

Generalidades

Válvula controladora de vazão variável

Válvula de controle de vazão variável com retenção integrada

Métodos de controle de vazão

Válvula de controle de vazão com pressão compensada

A temperatura afeta o fluxo

Válvula de controle de vazão com temperatura e pressão compensada

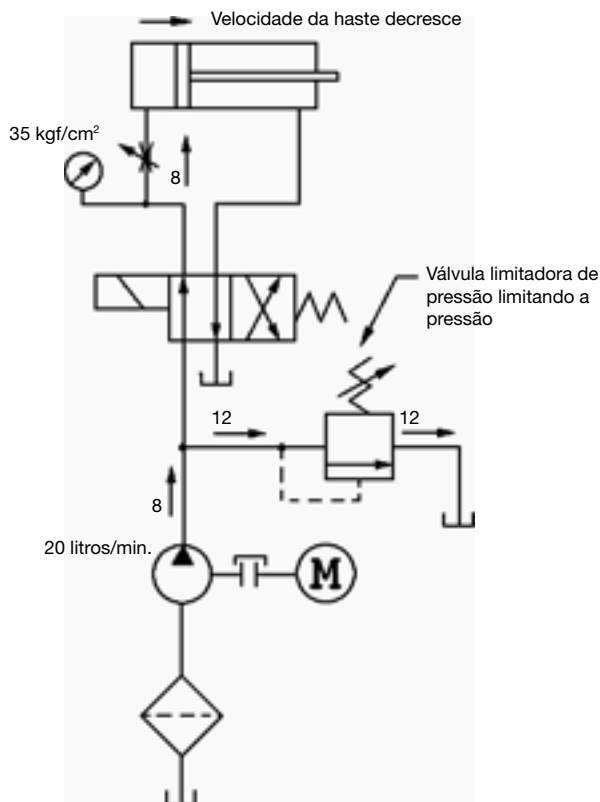


Válvulas Controladoras de Vazão

Generalidades



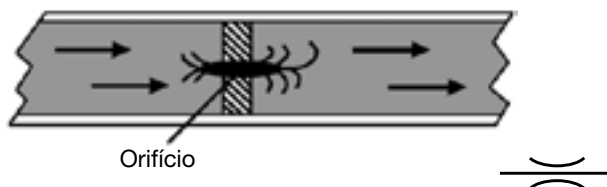
A função da válvula controladora de vazão é a de reduzir o fluxo da bomba em uma linha do circuito. Ela desempenha a sua função por ser uma restrição maior que a normal no sistema. Para vencer a restrição, uma bomba de deslocamento positivo aplica uma pressão maior ao líquido, o que provoca um desvio de parte deste fluxo para outro caminho. Este caminho é geralmente para uma válvula limitadora de pressão, mas pode também ser para outra parte do sistema. As válvulas controladoras de vazão são aplicadas em sistemas hidráulicos quando se deseja obter um controle de velocidade em determinados atuadores, o que é possível através da diminuição do fluxo que passa por um orifício.



Orifício

Um orifício é uma abertura relativamente pequena no curso do fluxo de fluido. O fluxo através de um orifício é afetado por três fatores:

1. Tamanho do orifício;
2. Diferencial de pressão através do orifício;
3. Temperatura do fluido.



O tamanho de um orifício controla a taxa de fluxo através dele. Um exemplo do dia-a-dia é uma mangueira de jardim onde surgiu um vazamento. Se o furo na mangueira for pequeno, o vazamento se dará na forma de gotejamento ou aspensão.

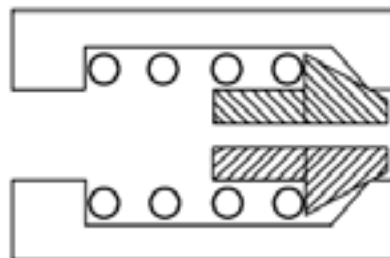
Mas se o furo for relativamente grande, o vazamento será na forma de jato. Em ambos os casos, o furo na mangueira é um orifício que mede o fluxo de água para o ambiente externo.

A quantidade de fluxo medida depende do tamanho da abertura.

Orifício fixo

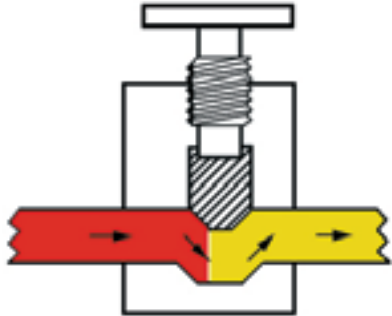
Um orifício fixo é uma abertura reduzida de um tamanho não ajustável.

Exemplos comuns de orifícios fixos, em hidráulica, são os plugues de um tubo ou válvula de retenção com um furo usinado através do seu centro, ou uma válvula comercial controladora de fluxo pre-estabelecida pela fábrica.



Orifício variável

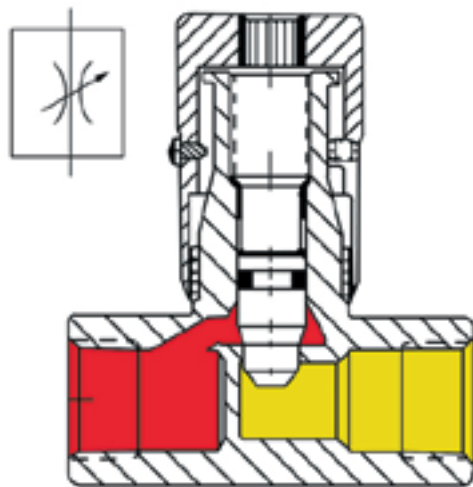
Muitas vezes, um orifício variável é melhor do que um orifício fixo por causa do seu grau de flexibilidade. Válvula de gaveta, válvulas globos e válvulas controladoras de vazão variável são exemplos de orifícios variáveis.



Válvula controladora de vazão variável

O fluido que passa através de uma válvula controladora de vazão variável deve fazer uma curva de 90° e passar pela abertura que é a sede da haste cuja ponta é cônica.

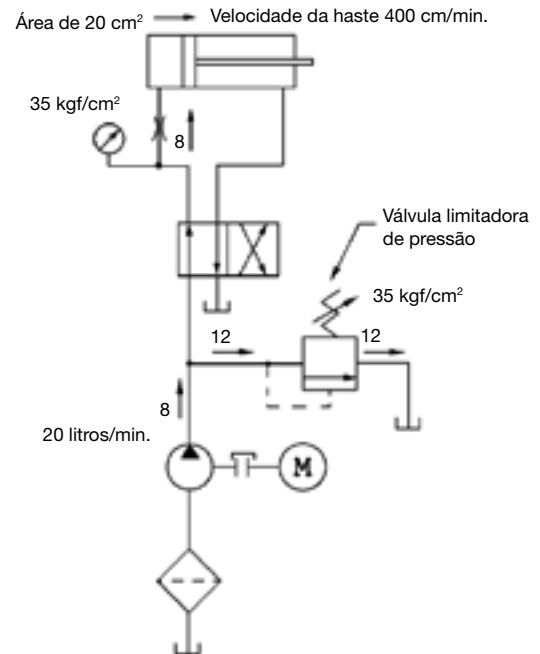
O tamanho da abertura é modificado pelo posicionamento do cone em relação à sua sede. O tamanho do orifício pode ser variado com ajuste muito fino devido ao parafuso de rosca fina na haste da agulha da válvula.



Uma válvula controladora de vazão variável é o orifício variável usado com mais frequência num sistema hidráulico industrial.

Válvulas de controle de vazão variável no circuito

O circuito ilustrado consiste em uma bomba de deslocamento positivo de 20 litros/min, em uma válvula limitadora de pressão, válvula direcional, um orifício fixo e um cilindro que tem uma área de pistão de 20 cm².



Com a válvula limitadora de pressão ajustada a 35 kgf/cm², a bomba tenta mandar seus 20 litros/min de fluxo através do orifício. Devido ao tamanho da abertura do orifício, somente 8 litros/min passam através do orifício antes que a pressão atinja a regulagem de 35 kgf/cm² na válvula limitadora de pressão (isso, é claro, acontece instantaneamente).

8 litros/min passam através do orifício sendo direcionado para o atuador. 12 litros/min avançam sobre a válvula limitadora de pressão e a haste do pistão se move a uma taxa de 400 cm/min.

$$\text{Velocidade da haste (cm/min)} = \frac{\text{Vazão (l/min)} \times 1.000 \text{ (cm}^3\text{)}}{\text{Área do pistão (cm}^2\text{)}}$$

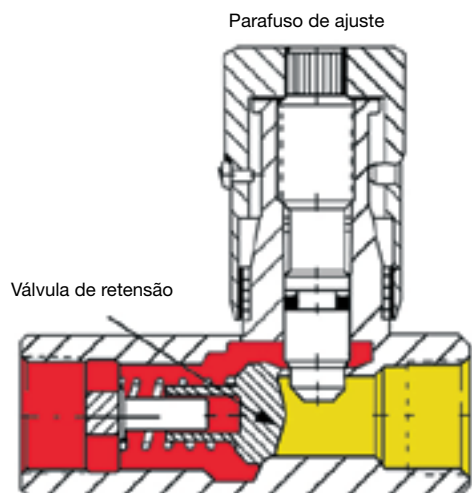
Se uma válvula controladora de vazão variável fosse usada no mesmo circuito, a velocidade da haste poderia ser modificada facilmente.

Válvula de controle de vazão variável com retenção integrada



Consiste em uma válvula controladora de vazão descrita anteriormente e mais a função de uma válvula de retenção simples em *bypass*. Com essa combinação é possível obter fluxo reverso livre, sendo de grande aplicação na hidráulica industrial.

Através de um parafuso de ajuste determina-se a taxa de fluxo que deve ser requerida no sistema para se obter a velocidade desejada. Quanto à posição de instalação, está em função do tipo de controle que se deseja aplicar no sistema.



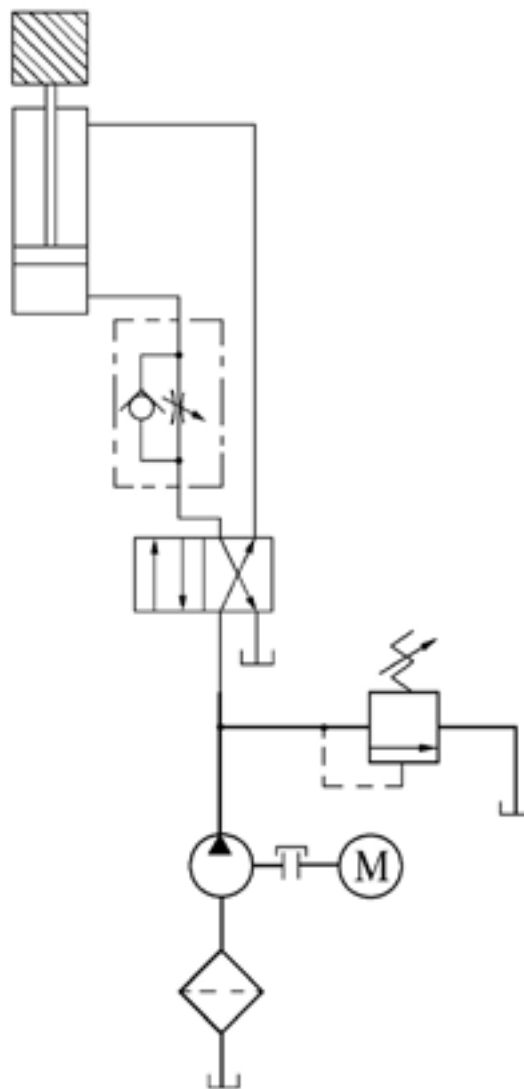
Métodos de controle de vazão

Basicamente temos três maneiras de se aplicar válvulas controladoras de vazão, sendo as duas primeiras com retenção integrada, e na terceira não se faz necessário o uso da retenção.

1º método: meter-in

Meter-in significa controle na entrada. Nesta operação a válvula deverá ser instalada no atuador, de maneira que a retenção impeça a passagem do fluido, obrigando o mesmo a passar através do orifício controlado para a entrada da câmara do atuador.

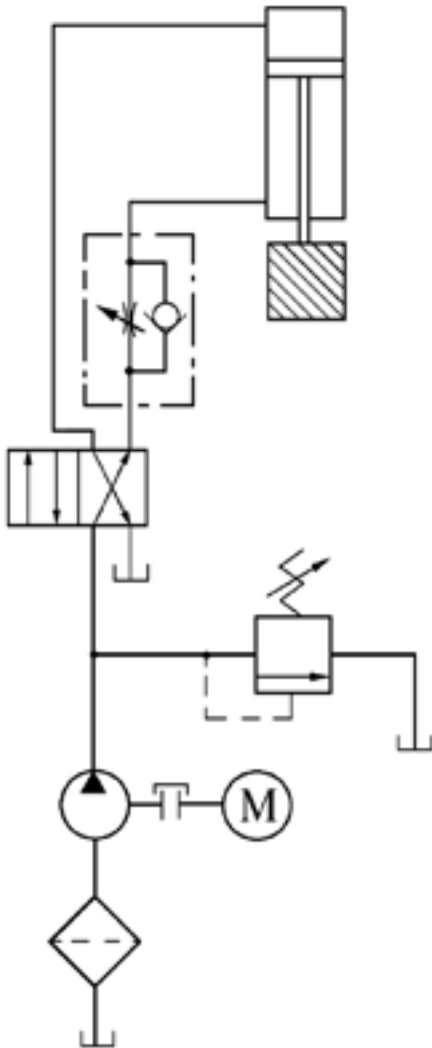
Este método é bem preciso e utilizado em aplicações onde a carga sempre resiste ao movimento do atuador (carga de compressão), em casos onde se deve empurrar uma carga com velocidade controlada ou levantar uma carga com o cilindro instalado na vertical.



2º método: meter-out

Meter-out significa controle na saída. Nesta operação a válvula deverá ser instalada no atuador de maneira que a retenção impeça a saída do fluido da câmara do atuador obrigando o mesmo a passar através do orifício controlado.

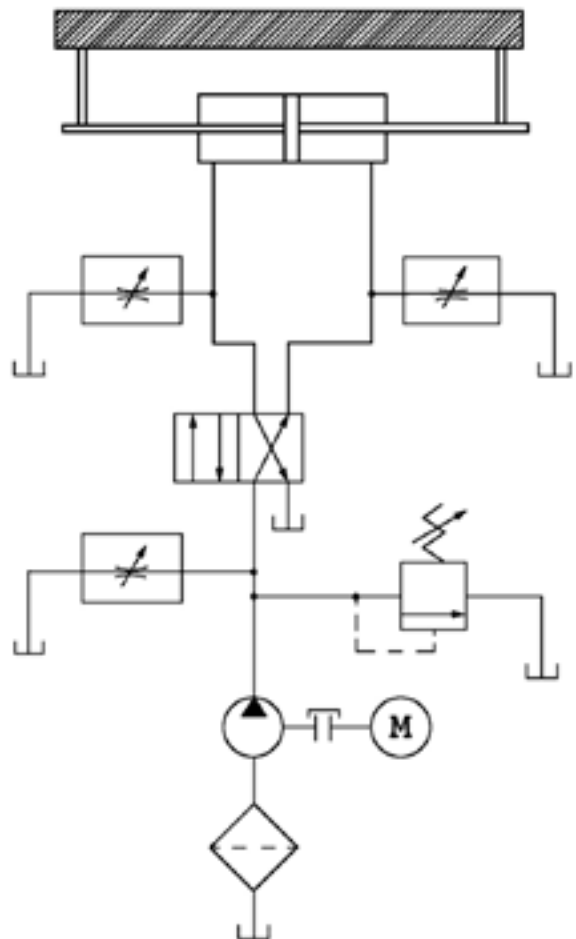
Este método é muito utilizado em sistemas onde a carga tende a fugir do atuador ou deslocar-se na mesma direção (carga de tração), como ocorre nos processos de furação (usinagem).



3º método: bleed-off

Bleed-off significa controle em desvio. Conhecido também por controle de sangria. Consiste em instalar uma válvula controladora de fluxo na entrada ou saída do atuador através de uma união tee desviando parte do fluxo da bomba diretamente para o tanque, conseguindo com isso uma diminuição da velocidade do atuador. Este tipo de controle gera menos calor pois trabalha somente com a pressão necessária para a carga movimentar, o excesso do fluxo é desviado ao tanque pela válvula de vazão e não pela limitadora de pressão.

A desvantagem deste sistema está na menor precisão de controle, pois o fluxo regulado indo ao tanque e não ao atuador torna este último sujeito às variações do deslocamento da bomba, conforme a flutuação das cargas. Usado em aplicações onde não haja necessidade de precisão da regulagem da velocidade do atuador e onde a carga oferece uma resistência



constante.

Válvula controladora de vazão com pressão compensada

Qualquer modificação na pressão antes ou depois de um orifício de medição afeta o fluxo através do orifício resultando numa mudança de velocidade do atuador. Estas modificações de pressão devem ser neutralizadas ou compensadas antes que um orifício possa medir o fluido com precisão.

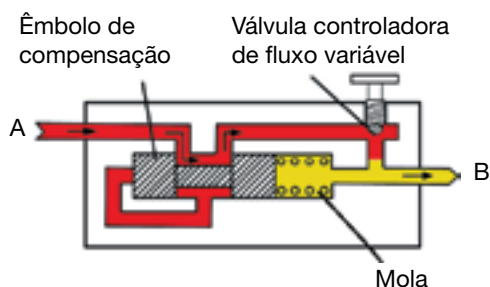


As válvulas controladoras de fluxo são válvulas não compensadas. Elas são bons instrumentos de medição, desde que o diferencial de pressão através da válvula permaneça constante. Se houver necessidade de uma medição mais precisa, usa-se uma válvula de fluxo compensada, isto é, um controle de fluxo que permite a variação de pressão antes ou depois do orifício.

As válvulas controladoras de vazão com pressão compensada são classificadas como do tipo restritora ou *bypass*.

Tipo restritora

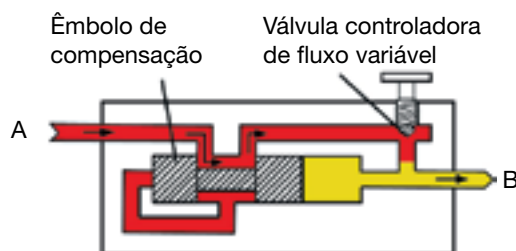
Uma válvula controladora de vazão com pressão compensada tipo restritora consiste em um corpo de válvula com vias de entrada e de saída, uma válvula controladora de vazão variável, um êmbolo de compensação e uma mola que comprime o êmbolo.



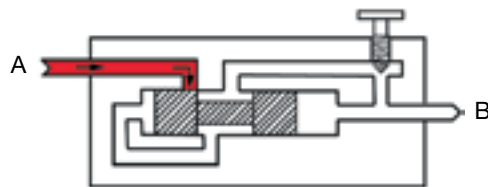
Funcionamento

Para determinar como uma válvula tipo restritora funciona, devemos examinar a sua operação passo-a- passo.

Com o êmbolo de compensação totalmente voltado para o lado "A", qualquer fluxo de fluido pressurizado que entre na via de entrada chegará à válvula controladora de vazão variável.

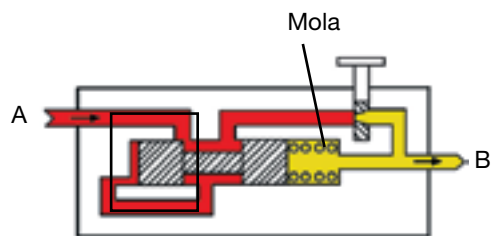


Com o êmbolo um pouco deslocado para o lado "B", o fluxo de fluido pressurizado é bloqueado através da válvula.



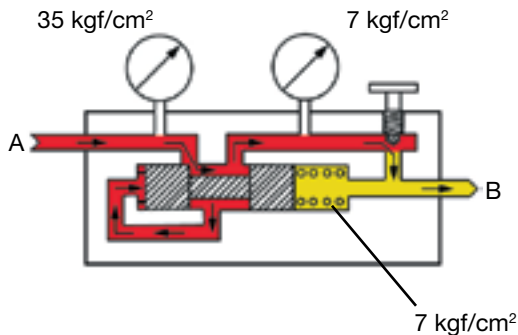
Para manter o curso de fluxo através da válvula aberta, uma mola comprime o êmbolo do compensador em direção ao lado "A".

A pressão antes da válvula controladora de vazão variável é transmitida ao lado "A" do êmbolo por meio de uma passagem piloto interna. Quando a pressão do fluido, neste ponto, tentar se tornar maior do que a pressão da mola, o êmbolo se moverá em direção do lado "B".



Com o orifício da válvula controladora de vazão variável ajustado para um pouco menos do que o fluxo da bomba a pressão antes da válvula tenta alcançar a da regulação da válvula limitadora de pressão. Quando a pressão tenta subir acima do valor da mola do compensador, o êmbolo se movimenta e restringe o fluxo para a válvula controladora de vazão variável.

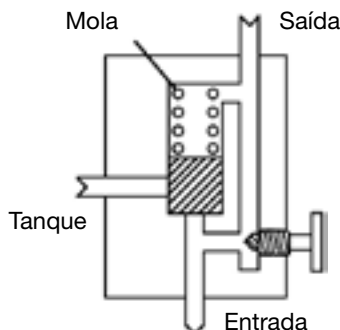
Enquanto o fluido passa sobre esta restrição, toda a energia de pressão em excesso do valor da mola é transmitida em calor.



Por exemplo, se a mola tivesse um valor de 7 kgf/cm^2 e a válvula limitadora de pressão estivesse regulada a 35 kgf/cm^2 , a pressão do fluido na entrada da válvula seria de 35 kgf/cm^2 . Entretanto, o êmbolo compensador reduz a pressão antes que ela chegue à válvula de vazão variável, transformando 28 kgf/cm^2 em energia térmica quando o fluido passa através da restrição. Isto significa que, independentemente da pressão que está na entrada do controle de fluxo, a pressão antes da válvula para desenvolver fluxo será sempre de 7 kgf/cm^2 .

Tipo *bypass* (desvio)

Uma válvula controladora de vazão com pressão compensada tipo desvio consiste em um corpo de válvula com vias de entrada e de saída para o tanque, uma válvula controladora de vazão variável, um êmbolo compensador e uma mola que comprime o êmbolo.

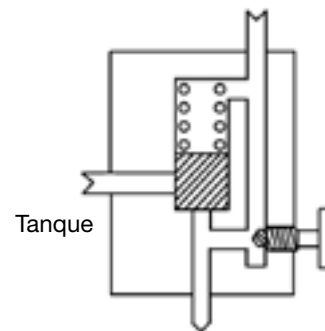


Funcionamento

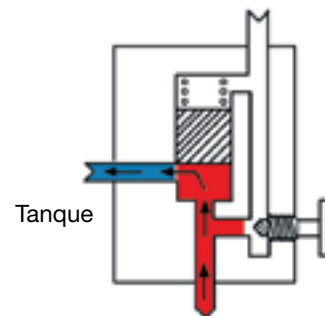
Para determinar como funciona uma válvula tipo desvio, examinaremos suas operações passo a passo.

O êmbolo compensador, nesta válvula, desenvolve um diferencial de pressão constante sobre o orifício da válvula controladora de vazão variável abrindo e fechando uma passagem para o tanque.

Com o êmbolo compensador completamente assentado na posição para baixo, a passagem para o tanque fica bloqueada.



Com o êmbolo compensador na posição para cima, a passagem para o tanque fica aberta. Nesta condição, qualquer fluxo que venha para a válvula retornará para o tanque.

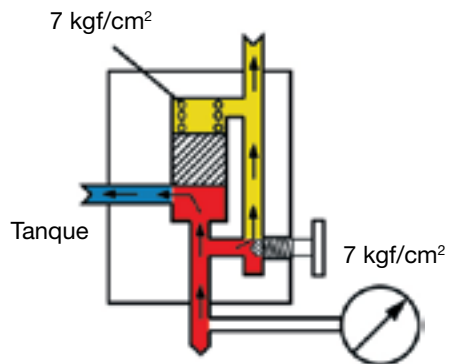


Em sua condição normal, o êmbolo compensador é comprimido, na posição fechada, por uma mola.

Se a mola tem um valor de 7 kgf/cm^2 , a pressão acima da válvula controladora de vazão variável será limitada a 7 kgf/cm^2 .

Durante a operação do sistema, a pressão antes da válvula controladora de fluxo variável tenta alcançar a da regulagem da válvula limitadora de pressão.

Quando a pressão atinge 7 kgf/cm^2 , o êmbolo abre a passagem para o tanque, desta forma limitando a pressão antes da válvula controladora de vazão variável a 7 kgf/cm^2 .

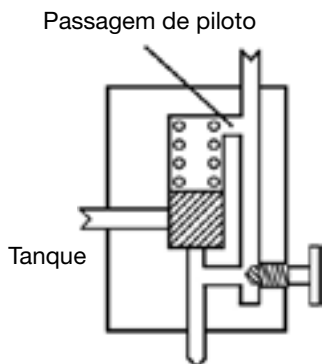


Uma pressão constante antes do orifício da válvula controladora de vazão variável não garante necessariamente uma taxa de fluxo constante.

Se a pressão depois do orifício mudar, o diferencial de pressão através do orifício se altera e, conseqüentemente, o fluxo também muda.

Para compensar esta situação, a pressão do orifício da válvula controladora de vazão variável é adicionada ao topo do pistão por meio de uma passagem de piloto.

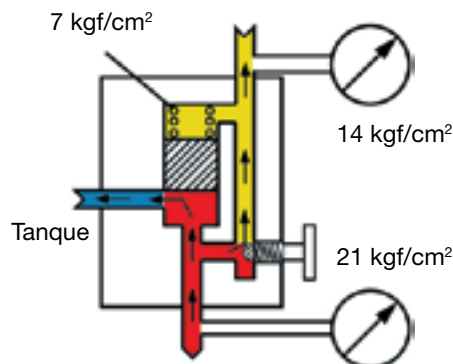
Nesse momento, duas pressões comprimem o êmbolo: a pressão da mola e a pressão do fluxo depois da válvula.



Tecnologia hidráulica industrial

Válvulas controladoras de vazão

Se a mola tivesse um valor de 7 kgf/cm^2 , a pressão antes do orifício da válvula controladora de fluxo variável estaria limitada a 7 kgf/cm^2 acima da pressão depois do orifício.



Enquanto a regulagem da válvula limitadora de pressão for suficientemente alta, o diferencial de pressão através da válvula controladora de vazão variável será sempre o do valor da mola que, no nosso exemplo, é de 7 kgf/cm^2 .

Desse modo, a mesma quantidade de pressão estará disponível para desenvolver o fluxo através do orifício, independentemente de alterações na pressão.

A temperatura afeta o fluxo

Até aqui foi mostrado que o fluxo, através de um orifício, é afetado pelo seu tamanho e pelo diferencial de pressão através dele. O fluxo através do orifício é também afetado pela temperatura que modifica a viscosidade do líquido.

Por exemplo, despejar um líquido viscoso parecido com melão frio de uma panela através de um funil é uma tarefa que consome tempo. Esquentando a panela, o melão flui prontamente pelo funil. A taxa de fluxo através do funil aumenta porque o aquecimento reduz a viscosidade do líquido.

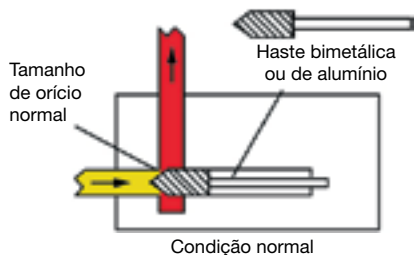
Como qualquer sistema mecânico, elétrico ou pneumático, os sistemas hidráulicos não são 100% eficientes. Quando em operação, esta ineficiência aparece na forma de calor, que reduz a viscosidade de um líquido. Da mesma forma que o melão aquecido, o fluido flui mais rapidamente através do orifício, se o diferencial de pressão através do orifício de medição e se o seu tamanho forem mantidos constantes.

A taxa de fluxo através do orifício e para o atuador aumentará com uma elevação na temperatura. Se for necessária uma velocidade exata do atuador, a mudança de temperatura precisa ser compensada.

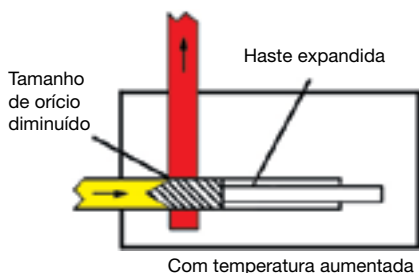
Compensação de temperatura com uma haste bimetálica

Um método de compensação de temperatura é o uso de uma haste bimetálica ou de alumínio. A haste é ligada à parte móvel que controla o tamanho do orifício de acordo com a mudança de temperatura.

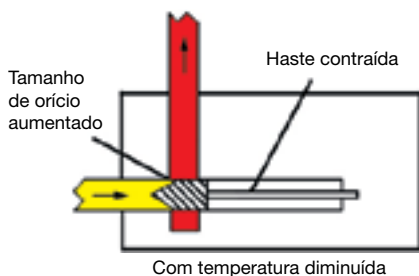
A taxa de fluxo através de um orifício tende a se tornar maior a medida que a temperatura aumenta. O calor expande a haste, que empurra a parte móvel que controla o tamanho do orifício em direção à sua sede, diminuindo a abertura.



A taxa de fluxo para o fluido aquecido, através do orifício menor, é a mesma que a taxa de fluxo através do orifício normal antes do aquecimento. Conseqüentemente a taxa de fluxo não é afetada por um acréscimo de temperatura.



Se a temperatura diminuir, a taxa de fluxo tende a ficar menor. A temperatura diminuída contrai a haste que puxa a parte móvel para fora de sua sede aumentando a abertura.

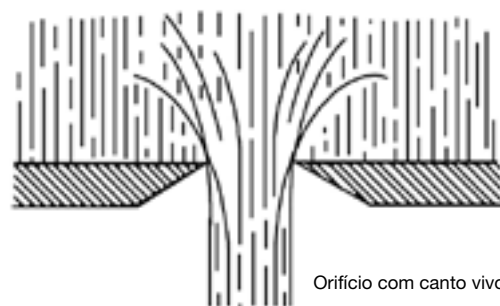


A taxa de fluxo para o fluido frio, com o orifício maior, é a mesma que a taxa de fluxo através do orifício normal, antes de resfriado. Portanto, o fluxo não é afetado pela diminuição de temperatura.

Compensação de temperatura em um orifício de canto vivo

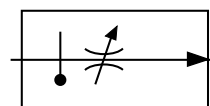
Experimentos em laboratório mostraram que quando o líquido passa através de um orifício de formas bem definidas, com canto vivo, a taxa de fluxo não é afetada pela temperatura.

A maneira pela qual o líquido sofre um cisalhamento, enquanto se move sobre o canto vivo, é de tal caráter que ele na realidade cancela ou neutraliza o efeito da viscosidade do fluido. A razão porque isso ocorre não é compreendida claramente, mas o seu efeito é o de um controle muito preciso.

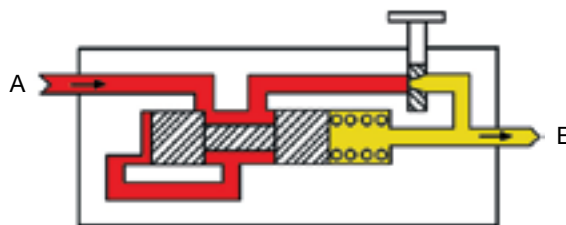


Válvula controladora de vazão com temperatura e pressão compensadas

A compensação de temperatura, usando-se um orifício de canto vivo, é uma compensação do tipo não-móvel que desconsidera os efeitos da temperatura acima de um determinado limite.

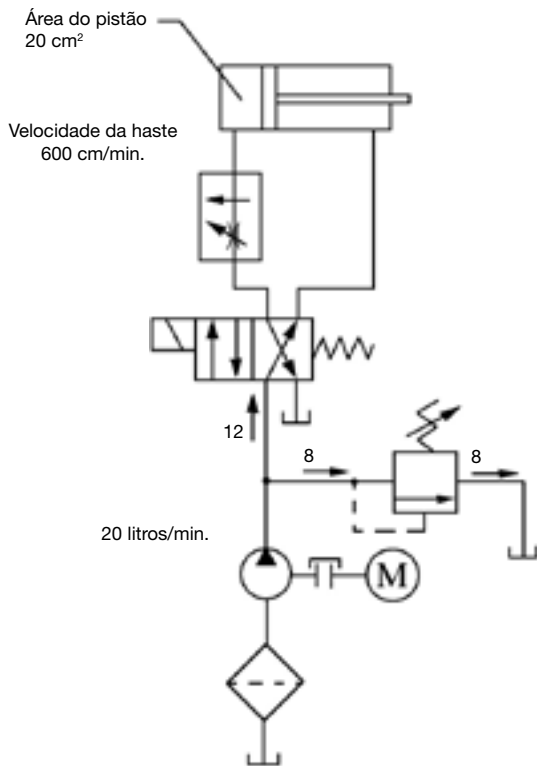


É muito difícil projetar e fabricar um orifício deste tipo, porque as características do orifício devem cair dentro de certos limites matemáticos, e o orifício deve ser usinado com precisão, além de possuir tolerâncias muito apertadas. Alguns fabricantes ainda utilizam o método de haste bimetálica ou de alumínio na compensação de temperatura por causa desta dificuldade.



Válvula controladora de fluxo com temperatura e pressão compensadas no circuito

No circuito ilustrado, uma válvula controladora de vazão com pressão compensada controlará efetivamente a velocidade de operação do cilindro enquanto a temperatura permanecer a 50°C constantes.



A temperatura operacional de sistemas hidráulicos industriais varia de 25°C no período da manhã a 60°C no período da tarde. Como resultado, a velocidade de operação do atuador varia no decorrer do dia.

Se a velocidade de um atuador deve ser precisa durante o dia de trabalho, poderia ser usada uma controladora de vazão com temperatura e pressão compensadas.

