

Atuadores

Aula 10 - Hidráulica Industrial



Apresentação

Nesta aula, daremos continuidade ao estudo das válvulas pneumáticas. Falaremos sobre seu sistema de acionamento, que pode ser realizado de forma manual, por meio de botões ou alavancas, ou de forma automática, através da eletropneumática. Serão abordados conteúdos com a resolução de problemas propostos através da análise do método sequencial e da demonstração do circuito eletropneumático em software. Na continuidade veremos alguns componentes utilizados nos sistemas de hidráulica industrial. Para isso, apresentaremos os principais componentes dos sistemas hidráulicos industriais e seus princípios de funcionamento.



Objetivos

Descrever alguns diagramas de funcionamento de um sistema eletropneumático: diagrama trajeto-passo, diagrama de acionamento de sensores e atuadores, e o método do GRAFCET (ou SFC);

Apresentar esquema eletropneumático feito no software FluidSIM;

Compreender o comportamento de fluidos e conhecer elementos do sistema hidráulico industrial;

Dimensionar uma mangueira para sistema hidráulico;

Identificar cada válvula e sua simbologia;

Apresentar os principais circuitos hidráulicos industriais.

1. Diagrama de acionamento

Chegamos a última aula da disciplina de Atuadores. Foi um longo percurso até aqui, mas acredito que tivemos a oportunidade de conhecer muito de perto diversos equipamentos, circuitos e esquemas fundamentais para os trabalhos na área de Automação Industrial, não é mesmo?

Após a apresentação dos elementos básicos, já podemos pensar em um sistema de comando para os nossos exemplos. Mas como podemos implementar fisicamente uma certa lógica de comando? Como podemos interagir com as válvulas direcionais? Há basicamente duas formas: podemos utilizar um circuito elétrico à relé, ou podemos utilizar um sistema à base de um CLP (Controlador Lógico Programável).

A primeira alternativa é mais simples e de baixo custo, enquanto a segunda, além de mais cara, requer uma mão de obra mais qualificada (indicada normalmente para aplicações mais complexas). Nessa disciplina, vamos trabalhar com as duas alternativas, inicialmente com um circuito à relé, e depois com a programação do CLP. Vale lembrar que as duas possibilidades possuem uma ligação bem próxima, pois vamos trabalhar com a linguagem de programação Ladder.



Saiba mais

A linguagem ladder, ou diagrama ladder, é definida pela norma IEC 61131-3 como um auxílio gráfico para programação de CLP, a qual tem os contatos e as bobinas dos contatores representados de modo análogo a esquemas elétricos de comandos.

Porém, antes de construir o circuito elétrico ou o de programar o CLP, precisamos de ferramentas para auxiliar nessa tarefa. Tais ferramentas na verdade são diagramas. Vamos lidar com dois grupos de diagramas, também conhecidos

como métodos de solução. Um deles, o método sequencial, utiliza três gráficos, enquanto o outro, o método do GRAFCET (ou SFC), utiliza apenas um. Vamos analisá-los cuidadosamente nas próximas seções.

1.1 Método sequencial

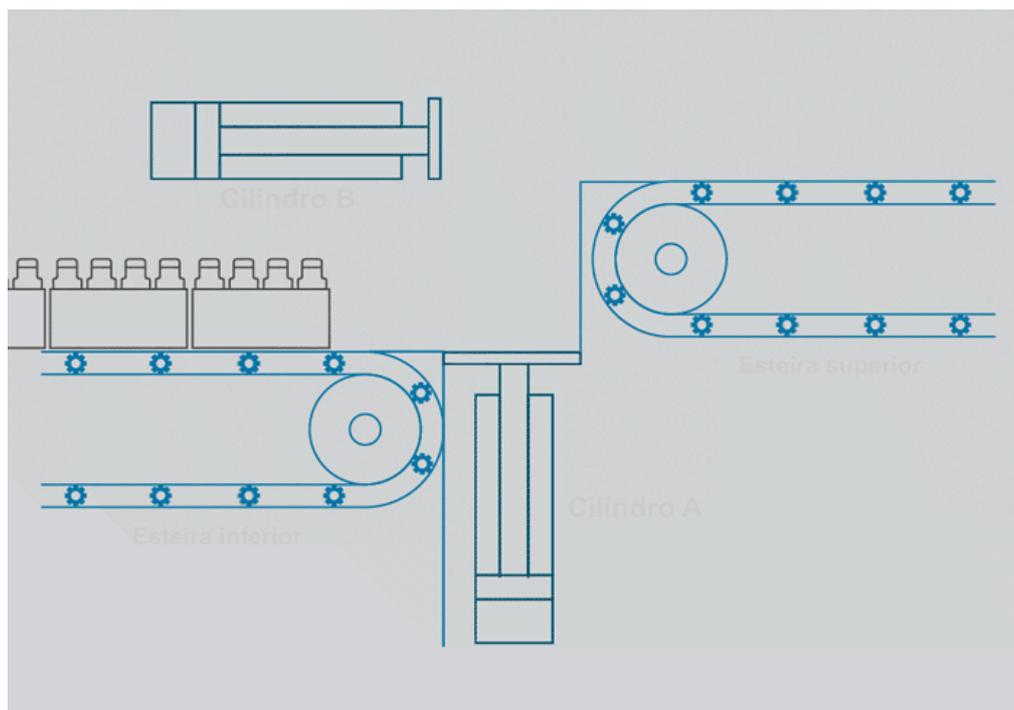
Os diagramas desse método especificam separadamente o estado dos cilindros (diagrama trajeto-passo), o estado dos sensores de fim de curso (diagrama de acionamento de sensores) e os comandos dos cilindros (diagrama de acionamento dos atuadores). Com essas informações, podemos decidir quais sensores serão utilizados para acionar quais cilindros. Além disso, podemos decidir qual é a melhor opção para o acionamento dos elementos: válvulas com um único ou com dois solenoides (um para o avanço do cilindro e outro para seu recuo).

Nesse último caso, apenas um pulso é necessário para cada solenoide, já no primeiro caso, precisamos manter o solenoide energizado para garantir o avanço (ou o recuo) do cilindro. Sempre podemos utilizar somente válvulas com um solenoide, porém vamos precisar de relés auxiliares, o que pode complicar o nosso projeto, dependendo do tamanho da aplicação.

Considere a aplicação da Figura 01 com uma aplicação de dois cilindros pneumáticos (A e B) de ação dupla, ou seja, uma ação para o avanço e outra para o recuo, que correspondem a sequência que deve ser utilizada para mover uma caixa da esteira inferior para a superior.

Vamos analisar os diagramas sequenciais, começando pelo diagrama trajeto-passo. A ideia é dividir a nossa aplicação em passos/estados diferentes, numa quantidade que represente adequadamente a operação do sistema.

Figura 01 - Aplicação do uso de cilindro de ação dupla na indústria



Já sabemos que a sequência que representa os avanços é $A+ \rightarrow B+$ e a do retorno dos cilindros é $A- \rightarrow B-$.

Note que após a última sequência ($B-$) a primeira ação ($A+$) deve ser novamente executada. Dessa forma, vamos nos concentrar em um único ciclo. Para cada cilindro, suponha que existem dois sensores de fim de curso, um para cada movimento (avanço e recuo), e que os cilindros são de dupla ação.

O diagrama trajeto-passo do sistema é apresentado na Figura 02. Observe que existem dois gráficos, um para cada cilindro, com uma identificação binária em cada passo/estado (00, 01, 10, 11). O valor 0 representa o recuo do respectivo cilindro e um 1 representa o seu avanço. Após o início do processo (realizado por uma chave externa S , por exemplo), o cilindro A deve avançar ($A+$), enquanto B se mantém recuado.

Essa situação transitória, em que A está avançando, é representada no diagrama por uma reta diagonal ascendente entre os passos 1 e 2, e a situação em que B está recuado é representada pela reta horizontal inferior. Em seguida, B deve avançar, enquanto A se mantém avançado.

Nesse caso, entre os passos 2 e 3, o cilindro A permanece em 1 (reta horizontal superior) e o cilindro B na condição transitória (reta diagonal ascendente). Depois, o cilindro A deve recuar enquanto B se mantém avançado. Dessa forma, entre os passos 3 e 4, o cilindro A está na condição transitória (reta diagonal descendente) e B está em 1 (reta horizontal superior). Por fim, entre 4 e 5, o cilindro A permanece recuado (reta horizontal inferior), enquanto B deve recuar (reta diagonal descendente).

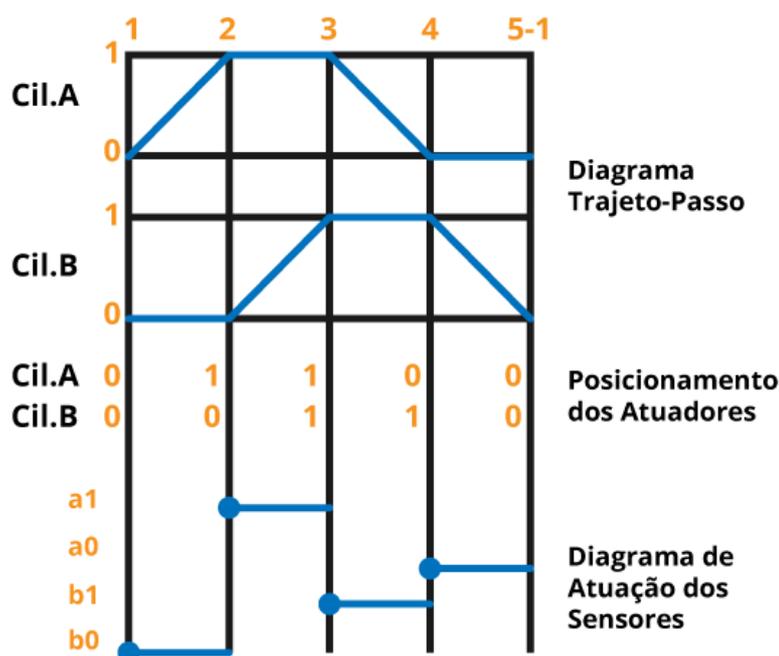
Figura 02 - Diagrama do trajeto – passo para o circuito da Figura 01



Após a análise do diagrama trajeto-passo, podemos agora analisar o diagrama de acionamento dos sensores. A Figura 03 apresenta o diagrama para o nosso exemplo. Note que, novamente, há cinco passos e, em cada passo, a sua identificação binária. O objetivo principal desse gráfico é informar o início e o fim do acionamento de cada sensor e, para isso, vamos utilizar retas horizontais entre os passos. Por exemplo, entre os passos 1 e 2, já sabemos que o cilindro A está no processo de avanço (observe no diagrama trajeto-passo). Nesse caso, nenhum sensor de A, seja de avanço (a1) ou de recuo (a0), está acionado, uma vez que o cilindro se encontra em movimento. Assim, vamos deixar um espaço vazio entre os passos 1 e 2 para os dois sensores de A.

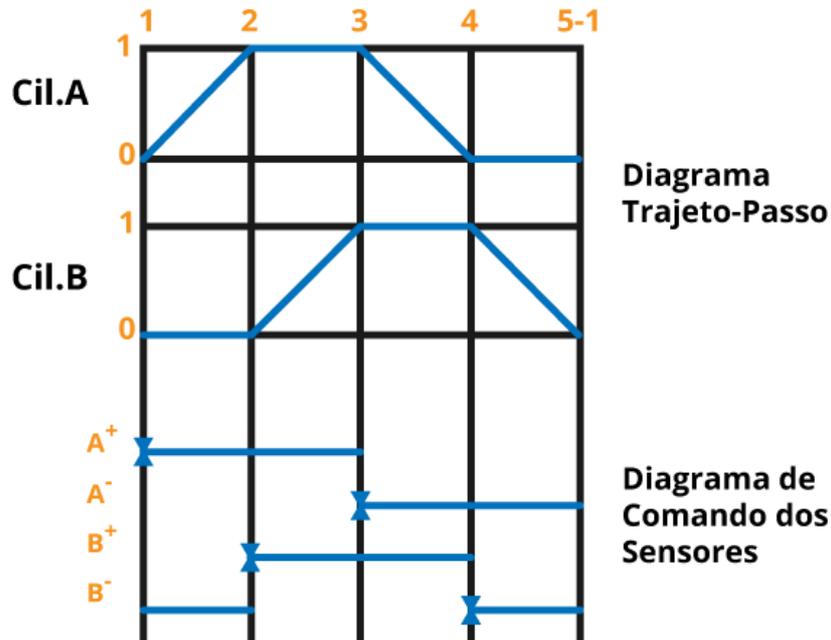
Em contrapartida, o cilindro B está recuado e, assim, o seu sensor b0 está acionado (note a reta horizontal entre 1 e 2 para esse sensor). Também não vamos inserir nada para b1, pois já sabemos que B está recuado. Na sequência, entre os passos 2 e 3, os papéis se invertem: o cilindro A está parado (totalmente avançado) e B está se movimentando. Nesse caso, devemos colocar uma linha horizontal somente em a1, e espaços em branco para os demais sensores. De forma similar, podemos analisar o intervalo entre os demais passos.

Figura 03 - Diagrama do trajeto – passo para o circuito da figura 1 com atuação dos sensores



Por fim, vamos analisar o diagrama de acionamento dos atuadores. A Figura 04 apresenta o diagrama para o nosso exemplo. A ideia é informar onde começa e termina o processo de avanço e recuo de cada cilindro. Novamente, vamos começar pelos passos 1 e 2. De acordo com o diagrama trajeto-passo, sabemos que entre 1 e 2, o cilindro A está avançando, permanecendo avançado entre 2 e 3. Dessa forma, para a linha A+, devemos inserir uma reta horizontal entre 1 e 3. Já para o cilindro B, a reta deve ser inserida entre os passos 2 e 4, pois o seu avanço começa em 2, permanecendo avançado até 4. O mesmo procedimento pode ser adotado para A- e B-.

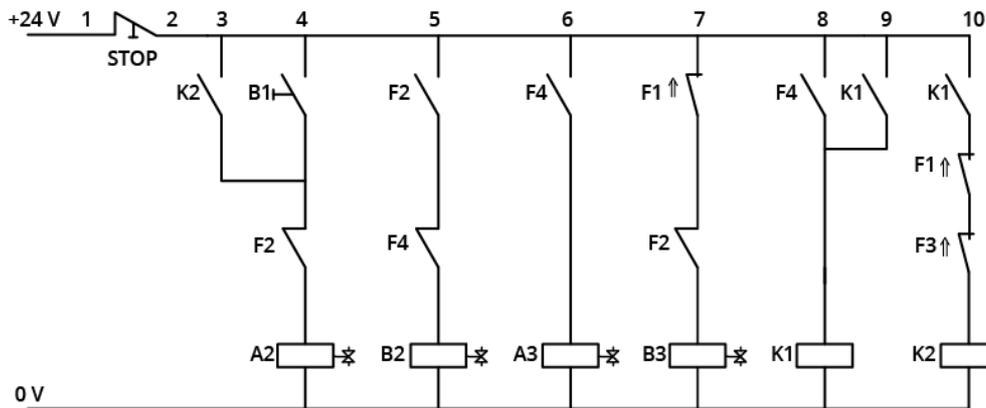
Figura 04 - Diagrama do trajeto – passo para o circuito da Figura 01 com indicação do avanço e retorno para cada cilindro



Agora já podemos analisar os três diagramas simultaneamente. Para tal, vamos utilizar a Figura 05. O primeiro ponto de análise está relacionado aos sensores de fim de curso. O objetivo **é identificar quais sensores podem ser utilizados para acionar cada um dos cilindros**.

Vamos começar pelo cilindro A. Suponha que o sistema está em repouso (A e B recuados) e que existe uma chave S para iniciar o processo. Analisando as linhas A⁺ e b0, observamos que os dois sinais (retas horizontais) começam ao mesmo tempo, o que nos é um indicativo de que b0 pode ser utilizado para avançar o cilindro A.

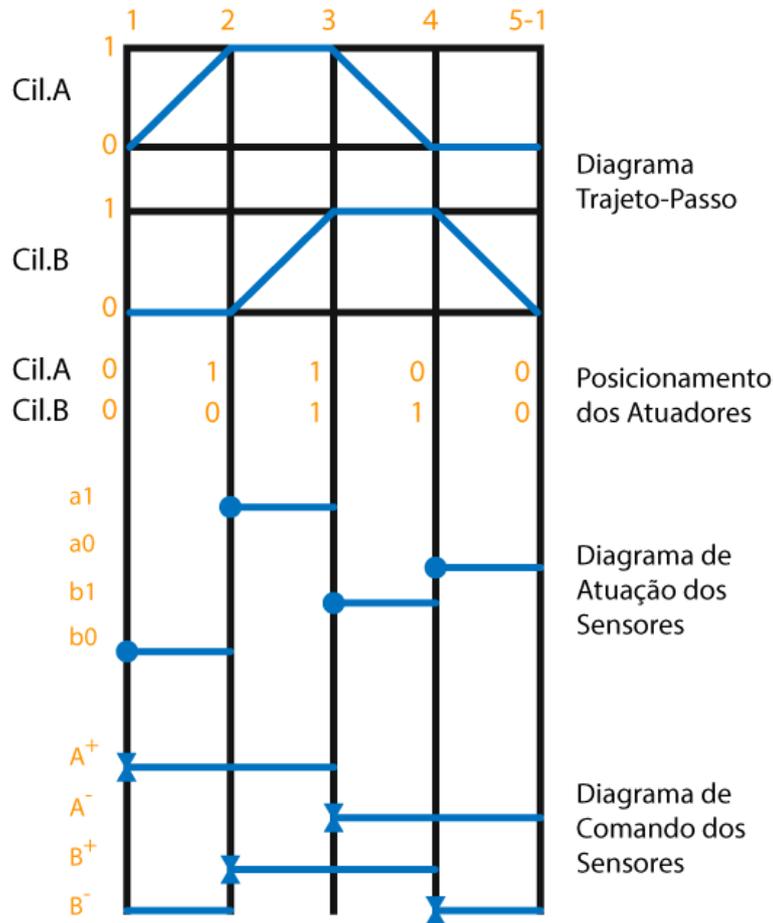
Figura 05 - Esquema eletropneumático



Fonte: Captura de tela do software FluidSIM-P

Note que nenhum outro sensor pode ser utilizado, pois somente b0 está ativado no passo 1 (início de A+). Veja também que os tempos de duração (tamanho das linhas horizontais) de b0 e A+ são diferentes, o que indica a necessidade de uma válvula com dois solenoides, um para o avanço de A e outro para o recuo. Caso as durações fossem iguais, poderíamos utilizar uma válvula com um único solenoide. Para o recuo de A, o único sensor que coincide com A- corresponde a b1.

Figura 06 - Diagrama do trajeto - passo para o circuito da Figura 01 completo com indicação do avanço e retorno para cada cilindro



1.2 Esquema eletropneumático

Depois dessa análise sequencial, podemos utilizar o software da FESTO para montar o diagrama eletropneumático dessa aplicação.

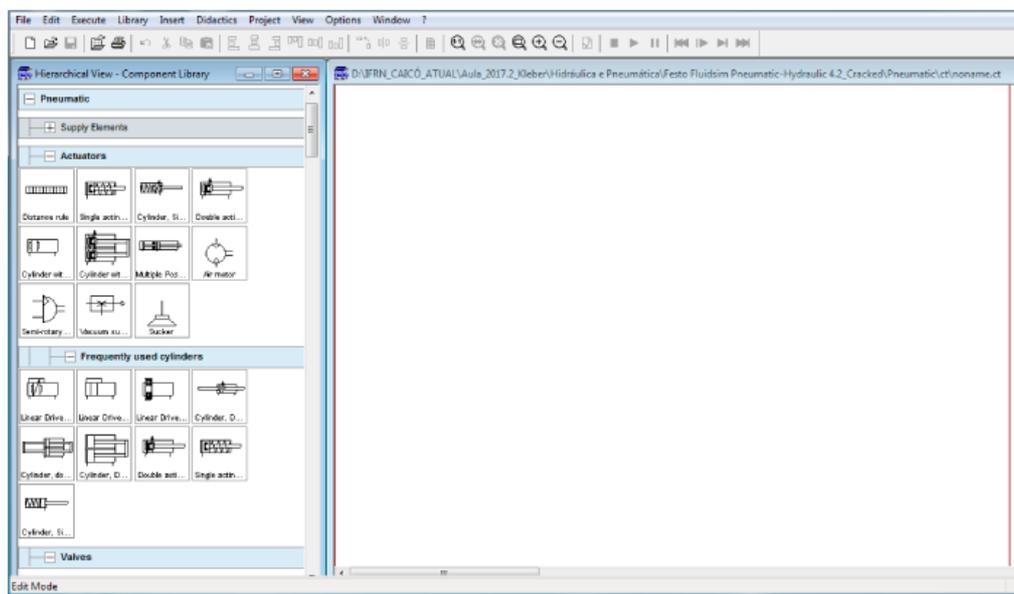


Atenção

Iniciamos pela instalação do software FluidSIM-P, que poderá ser baixado do site da [Festo](https://www.festo.com), siga as recomendações para a instalação, caso tenha dúvidas procure ajuda nos fóruns da disciplina, com seus colegas ou seu Tutor!

Após a instalação do software FluidSIM-P, podemos iniciar o desenvolvimento do circuito eletropneumático para essa aplicação. Ao clicar no software vamos para sua página inicial, que apresenta a área de trabalho de acordo com a Figura 07.

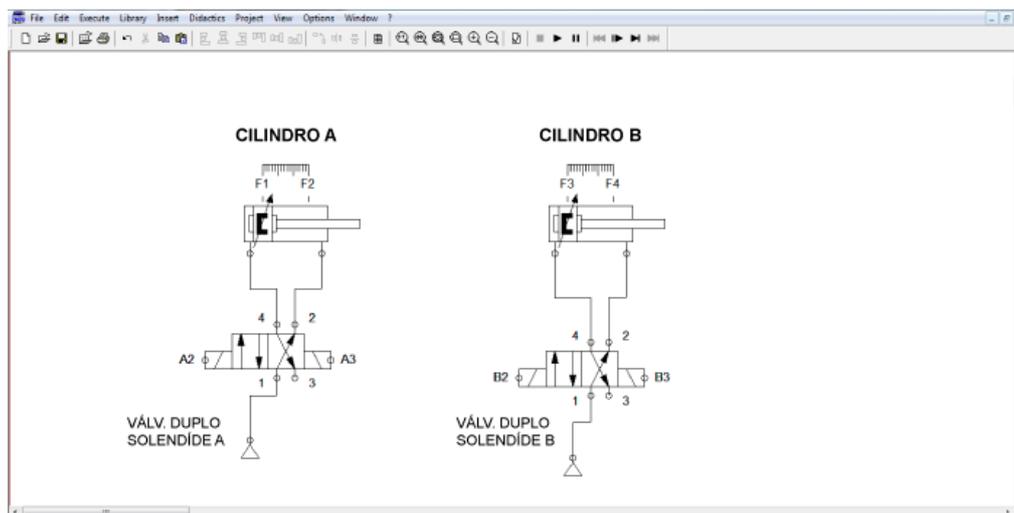
Figura 07 - Área de trabalho do FluidSIM-P



Fonte: Captura de tela do software FluidSIM-P

A montagem do exercício proposto na área de trabalho do FluidSIM-P poderá ser vista na Figura 08.

Figura 08 - Circuito pneumático do exercício proposto

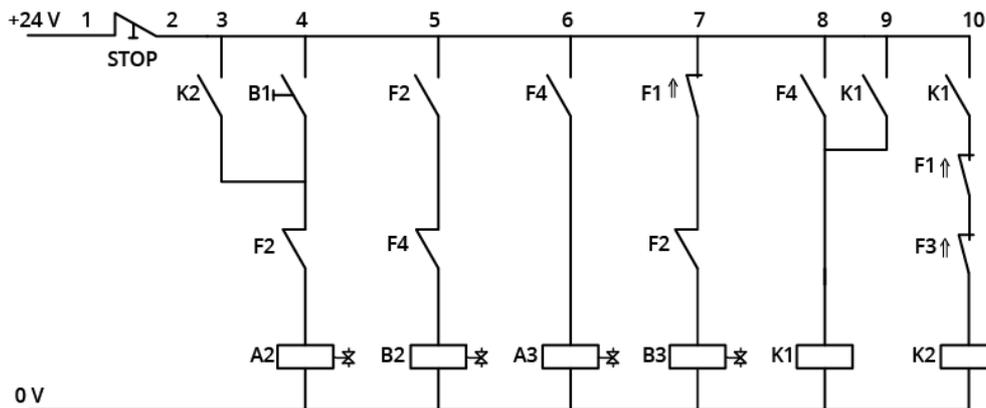


Fonte: Captura de tela do software FluidSIM-P

Nesse exemplo de aplicação foram utilizados dois cilindros de dupla ação (avanço/retorno) A e B, comandados por duas válvulas (5 x 2 vias) que são acionadas cada uma por solenoides duplos.

A seguir temos o esquema eletropneumático dessa aplicação com a capacidade de operar as esteiras transportadoras seguindo a lógica proposta. O esquema foi desenvolvido no software da Festo, o FluidSIM-P, e pode ser visto na Figura 09.

Figura 09 - Esquema eletropneumático do exercício



No esquema acima temos um botão de desligamento do processo (stop) instalado na linha principal nos pontos (1 e 2). Na sequência, coluna 3, foi inserido um contato K2 (NA) com a finalidade de deixar o processo automático. Essa automação só será possível quando for concluído o primeiro ciclo de operação dos cilindros avanço e recuo.

Na coluna 4 temos a botoeira (B1) instalada com a finalidade de iniciar o processo de avanço e retorno dos cilindros. Abaixo desse botão existe um contato (NF) do fim de curso F2. Esse fim de curso está posicionado no final do avanço do cilindro A. Esse contato de F2 tem a função de bloquear a alimentação do solenoide A2, que faz avançar o cilindro A quando sua haste atinge o máximo do deslocamento no avanço.

Continuando a análise temos na coluna 5 um contato (NA) do fim de curso F2 em série com um normalmente fechado (NF) do fim de curso F4, ambos têm a função de comandar o avanço do cilindro B. Esse avanço só ocorrerá quando a haste do cilindro A já tiver alcançado o final do seu avanço.

Na coluna 6 tem um contato aberto (NA) do fim de curso F4 que está situado no final do curso do cilindro B. Esse contato de F4 tem a função de recuar a haste do cilindro A. O recuo se dará após a haste do cilindro B alcançar o máximo do seu deslocamento de avanço.

A próxima coluna apresenta dois contatos fechados (NF) dos fins de cursos F1 e F2 que têm a função de recuar a haste do cilindro B.

Ao alimentar o circuito o solenoide que faz o cilindro B recuar já se encontra alimentado, mas como a haste desse cilindro ainda não avançou para poder ser recuada o sistema permanece parado, aguardando o seu avanço, para só então ser possível executar a ação do recuo.

As colunas 8 e 9 apresentam dois contatos normalmente abertos (NA) do fim de curso F4 e do contato de selo de K1. Eles têm a função de alimentar a bobina do relé K1 quando a haste do cilindro B avançar. Esse relé vai servir para ligar a bobina de um segundo relé K2, que foi adicionado na linha 10.

O relé K2 foi inserido no circuito para fazer o processo ficar automático após o primeiro ciclo de operação.

1.3 Método do Grafcet

O método do GRAFCET (ou SFC) trabalha com um único gráfico ou diagrama para lidar com a solução do problema. Basicamente, existem três elementos que fazem parte desse diagrama: **etapas**, **ações associadas** e **transições**. Para cada etapa, existe um conjunto de ações que devem ser executadas. São as chamadas **ações associadas**. Além disso, existem condições (chamadas de transições) que, ao serem satisfeitas, fazem com que o sistema saia de uma determinada etapa para outra.

Para exemplificar, **considere o seguinte problema**: deseja-se ligar um motor elétrico somente quando uma botoeira for acionada e assim permanecer. Caso contrário, o motor deve ser desligado. Vamos analisar esse problema utilizando o método do GRAFCET.

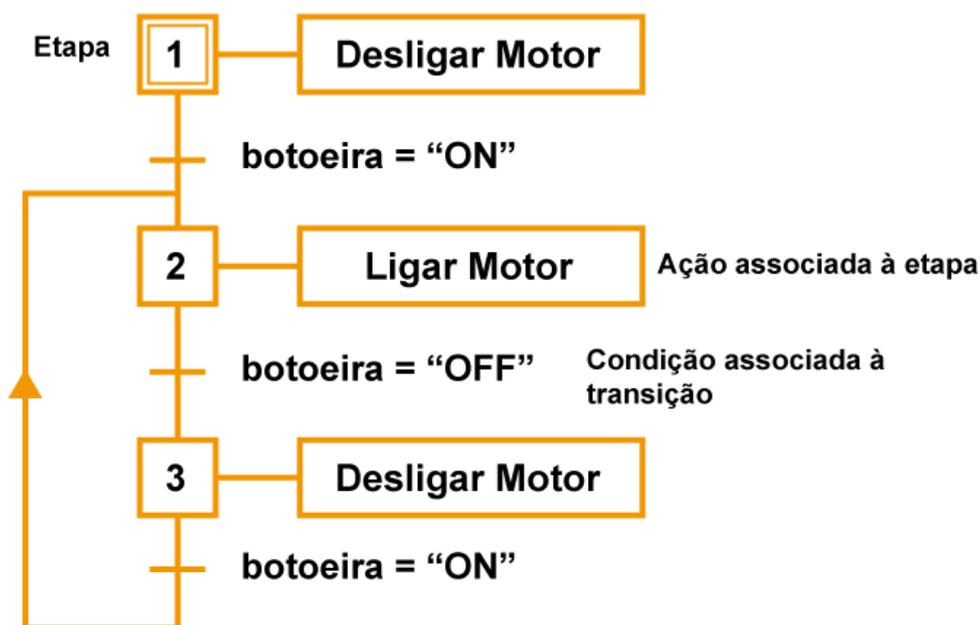
Na Figura 9 podemos observar o nosso diagrama. Cada quadrado numerado de 1 a 3 corresponde a uma determinada etapa. Observe que cada etapa possui ainda uma ação associada, representada pelo retângulo ligado à respectiva etapa. Existe também a presença das transições, que são os traços na horizontal entre duas etapas seguidas. Note a presença de uma condição ao lado de cada transição (botoeira = ON ou botoeira = OFF).

A etapa 1, conhecida como etapa inicial, é especial para o nosso diagrama. É a partir dela que tudo começa e, por isso, possui uma representação diferenciada em relação às demais (quadrado com bordas).

Supondo que estamos em 1, o motor está desligado (ação associada), permanecendo assim até que a sua respectiva transição seja ativada. Nesse caso, a transição depende do estado da botoeira. Caso a botoeira seja acionada (botoeira = ON), o sistema sai da etapa 1 e passa para a etapa 2, em que o motor é ligado.

Nesta situação, se a botoeira for liberada (botoeira = OFF), o sistema sai da etapa 2 para a etapa 3, na qual o motor é desligado. Caso contrário, o sistema permanece em 2 com o motor ligado. Supondo que estamos agora em 3, o sistema somente deixará essa etapa se a botoeira for pressionada (botoeira = ON), retornando para a etapa 2, e iniciando novamente o ciclo.

Figura 10 - Exemplo de um diagrama GRAFCET



2. Hidráulica Industrial

Iniciamos o estudo dos componentes de hidráulica industrial pelo reservatório, que é o dispositivo utilizado para armazenar o fluido hidráulico dos sistemas.

2.1 Reservatório Hidráulico

De acordo com Parker Hannifin Corporation (1999), o reservatório hidráulico visto na Figura 11 está presente em todos os sistemas hidráulicos existentes, e ele tem como principal característica armazenar o fluido, óleo hidráulico, devendo ser capaz de armazenar o volume equivalente a, no mínimo, 3 vezes a vazão de bombeamento por minuto.

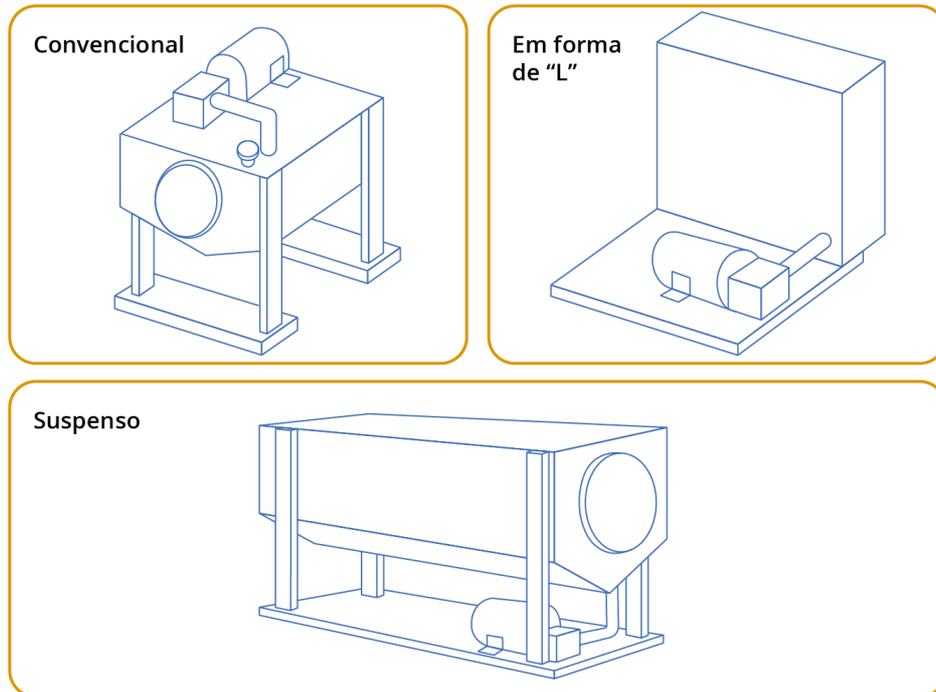
Esse reservatório deve possuir volume de expansão de, no mínimo, 10% de sua capacidade de armazenamento do fluido, apresentar filtro de respiro, ter bocal de abastecimento com filtro, permitir a inspeção do nível do fluido em seu interior, ter um separador de contaminantes sólidos, dissipar calor do fluido e absorver sua expansão térmica e, finalmente, separar o ar do fluido.

Figura 11 - Unidade de geração hidráulica da Festo, composto de: motor bomba, filtro, reservatório e conexões



Os reservatórios hidráulicos podem ser de três tipos: convencionais, em L e suspenso. Na Figura 12, podemos observar esses tipos de reservatórios.

Figura 12 - Tipos de reservatórios



2.2 Filtros hidráulicos

O filtro hidráulico visto na Figura 13 é responsável por eliminar todos os resíduos que podem contaminar o fluido existente no sistema. A maioria dos problemas no sistema ocorre devido a uma má filtração do fluido, que deixa passar resíduos para as válvulas e outros componentes do sistema, aumentando o desgaste e causando falhas indesejáveis para um bom funcionamento.

Figura 13 - Filtro hidráulico da Festo



Fonte: FESTO. Disponível em: <http://www.festo-didactic.com/int-en/http://www.festo-didactic.com/media/detail_service_d548609c_3.jpg> Acesso em: 13 abr. 2018.

A seguir será apresentada uma lista com os principais problemas causados nos sistemas de geração hidráulica provenientes de uma má filtragem do fluido, segundo a Parker Hannifin Corporation (1999), vejamos:

- Há interferência com a transmissão de energia vedando pequenos orifícios nos componentes hidráulicos. Nessa condição, a ação das válvulas é imprevisível, improdutiva e também insegura;
- As partículas contaminantes interferem no resfriamento do líquido, por formar um sedimento que torna difícil a transferência de calor para as paredes do reservatório;
- Provavelmente, o maior problema com a contaminação num sistema hidráulico é que ela interfere na lubrificação. A falta de lubrificação causa desgaste excessivo, resposta lenta, operações não sequenciadas, queima da bobina do solenoide e falha prematura do componente.

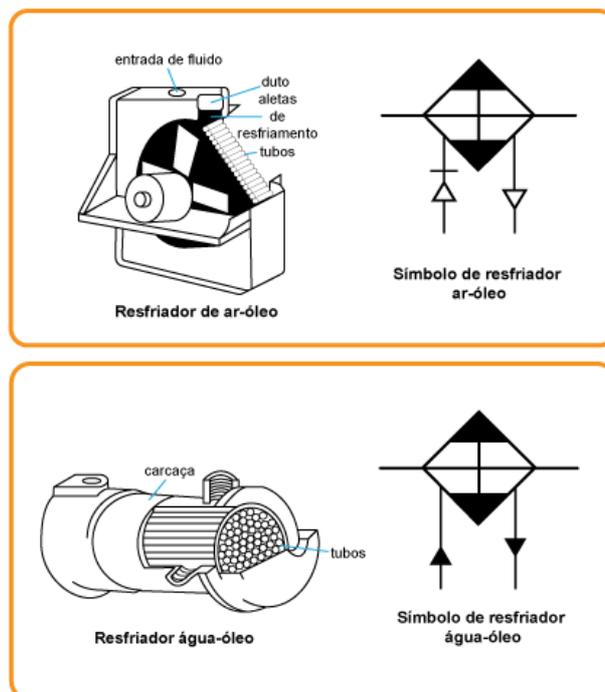
2.3 Resfriadores (trocadores de calor)

Os resfriadores são elementos importantes para manter as características dos fluidos no sistema. Devido às curvas e válvulas presentes no sistema é comum que haja o aquecimento do líquido, tendo em vista que ele gasta mais energia por causa da colisão de suas moléculas ao passar pelos elementos do sistema.

Os resfriadores são mais empregados em sistemas nos quais o reservatório não é suficiente para manter a temperatura normal do fluido. Geralmente, esses resfriadores são à base de ar ou de água, sendo o primeiro apenas utilizado onde não se pode usar a água. Esses trocadores de calor devem ser sempre posicionados na linha de retorno do sistema ou de seus respectivos drenos. Assim, esse aparelho é interligado ao sistema utilizando uma válvula de retenção para garantir que não haja interferência na pressão do sistema.

Perceba que esse conceito é novo, pois em pneumática não precisávamos de um circuito de retorno, o ar era apenas filtrado e descartado no meio ambiente. Por isso, não havia aquecimento: o ar não circulava no sistema.

Figura 14 - Resfriadores à base de ar e água



2.4 Mangueiras

É muito importante saber como dimensionar as mangueiras, os tipos de válvulas e suas funções, os seus respectivos símbolos e os principais circuitos onde elas serão empregadas, de acordo com os seguintes critérios:

- Capacidade de pressão dinâmica e estática de trabalho;
- Temperatura mínima e máxima de trabalho;
- Compatibilidade química com o fluido a ser conduzido;
- Resistência ao meio ambiente de trabalho contra a ação do ozônio (O_3), raio ultravioleta, calor irradiante, chama viva etc.;
- Vida útil das mangueiras em condições dinâmicas de trabalho (impulse-test);
- Raio mínimo de curvatura.

Assim como os cabos e os fios, as mangueiras também são determinadas em função de sua capacidade de deixar passar o volume de fluido por unidade de tempo, ou seja, a vazão (no caso dos fios a corrente corresponde a vazão para as mangueiras). Para determinar o diâmetro interno da mangueira, usamos a seguinte fórmula:

$$D = \frac{\sqrt{Q \cdot 0,4081}}{V}$$

Onde:

D - É o diâmetro da mangueira em polegadas (in);

Q - É a vazão em galões por minuto (GPM); e

V - É velocidade em pés por segundo (ft/s).

Em geral, não existem no mercado mangueiras com todo tipo de diâmetro, então a forma correta de calcular é obter o diâmetro teórico da mangueira e depois ajustar para o diâmetro real, sempre escolhendo a mangueira com o diâmetro mais

próximo acima do calculado de acordo com o modelo que o fabricante escolhido disponibilizar.

2.5 Válvulas

As válvulas são elementos de vital importância no sistema hidráulico, elas são responsáveis por todo controle do sistema, a sua funcionalidade já é, de certa forma, conhecida, pois funciona do mesmo modo que nos sistemas pneumáticos e eletropneumáticos. Vamos conhecer algumas dessas válvulas.

2.5.1 Válvulas de controle de pressão

As válvulas de controle de pressão são usadas, segundo Parker Hannifin Corporation (1999), para:

- Limitar a pressão máxima de um sistema;
- Regular a pressão reduzida em certas partes dos circuitos;
- Outras atividades que envolvem mudanças na pressão de operação.

Nos diagramas dos circuitos, ela é representada por seu símbolo, como é mostrado na Figura 14. Pode possuir várias funcionalidades, de acordo com a aplicação, como mostrado em Parker Hannifin Corporation (1999):

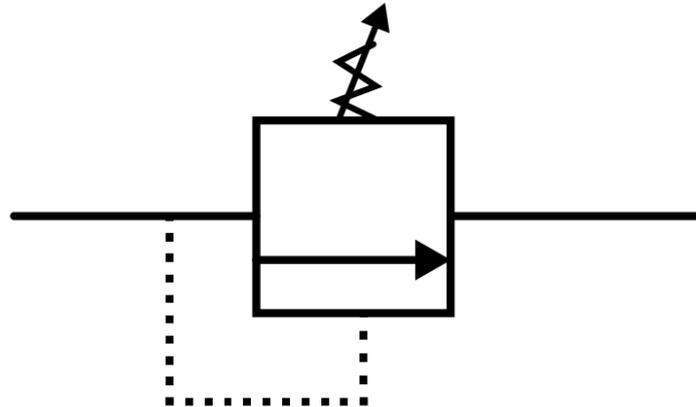
- Válvula de segurança;
- Válvula de sequência;
- Válvula de descarga;
- Válvula redutora de pressão;
- Válvula de frenagem;
- Válvula de contrabalanço.



Atenção

Estas válvulas foram apresentadas na Aula 09, inclusive com suas particularidades.

Figura 15 - Válvula de controle de pressão



2.5.2 Válvulas de controle direcional

As válvulas de controle direcional são as responsáveis pela comutação do fluxo do fluido no sistema. A sua simbologia obedece ao mesmo padrão usado em sistemas pneumáticos, onde temos os seguintes termos para identificação:

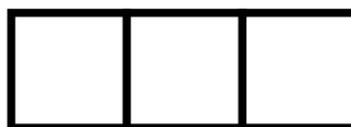
- Número de posições;
- Número de vias;
- Posição normal (inicial);
- Tipo de acionamento (pilotado externamente, por mola, elétrico etc.).

O número de posições é dado de acordo com a quantidade de comutações possíveis, como mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Numero de posições de uma válvula



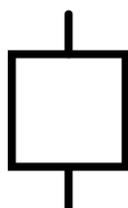
02 posições



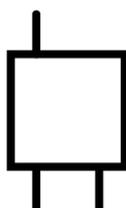
03 posições

Já o número de vias está relacionado com a quantidade de conexões que a válvula possui. Sua simbologia e como é feita a passagem por essas vias está sendo mostrada na Figura 17.

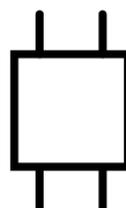
Figura 17 - Número de vias (esquerda) e Passagem nas vias (direita)



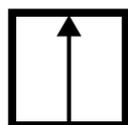
02 vias



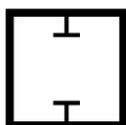
03 vias



04 vias



PASSAGEM



BLOQUEIO



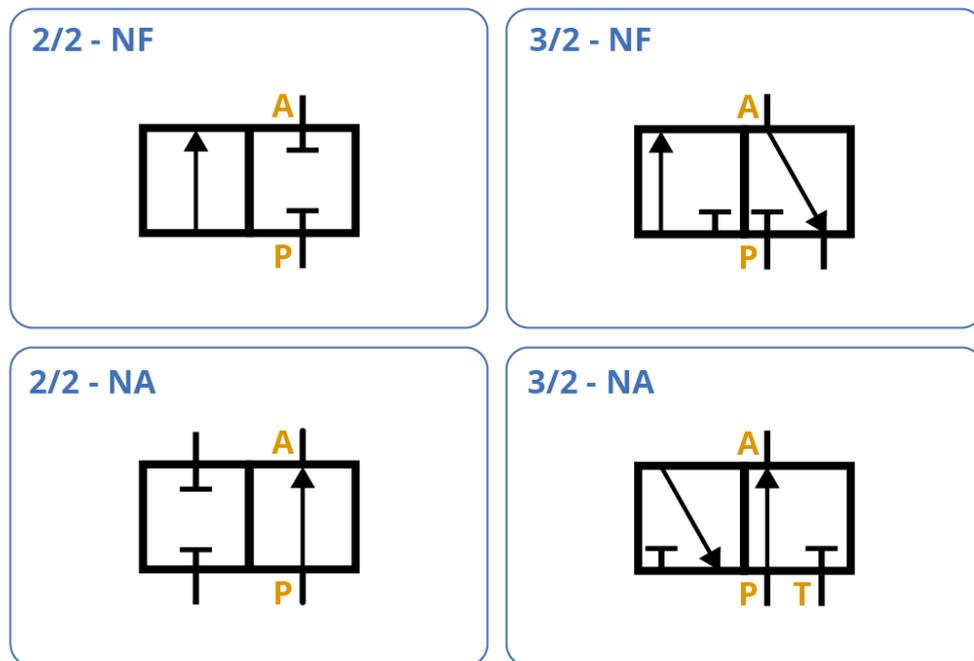
AMBAS



AMBAS

Na Figura 18, podemos ver alguns exemplos de válvulas direcionais com suas respectivas identificações e condições iniciais de operação.

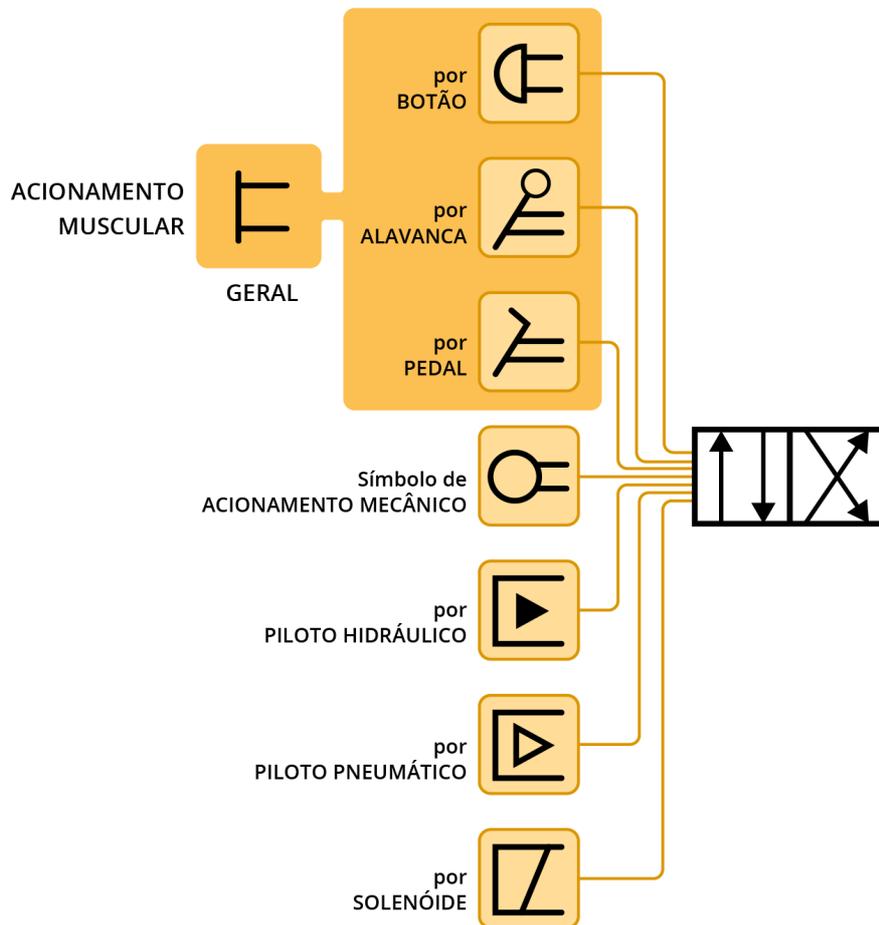
Figura 18 - Válvulas direcionais com a identificação



As válvulas são selecionadas também pelo tipo de acionamento que elas possuem, ou seja, o sistema de pilotagem que fará a mudança de sua posição através de uma ação mecânica ou automática.

Na Figura 19, temos alguns modelos de acionamentos (pilotagem) para as válvulas.

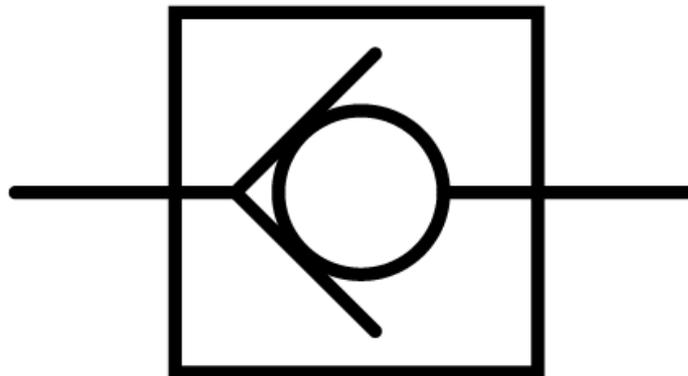
Figura 19 - Tipos de acionamento (pilotagem)



2.5.3 Válvulas de retenção

As válvulas de retenção, conforme Figura 20, são elementos indispensáveis em sistemas hidráulicos, pois elas são responsáveis por evitar que o fluido retorne por uma via, sendo, assim, chamada também de válvula direcional, pois impede que o fluido trafegue por outra direção.

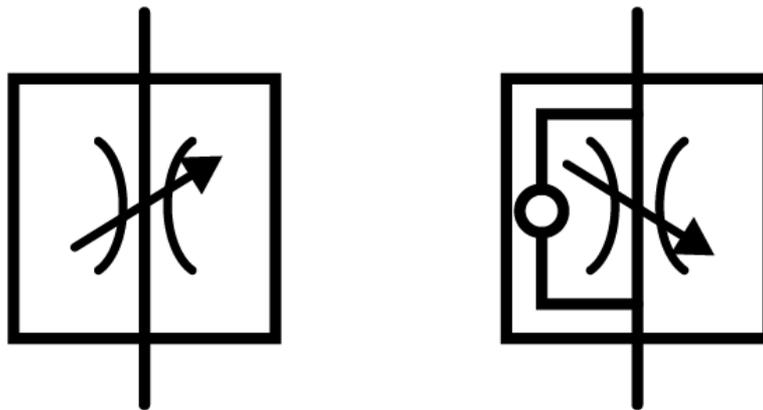
Figura 20 - Válvula de retenção



2.5.4 Válvulas controladoras de vazão

As válvulas controladoras de vazão têm a função de restringir o fluxo do fluido da bomba em determinada linha do circuito, para, em geral, fazer o controle de velocidade no acionamento dos atuadores. Essas válvulas, vistas na Figura 21, são muitas vezes aplicadas em circuitos associadas às válvulas de retenção.

Figura 21 - Válvula controladora de vazão (esquerda) e válvula controladora de vazão associada com válvula de retenção (direita)



2.5.5 Atuadores hidráulicos

Os atuadores hidráulicos convertem a energia dos fluidos (pressão e vazão) em energia mecânica (movimento linear ou rotativo). Nos atuadores é onde ocorre todo o trabalho realizado pelo sistema. O seu dimensionamento é feito para atender aos requisitos de força e deslocamento da carga a qual ele estará acoplado. Eles podem ser divididos, de acordo com sua forma de funcionamento, em lineares e rotativos. Nos lineares, o trabalho é realizado linearmente sempre com avanço e recuo de sua haste, já no rotativo o trabalho é realizado com rotação em torno de um eixo. Os tipos de atuadores serão demonstrados na Figura 22 a seguir, **clique em cima de cada imagem** do recurso abaixo para visualização:

Figura 22 - Tipos de atuadores lineares

2.5.6 Dimensionamento de atuadores lineares (cilindros)

Para o dimensionamento dos atuadores lineares, precisamos determinar alguns elementos para sua correta aplicação, como, por exemplo:

a. Força do cilindro

É importante conhecer a força de um atuador hidráulico para saber se ele será capaz de deslocar a carga a qual ele será ligado. Assim, temos a equação que permite calcular a força.

$$F = S \cdot P$$

Onde,

F – Força em (N);

S – Área do cilindro (m^2);

P – Pressão em (Pa).

Para o caso de cilindro, temos que a área é calculada pela equação:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

b. Curso do cilindro

O curso do cilindro, ou deslocamento de sua haste, é a distância a qual ele deverá se deslocar. Essa distância é importante para determinar a quantidade de trabalho necessário para o sistema e para quantificar o volume de fluido que será utilizado nesse deslocamento.

c. Volume do cilindro

O volume do cilindro é a quantidade de fluido que tem de existir no seu interior para que possa haver o deslocamento total de sua haste. Ele é dado por:

$$V_C = S_P \cdot C_P$$

Onde,

V_C - Volume do cilindro a ser preenchido por fluido (cm^3);

S_P - Área do pistão (cm^2);

C_P - Comprimento do pistão (cm).

d. Velocidade da haste

A velocidade da haste de um cilindro é determinada pela vazão do fluido que pode ser introduzido no interior de sua câmara para empurrar o pistão. Essa velocidade é calculada por:

$$V = \frac{Q}{S}$$

Onde,

V - Velocidade de avanço ou recuo da haste de um cilindro (cm/min);

Q - Vazão em (cm^3 /min);

S - Área da câmara do cilindro (cm^2).

e. Vedações

As vedações são elementos responsáveis por fazer o isolamento do fluido e evitar vazamento dos pistões, são fabricadas em couro, poliuretano, borrachas nitrílicas ou viton.

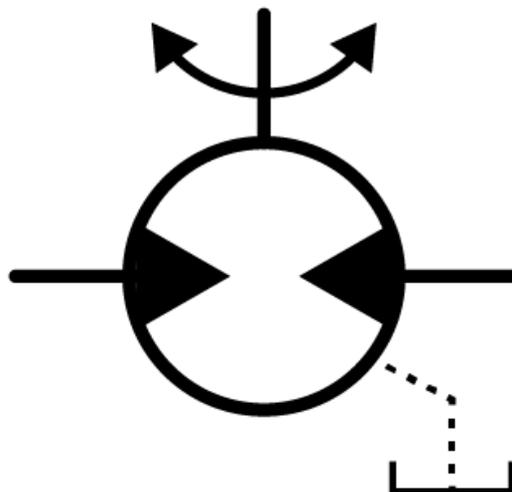
f. Amortecimento

O amortecimento protege o cilindro contra os choques excessivos e desgastes. Ele consiste, basicamente, de uma válvula de controle de fluxo, ou coxim, que atua nos dois lados do pistão (avanço e recuo).

3. Atuadores rotativos

Os atuadores rotativos, também chamados de motores hidráulicos, podem ser vistos na Figura 23.

Figura 23 - Atuador rotativo

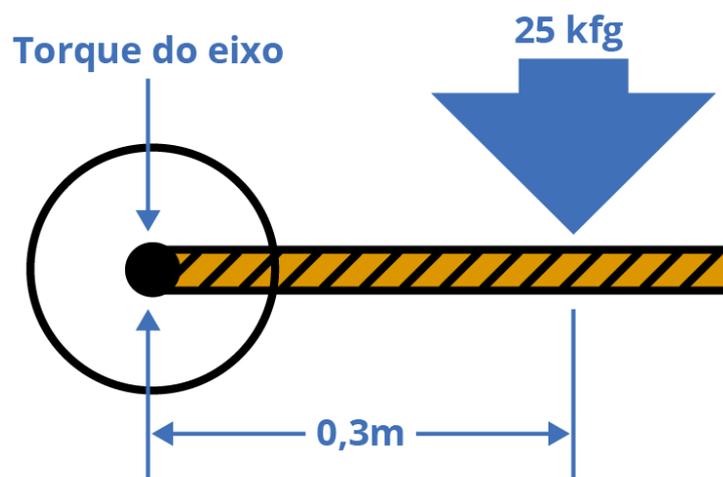


Os atuadores rotativos são dimensionados levando-se em conta as seguintes variáveis:

3.1 Torque

O torque, representado na Figura 24 é a força necessária para fazer girar o eixo que está acoplado a carga.

Figura 24 - Ilustração do torque para um atuador hidráulico rotativo



Assim, no exemplo da Figura 24, temos um torque de:

$$T = F \cdot D \rightarrow T = 23 \cdot 0,3 \rightarrow T = 6,9(Kgf \cdot m)$$

3.2 Velocidade do eixo do motor

A velocidade na qual o eixo do motor gira pode ser calculada pela seguinte equação:

$$V_m = \frac{Q \left(\frac{cm^3}{min} \right)}{D_e \left(\frac{cm^3}{revolução} \right)}$$

Em que,

V_m – Velocidade do eixo do motor (rpm);

Q – Vazão (cm^3 /min);

D_e – Deslocamento (cm^3 /revolução).

3.2.1 Potência

A potência em um motor hidráulico relaciona o torque e sua velocidade. Assim, ela pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$P = \frac{V_m \cdot T}{729}$$

Em que,

P – Potência do motor (cv);

V_m – Velocidade do motor (rpm);

T – Torque do motor ($Kgf \cdot m$).

4. Comparativo entre motores hidráulicos x motores elétricos

Os motores hidráulicos apresentam algumas vantagens em relação aos elétricos, que, segundo Parker Hannifin Corporation (1999), são: reversão instantânea do eixo do motor; carregamento por períodos muito grandes sem danos; controle de torque em toda a sua faixa de velocidade; frenagem dinâmica conseguida facilmente; e uma relação peso-potência de 0,22 kg/HP comparada a uma relação peso-potência de 4,5 kg/HP para motores elétricos.

Bem, com esse comparativo entre os tipos de motores encerramos nossos estudos sobre os atuadores. Espero que você tenha gostado das aulas que preparamos para você, nas quais tratamos dos tipos de atuadores existentes no mercado, da forma como acioná-los e dos principais componentes utilizados na operação e na proteção dos sistemas hidráulicos e pneumáticos.

Outro ponto importante é que, ao terminar esse curso e trabalhar na área, certamente você irá se deparar com esses dispositivos porque eles estarão sempre presentes na indústria, seja qual for seu ramo de atividades.

Então, espero que faça bom uso do conhecimento que adquiriu na disciplina e alcance uma exitosa trajetória profissional!

Boa sorte!

Prof. José Kleber.



Leitura complementar

PARKER HANNIFIN. **Tecnologia pneumática industrial**: M1001 BR. São Paulo: Parker Hannifin, 2000. Disponível: <http://www.eterfs.com.br/material/mecanica/apostila_pneumatica_parker.pdf>. Acesso em 13 abr. 2018.

Essa apostila explica detalhadamente os diversos tipos de válvulas pneumáticas aplicadas na indústria, mostrando como dimensioná-las, sua simbologia dos componentes e alguns exercícios práticos.

CONTROLE E AUTOMAÇÃO. **4 - Válvulas e controle**. [2009]. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/automacao0/disciplinas/instr2009/vc>>. Acesso em: 03 abr. 2018.



Resumo

Nesta aula, vimos rapidamente alguns elementos finais de controle, dentre eles as válvulas de controle, foco dessa aula. Estudamos detalhadamente os componentes e os tipos mais comuns de válvulas de controle aplicadas na indústria, apresentando algumas de suas vantagens e desvantagens. Apresentamos dois tipos de válvulas especiais: solenoides e as de retenção, além dos acessórios usados nas válvulas. Apresentamos também os sistemas eletropneumáticos com os cilindros, os sensores e as válvulas direcionais utilizadas para o controle dos processos industriais. Vimos alguns componentes importantes dos sistemas hidráulicos industriais, conhecendo a funcionalidade desses componentes presentes nos sistemas.

Por fim, falamos um pouco sobre os elementos básicos de um sistema eletropneumático: os cilindros, as válvulas e os sensores de fim de curso. Abordamos também dois métodos de solução de problemas, que serão utilizados posteriormente na construção de circuitos de comando e diagramas Ladder para os futuros exemplos.



Autoavaliação

1. O que resulta para o sistema hidráulico a interferência na pressão.
2. Qual a função do reservatório hidráulico?
3. O que deve ser levado em conta na escolha de um fluido para o sistema?
4. Descreva os elementos básicos de um sistema eletropneumático. Apresente uma aplicação industrial com a presença desses elementos.
5. Pesquise sobre os diversos modelos de cilindros, válvulas e sensores de fim de curso. Para dois modelos de cada elemento, apresente as suas características básicas e realize comparações. Liste alguns fabricantes.
6. Pesquise sobre uma válvula direcional do tipo 2/2. Esboce a sua simbologia.



Referências

BOLTON, W. **Programmable logic controllers**. 5. ed. USA: Elsevier, 2009.

DUNN, W. C. **Introduction to instrumentation, sensors, and process control**. Norwood: Artech House, 2006.

GONÇALVES, M. G. **Monitoramento e controle de processos**. Rio de Janeiro: Petrobrás; Brasília: SENAI/DN, 2003.

VÁLVULAS de controle. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABMqkAC/valvula-controle>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

MAITELLI, A. L. **Notas de aula da disciplina controladores lógicos programáveis**. Natal: DCA/UFRN, 2005.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. **Engenharia de automação industrial**. 2. ed. São Paulo: LTC, 2007.

PARKER HANNIFIN CORPORATION. **Tecnologia hidráulica industrial**. Brasil, 1999. Apostila M2001-1 BR.

ROSÁRIO, J. M. **Princípios de mecatrônica**. 1. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

SMITH, C. A.; CORRIPIO, A. B. **Principles and practice of automatic process control**. 2. ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1997. p. 211-217.