.638, 12.1.639, 12.1.640, 12.1.641, 12.1.642, 12.1.643, 12.1.644, 12.1.645, 12.1.646, 12.1.647, 12.1.648, 12.1.649, 12.1.650, 12.1.651, 12.1.652, 12.1.653, 12.1.654, 12.1.655, 12.1.656, 12.1.657, 12.1.658, 12.1.659, 12.1.660, 12.1.661, 12.1.662, 12.1.663, 12.1.664, 12.1.665, 12.1.666, 12.1.667, 12.1.668, 12.1.669, 12.1.670, 12.1.671, 12.1.672, 12.1.673, 12.1.674, 12.1.675, 12.1.676, 12.1.677, 12.1.678, 12.1.679, 12.1.680, 12.1.681, 12.1.682, 12.1.683, 12.1.684, 12.1.685, 12.1.686, 12.1.687, 12.1.688, 12.1.689, 12.1.690, 12.1.691, 12.1.692, 12.1.693, 12.1.694, 12.1.695, 12.1.696, 12.1.697, 12.1.698, 12.1.699, 12.1.700, 12.1.701, 12.1.702, 12.1.703, 12.1.704, 12.1.705, 12.1.706, 12.1.707, 12.1.708, 12.1.709, 12.1.710, 12.1.711, 12.1.712, 12.1.713, 12.1.714, 12.1.715, 12.1.716, 12.1.717, 12.1.718, 12.1.719, 12.1.720, 12.1.721, 12.1.722, 12.1.723, 12.1.724, 12.1.725, 12.1.726, 12.1.727, 12.1.728, 12.1.729, 12.1.730, 12.1.731, 12.1.732, 12.1.733, 12.1.734, 12.1.735, 12.1.736, 12.1.737, 12.1.738, 12.1.739, 12.1.740, 12.1.741, 12.1.742, 12.1.743, 12.1.744, 12.1.745, 12.1.746, 12.1.747, 12.1.748, 12.1.749, 12.1.750, 12.1.751, 12.1.752, 12.1.753, 12.1.754, 12.1.755, 12.1.756, 12.1.757, 12.1.758, 12.1.759, 12.1.760, 12.1.761, 12.1.762, 12.1.763, 12.1.764, 12.1.765, 12.1.766, 12.1.767, 12.1.768, 12.1.769, 12.1.770, 12.1.771, 12.1.772, 12.1.773, 12.1.774, 12.1.775, 12.1.776, 12.1.777, 12.1.778, 12.1.779, 12.1.780, 12.1.781, 12.1.782, 12.1.783, 12.1.784, 12.1.785, 12.1.786, 12.1.787, 12.1.788, 12.1.789, 12.1.790, 12.1.791, 12.1.792, 12.1.793, 12.1.794, 12.1.795, 12.1.796, 12.1.797, 12.1.798, 12.1.799, 12.1.800, 12.1.801, 12.1.802, 12.1.803, 12.1.804, 12.1.805, 12.1.806, 12.1.807, 12.1.808, 12.1.809, 12.1.810, 12.1.811, 12.1.812, 12.1.813, 12.1.814, 12.1.815, 12.1.816, 12.1.817, 12.1.818, 12.1.819, 12.1.820, 12.1.821, 12.1.822, 12.1.823, 12.1.824, 12.1.825, 12.1.826, 12.1.827, 12.1.828, 12.1.829, 12.1.830, 12.1.831, 12.1.832, 12.1.833, 12.1.834, 12.1.835, 12.1.836, 12.1.837, 12.1.838, 12.1.839, 12.1.840, 12.1.841, 12.1.842, 12.1.843, 12.1.844, 12.1.845, 12.1.846, 12.1.847, 12.1.848, 12.1.849, 12.1.850, 12.1.851, 12.1.852, 12.1.853, 12.1.854, 12.1.855, 12.1.856, 12.1.857, 12.1.858, 12.1.859, 12.1.860, 12.1.861, 12.1.862, 12.1.863, 12.1.864, 12.1.865, 12.1.866, 12.1.867, 12.1.868, 12.1.869, 12.1.870, 12.1.871, 12.1.872, 12.1.873, 12.1.874, 12.1.875, 12.1.876, 12.1.877, 12.1.878, 12.1.879, 12.1.880, 12.1.881, 12.1.882, 12.1.883, 12.1.884, 12.1.885, 12.1.886, 12.1.887, 12.1.888, 12.1.889, 12.1.890, 12.1.891, 12.1.892, 12.1.893, 12.1.894, 12.1.895, 12.1.896, 12.1.897, 12.1.898, 12.1.899, 12.1.900, 12.1.901, 12.1.902, 12.1.903, 12.1.904, 12.1.905, 12.1.906, 12.1.907, 12.1.908, 12.1.909, 12.1.910, 12.1.911, 12.1.912, 12.1.913, 12.1.914, 12.1.915, 12.1.916, 12.1.917, 12.1.918, 12.1.919, 12.1.920, 12.1.921, 12.1.922, 12.1.923, 12.1.924, 12.1.925, 12.1.926, 12.1.927, 12.1.928, 12.1.929, 12.1.930, 12.1.931, 12.1.932, 12.1.933, 12.1.934, 12.1.935, 12.1.936, 12.1.937, 12.1.938, 12.1.939, 12.1.940, 12.1.941, 12.1.942, 12.1.943, 12.1.944, 12.1.945, 12.1.946, 12.1.947, 12.1.948, 12.1.949, 12.1.950, 12.1.951, 12.1.952, 12.1.953, 12.1.954, 12.1.955, 12.1.956, 12.1.957, 12.1.958, 12.1.959, 12.1.960, 12.1.961, 12.1.962, 12.1.963, 12.1.964, 12.1.965, 12.1.966, 12.1.967, 12.1.968, 12.1.969, 12.1.970, 12.1.971, 12.1.972, 12.1.973, 12.1.974, 12.1.975, 12.1.976, 12.1.977, 12.1.978, 12.1.979, 12.1.980, 12.1.981, 12.1.982, 12.1.983, 12.1.984, 12.1.985, 12.1.

مثال عملی

بازطراحی و انتخاب شیر کنترلی با چند روش (محاسبات دستی و استفاده از روال مدارک شرکت VALTEK زیر مجموعه شرکت FLOWSERVE ، استفاده از نرم افزار طراحی ValSpeQ ، استفاده از نرم افزار طراحی CONVAL و استفاده از نرم افزار شبیه ساز Aspen HYSYS 10)

اطلاعات زیر برای یک شیر کنترلی موجود در یک تاسیسات فرآورش نفت خام (شیر کنترلی فشار تفکیک گر نفت و گاز مرحله دوم) و سیال سرویس گاز طبیعی ترش جدا شده از نفت خام، در دسترس می باشد. ضریب جریان مورد نیاز مناسب شیر کنترلی موجود را می خواهیم باتوجه به وجود تغییراتی در فرایند و سیال، مجدداً محاسبه و ارزیابی نماییم.

Fluid Service: Natural Saur Gas

PCV: Globe, Single Port and Trim Type: Contoured Plug (Equal Percentage)

هوای ابزار دقیق از زیر به محرک وارد می شود (Reverse Acting Actuator) و بندآور از زیر نشینگاه به سمت نشیمنگاه حرکت کرده و باعث بسته شدن مجرای جریان می شود (Reverse Control Valve) و جریان سیال هم از بالای بندآور وارد و به آن نیرو وارد می کند یعنی :

Air to Close/Fail Open/Normally Open and Flow to Open

پس از جدول استاندارد ISA 75.01 یعنی جدول شماره ۲ (پیوست شماره ۳)، برای این Trim Type and Flow Direction :

Liquid Pressure Recovery Factor, $F_L = 0.9$

X_r (Terminal Pressure Drop Ratio) = 0.72

Valve Style Modifier, $F_d = 0.46$

برای شیر کنترلی و مسیر موجود :

Control Valve Body Size = 3"

Inlet and Outlet Nominal Pipe Size = 4"

اطلاعات فرایندی:

$T_{in} = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$

$P_{in} = 11.8\text{ barg}$

Maximum Volumetric Flow= 2 MMSCFD

$T_{out} = 14.2\text{ }^{\circ}\text{C}$

$P_{out} = 2\text{ barg}$

$M_w = 26.3$

Compressibility Factor at upstream = 0.9428

شیرهای کنترلی

جزوه آموزشی :

گروه مهندسی فرآیند

مدرس:

امیر حصیمی

صفحه ۴۴ از ۵۲

Ratio of Specific Heats or C_p/C_v at Upstream = 1.303
Kinematic Viscosity = $0.8056 \times 10^{-6} \text{ (m}^2/\text{sec)}$

حل

روش اول. حل دستی

بایستی ابتدا مساله Choked Flow را بررسی نماییم. ابتدا فاکتور F_k را محاسبه می‌نماییم:

F_k (Ratio of Specific Heats Factor) = Ratio of Specific Heats / 1.40

و سپس نسبت اختلاف فشار مقرر دو سر شیر کنترلی و فشار مطلق ورودی را (X) بدست می‌آوریم. خواهیم داشت:

$F_k = 0.9307$ and $X = 0.764$

و چون X از حاصل ضرب $F_k \cdot X_T$ بزرگتر می‌باشد پس جریان Choked (Critical Flow) خواهد بود. در نتیجه، بجای مقدار X ، از مقدار $F_k \cdot X_T$ در محاسبات خود استفاده می‌کنیم.

در این مرحله، مقدار F_p (Piping Geometry Factor) را عدد یک فرض می‌کنیم (می‌دانیم مقدار آن، یک نیست چون دو طرف شیر کنترلی Reducer داریم) و برای اولین بار از رابطه (3.14)، مقدار C_v را بدست می‌آوریم (12.88 USGal/min):

$$W = 63.3 F_p C_v Y \sqrt{x P_1 \gamma_1} \quad (3.11)$$

$$Q = 1360 F_p C_v P_1 Y \sqrt{\frac{x}{G_g T_1 Z}} \quad (3.12)$$

$$W = 19.3 F_p C_v P_1 Y \sqrt{\frac{x M_w}{T_1 Z}} \quad (3.13)$$

$$Q = 7320 F_p C_v P_1 Y \sqrt{\frac{x}{M_w T_1 Z}} \quad (3.14)$$

توجه: برای محاسبه مقدار C_v ، ضریب تراکم‌پذیری را با استفاده از نرم‌افزار Aspen HYSYS بدست آورده (0.9428) و مقدار

Expansion Factor را باتوجه به اینکه بایستی از مقدار $F_k \cdot X_T$ به جای مقدار X استفاده کنیم، $\frac{2}{3}$ قرار می‌دهیم $(Y = 1 - \frac{X}{3 F_k X_T})$.

برای محاسبه Re_v (عدد رینولدز شیر کنترلی) از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$Re_v = \frac{N_4 F_d Q}{v \sqrt{C_L F_L} \left[\frac{F_L^2 C_L^2}{N_2 D^4} + 1 \right]^{\frac{1}{4}}} = 58764063.53$$

که از جدول شماره ۱ (پیوست شماره ۲) برای مقادیر N_2 و N_4 استفاده می‌کنیم:

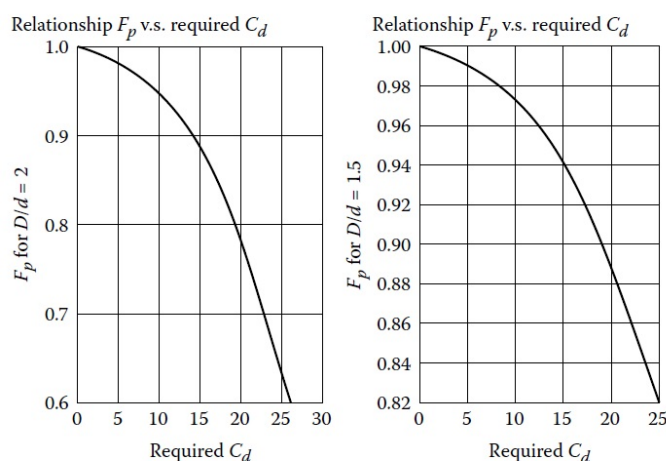
$$N_2 = 8.9 \times 10^2$$

$$N_4 = 1.73 \times 10^4$$

و چون از مقدار ۱۰۰۰۰ بیشتر می‌باشد، جریان متلاطم است (معیار روال شرکت VALTEK، عدد ۴۰۰۰۰ می‌باشد). پس، ضریب جریانی محاسبه شده، نیازی به تصحیح ندارد (نیاز به محاسبه Reynolds Number Factor, F_r نیست).

نکته: عموماً برای طراحی شیرهای کنترلی برای سیال تراکم‌پذیر، چون نوع جریان سیال معمولاً متلاطم می‌باشد، عدد رینولدز شیر کنترلی محاسبه نمی‌گردد اما برای تعداد بسیار کمی از شیرها با ضرایب جریان شیر کمتر از مقدار 0.1 ، Reynolds Number Factor برای تصحیح C_v می‌بایست محاسبه گردد.

حال باید با استفاده از روابط موجود در استاندارد ISA 75.01 ، مقدار F_p را بدست بیاوریم. در مرحله، برای تسریع کار و از جنبه کاربردی، از نمودارهای زیر می‌توان استفاده نماییم (بجای استفاده از رابطه):



$$D/d = 4"/3" = 1.33$$

$$d = 3"$$

$$C_d \text{ (valve Discharge Coefficient)} = C_v/d^2 = 1.43$$

که تقریباً همان یک شده و مقدار C_v تغییری نمی‌کند (در روال شرکت VALTEK برای محصولات آن شرکت، از جداولی اختصاصی استفاده شده است).

روش محاسباتی Geometry Factor :

$$F_p = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\sum K}{N_2} \left(\frac{C_v}{d^2} \right)^2}}$$

که $\sum K$ برابر است با جمع جبری تمامی ضرایب افت هد سرعتی موثر تمامی اتصالات متصل به شیر کنترل (البته شامل ضریب افت هد سرعتی خود شیر کنترلی نمی‌شود):

$$\sum K = K_1 + K_2 + K_{B1} - K_{B2}$$

که K_1 و K_2 ضرایب افت هد سرعتی بخاطر reducer های ورودی و خروجی (fitting های ورودی و خروجی) و K_{B1} و K_{B2} نیز ضرایب bernoulli ورودی و خروجی می‌باشند.

شیرهای کنترلی

جزوه آموزشی :

گروه مهندسی فرآیند

مدرس:

امیر حصیمی

صفحه ۴۶ از ۵۲

خواهیم داشت:

$$K_1 = 0.5 [1 - (d/D_1)^2]^2 = 0.0957$$

$$K_2 = [1 - (d/D_2)^2]^2 = 0.1914$$

$$KB_1 = 1 - (d/D_1)^4 = 0.6835$$

$$KB_2 = 1 - (d/D_2)^4 = 0.6835$$

$$\Sigma K = 0.2871$$

$$F_p = 0.99967$$

که تقریباً برابر یک می باشد.

در انتها، برای سیال تراکم پذیر با استفاده از یکی از روابط زیر، باید مقدار عدد ماخ (Mach Number) را در خروجی شیر کنترلی جهت ارزیابی مساله noise، تعیین نماییم:

$$M(\text{gas}) = \frac{Q_a}{5574 A_v \sqrt{\frac{kT}{M_w}}} \quad (3.20)$$

$$M(\text{gas}) = \frac{Q_a}{1036 A_v \sqrt{\frac{kT}{G_g}}} \quad (3.21)$$

$$M(\text{air}) = \frac{Q_a}{1225 A_v \sqrt{T}} \quad (3.22)$$

$$M(\text{steam}) = \frac{w v}{1514 A_v \sqrt{T}} \quad (3.23)$$

Where:

M = Mach number

Q_a = Actual flow rate, ft³/hr
(CFH, not SCFH; see page 3-13)

A_v = Applicable flow area, in², of
body port (Table 3-VIII)

T_i = Absolute temperature °R, (°F + 460°)

w = Mass flow rate, lb/hr

v = Specific volume at flow conditions, ft³/lb

G_g = Specific gravity at standard conditions
relative to air

M_w = Molecular weight

k = Ratio of specific heats

از اولین رابطه استفاده کرده و Mach Number را در خروجی بدست می آوریم. البته باید یادمان باشد که دما و فشار می بایست در شرایط خروجی شیر کنترلی باشد و اثر Joule-Thomson را در نظر بگیریم.

شیرهای کنترلی

جزوه آموزشی :

صفحه ۴۷ از ۵۲

امیر حصیمی

مدرس:

گروه مهندسی فرآیند

برای پارامتر A_v که Control Valve Output Area می‌باشد، می‌بایست از جدول لیست محصولات شرکت سازنده استفاده نماییم و چون چنین لیستی را از سازنده شیر کنترلی مذکور نداریم، برای تمرین، از لیست محصولات شرکت VALTEK استفاده می‌نماییم. برای این محصول، (Control Valve Body Size and Pressure Rating = 3" and 300#) از جدول زیر که مربوط به شرکت VALTEK است، داریم:

Table 3-VIII: Valve Outlet Areas

Valve Size (inches)	Valve Outlet Area, A_v (Square Inches)						
	Class 150	Class 300	Class 600	Class 900	Class 1500	Class 2500	Class 4500
1/2	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.15	0.11
3/4	0.44	0.44	0.44	0.37	0.37	0.25	0.20
1	0.79	0.79	0.79	0.61	0.61	0.44	0.37
1 1/2	1.77	1.77	1.77	1.50	1.50	0.99	0.79
2	3.14	3.14	3.14	2.78	2.78	1.77	1.23
3	7.07	7.07	7.07	6.51	5.94	3.98	2.78
4	12.57	12.57	12.57	11.82	10.29	6.51	3.98
6	28.27	28.27	28.27	25.97	22.73	15.07	10.29
8	50.27	50.27	48.77	44.18	38.48	25.97	19.63
10	78.54	78.54	74.66	69.10	60.13	41.28	28.27
12	113.10	113.10	108.43	97.12	84.62	58.36	41.28
14	137.89	137.89	130.29	117.86	101.71	70.88	50.27
16	182.65	182.65	170.87	153.94	132.73	92.80	63.62
18	233.70	226.98	213.82	194.83	167.87	117.86	84.46
20	291.04	283.53	261.59	240.53	210.73	143.14	101.53
24	424.56	415.48	380.13	346.36	302.33	207.39	143.14
30	671.96	660.52	588.35	541.19	476.06	325.89	
36	962.11	907.92	855.30				
42	1320.25	1194.59					

پس از محاسبه عدد ماخ، مقدار آن در حدود ۰/۲ بدست می‌آید که به اندازه کافی از مقدار ۱ دور می‌باشد و نیازی به انتخاب شیر کنترلی بزرگتر نمی‌باشد.

نکته: می‌دانیم که برای تخمین noise و لرزش در خروجی شیر کنترلی، محاسبه عدد mach برای سیال تراکم‌پذیر به تنهایی کافی نمی‌باشد و افت فشار کلی و یا درواقع انرژی که از سیال هنگامیکه از trim شیر کنترلی گرفته می‌شود، معیار مناسبی است.

به عنوان یک قاعده کلی داریم :

Velocity

As a general rule, valve outlet velocities should be limited to the following maximum values:

Liquids	50 feet per second
Gases	Approaching Mach 1.0
Mixed Gases and Liquids	500 feet per second

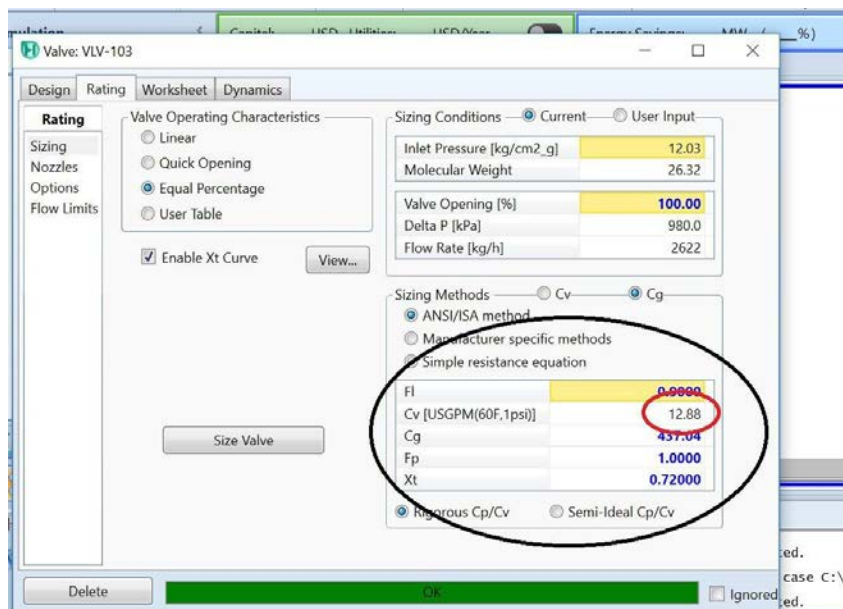
برای محاسبه C_v نیز که از رابطه (3.14) استفاده نمودیم، محاسبات را می توان از طریق نرم افزار MATLAB انجام داد:

```

HOME PLOTS APPS
C:\Program Files\MATLAB\R2017a\bin
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
>> 83333.3/(7320*185.8*(2/3)*sqrt(0.67/(26.3*531.2*0.9428)))
ans =
12.8864
    
```

همین روند را بایستی برای دبی های نرمال و کمینه در فرایند انجام دهیم و نیز مطمئن شویم که C_v محاسبه شده به ازای دبی بیشینه یا همان Calculated or Required C_v به ازای دبی بیشینه، از C_v مربوط به شیر کنترلی مذکور در حالت ۱۰۰ درصد بازبودن که همان Rated C_v است، کمتر باشد تا شیر کنترلی بتواند دبی بیشینه فرایندی را کنترل نماید و بطور کلی Rangeability شیر کنترلی از لحاظ دقت لازم برای کنترل جریان در دبی بیشینه و کمینه در فرایند (Turndown Ratio) بایستی بررسی گردد که مناسب باشد. البته دقت شود، این مثال برای محاسبات مجدد ضریب جریان شیر برای شیر کنترلی موجود بوده و برای طراحی شیر کنترلی که مقرر هست در فرایند قرار گیرد بایستی پس از محاسبه C_v ، شیر کنترلی مناسب را از لیست شیرهای تولیدی شرکت سازنده، بر اساس پارامترهایی مانند اندازه بدنه، ضریب جریانی، کلاس فشاری و Trim، انتخاب نمود. در جزوه دیگری که به همراه همین تالیف ارائه می گردد، مثال هایی از روال طراحی شرکت VALTEK و انتخاب شیر کنترلی مناسب از لیست محصولات این شرکت، وجود دارند که از ابتدا طراحی و انتخاب شیر کنترلی مناسب، انجام می گیرد.

روش دوم. استفاده از نرم افزار شبیه ساز Aspen HYSYS برای بدست آوردن ضریب جریان مورد نیاز (Required Cv):



با انتخاب تجهیز شیر کنترلی از Model Palette نرم افزار و رفتن به تب Rating و انتخاب مورد اول یعنی Sizing، شکل بالا را خواهیم داشت.

دقت شود که برای سیال تراکم پذیر، F_L یا همان Liquid Pressure Recovery Factor بی معنی بوده و در اینجا مقدار پیش فرض نوشته شده را بدون تغییر رها می کنیم (البته دیدیم که اگر خواهیم عدد رینولدز شیر کنترلی را محاسبه نماییم، به این فاکتور نیاز خواهیم داشت). با وارد نمودن دو پارامتر دیگر و قرار دادن مقدار باز بودن شیر بر روی میزان ۱۰۰ درصد، انتخاب خصوصیت جریانی شیر و استفاده از روش استاندارد ANSI/ISA (ANSI/ISA 75.01) و در نهایت فشردن دکمه Size Valve، مقدار Cv بدست می آید. بهتر است عدد ماخ را در خروجی شیر کنترلی و با توجه به لیست محصولات شرکت سازنده، یک بار هم دستی چک نماییم. برای دو دبی نرمال و کمینه نیز، همین روند تکرار می گردد.

روش سوم. استفاده از نرم افزار طراحی ValSpeQ شرکت Baker Hughes :

The screenshot displays the ValSpeQ software interface. On the left, the 'Inlet' section shows design parameters: Design Pressure (11.8 bar g), Max Design Temp (22 deg C), and Min Design Temp (deg C). The 'Cases' section shows a table with columns for Minimum, Normal, and Maximum values for flow rate, inlet pressure, outlet pressure, pressure drop, and temperature. The 'Flowline condition' table provides detailed data for required Cv, over-size Cv, sound level, % travel, % Cv, FL, sonic diameter, Mach #, full open flow rate, and predicted noise level. The 'Result' section shows a 'Predicted noise level exceeds desired limit Recommendation C' warning.

Case	Minimum	Normal	Maximum	Other
flow rate	0.3	1	2	MM scfd
inlet pressure	11.8	11.8	11.8	bar g
outlet pressure	2	2	2	bar g
pressure drop	9.8	9.8	9.8	bar
temperature	22	22	22	deg C
Z	0.9428	0.9428	0.9428	
MW	26.3	26.3	26.3	MW
k	1.303	1.303	1.303	

Flowline condition	Minimum	Normal	Maximum
required Cv	1.905	6.351	12.73
over-size Cv	1.905	6.351	12.73
sound level, EC	72	86	93
% travel	25.4	50.11	61.75
% Cv	4.535	15.12	30.3
FL	0.94	0.94	0.9382
sonic diameter	0.4294	0.7322	1.186
Mach #	0.0201	0.067	0.1339
full open flow rate	6.304	6.304	6.304
	MM scfd		
predicted noise level	87.423	87.423	87.423
	dB(A)		

Result: Predicted noise level exceeds desired limit Recommendation C.

در خروجی نتایج این نرم افزار همانطور که در عکس بالا دیده می شود، عدد ماخ متناسب با ضریب جریانی شیر و نیز Sound Level محاسبه و دیده می شوند. بر اساس مطلبی که قبلاً ذکر شد، عدد mach در خروجی شیر کنترلی معیار مناسبی برای تخمین noise نمی باشد، به همین خاطر است که برای دبی بیشینه 2 MMSCFD باوجود عدد ماخ برابر با ۰/۱۳ که به اندازه کافی کوچک است، مقدار noise برابر با 93 dBA بدست آمده است که از حد قابل قبول بیشتر بوده و نرم افزار، پیغام هشدار داده است.

توجه داشته باشید که این نرم افزار، برای طراحی و انتخاب شیرهای کنترلی شرکت های Masoneilan ، Mooney و Becker که زیر مجموعه شرکت Baker Hughes می باشند، مناسب است (البته می توان یکسری اطلاعات ورودی برای شیر کنترلی را با قرار دادن آن ها بر روی مد دستی، بصورت دستی وارد نمود). لذا استفاده از نرم افزار قدرتمند CONVAL که می تواند از استاندارد ANSI/ISA استفاده نماید، توصیه می شود.

روش چهارم. استفاده از نرم افزار طراحی CONVAL محصول شرکت F.I.R.S.T GmbH :

The screenshot shows the 'Medium selection and state' and 'Operating data' sections of the CONVAL software. The 'Medium selection and state' section includes dropdown menus for Medium (Natural Gas (AGA8)), Mixture composition (Hengam 2nd Stage), State (Gaseous), Gas (Gas, dry (Standard conditions)), and Standard conditions (60°F, 14.696 psi). The 'Operating data' section includes a checkbox for 'Operating points are part of a static system characteristic' (checked), a 'Calculation' dropdown set to 'Kv/Cv', and a table of operating points. The table has columns for Maximum flow, Mean flow, and Minimum flow, and rows for t1, p1, p2, Δp, Cv, qm, and qn. The Cv row is highlighted in green, showing a value of 12.743 GPM(US). The qn row shows a value of 83,333.0 SCFH and a 'Choked flow' indicator.

	Maximum flow	Mean flow	Minimum flow	
t1				°C
p1	185.84			psi(a)
p2	43.703			psi(a)
Δp	142.14			psi
Cv	12.743			GPM(US)
qm	5,811.1			lb/h
qn	83,333.0			SCFH
				Choked flow

همانطور که دیده می شود، اعلام Choked Flow توسط نرم افزار انجام شده است.

بعد از طراحی و انتخاب شیر کنترلی مناسب، نوبت به طراحی محرک یا همان Actuator مناسب با توجه به اختلاف فشار حداکثری مورد نیاز در دو طرف شیر کنترلی و پارامترهای دیگری، می رسد که در این تالیف به آن اشاره نمی گردد.

منابع

- بسته نرم‌افزاری آموزش اپراتور بهره‌برداری مربوط به شرکت ملی صنایع پتروشیمی
- "اصول کار شیرهای کنترلی"، شرکت ره‌آوران فنون پتروشیمی
- یوسفی (۱۳۸۹)، "اصول و ساختار ولوها، فلنچ‌ها و گسکت‌ها"، انتشارات اتحاد-جهان‌نو
- رازی‌فر (۱۳۹۵)، "طراحی تجهیزات فرایندی"، انتشارات اندیشه‌سرا
- گوهرخی، ترابی، نجفی و شعبانی (۱۳۸۷)، "شبیه سازی دینامیکی فرایندهای شیمیایی با نرم‌افزار HYSYS Dynamic 2006"، انتشارات شرکت دانشگران صنعت پژوه
- کاتالوگ شیرهای شرکت‌های Habonim ، FlowTek و تجهیزات فرایندی شرکت Top Line.
- Flow Equations for Sizing Control Valves (ISA-75.01.01-2007) and Considerations for Evaluating Control Valve Cavitation (ISA-RP 75.23-1995)
- Flowserve VALTEK Control Valve Sizing & Selection Manual, Section 3: Control Valve Sizing
- Process Control & Optimization, Volume 2, Chapter 6, Control Valve Selection & Sizing, Reviewed by F. M. Cain and B. G. Lipták
- www.Flowserve.com, Flowserve Cavitation Control
- www.emerson.com, Valve Sizing Calculations (Traditional Method)
- www.Linkedin.com
- BELA & LIPTAK, Instrument Engineers' Handbook, "Process Control and Optimization", VOLUME II, GAYLER, MARTON (1970, 1985), LIPTAK (1995) and MILLER (2005), Control Valve Selection and Sizing, Valve Types: Ball Valves, Taylor & Francis Group, 2006.