

ABRAVA + climatização refrigeração

REFRIGERAÇÃO AR-CONDICIONADO VENTILAÇÃO AQUECIMENTO

BELIMO

Novos requisitos
de instalações em
supermercados

Entendendo
os motores
eletronicamente
comutados

Como selecionar
válvulas
motorizadas

ESPECIAL:
Guia de
refrigeração
comercial



BRAC

Departamento
Nacional de
Automação e Controle





© Runtap P | Dreamstime.com

É inconcebível pensar em lojas, independente do porte, sem automação e controle

Não basta ter sistemas bem concebidos e instalados, que utilizam fluidos refrigerantes com baixo potencial de agressão ao meio ambiente e energeticamente eficientes. É necessário controlar, não só as condições de conforto e qualidade do ar interno, como também a armazenagem dos produtos oferecidos. Nos dias atuais este controle ficou bem mais simplificado e preciso.

"O monitoramento e controle de câmaras frigoríficas, balcões e expositores, era feito através de controles locais e ações reativas. Com a tecnologia e automação disponível podemos "enxergar" tudo isso no celular, receber alarmes e intervir imediatamente. Ações imediatas evitam que alimentos sejam perdidos", afirma João Henrique W. Fernandes, diretor comercial da Pennse Controles.

Rafael de Moura, da engenharia de aplicação da Mercado Automação, vai além: "Sabe-se que a utilização de temperaturas incorretas para o armazenamento de produtos perecíveis pode gerar prejuízos ao estabelecimento e, mais do que isso, danos à saúde dos

As soluções wireless, que permitem precisos controle e monitoramento à distância, estão cada vez mais acessíveis, tornando injustificáveis sua ausência em supermercados

consumidores. Sabendo disso, a utilização de sistemas de automação que sejam capazes de manter a temperatura desejada, levando em consideração o tipo de produto armazenado, e que ainda possibilitam o controle de umidade relativa do ar, evitando que os produtos percam peso, é indispensável. Além de controlar essas variáveis, a análise e armazenamento desses dados tem grande importância e demandam um sistema capaz de gerenciar centenas de balcões em sites distintos."

Levando-se em conta que os sistemas de automação estão cada vez mais disponíveis, não há por que não utilizá-los, independente do porte do estabelecimento. Afinal, soluções *wireless* são cada vez mais corriqueiras e presentes no nosso dia a dia, e, desde que homologadas na ANATEL, são de fácil instalação, confiáveis e duradoras. Também os sensores modernos de temperatura e umidade em rede, por exemplo, são cada vez mais acessíveis.

"A automação no setor supermercadista era considerada 'um luxo'.

Quando instalada, era algo somente pensado e aplicado na cadeia de frio alimentar (balcões e câmaras frigoríficas) com soluções locais e simples. Tratar os sistemas das lojas de conveniência, como ar-condicionado, iluminação, geradores e medidores de energia como algo isolado é um erro. Ter uma central de controle e monitoramento com uma automação/plataforma única e enxergando todas as plantas é o ideal. O custo é diluído e pode ser operado por pessoas com conhecimento e autonomia para tomar ações preventivas e preditivas", esclarece Fernandes.

Particularmente no último ano, com o advento da covid-19, o controle e o monitoramento ganharam um grande impulso. "A adoção de lâmpadas de higienização (UV) e o monitoramento da qualidade do ar através de sensores VOC e CO2 para garantir uma ventilação eficaz é um legado que permanecerá nos projetos e retrofits", acredita o diretor da Pennse.

"A tecnologia é algo que nos cerca

e a evolução cada vez mais rápida nos pressiona a acompanhá-la. Seria insano os supermercados ignorarem este fato. Ainda existe uma certa resistência por parte dos supermercados em 'gastar' em algo que não é visível. Nosso grande desafio é fazê-los entender que estamos falando de investimento e não gasto. Antes o assunto limitava-se à economia de energia, ao funcionamento e o controle simples e local. Com a tecnologia hoje disponível podemos simplesmente ter tudo na palma de nossas mãos", alerta Fernandes.

Para Moura, da Mercado, a própria realidade impõe ao supermercadista uma mudança de paradigma. "O mercado exige que as lojas sejam cada vez mais dinâmicas e que sigam evoluindo utilizando melhor seus recursos. As tecnologias de monitoramento sem fio de temperatura, umidade e consumo de energia, por exemplo, possibilitam que se meça cada vez mais, com uma visão do todo muito mais precisa. Essa visão macro só é possível graças à evolução de softwares de gerenciamento

que são capazes de coletar os dados dos mais variados tipos de sensores com as mais variadas tecnologias de comunicação. Todos esses componentes trabalhando em conjunto, possibilitam que os operadores do sistema concentrem sua atenção para traçar estratégias cada vez mais eficientes e se preocupem menos com rotinas repetitivas."



Rafael de Moura



João Henrique Fernandes

Da redação



Departamento
Nacional de
Automação e Controle

Válvulas motorizadas



Introdução

Válvulas motorizadas são dispositivos controlados que modulam a vazão da água em um sistema hidrônico de aquecimento e resfriamento. A vazão nessas válvulas depende da pressão através do orifício da válvula. Normalmente, válvulas dependentes de pressão incluem válvulas globo, válvulas esfera padrão e a válvula esfera caracterizada. Válvulas Independentes de Pressão (PIV) são consideradas uma solução superior às tradicionais válvulas de controle porque regulam e mantêm vazão constante no trocador de calor independentemente da variação da pressão no sistema.

O dimensionamento da válvula só terá precisão com total entendimento do sistema hidrônico. As válvulas são o elemento final de controle, mas o balanceamento, tamanho do trocador de calor, curva de resposta do trocador de calor, e as perdas nas tubulações também fazem parte da precisão do dimensionamento. A válvula de controle não será dimensionada adequadamente sem a total análise do sistema. Se o projeto do sistema demanda alta precisão, torna-se necessária a análise rigorosa, e o projetista terá que dimensionar as válvulas com elevados critérios de seleção.

Tudo interage em um sistema hidrônico, portanto as válvulas não podem ser tratadas como um assunto simples por si só. Ao invés disso, todo o sistema hidrônico deve ser

considerado. Muitos dados são necessários para um dimensionamento cuidadoso e seleção de válvulas do sistema, mas quando isso não estiver disponível, a precisão será impactada.

Às vezes a especificação não leva em consideração as condições de construção do sistema. Cada processo, cada trocador de calor possui uma resposta única. É difícil analisar totalmente cada um deles e projetar uma válvula especial para controlar cada processo. Mas podemos fazer algumas coisas para melhorar o controle:

- Selecione uma válvula com características gerais que mais se enquadrem no processo. Caso não seja possível realizar a total análise hidráulica do sistema, podemos selecionar válvulas com curva característica de igual porcentagem ou curva linear dependendo de qual se aproxima mais da resposta necessária.
- Selecione uma válvula com capacidade adequada.
- Faça o balanceamento do sistema.
- Elimine o excesso da altura manométrica do sistema de bombeamento.
- Utilize um atuador validado pelo fabricante da válvula.
- Selecione Válvulas Independentes de Pressão para manter o ponto de ajuste de vazão conforme o sinal de controle do sistema de automação.

A abordagem detalhada para válvulas dependentes de

automação e controle

pressão é comum em AVAC-R e controle de processos. É um erro o engenheiro aceitar especificações de projeto sem nenhum questionamento e selecionar válvulas de forma estereotipada a partir de um conjunto limitado de possibilidades. É necessária uma análise minuciosa.

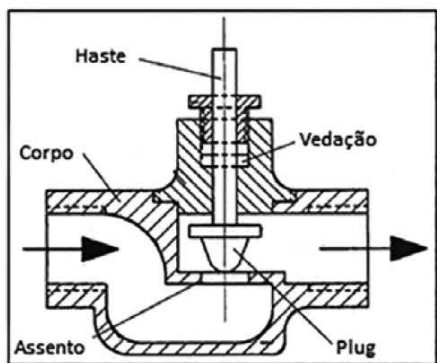
Em qualquer circunstância, este manual oferece conhecimento geral de como uma válvula de controle e o sistema hidráulico interagem.

Principais tipos de válvulas

Válvulas de duas, três e seis vias

Válvulas de duas vias possuem duas portas e controlam a vazão em sistemas de vazão variáveis.

Figura 01 - Válvula Globo de 2 vias



Válvulas de três vias possuem três portas, uma comum às outras duas que podem ser direcionadas para realizar mistura ou desvio. Mistura significa que a vazão pode entrar em duas portas e sair pela porta comum. Desvio significa que a vazão entra pela porta comum e sai pelas outras duas portas. Pode haver dano se o direcionamento for contrário à função pretendida da válvula. Válvulas de três vias são usadas em sistemas de vazão constante.

Válvulas de seis vias têm a funcionalidade de quatro válvulas de controle de 2 vias, com duas sequências fornecendo capacidades diferentes de Cv (ex.: aquecimento e resfriamento). Uma válvula realiza mudança e controle de modulação para um único trocador de calor em um sistema de quatro tubos.

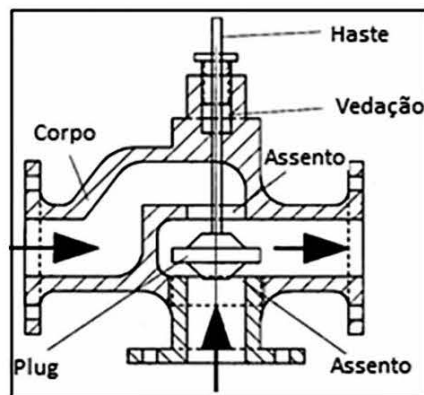
Figura 02 - Válvula 6 vias



Válvulas globo

Válvulas globo possuem movimento linear de haste, que operam um plugue para um assento em válvulas de duas vias e dois assentos (um em cima e um embaixo) para válvulas de três vias. Válvulas globo são usadas em tubulações de 1/2" a 6".

Figura 03 - Válvula Globo de 3 vias



Válvula esfera padrão

Válvulas esfera estão disponíveis em configuração de duas e três vias que utilizam uma esfera interna com um orifício perfurado pelo centro das portas. A vazão é controlada girando a esfera de 0 a 90 graus contra o fluxo da vazão através do corpo. Oferecem corpos de válvula de alta pressão com alta capacidade de fechamento.

A válvula esfera convencional fornece curva de resposta de vazão ruim e só é usada para controlar sistemas on/off. A vazão aumenta rapidamente conforme o orifício libera a restrição do corpo até que a vazão total seja atingida; o curso de abertura adicional não tem efeito sobre a vazão. A vazão vai de 0% a 100% em cerca de 40° de rotação; é uma válvula de abertura rápida.

Alguns modelos podem ser configurados para reduzir a velocidade de abertura da válvula, porém, com um tempo maior para iniciar o fluxo através da válvula.

Válvula esfera caracterizada

A válvula esfera de controle caracterizada é um verdadeiro avanço em válvula de controle. Combina a alta capacidade de fechamento da válvula esfera com um disco caracterizado que garante característica de vazão de igual porcentagem. Um lado do disco é côncavo e corresponde à superfície da esfera. A vazão é controlada pela abertura na esfera e por uma abertura especialmente desenvolvida no disco. Isso reduz o coeficiente de vazão (Cv). A válvula aumenta a vazão lentamente, especialmente no início da abertura. Portanto, a curva de vazão de igual porcentagem é fornecida e o resultado do aquecimento ou resfriamento é linear.

Figura 04 – Válvula esfera caracterizada



O melhor controle da válvula evita a busca do ciclo de controle no qual o sistema constantemente se ajusta para manter o ponto de ajuste. Quando as condições operacionais do atuador são melhoradas e o range total de operação é utilizado, a vida útil do sistema aumenta e o consumo de energia é reduzido.

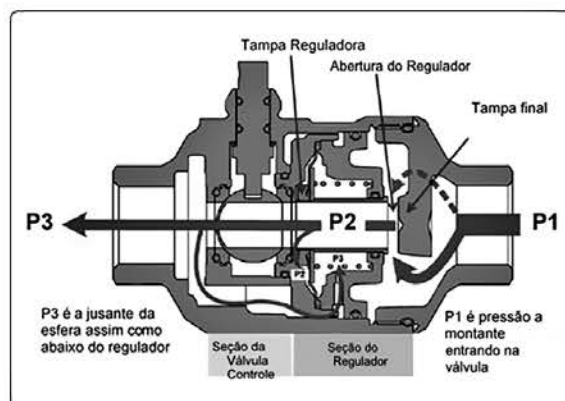
Válvula de Controle Independente de Pressão (PI)

Existem dois tipos de válvulas independente de pressão no mercado. A mecânica independente de pressão e eletrônica independente de pressão. Essas válvulas podem utilizar construção do tipo válvula globo ou válvula esfera de controle caracterizada. A seção reguladora de uma válvula PI compensará alterações em pressão diferencial para manter a vazão igual ao resultado enviado pelo sinal de controle. Válvulas PI interpretam o sinal de controle como uma configuração da vazão, enquanto as válvulas dependentes de pressão interpretam o sinal de controle como uma configuração de posição. Válvulas Independentes de Pressão têm a vantagem de realizarem a função de uma válvula de balanceamento e uma válvula de controle num único corpo.

Válvulas Mecânicas Independentes de Pressão combinam um regulador diferencial de pressão a uma válvula de controle de 2 vias para fornecer uma vazão específica para cada grau de abertura da esfera independentemente de flutuações na pressão do sistema.

Válvulas Eletrônicas Independentes de Pressão utilizam um medidor de vazão ultrassônico e lógica de controle no atuador para ajustar a posição de abertura das válvulas para manter a configuração de vazão solicitada pelo sistema de automação. Válvulas eletrônicas podem fornecer *feedback* das posições ou *feedback* da vazão de água para o sistema de automação.

Figura 05 – Válvula independente de pressão



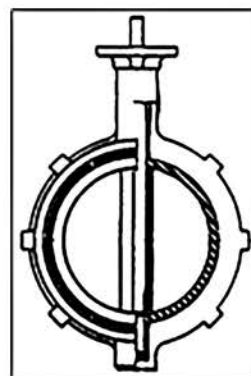
Válvula de Controle Independente de Pressão com gerenciamento de delta T

Construída sobre a funcionalidade da válvula independente de pressão eletrônica e com sensores adicionais de temperatura de entrada e de saída de água do trocador de calor, possui lógica de otimização para gerenciar a temperatura diferencial do trocador de calor através da limitação da vazão da água do trocador conforme configurações definidas no projeto. O medidor eletrônico de vazão e os sensores de temperatura integrados fornecem o desempenho exato do trocador de calor. Os dados são usados para verificar o desempenho do sistema durante o comissionamento e atuam como padrão básico para monitorar o desempenho do sistema ao longo do tempo.

Válvulas Borboletas

Válvulas Borboleta são válvulas de duas vias que usam um disco para controlar a vazão. O disco gira a 0-90 graus dentro de um corpo em formato de anel, geralmente posicionado entre dois flanges da tubulação. Quando o disco está paralelo à tubulação, a válvula está totalmente aberta. Quando o disco está perpendicular à tubulação, a válvula está fechada.

Figura 06 - Válvulas Borboleta





**Soluções de Alta
PERFORMANCE**

7
ANOS
GARANTIA

BELIMO
CLOUD

Válvulas de Controle Independentes de Pressão



DNVAC
Departamento
Nacional de
Automação e Controle

BELIMO

Frequentemente, o corpo de uma válvula borboleta possui parte interna feita de material resistente que fornece vedação e é ajustada contra o disco quando a válvula está fechada. Quando uma válvula borboleta está parcialmente aberta, forças dinâmicas agem no disco e produzem um torque que tende a abrir a válvula. As forças têm pico entre 60° e 85° e caem para quase zero quando a válvula está totalmente aberta. É importante que o atuador seja dimensionamento para produzir o torque necessário para modular a válvula de fechada até totalmente aberta. A válvula borboleta possui característica de vazão similar à válvula esfera convencional ou uma curva parabólica modificada.

Duas válvulas borboleta podem ser unidas para operarem como uma válvula de três vias. Elas são montadas em um tubo T e são unidas para que quando uma válvula se feche, a outra válvula se abra.

Coeficiente de Vazão

O tamanho correto da válvula de controle é muito importante para a operação do sistema AVAC-R. Sem o devido dimensionamento das válvulas o sistema nunca operará eficientemente. A válvula deve ser suficientemente grande para fornecer vazão máxima necessária quando totalmente aberta. Entretanto, é mandatório quando se usa controle modular, que a válvula não seja grande demais. Quando a válvula é grande demais, a vazão máxima necessária ocorre quando a válvula está parcialmente aberta; apenas uma parte do curso da haste é usada. Consequentemente, uma pequena mudança no curso da haste resulta em uma grande mudança desproporcional na troca térmica do sistema, especialmente quando a válvula iniciar a abertura. É difícil atingir um controle estável nessas condições.

O primeiro passo na seleção do tamanho apropriado de uma válvula dependente de pressão é calcular o coeficiente de vazão necessário. O coeficiente de vazão é expresso como o valor Cv, que é definido como a vazão em GPM (Galões por Minuto) de água a 60°F através de uma válvula totalmente aberta com 1 psi de pressão diferencial através da válvula.

$$C_v = (Q \cdot \sqrt{G}) / \sqrt{\Delta P}$$

$$C_v = C_v \text{ requerido}$$

$$Q = \text{Vazão em Galões por Minuto}$$

$$G = \text{Gravidade específica do fluido (para água } G=1)$$

$$\Delta P = \text{Diferencial de pressão através da válvula - psi}$$

Alguns fabricantes utilizam Kv que é a contrapartida métrica para o valor de Cv e eles não são numericamente iguais sendo necessário realizar a conversão conforme abaixo:

$$C_v = 1,16 \cdot K_v \text{ ou } K_v = 0,862 \cdot C_v$$

Características da válvula

Controle

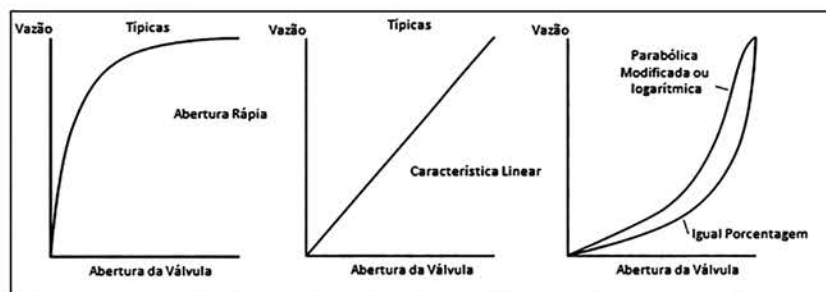
A premissa básica ao se combinar o trocador de calor e a característica da válvula é que a saída do sinal de controle e o atuador da válvula possuam uma resposta linear. Com resposta linear, um aumento de sinal de 1V resulta na mesma rotação ou elevação de uma válvula independentemente de sua localização no range do sinal. Por exemplo, a mudança de 2V para 3V resulta na mesma elevação ou rotação da mudança de 8V para 9V. O resultado de saída de um trocador de calor não é linear. A lógica PID foi desenvolvida pensando em um processo linear aproximado. A sintonia de ciclo pode compensar a não-linearidade, mas o tempo de sintonia de ciclo é excessivo e muitos controladores não podem ter múltiplos valores de ganho. Mesmo os ciclos que se autoajustam apresentam dificuldade, uma vez que uma curva de resposta muda com outras variações do sistema.

Curvas características

No segmento AVAC-R, a característica da válvula é determinada principalmente pelo formato das portas, esfera, disco, ou plugues da válvula e é determinada por condições de laboratório. No laboratório, a queda de pressão através da válvula é mantida constante a 1 psi e sua vazão é medida. (Pode ser água, ar ou outro fluido). A válvula é aberta com intervalos de 10° e uma curva é desenhada. A Sociedade de Instrumentos dos EUA (ISA) exige que três pressões diferentes sejam usadas e a média dos valores é publicada. Consequentemente, o Cv publicado de uma válvula é uma aproximação. As pequenas variações devido a pressões em testes de laboratório são inconsequentes comparadas com variações de autoridade e de tipo de válvula. As curvas mais utilizadas nos sistemas de AVAC-R são: Abertura Rápida, Linear, Parabólica Modificada e Igual Porcentagem.

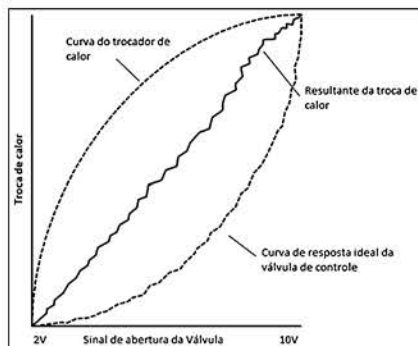
Válvulas com característica de igual porcentagem proporcionam uma relação logarítmica não-linear entre a

Figura 07 – Curva característica



vazão e a posição da haste. Quando a válvula começa a abrir, a vazão aumenta lentamente, conforme a válvula se abre mais, a vazão aumenta gradualmente. A curva da válvula está sempre abaixo da curva linear e desenhada para complementar a curva de resposta do trocador de calor, que também é algorítmico, mas acima da linear. A característica *côncava* da válvula neutraliza a natureza *convexa* do trocador. O resultado líquido pretendido é que a saída de calor seja proporcional à posição da haste. A característica de igual porcentagem é apropriada para controle modular de trocadores de calor de aquecimento e de resfriamento.

Figura 08 – Resultante da troca térmica



Autoridade de válvulas

Quando instalada, a pressão diferencial ao longo de uma válvula de controle muda quando tem a sua abertura modulada. Quando está fechada, a pressão diferencial total no sistema age apenas sobre a válvula de controle. Quando a válvula está totalmente aberta, a vazão causará queda de pressão em todas as outras partes do sistema (trocador, válvula de balanceamento, tubos etc.), então, haverá menos pressão diferencial ao longo da válvula de controle. Dependendo do sistema, variações na pressão de bombeamento poderá aumentar a variação da pressão na válvula.

A autoridade da válvula (α) é a proporção entre a pressão diferencial ao longo da válvula totalmente aberta e a pressão diferencial do sistema. É desejável selecionar uma válvula de controle com $\alpha = 50\%$ para conseguir um controle estável no sistema.

$$\alpha \times 100$$

Quando $\alpha = 1$ ou $\alpha = 100\%$ a válvula é a única queda de pressão em um sub circuito. Essa é a curva inerente ou intrínseca. Note que em uma instalação real as pressões no envio e retorno variam com a operação de outras válvulas e diferentes tipos de válvulas possuem formatos de curva ligeiramente diferentes.

Pressão total = Classificação de pressão no corpo da válvula

A classificação da pressão de corpo necessária para a válvula, é a soma da pressão da coluna d'água, pressão de enchimento e pressão das bombas. Normalmente, a classificação de pressão de corpo Classe ANSI 125 é suficiente para edifícios baixos e médios. Edifícios altos possuem o mesmo fechamento de prédios baixos, mas as pressões estáticas podem ser altas para válvulas em níveis mais baixos do edifício, e uma classificação de Classe ANSI 250 pode ser necessária.

Pressão de close-off

A pressão de fechamento é a pressão diferencial máxima permitida em um disco ou assento de válvula para manter a classificação de vazamento. A pressão de fechamento não é afetada pela pressão da coluna d'água porque a pressão na entrada e saída será a mesma; isso inclui a pressão de enchimento também. Quando a bomba está desligada, não há pressão diferencial ao longo da válvula. Quando a válvula está fechada contra a pressão total da bomba, ocorre a pior condição de fechamento que poderá ser próxima da altura manométrica da bomba. Em sistema de vazão constante com válvulas de 3 vias, a pressão diferencial na válvula é essencialmente constante porque a água sempre flui e a válvula nunca receberá a pressão total de bombeamento.

Geometria da tubulação

Quando é instalada uma válvula com diâmetro menor do que a tubulação, deve-se utilizar redutores na tubulação. O valor resultante de Cv dos redutores e válvula será menor do que o Cv nominal da válvula. A perda de fricção associada

a encaixes de tubulação e redutores é o fator Fp. Tabelas que documentam o valor do Cv corrigido para diversas combinações de válvulas e tamanhos de tubulações são publicadas em documentos e manuais dos fabricantes.

A geometria da tubulação possui efeito substancial sobre válvulas que possuem Cv alto comparado ao seu tamanho de corpo. A geometria da tubulação é mais influenciada quando a válvula está totalmente aberta, mas é insignificante quando a válvula está quase fechada.

$C_{vc} = F_p \times C_v$ informa que o Cv corrigido é igual ao fator geométrico multiplicado pelo Cv. $F_p = 1$ quando a válvula for do mesmo tamanho da tubulação.

A equação utilizada para calcular o Coeficiente de Vazão Corrigido C_{vc} é:

$$C_{vc} = C_v \times F_p$$

$$F_p = 1 /$$

C_v : é o coeficiente de dimensionamento nominal sem redutores.

D: Tamanho nominal da válvula em polegadas.

D: diâmetro interno do tubo em polegadas

C_{vc} : é o Cv corrigido.

Cavitação

A cavitação é a formação de bolhas de vapor nas zonas de baixa pressão em um sistema de tubulações e sempre ocorre em líquido. Esse tipo de fenômeno não está restrito a válvulas ou bombas.

Quando a água passa pela restrição imposta pela válvula de controle, ocorre uma redução da pressão do líquido e essa pressão se aproxima da pressão de vapor no momento que a água estiver passando pela válvula de controle com o aumento da sua velocidade. Após a água fluir para além da restrição, a velocidade diminui e a pressão estática volta a subir. Com o aumento da pressão estática e a redução da velocidade, as bolhas são esmagadas e implodem em formato irregular e essas bolhas atingem a tubulação. A cavi-



tação causa o som característico de cascalho na tubulação. Esse fenômeno pode atingir até vinte vezes o diâmetro da tubulação e causar o desgaste do material.

Cavitação pode ser verificada com a seguinte equação:

ΔP = Máximo diferencial de pressão

FL = Fator de recuperação de pressão líquida

P1 = Pressão de entrada em psia

FF = Fator da pressão líquida (0,96 para água)

VP = Pressão de vapor em psia na temperatura de entrada

A queda de pressão deve ficar abaixo do ΔP calculado acima. A cavitação é eliminada aumentando a pressão no sistema. Se a pressão for aumentada suficientemente, a menor pressão dentro da válvula irá exceder a pressão de vapor, não se formam bolhas de ar e a cavitação é evitada.



Leandro Médea Antonioli
engenheiro de aplicações na Belimo Brasil e membro do
DN Automação da Abrava



Referências bibliográficas

- BELIMO AIRCONTROLS (USA). *Electronic Valve Applications Guide*, 2020. Disponível em: < https://www.belimo.us/shop/en_US/downloadcenter/search?text=ELECTRONIC%20VALVE%20APPLICATIONS%20GUIDE&tabs=true >. Acesso em: 05 set. 2020.
- _____. *Ball valve technical documentation*, 2020. Disponível em: < https://www.belimo.com/nam/americas/technical_documents/pdf_web/ball_valve/ball_valve_technical_documentation.pdf >. Acesso em: 02 set. 2020.
- _____. *P5 Characterised Control Valves*. Hinwil, Switzerland, 2017.
- ASHRAE. *2020 ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment (SI)*. Mark S. Owen (Ed.), American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, Georgia, 2020.