

APLICAÇÕES PARA SISTEMAS DE COLETORES DE PÓ

O propósito deste texto é dar uma breve introdução na área de aplicação de Sistemas de Coletores de Pó e mais especificamente os sistemas de Filtros de Manga, juntamente com as informações técnicas relevantes sobre sistemas de filtros e válvulas de pulso.

Conteúdo:

- Técnicas de Controle de Poluição de Ar;
- Sistemas de Filtros de Manga;
- Válvulas Solenóide e Válvulas de Pulso.

Técnicas de Controle de Poluição de Ar

Técnicas de Controle de Poluição de Ar, como todos os sistemas de proteção ambiental, se tornaram um assunto de preocupação global. Existem seis tecnologias principais sendo utilizadas para o Controle de Poluição de Ar:

- coletores mecânicos;
- filtros de manga;
- precipitação eletrostática;
- depuradores úmidos, secos e semi secos;
- redução catalítica seletiva;
- dessulfurização de gases da chaminé.

Um importante fator que está impulsionando investimentos nestes sistemas é a legislação local. A opinião pública e a preocupação das empresas com a imagem também são fatores que levam, especialmente empresas dos diferentes segmentos industriais, a investir em sistemas de Controle de Poluição de Ar.

Sistemas de Filtros de Manga estão usando pulsos de ar para limpeza e, portanto, formam um nicho de mercado onde os fabricantes vêm utilizando a tecnologia ASCO em seus equipamentos.

Sistemas de Filtros de Manga

Sua história

As primeiras aplicações industriais de sistemas de Filtro de Manga foram desenvolvidas para a recuperação de produtos valiosos do pó contido nos fumos resultante das operações de fundição e refinamento de materiais não-ferrosos. Sabe-se que em 1852 um senhor chamado S. T. Jones requereu a patente nos Estados Unidos da América para o projeto com uma única manga para a recuperação dos fumos de óxido de zinco.

Grandes progressos tecnológicos vieram após 1950, apesar de que muitas patentes e desenvolvimentos já existissem antes deste tempo.

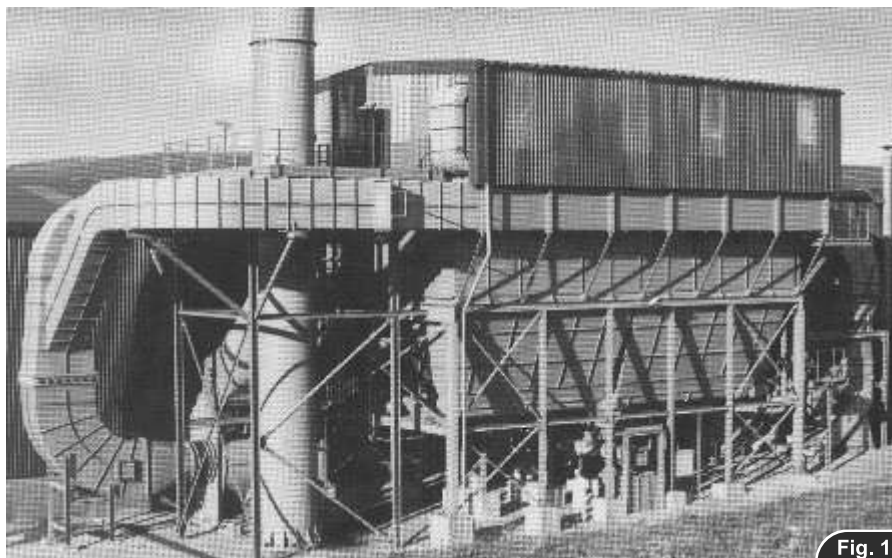


Fig. 1

Naquela época o sistema por Jato de Ar Reverso foi desenvolvido e possuía muitas vantagens sobre os sistemas que utilizavam mecanismos de vibrações mecânicas para limpar os sacos.

No fim dos anos 50 foi introduzido o sistema de Filtro de Jato Pulsado. Este tipo de sistema fornecia uma operação de limpeza contínua do filtro, um fluxo de ar uniforme e uma alta eficiência de limpeza. O projeto era muito simples e quase não tinha partes mecânicas móveis.

Nos anos 70 e 80 os desenvolvimentos cresceram, visto que as legislações cada vez mais, forçavam as indústrias, as siderúrgicas e as minerações a utilizarem sistemas de Controle de Poluição de Ar. Isto é claro que garantiu um interessante mercado potencial para as empresas fabricante de filtros.

Tipo de Instalações de Filtros de Manga

Em termos gerais, um sistema de Filtro de Manga consiste de uma camada porosa e flexível de material têxtil por onde passa um gás empoeirado para separar o material particulado do fluxo de gás. O material depositado no tecido é removido periodicamente por meio de movimentos ondulatórios enérgicos, desta maneira, limpando a manga e mantendo a queda de pressão através do filtro dentro dos limites práticos de operação. Há vários métodos para movimentar a manga que serão abordados a seguir.

Dependendo da forma física assumida pelo tecido, são chamados de sacos ou mangas e envelope ou bolso. O pó que é coletado na manga durante o processo de filtração precisa ser removido periodicamente para manter a eficiência da filtração. Há várias técnicas desenvolvidas para se fazer isto.

A Fig. 3 dá uma visão esquemática dos sistemas de limpeza usados com maior frequência. O sistema de limpeza tem influência sobre a carga máxima da manga. Esta figura também indica qual a variação de carga usada na manga. Também podemos ver quais são as extremidades dos filtros que estão abertas nesta figura.

As técnicas mais comuns para remoção do pó são:

- sistemas por agitação;
- limpeza por jato de ar reverso;
- limpeza por pulso/jato de ar.

Uma breve descrição de cada técnica segue abaixo:

Sistemas por Agitação

As mangas do filtro são agitadas por meio de um eixo excêntrico e a limpeza só pode ser feita se a filtração for suspensa. Esta técnica de limpeza é geralmente utilizada em sistemas de filtro menores onde a carga da manga precisa ser mantida baixa. A operação de limpeza não é otimizada, e, ao longo das últimas décadas, esta técnica está sendo cada vez mais substituída pelas próximas técnicas.

Limpeza por Ar Reverso

Neste tipo de sistema, o fluxo de ar ou de gás é forçado por meio de um ventilador em direção reversa para limpar as mangas de filtro. Durante esta ação de limpeza, o sistema ou uma seção relevante do filtro precisa ser parado. Este tipo pode ser usado para cargas de baixa a média. O meio de filtração para este sistema geralmente é um tecido.

Limpeza por Pulso/Jato de Ar

Nos sistemas de coletor de pó de pulso/jato de ar, o ar ou um jato curto de ar é dado em direção oposta ao fluxo normal de ar, numa manga ou fileira de mangas. Este jato de ar irá criar uma onda de choque que quebra em pedaços a crosta formada pela deposição de pó no tecido que irão cair no cone do filtro de onde são removidos. Dependendo do tipo de instalação, uma duração de tempo de pulso típico é de 100 milissegundos, enquanto o intervalo entre os pulsos em cada manga ou fileira de manga varia de 3 a 6 minutos. A sequência de pulso irá depender dos diferenciais de pressão medidos nas mangas.

Controladores sequenciais ou CLPs são usados para determinar o tempo e dar os comandos às válvulas de pulso. Há sistemas que usam pressão média de 2 a 3 bar e sistemas de altas pressões de 6 a 8 bar. Venturis são usados para aumentar a velocidade do ar. A limpeza é normalmente efetuada quando o sistema de filtragem está em funcionamento. Os materiais dos tecidos usados nestes sistemas precisam estar adaptados ao/à:

- tamanho das partículas;
- grau de filtração;
- resistência do filtro.

A Fig. 2 mostra uma instalação típica de um sistema coletor de pó pulso/jato de ar. A ação de limpeza deste tipo de sistema é muito alta, tornando o sistema muito popular.



Fig. 2

Como desvantagens podemos citar alto consumo de energia elétrica e comprimento limitado das mangas.

Aplicações

Sistemas utilizando filtros de tecido são apropriados para uma larga faixa de aplicações, visto que:

- partículas pequenas de tamanhos desde 0,01 micron podem ser filtradas com a enorme variedade de material;
- com a grande variedade de tecidos existentes, a maioria dos tipos de partículas pode ser filtrada;

- a faixa de temperatura tem aumentado devido à disponibilidade de novos materiais de filtração tais como: teflon (PTFE) para uma temperatura máxima de 250°C e mangas com filtro cerâmico para uma temperatura máxima de operação contínua de 1150°C;
- o nível de investimento é relativamente baixo comparado com outras técnicas de Controle de Poluição de Ar.

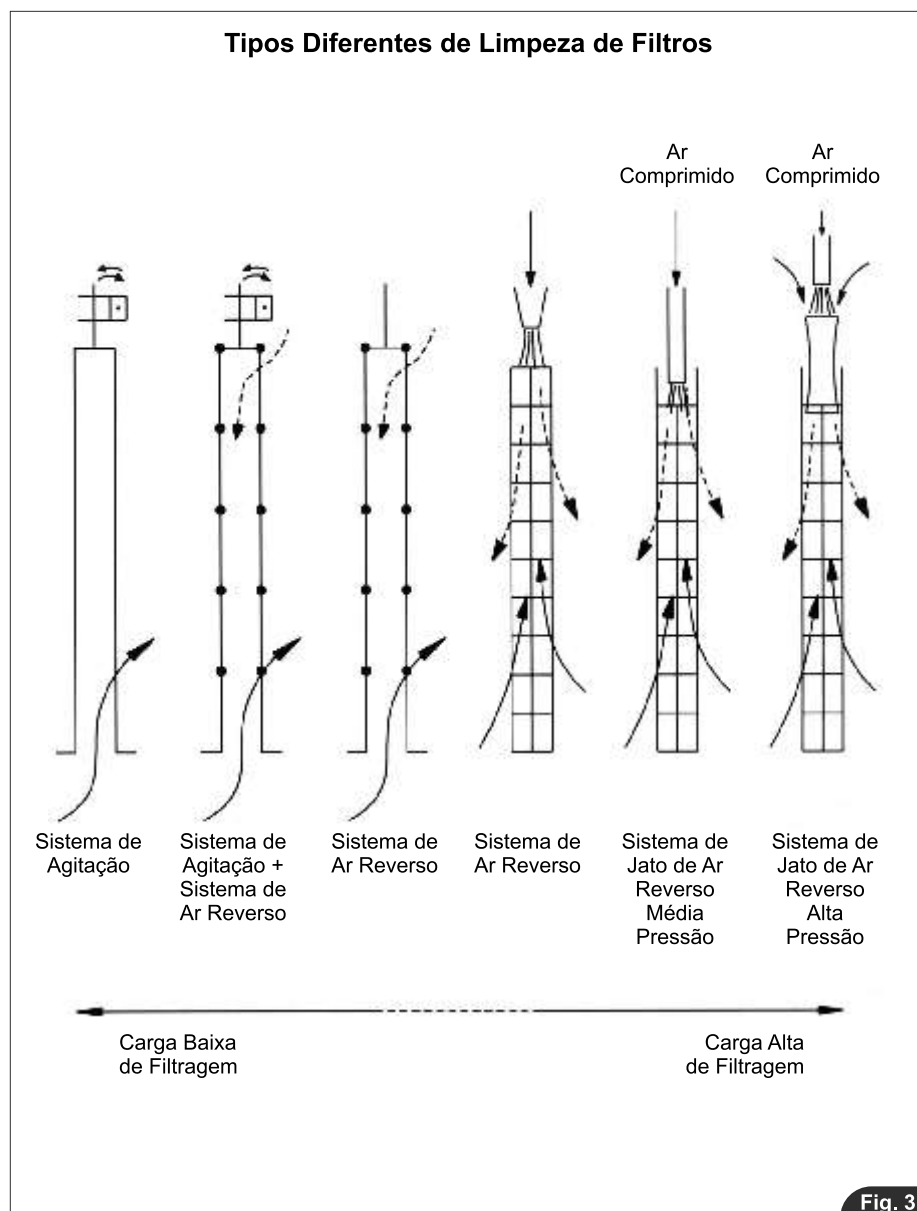


Fig. 3

INFORMAÇÃO TÉCNICA SOBRE VÁLVULAS DE PULSO COM DIAFRAGMA

A ASCO tem uma grande variedade de válvulas de pulso para equipamentos coletores de pó com os acessórios para medir a queda de pressão através da manga, acionar as tampas coletoras de pó da carcaça do filtro e elementos de preparação de ar para tratamento de ar comprimido.

Como o desempenho da válvula tem grande influência na eficácia de limpeza do pulso de ar, este aspecto em particular será salientado nesta seção.

A construção das válvulas de pulso com diafragma da ASCO é baseada no fato provado de que a rápida abertura e fechamento da válvula é de grande importância na limpeza eficiente do tecido do filtro e no econômico consumo de ar.

Ao manter o peso das partes móveis das válvulas o mais baixo possível, os tempos de resposta são, graças à pequena inércia, muito curtos e resultam em tempos de abertura variando entre 8 e 14 milissegundos. A montagem do diafragma utilizado nas novas válvulas de pulso ASCO é de peso consideravelmente baixo comparado com as usualmente utilizadas na indústria. Ao mesmo tempo, a resistência e a durabilidade dos diafragmas de Neoprene reforçado com nylon são extremamente adequadas às mais diversas aplicações.

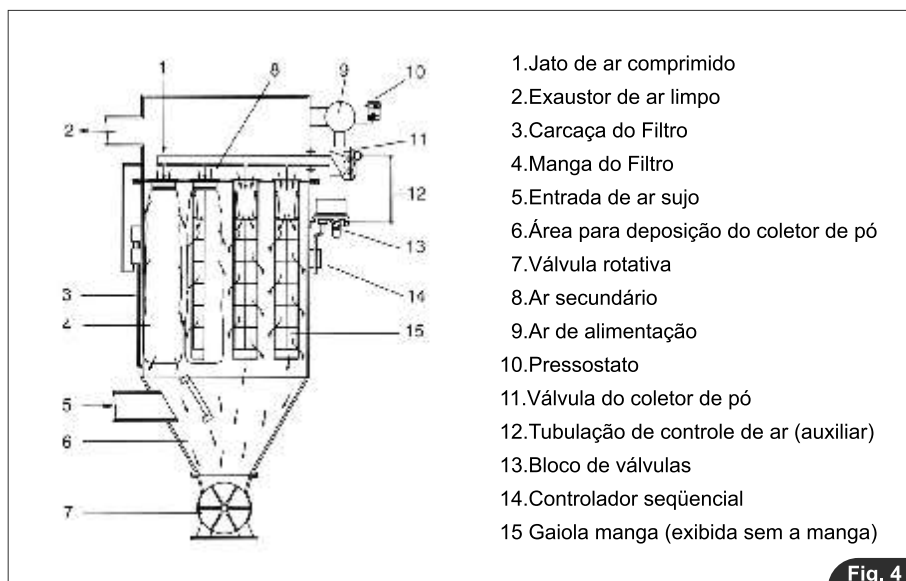
O diafragma principal está preso entre a tampa e o corpo da válvula de uma maneira especial, patenteada, que força o diafragma a vedar no assento da válvula, sem o uso de molas com elevadas constantes para fechamento e evita o fenômeno da flutuação, que é muito comum em outras válvulas de pulso de alta vazão com diafragma. A flutuação do diafragma durante a abertura e o fechamento da válvula irá afetar drasticamente o desempenho da válvula e aumentar o consumo de ar.

As válvulas de alta vazão com corpo em ângulo de alumínio em combinação com as montagens especiais dos diafragmas principais dão características de operação únicas exigidas para esta aplicação.

A alta vazão é expressa no elevado fator de Kv encontrado em cada válvula, apesar da sua construção compacta.

O fluxo máximo através dos tubos de descarga do filtro é alcançado quando a velocidade do ar atinge a velocidade do som (344 m/s); esta situação ocorre na queda de pressão crítica. Para ar, esta condição é alcançada quando a pressão absoluta a jusante é 52,8 % da pressão absoluta a montante.

Os corpos das válvulas padrões têm conexões rosqueadas BSP ou NPT. As válvulas são de construção com piloto solenóide de montagem integral ou para operação com piloto remoto.



1. Jato de ar comprimido
2. Exaustor de ar limpo
3. Carcaça do Filtro
4. Manga do Filtro
5. Entrada de ar sujo
6. Área para deposição do coletor de pó
7. Válvula rotativa
8. Ar secundário
9. Ar de alimentação
10. Pressostato
11. Válvula do coletor de pó
12. Tubulação de controle de ar (auxiliar)
13. Bloco de válvulas
14. Controlador seqüencial
15. Gaiola manga (exibida sem a manga)

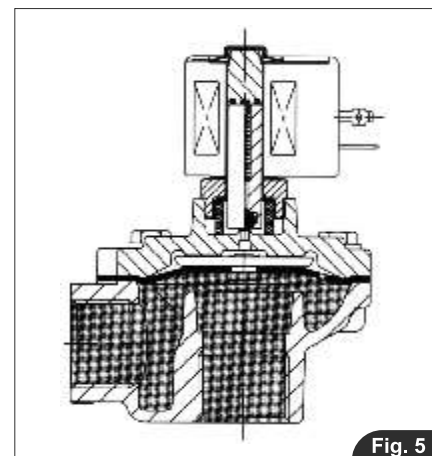
Os pilotos solenóide têm como equipamento padrão bobinas moldadas em epóxi com conectores DIN 43650/ISO 4400 IP 65. Operadores para atmosferas explosivas estão disponíveis como opcional, assim como pintura em epóxi e tratamento superficial com níquel químico para ambientes corrosivos.

Operação

Quando a válvula piloto remota ou o piloto solenóide integral é energizado e abre, a pressão existente sobre o diafragma piloto e sobre o diafragma principal é aliviada para a atmosfera (Fig. 5).

Isto permite à pressão da linha principal agir contra a superfície inferior do diafragma, deslocando este para cima e abrindo o orifício principal da válvula.

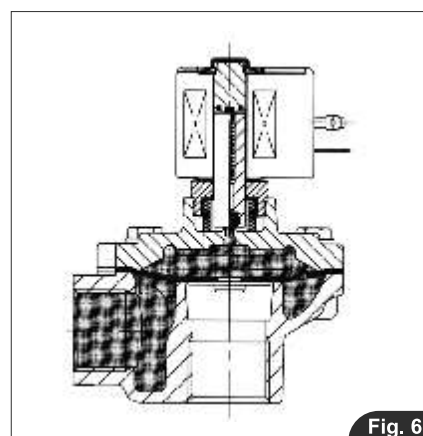
Quando a válvula piloto remota ou a válvula solenóide integral fecha, a pressão da linha principal passa através do orifício de balanceamento para a superfície superior do diafragma piloto e do diafragma principal. Isto fecha o orifício principal (Fig. 6) ou a sede da válvula.



Acessórios para controle de válvula de pulso

Válvulas de pulso são partes vitais em coletores de pó, mas são somente um dos muitos componentes necessários para montar um sistema completo.

Acessórios adicionais estão disponíveis na ASCO: são válvulas solenóide piloto para montagem remota, pressostatos para medir a pressão do reservatório de ar ou o diferencial de pressão através dos filtros, cilindros pneumáticos para acionamento das tampas coletoras e elementos de preparação de ar para tratamento de ar comprimido.



INTERPRETAÇÃO DA FIGURA 7

As folhas de dados das válvulas de pulso ASCO são divididas em duas partes: o lado esquerdo mostra a representação gráfica dos dados de teste e ao lado direito acha-se a tabela com os dados numéricos (Fig. 7).

O gráfico mostra a seguinte informação:

O eixo x representa o tempo decorrido e o eixo y representa os sinais elétricos e de pressão.

- **Comprimento do pulso elétrico (ms):**
Este é o tempo de energização da válvula.
(O comprimento de onda da corrente alternada para 60 Hz é 16,7 ms por onda completa.)
- **Comprimento total do pulso (ms):**
Este é o tempo que varia do momento que a válvula se abre até quando a válvula estiver completamente fechada.
- **Pressão de pico (bar):**
Esta é a pressão máxima medida no final do tubo de descarga, geralmente medida no final da primeira inclinação do gráfico (após a válvula se abrir completamente.)

Usando os dados para comparação e seleção

Para comparar os gráficos de diferentes marcas de válvulas e/ou tipos de válvulas de pulso é essencial o seguinte: Primeiramente é preferível ter gráficos elaborados pelo mesmo equipamento eletrônico de medição, visto que uma pequena diferença na sensibilidade e incerteza dos instrumentos pode provocar uma grande diferença nos resultados. As demais condições de teste, assim como o dispositivo utilizado, devem permanecer inalteradas.

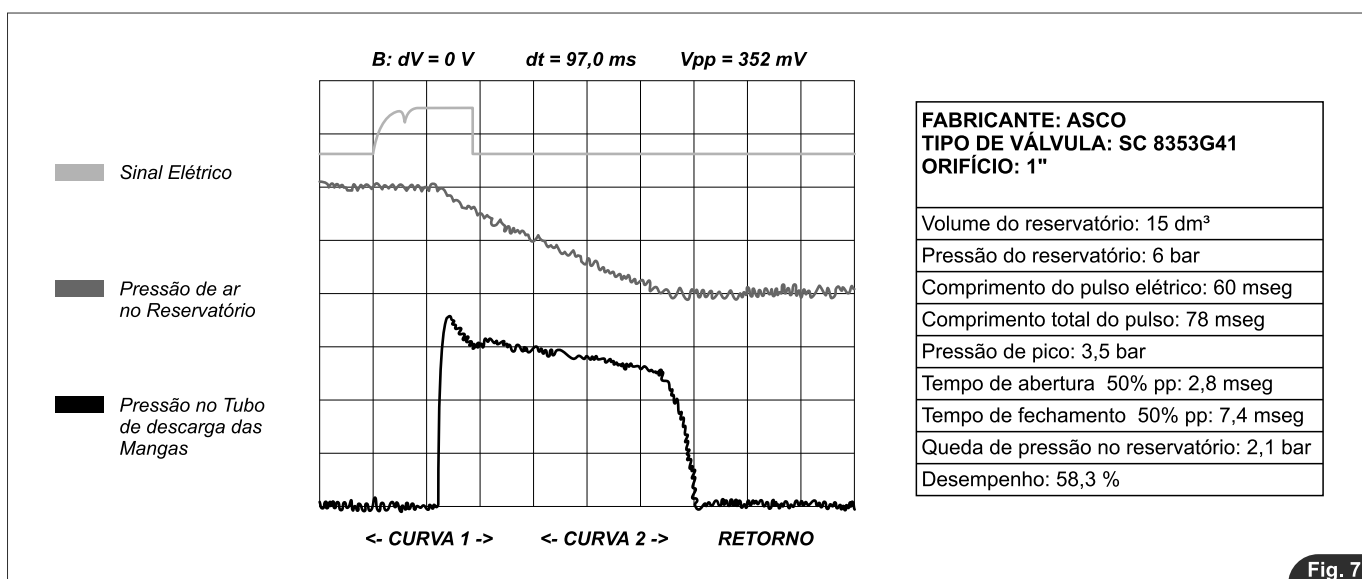


Fig. 7

A tabela apresenta a seguinte informação:

O cabeçalho da tabela fornece informações sobre o fabricante, o tipo de válvula e a dimensão da conexão.

Abaixo do cabeçalho, os seguintes dados são fornecidos:

A onda senoidal é o sinal elétrico e outros dois sinais de pressão são mostrados.

O sinal de cima mostra a pressão no reservatório de alimentação e o sinal de baixo mostra a pressão da onda de choque gerada pela válvula de pulso que é registrado ao final do tubo de descarga.

DEFINIÇÕES

- **Volume do reservatório (dm³):**
Esta é a quantidade de volume de ar armazenado no reservatório de alimentação. (O volume do reservatório depende da dimensão da válvula e do valor Kv.)
- **Pressão do reservatório (bar):**
Esta é a pressão do ar no reservatório de alimentação que é dada em pressão relativa. Esta também é a pressão na qual a válvula está submetida.

- **Tempo de abertura até 50% Pp (ms):**

Este é o tempo decorrido que vai de zero até quando 50% da pressão de pico for atingida.

- **Tempo de fechamento para 50% Pp (ms):**

Este é o tempo decorrido para 50% da pressão de pico medido na curva de vazão a jusante até o fechamento completo da válvula.

- **Queda de pressão no reservatório (bar):**

Esta é a diferença entre a pressão do reservatório antes e depois do pulso. Com este valor é possível calcular o consumo de ar da válvula por pulso (volume por pulso).

- **Razão de desempenho (%):**

Esta é a razão entre a pressão do reservatório e a pressão de pico multiplicado por 100%.

- **Volume por pulso (Ndm³):**

Esta é a quantidade de ar a pressão atmosférica passando através da válvula por pulso elétrico.

Os parâmetros mais importantes que devem permanecer iguais são:

- **Volume do reservatório;**
- **Pressão do reservatório;**
- **Comprimento do pulso elétrico / Comprimento total do pulso;**
- **Conexões do reservatório de alimentação à válvula e da válvula ao tubo de descarga;**
- **Dimensões, diâmetros dos furos, número e posição dos furos do tubo de descarga;**
- **Localização e posição do(s) transdutor(es) de pressão (distância deste(s) para a válvula e se sua montagem é radial ou axial ao fluxo de ar.)**

Como há muitos parâmetros para levar em consideração, o método mais confiável para comparar os resultados de testes é a realização dos mesmos nas mesmas condições e portanto com o mesmo equipamento.

Além do desempenho e do nível de preço das válvulas de pulso, vários outros parâmetros são essenciais, tais como:

- **Dimensões da instalação;**
- **Mínima e máxima pressão de operação;**
- **Tempo de vida útil;**
- **Vazamentos internos e externos;**
- **Possibilidade de instalação de silenciadores nas conexões de exaustão.**

Cálculo e determinação dos parâmetros

Primeiramente temos que dividir os diferentes parâmetros entre aqueles que podemos determinar ou são necessários e aqueles que dependem das características do equipamento.

Note que os exemplos de cálculo são baseados nas condições de fluxo sônico (velocidade de fluxo do ar = 344 m/s) sem perdas por atrito e em condições isotérmicas.

- **Volume do reservatório:**
A determinação do volume do reservatório depende de várias condições:
 1. O volume de ar por pulso exigido para a limpeza das mangas (depende do tipo, tamanho e construção desta unidade de filtração);
 2. A pressão do reservatório e a pressão de pico almejada;
 3. A dimensão da válvula (valor do Kv);
 4. A dimensão, tamanho e número de furos de escape do tubo de descarga;
 5. O número de pulsos por unidade de tempo;
 6. A duração do pulso elétrico e o tempo do pulso total;
 7. O número de válvulas no reservatório;
 8. A capacidade do compressor.

O método mais comum para determinar o volume do reservatório é experimental, buscando-se qual é o volume mínimo do reservatório para um certo tempo de pulso para que se obtenham uma onda de choque quadrada e a melhor eficiência de limpeza.

Para fazer um cálculo aproximado da capacidade do reservatório de alimentação, pode-se usar o método a seguir:

Para manter as condições de fluxo sônicas nos tubos de descarga é necessário manter o volume do reservatório e a pressão absoluta

do reservatório pelo menos duas vezes maiores que o volume exigido por pulso, o que também permitirá o máximo de pressão no reservatório.

$$\text{Fórmula: } V_t \geq \frac{2 \cdot V_p}{P_u}$$

V_t = Volume do reservatório (dm³)

V_p = Volume por pulso (Ndm³)

P_u = Pressão a montante absoluta (bar)
(Pressão absoluta do reservatório)

- **Pressão do reservatório:**

A pressão utilizada no reservatório varia geralmente entre 0,5 e 8 bar e depende do tipo e da construção das unidades de filtração.

Muitas vezes o sistema é conectado a uma pressão da rede existente de 6 ou 8 bar e reduzida até a pressão exigida.

Para sistemas de válvulas de pulso com piloto integral, a pressão do reservatório geralmente oscila entre 0,5 e 3 bar.

Para sistemas de jato de ar reverso, a pressão geralmente é de 6 a 8 bar.

A pressão do reservatório também é proporcionalmente responsável pelo valor da pressão de pico.

- **Comprimento do pulso elétrico:**

O comprimento do pulso elétrico é geralmente configurado entre 40 e 200 ms e também é o principal responsável pelo comprimento de pulso total e portanto pela quantidade de ar passando através da válvula.

Um comprimento de pulso elétrico mínimo é exigido para operar a válvula de pulso corretamente. Este depende do tipo, construção e tamanho da válvula. A pressão do reservatório também pode ter influência no comprimento de pulso elétrico exigido.

Para válvulas de pulso com montagem remota, o comprimento e o diâmetro da tubulação são de grande influência, pois o tempo de resposta de abertura e de fechamento da válvula aumenta com o comprimento e diâmetro da tubulação da válvula piloto. (O tempo de resposta de abertura, é o tempo decorrido desde o início do sinal elétrico até o momento que a válvula começa a abrir e o tempo de resposta de fechamento, é o tempo decorrido depois do final do sinal elétrico até a válvula estar completamente fechada.)

A melhor maneira de estimar o comprimento do pulso elétrico é experimental, não existindo outra maneira prática.

Um tempo de pulso elétrico de 60 ms para válvulas com operador integral, na maioria dos casos é suficiente para uma correta operação, isto é: alcançar a máxima abertura da válvula e atingir a melhor pressão de pico possível.

- **Comprimento total do pulso:**

O comprimento total do pulso depende do comprimento do pulso elétrico conforme descrito anteriormente e dos tempos de abertura e de fechamento, que em conjunto são responsáveis pelo consumo de ar ou volume por pulso da válvula.

- **Pressão de pico:**

A pressão de pico é um valor importante para melhorar a eficiência de limpeza com o mínimo consumo de ar.

Depende em primeiro lugar da pressão do reservatório mas também da construção da válvula; um tempo de abertura curto produz altas pressões de pico. É claro que a válvula também deverá ter capacidade de vazão suficiente (Kv) para permitir o aumento de pressão no tubo de descarga.

- **Tempo de abertura:**

O tempo de abertura da válvula de pulso deve ser o mais curto possível para alcançar o melhor desempenho. Para alcançar tempos de abertura rápidos, a exaustão do ar deve ser muito rápida para permitir que a pressão da linha atue contra a parte inferior do diafragma, abrindo o orifício de passagem principal. Mantendo as partes móveis o mais leves possível (baixa inércia), irá resultar em menores tempos de abertura.

- **Tempo de fechamento:**

É preferível que o tempo de fechamento da válvula seja o menor possível, sendo que um tempo de fechamento longo da válvula aumenta o consumo de ar. O ar extra de fluxo tem uma contribuição desprezível no efeito da limpeza do pulso de ar total e é portanto não eficiente.

- **Queda de pressão no reservatório:**

A queda de pressão no reservatório de alimentação é o resultado da quantidade de ar que passou através da válvula após um pulso e depende dos seguintes parâmetros:

- a. Valor do Kv da válvula;
- b. Tempo e comprimento total do pulso elétrico;
- c. Volume e pressão do reservatório.

Conforme mencionado anteriormente, para manter o fluxo nas condições sônicas nos tubos de descarga, é necessário limitar a queda de pressão a um máximo de 50% da pressão absoluta do reservatório.

Em uma instalação, a maneira mais fácil de reduzir a alta queda de pressão no reservatório é diminuir o tempo de pulso elétrico.

Cálculo de Vazão: Quando a Válvula de Pulso abre para atmosfera (1 bar absoluto) e a pressão de alimentação é 2,6 bar absoluto, uma maneira prática de se calcular a vazão de uma válvula de pulso é utilizar a seguinte fórmula:

$Q_0 = 4,73 \times K_v \times P_a$ - onde:

Q_0 = Vazão de ar (Ndm³/s)

P_a = Pressão absoluta de alimentação da válvula

K_v = Fator de Fluxo

T_1 = Temperatura de admissão do ar em graus Kelvin (273 + °C)

Ex: Válvula tipo 8353C35

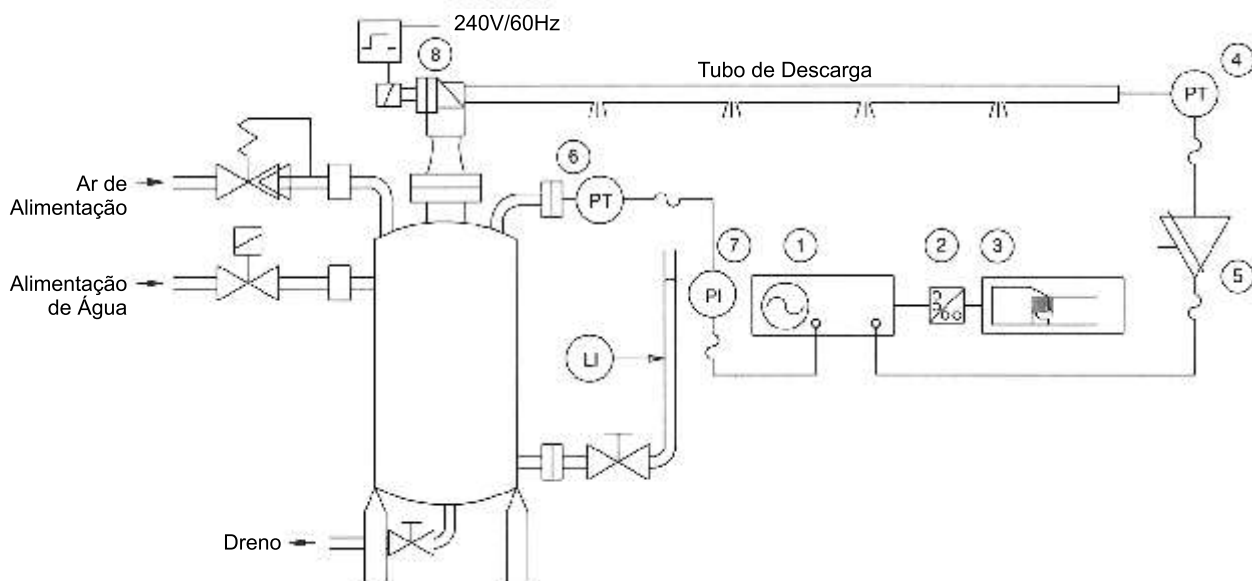
Ex: $K_v = 17$ - pressão = 7 bar

$Q_0 = 4,73 \times 17 \times 7 = 562,87$ Ndm³/s

Se o tempo total de pulso for 0,1 seg. e a frequência for de 30 pulso por hora, o consumo total em uma hora será aproximadamente $562,87 \times 0,1 \times 30 = 1688,61$ Ndm³/h

$$FCT = \sqrt{\frac{293}{T_1}} \text{ onde FCT é fator de correção de temperatura}$$

TESTE



Equipamento Utilizado: 1) Osciloscópio de Memória Digital
2) Conversor Bus Paralelo
3) Ploter Digital
4) Transdutor de Pressão

5) Demodulador/Carregador/Transmissor/Amplificador
6) Transdutor de Pressão
7) Indicador de Pressão
8) Dispositivo de Acionamento de Tempo Ajustável

Fig. 8