

A indústria de processo apresenta diferentes segmentos com demandas específicas, como o de Petróleo & Gás, Química & Petroquímica, Água & Esgoto, Papel & Celulose, Mineração & Siderurgia, Farmacêutica, Alimentícia, Energia, dentre outros. A qualidade e confiabilidade das válvulas de processo são de importância fundamental, não só para a continuidade operacional quanto para a segurança do processo – especialmente nas condições extremas da indústria *offshore* ou nas diferentes condições climáticas encontradas ao redor do mundo. Dessa forma, a válvula piloto solenóide, por ser um elo crítico no ciclo do processo, deve ser cuidadosamente dimensionada e selecionada para responder com precisão às necessidades específicas de cada aplicação. Este catálogo tem por função ajudá-lo nesta especificação.

Tipos de Interface do Atuador e Função da Válvula Piloto

Interface e Localização - Válvula Piloto

Válvulas piloto solenóide são utilizadas no controle do fluxo de ar para os atuadores pneumáticos que movimentam as válvulas de processo para a posição solicitada (aberta ou fechada). Basicamente, existem quatro alternativas para a montagem da válvula piloto:

1. Válvula Piloto montada diretamente no atuador;
2. Válvula Piloto montada/centralizada remotamente;
3. Válvula Piloto integrada ao monitor.
4. Válvula Piloto integrada ao atuador ou à válvula de processo.

1 - Válvula Piloto montada diretamente no atuador

Em muitos casos, a válvula piloto é montada no atuador para controlar o fluxo do ar e, desta forma, a abertura e o fechamento do atuador e da válvula de processo. Para evitar perda de tempo e minimizar o risco de problemas técnicos com a tradicional montagem “tubing e/ou niples”, foram desenvolvidas interfaces para montagens diretas. Nesta situação, o caminho percorrido pelo fluido e a velocidade de comutação dos atuadores são otimizados. Na Alemanha, usuários publicaram em 1987 a norma “NAMUR” para montagem direta das válvulas piloto em atuadores. Desde então, seu uso vem crescendo em larga escala e hoje já se faz presente em todo mundo. No Brasil, mais de 80% dos fabricantes de válvulas rotativas já utilizam este conceito. Para os usuários finais, as principais vantagens ficam por conta da compacticidade e economia, da flexibilidade na escolha de fornecedores e da facilidade em especificação e montagem.

Na função 3/2 vias há a reventilação, visto que o ar que flui para a câmara da mola do atuador, também flui através da válvula piloto evitando a corrosão das molas do atuador e, conseqüentemente avarias.

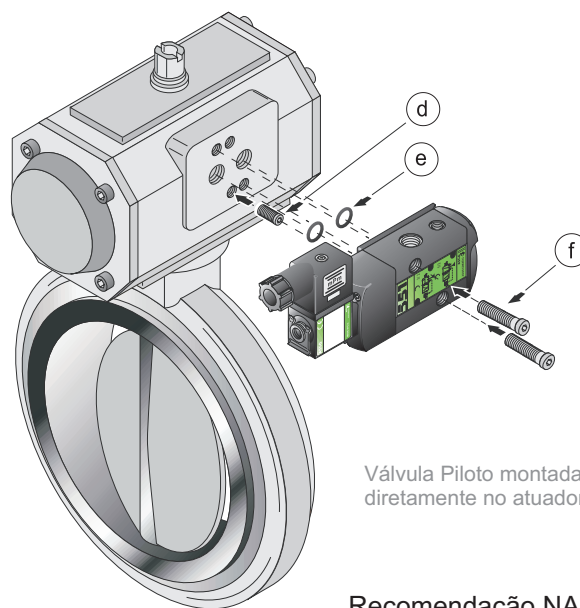
Em novembro de 1998 foi publicada a diretriz VDI/DE 3845 para interfaces entre válvulas, atuadores e equipamentos auxiliares. Semelhante ao estilo “NAMUR” por seu movimento de 90°, uma nova interface para movimento linear foi introduzida (ver anexo X). Neste caso, a válvula piloto tem que ser montada no posicionador para garantir o fechamento rápido e seguro da Válvula de Processo. Dois canais adicionais são especificados aqui. O canal 1 converge o sinal de pressão do posicionador para o atuador. Já o canal 4 pode ser usado para fornecer pressão auxiliar quando são utilizadas válvulas solenóides piloto com suprimento externo. Usando válvulas piloto de ação direta, este último canal pode ser obstruído.

A indústria brasileira é altamente influenciada pelas Normas Européias. Dessa forma, vale lembrar que o CEN (Comitê Europeu de Normalização) já planeja a publicação de uma nova norma para atuadores rotativos de 90°, onde para montagem direta de válvulas piloto, o estilo “NAMUR” de interface também será utilizado.

A novidade é que, tanto para válvulas piloto montadas diretamente ou remotamente, o tamanho da conexão de pressão dependerá do volume de ar do atuador (ver quadros a seguir). A principal vantagem é que a válvula piloto poderá ser montada diretamente em atuadores de grande volume e o fluxo/velocidade não sofrerão restrição em função de conexões intermediárias.

Montagem Direta conforme CEN/interface padrão “NAMUR”

Volume de ar do Atuador “V” (litros = l)	Conexão Atuador/solenóide (polegadas = ”)
$V < 1$	1/8”
$0,5 < V < 10$	1/4”
$5 < V < 25$	3/8”
$10 < V < 50$	1/2”



Válvula Piloto montada diretamente no atuador

Recomendação NAMUR

- (a) Dois furos para controle do atuador
- (b) Dois furos de montagem M5
- (c) Dois furos para pinos guia M5
- (d) Pino guia
- (e) Dois anéis o-ring 16x2
- (f) Dois parafusos M5

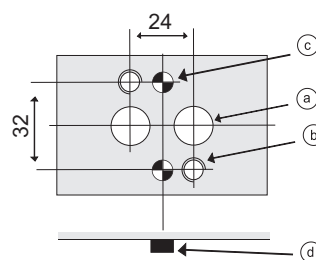


Figura 1

2 - Válvula Piloto montada / centralizada remotamente

Adicionalmente à montagem direta, muitas aplicações utilizam as válvulas piloto com montagens remotamente as válvulas de processo. Neste tipo de montagem, devem ser tomadas algumas precauções na escolha da válvula piloto, distância entre ela e a válvula de processo, diâmetro dos tubings pneumáticos e acessórios utilizados. Todos estes fatores influenciarão no fluxo final e, conseqüentemente, na velocidade de atuação da válvula de processo.

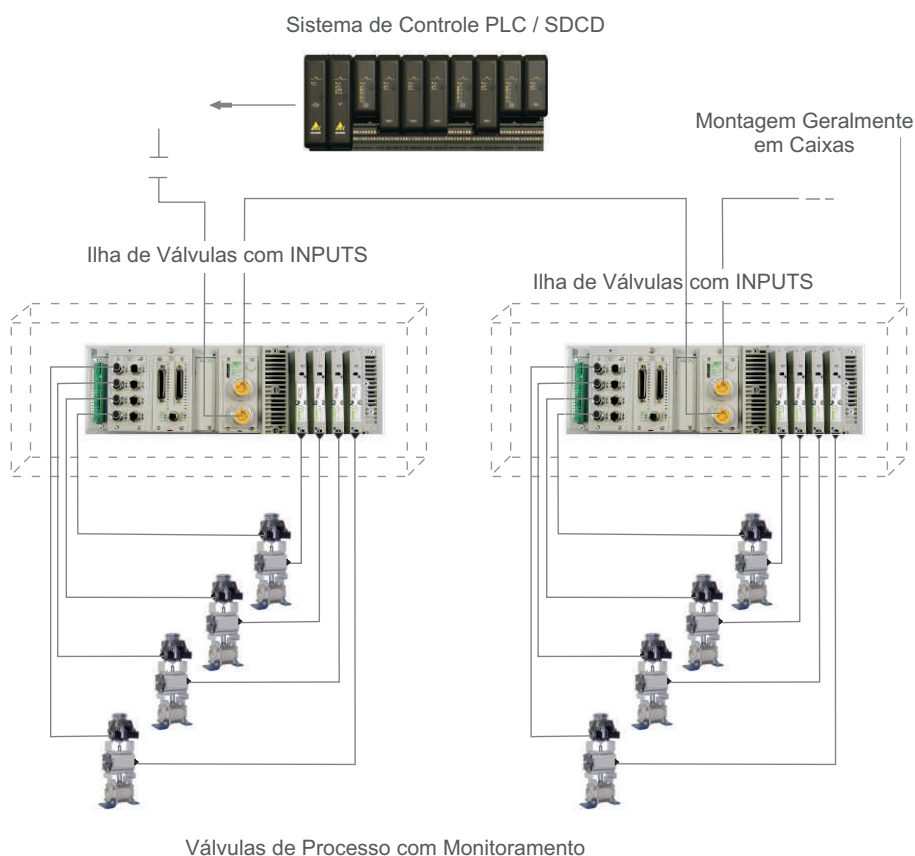
A nova norma CEN já prevê uma tabela dedicada à montagem remota (abaixo), que leva também em consideração o volume do atuador.

Montagem Remota conforme CEN/interface padrão "NAMUR"

Volume de ar do Atuador "V" (em litros)	Conexão Atuador/solenóide (em polegadas)
$V < 1$	1/8"
$0,5 < V < 10$	1/4"
$5 < V < 25$	3/8"
$10 < V < 50$	1/2"
$25 < V < 100$	3/4"
$V > 50$	1"

A primeira impressão é que se trata de um conceito oneroso, visto que na maior parte das aplicações o produto deve ser customizado de acordo com uma necessidade específica.

Desenho Ilustrativo das Aplicações.



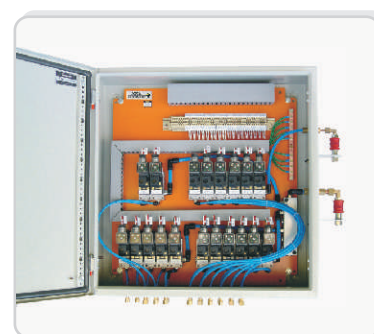
Porém, este custo de engenharia praticamente se desfaz por se tratar de um produto totalmente pronto, que dispensa gastos extra em acessórios e montagens para o funcionamento adequado da válvula de processo.

A opção por este tipo de montagem se justifica por algumas características de centralização que permitem a inclusão das configurações abaixo:

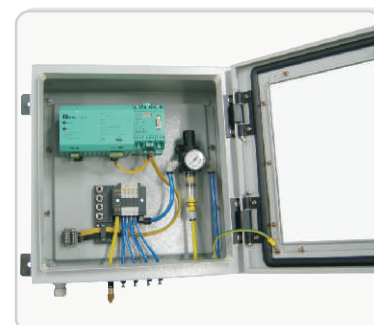
- A alimentação e/ou preparação de ar pode ser comum / única. Todas as ligações elétricas podem estar ligadas na mesma régua de bornes.
- Utilização de ilhas pneumáticas, seja ponto-a-ponto ou via sistemas de redes de comunicação denominadas Fieldbus.
- Abrigo físico dos instrumentos devido à montagem dentro de caixas que garantem proteções compatíveis aos ambientes onde serão instaladas.
- Integração com estações remotas de comando e sensoramento de campo.

Um exemplo de aplicação bem-sucedida com montagem remota é o caso da indústria farmacêutica e alimentícia, que possuem áreas denominadas "salas limpas", em cujo interior não é permitida a exaustão dos escapes das válvulas piloto. Desta forma, externamente a essas salas são montadas caixas com as válvulas piloto, que aqui chamaremos de "painéis pneumáticos".

Este tipo de configuração ganha cada vez mais adeptos, principalmente com a consolidação no mercado das ilhas de válvulas em Fieldbus, vinculadas aos já tradicionais conceitos ISO que permitem a montagem de válvulas de diversos fabricantes em uma mesa sub-base, facilitando também a manutenção.



Painel Pneumático com "manifold" de válvulas solenóide.



Painel Pneumático c/ Ilha Fieldbus

3 - Válvula Piloto Integrada ao Monitor

Também é muito comum encontrar válvulas solenóide piloto integradas aos monitores de válvulas, sejam com as bobinas externas ou internas a estes. Este tipo de montagem é indicada principalmente para atmosferas potencialmente explosivas, visto que é possível centralizar as ligações elétricas (bobina + chaves fim de curso) em um mesmo invólucro "Ex".

Outra vantagem deste conceito é sua utilização em sistemas Fieldbus, principalmente em áreas contendo grande concentração de válvulas de processo ON-OFFs, o que simplifica o projeto como um todo (desde custo de cabeamento até comissionamento e start-up), além de possibilitar, em alguns protocolos de comunicação, informações de diagnóstico das válvulas de processo.



4 - Válvula Piloto integrada ao atuador da válvula de processo

Já menos comum no mercado, existe uma outra solução possível, o fornecimento integrado do atuador + solenóide + sistema de monitoramento, adotado por alguns fabricantes de atuadores pneumáticos.

Como pontos positivos, temos a compacticidade propiciada por este tipo de montagem, visto se tratar de um fornecimento totalmente integrado. Por se tratar de uma das opções mais recentes para atuação de válvulas ON -OFF, alguns fabricantes de atuadores concentram seus esforços em torná-los cada vez mais viáveis comercialmente assim como disponibilizar variações / acessórios para os diversos tipos de aplicações.



Exemplo de montagem

Funções da Válvula Solenóide Piloto em Atuadores de Simples ou Dupla ação

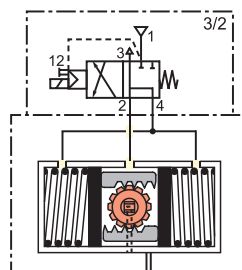
Posição	Função	Piloto	Retorno	Símbolo
3/2	U (Universal)	Solenóide	Mola	
	NF (Normalmente Fechada)	Solenóide / ar Operador Manual	Mola	
	NF (Normalmente Fechada)	Solenóide / ar Operador Manual (Biestável)		
4/2		Solenóide	Mola	
		Solenóide (Biestável)		
5/2		Solenóide / ar Operador Manual (Biestável)	Mola	
		Solenóide / ar Operador Manual (Biestável)		

Um atuador de simples ação (retorno mola) requer uma válvula piloto 3/2 vias, enquanto um atuador de dupla ação requer uma válvula piloto de 4/2 vias ou 5/2 vias para seu funcionamento. É importante lembrar que válvulas de 4 ou 5 vias tem funções semelhantes, mudando apenas o conceito construtivo (ver diagramas abaixo).

Seguindo o padrão "NAMUR", em que três conexões são adotadas (pressão, exaustão e atuador/cilindro), uma quarta conexão é usada para coletar a exaustão da câmara da mola e utiliza-lá na chamada função de reventilação (sua principal finalidade é evitar a exposição da câmara das molas ao ambiente, aumentando a vida útil dos atuadores, principalmente em ambientes agressivos).

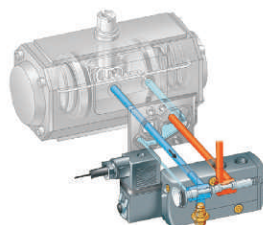
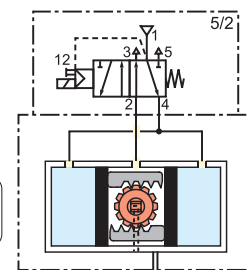
Atuador de Simples Ação

Válvula Solenóide Spool com adaptador para função 3/2 vias

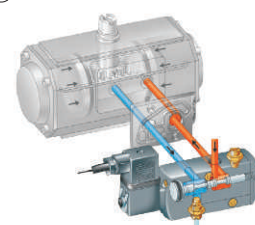


Atuador de Dupla Ação

Válvula Solenóide Spool com adaptador para função 5/2 vias



3/2 vias



5/2 vias

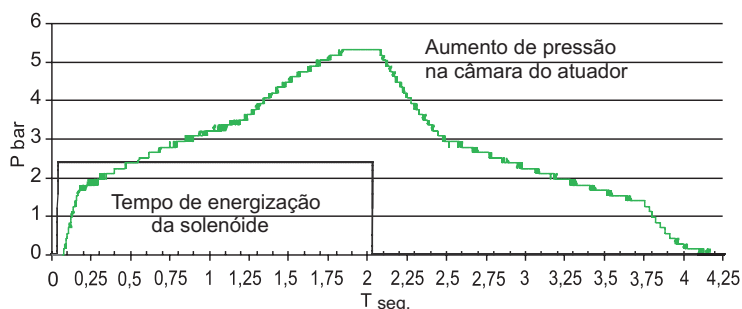
Válvulas Piloto Mono ou Bistáveis

A maioria das válvulas piloto comercializadas são válvulas com retorno por mola, as chamadas monoestáveis. Esta configuração assegura maior confiabilidade no retorno à condição de falha da válvula de processo, seja ela Normalmente Fechada (NF) ou Normalmente Aberta (NA). Neste caso, se o sinal elétrico é retirado, a válvula piloto retorna à sua posição "normal" através da força da mola. Para válvulas pilotadas internamente (necessitam de uma mínima pressão para atuação), o mesmo acontece se a pressão da linha cair abaixo da pressão diferencial mínima exigida.

Estas válvulas podem ser fornecidas na versão redundante, que utiliza duas bobinas com a mesma função: manter a continuidade operacional da válvula solenóide e da válvula de processo, no caso de queima de uma das bobinas. Já as válvulas solenóide piloto bistáveis possuem dois operadores solenóide que devem ser energizados em tempos diferentes, bastando apenas um sinal elétrico mínimo para a alternância de posição. Neste conceito não há necessidade da manutenção de energia na bobina e, em caso de falta de energia ou pressão, a válvula manterá a última posição.

Influência da Válvula Piloto na velocidade da Válvula de Processo.

O tempo de resposta do atuador pneumático / válvula de processo dependerá quase que totalmente do fluxo que passa através da válvula piloto e de suas ligações numa certa pressão e em um determinado período de tempo. Abaixo temos uma curva de pressão no interior do atuador.



Além das características de fluxo das linhas de alimentação/válvulas piloto, o volume do atuador e a pressão mínima de operação (break-away) são importantes para determinar o tempo de resposta do atuador/válvula de processo. Diversas normas existentes são utilizados como ferramenta na seleção de válvulas piloto em função do volume dos atuadores pneumáticos. Para determinar o tempo de resposta da válvula de processo/atuador em aplicações que requerem falha segura, deve ser feito um cálculo envolvendo o coeficiente de vazão (CV) da válvula piloto, o volume do atuador, torques exigidos etc.

Alguns acessórios também são utilizados para permitir o controle da velocidade de abertura e fechamento da válvula de processo. Os "reguladores de fluxo" geralmente instalados nos escapes das solenóides direcionais permitem este controle. Os chamados "escapes rápidos" são acessórios que permitem levar uma válvula on-off para a condição de falha segura de forma rápida, visto não necessitar que o ar retorne pelo interior da solenóide.

Ação direta

- Toda a energia para o funcionamento provém do operador solenóide;
- Alto nível de energia elétrica para valores altos de fluxo;
- Opera a partir de pressão diferencial zero (apenas energia elétrica);
- Sem orifícios ou canais de pilotagem;
- Funcionamento em fluidos diversos;
- Certificadas para aplicações de alta confiabilidade até SIL 3

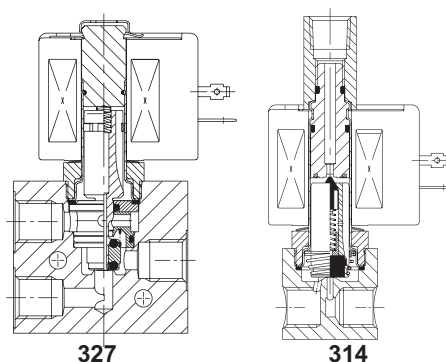
Princípio Construtivo: Ação Direta ou Pilotada Internamente

A tecnologia da válvula solenóide piloto pode ser dividida em dois conceitos: Ação direta e pilotada internamente. Esta escolha tem algumas conseqüências, veja no rodapé da página.

Válvulas Piloto de Ação Direta

Com a válvula piloto de ação direta, toda a energia para a operação é derivada de energia elétrica que é transformada em movimento mecânico no operador solenóide. Uma vez que a força necessária é igual a pressão vezes a superfície ($F = P.A$), quanto maior o orifício/fluxo, maior será a energia elétrica exigida. A vantagem é a sua simplicidade e confiabilidade. Para fluxos pequenos e válvulas solenóide 2/2 e 3/2, também é muito econômica. Para fluxos maiores, os operadores solenóide exigidos tornam-se relativamente grandes e menos econômicos. Veja exemplos típicos de válvulas piloto de ação direta.

Válvulas Solenóide Piloto de Ação Direta



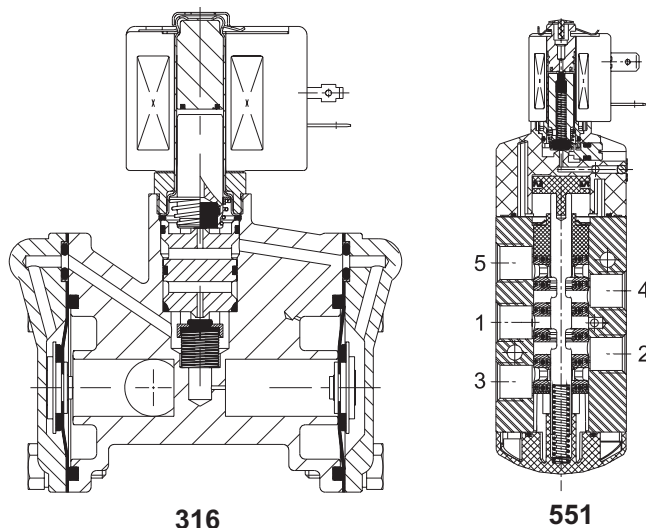
Válvulas Pilotadas Internamente

Nas válvulas solenóide pilotadas internamente, a pressão de entrada é utilizada para fornecer energia e criar movimento mecânico. Portanto, uma pressão diferencial mínima é exigida entre a entrada e a porta do atuador, geralmente com valores entre 0,3 e 2,5 bar, para operar a válvula. O operador solenóide abre ou fecha o orifício piloto, onde a pressão principal é dirigida para o local onde é utilizada para a operação. A vantagem é que, para os volumes de fluxos mais elevados, os operadores solenóide podem ser relativamente pequenos. Uma desvantagem é que essas válvulas piloto não trabalham com baixa pressão, como por exemplo, em posicionadores de "válvulas de controle". Os orifícios de pilotagem ou canais que direcionam a pressão a partir da entrada tem que ser considerados uma vez que podem ser bloqueados se o ar comprimido não for de boa qualidade.

Operado por Piloto

- A pressão dá assistência à operação da válvula;
- Baixo nível de potência elétrica;
- Necessita de mínima pressão diferencial para operar;
- Orifícios ou canais de pilotagem / sangria;
- Mais econômica para fluxos elevados.

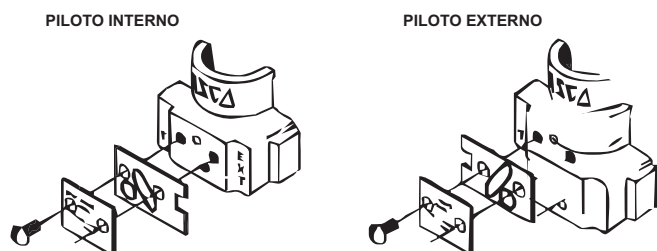
Válvulas solenóides típicas com pressão assistida



Conexão auxiliar de pressão em válvulas pilotadas

Algumas válvulas solenóide pilotadas internamente têm uma conexão auxiliar de pressão do piloto opcional. Se a pressão mínima para operar a válvula não puder ser garantida pela conexão de entrada de pressão principal, uma pressão auxiliar poderá ser aplicada por uma porta adicional. Para algumas construções, pode-se selecionar entre pressão do piloto do fornecimento principal ou de uma conexão auxiliar externa, girando uma tampa.

Pressão Seleccionável do piloto interno e externo



Consumo de energia

Para o consumo de energia de válvulas piloto, os seguintes temas são importantes e serão descritos:

- Desenvolvimento do consumo de energia
- Controle por uma fonte de tensão AC ou DC
- Influência da temperatura
- Supressão da tensão de pico

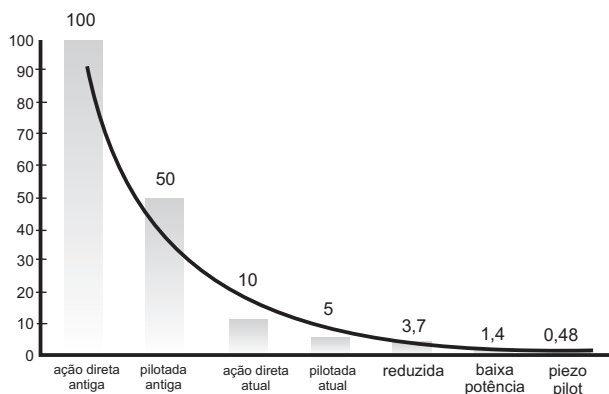
Desenvolvimento do consumo de energia

Para reduzir o custo total de instalações e tornar os solenóides mais confiáveis e adequados para controle através de redes Fieldbus, existe uma forte tendência para utilização de válvulas com menor consumo de energia.

Baixo consumo de potência também aumenta a segurança em áreas de risco devido à menor dissipação de calor. Na maioria dos sistemas de proteção, é considerada a relação entre o calor gerado pela bobina e a temperatura de superfície do solenóide.

Embora no passado níveis de potência de 30 watts ou mais não fossem incomuns, os níveis mínimos vêm sendo amplamente reduzidos para cerca de 5-10 Watts (válvulas piloto de ação direta) e 2 Watts (válvulas solenóide pilotadas internamente). No entanto, a confiabilidade pode ser ainda mais incrementada por meio de melhores materiais, novas técnicas, tais como soldagem TIG no Eletroimã e na utilização de software CAD 3D sofisticados para análises magnéticas, otimizando a forma do circuito magnético. Veja a curva do desenvolvimento histórico do consumo de energia de solenóides abaixo. Utilizando a tecnologia piezo, operadores foram desenvolvidos para funcionamento com níveis de potência extremamente baixas.

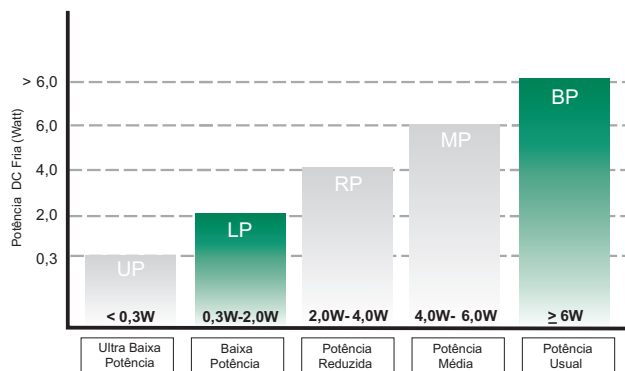
Desenvolvimento de consumo de energia



A energia elétrica exigida depende da energia necessária para gerar a força motriz do solenóide ($F = P.A$), e também depende da pressão diferencial e do orifício. Isso está relacionado à construção da válvula piloto a ser operada. Conforme visto, a seleção entre construções de ação direta ou operadas por piloto tem uma grande influência na energia exigida para atuação do solenóide.

Para facilitar a comunicação, a ASCO divide em os níveis de potência (frio) em cinco diferentes categorias, conforme apresentadas abaixo:

Níveis de Potência DC - Valores sustentação da Bobina Fria (Watt)



Obs: Neste catálogo trabalharemos somente com os níveis LP e BP.

Controle por uma fonte de tensão CA ou CC

A corrente contínua (CC) em válvulas solenóides depende apenas da resistência ôhmica, portanto a corrente de arranque e de sustentação são iguais.

O consumo de corrente das bobinas em corrente alternada CA é determinada pela impedância da bobina, e não somente pela resistência. Impedância é o resultado de uma combinação de resistência e reatância indutiva.

Bom lembrar:

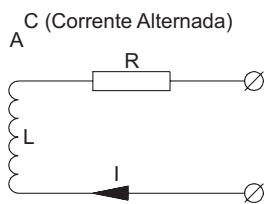
- Válvulas solenóide em CA têm uma corrente de arranque mais alta que de sustentação.
- Em, CA possuem potência nominal relativamente mais baixa, mas o pico de potência de arranque deve ser considerado.
- Solenóides em CA são sensíveis ao travamento do núcleo causado por deposição de material sólido, uma vez que, não havendo movimento do núcleo móvel, a corrente de arranque permanecerá elevada, resultando na queima da bobina.
- Não energizar de forma alguma uma bobina em CA fora da base do solenóide.

Influência da Temperatura

A resistência ôhmica da bobina muda com a temperatura. Em temperaturas mais elevadas, essa resistência aumenta e conseqüentemente, corrente e potência da solenóide diminuem. Na corrente alternada, a resistência ôhmica das bobinas é apenas uma pequena parte da resistência total, de forma que a influência da temperatura não é significativa. No entanto, solenóides de corrente contínua possuem somente a resistência ôhmica, portanto sua força diminui consideravelmente em temperatura ambiente mais elevada.

Se os valores de potência são fornecidos, especialmente para solenóides de corrente contínua, é importante saber se os dados se referem a temperaturas ambientes altas ou baixas. Um exemplo de catálogo é uma válvula 327 em CC que tem 11,2 watts em temperatura ambiente normal (frio), que diminui para 9 watts na temperatura máxima especificada.

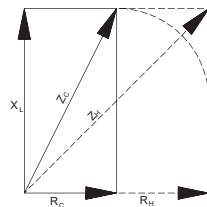
Influência da Temperatura em Bobinas AC/DC



$$R_H = 2 \times R_C$$

$$I_C = \frac{U}{Z_C}$$

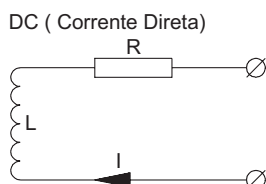
$$I_H = \frac{U}{1,1 \times Z_C}$$



Se a bobina é aquecida em um certo intervalo de tempo, a sua resistência aumenta drasticamente. Se a válvula estiver quente, a resistência da bobina pode até dobrar, diminuindo a corrente para CC pela metade, mas possui apenas um efeito menor em aproximadamente 10% nas bobinas em AC.

$$I_C = \frac{U}{R_C}$$

$$I_H = \frac{U}{2 \times R_C} = 1/2 \times I_C$$



U = Tensão
 I_C = Corrente Fria
 I_H = Corrente Quente
 R_C = Resistência Fria
 R_H = Resistência Quente
 Z_C = Impedância Fria
 Z_H = Impedância Quente

Note:

A Asco tem como padrão a classe de isolamento tipo "F" (até 155°C). Para uma correta especificação da classe de isolamento da bobina, devemos levar em consideração as temperaturas abaixo:

- Ação elétrica (efeito joule);
- Ambiente onde será instalada;
- Fluido (desprezível, já que estaremos considerando neste catálogo apenas ar / gás inerte).

Tendo isto em vista, vale ressaltar que nossa linha LP (efeito Joule inferior a 50°C) não requer fabricação classe "H" (até 180°C), já que a margem para o ambiente superior a 100°C.

Já para nossa linha BP (efeito Joule superior a 80°C) temos a opção da classe de isolamento "H" que amplia em 26°C a margem para a elevação da temperatura no ambiente.

Supressão da tensão de pico

Enquanto um solenóide típico de CA tem corrente de arranque elevada, um solenóide de CA/CC tem desligamento em tensão de pico. Dependendo do sistema de controle utilizado, esta oscilação de tensão de pico poderá danificar os componentes eletrônicos. Por isso, alguns solenóides possuem componentes eletrônicos padrão ou opcionais, tais como diodos moldados na bobina para suprimir a oscilação e proteger os componentes eletrônicos.

Tensão da Bobina e Classe de Isolamento

Na página de **tabelas de invólucros**, poderão ser encontradas as tensões *standart* em funções do tipo de operador. Outras tensões podem ser fornecidas sob consulta.

