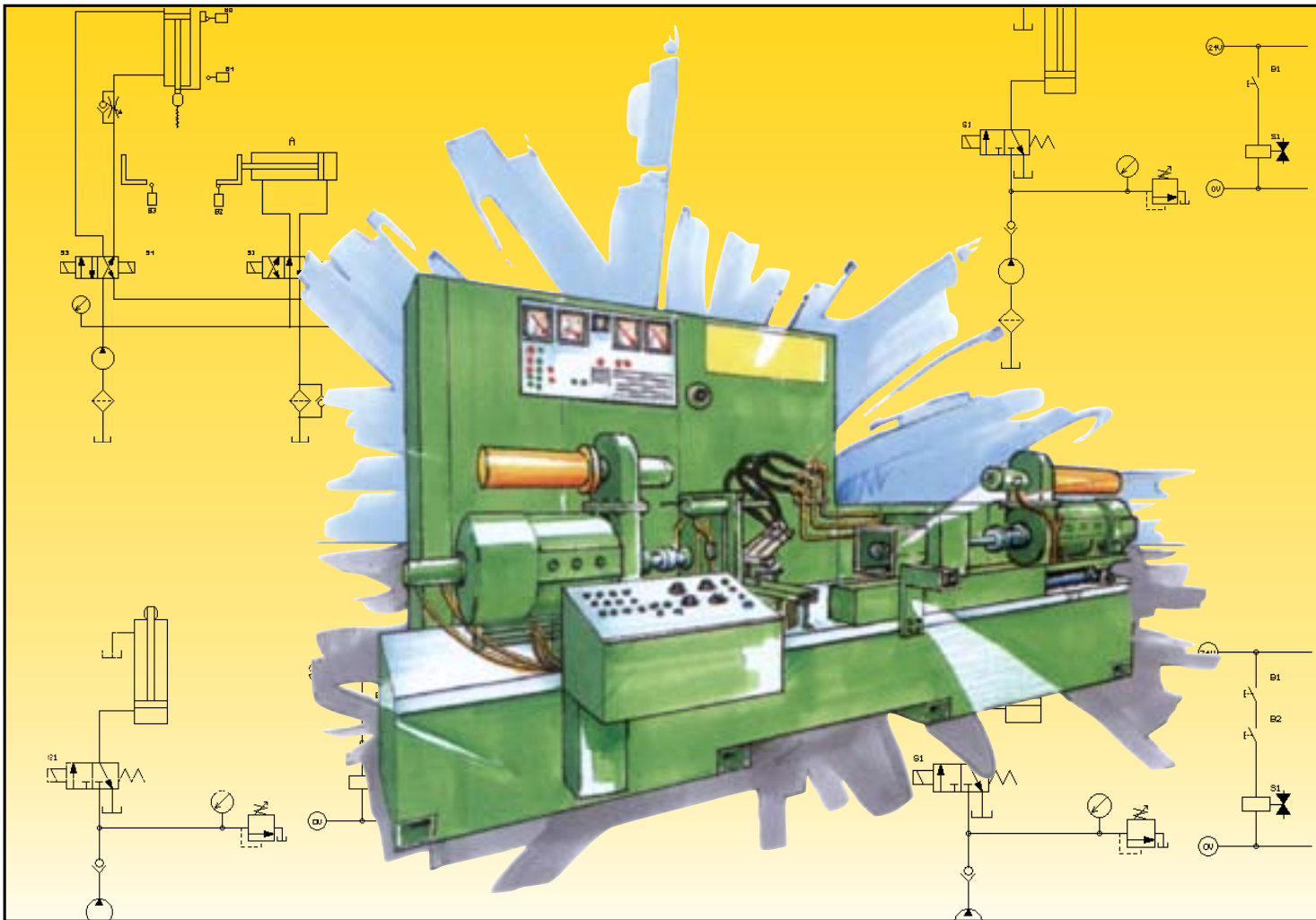


Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Apostila M1003-1 BR
Julho 2006





ISO 9001 : 2000

Certificate Number: 30759

Termo de Garantia

A Parker Hannifin Ind. e Com. Ltda, Divisão Automation, doravante denominada simplesmente Parker, garante os seus produtos pelo prazo de 12 (doze) meses, incluído o da garantia legal (primeiros 90 dias), contados a partir da data de seu faturamento, desde que instalados e utilizados corretamente, de acordo com as especificações contidas em catálogos ou manuais ou, ainda, nos desenhos aprovados pelo cliente quando tratar-se de produto desenvolvido em caráter especial para uma determinada aplicação.

Abrangência desta Garantia

A presente garantia contratual abrange apenas e tão somente o conserto ou substituição dos produtos defeituosos fornecidos pela Parker.

A Parker não garante seus produtos contra erros de projeto ou especificações executadas por terceiros.

A presente garantia não cobre nenhum custo relativo à desmontagem ou substituição de produtos que estejam soldados ou afixados de alguma forma em veículos, máquinas, equipamentos e sistemas.

Esta garantia não cobre danos causados por agentes externos de qualquer natureza, incluindo acidentes, falhas com energia elétrica, uso em desacordo com as especificações e instruções, uso indevido, negligência, modificações, reparos e erros de instalação ou testes.

Limitação desta Garantia

A responsabilidade da Parker em relação a esta garantia ou sob qualquer outra garantia expressa ou implícita, está limitada ao conserto ou substituição dos produtos, conforme acima mencionado.



ADVERTÊNCIA

**SELEÇÃO IMPRÓPRIA, FALHA OU USO IMPRÓPRIO DOS PRODUTOS
DESCRITOS NESTE CATÁLOGO PODEM CAUSAR MORTE,
DANOS PESSOAIS E/OU DANOS MATERIAIS.**

As informações contidas neste catálogo da Parker Hannifin Ind. e Com. Ltda. e seus Distribuidores Autorizados, fornecem opções de produtos para aplicações por usuários que tenham habilidade técnica. É importante que você analise os aspectos de sua aplicação, incluindo consequências de qualquer falha e revise as informações que dizem respeito ao produto contidos neste catálogo. Devido à variedade de condições de operações e aplicações para estes produtos, o usuário, através de sua própria análise e teste, é o único responsável para fazer a seleção final dos produtos e também para assegurar que o desempenho, a segurança da aplicação e os cuidados especiais requeridos sejam atingidos.

Os produtos aqui descritos com suas características, especificações e desempenhos são objetos de mudança pela Parker Hannifin Ind. e Com. Ltda., a qualquer hora, sem prévia notificação.

COPYRIGHT ©
by Parker Hannifin Corporation

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Apresentação

Parker Training



Para incentivar, ampliar e difundir as tecnologias de automação industrial da Parker Hannifin, numa gama tão ampla de aplicações, foi criada, na Parker Jacareí, a Parker Training.

Há mais de 26 anos treinando profissionais em empresas, escolas e universidades, a Parker Training vem oferecendo treinamento técnico especializado e desenvolvendo material didático diversificado e bem elaborado, com o intuito de facilitar a compreensão.

Com instrutores qualificados, esse projeto é pioneiro na área de treinamento em automação industrial no Brasil, e colaborou para a formação de mais de 25 mil pessoas, em aproximadamente 4 mil empresas, através de cursos e materiais reconhecidos pelo conteúdo técnico e qualidade de ensino.

Para alcançar tais números e continuar a atender seus clientes, de forma cada vez melhor, com uma parceria cada vez mais forte, os profissionais da Parker Training se dedicam a apresentar sempre novos conceitos em cursos e materiais didáticos.

São ministrados cursos abertos ou “in company” em todo o país, através de instrutores próprios ou de uma rede de franqueados, igualmente habilitada e com a mesma qualidade de treinamento. Os cursos oferecidos abrangem as áreas de Automação Pneumática/Eletropneumática, Manutenção de Equipamentos Pneumáticos/Hidráulicos, Técnicas de Comando Pneumático, Controladores Lógicos Programáveis e Hidráulica/Eletrohidráulica Industrial com controle proporcional.

São oferecidos também programas de treinamento especial com conteúdo e carga horária de acordo com as necessidades do cliente, empresa ou entidade de ensino.

Faz parte dos nossos cursos uma grande gama de materiais didáticos de apoio, que facilita e agiliza o trabalho do instrutor e do aluno: transparências, componentes em corte, símbolos magnéticos, apostilas e livros didáticos ligados às técnicas de automação, gabaritos para desenho de circuitos, fitas de vídeo, software de desenho e simulação de circuitos pneumáticos e hidráulicos, além de bancadas de treinamento para realização prática destes circuitos.

Índice

1. Introdução	4
2. Revisão Conceitos de Hidráulica.....	4
3. Unidade de Força Básica	7
4. Válvulas de Controle Direcional	13
5. Atuadores e Acumuladores Hidráulicos	17
6. Válvulas de Controle de Pressão	21
7. Válvulas de Retenção.....	24
8. Válvulas Controladoras de Vazão.....	25
9. Introdução à Eletricidade Básica.....	26
10. Alimentação Elétrica.....	28
11. Lei de Ohm.....	31
12. Medidas Elétricas.....	33
13. Elementos de Comutação e Proteção.....	35
14. Componentes dos Circuitos Elétricos	37
15. Solenóides.....	39
16. Relés	40
17. Segurança em Eletricidade	43
18. Circuitos Eletrohidráulicos Conceituais	44
19. Circuito Cascata ou Sequência Mínima	64
20. Circuito Passo a Passo ou Sequência Máxima.....	71

1. Introdução

Com a constante evolução tecnológica, tem-se no mercado a intensa necessidade de se desenvolverem técnicas de trabalho que possibilitem ao homem o aprimoramento nos processos produtivos e a busca da qualidade.

Para se buscar a otimização de sistemas nos processos industriais, faz-se o uso da junção dos meios de transmissão de energia, sendo estes:

- ▷ Mecânica
- ▷ Elétrica
- ▷ Eletrônica
- ▷ Pneumática
- ▷ Hidráulica

Experiências têm mostrado que a hidráulica vem se destacando e ganhando espaço como um meio de transmissão de energia nos mais variados segmentos do mercado, sendo a Hidráulica Industrial e Móbil as que apresentam um maior crescimento.

Porém, pode-se notar que a hidráulica está presente em todos os setores industriais. Amplas áreas de automatização foram possíveis com a introdução de sistemas hidráulicos para controle de movimentos.

Para um conhecimento detalhado e estudo da energia hidráulica vamos inicialmente entender o termo Hidráulica. O termo Hidráulica derivou-se da raiz grega Hidro, que tem o significado de água, por essa razão entendem-se por Hidráulica todas as leis e comportamentos relativos à água ou outro fluido, ou seja, Hidráulica é o estudo das características e uso dos fluidos sob pressão.

Através deste material será possível a revisão da Hidráulica básica. Esta apostila tem como objetivo apresentar informações básicas, conceitos e aplicações dos variados tipos de circuitos e aplicações dando ênfase de comandos elétricos aplicados na eletrohidráulica.

2. Revisão Conceitos de Hidráulica

Definição de Pressão

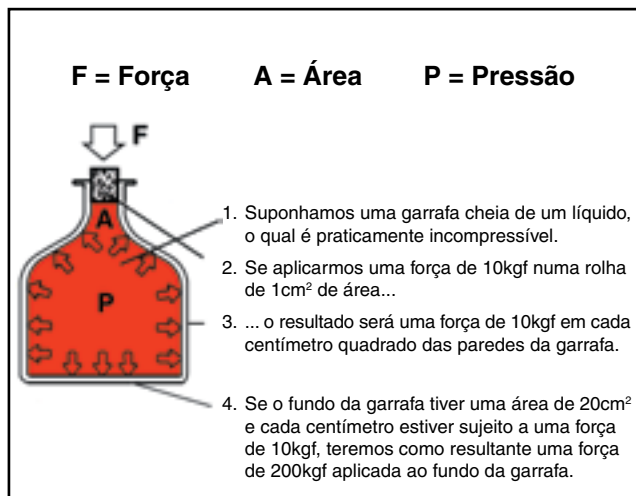
Pressão é a força exercida por unidade de superfície. Em hidráulica, a pressão é expressa em kgf/cm², atm ou bar.

A pressão também poderá ser expressa em psi (pound per square inch) que significa libra força por polegada quadrada, abrevia-se lbf/pol².

Lei de Pascal

A pressão exercida em um ponto qualquer de um líquido estático é a mesma em todas as direções e exerce forças iguais em áreas iguais.

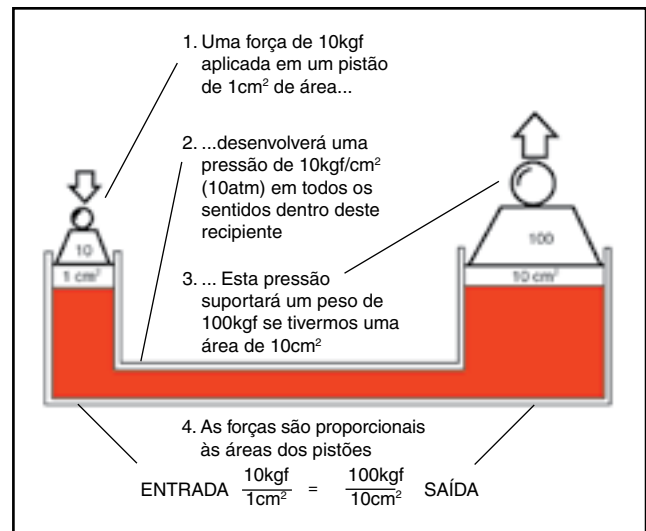
Vamos supor um recipiente cheio de um líquido, o qual é praticamente incompressível.



Quando aplicamos uma força de 10 kgf em uma área de 1 cm², obtemos como resultado uma pressão interna de 10 kgf/cm² agindo em toda a parede do recipiente com a mesma intensidade.

Este princípio, descoberto e enunciado por Pascal, levou à construção da primeira prensa hidráulica no princípio da Revolução Industrial. Quem desenvolveu a descoberta de Pascal foi o mecânico Joseph Bramah.

Princípio Prensa Hidráulica



Sabemos que:

$$P = \frac{F}{A}$$

Portanto:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{10 \text{ kgf}}{1 \text{ cm}^2} = 10 \text{ kgf/cm}^2$$

Temos que a pressão, agindo em todos os sentidos internamente na câmara da prensa, é de 10 Kgf/cm². Esta pressão suportará um peso de 100 Kgf se tivermos uma área A₂ de 10 cm², sendo:

$$F = P \times A$$

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Portanto:

$$F2 = P1 \times A2$$
$$F2 = 10 \text{ kgf/cm}^2 \times 10\text{cm}^2$$
$$F2 = 100 \text{ kgf}$$

Podemos considerar que as forças são proporcionais às áreas dos pistões.

Fatores de Conversão de Unidades de Pressão

1 atm	=	1,0333 kgf/cm ²
1 atm	=	1,0134 bar
1 atm	=	14,697 psi (lbf/pol ²)
1 atm	=	760 mmHg
1 kgf/cm ²	=	0,9677 atm
1 kgf/cm ²	=	0,9807 bar
1 kgf/cm ²	=	14,223 psi (lbf/pol ²)
1 kgf/cm ²	=	736 mmHg
1 bar	=	0,9867 atm
1 bar	=	1,0196 kgf/cm ²
1 bar	=	14,503 psi (lbf/pol ²)
1 bar	=	759 mmHg
1 psi	=	0,0680 atm
1 psi	=	0,0703 kgf/cm ²
1 psi	=	0,0689 bar
1 psi	=	51,719 mmHg

Equivalência entre Unidades de Pressão

$$1 \text{ atm} \approx 1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ bar} \approx 14,7 \text{ psi}$$

Podemos considerar:

$$1 \text{ bar} = 14,5 \text{ psi}$$

Conservação de Energia

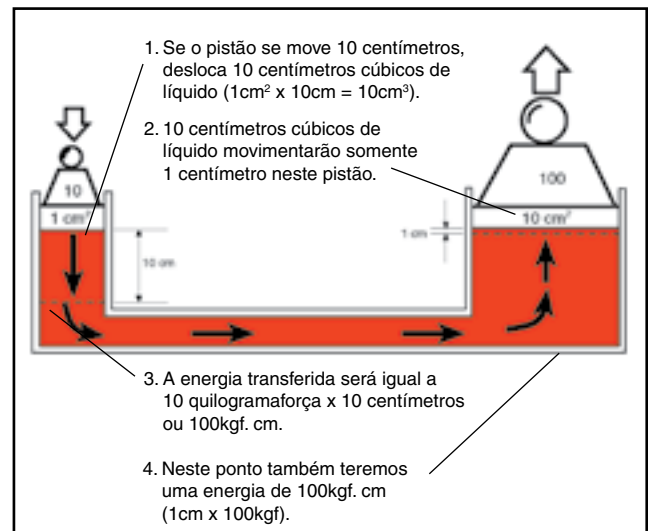
Relembrando um princípio enunciado por Lavoisier, onde ele menciona:

"Na natureza nada se cria e nada se perde, tudo se transforma."

Realmente não podemos criar uma nova energia e nem tão pouco destruí-la e sim transformá-la em novas formas de energia.

Quando desejamos realizar uma multiplicação de forças significa que teremos o pistão maior, movido pelo fluido deslocado pelo pistão menor, sendo que a distância de cada pistão seja inversamente proporcional às suas áreas.

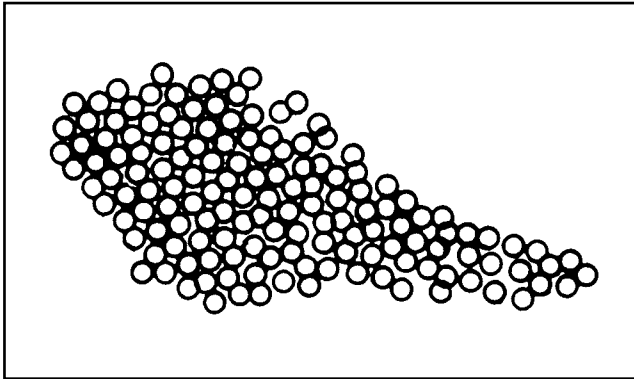
O que se ganha em relação à força tem que ser sacrificado em distância ou velocidade.



Quando o pistão de área = 1 cm^2 se move 10 cm desloca um volume de 10cm^3 para o pistão de área = 10 cm^2 . Conseqüentemente, o mesmo movimentará apenas 1 cm de curso.

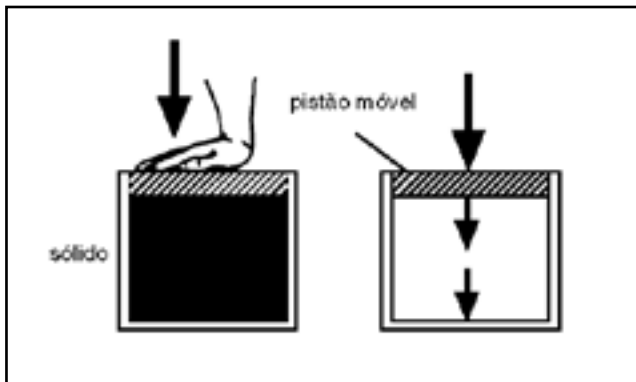
Líquidos

Líquido é uma substância constituída de moléculas. Ao contrário dos gases, nos líquidos as moléculas são atraídas umas às outras de forma compacta. Por outro lado, ao contrário dos sólidos, as moléculas não se atraem a ponto de adquirirem posições rígidas.



Força Transmitida através de um Sólido

A força através de um sólido é transmitida em uma direção. Se empurrarmos o sólido em uma direção, a força é transmitida ao lado oposto, diretamente.

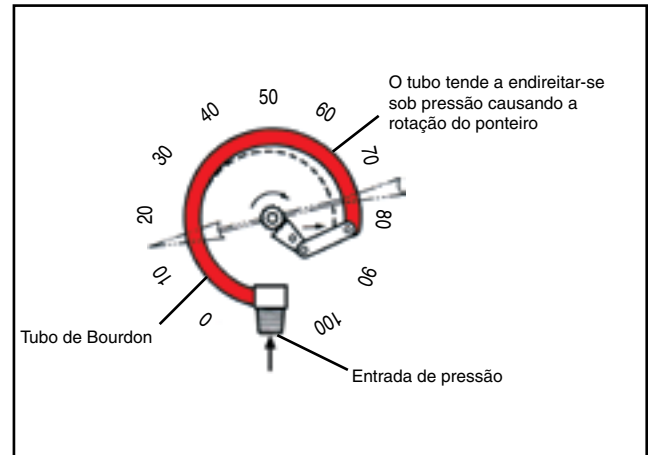


Manômetro

O manômetro é um aparelho que mede um diferencial de pressão. Dois tipos de manômetros são utilizados nos sistemas hidráulicos: o de Bourdon e o de núcleo móvel.

Manômetro de Bourdon

O tubo de Bourdon consiste de uma escala calibrada em unidades de pressão e de um ponteiro ligado, através de um mecanismo, a um tubo oval, em forma de "C". Esse tubo é ligado à pressão a ser medida.



Geração de Calor em um Sistema Hidráulico

A geração de calor em um sistema é causada pelo movimento de um líquido, relativamente há mudanças de direção, viscosidade e atrito. Para se descobrir como o calor é gerado, concentraremos o nosso estudo nas características do líquido.

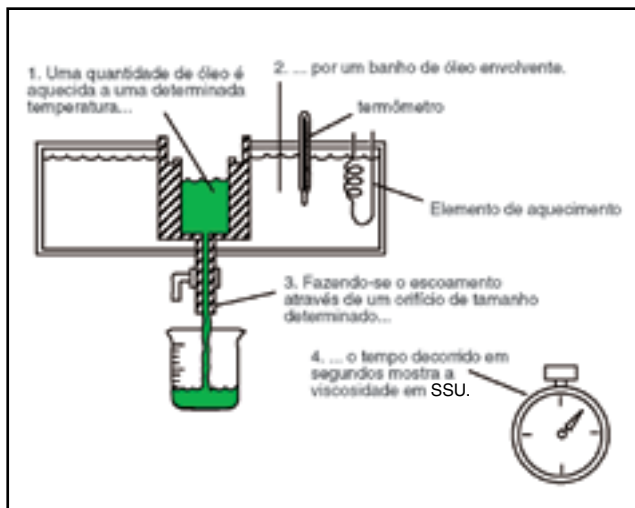
Viscosidade

A viscosidade é a medida de resistência ao fluxo das moléculas de um líquido quando elas deslizam umas sobre as outras. É uma espécie de atrito interno. Um exemplo de líquido com alta viscosidade é o mel ou melado. A água é um líquido de baixa viscosidade.

SSU

Segundo Saybolt Universal

Uma das medidas de viscosidade dos fluidos é o SSU - abreviatura de Segundo Saybolt Universal. O professor Saybolt aqueceu um líquido com volume predeterminado a uma dada temperatura e fez o líquido passar por uma abertura de tamanho também especificado. Ele cronometrou o fluxo (em segundos), até que o líquido enchesse um recipiente com capacidade de 60 mililitros. O resultado foi a medição da viscosidade em SSU.



3. Unidade de Força Básica

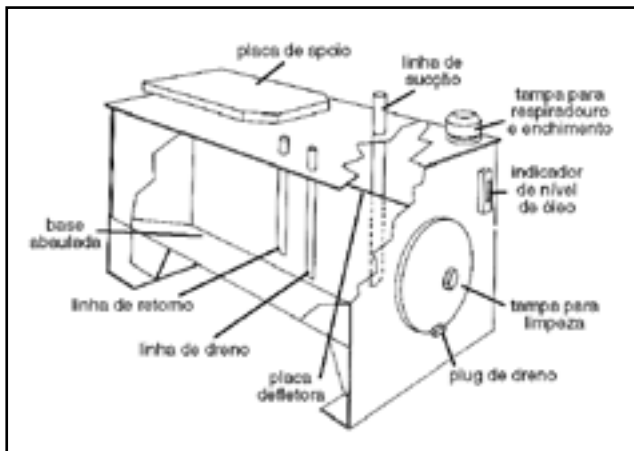
Reservatórios Hidráulicos

A função óbvia de um reservatório hidráulico é conter ou armazenar o fluido hidráulico de um sistema.



Do que consiste um Reservatório Hidráulico

Os reservatórios hidráulicos consistem de quatro paredes (geralmente de aço); uma base abaulada; um topo plano com uma placa de apoio, quatro pés; linhas de sucção, retorno e drenos; plugue do dreno; indicador de nível de óleo; tampa para respiradouro e enchimento; tampa para limpeza e placa defletora (Chicana).



Filtros Hidráulicos



quantidade de contaminantes. A necessidade do filtro, no entanto, não é reconhecida na maioria das vezes, pois o acréscimo deste componente particular não aumenta, de forma aparente, a ação da máquina. Mas o pessoal experiente de manutenção concorda que a grande maioria dos casos de mau funcionamento de componentes e sistemas é causada por contaminação. As partículas de sujeira podem fazer com que máquinas caras e grandes falhem.

A Contaminação Interfere nos Fluidos Hidráulicos

A contaminação causa problemas nos sistemas hidráulicos porque interfere no fluido, que tem quatro funções.

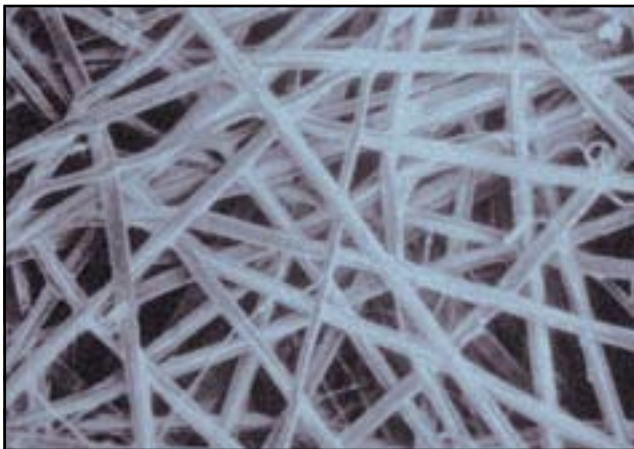
1. Transmitir energia.
2. Lubrificar peças internas que estão em movimento.
3. Transferir calor.
4. Vedar folgas entre peças em movimento.

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

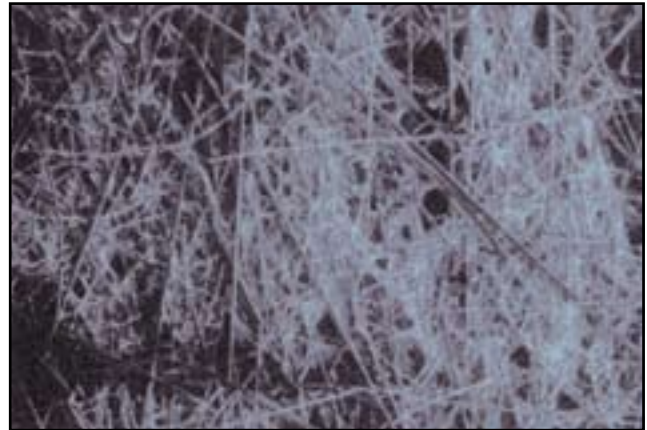
Elementos de Filtro de Profundidade

Os elementos do filtro de profundidade forçam o fluido a passar através de uma espessura apreciável de várias camadas de material. A contaminação é retida por causa do entrelaçamento das fibras e a consequente trajetória irregular que o fluido deve tomar.

Os papéis tratados e os materiais sintéticos são usados comumente como materiais porosos de elementos de filtro de profundidade.



Construção típica da fibra de vidro grossa (100x)

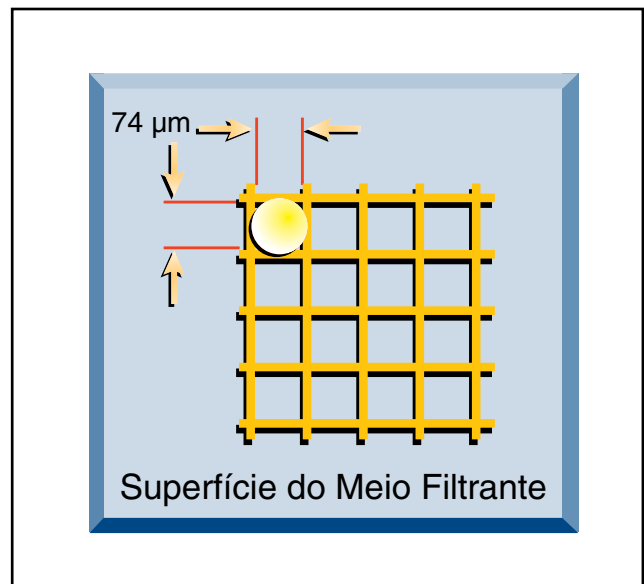


Construção típica da fibra de vidro fina (100x)

Elementos do Tipo de Superfície

Num filtro do tipo de superfície, um fluxo de fluido tem uma trajetória direta de fluxo através de uma camada de material. A sujeira é retida na superfície do elemento que está voltada para o fluxo.

Telas de arame ou metal perfurado são tipos comuns de materiais usados como elemento de filtro de superfície.



Comparação Geral de Meio Filtrante					
Material Meio Filtrante	Eficiência de Captura	Cap. de Retenção	Pressão Diferencial	Vida no Sistema	Custo Geral
Fibra de Vidro	Alta	Alta	Moderada	Alta	Moderada para alta
Celulose (papel)	Moderada	Moderada	Alta	Moderada	Baixa
Tela	Baixa	Baixa	Baixa	Moderada	Moderada para alta

Tipo de Filtragem pela Posição no Sistema

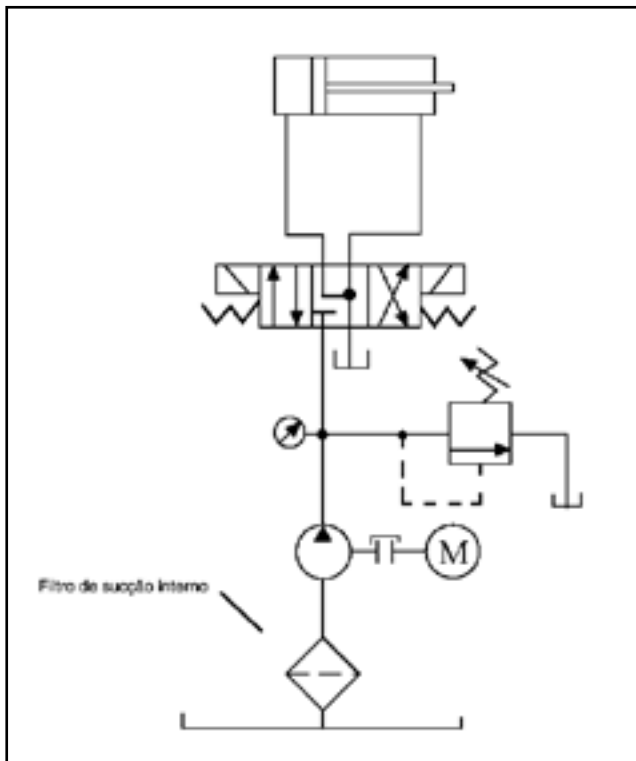
O filtro é a proteção para o componente hidráulico. Seria ideal que cada componente do sistema fosse equipado com o seu próprio filtro, mas isso não é economicamente prático na maioria dos casos. Para se obterem melhores resultados, a prática usual é colocar filtros em pontos estratégicos do sistema.

Filtros de Sucção

Existem 2 tipos de filtro de sucção:

Filtro de Sucção Interno:

São os mais simples e mais utilizados. Têm a forma cilíndrica com tela metálica com malha de 74 a 150 microns, não possuem carcaça e são instalados dentro do reservatório, abaixo, no nível do fluido. Apesar de serem chamados de filtro, impedem apenas a passagem de grandes partículas (na língua inglesa são chamados de “strainer”, que significa peneira).



Vantagens:

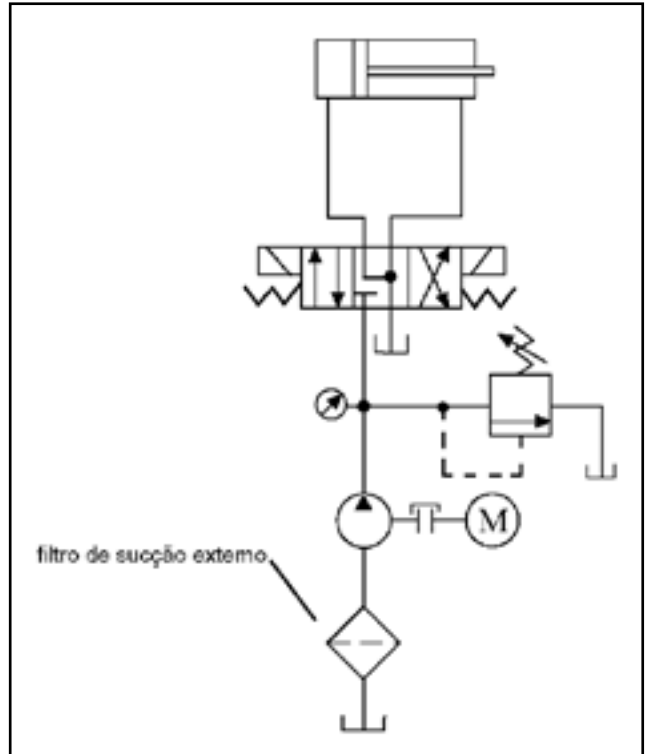
1. Protegem a bomba da contaminação do reservatório.
2. Por não terem carcaça são filtros baratos.

Desvantagens:

1. São de difícil manutenção, especialmente se o fluido está quente.
2. Não possuem indicador.
3. Podem bloquear o fluxo de fluido e prejudicar a bomba se não estiverem dimensionados corretamente, ou se não conservados adequadamente.
4. Não protegem os elementos do sistema das partículas geradas pela bomba.

Filtro de Sucção Externo

Pelo fato de possuírem carcaça estes filtros são instalados diretamente na linha de sucção fora do reservatório. Existem modelos que são instalados no topo ou na lateral dos reservatórios. Estes filtros possuem malha de filtragem de 3 a 238 microns.



Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

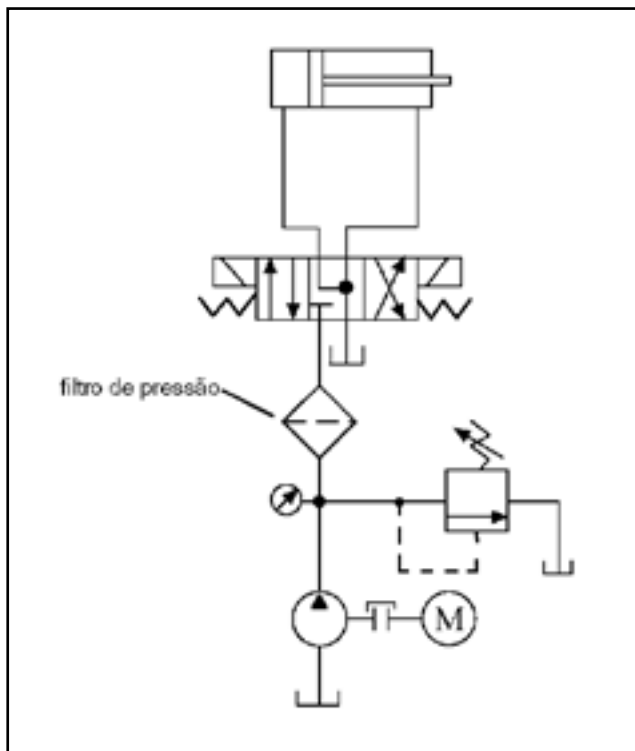
Vantagens:

1. Protegem a bomba da contaminação do reservatório.
2. Indicador mostra quando o elemento está sujo.
3. Podem ser trocados sem a desmontagem da linha de sucção do reservatório.

Desvantagens:

1. Podem bloquear o fluxo de fluido e prejudicar a bomba se não estiverem dimensionados corretamente, ou se não conservados adequadamente.
2. Não protegem os elementos do sistema das partículas geradas pela bomba.

Filtro de Pressão



Um filtro de pressão é posicionado no circuito, entre a bomba e um componente do sistema.

A malha de filtragem dos filtros de pressão é de 3 a 40 microns.

Um filtro de pressão pode também ser posicionado entre os componentes do sistema.

Vantagens:

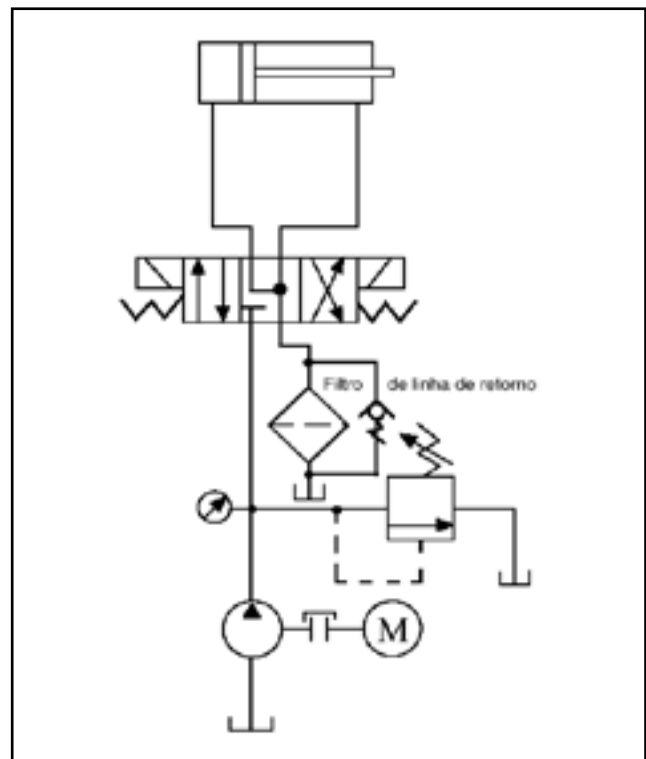
1. Filtram partículas muito finas visto que a pressão do sistema pode impulsionar o fluido através do elemento.
2. Pode proteger um componente específico contra o perigo de contaminação por partículas.

Desvantagens:

1. A carcaça de um filtro de pressão deve ser projetada para alta pressão.
2. São caros porque devem ser reforçados para suportar altas pressões, choques hidráulicos e diferencial de pressão.

Filtro de Linha de Retorno

Está posicionado no circuito próximo do reservatório. A dimensão habitualmente encontrada nos filtros de retorno é de 5 a 40 microns.



Vantagens:

1. Retém contaminação no sistema antes que ela entre no reservatório.
2. A carcaça do filtro não opera sob pressão plena de sistema, por esta razão é mais barata do que um filtro de pressão.
3. O fluido pode ter filtragem fina, visto que a pressão do sistema pode impulsionar o fluido através do elemento.

Desvantagens:

1. Não há proteção direta para os componentes do circuito.
2. Em filtros de retorno, de fluxo pleno, o fluxo que surge da descarga dos cilindros, dos atuadores e dos acumuladores pode ser considerado quando dimensionado.
3. Alguns componentes do sistema podem ser afetados pela contrapressão gerada por um filtro de retorno.

Bocal de Enchimento ou Respiro

Consiste em um bocal com tampa e um filtro tipo tela por onde se completa o nível de óleo no reservatório.

Visor de Nível e Temperatura

Através do visor de nível e temperatura é possível o monitoramento das condições de nível e temperatura do óleo no reservatório, o visor possui um indicador de nível mínimo e máximo que deve ser observado.

Método de Análise de Fluido

- ▷ Teste de Membrana
- ▷ Contador de Partículas Portátil
- ▷ Análise de Laboratório

A análise do fluido é a parte essencial de qualquer programa de manutenção. A análise do fluido assegura que o fluido está conforme as especificações do fabricante, verifica a composição do fluido e determina seu nível de contaminação geral.

Teste de Membrana



O Teste de Membrana não é nada mais que uma análise visual de uma amostra do fluido. Normalmente compõe-se da tomada de uma amostra do fluido e de sua passagem por um meio filtrante de membrana. A membrana é então analisada por microscópio para cor e conteúdo e comparada aos padrões ISO. Usando esta comparação, o usuário pode ter uma estimativa "passa, não-passa" do nível de pureza do sistema.

Um outro uso do teste de membrana menos comum seria a contagem das partículas vistas através do microscópio. Estes números seriam então extrapolados para um nível de pureza ISO.

A margem de erro para ambos os métodos é realmente alta devido ao fator humano.

Contador de Partículas Portátil



O mais promissor desenvolvimento na análise de fluidos é o contador de partículas a laser portátil. Os contadores de partículas a laser são comparáveis a unidades laboratoriais completas na contagem de partículas menores que a faixa de micronagem 2+. Reforços para esta recente tecnologia incluem: precisão, repetição, portabilidade e agilidade. Um teste geralmente leva menos que um minuto.

Os contadores de partículas a laser fornecerão somente contagens de partículas e classificações do nível de pureza. Testes de conteúdo de água, viscosidade e análise espectrométrica poderão requerer uma análise laboratorial completa.

Análise Laboratorial

A análise laboratorial é uma visão completa de uma amostra de fluido. A maioria dos laboratórios qualificados oferecerá os seguintes testes e características como um pacote:

- ▷ Viscosidade
- ▷ Número de neutralização
- ▷ Conteúdo de água
- ▷ Contagem de partículas
- ▷ Análise espectrométrica (desgaste dos metais e análises suplementares reportadas em partes por milhões, ou ppm)
- ▷ Gráficos de tendência
- ▷ Foto micrográfica
- ▷ Recomendações

Ao tomar-se uma amostra de fluido de um sistema, deve-se tomar cuidado para que a amostra seja realmente um representativo do sistema. Para isto, o recipiente para o fluido deve ser limpo antes de tomar a amostra e o fluido deve ser corretamente extraído do sistema.

Há uma norma da National Fluid Power Association (NFPA) para a extração de amostras de fluidos de um reservatório de um sistema de fluido hidráulico operante (NFPAT2.9.1-1972). Há também o método da American National Standard (ANSI B93.13-1972) para a extração de amostras de fluidos hidráulicos para análise de partículas contaminantes. Ambos os métodos de extração são recomendados.

Em qualquer caso, a amostra de um fluido representativo é a meta. As válvulas para retirada de amostra devem ser abertas e descarregadas por no mínimo 15 segundos. O recipiente da amostra deve ser mantido por perto até que o fluido e a válvula estejam prontos para a amostragem. O sistema deve estar a uma temperatura operacional por no mínimo 30 minutos antes que a amostra seja retirada.

Procedimento para Amostragem

Para obter-se uma amostra de fluido para contagem de partículas e/ou análise envolvem-se passos importantes para assegurar que você está realmente retirando uma amostra representativa. Normalmente, procedimentos de amostragem errôneos irão disfarçar os níveis reais de limpeza do sistema. Use um dos seguintes métodos para obter uma amostra representativa do sistema.

Para sistemas com uma válvula de amostragem

- A. Opere o sistema pelo menos por meia hora.
- B. Com o sistema em operação, abra a válvula de amostragem permitindo que 200ml a 500ml do fluido escapem pela conexão de amostragem (o tipo da válvula deverá prover um fluxo turbulento através da conexão de amostragem).
- C. Usando um recipiente com bocal amplo e pré-limpo, remova a tampa e coloque-o no fluxo do fluido da válvula de amostragem.
NÃO lave o recipiente com a amostra inicial. Não encha o recipiente com mais de 25 mm da borda.
- D. Feche o recipiente imediatamente.
Depois, feche a válvula da amostragem (coloque outro recipiente para reter o fluido enquanto remove-se a garrafa do fluxo da amostra).
- E. Etiquete o recipiente com a amostra com os dados: data, número da máquina, fornecedor do fluido, código do fluido, tipo de fluido e tempo decorrido desde a última amostragem (se houver).

Sistema sem válvula de amostragem

Há dois locais para obter-se amostra do sistema sem uma válvula de amostragem: no tanque e na linha. O procedimento é o seguinte:

A. Amostras no Tanque

1. Opere o sistema por meia hora, no mínimo.
2. Use recipiente com bombeamento manual ou "seringa" para extrair a amostra. Insira o dispositivo de amostragem no tanque na metade da altura do fluido. Provavelmente você terá que pesar o tubo de amostras. Seu objetivo é obter uma amostra do meio do tanque. Evite o topo ou o fundo do tanque. Não deixe que a seringa ou o tubo entrem em contato com as laterais do tanque.
3. Coloque o fluido extraído no recipiente apropriado, conforme descrito no método de válvula de amostragem acima.
4. Feche imediatamente.
5. Etiquete com as informações descritas no método de válvula de amostragem.

B. Amostra da Linha

1. Opere o sistema por meia hora, no mínimo.
2. Coloque uma válvula adequada no sistema onde um fluxo turbulento possa ser obtido (de preferência uma válvula de esfera). Se não tiver tal válvula, coloque uma conexão que possa ser facilmente aberta para providenciar um fluxo turbulento (tee ou cotovelo).
3. Limpe a válvula ou a ponta da conexão com um solvente filtrado. Abra a válvula ou a conexão e deixe vaziar adequadamente (cuidado com este passo. Direcione a amostra de volta ao tanque ou para um recipiente largo. Não é necessário desfazer-se deste fluido).
4. Posicione um recipiente de amostra aprovado debaixo da corrente de fluxo para os métodos de válvula acima.
5. Feche o recipiente imediatamente.
6. Etiquete com informações importantes conforme o método por válvula de amostragem.
Nota: Selecione uma válvula ou conexão onde a pressão for limitada a 200 psig (14 bar) ou menos.

Com referência ao método a ser usado, observe as regras comuns. Qualquer equipamento que for usado para o procedimento de amostragem do fluido deve ser lavado e enxaguado com um solvente filtrado. Isto inclui bombas a vácuo, seringas e tubos. Seu objetivo é contar somente as partículas que já estão no sistema. Recipientes contaminados e amostras não representativas levarão a conclusões errôneas e custarão mais no decorrer do tempo.

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Bombas Hidráulicas

As bombas hidráulicas convertem a energia mecânica transmitida pelo acionador principal (motor elétrico, motor de combustão interna), em energia de trabalho hidráulico.

A ação de bombeamento é a mesma para cada bomba. Todas as bombas geram um volume crescente no lado da pressão.

Entretanto, os elementos que desempenham a ação de bombeamento não são os mesmos em todas as bombas.

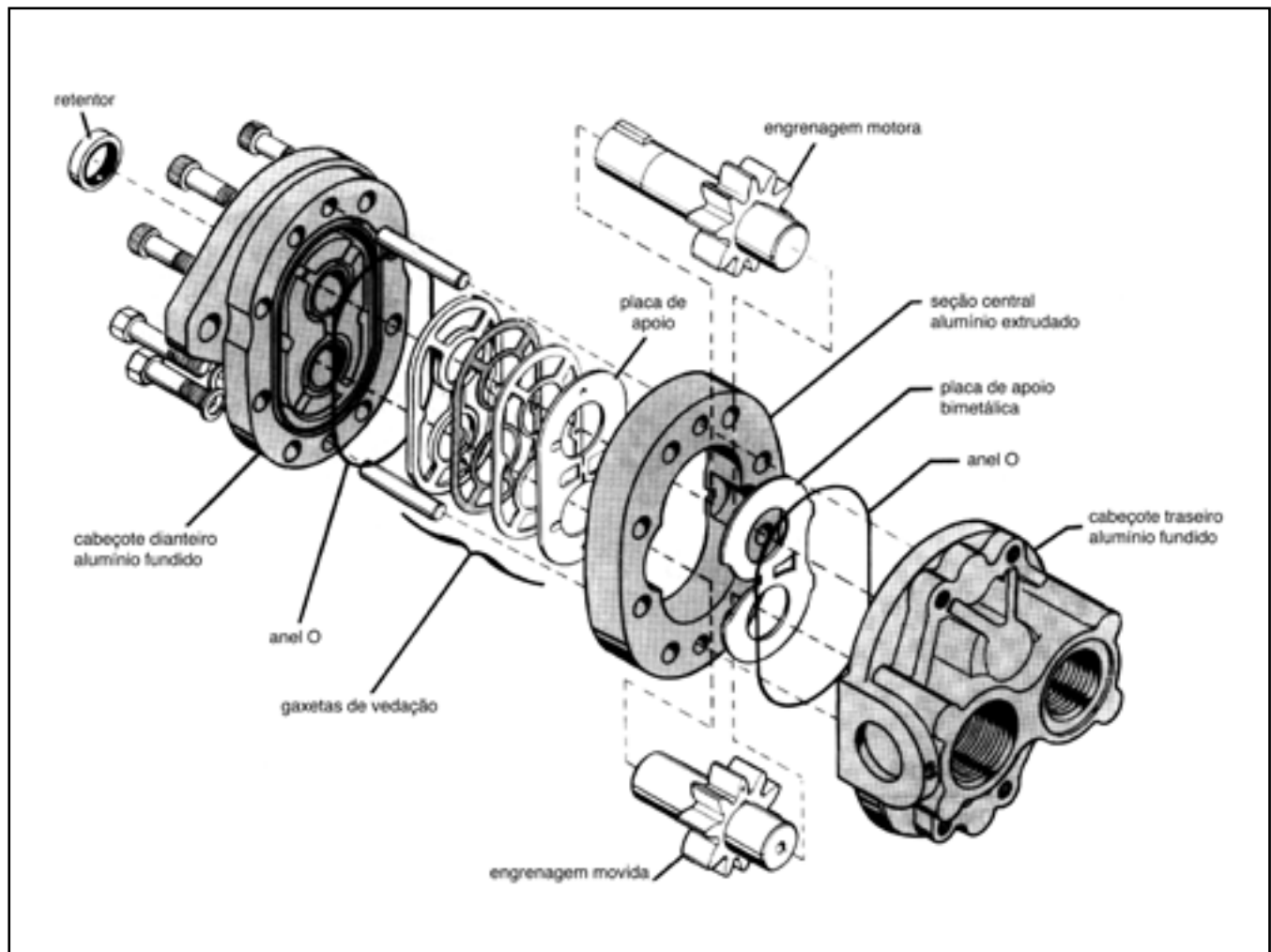
O tipo de bomba usada em um sistema hidráulico industrial é uma bomba de deslocamento positivo.

Há muitos tipos de bomba de deslocamento positivo. Por esta razão, precisamos ser seletivos e nos concentrar nas mais comuns. Essas são as bombas de engrenagem, de palheta e de pistão.

Bombas de Engrenagem



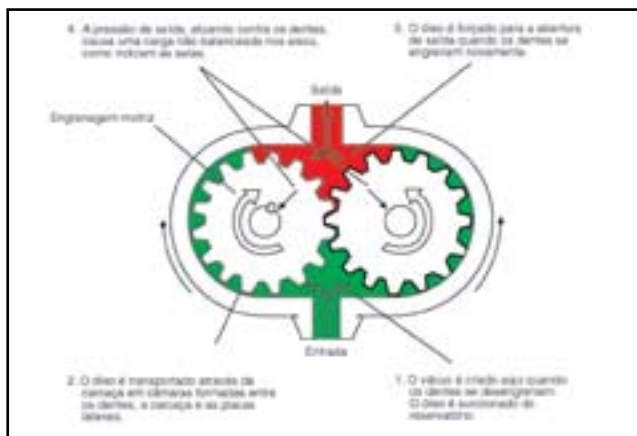
A bomba de engrenagem consiste basicamente de uma carcaça com orifícios de entrada e de saída, e de um mecanismo de bombeamento composto de duas engrenagens. Uma das engrenagens, a engrenagem motora, é ligada a um eixo que é conectado a um elemento acionador principal. A outra engrenagem é a engrenagem movida.



Como funciona uma Bomba de Engrenagem

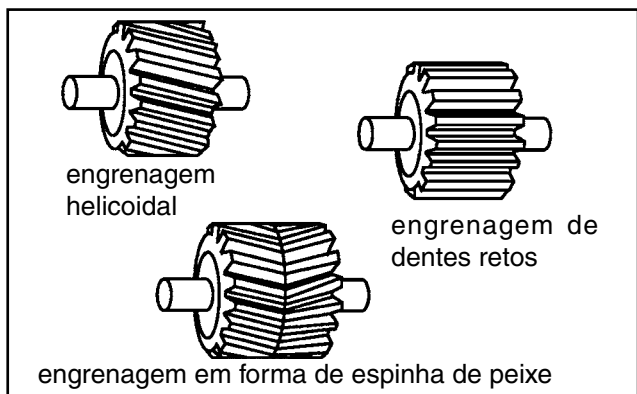
No lado da entrada, os dentes das engrenagens desenengrenam, o fluido entra na bomba, sendo conduzido pelo espaço existente entre os dentes e a carcaça, para o lado da saída onde os dentes das engrenagens engrenam e forçam o fluido para fora do sistema.

Uma vedação positiva neste tipo de bomba é realizada entre os dentes e a carcaça, e entre os próprios dentes de engrenamento. As bombas de engrenagem têm geralmente um projeto não compensado.



Bomba de Engrenagem Externa

A bomba de engrenagem que foi descrita acima é uma bomba de engrenagem externa, isto é, ambas as engrenagens têm dentes em suas circunferências externas. Estas bombas são às vezes chamadas de bombas de dentes-sobre-dentes. Há basicamente três tipos de engrenagens usadas em bombas de engrenagem externa; as de engrenagens de dentes retos, as helicoidais e as que têm forma de espinha de peixe. Visto que as bombas de engrenagem de dentes retos são as mais fáceis de fabricar, este tipo de bomba é o mais comum.



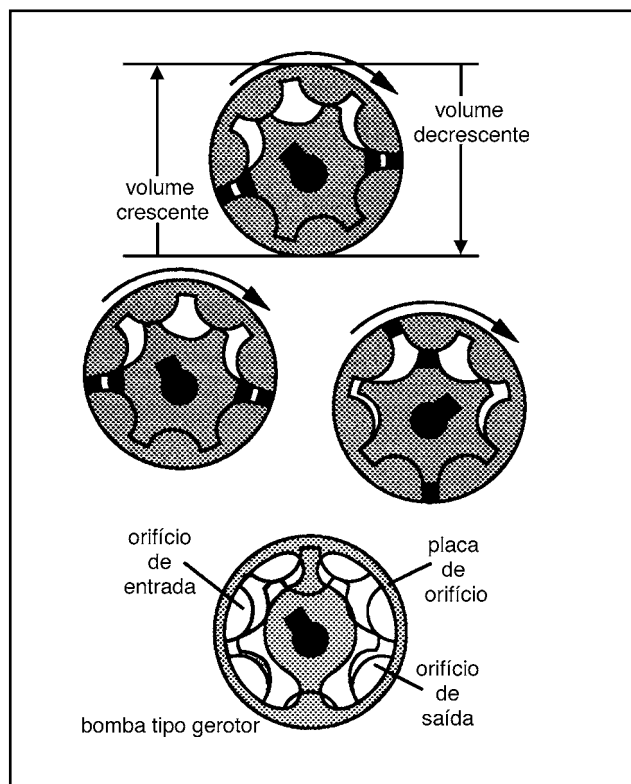
Bomba de Engrenagem Interna

Uma bomba de engrenagem interna consiste de uma engrenagem externa cujos dentes se engrenam na circunferência interna de uma engrenagem maior. O tipo mais comum de bomba de engrenagem interna nos sistemas industriais é a bomba tipo gerotor.

Bomba Tipo Gerotor

A bomba tipo gerotor é uma bomba de engrenagem interna com uma engrenagem motora interna e uma engrenagem movida externa. A engrenagem interna tem um dente a menos do que a engrenagem externa. Enquanto a engrenagem interna é movida por um elemento acionado, ela movimenta a engrenagem externa maior. De um lado do mecanismo de bombeamento forma-se um volume crescente, enquanto os dentes da engrenagem desenengram. Do outro lado da bomba é formado um volume decrescente. Uma bomba tipo gerotor tem um projeto não compensado.

O fluido que entra no mecanismo de bombeamento é separado do fluido de descarga por meio de uma placa de abertura. Enquanto o fluido é impelido da entrada para a saída, uma vedação positiva é mantida, conforme os dentes da engrenagem interna seguem o contorno do topo das cristas e vales da engrenagem externa.



Bombas de Palheta

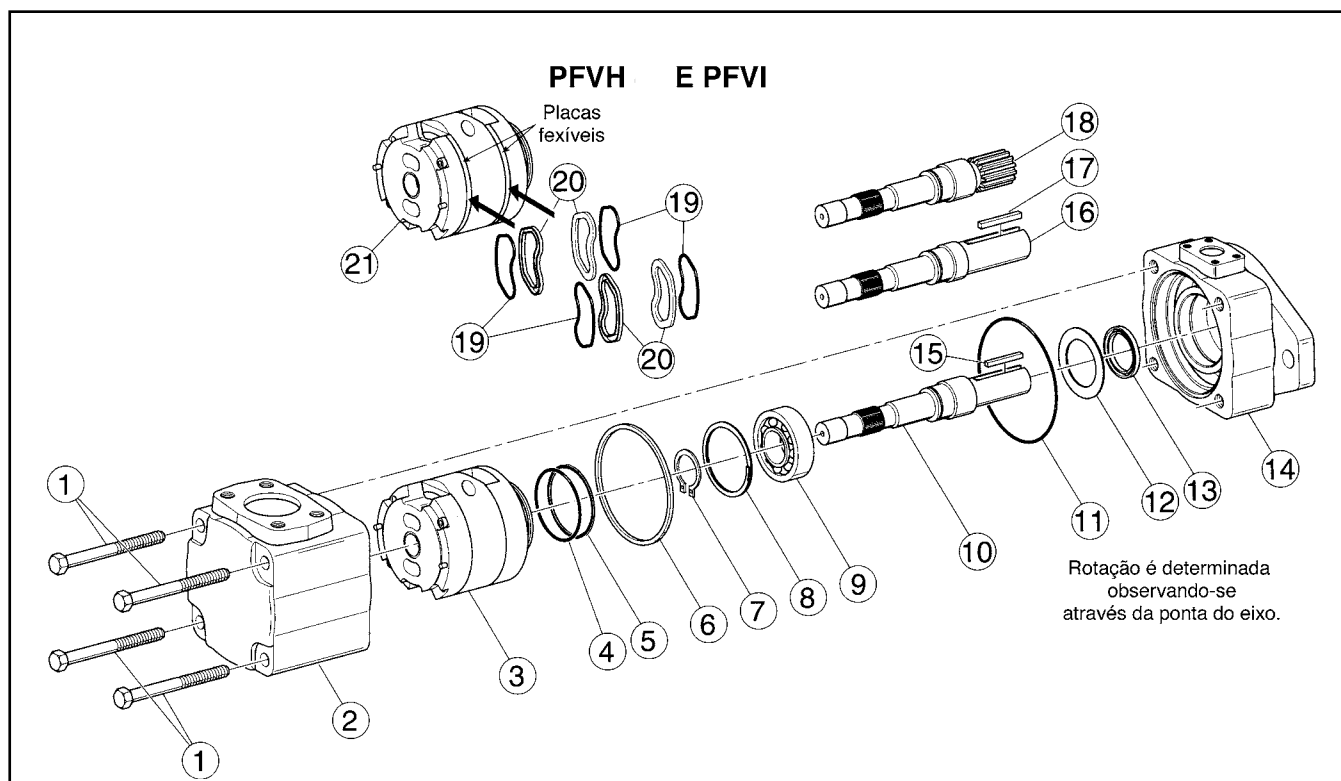


As bombas de palheta produzem uma ação de bombeamento fazendo com que as palhetas acompanhem o contorno de um anel ou carcaça. O mecanismo de bombeamento de uma bomba de palheta consiste de: rotor, palhetas, anel e uma placa de orifício com aberturas de entrada e saída.

Montagem de Conjunto da Bomba

O mecanismo de bombeamento das bombas de palheta industriais é geralmente uma unidade integral a que se dá o nome de montagem de conjunto da bomba. O conjunto montado consiste de palhetas, rotor e um anel elíptico colocado entre as duas placas de orifício (observe que as placas de entrada da montagem do conjunto são algo diferente em seu projeto das placas de entrada previamente ilustradas).

Uma das vantagens de se usar um conjunto montado é a de fácil manutenção da bomba. Depois de um certo tempo, quando as peças da bomba naturalmente se gastam, o mecanismo de bombeamento pode ser facilmente removido e substituído por uma nova montagem. Também, se por alguma razão o volume da bomba precisar ser aumentado ou diminuído, um conjunto de bombas com as mesmas dimensões externas, mas com volume adequado, pode rapidamente substituir o mecanismo de bombeamento original.



Item N°	Peça N°	Descrição
1	404206	Parafuso Cabeça Sextavada
2	402070	Tampa Traseira
3	Kit Conjunto Rotativo Industrial - Anti-Horário (cód.)	
	CK45PFVI42L	Deslocamento 132 cm³/rev (8.1 in³) (42)
	CK45PFVI45L	Deslocamento 142 cm³/rev (8.7 in³) (45)
	CK45PFVI50L	Deslocamento 158 cm³/rev (9.6 in³) (50)
	CK45PFVI60L	Deslocamento 189 cm³/rev (11.6 in³) (60)
	Kit Conjunto Rotativo Industrial - Horário (cód.)	
	CK45PFVI42	Deslocamento 132 cm³/rev (8.1 in³) (42)
	CK45PFVI45	Deslocamento 142 cm³/rev (8.7 in³) (45)
	CK45PFVI50	Deslocamento 158 cm³/rev (9.6 in³) (50)
	CK45PFVI60	Deslocamento 189 cm³/rev (11.6 in³) (60)
4	—	Anel O *
5	—	Anel de Encosto *
6	—	Anel Selo *
7	56x221	Anel Elástico
8	404073	Anel Espiral
9	404071	Rolamento
10	404060	(Eixo Código A) 1.25" Dia. Chavetado
11	—	Anel O - Corpo Dianteiro *
12	404072	Arruela
13	—	Vedação do Eixo *

Item N°	Peça N°	Descrição
14	402030	Corpo Dianteiro
15	22x30	Chaveta para (Eixo Código A) 1.25" Dia. Chavetado
16	404061	(Eixo Código C) 1.5" Dia. Chavetado
17	22x48	Chaveta para (Eixo Código C)
18	404062	(Eixo Código B) 14 Dentes Estriados
19	—	Somente para Kit de Vedação Mobil †
20	—	Somente para Kit de Vedação Mobil †
21	Kit Conjunto Rotativo Mobil - Anti-Horário (cód.)	
	CK45PFVH42L	Deslocamento 138 cm³/rev (8.5 in³) (42)
	CK45PFVH45L	Deslocamento 154 cm³/rev (9.4 in³) (47)
	CK45PFVH50L	Deslocamento 162 cm³/rev (9.9 in³) (50)
	CK45PFVH57L	Deslocamento 183 cm³/rev (11.2 in³) (57)
	CK45PFVH60L	Deslocamento 193 cm³/rev (11.6 in³) (60)
	Kit Conjunto Rotativo Mobil - Horário (cód.)	
	CK45PFVH42	Deslocamento 138 cm³/rev (8.5 in³) (42)
	CK45PFVH45	Deslocamento 154 cm³/rev (9.4 in³) (47)
	CK45PFVH50	Deslocamento 162 cm³/rev (9.9 in³) (50)
	CK45PFVH57	Deslocamento 183 cm³/rev (11.2 in³) (57)
	CK45PFVH60	Deslocamento 193 cm³/rev (11.6 in³) (60)

* Itens 4,5,6,11 e 13 contidos dentro de SK45PFVI, Para Fluorcarbono número de ordem da peça: VSK45PFVI.
 † Itens 4,5,6,11,13,19 e 20 contidos dentro de SK45PFVH, Para Fluorcarbono número de ordem da peça: VSK45 PFVH.

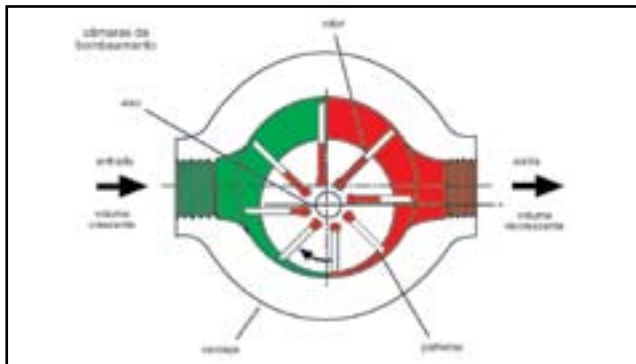
Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Como trabalha uma Bomba de Palheta

O rotor de uma bomba de palheta suporta as palhetas e é ligado a um eixo que é conectado a um acionador principal. À medida que o rotor é girado, as palhetas são “expulsas” por inércia e acompanham o contorno do cilindro (o anel não gira). Quando as palhetas fazem contato com o anel, é formada uma vedação positiva entre o topo da palheta e o anel.

O rotor é posicionado fora do centro do anel. Quando o rotor é girado, um volume crescente e decrescente é formado dentro do anel. Não havendo abertura no anel, uma placa de entrada é usada para separar o fluido que entra do fluido que sai. A placa de entrada se encaixa sobre o anel, o rotor e as palhetas. A abertura de entrada da placa de orifício está localizada onde o volume crescente é formado. O orifício de saída da placa de orifício está localizado onde o volume decrescente é gerado.

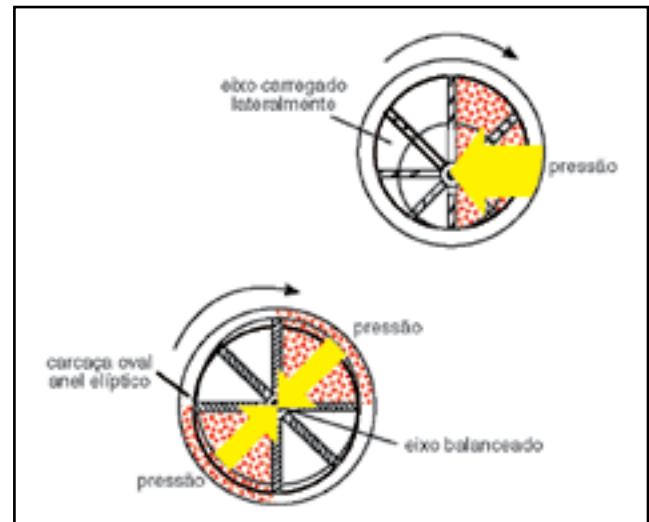
Todo o fluido entra e sai do mecanismo de bombeamento através da placa de orifício (as aberturas de entrada e de saída na placa de orifício são conectadas respectivamente às aberturas de entrada e de saída na carcaça das bombas).



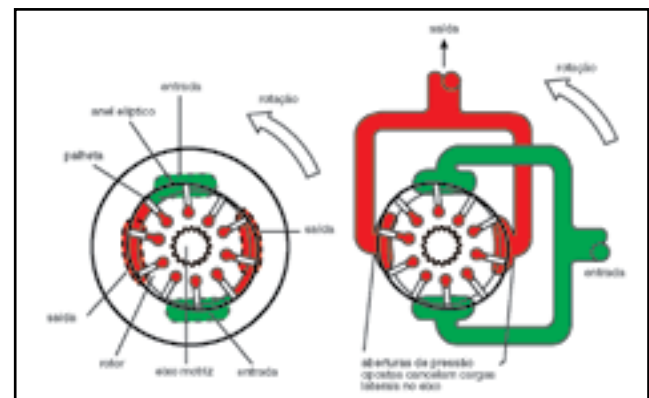
Projeto de Bombas de Palheta Balanceada



Numa bomba, duas pressões muito diferentes estão envolvidas: a pressão de trabalho do sistema e a pressão atmosférica. Na bomba de palheta que foi descrita, uma das metades do mecanismo de bombeamento está a uma pressão menor do que a atmosférica. A outra metade está sujeita à pressão total do sistema. Isso resulta numa carga oposta do eixo, que pode ser séria quando são encontradas altas pressões no sistema. Para compensar esta condição, o anel é mudado de circular para anel em formato de elipse. Com este arranjo, os dois quadrantes de pressão opõem-se um ao outro e as forças que atuam no eixo são balanceadas. A carga lateral do eixo é eliminada.



Consequentemente, uma bomba de palheta balanceada consiste de um anel de forma elíptica, um rotor, palhetas e uma placa de orifício com aberturas de entrada e de saída opostas umas às outras (ambas as aberturas de entrada estão conectadas juntas, como estão as aberturas de saída, de forma que cada uma possa ser servida por uma abertura de entrada ou uma abertura de saída na carcaça da bomba). As bombas de palheta de deslocamento positivo e de volume constante, usadas em sistemas industriais, são geralmente de projeto balanceado.

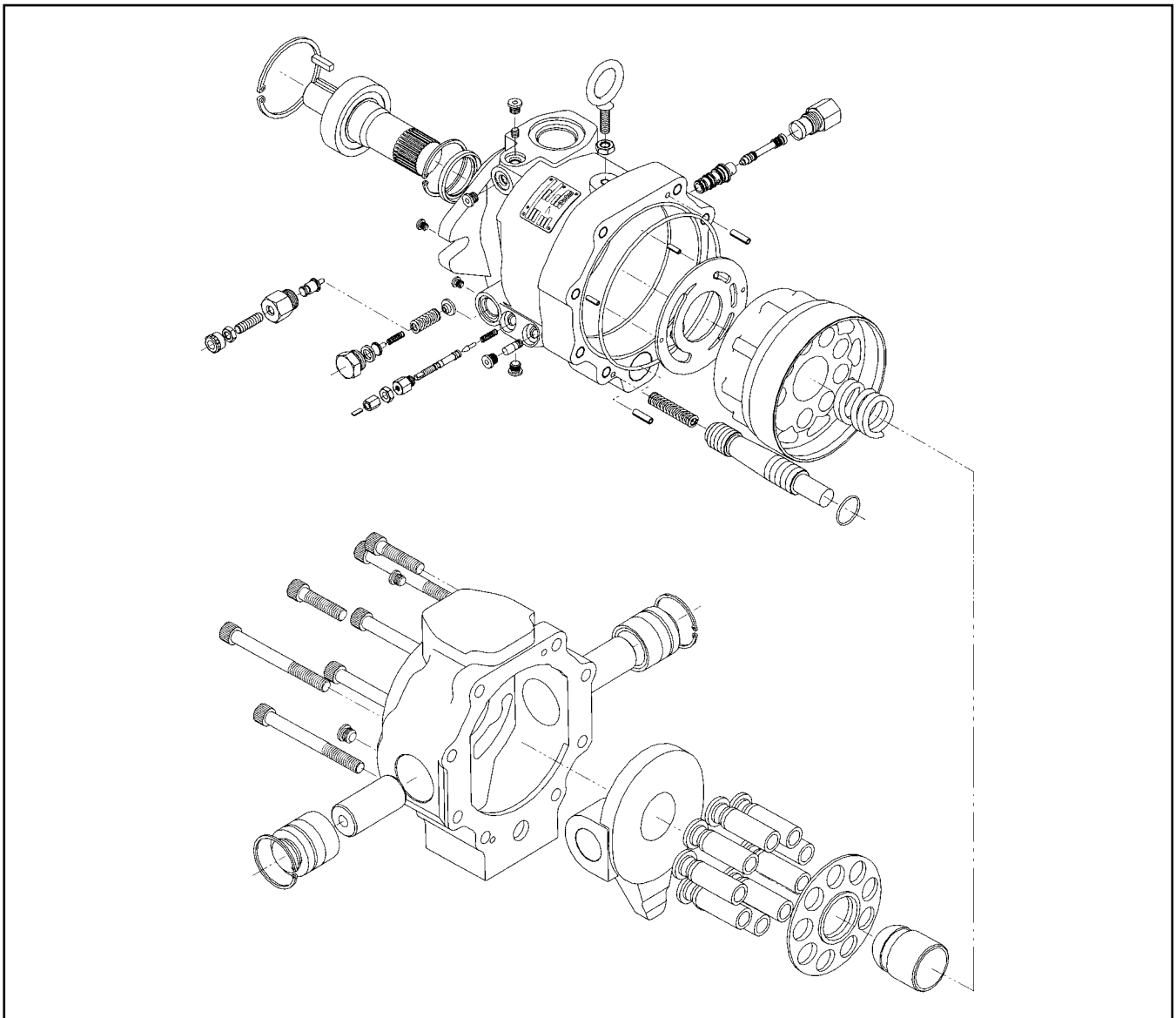


Bombas de Pistão



As bombas de pistão geram uma ação de bombeamento, fazendo com que os pistões se alternem dentro de um tambor cilíndrico.

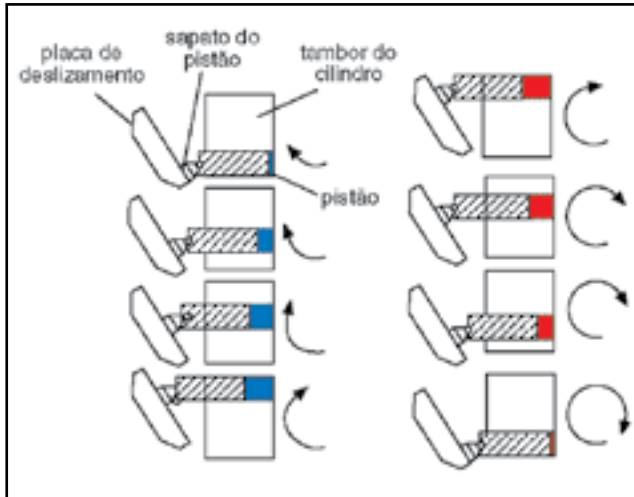
O mecanismo de bombeamento de uma bomba de pistão consiste basicamente de um tambor de cilindro, pistões com sapatas, placa de deslizamento, sapata, mola de sapata e placa de orifício.



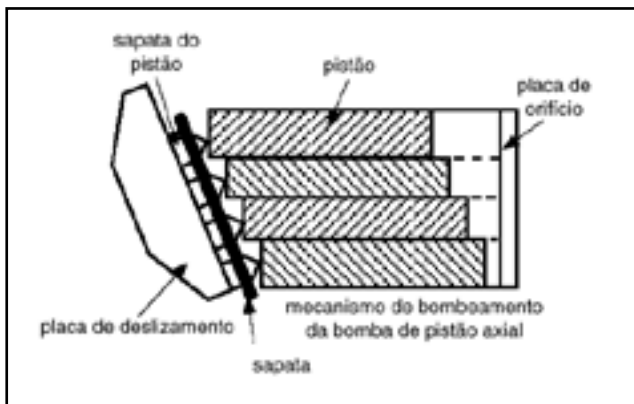
Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Como funciona uma Bomba de Pistão

No exemplo da ilustração anterior, um tambor de cilindro com um cilindro é adaptado com um pistão. A placa de deslizamento é posicionada a um certo ângulo. A sapata do pistão corre na superfície da placa de deslizamento.



Quando um tambor de cilindro gira, a sapata do pistão segue a superfície da placa de deslizamento (a placa de deslizamento não gira). Uma vez que a placa de deslizamento está a um dado ângulo o pistão alterna dentro do cilindro. Em uma das metades do ciclo de rotação, o pistão sai do bloco do cilindro e gera um volume crescente. Na outra metade do ciclo de rotação, este pistão entra no bloco e gera um volume decrescente.



Na prática, o tambor do cilindro é adaptado com muitos pistões. As sapatas dos pistões são forçadas contra a superfície da placa de deslizamento pela sapata e pela mola. Para separar o fluido que entra do fluido que sai, uma placa de orifício é colocada na extremidade do bloco do cilindro, que fica do lado oposto ao da placa de deslizamento.

Um eixo é ligado ao tambor do cilindro, que o conecta ao elemento acionado. Este eixo pode ficar localizado na extremidade do bloco, onde há fluxo, ou, como acontece mais comumente, ele pode ser posicionado na extremidade da placa de deslizamento. Neste caso, a placa de deslizamento e a sapata têm um furo nos seus centros para receber o eixo. Se o eixo estiver posicionado na outra extremidade, a placa de orifício tem o furo do eixo.

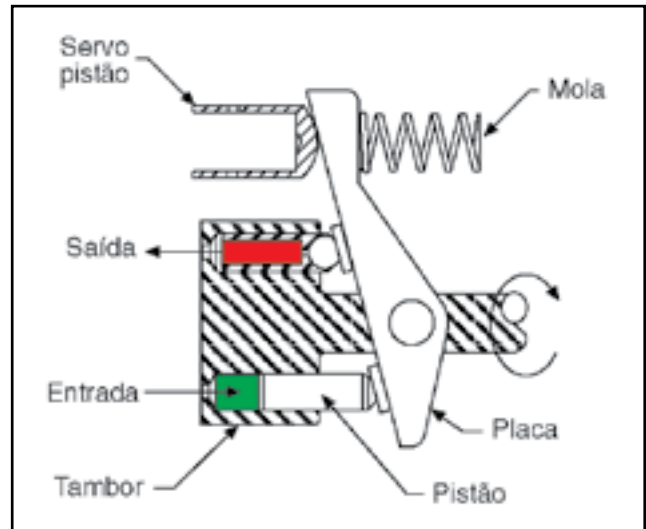
A bomba de pistão que foi descrita acima é conhecida como uma bomba de pistão em linha ou axial, isto é, os pistões giram em torno do eixo, que é coaxial com o eixo da bomba. As bombas de pistão axial são as bombas de pistão mais populares em aplicações industriais. Outros tipos de bombas de pistão são as bombas de eixo inclinado e as de pistão radial.

Bombas de Pistão Axial de Volume Variável

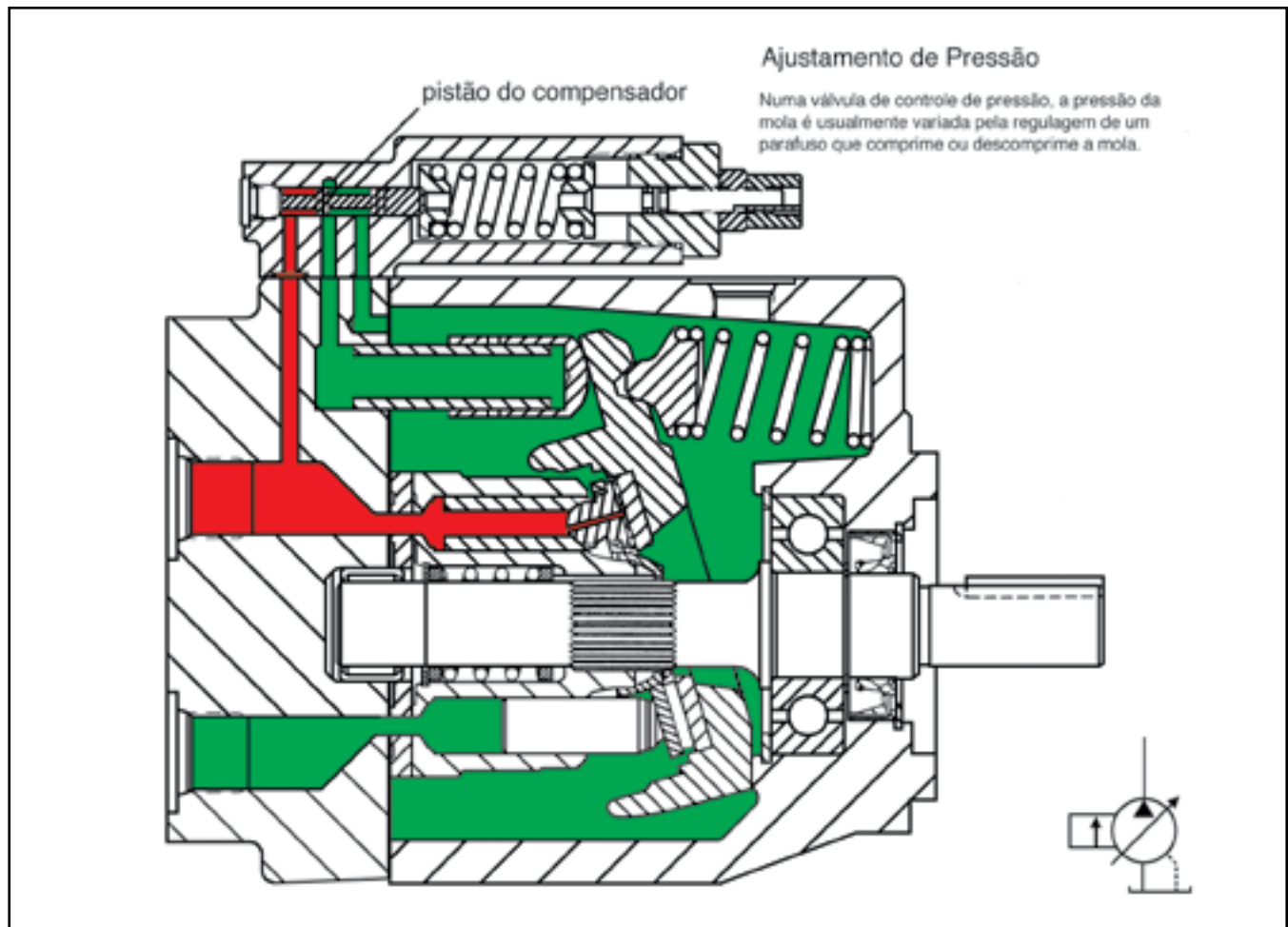
O deslocamento da bomba de pistão axial é determinado pela distância que os pistões são puxados para dentro e empurrados para fora do tambor do cilindro. Visto que o ângulo da placa de deslizamento controla a distância em uma bomba de pistão axial, nós devemos somente mudar o ângulo da placa de deslizamento para alterar o curso do pistão e o volume da bomba.

Com a placa de deslizamento posicionada a um ângulo grande, os pistões executam um curso longo dentro do tambor do cilindro.

Com a placa de deslizamento posicionada a um ângulo pequeno, os pistões executam um curso pequeno dentro do tambor do cilindro.



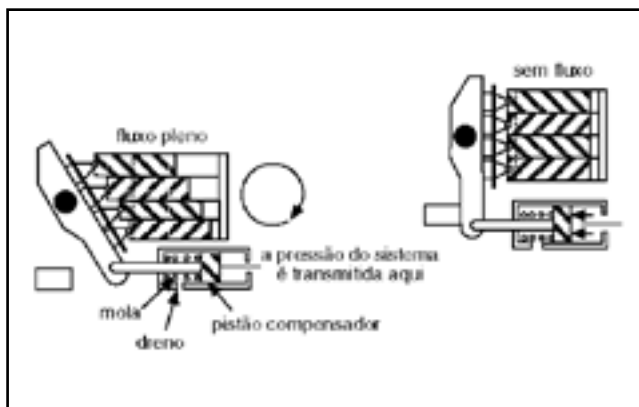
Variando-se um ângulo da placa de deslizamento, o fluxo de saída da bomba pode ser alterado. Vários meios para variar o ângulo da placa de deslizamento são oferecidos por diversos fabricantes. Estes meios vão desde um instrumento de alavanca manual até uma sofisticada servoválvula.



Bombas de Pistão Axial de Pressão Compensada

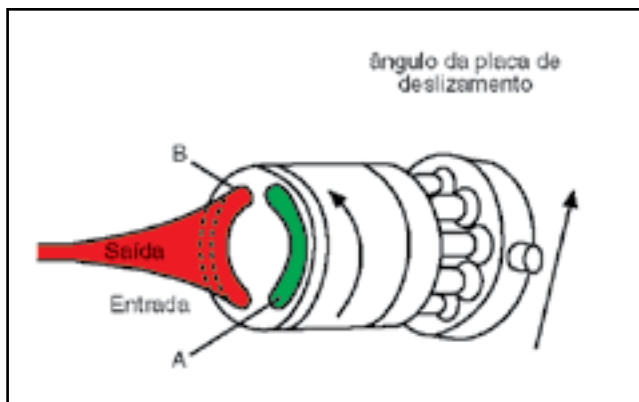
As bombas de pistão axial podem também ser feitas com pressão compensada. A placa de deslizamento das bombas está conectada a um pistão que sente a pressão do sistema.

Quando a pressão do sistema fica mais alta do que a da mola que comprime o pistão do compensador, o pistão movimenta a placa de deslizamento. Quando esta atinge o limitador mecânico, o seu centro fica alinhado com o tambor do cilindro. Os pistões não se alternam no sistema do cilindro. Isso resulta em ausência de fluxo no sistema.

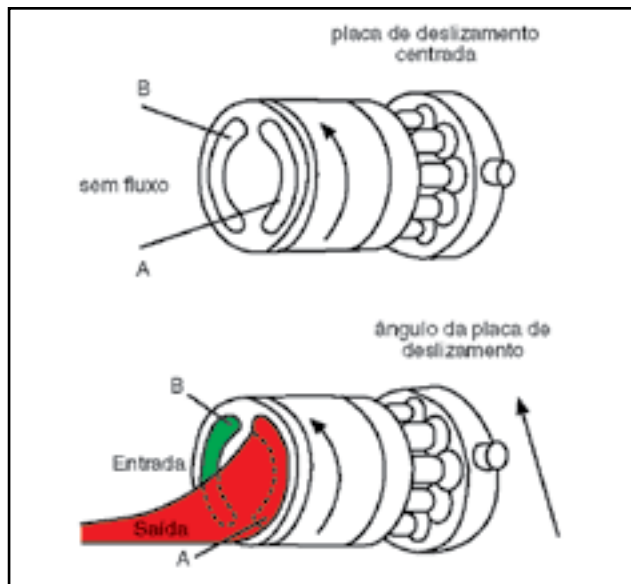


Bombas de Pistão Axial Reversíveis

Como foi ilustrado, o deslocamento de uma bomba de pistão axial e, conseqüentemente, o seu volume de saída, podem ser variados modificando-se o ângulo da placa de deslizamento. Foi também mostrado que a bomba não desenvolverá fluxo quando a placa de deslizamento estiver em posição coaxial com o tambor do cilindro. Algumas placas de deslizamento de bombas de pistão axial têm a capacidade de inverter o ângulo de trabalho. Isto faz com que volumes crescentes e decrescentes sejam gerados nos orifícios opostos. Há reversão de fluxo através da bomba.



Na ilustração da bomba de pistão axial reversível, pode-se ver que os orifícios A e B podem ser tanto um orifício de entrada como de saída, dependendo do ângulo da placa de deslizamento. Isso acontece com o tambor do cilindro girando na mesma direção. As bombas de pistão axial reversíveis são geralmente usadas em transmissões hidrostáticas. As bombas de pistão axial podem ser de deslocamento variável, de pressão compensada ou de deslocamento variável e reversível. Estas combinações também estão disponíveis com as bombas de pistão de projeto radial e de eixo inclinado.



Eficiência Volumétrica

Enquanto gira a uma velocidade constante, nós geralmente imaginamos que uma bomba de deslocamento positivo libere uma taxa de fluxo constante, seja qual for o sistema de pressão. Isto não é inteiramente verdadeiro. Quando aumenta a pressão do sistema, aumenta o vazamento interno dos vários mecanismos de bombeamento. Isto resulta num fluxo de saída menor. O grau em que isso acontece é conhecido como eficiência volumétrica.

A expressão que descreve a eficiência volumétrica é:

$$\text{Eficiência Volumétrica (\%)} = \frac{\text{Saída Real} \times 100}{\text{Saída Teórica}}$$

Por exemplo, se uma bomba específica tivesse uma saída teórica de 40 litros/min a 1.200 rpm, mais uma saída real de 36 litros/min a 70 kgf/cm², a eficiência volumétrica seria de 90%. Tipicamente, as bombas de pistão têm uma eficiência volumétrica inicial que alcança 90%. Os equipamentos de palheta e engrenagem têm uma eficiência volumétrica que varia de 85% a 95%.

4. Válvulas de Controle Direcional



As válvulas de controle direcional consistem de um corpo com passagens internas que são conectadas e desconectadas por uma parte móvel. Nas válvulas direcionais, e na maior parte das válvulas hidráulicas industriais, conforme já vimos, a parte móvel é o carretel. As válvulas de carretel são os tipos mais comuns de válvulas direcionais usados em hidráulica industrial.

Identificação de uma Válvula de Controle Direcional

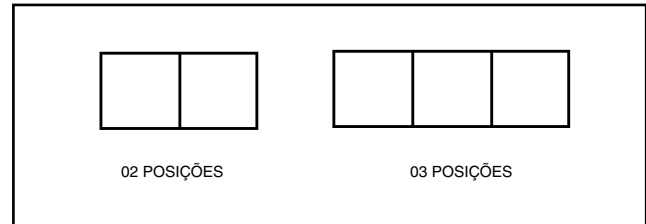
As válvulas de controle direcional são representadas nos circuitos hidráulicos através de símbolos gráficos. Para identificação da simbologia devemos considerar:

- ▷ Número de posições
- ▷ Número de vias
- ▷ Posição normal
- ▷ Tipo de acionamento

Número de Posições

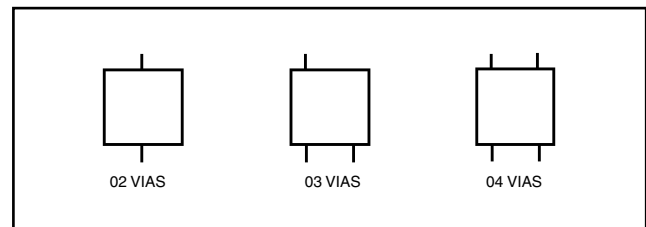
As válvulas são representadas graficamente por quadrados. O número de quadrados unidos representa o número de posições ou manobras distintas que uma válvula pode assumir.

Devemos saber que uma válvula de controle direcional possui no mínimo dois quadrados, ou seja, realiza no mínimo duas manobras.

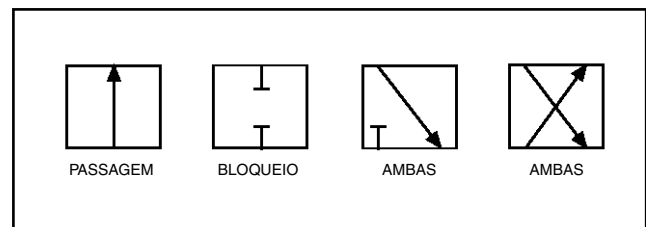


Número de Vias

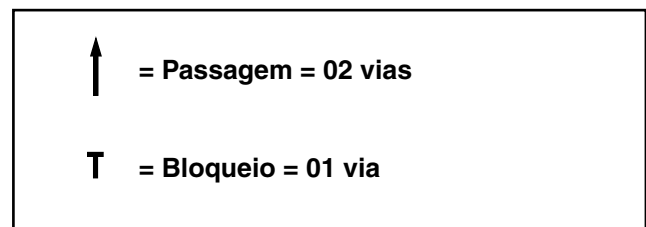
O número de vias de uma válvula de controle direcional corresponde ao número de conexões úteis que uma válvula pode possuir.



Nos quadrados representativos de posição podemos encontrar vias de passagem, vias de bloqueio ou a combinação de ambas.

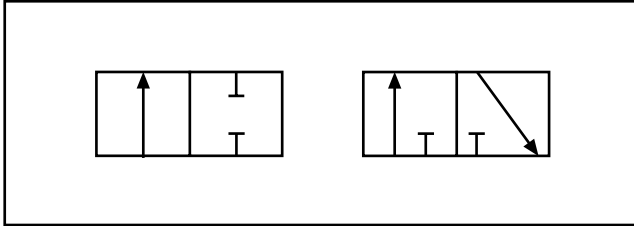


Para fácil compreensão do número de vias de uma válvula de controle direcional podemos também considerar que:



Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Observação: Devemos considerar apenas a identificação de um quadrado. O número de vias deve corresponder nos dois quadrados.



Posição Normal

Posição normal de uma válvula de controle direcional é a posição em que se encontram os elementos internos quando a mesma não foi acionada. Esta posição geralmente é mantida por força de uma mola.

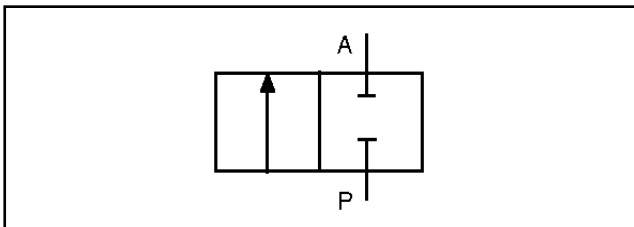
Tipo de Acionamento

O tipo de acionamento de uma válvula de controle direcional define a sua aplicação no circuito, estes acionamentos podem ocorrer por força muscular, mecânica, pneumática, hidráulica ou elétrica.

Válvula Direcional de 2/2 Vias

Uma válvula direcional de 2 vias consiste de duas passagens que são conectadas e desconectadas. Em uma posição extrema do carretel, o curso de fluxo é aberto através da válvula. No outro extremo não há fluxo através da válvula.

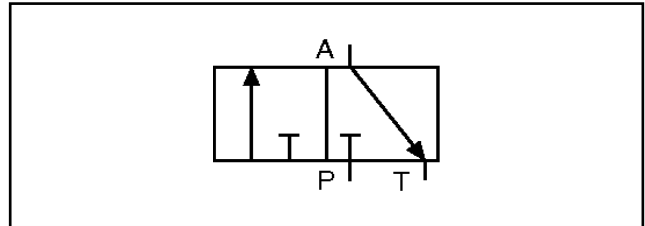
Uma válvula de 2 vias executa uma função de liga-desliga. Esta função é usada em muitos sistemas, como trava de segurança e para isolar ou conectar várias partes do sistema.



Válvula Direcional de 3/2 Vias

Uma válvula de 3 vias consiste de três passagens dentro de um corpo de válvula - via de pressão, via de tanque e uma via de utilização.

A função desta válvula é pressurizar o orifício de um atuador. Quando o carretel está posicionado no outro extremo, a válvula esvazia o mesmo orifício do atuador. Em outras palavras, a válvula pressuriza e esvazia alternadamente um orifício do atuador.



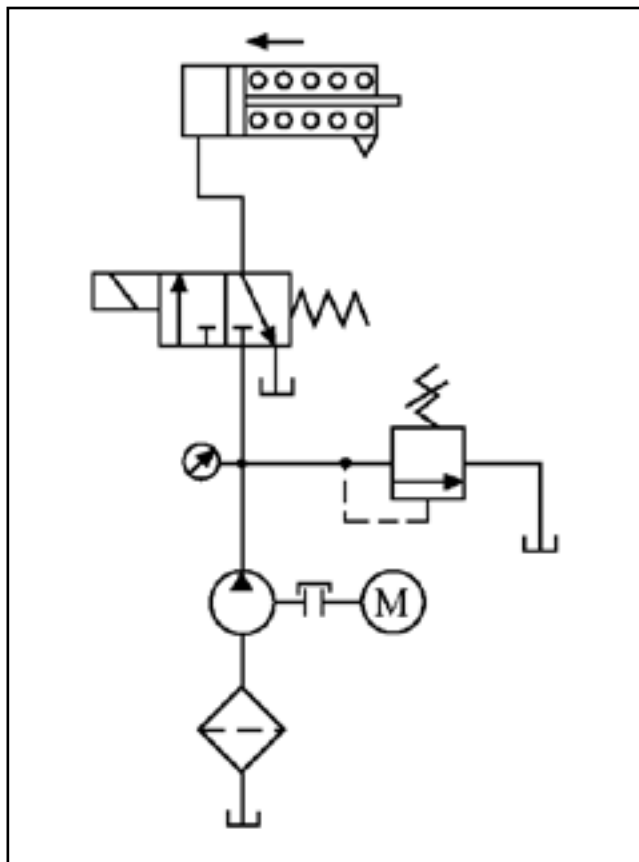
Válvulas Direcionais de 3 Vias, no Circuito

Uma válvula direcional de 3 vias é usada para operar atuadores de ação simples, como cilindros, martelos e cilindros com retorno por mola.

Nestas aplicações, a válvula de 3 vias remete pressão do fluido e o fluxo para o lado traseiro do cilindro. Quando o carretel é acionado para a outra posição extrema, o fluxo para o atuador é bloqueado. Ao mesmo tempo a via do atuador, dentro do corpo, é conectada ao tanque.

Um cilindro martelo vertical retorna pelo seu próprio peso, ou pelo peso de sua carga, quando a via do atuador de uma válvula de 3 vias é drenada para o tanque. Num cilindro de retorno de mola, a haste do pistão é retornada por uma mola que está dentro do corpo do cilindro.

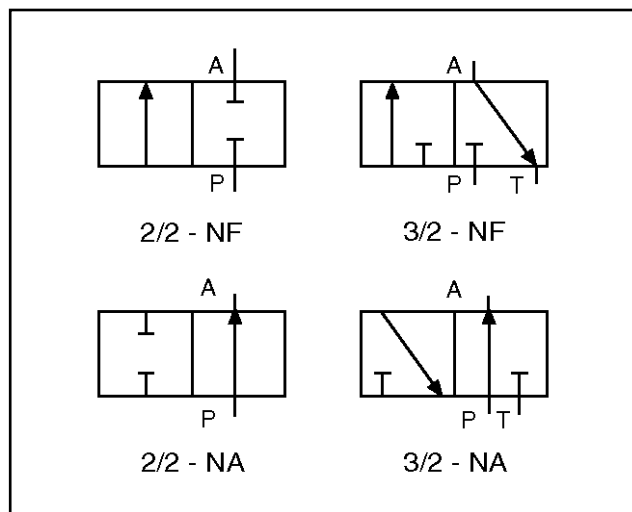
Em aplicações hidráulicas industriais, geralmente não são encontradas válvulas de 3 vias. Se uma função de 3 vias for requerida, uma válvula de 4 vias é convertida em uma válvula de 3 vias, plugando-se uma via do atuador.



Válvulas Normalmente Abertas e Válvulas Normalmente Fechadas

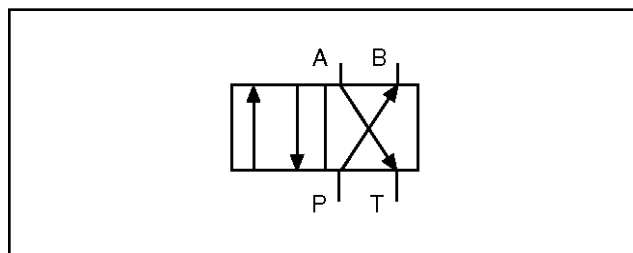
As válvulas de 2 vias e as válvulas de 3 vias com retorno por mola podem ser tanto normalmente abertas como normalmente fechadas, isto é, quando o atuador não está energizado, o fluxo pode passar ou não através da válvula. Numa válvula de 3 vias e duas posições, por haver sempre uma passagem aberta através da válvula, o “normalmente fechada” indica que a passagem “p” fica bloqueada quando o acionador da válvula não é energizado.

Quando as válvulas direcionais de retorno por mola são mostradas simbolicamente no circuito, a válvula é posicionada no circuito para mostrar a sua condição normal.



Válvula Direcional de 4/2 Vias

A função de uma válvula direcional de 4 vias é causar o movimento de reversão de um cilindro ou de um motor hidráulico. Para desempenhar esta função, o carretel dirige o fluxo de passagem da bomba para uma passagem do atuador quando ele está em uma posição extrema. Ao mesmo tempo, o carretel é posicionado para que a outra passagem do atuador seja descarregada para o tanque.

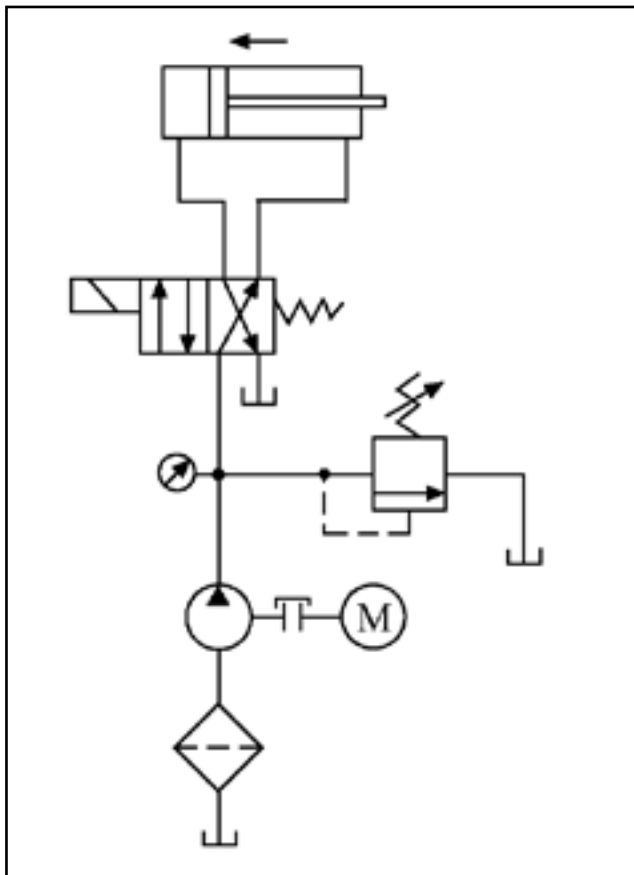


Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Válvulas Direcionais de 4/2 Vias, no Circuito

Visto que todas as válvulas são compostas de um corpo e de uma parte interna móvel, a parte móvel de todas as válvulas tem pelo menos duas posições, ambas nos extremos. Estas duas posições, numa válvula direcional, são representadas por dois quadrados separados. Cada quadrado mostra, por meio de setas, como o carretel está conectado às vias dentro do corpo, naquele ponto.

Quando a válvula é mostrada simbolicamente, os dois quadrados são conectados juntos, mas quando colocada num circuito, somente um quadrado é conectado ao circuito. Com este arranjo, a condição da válvula permite a visualização do movimento do cilindro em uma direção. Para visualizar o atuador se movendo na direção oposta, sobreponha mentalmente um dos quadrados do símbolo ao outro, dentro do circuito.

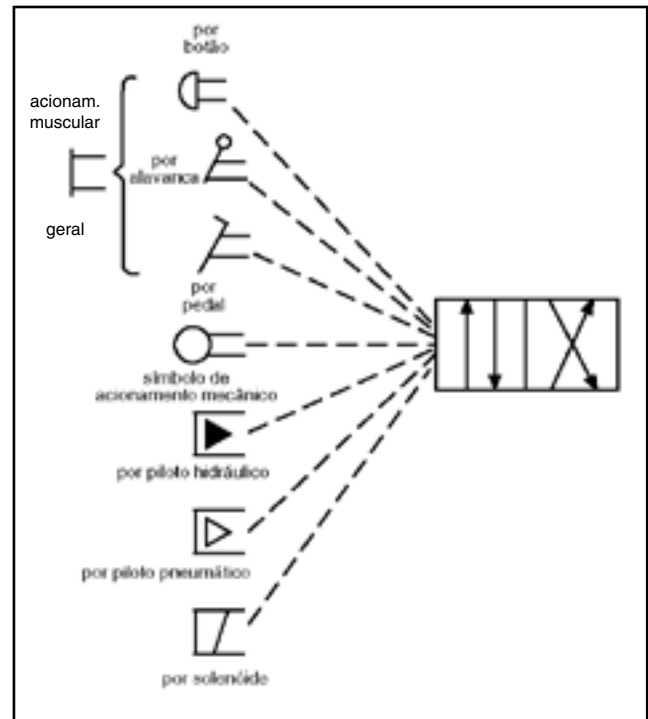


Válvula de 4/2 Vias Montadas em Sub-Base

Os corpos das válvulas direcionais de 4 vias que foram ilustrados tinham via para tanque e via de pressão situadas de um lado.

As vias de utilização estavam posicionadas do lado oposto do corpo. Esse arranjo seguia de perto o símbolo da válvula.

Entretanto, para facilitar a instalação, a maioria das válvulas direcionais de hidráulica industrial é montada em placas, isto é, elas são parafusadas a uma placa, que é conectada à tubulação. As vias das válvulas montadas com sub-base são localizadas no lado inferior do corpo da válvula.

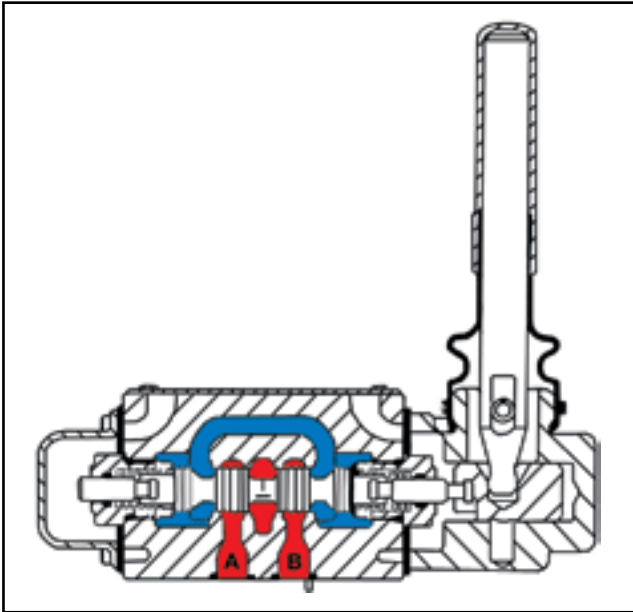


Atuadores de Válvulas Direcionais

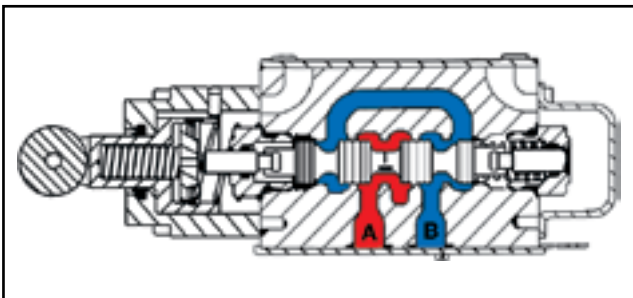
Nós vimos que o carretel de uma válvula direcional pode estar posicionado em uma ou outra posição extrema. O carretel é movido para essas posições por energia mecânica, elétrica, hidráulica, pneumática ou muscular.

As válvulas direcionais cujos carretéis são movidos por força muscular são conhecidas como válvulas operadas manualmente ou válvulas acionadas manualmente. Os tipos de acionadores manuais incluem alavancas, botões de pressão e pedais.

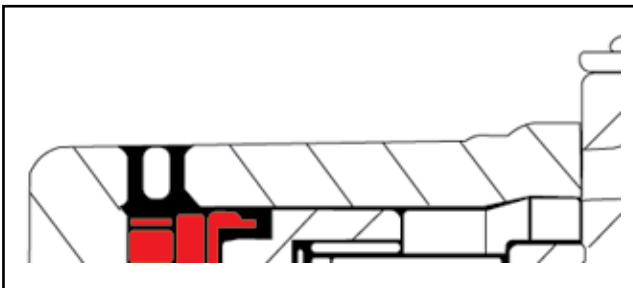
Os atuadores manuais são usados em válvulas direcionais cuja operação deve ser sequenciada e controlada ao arbítrio do operador.



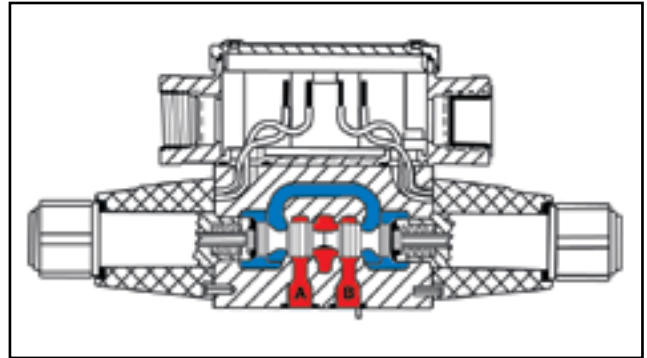
Um tipo muito comum de atuador mecânico é o rolete. O rolete é atuado por um came que está ligado a um acionador. O atuador mecânico é usado quando a mudança de uma válvula direcional deve ocorrer ao tempo que o atuador atinge uma posição específica.



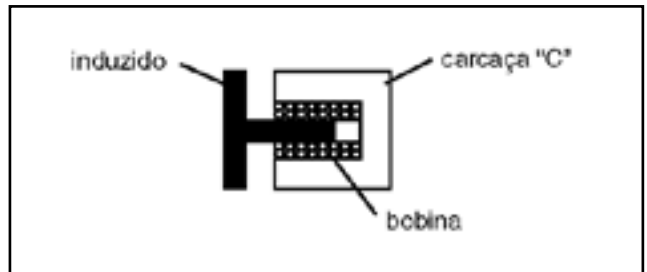
Os carretéis das válvulas direcionais podem também ser acionados por pressão de fluido, tanto a ar como hidráulica. Nestas válvulas, a pressão do piloto é aplicada nas duas sapatas laterais do carretel, ou aplicada em uma sapata ou pistão de comando.



Um dos meios mais comuns de operação de uma válvula direcional é por solenóide.

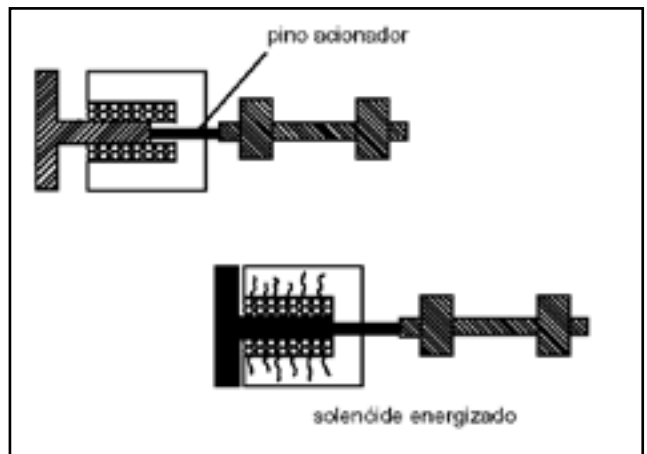


Um solenóide é um dispositivo elétrico que consiste basicamente de um induzido, uma carcaça "C" e uma bobina. A bobina é enrolada dentro da carcaça "C". O carretel fica livre para se movimentar dentro da bobina.



Como Funciona um Solenóide

Quando uma corrente elétrica passa pela bobina, gera-se um campo magnético. Este campo magnético atrai o induzido e o empurra para dentro da bobina. Enquanto o induzido entra na bobina, ele fica em contato com um pino acionador e desloca o carretel da válvula direcional para uma posição extrema.



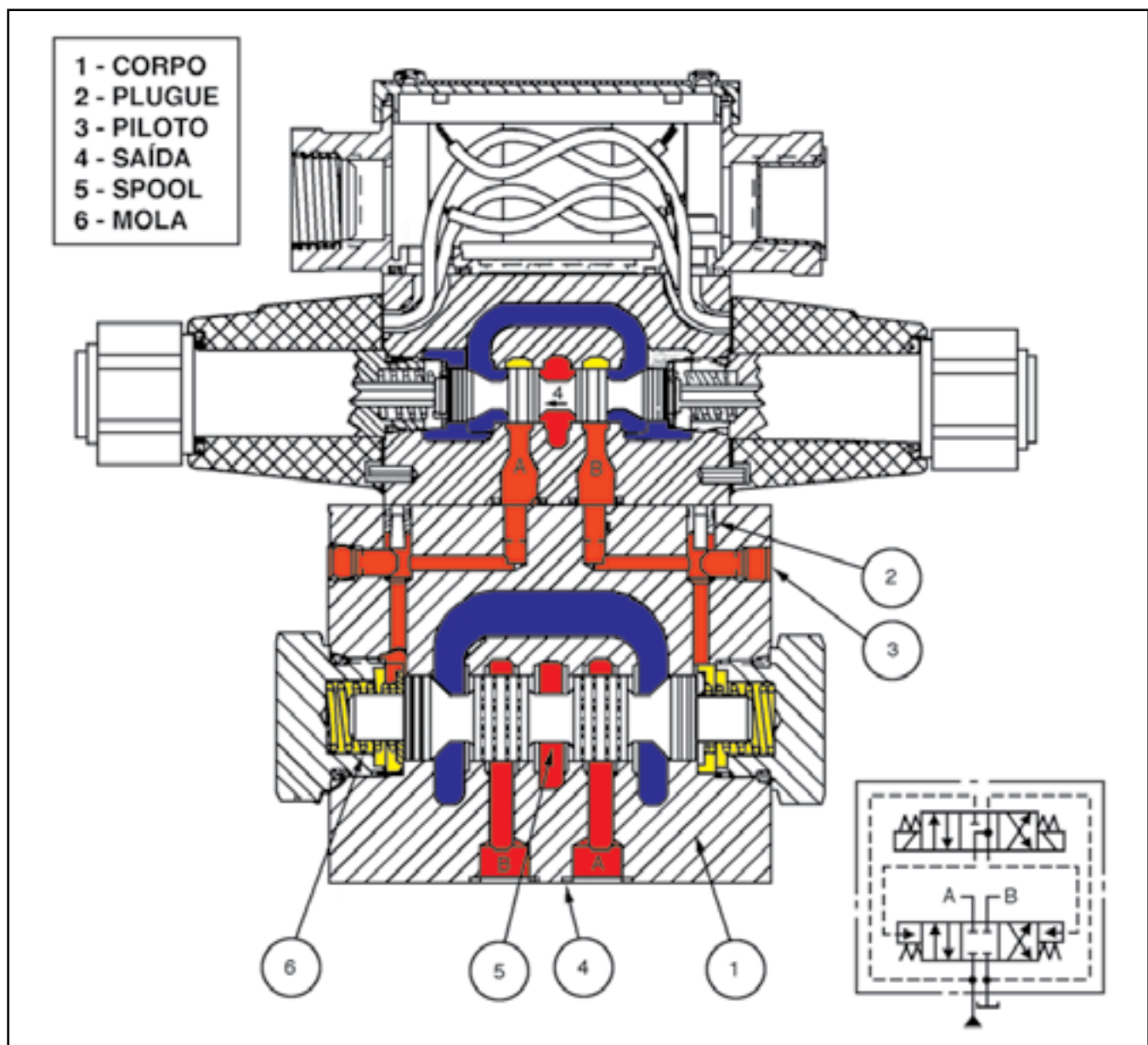
Limitações do Solenóide

As válvulas direcionais operadas por solenóide têm algumas limitações. Quando um sistema hidráulico é usado num ambiente úmido ou explosivo, não se devem usar solenóides comuns. Quando a vida de uma válvula direcional deve ser extremamente longa, geralmente a válvula de solenóide controlada eletricamente é inadequada.

Provavelmente, a maior desvantagem dos solenóides é que a força que eles podem desenvolver para deslocar o carretel de uma válvula direcional é limitada. De fato, a força requerida para deslocar o carretel de uma válvula direcional é substancial, nos tamanhos maiores.

Como resultado as válvulas direcionais que usam solenóides diretamente para deslocar o carretel são as do tamanho CETOP 3 (TN 6) e CETOP 5 (TN 10).

As de tamanho CETOP 7 (TN 16), CETOP 8 (TN 25) e CETOP 10 (TN 32) são operadas por pressão hidráulica de piloto. Nestas válvulas maiores, uma válvula direcional tamanho CETOP 3 (TN 6), operada por solenóide, está posicionada no topo da válvula maior. O fluxo de uma válvula pequena é direcionado para qualquer um dos lados do carretel da válvula grande, quando há necessidade de deslocamento. Estas válvulas são chamadas de válvulas direcionais operadas por piloto, controladas por solenóide.



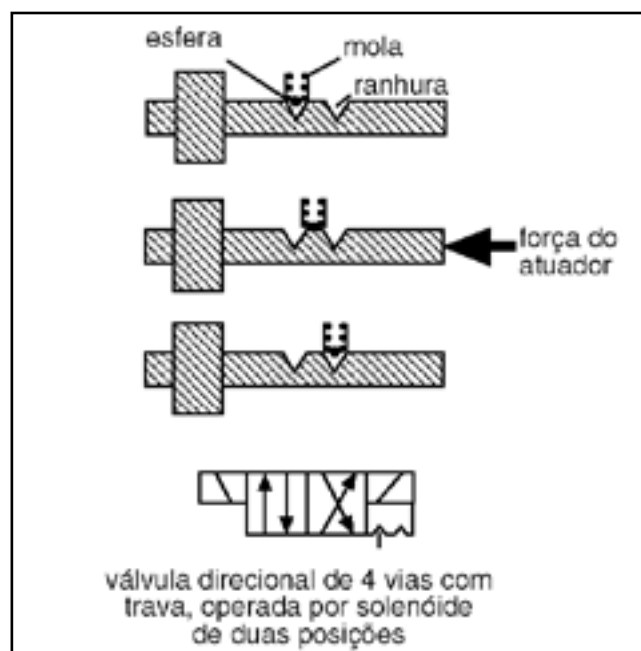
Retorno por Mola

Uma válvula direcional de 2 posições geralmente usa um tipo de atuador para acionar o carretel da válvula direcional para uma posição extrema. O carretel é geralmente retornado para a sua posição original por meio de uma mola. As válvulas de 2 posições desta natureza são conhecidas como válvulas com retorno por mola.

Pino de Trava (Detente)

Se dois acionadores são usados para deslocar o carretel de uma válvula de duas posições, às vezes há necessidade de travamento. A trava é um mecanismo de posicionamento que mantém o carretel numa dada posição. O carretel de uma válvula com trava é equipado com ranhuras ou rasgos. Cada ranhura é um receptáculo para uma peça móvel carregada por mola. Na trava ilustrada, a peça móvel é uma esfera. Com a esfera na ranhura, o carretel é deslocado, a esfera é forçada para fora de uma ranhura e para dentro de outra. As válvulas direcionais equipadas com travas não precisam manter os seus acionadores energizados para se manter na posição.

Nota: Somente uma energização momentânea do solenóide é necessária para deslocar o êmbolo e mantê-lo posicionado, numa válvula com detente. A mínima duração do sinal deve ser de aproximadamente 0,1 segundo para ambas as tensões CA e CC. O êmbolo será mantido em sua posição travada, somente se a válvula for montada na condição horizontal e sem a presença de choques hidráulicos e vibrações.

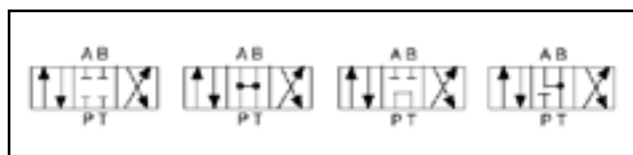


Tipos de Centro

Com referências às várias possibilidades de vias de fluxo através de uma válvula direcional, as vias de fluxo seriam consideradas únicas enquanto o carretel estivesse em cada posição. No entanto, há posições intermediárias do carretel. As válvulas de controle direcional de 4 vias, usadas na indústria móvel, têm frequentemente diversas posições intermediárias entre os extremos. As válvulas hidráulicas industriais de 4 vias são geralmente válvulas de 3 posições, consistindo de 2 posições extremas e uma posição central.

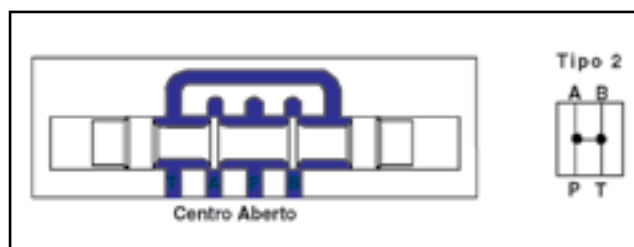
As duas posições extremas da válvula direcional de quatro vias estão diretamente relacionadas ao movimento do atuador. Elas controlam o movimento do atuador em uma direção, tanto quanto na outra. A posição central de uma válvula direcional é projetada para satisfazer uma necessidade ou condição do sistema. Por este motivo, a posição central de uma válvula direcional é geralmente designada de condição de centro.

Há uma variedade de condições centrais disponíveis nas válvulas direcionais de quatro vias. Algumas destas condições mais conhecidas são: centro aberto, centro fechado, centro tandem e centro aberto negativo. Estas condições de centro podem ser conseguidas dentro do próprio corpo da válvula, com a simples utilização de um êmbolo adequado.



Condição de Centro Aberto

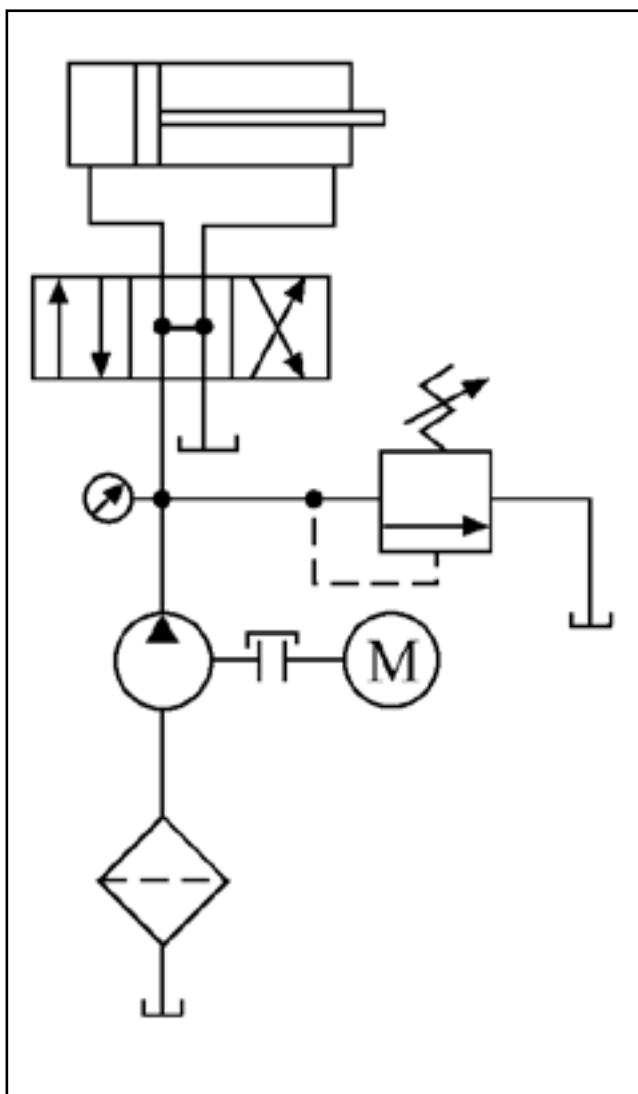
Uma válvula direcional com um êmbolo de centro aberto tem as passagens P, T, A e B, todas ligadas umas às outras na posição central.



Válvulas de Centro Aberto no Circuito

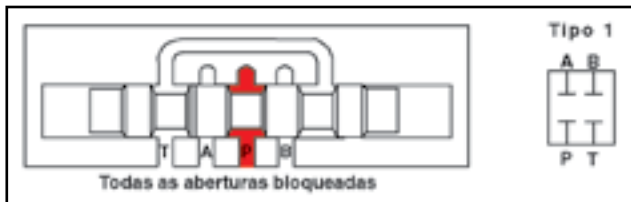
Uma condição de centro aberto permite o movimento livre do atuador enquanto o fluxo da bomba é devolvido ao tanque a uma pressão baixa. As válvulas de 4 vias, de centro aberto, são muitas vezes usadas em circuitos de atuadores simples.

Nestes sistemas, depois do atuador completar o seu ciclo, o carretel da válvula direcional é centralizado e o fluxo da bomba retorna ao tanque a uma pressão baixa. Ao mesmo tempo, o atuador fica livre para se movimentar. Uma desvantagem da válvula de centro aberto é que nenhum outro atuador pode ser operado quando a válvula estiver centrada.



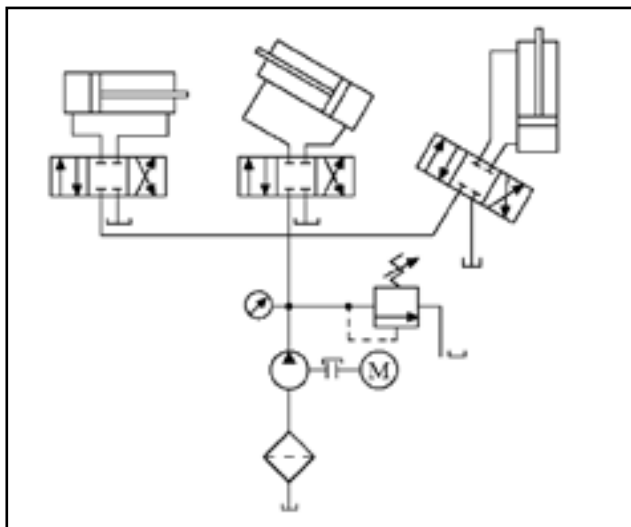
Condição de Centro Fechado

Uma válvula direcional com um carretel de centro fechado tem as vias P, T, A e B, todas bloqueadas na posição central.

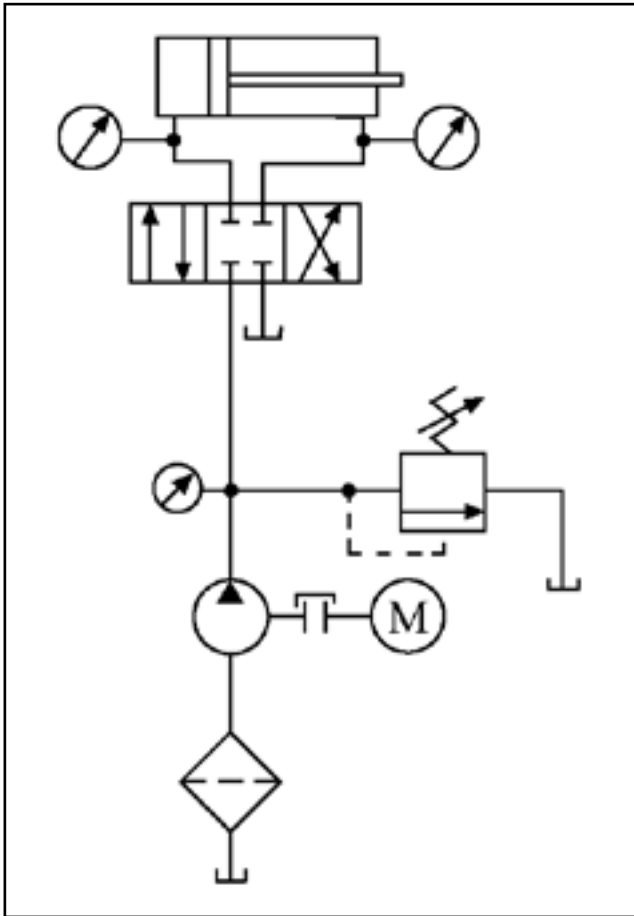


Válvulas de Centro Fechado no Circuito

Uma condição de centro fechado pára o movimento de um atuador, bem como permite que cada atuador individual, no sistema, opere independentemente de um suprimento de força.



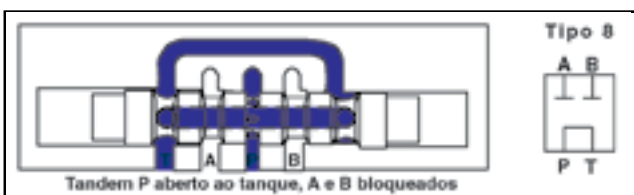
Os carretéis das válvulas direcionais de centro fechado têm algumas desvantagens. Uma delas é que o fluxo da bomba não pode ser descarregado para o tanque, através de válvula direcional, durante o tempo em que o atuador está inativo. Outra desvantagem é que o carretel, nesta válvula, vaza como em qualquer válvula do tipo carretel. Além disso, se o carretel ficar sujeito à pressão do sistema por mais de uns poucos minutos, a pressão se equalizará nas linhas A e B dos atuadores, a aproximadamente metade da pressão do sistema. O caminho de vazamento através da superfície de bloqueio do carretel da válvula direcional são orifícios que medem o fluxo. Quando na posição de centro, a pressão do sistema atua na via "P" da válvula. Esta posição causa o fluxo do fluido através da superfície de bloqueio para a passagem do atuador. Então, o vazamento passa através do restante da superfície de bloqueio para a passagem do tanque. A pressão, na via do atuador, a essa altura será aproximadamente a metade da pressão do sistema.



Por que a metade? Porque o fluxo de vazamento da via “P” para a via do atuador é exatamente o mesmo da via do atuador para o tanque. Visto que a taxa de vazamento de fluxo, através dessas passagens, é a mesma, elas devem ter diferenciais de pressão similares. No circuito do exemplo, se a válvula direcional está sujeita à regulagem da válvula limitadora de pressão 70 kgf/cm², quando está na posição central, uma pressão de aproximadamente 35 kgf/cm² será observada nas linhas do atuador depois de alguns minutos. Isto gerará um desequilíbrio de forças no cilindro, o que faz com que a haste do cilindro avance lentamente.

Condição de Centro em Tandem

Uma válvula direcional com um carretel de centro em tandem tem as vias P e T conectadas, e as vias A e B bloqueadas na posição central.

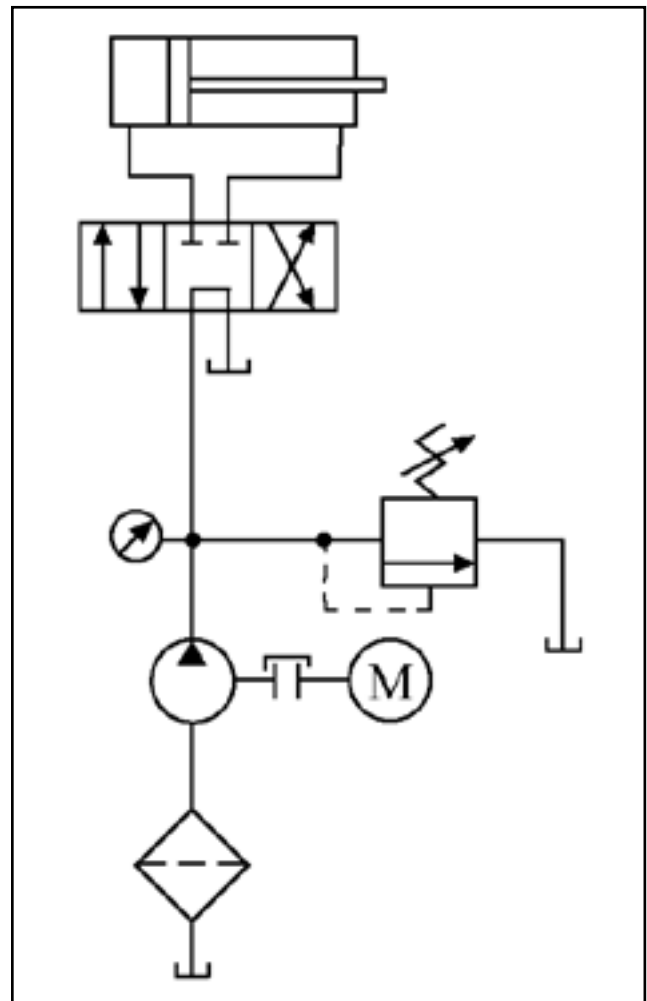


Válvulas de Centro em Tandem no Circuito

Uma condição de centro em tandem pára o movimento do atuador, mas permite que o fluxo da bomba retorne ao tanque sem passar pela válvula limitadora de pressão.

Uma válvula direcional com um carretel de centro em tandem tem a vantagem óbvia de descarregar a bomba enquanto em posição central. Mas, na realidade, o carretel apresenta algumas desvantagens que podem não ser aparentes.

Já foi dito que várias condições de centro podem ser conseguidas com uma válvula direcional de 4 vias, simplesmente inserindo o carretel apropriado no corpo da válvula. Quando um carretel de centro em tandem é usado no corpo da válvula direcional, a taxa de fluxo nominal diminui. Além disso, as condições de centro e de descarga do carretel não são tão boas como poderiam parecer quando se olha para um símbolo de centro em tandem.

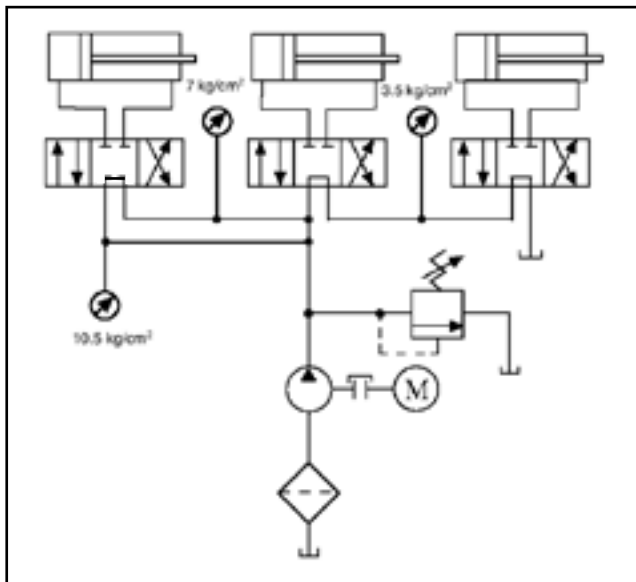


Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

As vias P e T de uma válvula hidráulica industrial de 4 vias não estão localizadas próximas uma da outra. A via "P" no centro e a via "T" nos extremos estão ligadas, quando na posição central, por meio de uma passagem por dentro do carretel.

Isto não é uma condição ideal, porque resulta num diferencial de pressão, que reduz a vazão nominal da válvula $P \rightarrow T$.

Não é incomum encontrar, num circuito, várias válvulas de centro em tandem conectadas em série. A justificativa desta situação é que cada atuador pode trabalhar um tanto independentemente de outro e, ao mesmo tempo, a bomba pode ser descarregada quando as válvulas de centro em tandem são acionadas para o centro.

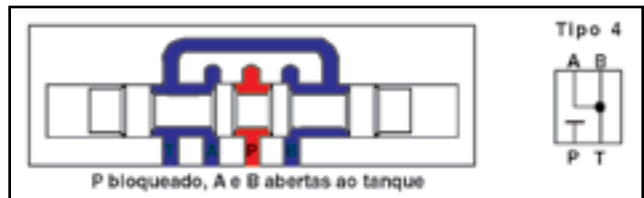


Outra característica de uma válvula direcional de centro em tandem é que a taxa de fluxo nominal da válvula é diminuída. Para que haja um curso de fluxo razoavelmente dimensionado, de P para T na posição central, o eixo do carretel entre as sapatas é muito mais largo do que em qualquer outro tipo de carretel. Isso resulta num curso de fluxo restrito quando o carretel é deslocado para qualquer extremo.

Nota: Os carretéis da válvula direcional de centro em tandem operam um tanto diferentemente de outros carretéis. Por causa de sua construção, quando um carretel de centro em tandem é acionado para o lado direito da válvula, o fluxo passa de P para A. Mas, em qualquer outro carretel, o fluxo passa de P para B. Em consequência, se um carretel de centro em tandem substitui qualquer outro tipo de carretel, controlado por essa válvula direcional, ele operará no sentido inverso.

Centro Aberto Negativo

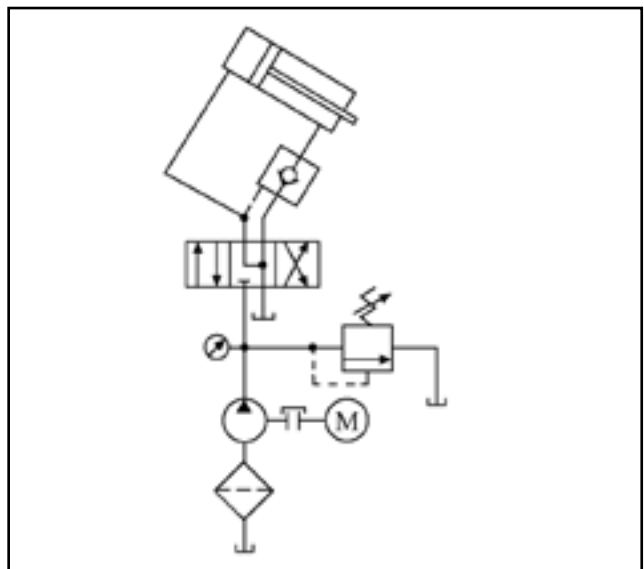
Uma válvula direcional com um carretel de centro aberto negativo tem a via "P" bloqueada, e as vias A, B e T conectadas na posição central.



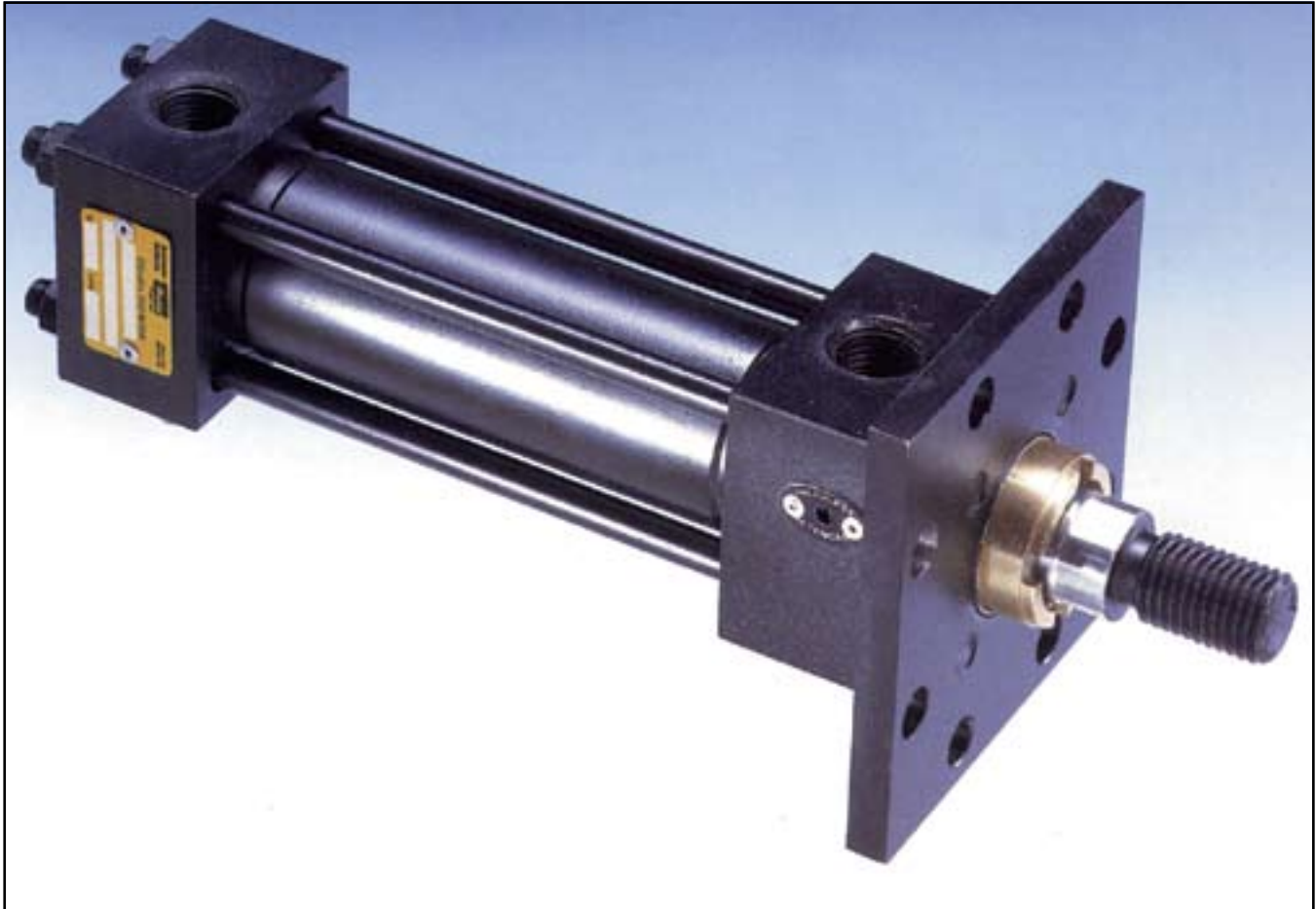
Válvulas de Centro Aberto Negativo no Circuito

Uma condição de centro aberto negativo permite a operação independente dos atuadores ligados à mesma fonte de energia, bem como torna possível a movimentação livre de cada atuador. A vantagem deste tipo de centro é que as linhas do atuador não têm aumento na pressão quando a via "P" é bloqueada, como na válvula de centro fechado.

A desvantagem deste carretel é que uma carga não pode ser parada ou mantida no lugar. Se isto for um requerimento do sistema, pode-se usar uma válvula de retenção operada por piloto em conjunto com a válvula do carretel Aberto Negativo. Se a carga tiver que ser somente parada, usa-se um carretel de centro aberto negativo com orifícios de medição nas tomadas A e B. Os orifícios restringem o fluxo através de A e B quando a válvula está centralizada. Isso provoca uma contrapressão no cilindro, que pára a carga. No entanto, depois que a pressão cai, não há aumento de pressão nas linhas do atuador em resultado do vazamento da via "P".



5. Atuadores Hidráulicos e Acumuladores Hidráulicos



Os atuadores hidráulicos convertem a energia de trabalho em energia mecânica. Eles constituem os pontos onde toda a atividade visível ocorre, e são uma das principais coisas a serem consideradas no projeto da máquina.

Os atuadores hidráulicos podem ser divididos basicamente em dois tipos: lineares e rotativos.

Cilindros

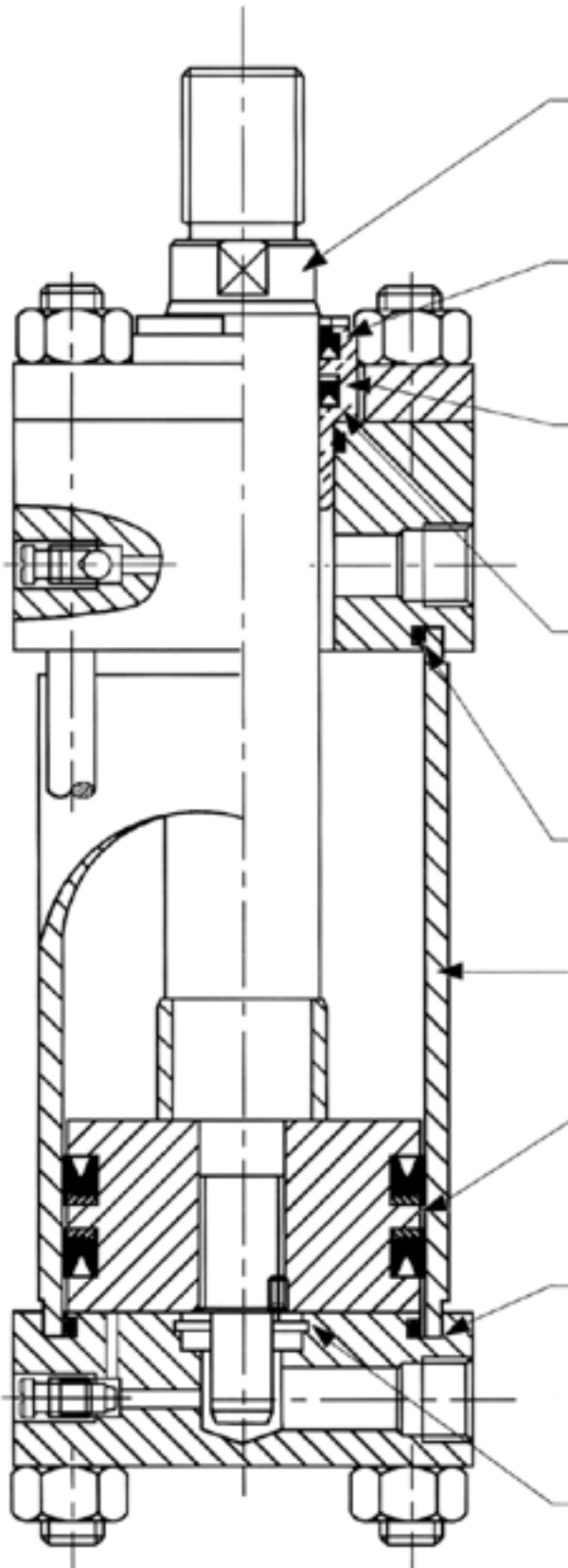
Cilindros hidráulicos transformam trabalho hidráulico em energia mecânica linear, a qual é aplicada a um objeto resistivo para realizar trabalho.

Os cilindros foram citados brevemente há pouco. Um cilindro consiste de uma camisa de cilindro, de um pistão móvel e de uma haste ligada ao pistão. Os cabeçotes são presos ao cilindro por meio de roscas, prendedores, tirantes ou solda (a maioria dos cilindros industriais usa tirantes).

Conforme a haste se move para dentro ou para fora, ela é guiada por embuchamentos removíveis chamados de guarnições. O lado para o qual a haste opera é chamado de lado dianteiro ou "cabeça do cilindro". O lado oposto sem haste é o lado traseiro. Os orifícios de entrada e saída estão localizados nos lados dianteiro e traseiro.

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Características e Benefícios



A Haste do Pistão

Aço de alta resistência, retificada, cromada e polida para assegurar uma superfície lisa, resistente a entalhes para uma vedação efetiva e longa vida.

Mancal Parker "Jewel"

A longa superfície de apoio fica dentro da vedação para melhor lubrificação e vida mais longa. O mancal "Jewel", completo com vedações da haste, pode ser facilmente removido sem desmontar o cilindro, de forma que a manutenção é mais rápida e, portanto, mais econômica.

Guarnição de Limpeza de Borda Dupla

A guarnição de limpeza de borda dupla funciona como guarnição secundária e impede a entrada de sujeira no cilindro. Isto aumenta a vida do mancal e das vedações.

Vedação de Borda Serrilhada

A vedação de borda serrilhada da Parker possui uma série de bordas de vedação que assumem seu papel sucessivamente ao aumentar a pressão.

A combinação da vedação de borda serrilhada com a guarnição de limpeza de borda dupla garante a haste seca dos cilindros Parker, o que significa ausência de gotejamento, uma contribuição importante à saúde, segurança e economia.

Vedações do Corpo do Cilindro

Vedações do corpo sob pressão asseguram que o cilindro seja à prova de vazamentos, mesmo sob choques de pressão.

O Tubo do Cilindro

São fabricados com aço de alta qualidade, brunido com precisão e alto grau de acabamento, assegurando vida longa às vedações.

Pistão de Ferro Fundido Inteiriço

O pistão tem amplas superfícies de apoio para resistir a cargas laterais e um longo encaixe por rosca na haste do pistão. Como característica de segurança adicional, o pistão é fixado por Loctite e por um pino de travamento.

Encaixe do Tubo

Uma saliência usinada com precisão em ambas as extremidades do tubo, concêntrica com o diâmetro interno do tubo, permite que os cilindros sejam alinhados rápida e precisamente para uma máxima vida em operação.

Anel de Amortecimento Flutuante e Luvas de Amortecimento

O anel de amortecimento flutuante e a luva são autocentrantes, permitindo tolerâncias estreitas e, portanto, um amortecimento mais eficaz. No curso de retorno, uma válvula de retenção com esfera na extremidade do cabeçote traseiro permite que seja aplicada pressão a toda a área do pistão para maior potência e velocidade de partida.

Força do Cilindro

Através do curso do cilindro, a energia de trabalho hidráulica é aplicada à área do seu pistão. O componente da pressão da energia de trabalho aplicada ao pistão será não mais do que a resistência que a carga oferece.

Muitas vezes, é preciso conhecer qual é a pressão que deve ser aplicada no cilindro de certo tamanho para se desenvolver uma dada força na saída. Para determinar a pressão, a fórmula usada é a seguinte:

$$\text{Pressão} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$$

Quando a fórmula foi usada anteriormente, a área e a pressão, ou a área e a força, foram dadas. Mas muitas vezes somente o tamanho do cilindro (diâmetro) é conhecido, e a área deve ser calculada. Este cálculo é tão fácil quanto calcular a área de um quadrado.

Área de um Círculo

É verdade que a área de um círculo é exatamente 78.54% da área de um quadrado, cujos lados têm o comprimento igual ao do diâmetro do círculo (D).

Para determinar a área de um círculo, multiplique o diâmetro do círculo por si mesmo e, em seguida, por 0.7854.

$$\text{Área do Círculo} = (\text{diâmetro})^2 \times 0.7854$$

A fórmula mais comumente usada é:

$$\text{Área do Círculo} = \frac{\pi D^2}{4}$$

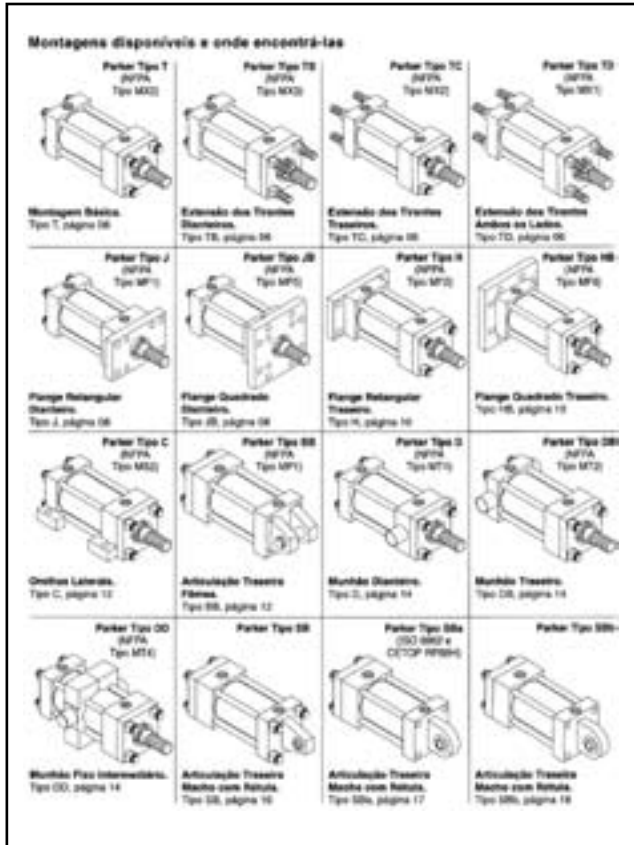
Força de Avanço Teórico e Volume do Fluido Deslocado

Ø	Área	Força de Avanço												Volume de fluido deslocado	
		10 bar		50 bar		90 bar		130 bar		170 bar		210 bar		p/ 10 mm de curso	
Pistão	Pistão	kgf	ibf	kgf	ibf	kgf	ibf	kgf	ibf	kgf	ibf	kgf	ibf	ml	gal. imp.
mm	cm²														
32	8,04	80	176	402	885	724	1595	1045	2302	1367	3011	1688	3718	8,04	.0018
40	12,57	126	277	638	1383	1131	2491	1634	3599	2137	4807	2640	5815	12,57	.0028
50	19,64	196	432	982	2163	1768	3894	2553	5623	3339	7355	4124	9064	19,64	.0043
63	31,18	312	687	1559	3434	2806	6181	4053	8927	5301	11676	6548	14423	31,18	.0069
80	50,27	503	1108	2513	5535	4524	9965	6535	14394	8546	18824	10557	23253	50,27	.0111
100	78,55	785	1729	3927	8650	7069	15570	10211	22491	13353	29412	16495	36332	78,55	.0173
125	122,72	1221	2689	6136	13516	11045	24328	15954	35141	20662	45951	25771	46761	122,7	.0270
160	201,06	2010	4427	10053	22143	18095	39857	26138	57573	34180	75286	42223	93002	201,1	.0442
200	314,16	3142	6921	15708	34599	28274	62277	40841	89958	53407	117636	65974	145317	314,2	.0691

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Estilo de Montagem do Cilindro

Os pistões podem ser montados de várias formas ou estilos, entre os quais estão as montagens por flange, por munhão, por sapatas (orelhas) laterais, montagem por base, etc.



Atuadores Rotativos

Até agora discutimos sobre os atuadores lineares, que são conhecidos como cilindros. Daqui em diante vamos falar sobre atuadores rotativos. Esses mecanismos são compactos, simples e eficientes. Eles produzem um torque alto e requerem pouco espaço e montagem simples.

De um modo geral aplicam-se atuadores em indexação de ferramental de máquina, operações de dobragem, levantamento ou rotação de objetos pesados, funções de dobragem, posicionamento, dispositivos de usinagem, atuadores de leme, etc.

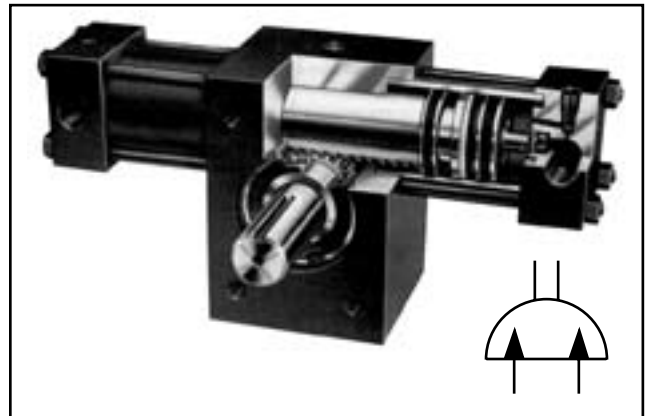
Campo de Aplicação

São utilizados para:

- Manuseio de Material
- Máquina Ferramenta
- Maquinaria de Borracha e Plástico
- Equipamento Móbil
- Robótica
- Empacotamento
- Comutação de Válvula
- Indústria Múltiplo-Processo
- Marinha Comercial/Militar
- Processamento de Alimento
- Fabricação de Componentes Eletrônicos
- Linhas de Transferência

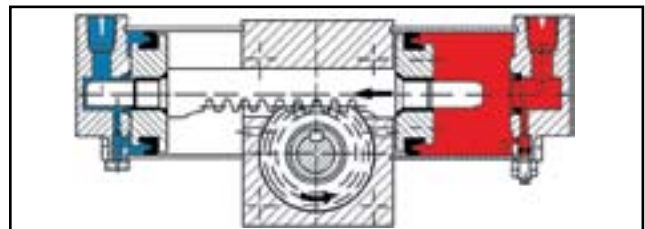
Osciladores Hidráulicos

Convertem energia hidráulica em movimento rotativo, sob um determinado número de graus.



O oscilador hidráulico é um atuador rotativo com campo de giro limitado. Um tipo muito comum de atuador rotativo é chamado de atuador de cremalheira e pinhão. Esse tipo especial de atuador rotativo fornece um torque uniforme em ambas as direções e através de todo o campo de rotação. Nesse mecanismo, a pressão do fluido acionará um pistão que está ligado à cremalheira que gira o pinhão.

Unidades de cremalheira e pinhão do tipo standard podem ser encontradas em rotações de 90, 180, 360 graus ou mais. As variações dos atuadores de cremalheira e pinhão podem produzir unidades com saídas de torque de até 60×10^4 kgf.m.

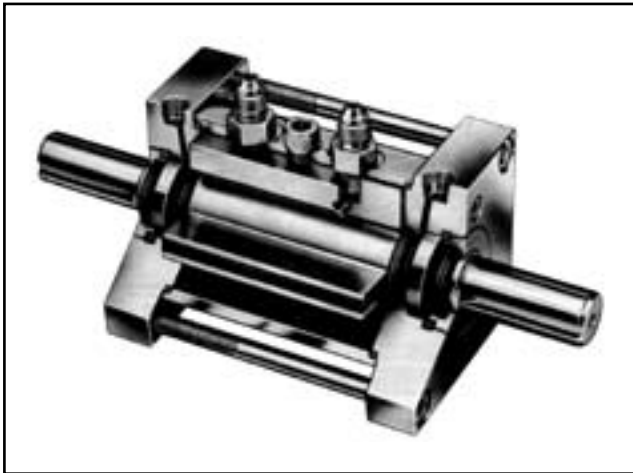


Oscilador de Palheta

Tipos

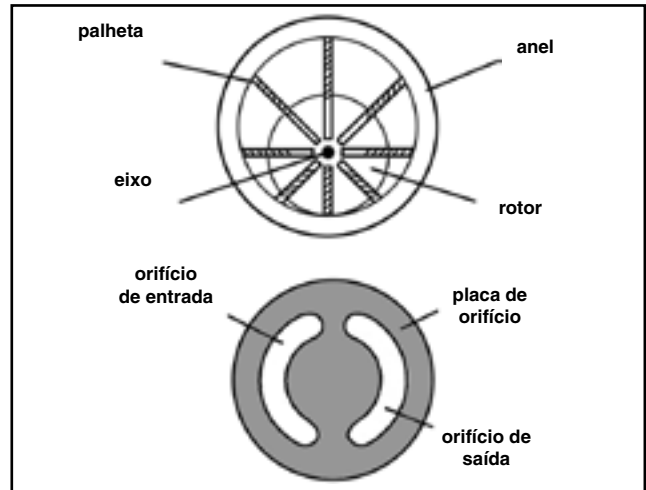
Palheta Simples
Palheta Dupla

Estes modelos são providos de máximo valor de saída de torque para um tamanho reduzido. Utilizados para uma grande variedade de aplicações industriais, são disponíveis em modelo de palheta simples, onde possui um ângulo de rotação máxima de 280°. A unidade de palheta dupla produz em dobro o torque de saída para uma mesma dimensão de carcaça e tem um giro máximo limitado a 100°.



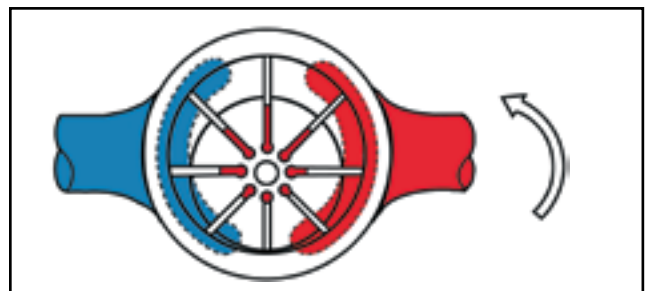
Os motores hidráulicos transformam a energia de trabalho hidráulico em energia mecânica rotativa, que é aplicada ao objeto resistivo por meio de um eixo.

Todos os motores consistem basicamente de uma carcaça com conexões de entrada e saída e de um conjunto rotativo ligado a um eixo. O conjunto rotativo, no caso particular do motor tipo palheta ilustrado, consiste de um rotor e de palhetas que podem deslocar-se para dentro e para fora nos alojamentos das palhetas



Funcionamento

O rotor do motor é montado em um centro que está deslocado do centro da carcaça. O eixo do rotor está ligado a um objeto que oferece resistência. Conforme o fluido entra pela conexão de entrada, a energia de trabalho hidráulica atua em qualquer parte da palheta exposta no lado da entrada. Uma vez que a palheta superior tem maior área exposta à pressão, a força do rotor fica desbalanceada e o rotor gira.



Conforme o líquido alcança a conexão de saída, onde está ocorrendo diminuição do volume, o líquido é recolocado.

Nota: Antes que um motor deste tipo possa operar, as palhetas devem ser estendidas previamente e uma vedação positiva deve existir entre as palhetas e a carcaça.

Motores Hidráulicos

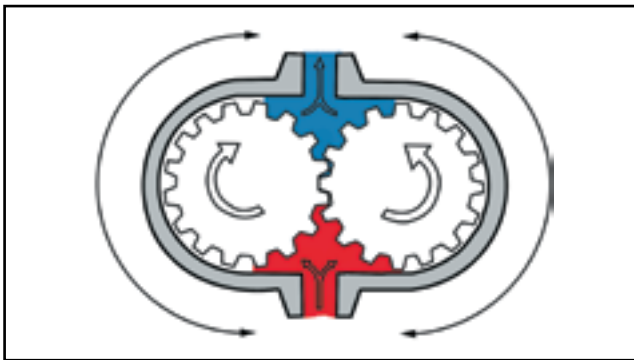


Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

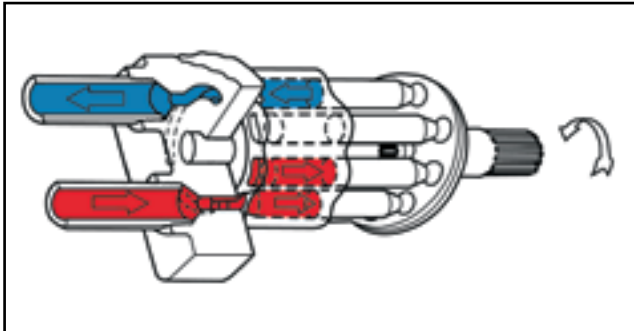
Motores de Engrenagem

Um motor de engrenagem é um motor de deslocamento positivo que desenvolve um torque de saída no seu eixo, através da ação da pressão hidráulica nos dentes da engrenagem.

Um motor de engrenagem consiste basicamente de uma carcaça com aberturas de entrada e de saída e um conjunto rotativo composto de duas engrenagens. Uma das engrenagens, a engrenagem motora, é ligada a um eixo que está ligado a uma carga. A outra é a engrenagem movida.



Motores de Pistão

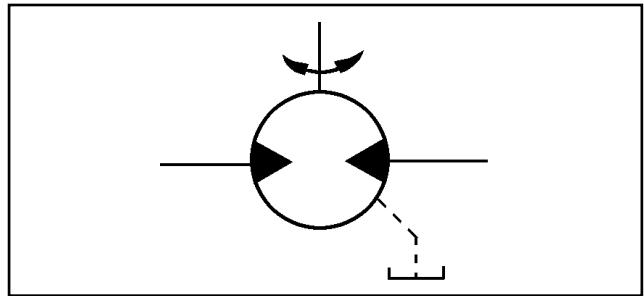


O motor de pistão é um motor de deslocamento positivo que desenvolve um torque de saída no seu eixo por meio da pressão hidráulica que age nos pistões.

O conjunto rotativo de um motor de pistão consiste basicamente de placa de deslizamento, tambor de cilindro, pistões, placa retentora, mola de retenção, placa de orifício e eixo.

Os Motores Hidráulicos trabalham no Princípio Inverso de uma Bomba Hidráulica

Drenos de Motor



Os motores usados em sistemas hidráulicos industriais são quase que exclusivamente projetados para serem bidirecionais (operando em ambas as direções). Mesmo aqueles motores que operam em sistema de uma só direção (unidirecional) são provavelmente motores bidirecionais de projeto.

Com a finalidade de proteger a sua vedação do eixo, os motores bidirecionais, de engrenagem de palheta e de pistão são, de modo geral, drenados externamente.

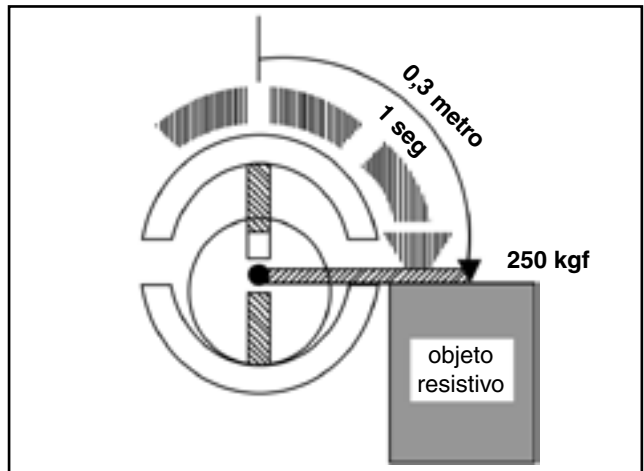
Potência Mecânica

A unidade de potência mecânica é o :

$$\frac{\text{kgf.m}}{\text{s}} : 9,81 = \frac{\text{joule}}{\text{s}} = \text{W}$$

Obs.: O **cavalo - vapor** é uma medida de potência muito usada e equivale a:

$$1 \text{ cv} = 735,75\text{W} = \frac{75 \text{ kgf.m}}{\text{s}}$$



Se um cilindro ou um motor hidráulico aplica uma força mecânica de 250 kgf contra uma carga resistível à distância de 0,3 metros no tempo de um segundo, a potência gerada é de $250 \text{ kgf} \times 0,3 \text{ m/s} = 75,0 \text{ kgf.m/s}$ ou 736 J/s ou 736 W . A potência equivale a:

$$\frac{736\text{W}}{746\text{W/HP}} = 0,986 \text{ HP}$$

Se o mesmo trabalho fosse realizado em meio segundo a potência desenvolvida seria de 1472 W ou $1,972 \text{ HP}$.

Equivalência em Potência Elétrica e Calor.

- 1 cv = 0,986 HP
- 1 cv = 4.500 kgm/mim ou 75 kgm/s
- 1 cv = 736 W (potência elétrica)
- 1 cv = 41,8 BTU/min = 10,52 kcal/s
- 1 HP = 33.000 lb pé por minuto
- 1 HP = 746 W
- 1 HP = 42,4 BTU/min

Acumuladores Hidráulicos



Um acumulador armazena pressão hidráulica. Esta pressão é energia potencial, uma vez que ela pode ser transformada em trabalho.

Tipos de Acumuladores

Os acumuladores são basicamente de 3 tipos: carregados por peso, carregados por mola e hidropneumáticos.

Entre os 3 tipos apresentados ilustraremos o princípio de funcionamento dos acumuladores hidropneumáticos por serem os mais empregados.

Acumuladores Hidropneumáticos

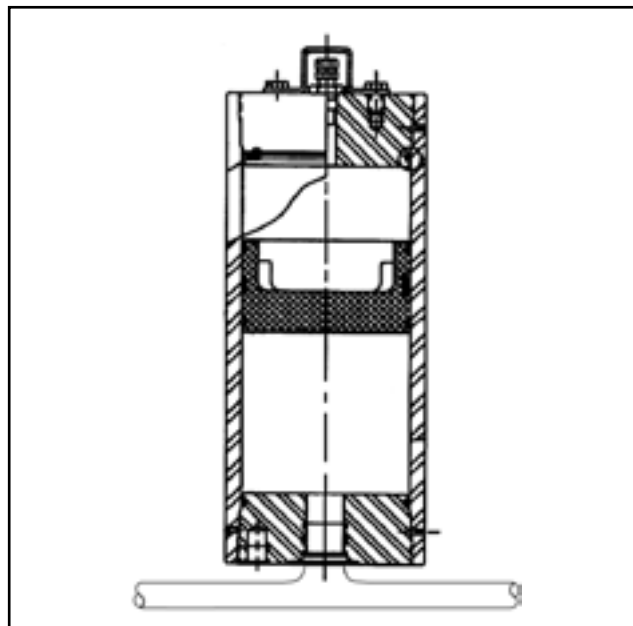
O acumulador hidropneumático é o tipo mais comum de acumulador usado na hidráulica industrial. Esse tipo de acumulador aplica a força do líquido usando um gás comprimido, que age como mola.

Nota: Em todos os casos de acumuladores hidropneumáticos de aplicação industrial, o gás usado é o nitrogênio seco. Ar comprimido não pode ser usado por causa do perigo de explosão - vapor ar-óleo.

Os acumuladores hidropneumáticos estão divididos nos tipos: pistão, diafragma e bexiga. O nome de cada tipo indica a forma de separação do líquido do gás.

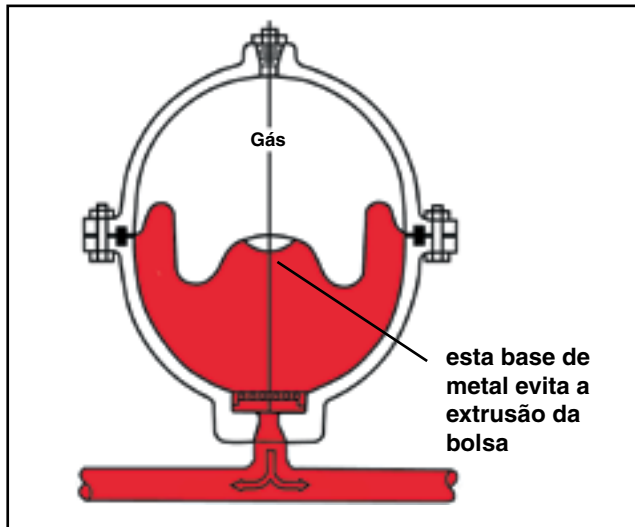
Acumuladores Tipo Pistão

O acumulador tipo pistão consiste de carcaça e pistão móvel. O gás que ocupa o volume acima do pistão fica comprimido conforme o líquido é recalçado na carcaça. Quando o acumulador fica cheio, a pressão do gás se iguala à pressão do sistema.



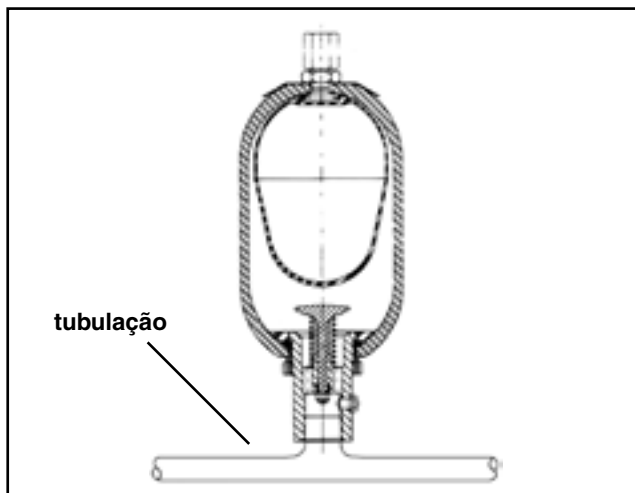
Acumuladores Tipo Diafragma

O acumulador do tipo diafragma consiste de dois hemisférios de metal, que são separados por meio de um diafragma de borracha sintética. O gás ocupa uma câmara e o líquido entra na outra.



Acumuladores Tipo Bexiga

O acumulador tipo balão consiste de uma bexiga de borracha sintética dentro de uma carcaça de metal. A bexiga é enchida com gás comprimido. Uma válvula do tipo assento, localizada no orifício de saída, fecha o orifício quando o acumulador está completamente vazio.



6. Válvula de Controle de Pressão

Generalidades

As válvulas, em geral, servem para controlar a pressão, a direção ou o volume de um fluido nos circuitos hidráulicos.

As válvulas que estudaremos nesta unidade são do tipo controladoras de pressão, que são usadas na maioria dos sistemas hidráulicos industriais.

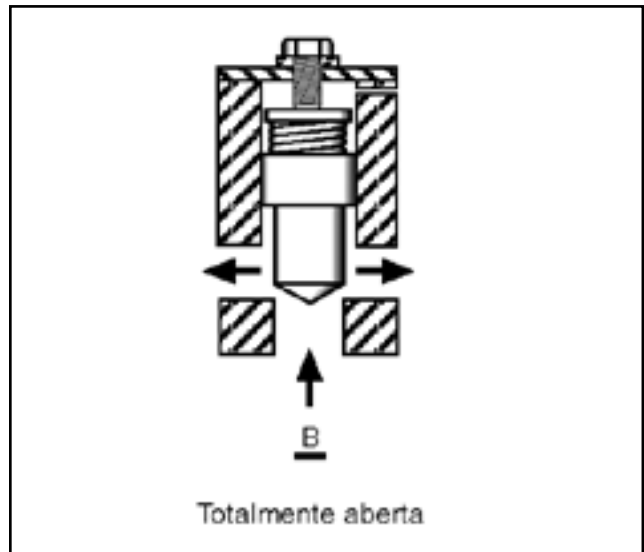
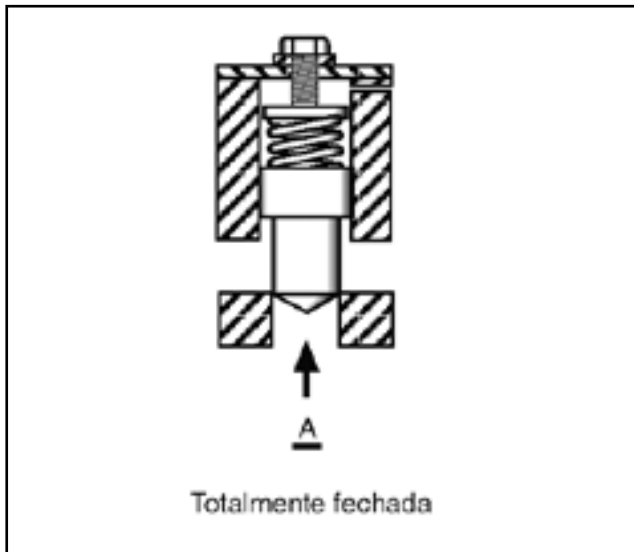
Essas válvulas são utilizadas para:

- ▷ 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.

São classificadas de acordo com o tipo de conexão, pelo tamanho e pela faixa de operação.

A base de operação dessas válvulas é um balanço entre pressão e força da mola.

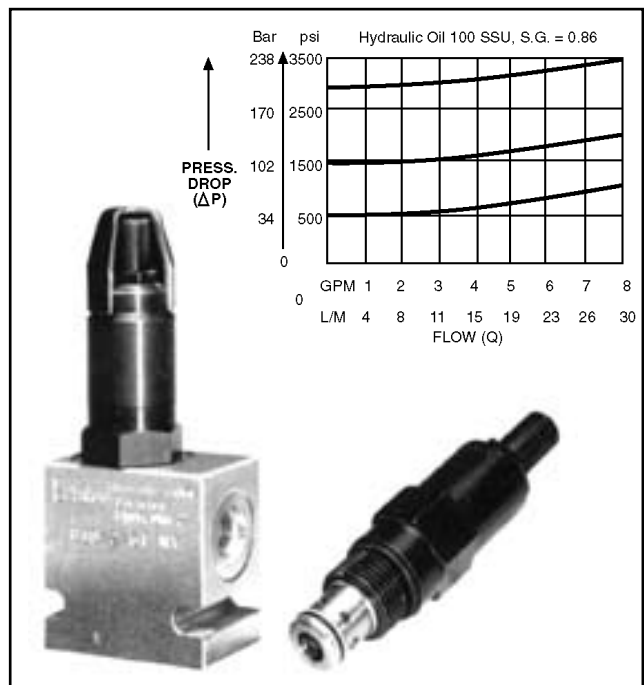
A válvula pode assumir várias posições, entre os limites de totalmente fechada a totalmente aberta.



As válvulas controladoras de pressão são usualmente assim chamadas por suas funções primárias abaixo relacionadas.

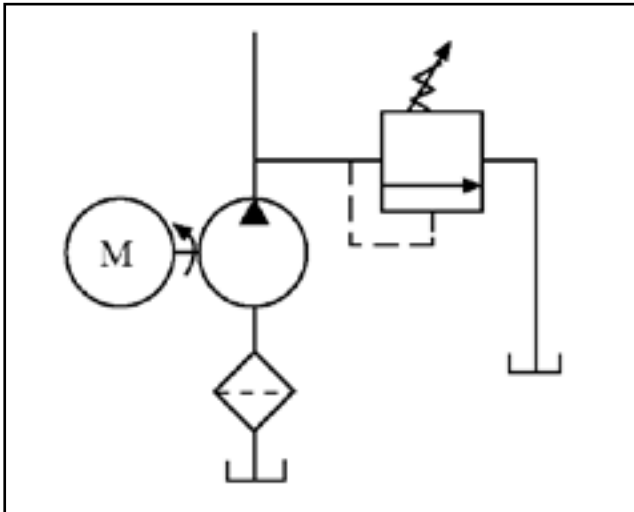
- ▷ Válvula de Segurança
- ▷ Válvula de Sequência
- ▷ Válvula de Descarga
- ▷ Válvula Redutora de Pressão
- ▷ Válvula de Frenagem
- ▷ Válvula de Contrabalanço

Limitadora de Pressão



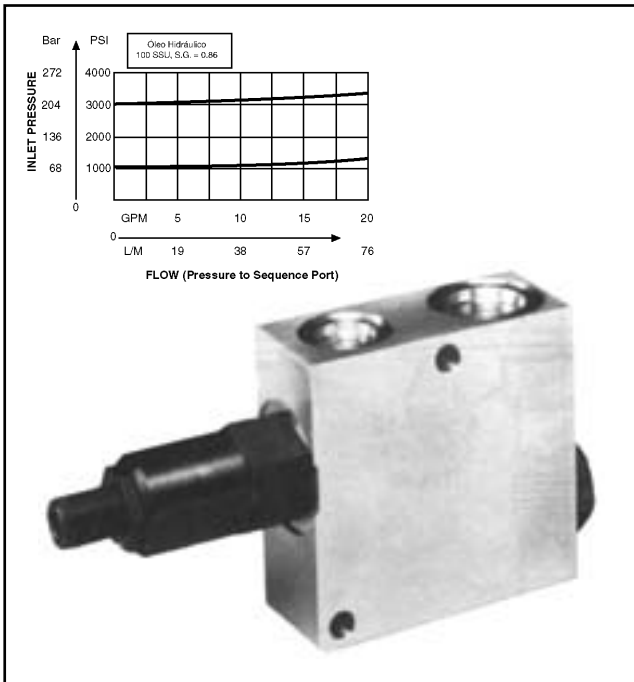
Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

A pressão máxima do sistema pode ser controlada com o uso de uma válvula de pressão normalmente fechada. Com a via primária da válvula conectada à pressão do sistema e a via secundária conectada ao tanque, o carretel no corpo da válvula é acionado por um nível predeterminado de pressão, e neste ponto as vias primárias e secundárias são conectadas e o fluxo é desviado para o tanque. Esse tipo de controle de pressão normalmente fechado é conhecido como válvula limitadora de pressão.



Válvula de Sequência

Uma válvula de controle de pressão normalmente fechada, que faz com que uma operação ocorra antes da outra, é conhecida como válvula de sequência.

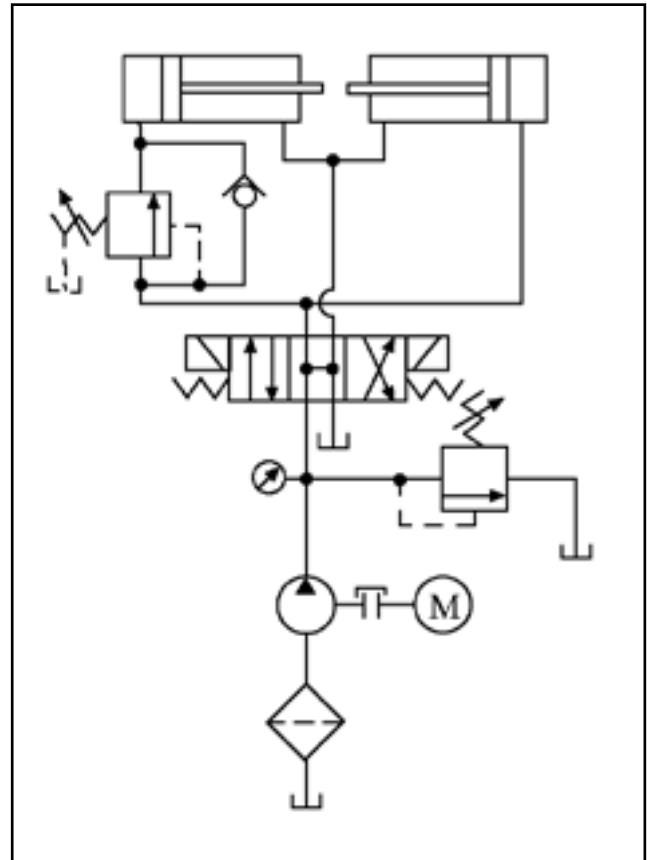


Válvula de Sequência no Circuito

Num circuito com operações de fixação e usinagem, o cilindro de presilhamento deve avançar antes do cilindro da broca. Para que isto aconteça, uma válvula de sequência é colocada na linha do circuito, imediatamente antes do cilindro da broca.

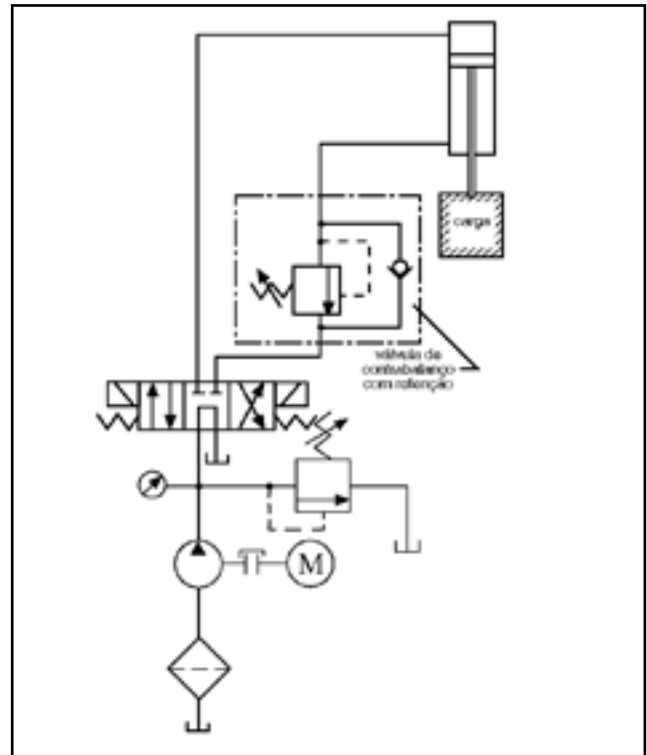
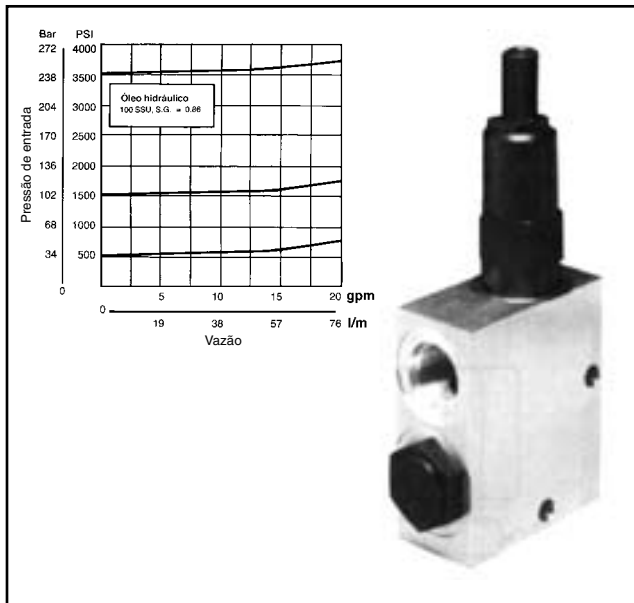
A mola na válvula de sequência não permitirá que o carretel interligue as vias primárias e secundárias até que a pressão seja maior do que a mola. O fluxo para o cilindro da broca é bloqueado. Desta maneira, o cilindro de presilhamento avançará primeiro. Quando o grampo entra em contato com a peça, a bomba aplica mais pressão para vencer a resistência.

Esse aumento de pressão desloca o carretel na válvula de sequência. As vias principal e secundária são interligadas. O fluxo vai para o cilindro da broca.



Válvula de Contrabalanço

Uma válvula de controle de pressão normalmente fechada pode ser usada para equilibrar ou contrabalançar um peso, tal como o da prensa a que nos referimos. Esta válvula é chamada de válvula de contrabalanço.

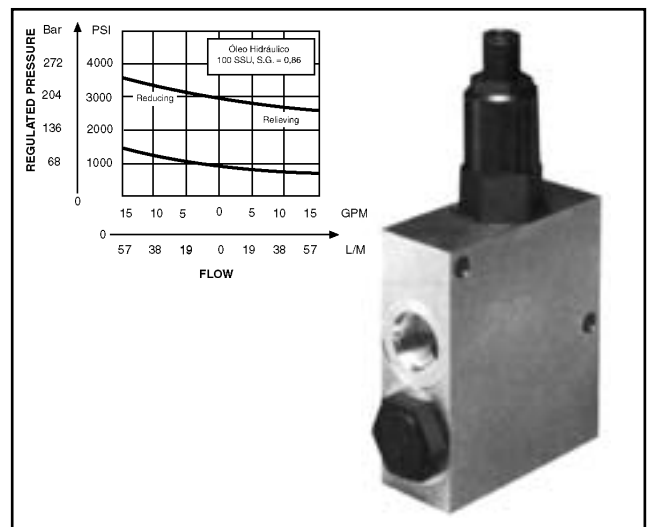


Válvula Redutora de Pressão

Válvula de Contrabalanço no Circuito

Num circuito de uma prensa, quando a válvula direcional remete fluxo para o lado traseiro do atuador, o peso fixado à haste cairá de maneira incontrolável. O fluxo da bomba não conseguirá manter-se.

Para evitar esta situação, uma válvula de pressão normalmente fechada é instalada abaixo do cilindro da prensa. O carretel da válvula não conectará as vias principal e secundária até que uma pressão, que é transmitida à extremidade do carretel, seja maior do que a pressão desenvolvida pelo peso (isto é, quando a pressão do fluido estiver presente no lado traseiro do pistão). Deste modo, o peso é contrabalanceado em todo o seu curso descendente.



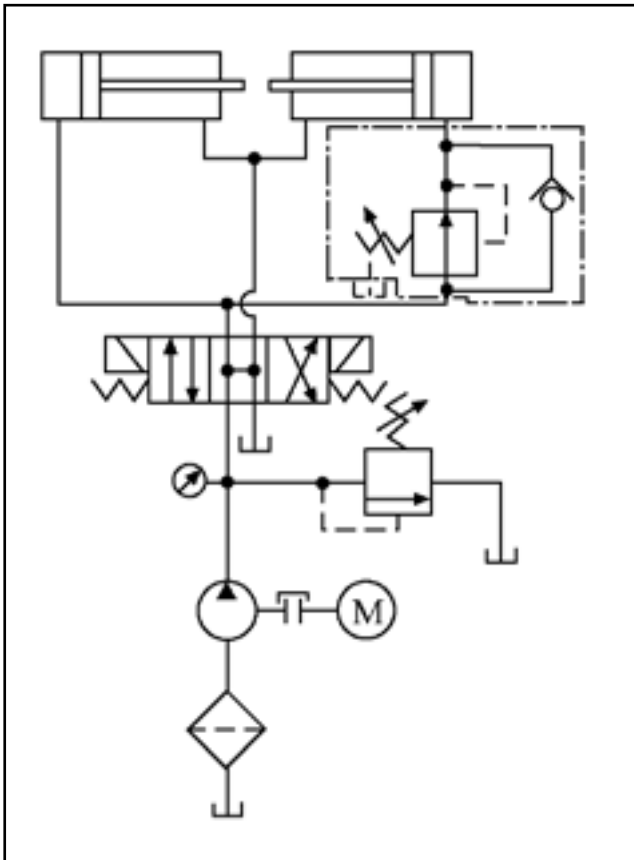
Uma válvula redutora de pressão é uma válvula de controle de pressão normalmente aberta. Uma válvula redutora de pressão opera sentindo a pressão do fluido depois de sua via através da válvula. A pressão nestas condições é igual à pressão ajustada da válvula, e o carretel fica parcialmente fechado, restringindo o fluxo. Esta restrição transforma todo o excesso de energia de pressão, adiante da válvula, em calor.

Se cair a pressão depois da válvula, o carretel se abrirá e permitirá que a pressão aumente novamente.

Válvula Redutora de Pressão no Circuito

O circuito de fixação mostrado na ilustração requer que o grampo do cilindro B aplique uma força menor do que o grampo do cilindro A. Uma válvula redutora de pressão colocada logo em seguida ao cilindro B permitirá que o fluxo vá para o cilindro até que a pressão atinja a da regulagem da válvula.

Neste ponto, o carretel da válvula é acionado, causando uma restrição àquela linha do circuito. O excesso de pressão, adiante da válvula, é transformado em calor. O cilindro B grampeia a uma pressão reduzida.



Válvula de Descarga



Uma válvula de descarga é uma válvula de controle de pressão normalmente fechada operada remotamente, que dirige fluxo para o tanque quando a pressão, numa parte remota do sistema, atinge um nível predeterminado.

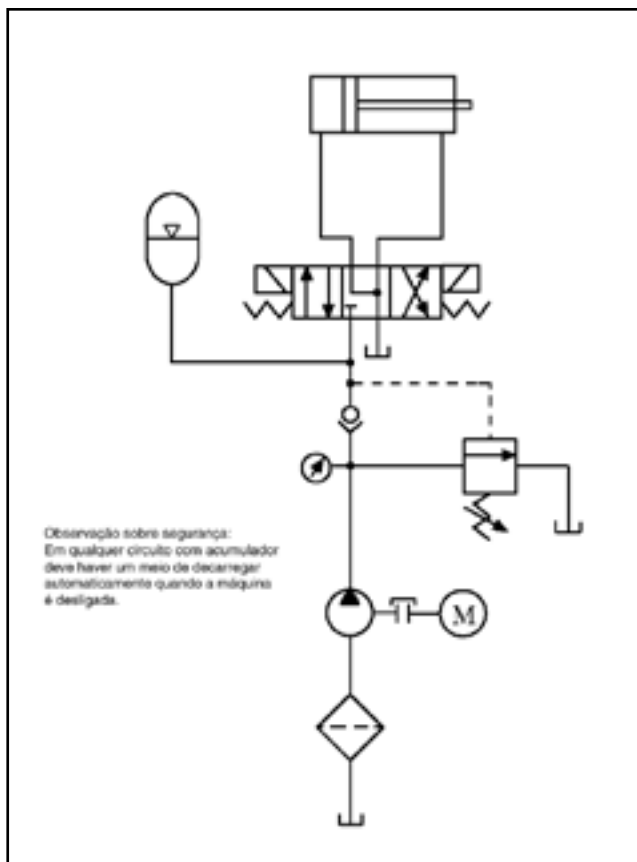
Válvula de Descarga no Circuito

Uma válvula limitadora de pressão operada diretamente, usada num circuito de acumulador, significa que, uma vez que o acumulador é carregado, o fluxo da bomba retorna ao tanque a uma pressão igual à da válvula limitadora de pressão. Isso significa um desperdício de potência e uma desnecessária geração de calor. Uma válvula de descarga operada remotamente, com sua linha piloto conectada depois da válvula de retenção, permitirá que o fluxo da bomba retorne ao tanque a uma pressão mínima quando o acumulador estiver pressurizado à mesma pressão do ajuste da válvula.

A bomba não precisa aplicar uma pressão alta para operar a válvula de descarga, porque a válvula recebe pressão de outra parte do sistema. Desde que a pressão aplicada pela bomba seja desprezível, a potência também o é:

Drenos

$$1 \text{ HP} = (\text{l/min}) \times (\text{kgf/cm}^2) \times 0,0022$$



O carretel, numa válvula de controle de pressão, se movimenta dentro de uma via e geralmente há algum vazamento de fluido na via acima do carretel. Esta é uma ocorrência normal que serve para lubrificá-lo.

Para que a válvula de pressão opere adequadamente, a área acima do carretel deve ser drenada continuamente para que o líquido não prejudique o movimento do carretel. Isso é feito com uma via dentro do corpo da válvula, que está conectada ao reservatório.

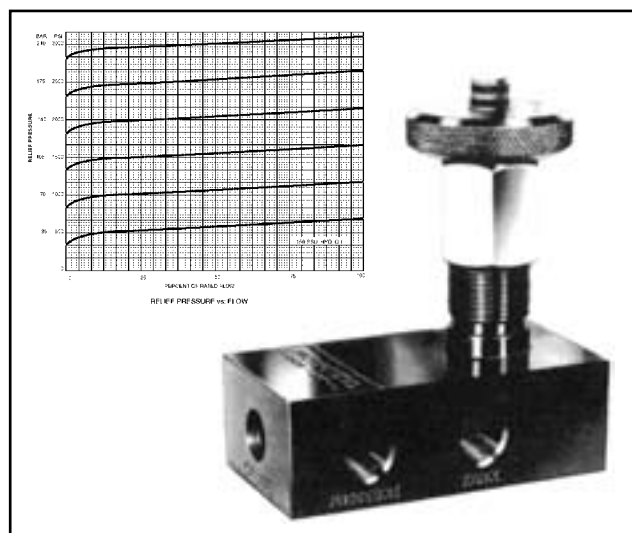
Dreno Interno

Se uma via secundária de uma válvula de pressão estiver interligada ao reservatório, como nas aplicações da válvula limitadora de pressão e da válvula de contrabalanço, a via do dreno ficará interligada internamente à via do tanque ou à via secundária da válvula. Isto é conhecido como dreno interno.

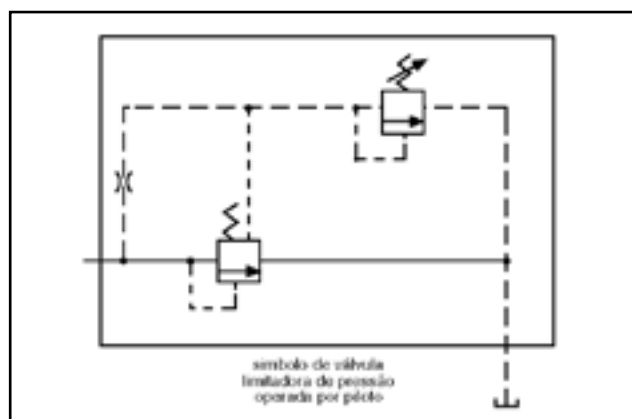
Dreno Externo

Se a linha secundária de uma válvula de pressão for uma linha de pressão (ou, em outras palavras, se ela realiza trabalho) como nas aplicações da válvula de redução de pressão e na válvula de seqüência, a via do dreno ficará interligada ao tanque por meio de uma linha separada. Isso é um dreno externo. As válvulas de seqüência e as válvulas de redução de pressão são sempre drenadas externamente.

Válvulas de Controle de Pressão Operadas por Piloto



Diferentemente de uma válvula de controle de pressão simples ou de acionamento direto, onde um carretel é mantido comprimido somente pela pressão da mola, uma válvula operada por piloto tem o seu carretel comprimido tanto pelo fluido como pela pressão da mola. Essa combinação elimina a alta sobrecarga comumente encontrada nas válvulas de pressão operadas de modo direto.

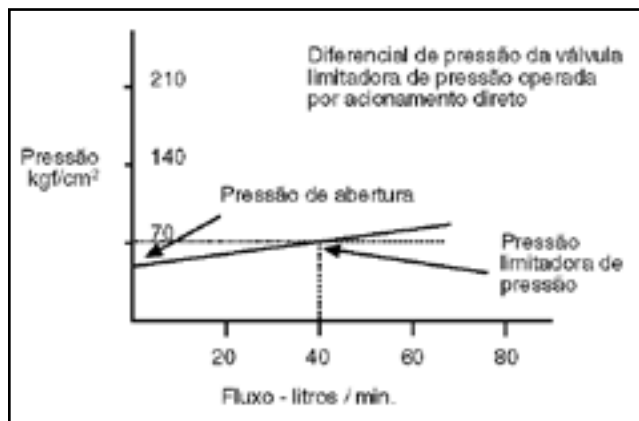


Diferencial de Pressão Característico das Válvulas Operadas por Acionamento Direto

O diferencial de pressão de uma válvula de pressão pode ser melhor descrito com um exemplo:

O gráfico mostra o funcionamento de uma válvula limitadora de pressão operada por acionamento direto, num sistema típico. A válvula é solicitada a passar o fluxo de 40 litros/min a 70 kgf/cm².

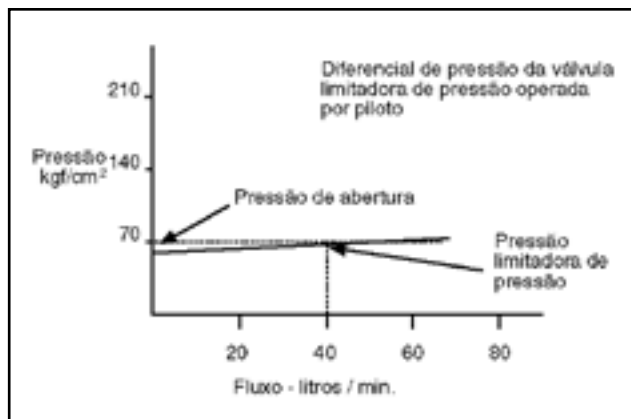
Para executar esta função, a válvula começa a abrir a uma pressão mais baixa. Isto faz com que uma porção pequena de fluxo do sistema retorne para o tanque. À medida que aumenta a pressão, a mola do carretel fica continuamente comprimida para formar uma abertura mais larga para o fluxo crescente que retorna ao tanque. Finalmente, a 70 kgf/cm², um fluxo total de 40 litros/min passa através da válvula. Se, por alguma razão o fluxo aumentar, haverá um aumento de pressão acima do nível de 70 kgf/cm². Uma válvula que opera por acionamento direto atua desta forma por causa da compressão da mola do carretel.



Diferencial de Pressão de Válvulas Operadas por Piloto (Pré-Operada)

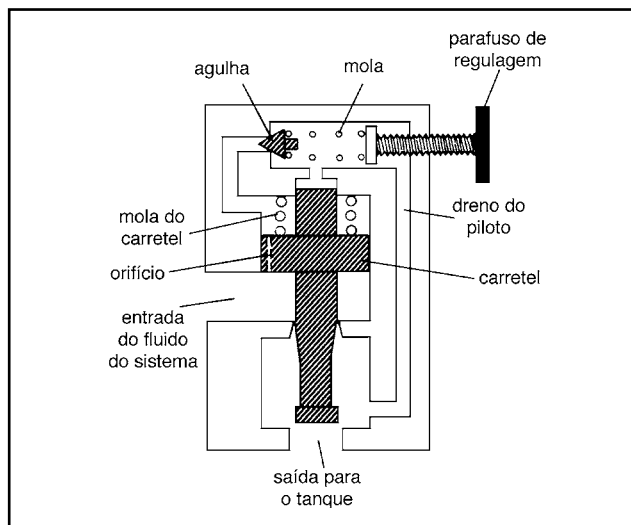
Uma válvula limitadora de pressão operada por piloto evita uma pressão de abertura prematura e uma sobrecarga, eliminando a pesada mola do carretel. A pressão do fluido e uma mola de baixa pressão pressionam o carretel da válvula.

Quando uma certa pressão é atingida, o carretel é ativado. Qualquer leve sobrecarga que resulta de um aumento na vazão é principalmente devida à compressão da mola de baixa pressão.



Uma válvula limitadora de pressão operada por piloto consiste de duas válvulas - uma válvula principal e uma válvula piloto.

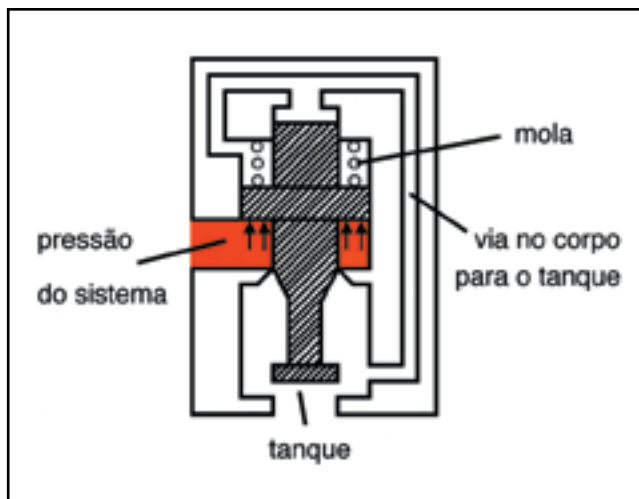
A válvula principal é composta de um corpo com um orifício e uma mola comprimindo o carretel. A válvula piloto consiste de uma agulha, mola que comprime a agulha e parafuso de regulagem.



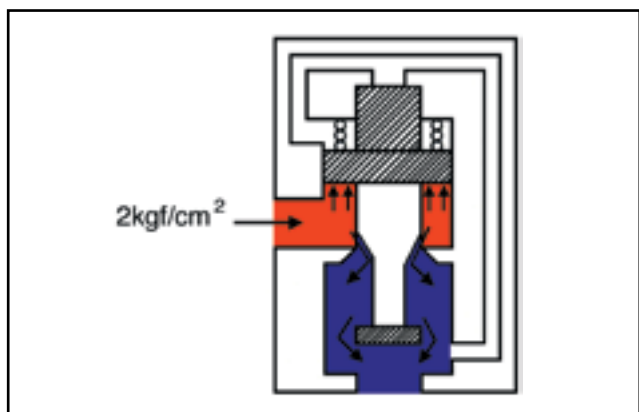
Como trabalha uma Válvula Limitadora de Pressão Operada por Piloto

Para entender a operação de uma válvula limitadora de pressão operada por piloto, observaremos a operação independente da válvula principal e da válvula piloto. O carretel da válvula principal é comprimido por uma mola leve. A haste do carretel da válvula principal fecha a saída para o tanque.

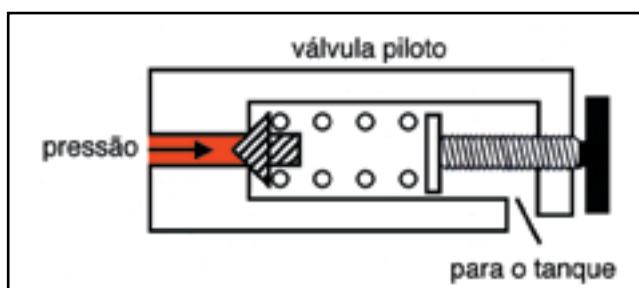
A pressão do sistema atua na sapata do carretel. Qualquer vazamento que passe pelo carretel é drenado internamente de volta para o tanque através de uma via no corpo da válvula.



Se a mola que comprime o carretel da válvula principal tiver um valor de 2 kgf/cm^2 , o carretel será empurrado para cima e o fluxo do sistema passará para o tanque quando a pressão do sistema atingir 2 kgf/cm^2 . Desta maneira, a válvula funciona como qualquer das válvulas de controle de pressão, sobre as quais comentamos até agora.

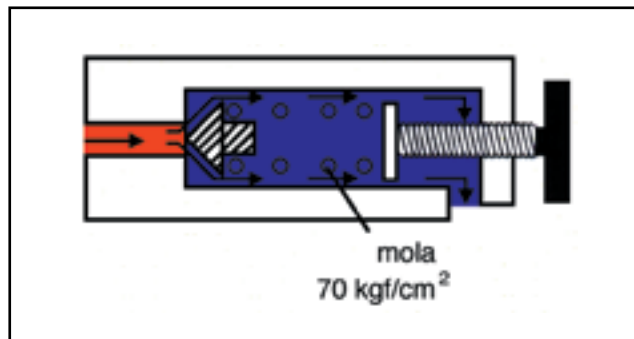


A parte móvel de uma válvula piloto é a agulha. A área da agulha exposta à pressão hidráulica é relativamente pequena. A mola que comprime a agulha sobre a sua sede é bastante firme. A combinação de uma área pequena e uma mola forte significa que a agulha permanece assentada até que uma alta pressão seja atingida.



Se a mola que comprime a agulha tem um valor de 70 kgf/cm^2 , a agulha permanecerá assentada até que essa pressão seja atingida. Neste momento, a agulha se erguerá e o fluxo passará para o tanque. Consequentemente a pressão ficará limitada a 70 kgf/cm^2 . Desta maneira, a válvula piloto atua como qualquer das válvulas de controle de pressão comprimidas por molas, tal como já vimos.

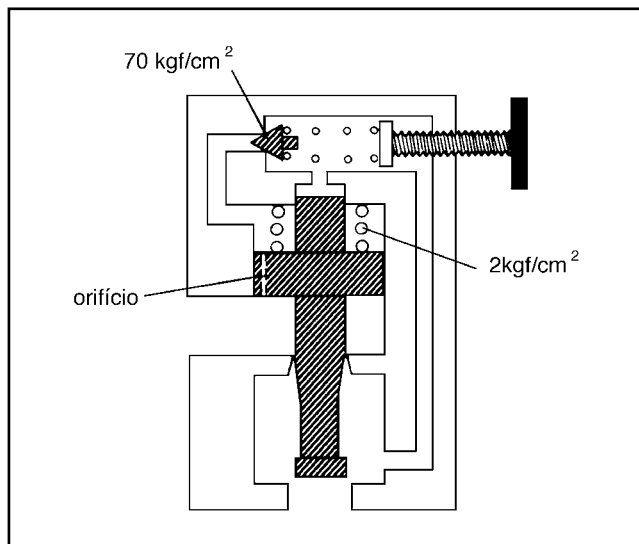
A válvula piloto é um controle de pressão simples, comprimido por mola, submetido a vazões pequenas e altas pressões.



A válvula principal é um sistema simples de controle de pressão por mola, submetido a alta vazão e baixa pressão. Usando-se ambas as válvulas, vazões elevadas podem ser controladas a altas pressões sem o perigo de uma abertura prematura, quebra ou um diferencial elevado.

Numa válvula limitadora de pressão operada por piloto, o carretel da válvula principal é operado por uma mola de baixa pressão e pela pressão do fluido na câmara da mola. A máxima pressão de fluido que pode comprimir o carretel é determinada pela regulagem da válvula piloto. Para permitir que a pressão se acumule na câmara da mola, um orifício ou furo é usinado através da carcaça do carretel da válvula principal.

Para ilustrar a operação de uma válvula limitadora de pressão operada por piloto, considere que a mola que comprime o carretel da válvula principal tem um valor de 2 kgf/cm^2 , e que a válvula piloto limitará a pressão do piloto, na câmara da mola em 70 kgf/cm^2 .

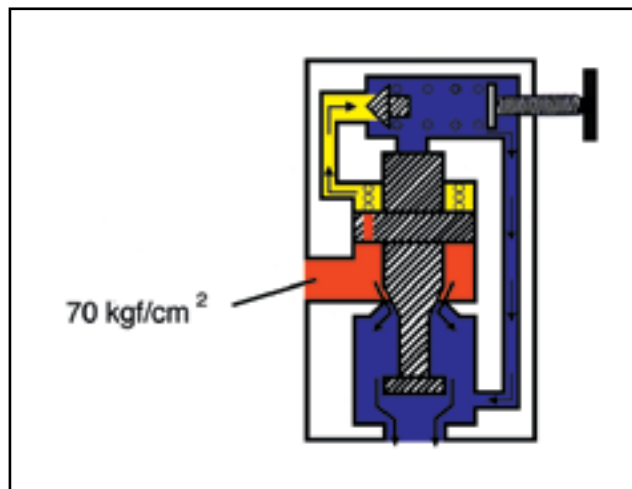


Com uma pressão de sistema de 56 kgf/cm^2 , 56 kgf/cm^2 estão atuando para empurrar o carretel para cima. Os 56 kgf/cm^2 são transmitidos através do orifício para a câmara da mola e atuam para manter o carretel para baixo. As áreas expostas à pressão em ambos os lados da carcaça do carretel são iguais. Deste modo, o carretel fica equilibrado, exceto pela mola de 2 kgf/cm^2 .

Consequentemente, há uma pressão hidráulica de 56 kgf/cm^2 tentando erguer o carretel, e uma pressão mecânica hidráulica total de 58 kgf/cm^2 mantendo o carretel assentado.

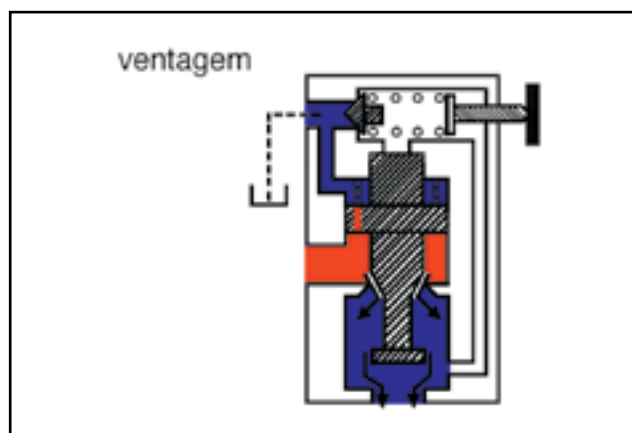
Quando a pressão do sistema se eleva para 70 kgf/cm^2 , estes atuarão para empurrar o carretel para cima. Desde que a válvula piloto esteja regulada para limitar a pressão do fluido, na câmara da válvula em 70 kgf/cm^2 , a agulha da válvula fica assentada e a pressão do piloto acima do carretel é de 70 kgf/cm^2 . Esta é uma pressão total hidráulica e mecânica de 72 kgf/cm^2 atuando para manter o carretel para baixo. A pressão total que atua para baixo é ainda maior do que a pressão que atua para cima.

A pressão máxima que pode comprimir o carretel na posição para baixo é de 70 kgf/cm^2 , o carretel será empurrado para cima quando a pressão na câmara da mola ultrapassar 70 kgf/cm^2 , com isto ocorrerá a abertura da agulha da válvula piloto provocando o desbalanceamento do carretel da válvula principal e o fluxo passará para o tanque.



Em nosso exemplo, até uma pressão de 70 kgf/cm^2 , a pressão total, hidráulica e mecânica, que comprime o carretel é de 72 kgf/cm^2 . Entre 70 kgf/cm^2 e 72 kgf/cm^2 , a diferença se torna menor até que, a qualquer pressão acima de 70 kgf/cm^2 , o carretel da válvula principal se abra.

Ventagem de uma Válvula Limitadora de Pressão Operada por Piloto



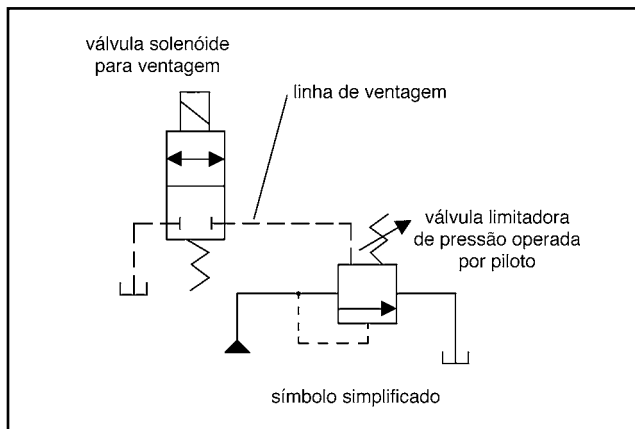
O ato de ventar uma válvula limitadora de pressão refere-se à liberação da pressão de fluido que comprime o carretel principal de uma válvula limitadora de pressão operada por piloto.

Liberando-se esta pressão piloto, a única pressão que mantém o carretel fechado é a pressão baixa da mola. O resultado disso é que a bomba aplica uma pressão relativamente baixa para retornar o seu fluxo para o tanque.

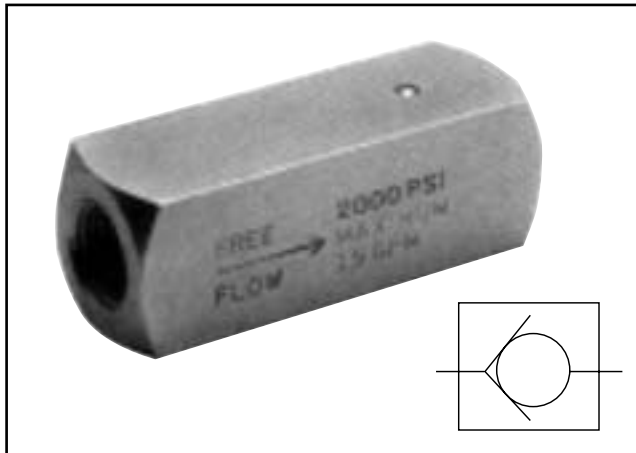
A ventagem de uma válvula limitadora de pressão é uma consideração importante diante do tempo de parada da máquina.

Quando nenhum trabalho útil está sendo executado pelo sistema, é desnecessário gastar energia para dirigir fluxo ao tanque sob um ajuste de pressão muito alto da válvula limitadora de pressão.

A ventagem de uma válvula limitadora de pressão operada por piloto é uma prática habitual em sistemas hidráulicos industriais.



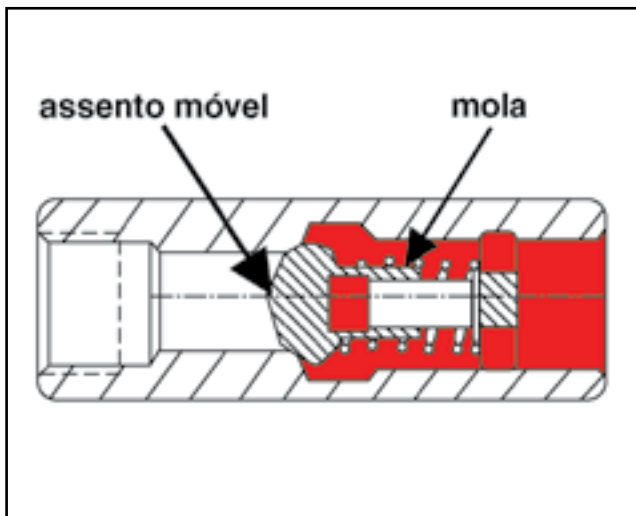
7. Válvulas de Retenção



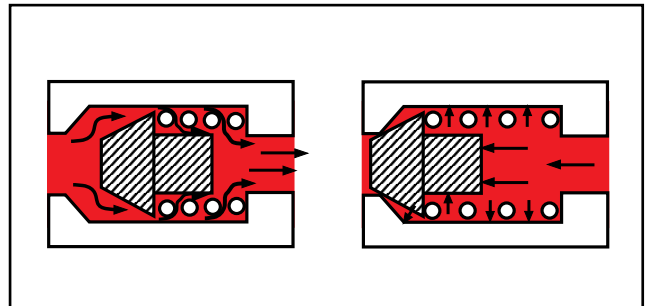
Válvulas de Retenção

As válvulas de retenção são aparentemente pequenas quando comparadas a outros componentes hidráulicos, mas elas são componentes que servem a funções muito variadas e importantes.

Uma válvula de retenção consiste basicamente do corpo da válvula, vias de entrada e saída e de um assento móvel que é preso por uma mola de pressão. O assento móvel pode ser um disco ou uma esfera, mas nos sistemas hidráulicos, na maioria das vezes, é uma esfera.



O fluido passa pela válvula somente em uma direção. Quando a pressão do sistema na entrada da válvula é muito alta, o suficiente para vencer a mola que segura o assento, este é deslocado para trás. O fluxo passa através da válvula. Isso é conhecido como fluxo direcional livre da válvula de retenção.



Se o fluido for impelido a entrar pela via de saída o assento é empurrado contra a sua sede. O fluxo estanca.

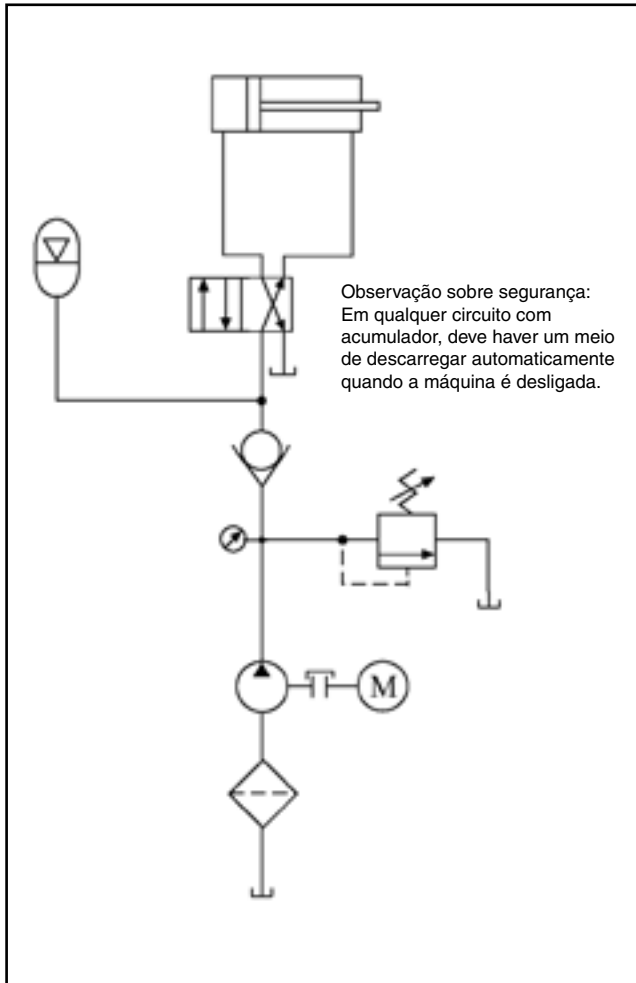
Válvula de Retenção no Circuito

Uma válvula de retenção é uma combinação de válvula direcional e válvula de pressão. Ela permite o fluxo somente em uma direção, por isto é uma válvula unidirecional.

A válvula de retenção é usada comumente em um sistema hidráulico, como válvula de "by pass". Isso permite que o fluxo contorne certos componentes, tais como as reguladoras de vazão que restringem o fluxo na direção contrária.

Uma válvula de retenção é também usada para isolar uma seção do sistema ou um componente, tal como um acumulador. Uma válvula de retenção permite evitar que um reservatório descarregue o fluxo de volta à válvula de descarga ou através da bomba.

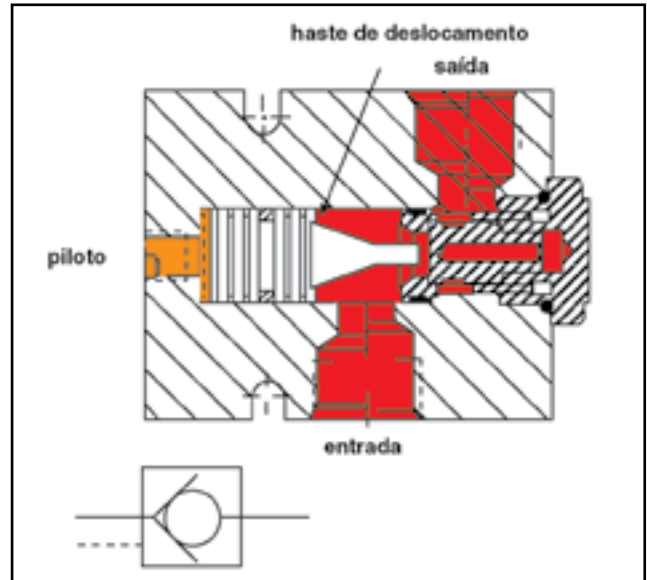
A parte móvel numa válvula de retenção está sempre presa por uma mola de baixa pressão. Quando uma mola mais forte é utilizada, a válvula de retenção pode ser usada como válvula de controle de pressão (isso não se faz comumente).



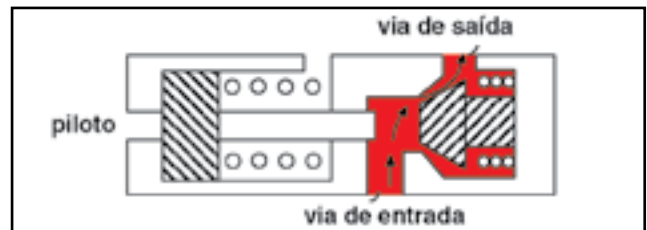
Válvula de Retenção Operada por Piloto

Uma válvula de retenção operada por piloto permite o fluxo em uma direção. Na direção contrária, o fluxo pode passar quando a válvula piloto deslocar o assento de sua sede no corpo da válvula.

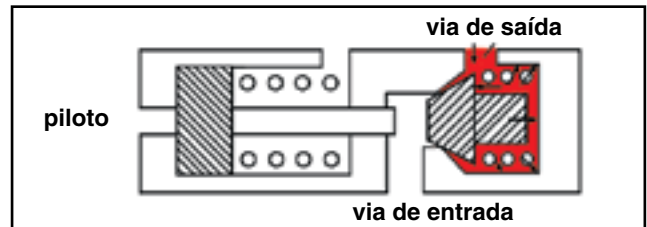
Uma válvula de retenção operada por piloto consiste do corpo da válvula, vias de entrada e saída, um assento pressionado por uma mola, como no caso da válvula de retenção. Do lado oposto do assento da válvula está a haste de deslocamento e o pistão do piloto. O piloto é pressurizado através do pistão pela conexão do piloto.



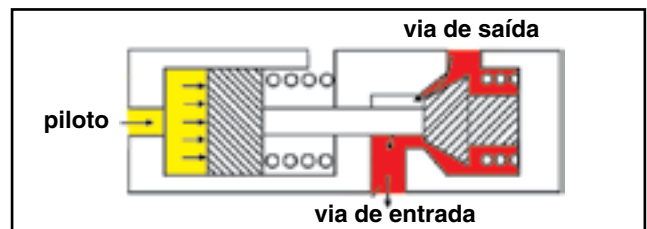
A válvula de retenção operada por piloto permite um fluxo livre da via de entrada para a via de saída igual a uma válvula de retenção comum.



O fluido impelido a passar através da válvula, através da via de saída para a via de entrada, pressiona o assento contra a sua sede. O fluxo através da válvula é bloqueado.



Quando uma pressão suficientemente alta age sobre o pistão do piloto, a haste avança e desloca o assento da sua sede.



O fluxo pode passar através da válvula, da via de saída para a via de entrada, desde que a pressão no piloto seja suficiente para manter o pistão da haste acionado.

8. Válvulas Controladoras de Vazão



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.

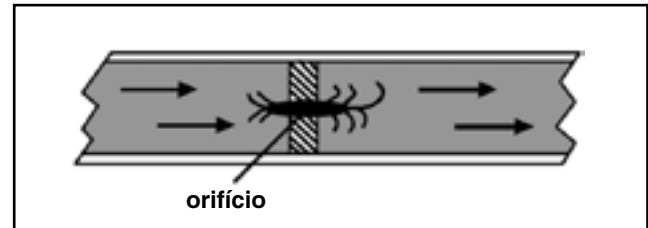
Para vencer a restrição, uma bomba de deslocamento positivo aplica uma pressão maior ao líquido, o que provoca um desvio de parte deste fluxo para outro caminho. Este caminho é geralmente para uma válvula limitadora de pressão, mas pode também ser para outra parte do sistema.

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.



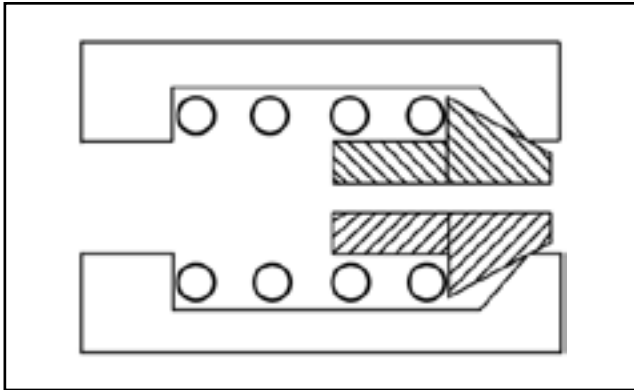
O tamanho de um orifício controla a taxa de fluxo através dele. Um exemplo do dia-a-dia é uma mangueira de jardim onde surgiu um vazamento.

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.

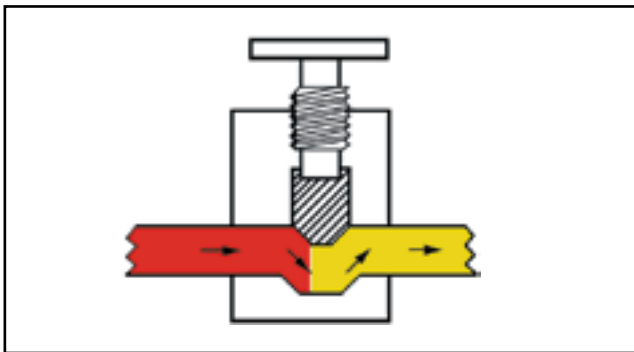
Orifício Fixo

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 preestabelecida pela fábrica.



Orifício Variável

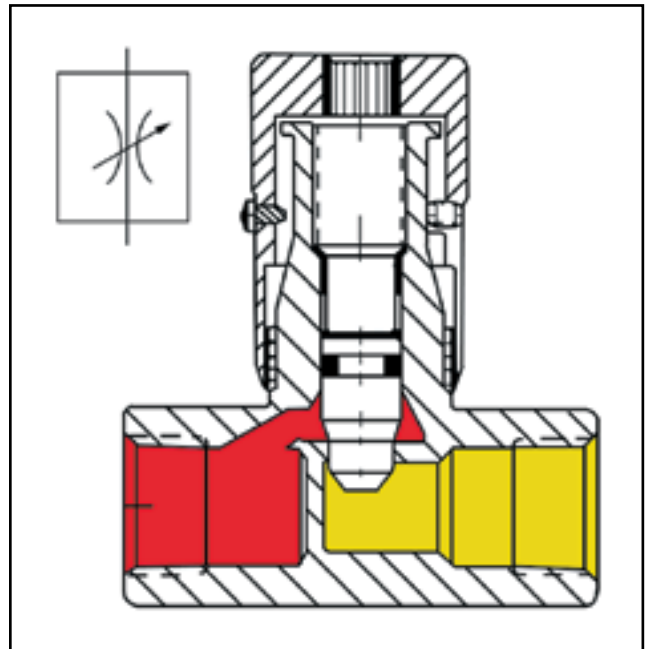
Muitas vezes um orifício variável é melhor do que um orifício fixo, por causa do seu grau de flexibilidade. Válvula de gaveta, válvulas globos e válvulas controladoras de vazão variável são exemplos de orifícios variáveis.



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.

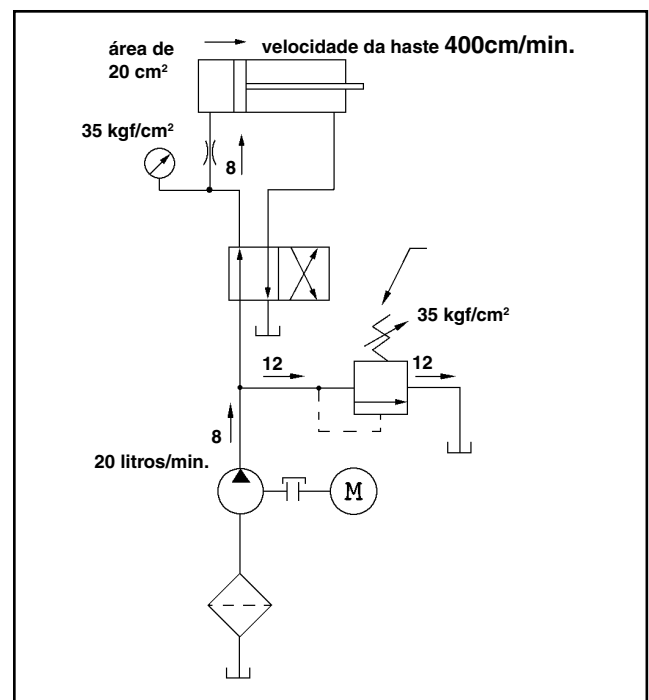
O tamanho da abertura é modificado pelo posicionamento do cone em relação à sua sede. O tamanho do orifício pode ser variado com ajuste muito fino devido ao parafuso de rosca fina na haste da agulha da válvula.



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



Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

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 e saem 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.

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

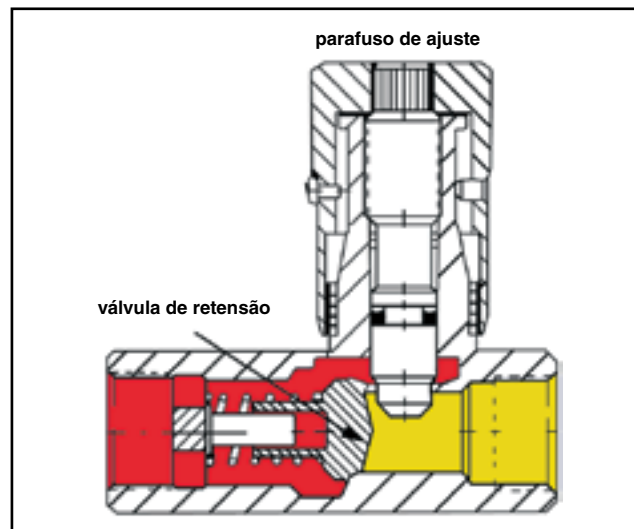
Se uma válvula controladora de vazão variável fosse usada no mesmo circuito, a velocidade da haste poderia ser modificada facilmente.

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 by pass. 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.



9. Introdução à Eletricidade Básica

A eletricidade tem sido um caminho usado pelo homem para lhe proporcionar benefícios no dia-a-dia. Podemos notar que a sua transformação, como uma forma de energia em outros tipos de energia, tem trazido grandes vantagens. Entretanto, ela precisa ser muito bem conhecida para poder ser usufruída em sua forma completa, sem oferecer perigo ao usuário.

Quando acionamos um botão para acender uma lâmpada, ligamos um ventilador, energizamos uma bobina, estamos desencadeando um mecanismo extremamente complexo. E tal fato nos passa despercebido devido à aparente simplicidade de tais operações.

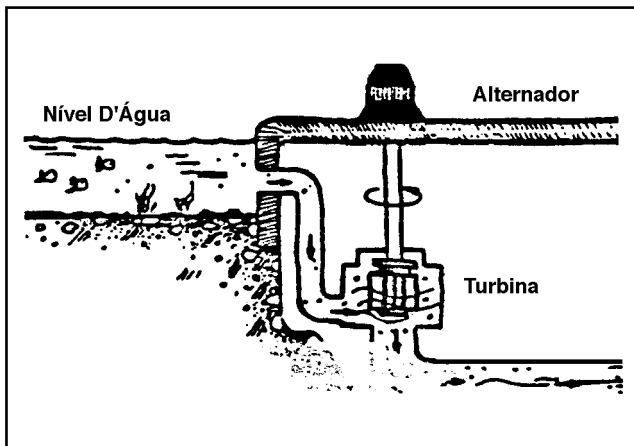
Daquilo que conhecemos sobre a eletricidade, certamente muito mais teremos para conhecer e quanto mais nos aprofundarmos no assunto, maiores benefícios obteremos.

Geração

A energia elétrica que é consumida em nossas casas e indústrias é gerada a partir de uma usina hidroelétrica.

Esta energia elétrica da usina é gerada através de "indução".

Conforme a água é conduzida através de duto ela gira uma turbina que está ligada a um eixo. Em volta deste eixo estão imãs. À medida que este eixo vai girando em torno dos imãs cria-se um campo magnético, e neste campo observa-se uma tensão, que é transferida através de cabos para subestações em outras cidades e daí para nossas casas.



A unidade de medida utilizada para tensão elétrica é o "volt".

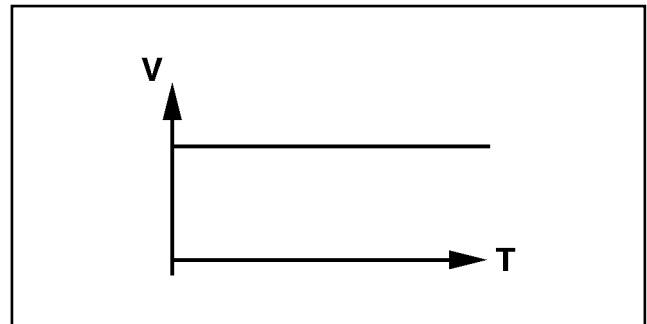
A usina hidroelétrica é um exemplo de transformação de energia mecânica da turbina em energia elétrica. Porém existem outros tipos de transformações:

- energia química em energia elétrica (baterias e pilhas).
- energia solar em energia elétrica.
- etc.

Tensão Contínua

É aquela que não varia sua intensidade e sentido em função do tempo.

(Exemplo: pilha)

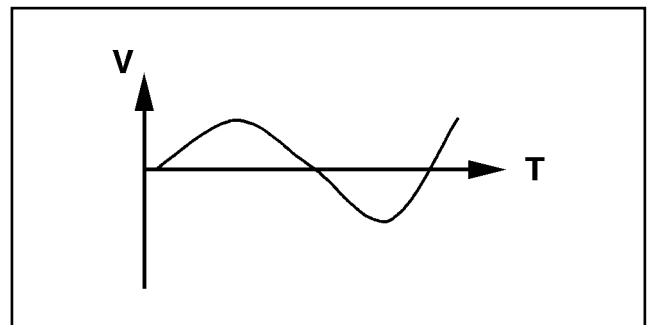


Para indicar que a tensão é contínua utilizamos o símbolo "VCC".

Exemplo: 9 VCC

Tensão Alternada

É aquela que varia sua intensidade e sentido periodicamente em função do tempo. (Exemplo: energia elétrica vinda de usinas hidroelétricas, gerador de áudio etc.)



Para indicar que a tensão é alternada utilizamos o símbolo "VCA".

Exemplo: 110 VCA

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Em termos de tensão podemos dizer também sobre a "ddp" (diferença de potencial).

A ddp nada mais é do que a tensão existente entre dois pontos do circuito. De modo que a ddp de uma fonte é o seu próprio valor. Podemos também verificar a ddp de qualquer parte do circuito que se queira.

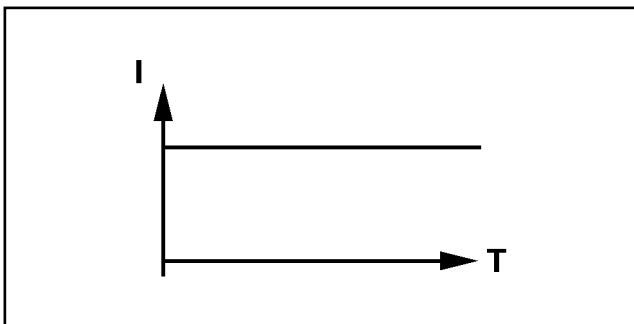
Corrente Elétrica

Toda vez que num circuito elétrico exista uma tensão e este circuito é fechado, observamos um fluxo de elétrons buscando equilíbrio de cargas, ou seja, os elétrons "caminham" pelo circuito. Portanto a definição é: corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas em um circuito fechado onde exista a ação de um campo elétrico (fonte de alimentação).

Supondo uma fonte de tensão (bateria) e uma lâmpada. Eles não estão interligados, portanto não há movimento ordenado de elétrons. Quando ligamos a fonte e a bateria os elétrons são induzidos a entrar em movimento devido à tensão da fonte (ddp - diferença de potencial). A unidade de medida utilizada para corrente elétrica é o "ampère".

Corrente Contínua

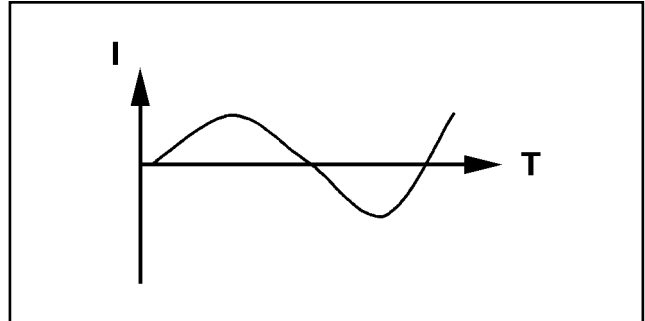
É aquela que não varia sua intensidade e sentido em função do tempo, devido à tensão aplicada ao condutor ser também contínua.



Para indicar corrente contínua utilizamos o símbolo "CC"

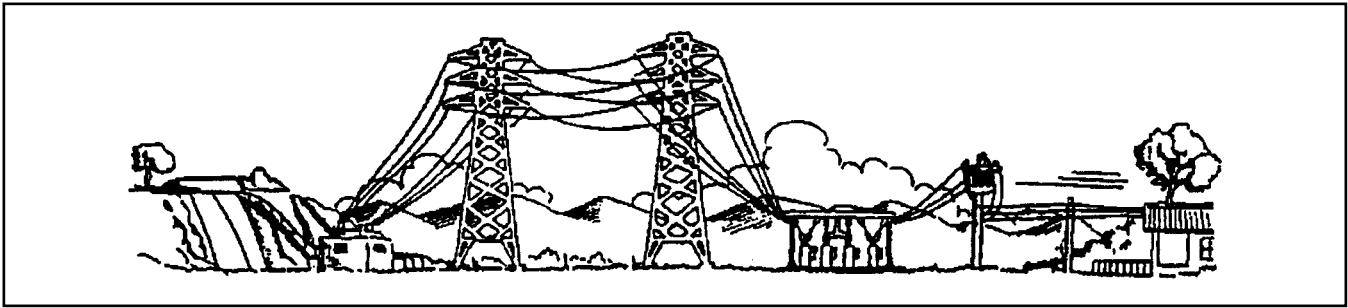
Corrente Alternada

É aquela que varia sua intensidade e sentido em função do tempo, devido à tensão aplicada ser tensão alternada.



Este tipo de corrente é conseguida através de tensão alternada. Para indicar corrente alternada utilizamos o símbolo "CA".

10. Alimentação Elétrica



Todo sistema de distribuição e alimentação de energia elétrica deve possuir elementos seccionados e dispositivos de segurança e proteção. Na conservação da energia mecânica em energia elétrica pelos geradores das Usinas Hidroelétricas e na sua transmissão até os receptores, encontramos vários elementos com funções distintas interligados, dentre os quais alguns serão destacados. Antes disso, porém, vejamos o processo de transmissão da energia da fonte até a carga:

A primeira operação acontece na usina, quando uma queda de água muito forte movimentam as turbinas que, por sua vez, movimentam os geradores de energia. A energia elétrica é mandada aos centros consumidores, através das chamadas linhas de transmissão de alta tensão.

Mas a eletricidade não pode ser usada como sai da usina. É preciso que seja adequada às necessidades de cada consumidor (residencial, industrial, comercial, etc), através dos transformadores de tensão (voltagem), nas chamadas subestações. E, então, ela chega aos consumidores pela rede de distribuição de baixa tensão. Diante de cada consumidor existe um ponto de entrada particular para receber a eletricidade.

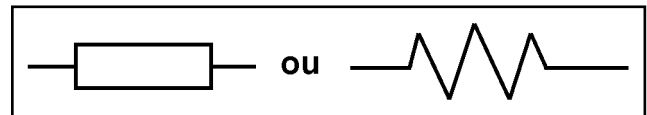
Ela passa para a caixa de energia do consumidor, onde está instalado o relógio medidor, cuja finalidade é medir o consumo de eletricidade. Do medidor, ela passa para a caixa de distribuição interna. É nesta caixa que se encontram as chaves com os fusíveis, outros dispositivos, como os disjuntores, etc. Finalmente, é das chaves que sai a fiação elétrica para diversos pontos de carga.

Resistência Elétrica

Na eletricidade existe ainda uma outra grandeza, que acontece quando certos materiais oferecem resistência à passagem da corrente elétrica.

Essa resistência nada mais é do que o choque dos átomos livres como os átomos do material. Existem portanto os resistores, que são componentes feitos para resistir à passagem da corrente elétrica.

Símbolo de um resistor:



A unidade de medida utilizada para resistência elétrica é o "ohm", o símbolo é a letra grega " Ω " (ômega).

Tipos de Materiais

Os materiais podem ser classificados em:

Isolantes: são materiais em que o núcleo do átomo exerce forte atração sobre os elétrons. Por isso eles não tendem a entrar em movimento. (Exemplo: vidro, borracha, madeira etc.).

Condutores: ao contrário dos isolantes possuem baixa energia entre o núcleo e elétrons. Portanto estes entram facilmente em movimento. (Exemplo: cobre, prata, alumínio etc.).

Semicondutores: estão no meio termo; no estado puro e a uma temperatura de 20°C são isolantes. Quando em estado puro e a uma temperatura de 20°C são maus condutores. Se combinados a outros materiais sua conectividade aumenta.

Os materiais condutores mais utilizados são: cobre, alumínio, prata, chumbo, platina, mercúrio e ferro.

Cobre

- Baixa resistividade;
- Características mecânicas favoráveis;
- Baixa oxidação, elevando com a temperatura;
- Fácil deformação a frio e a quente;
- Grau de pureza 99,9%;
- Resistência à ação da água, sulfatos, carbonatos;
- O cobre oxida se aquecido acima de 120°C.

O cobre é usado em casos em que se exigem elevada dureza, resistência à tração e pequeno desgaste, como nos casos de redes aéreas de cabo nu em tração elétrica, fios telefônicos, peças de contato, anéis coletores e lâminas de comutadores. O cobre mole ou recozido é usado em enrolamentos, barramentos e cabos isolados. Em alguns casos devem ser usadas as linhas de cobre.

Associação de Resistências

Normalmente, em circuitos elétricos os resistores podem e são ligados entre si para satisfazer às condições de um circuito elétrico.

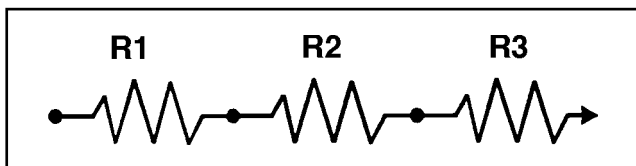
Essas condições podem ser:

- Obter um valor de resistência diferente dos encontrados comumente no mercado.
- Obter divisão de corrente e/ou tensão para diferentes ramos do circuito.

Existem três tipos de associação: em série, paralelo e mista

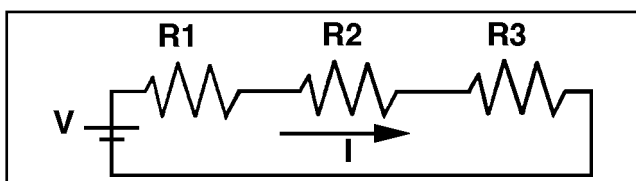
Associação em Série

Neste tipo de ligação um dos terminais de um resistor é ligado a um terminal de um segundo resistor, o outro terminal deste segundo é ligado a um terminal de um terceiro e assim por diante. Ou seja, os resistores são ligados um em seguida do outro.

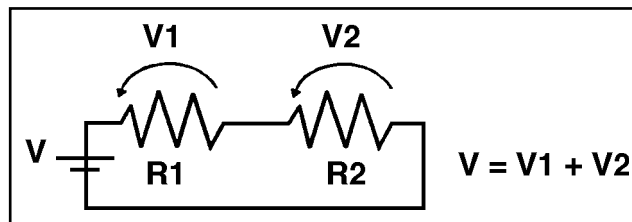


Características:

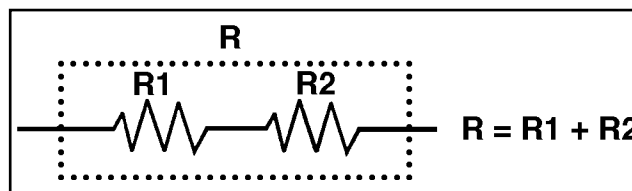
1 - Todas as resistências são percorridas pela mesma corrente elétrica.



2 - A soma das diferenças de potencial das resistências é igual à tensão da fonte de alimentação.

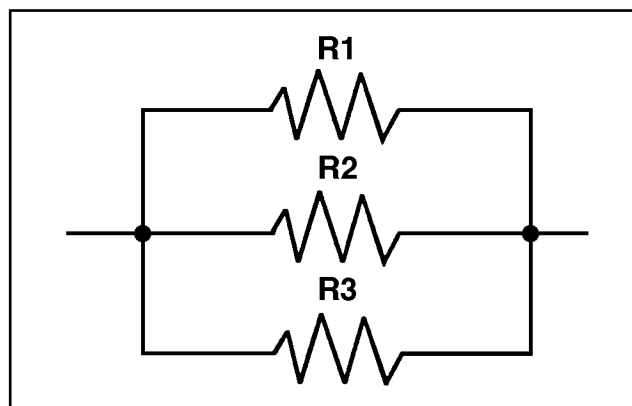


3 - As resistências em série podem ser substituídas por uma única resistência equivalente. Esta resistência equivalente é obtida apenas somando o valor das resistências em série.



Associação em Paralelo

Neste tipo de ligação o primeiro terminal de uma resistência é ligado ao primeiro terminal da segunda resistência. O segundo terminal da primeira resistência no segundo terminal da segunda resistência, e assim por diante para quantos resistores tivermos. Temos portanto um divisor de corrente.



Características:

1 - A corrente elétrica total do circuito é a soma das correntes individuais de cada resistência.

2 - Todas as resistências da associação estão sujeitas à mesma tensão.

3 - As resistências em paralelo podem ser substituídas por uma resistência equivalente através das seguintes fórmulas:

Para dois ou mais resistores iguais (onde **R** é o valor do resistor e **n** o número de resistores):

$$R = \frac{R}{n}$$

Para dois resistores de valores diferentes:

$$R = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

Para vários resistores de valores diferentes:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{Rn}$$

11. Lei de ohm

A lei de ohm é provavelmente a mais importante no estudo da eletricidade, isto porque ela relaciona diretamente tensão, corrente e resistência. Pode ser aplicada em qualquer circuito CC e até mesmo em AC.

A lei de ohm é assim expressa:

$$V = R \cdot I$$

onde:

V : tensão em volt

R : resistência em ohm

I : corrente em ampère

Potência Elétrica

Uma outra grandeza que é muito utilizada em cálculos de circuitos elétricos é a potência, que pode ser definida como a transformação de uma energia, o trabalho realizado num intervalo de tempo ou a energia elétrica consumida num intervalo de tempo. Seria portanto a "rapidez" com que a tensão realiza o trabalho de deslocar os elétrons pelo circuito elétrico. De modo que a potência para cargas puramente resistivas é igual ao produto da tensão pela corrente.

$$P = V \cdot I$$

onde:

P : potência em watt

V : tensão em volts

I : corrente em ampère

A unidade de medida utilizada para potência elétrica é o "watt".

A expressão de potência pode ser combinada com a lei de ohm, criando importantes variações.

$P = V \cdot I \rightarrow$ expressão da potência

$V = R \cdot I \rightarrow$ expressão da lei de ohm

Substituindo-se a variável "V" na primeira expressão:

$$P = R \cdot I \cdot I \rightarrow P = R \cdot I^2$$

Substituindo a variável "I" na primeira expressão:

$$P = V \frac{V}{R} \rightarrow P = \frac{V^2}{R}$$

De uma maneira geral, é indicada nos aparelhos elétricos a potência elétrica que eles consomem, bem como o valor da ddp a que devem ser ligados. Portanto, um aparelho que vem, por exemplo, com as inscrições "60 W - 120 V", consome a potência elétrica de 60 W, quando ligado entre dois pontos cuja ddp seja 120 V.

Mede-se também a potência em quilowatt (KW) e a energia elétrica em quilowatt hora (KWh). Um KWh é a quantidade de energia que é trocada no intervalo de tempo de 1h com potência 1KW.

Efeito Joule ou Efeito Térmico

O fenômeno de transformação de energia elétrica em energia térmica é denominado Efeito Joule. Este efeito é decorrente do choque dos elétrons livres com os átomos do condutor.

Nesse choque, os elétrons transferem aos átomos energia elétrica que receberam do gerador.

Esta energia é transformada em energia térmica, determinando a elevação da temperatura do condutor. Em alguns casos a energia térmica (Efeito Joule) é desejável, como por exemplo em aquecedores em geral (chuveiros, ferros elétricos, torneiras elétricas, etc.). Para outros, ela é totalmente prejudicial (bobinas, enrolamento de motores, etc.).

12. Medidas Elétricas

Instrumentos de Medida são aparelhos destinados a medir tensões, correntes e resistências. O princípio de funcionamento dos medidores está baseado no mesmo princípio dos motores elétricos: o movimento de giro de uma bobina móvel devido à interação de dois campos magnéticos, sendo um, o campo da própria bobina (percorrida por uma corrente) e o outro, formado pelo ímã tipo ferradura.

A bobina móvel gira em função da força do campo, que é proporcional à corrente circulante, indicando a leitura em uma escala. Esse enrolamento é mecanicamente alojado num suporte e apoiado num mancal dentro do campo magnético da ferradura, de tal modo que o ponteiro tenha movimento ao longo de toda a escala.

Ohmímetro

Aparelho destinado a medir o valor em ohms (Q) da resistência elétrica dos componentes. Para ohmímetros do tipo analógico, faz-se necessária a zeragem da escala, além da faixa de valores.

Amperímetro

Instrumento empregado para a medição da intensidade de corrente num circuito, cuja escala está graduada em ampères. Caso o aparelho seja conectado em um circuito cuja corrente venha ultrapassar o fundo de escala do instrumento, o mesmo poderá ser danificado. Para que isso não ocorra e seja possível a leitura de altas correntes com o mesmo aparelho, utiliza-se uma resistência externa R_s , denominada "Shunt" (do inglês = desvio) em paralelo com a resistência R interna do instrumento. Assim, parte da corrente I que se medir desvia-se para o "Shunt", não danificando o aparelho.

Na prática, o valor da resistência "Shunt" R_s pode ser calculado sabendo-se o valor da resistência interna do aparelho (R interna), a corrente total do circuito (I total) e a corrente de fundo de escala do aparelho (I fundo escala), através da fórmula:

$$\frac{I_{\text{TOTAL}}}{I_{\text{FUNDO ESCALA}}} = 1 + \frac{R_{\text{INTERNA}}}{R_{\text{SHUNT}}}$$

Obs.: Apesar da resistência "Shunt" ser colocada em paralelo com o amperímetro, o instrumento, entretanto, deve sempre ser colocado em série com o circuito.

Voltímetro

Instrumento destinado a medir diferença de potencial (ddp) em qualquer ponto de um circuito, tendo sua escala graduada em volts (V).

Analogamente aos amperímetros podemos colocar resistências em série com o voltímetro, tendo a finalidade de expandirmos as escalas. Tais resistências, como mostra a figura a seguir, são chamadas de "Resistências Multiplicadoras".

O voltímetro deve ser conectado ao circuito sempre em paralelo com a carga que se quer medir.

Obs.: "Multímetro" é a reunião, em um só aparelho, do ohmímetro, amperímetro e voltímetro.

13. Elementos de Comutação e Proteção dos Circuitos Elétricos

Fusíveis



Dispositivos colocados em série com o circuito cuja secção é sensível a altas correntes (correntes de curto-circuito).

Acima de 1000A recomenda-se a subdivisão do circuito em número suficiente de circuitos paralelos para diminuir a corrente individual.

O fusível é sempre dimensionado em função da corrente nominal do circuito. Diante disso, não deve ser substituído por outro de corrente nominal maior.

Em condições normais deve ser bom condutor, com elevada resistência à oxidação, existindo, inclusive, alguns de cobre prateado. Existem alguns tipos que são envoltos por areia para não permitir a formação de arcos-voltaicos, o que representa perigo para a instalação.

Depois de ser atuado (interrompido) deve-se cuidar para que não seja (mesmo que precariamente) restabelecido o contato com o elo (elo - secção reduzida no centro). Para a escolha do fusível devem ser observados alguns itens como:

I_N (Corrente Nominal) - deve suportar continuamente sem se aquecer.

V_N (Tensão Nominal) - dimensiona a isolação do fusível.

I_{cc} (Corrente Curto-Circuito) - é a máxima que o circuito deve suportar e que deve ser desligada instantaneamente.

Atuação

- a) Rápidos: para circuitos onde não há variação entre corrente de partida (I_p) e corrente nominal (I_N).
- b) Retardados: casos contrários (cargas motoras).

Obs: Retardamento se obtém pelo acréscimo de massa na parte central do elo para absorver, durante certo tempo, parte do calor que se desenvolve na secção reduzida.

Disjuntores



Tendo como característica o seu retorno funcional depois da atuação, sem a necessidade de sua substituição, o disjuntor engloba a função de seccionador e elemento de proteção, interrompendo o circuito diante da presença de sobrecarga ou corrente de curto-circuito. De maneira geral, conforme se tem aumento de capacidade (U_N e I_N), a complexidade do disjuntor também aumenta.

Para alguns tipos de disjuntores a ligação e o desligamento podem ser feitos por via indireta, como por exemplo, relés. Por meio direto, temos o acionamento manual, por ar comprimido ou motor.

Suas principais características são:

- Frequência relativamente pequena de número de manobras.
- Desligamento em condições normais por relé de sub-tensão e manualmente.

Desligamento em condições anormais:

- a) Sobrecarga: relé térmico - atua quando ocorre um excesso de demanda de potência.
- b) Curto-circuito: relé ou disparador eletromagnético - atua em função do campo magnético criado pela circulação da corrente de curto-circuito.

Podemos observar as características construtivas internas de um disjuntor desse padrão.
As duas características mais importantes para especificação são:

- Tensão Nominal (U_N) - tensão de rede a que será submetido o disjuntor.
- Corrente Nominal (I_N) - corrente de linha do circuito no qual ele será empregado.

Relé Térmico



Elemento geralmente acoplado às chaves magnéticas, possuindo grande sensibilidade térmica (elevação de temperatura por sobrecarga) atuando indiretamente na proteção dos Sistemas Elétricos.

O princípio de funcionamento se baseia no coeficiente de dilatação diferenciado dos metais, ou seja, duas lâminas sobrepostas, intimamente ligadas com coeficientes diferentes, quando se aquecem se curvam. Essa deformação atua sobre a trava da mola de armação, resultando na abertura dos contatos.

14. Componentes dos Circuitos Elétricos

Botões

Elementos de comutação destinados a permitir a energização ou desenergização entre um ou mais pontos de um circuito. Os tipos mais comuns são:

- a) Botão Impulso: elemento de comando que permanece acionado mediante a constante aplicação de esforço muscular sobre si.
- b) Botão Flip-Flop: uma vez acionado seu retorno a condição anterior somente se processará através de um novo esforço.

Botão Soco-Trava

Componente de comutação travável, cujo retorno à posição inicial se faz com um giro no sentido horário da parte circundante do botão de acionamento.



Chaves Fim-de-Curso

São interruptores desenvolvidos para utilização industrial com a finalidade de responder aos diferentes problemas de controle, sinalização e segurança. Em geral são divididos em:

Rolete

Tipo de acionamento indireto, com comutação em qualquer sentido.

Gatilho ou Rolete Escamoteável

Seu acionamento ocorre em um sentido apenas do movimento, emitindo um sinal de comutação breve.



Sensores

Funcionam como chaves fim-de-curso, tendo como principais características a atuação sem o contato físico e a alta velocidade de comutação.



Detetores Fotoelétricos

Consistem de um projetor de luz e de um receptor fotossensível montados em dois grupos óticos distintos, operando à distância, sem contato físico com o elemento detectado, sendo este elemento opaco ou semitransparente.



Obs: Tanto os sensores quanto os detetores necessitam de aparelho amplificador para seu funcionamento.

Chaves Seletoras Rotativas

Elementos de comutação com utilização, principalmente, no controle de equipamentos, tendo duas ou mais posições por meio das quais se pode selecionar qualquer circuito dos que estão ligados em seus terminais.



Chaves com Acionamento Indireto

Termostato

Elemento de interrupção ou conexão de circuitos elétricos por ação da variação da temperatura. Tal variação causa dilatação de fluidos, ou expansão de gases, ocasionando contato do mecanismo.

Pressostato

Componente eletromecânico conectando ou interrompendo circuitos mediante variação de pressão de vapor, água, ar, óleos e gases.

Sinalizadores

Acústicos - em locais onde existe dificuldade de visualização ou em ambientes impróprios à iluminação, os sinais sonoros através de impulsos elétricos tornam-se eficazes.

Visuais - os sinais luminosos, de maneira inversa aos acústicos, são imprescindíveis em locais onde o silêncio torna-se necessário. Contudo, uma observação deve ser feita: aos lugares onde não existe demasiada preocupação com os itens proibitivos antes mencionados, permite-se a utilização em conjunto dos sinalizadores acústicos e visuais.

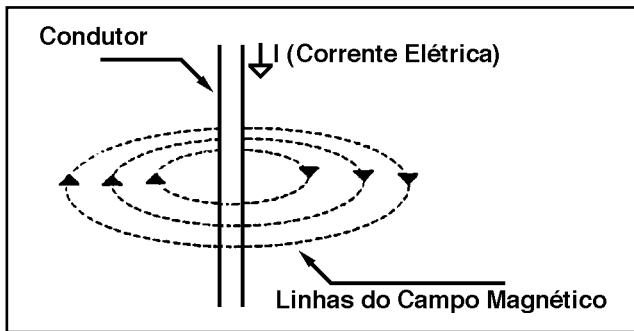
15. Solenóides

Bobinas

De uma maneira geral esse elemento é caracterizado como sendo o enrolamento de condutor, isolado ou não, em diversos formatos, a fim de conseguir uma determinada indutância.

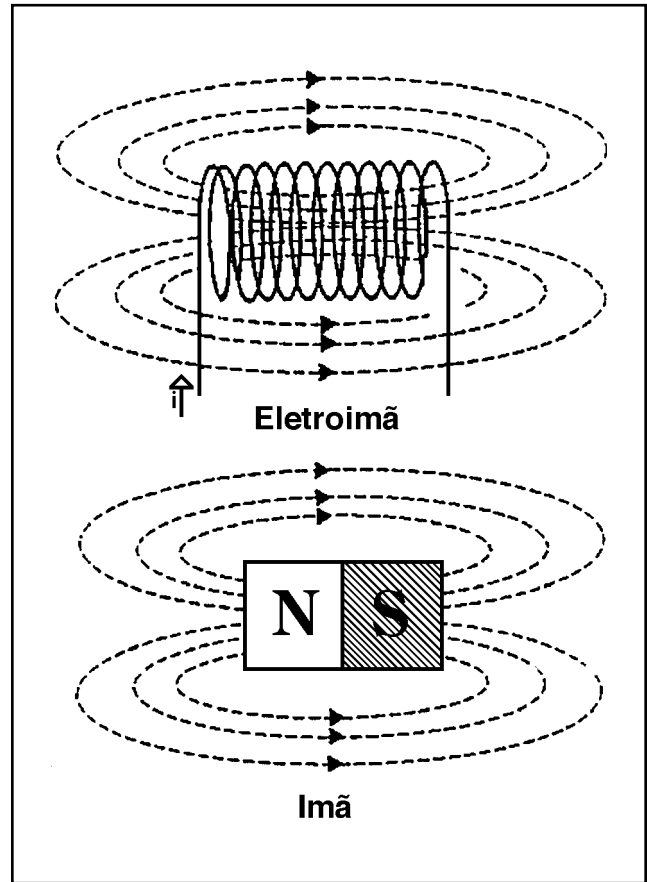
Bobinas (Tipo Solenóide)

Tipo de bobina que se caracteriza, principalmente, por um condutor enrolado em forma helicoidal, de maneira a formar um determinado número de espirais circulares regularmente distribuídas, umas em continuação às outras e isoladas entre si.

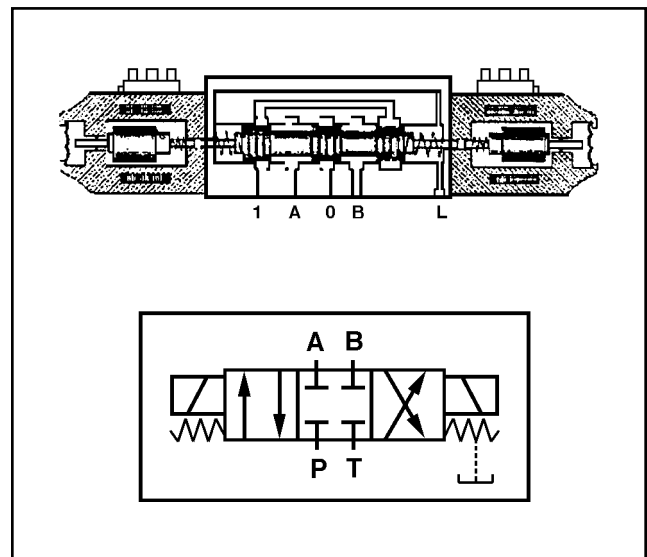


Quando uma corrente "i" percorre esse condutor há a formação de um campo magnético no interior do solenóide, cuja direção é a do seu eixo geométrico.

Com a energização e a conseqüente formação do campo magnético criam-se forças no interior do solenóide que servem para a movimentação de elementos com características ferrosas, dando origem à aplicação automecânica (relés, válvulas solenóides, contadores, etc.).



Características Construtivas de uma Válvula Solenóide.



16. Relés

Consistem em chaves eletromagnéticas que têm por função abrir ou fechar contatos a fim de conectar ou interromper circuitos elétricos.

Tipos

Existe uma grande variação de tipos de relés, entretanto, mostraremos aqui como exemplo os mais importantes e comuns:

Relé Auxiliar

Elemento de comutação auxiliar, sendo que os contatos são fechados e/ou abertos com a simples energização da bobina.



Relé Térmico

Elemento geralmente acoplado às chaves magnéticas, possuindo grande sensibilidade térmica (elevação de temperatura por sobrecarga) atuando diretamente na proteção dos Sistemas Elétricos.

O princípio de funcionamento se baseia no coeficiente de dilatação diferenciado dos metais, ou seja, duas lâminas sobrepostas, intimamente ligadas com coeficientes diferentes, quando se aquecem se curvam. Essa deformação atua sobre a trava da mola de armação, resultando na abertura dos contatos.

Relé de Remanência

Semelhante ao contator de remanência, pois a comutação é mantida mesmo com a falta de energia. Para a volta ao estado inicial, faz-se necessária a aplicação de um novo pulso.

Relé de Tempo

Os relés de tempo eletrônicos ou eletromecânicos são aparelhos industriais que efetuam funções temporizadas em circuitos de comando elétrico. A denominação "Relés de Tempo" é genérica e abrange desde circuitos simples baseados no tempo de descarga (ou carga) de um capacitor (RC), até circuitos digitais que utilizam a frequência da rede como base de tempo.

Devido à variedade de aplicações foram desenvolvidos vários tipos, dos quais alguns serão destacados:

Relé de Tempo Eletrônico com Retardo na Energização

Alimentando-se o aparelho, a temporização se inicia. Após transcorrido o tempo selecionado na escala o relé de saída é energizado, comutando seus contatos, abrindo o contato normalmente fechado (NF) e fechando o normalmente aberto (NA).



Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Relé de Tempo Eletrônico Digital com Retardo na Desenergização

Aumentando-se o aparelho, um contato instantâneo se fecha, ao mesmo tempo em que se inicia a temporização para o outro contato. Este se comutará assim que o display se iguale ao tempo regulado na chave (thumbwheel switches). Retirada a alimentação, os contatos voltam à posição inicial.



Relé de Tempo Eletrônico Cíclico

Quando energiza-se o aparelho, o relé de saída é energizado e desenergizado ciclicamente por tempos independentes e de acordo com a regulagem na escala. Quando a alimentação cessa, o relé de saída é descomutado, ou seja, volta ao repouso.



Quando energiza-se o aparelho, imediatamente este inicia sua contagem de tempo. Acontecendo um curto-circuito em determinados terminais preestabelecidos, o aparelho pára sua contagem, reiniciando a partir da abertura desses terminais do valor em que havia parado. Ocorrendo curto-circuito em outros terminais também preestabelecidos, ou então retirando-se a alimentação, a contagem "zera", iniciando-se novamente.

Contadores Digitais de Impulsos

a) Com "Pulso de Comando" no Relé de Saída:

Registra a contagem de movimentos de outros elementos através de impulsos provenientes de contatos de relés, fins-de-curso, etc.

Proporciona a contagem progressiva (ou regressiva), com programação através de chaves (thumbwheel switches) localizadas no painel frontal do aparelho.

Reset Automático

Zera o aparelho quando a contagem atinge número desejado. Reset manual por push-button no painel ou à distância, por remoto. Juntamente com o acionamento do "reset automático" o relé de saída é energizado, fornecendo um pulso de comando de 0,5s.



b) Com Temporização no Relé de Saída:

Semelhante ao anterior tendo, entretanto, a característica de manter o contato do relé de saída fechado (energizado) até que o "reset" seja acionado ou então o aparelho seja desenergizado.



Contatores

Equipamento de comutação eletromagnética empregado geralmente para abrir e fechar automaticamente um ou mais circuitos, quando o seu enrolamento é percorrido por uma corrente ou quando esta corrente sofre variação na sua intensidade.

Tipos de Contatores

Contatores de Potência

Utilizados para comutação de potências elevadas: possuem inclusive câmaras de extinção de arco.

Contatores Auxiliares

Equipados somente com contatos auxiliares - utilizados para fins de bloqueio, informação, através de sinalização e comando.



17. Segurança em Eletricidade

Introdução

A eletricidade é a mais versátil forma de energia para força motriz, iluminação, aquecimento, etc, embora ela apresente riscos específicos e reconhecidamente sérios. Os trabalhos que envolvem a eletricidade, no entanto, serão seguros se forem obedecidas normas adequadas de segurança, o que dependerá, entre outros fatores, do bom senso e consciência de todos os que estão envolvidos direta ou indiretamente nessa área elétrica.

Instalações e Equipamentos

Quando da manutenção em equipamentos, barramentos, cabos isoladores e muflas verificar se o equipamento não está ligado em nenhum de seus lados a pontos energizados.

Após o desligamento, proceder o aterramento do equipamento ou condutos a serem submetidos à manutenção antes do início dos trabalhos. Em caso de dúvida quanto ao desligamento, medir a tensão com dispositivos adequados.

Após a conclusão da manutenção, devem-se inspecionar vazamentos, fazer limpeza, fazer inspeção visual geral e remover a ligação à terra.

Importante: O aterramento dos equipamentos é tão importante quanto a desconexão do mesmo à terra após efetuada a manutenção pois em caso de esquecimento dessa desconexão ocorrerá falta à terra, que poderá ser perigosa.

Sinalização

Quando um equipamento estiver em manutenção todos os funcionários, inclusive os que não pertencem exatamente à área, deverão ser alertados dos perigos envolvidos e para os profissionais de campo, completa informação a respeito dos equipamentos e os procedimentos que deverão ser efetuados antes dos trabalhos.

Deverão ser indicados com plaquetas de impedimento todos os equipamentos a serem submetidos à manutenção. As chaves de permissibilidade de operação devem ficar de posse do coordenador da manutenção local até a conclusão dos serviços.

Caso se proceda a manutenção em algum equipamento, isoladamente, já desligado e devidamente aterrado, mas com a rede energizada deve-se com o uso de cordas brancas ou equivalente, bandeiras vermelhas e cartazes, isolar as áreas energizadas para que se caracterize a proibição de acesso.

Outro tipo de prevenção de acidente é a trava de segurança, cuja finalidade é impedir que um equipamento seja energizado quando estiver em manutenção. Alguns tipos de travas estão representados a seguir.

18. Circuitos Eletrohidráulicos Conceituais

Existem três técnicas de construção lógica de circuitos eletrohidráulicos:

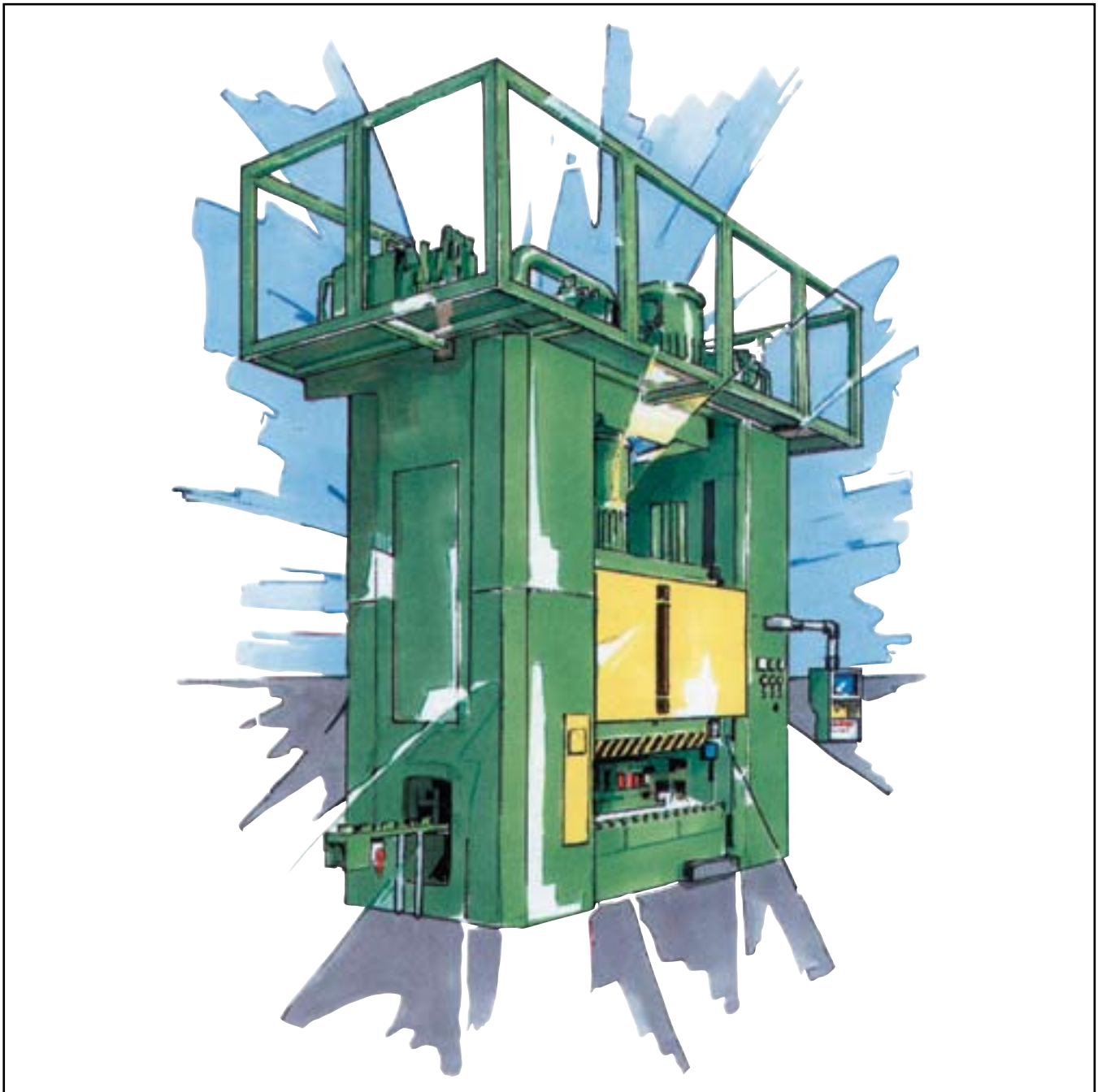
- Circuitos intuitivos
- Circuitos de sequência mínima ou cascata
- Circuitos de sequência máxima ou passo a passo

Iremos demonstrar cada técnica separadamente, aplicando os elementos com o método de resolução de circuitos intuitivos simples.

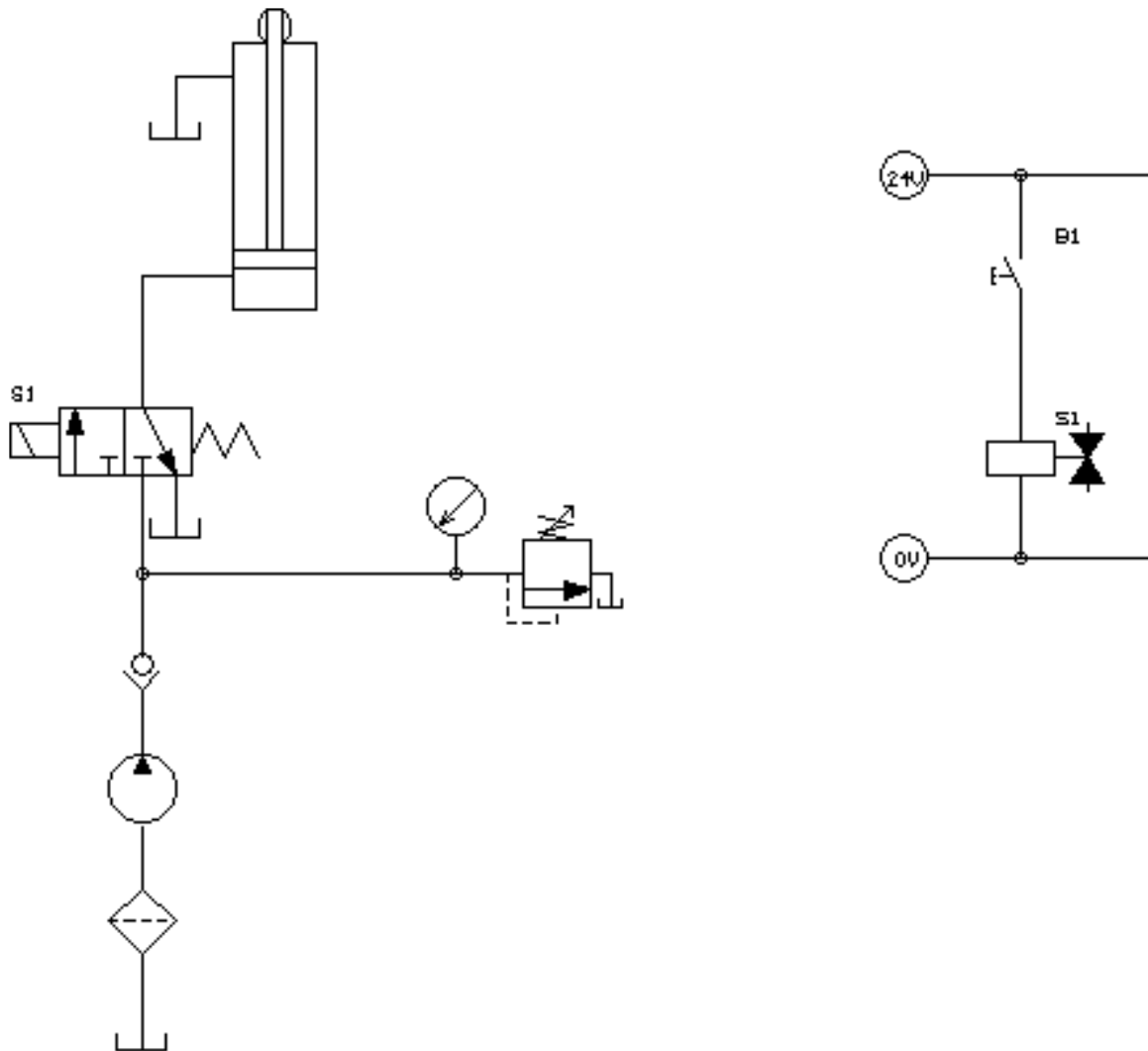
Circuitos intuitivos

Neste método a solução de comando flui através da lógica e do pensamento, podendo com isso apresentar resoluções diferentes para a mesma problemática.

Teremos agora uma série de circuitos conceituais básicos para obtermos a lógica de comando aplicada dentro das resoluções de circuitos intuitivos.

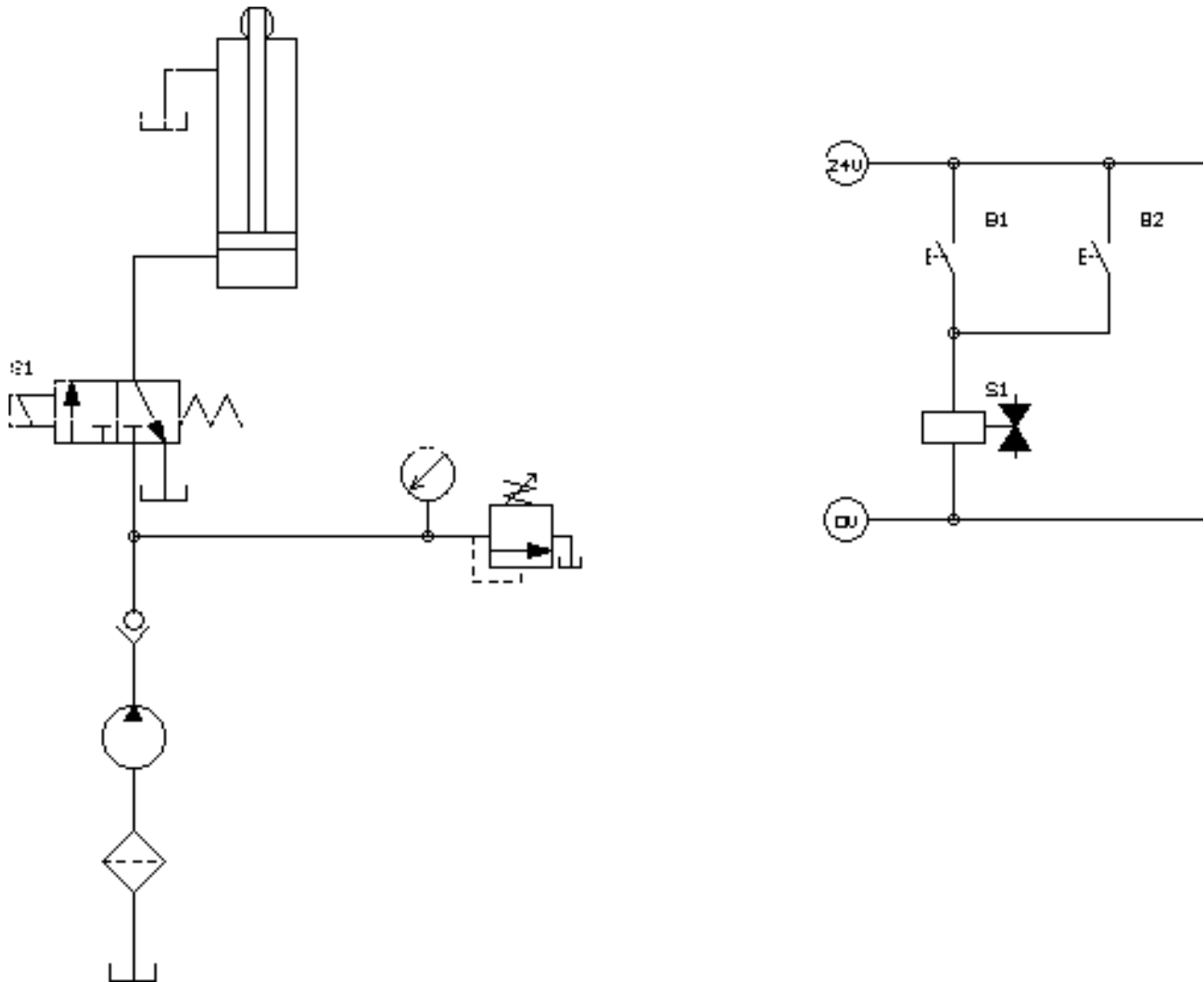


Circuito 01



O circuito apresentado é dividido em circuito de potência e circuito de comando. Ao acionar o botão de comando *b1*, estabelece a passagem de corrente elétrica que energizará a bobina do solenóide S1, proporcionando o avanço do cilindro.

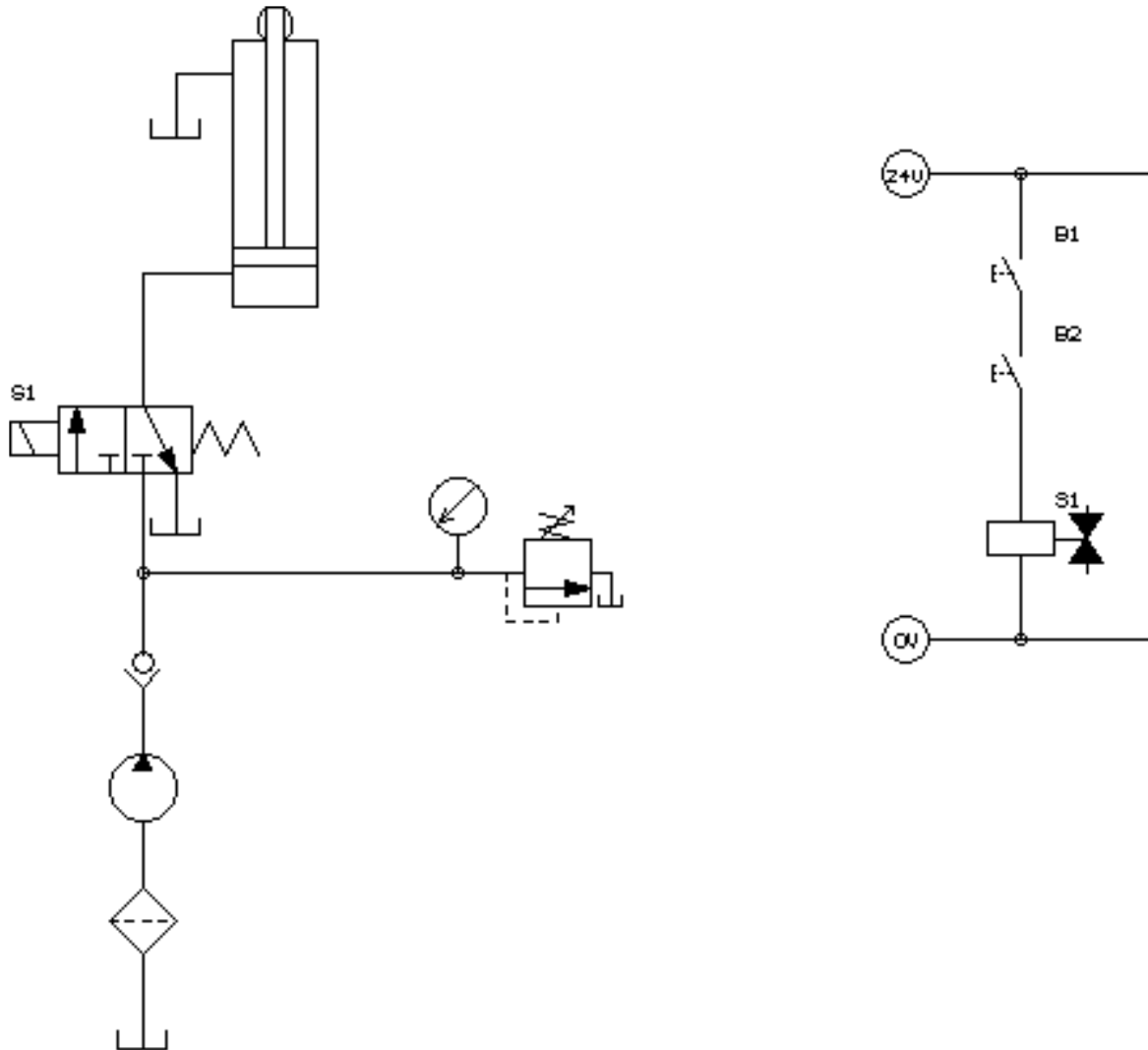
Circuito 02



O circuito apresentado é dividido em circuito de potência e circuito de comando. O circuito de comando apresenta a função lógica "ou" conhecida por ligação em paralelo.

Portanto poderemos acionar b1 ou b2 que a corrente elétrica se estabelecerá energizando a bobina da solenóide S1, proporcionando o avanço do cilindro.

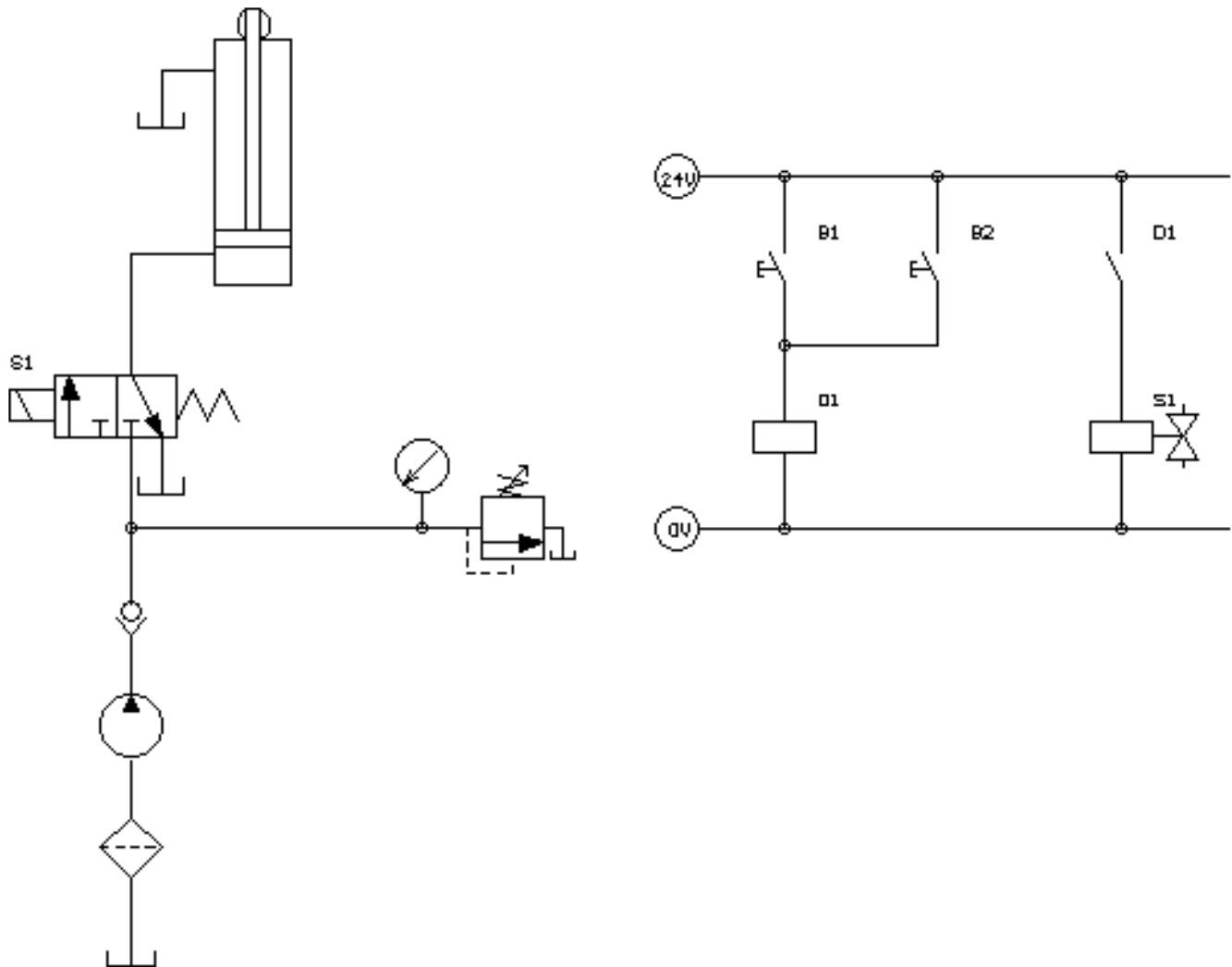
Circuito 03



O circuito apresentado é dividido em circuito de potência e circuito de comando. O circuito de comando apresenta a função lógica "E".

Portanto teremos que acionar b1 e b2 para que a corrente possa se estabelecer e energizar a bobina da solenóide S1, proporcionando o avanço do cilindro. Esse comando é conhecido por ligações em série.

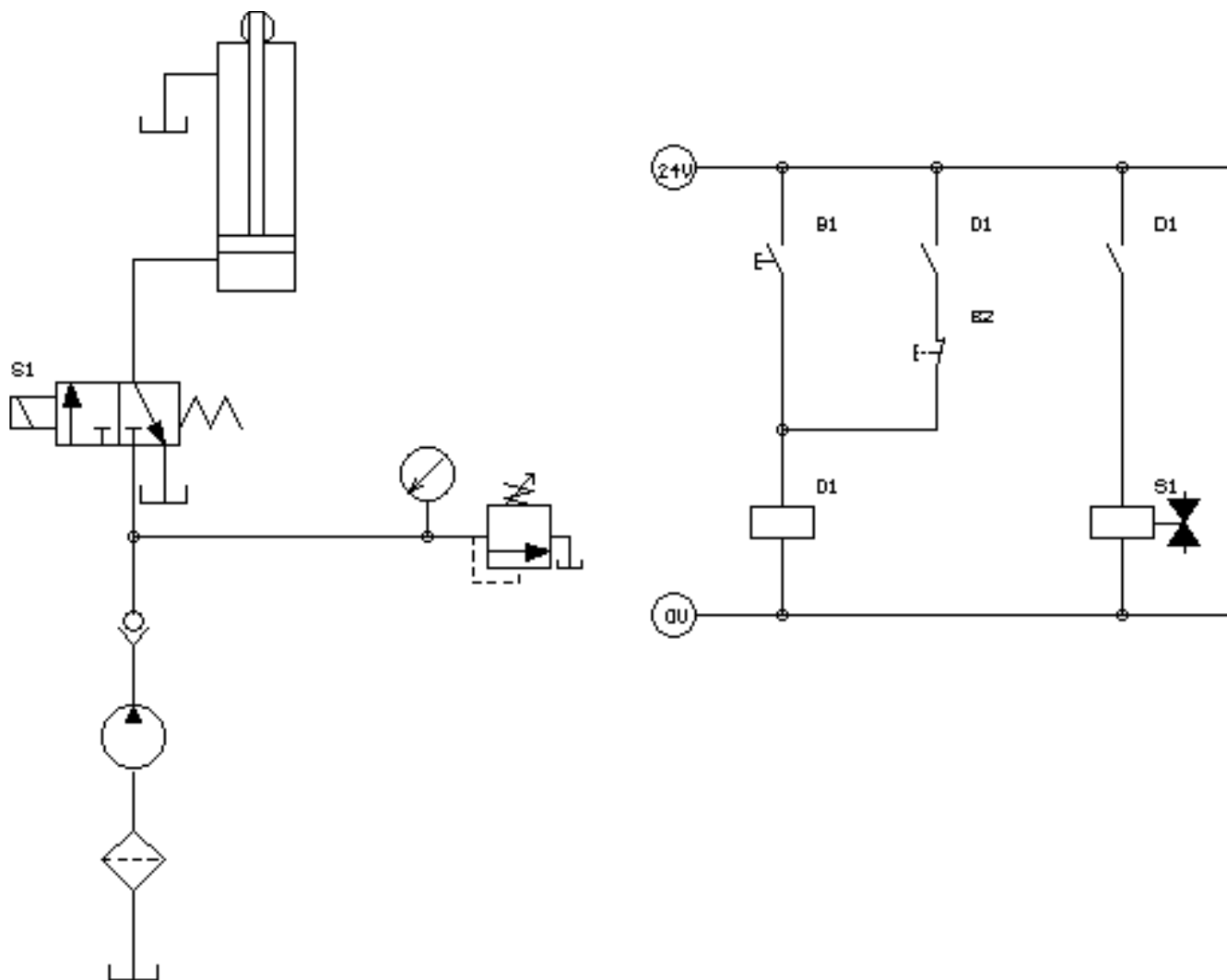
Circuito 04



O circuito apresentado é dividido em circuito de potência e circuito de comando. O circuito de comando apresenta a função de desligar dominante em um comando de auto-retenção.

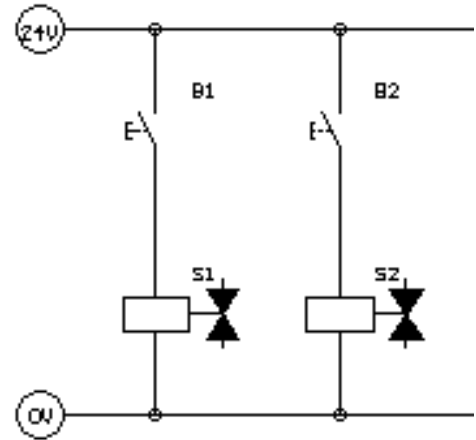
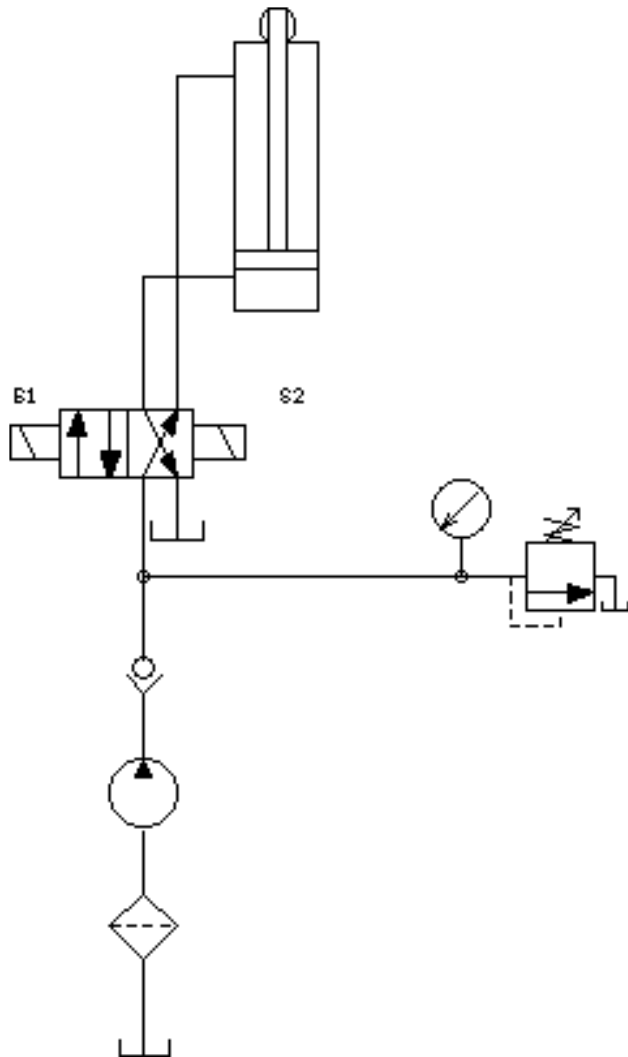
Utilizamos relé auxiliar d1 e dois contatos NA desse relé. Ao acionar b1, estabelecerá corrente elétrica na bobina do relé que atuará seus contatos, o primeiro contato mantém o relé e o segundo energizará a bobina da solenóide S1, b2 desliga o relé.

Circuito 05



O circuito de comando apresenta a função desligar em comando de auto-retenção.

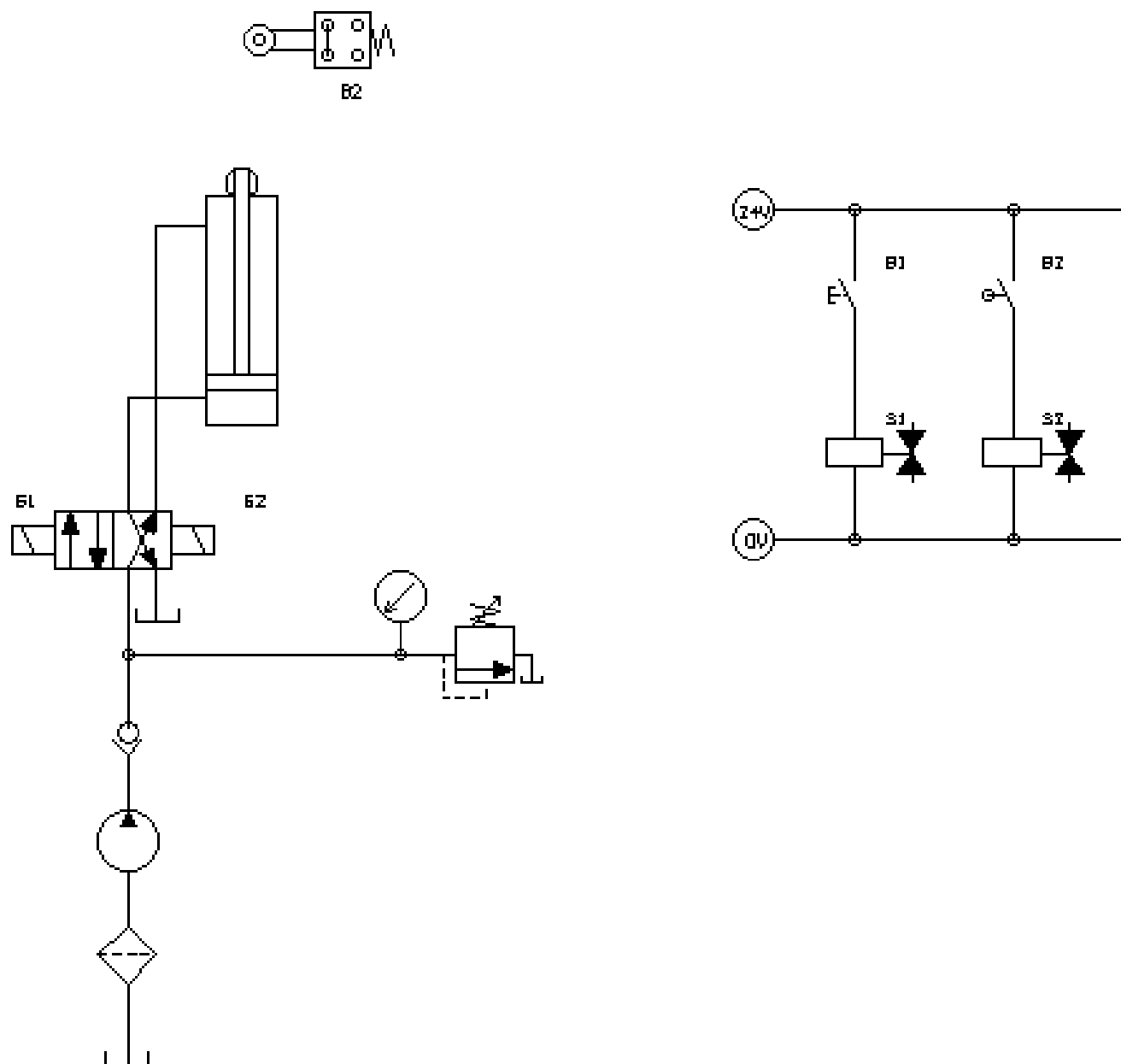
Circuito 06



O circuito de comando apresenta uma eletroválvula 4/2 duplo solenóide.

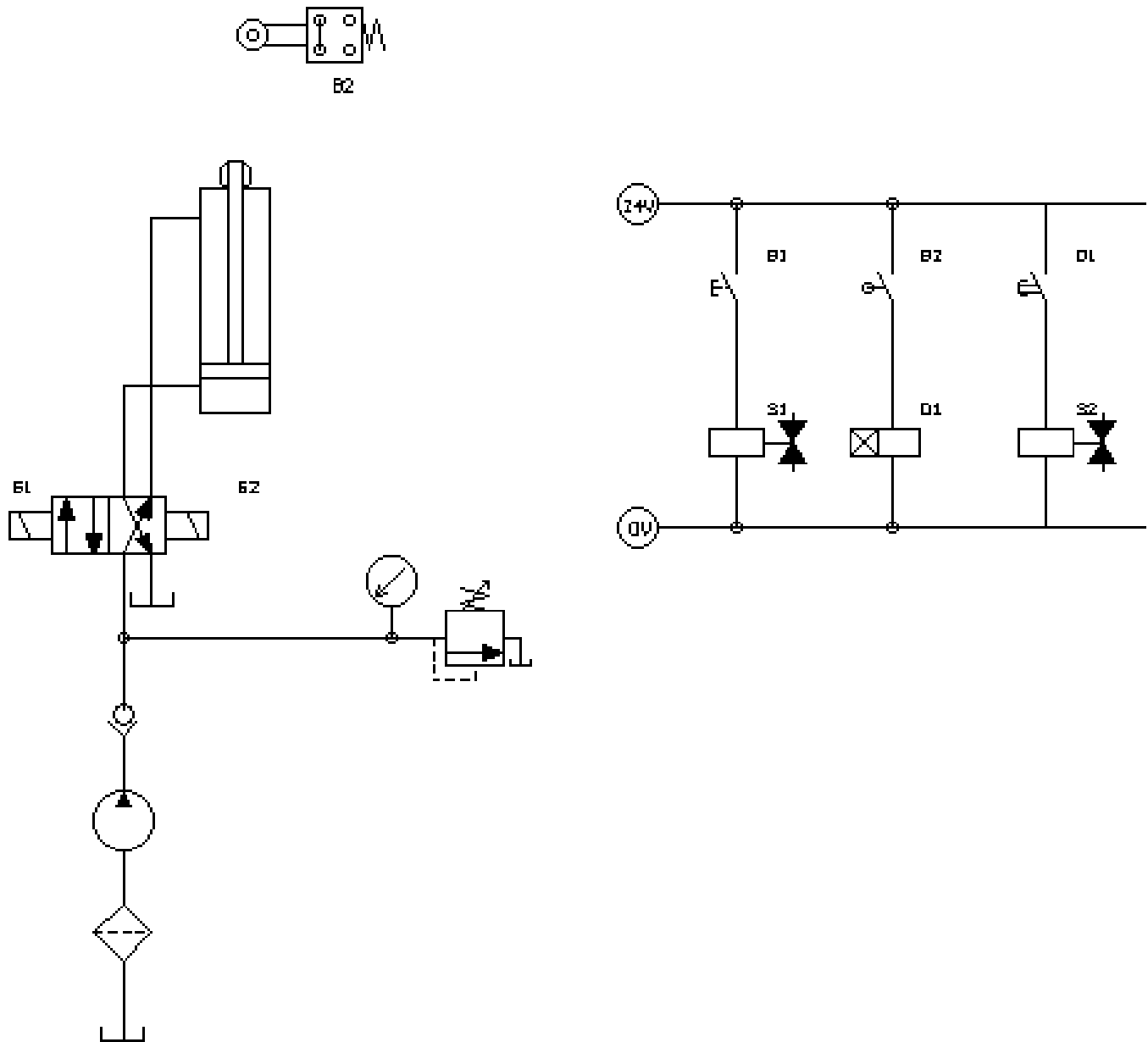
Portanto teremos o botão b1, que energizará S1, que realizará o avanço do cilindro. O retorno ocorrerá ao ser acionado b2.

Circuito 07



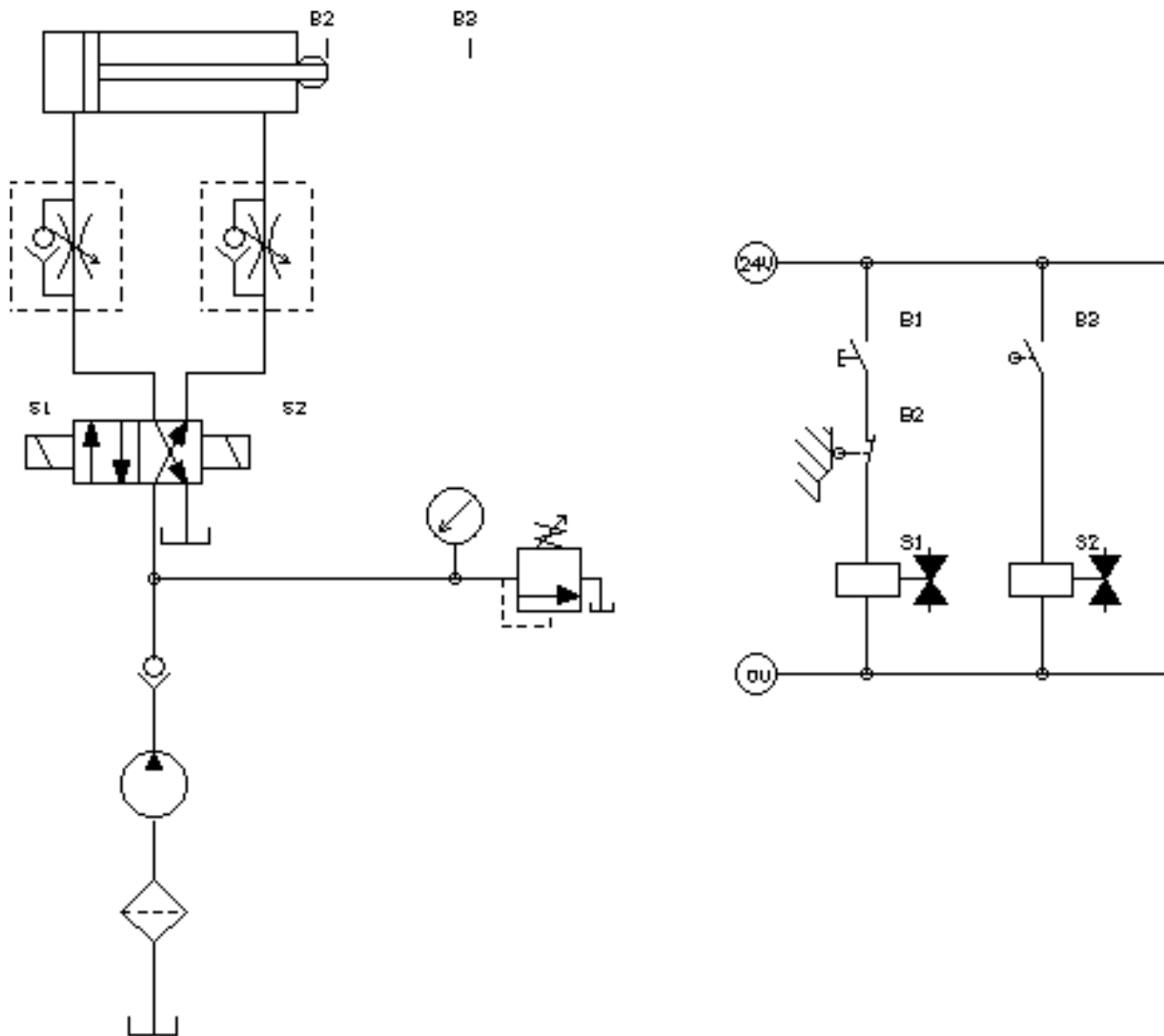
O circuito de comando apresenta b1 para energizar S1 e realizar o avanço do cilindro. O retorno ocorrerá automaticamente assim que for atingido o final do curso e b2 for acionado.

Circuito 08



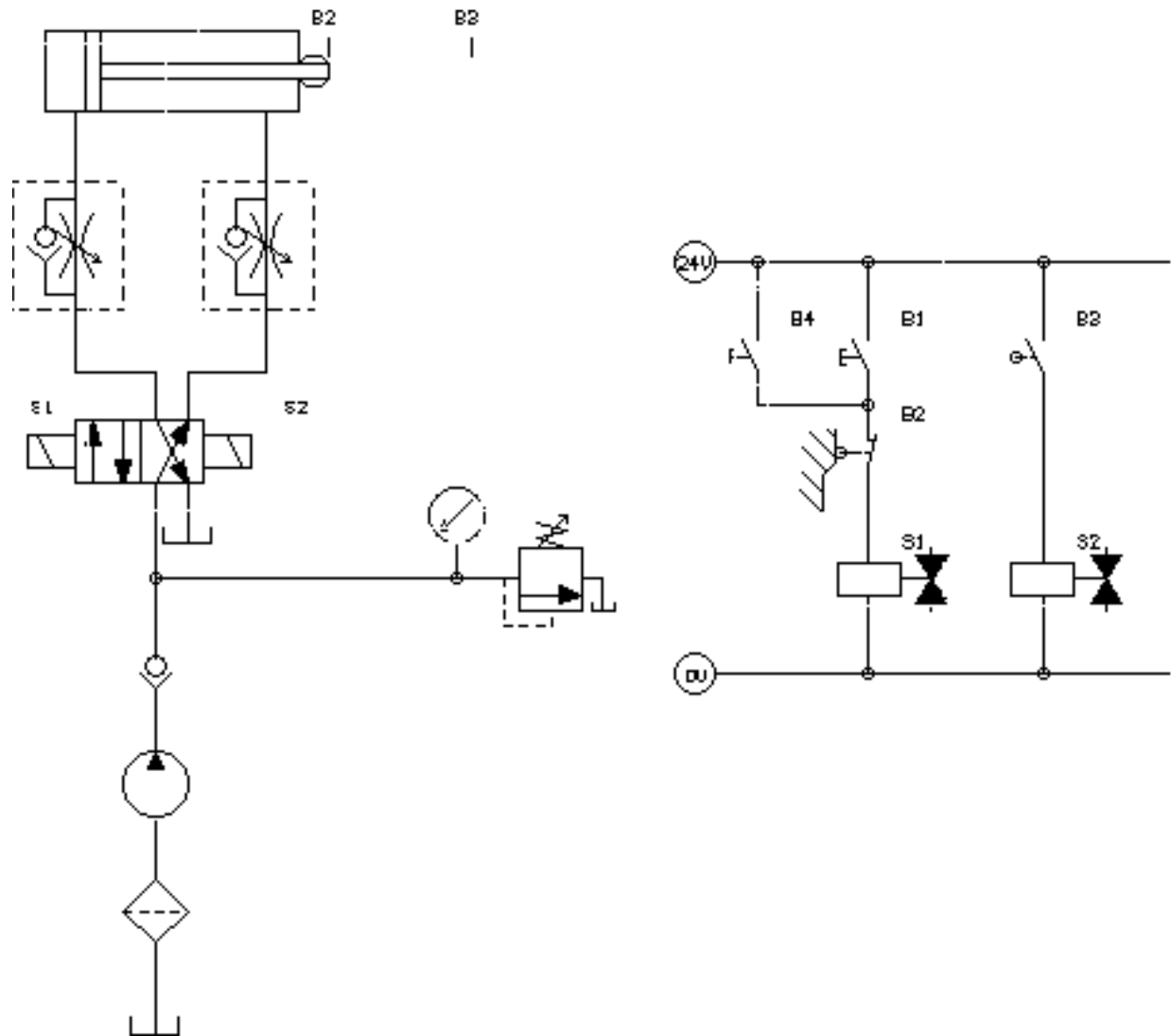
O circuito de comando apresenta b1 para energizar S1 e realizar o avanço do cilindro. Ao atingir o final do curso e acionar b2, o relé de tempo d1 será energizado e, após processar o tempo ajustado, o contador d1 fecha e energiza S2, realizando o retorno do cilindro.

Circuito 09



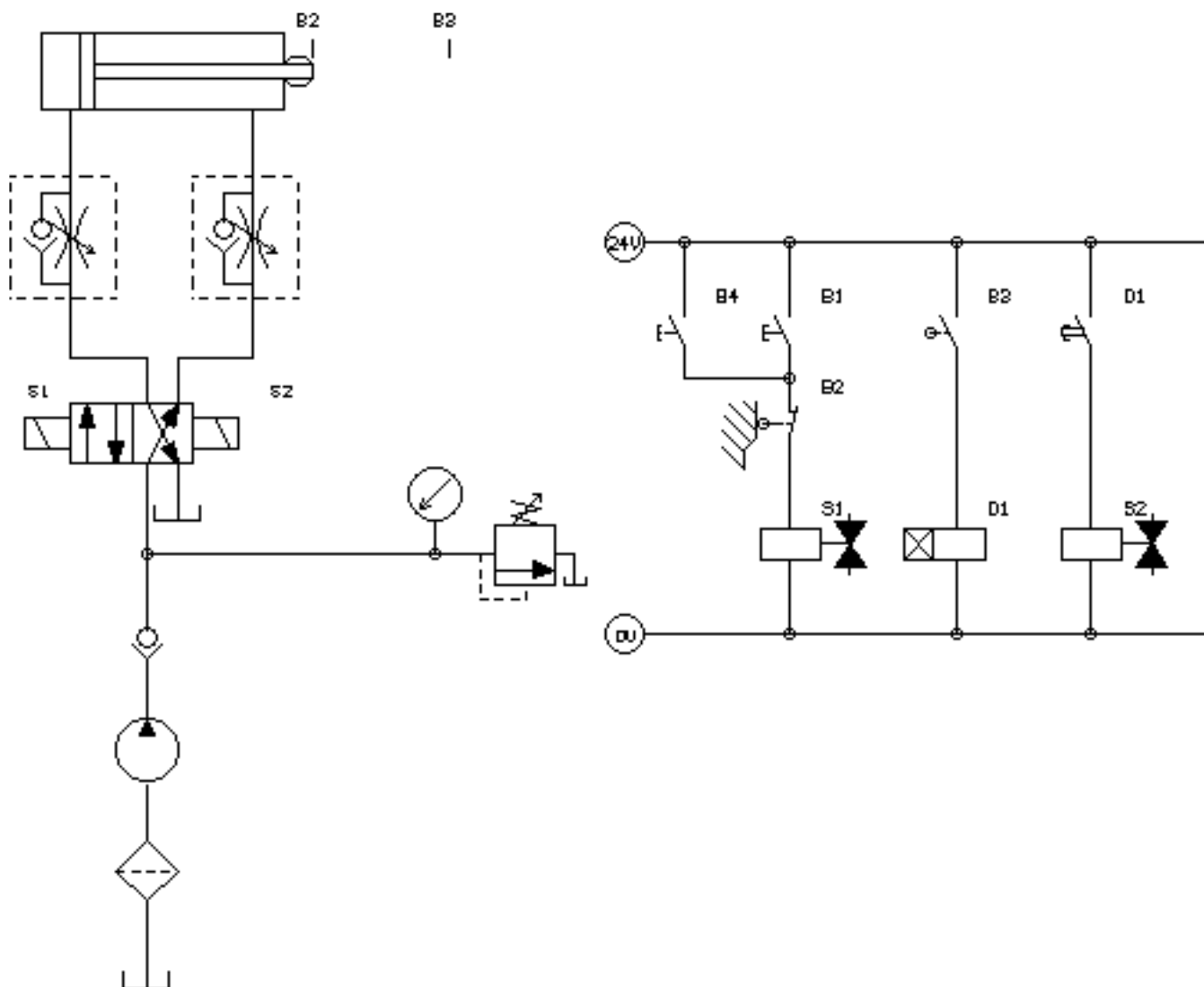
O circuito de comando apresenta a condição de ciclo contínuo através do comando de b1, sendo b2 uma chave fim de curso NA na condição inicial já acionada.

Circuito 10



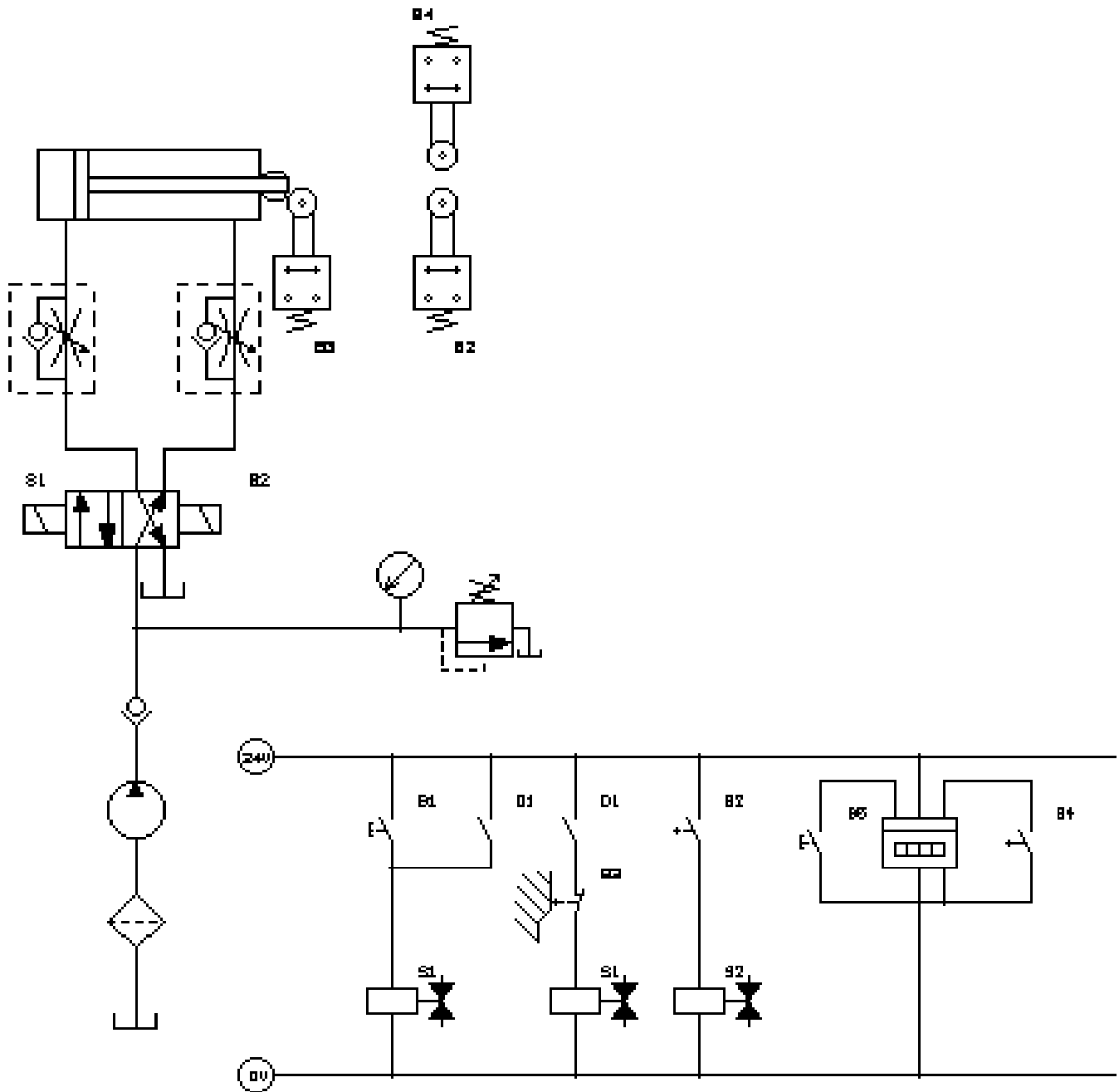
O circuito de comando apresenta a possibilidade de comando em ciclo único por b1 ou de comando em ciclo contínuo por b4.

Circuito 11



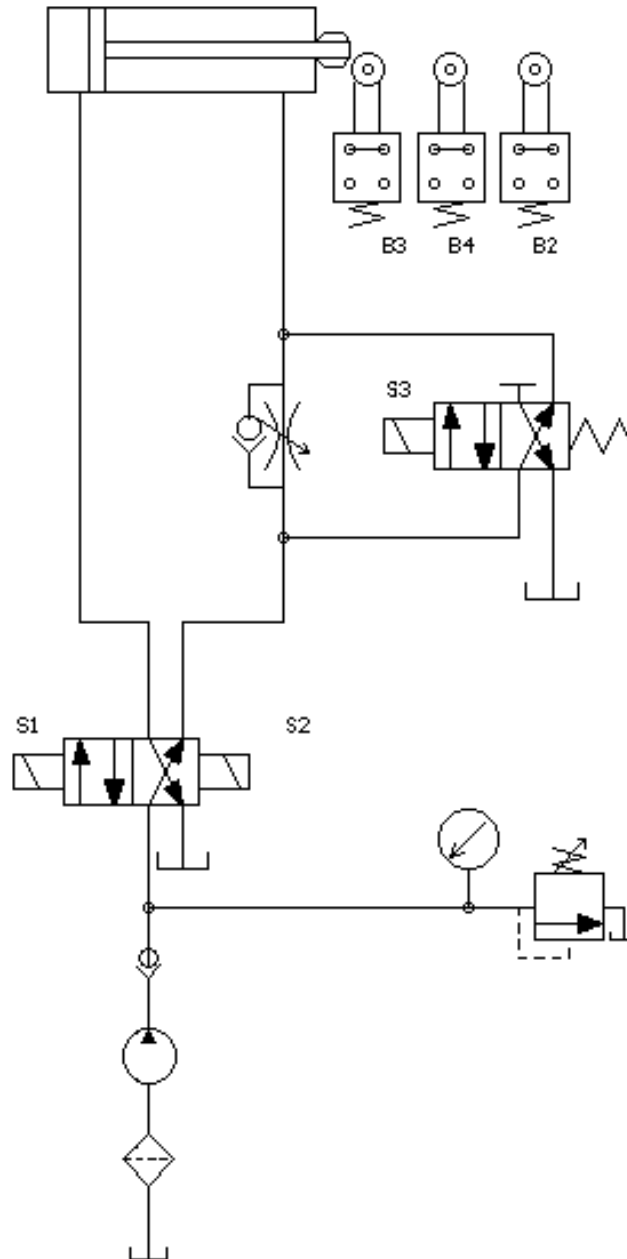
O circuito de comando apresenta a possibilidade de comando em ciclo contínuo por b4, com temporizador no final do curso através do relé de tempo d1.

Circuito 12



O circuito de comando apresenta a possibilidade de comando em ciclo contínuo por b1, porém com contagem programada do número de ciclos através de um contador predeterminador d2. A chave fim de curso b4 é responsável pela contagem e o botão b5 reset do contador.

Circuito 13



O circuito de comando apresenta a possibilidade de duas velocidades para o avanço do cilindro com velocidade alta até atingir a chave fim de curso b4.

Nesse momento o cilindro passa a avançar com velocidade lenta até atingir o fim de curso b2, responsável pelo retorno do cilindro com velocidade alta.

Circuito 13

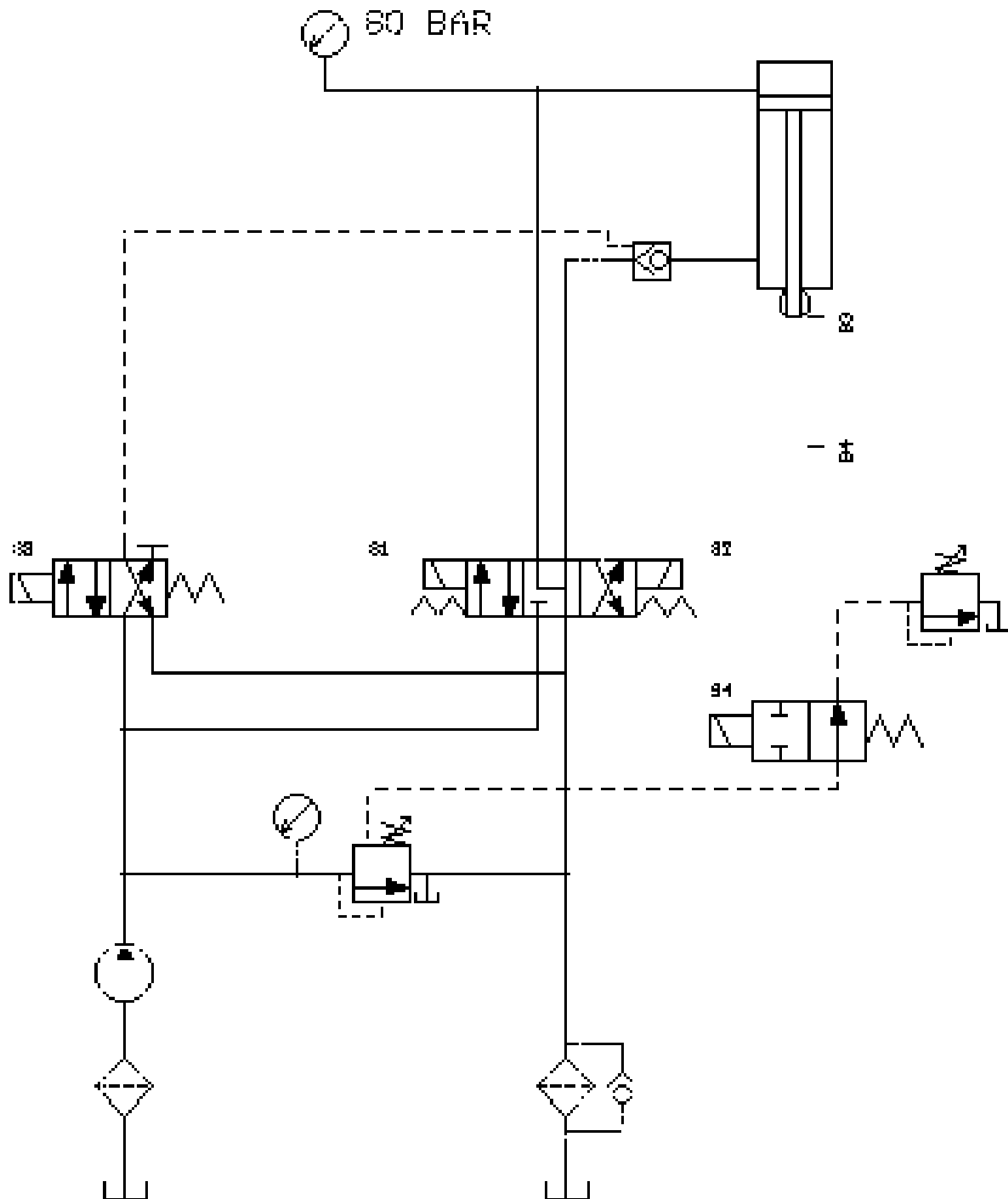
Circuito de Comando



O circuito de comando apresenta a possibilidade de duas velocidades para o avanço do cilindro com velocidade alta até atingir a chave fim de curso b4.

Nesse momento o cilindro passa a avançar com velocidade lenta até atingir o fim de curso b2, responsável pelo retorno do cilindro com velocidade alta.

Circuito 14



O circuito de comando apresentado ilustra o comando de uma prensa hidráulica simples. O comando inicial ocorre por um bimanual simples, o sistema trabalha com dois níveis de pressão.

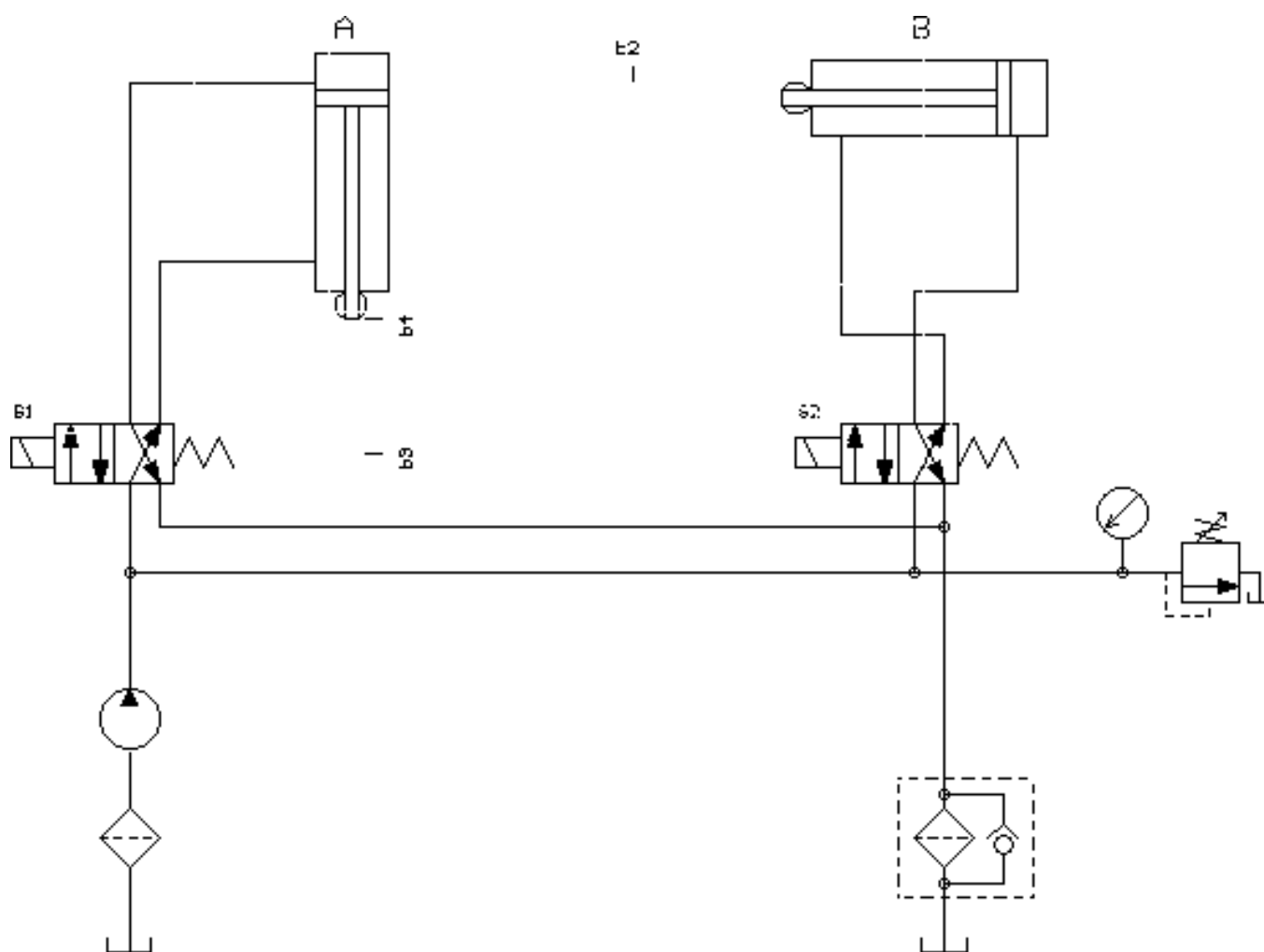
Circuito 14

Circuito de Comando



O circuito de comando apresentado ilustra o comando de uma prensa hidráulica simples. O comando inicial ocorre por um bimanual simples, o sistema trabalha com dois níveis de pressão.

Circuito 15



O circuito de comando apresentado é um circuito de auto-retenção para a sequência algébrica A+B+A-B- para eletroválvulas de 4/2 simples solenóide.

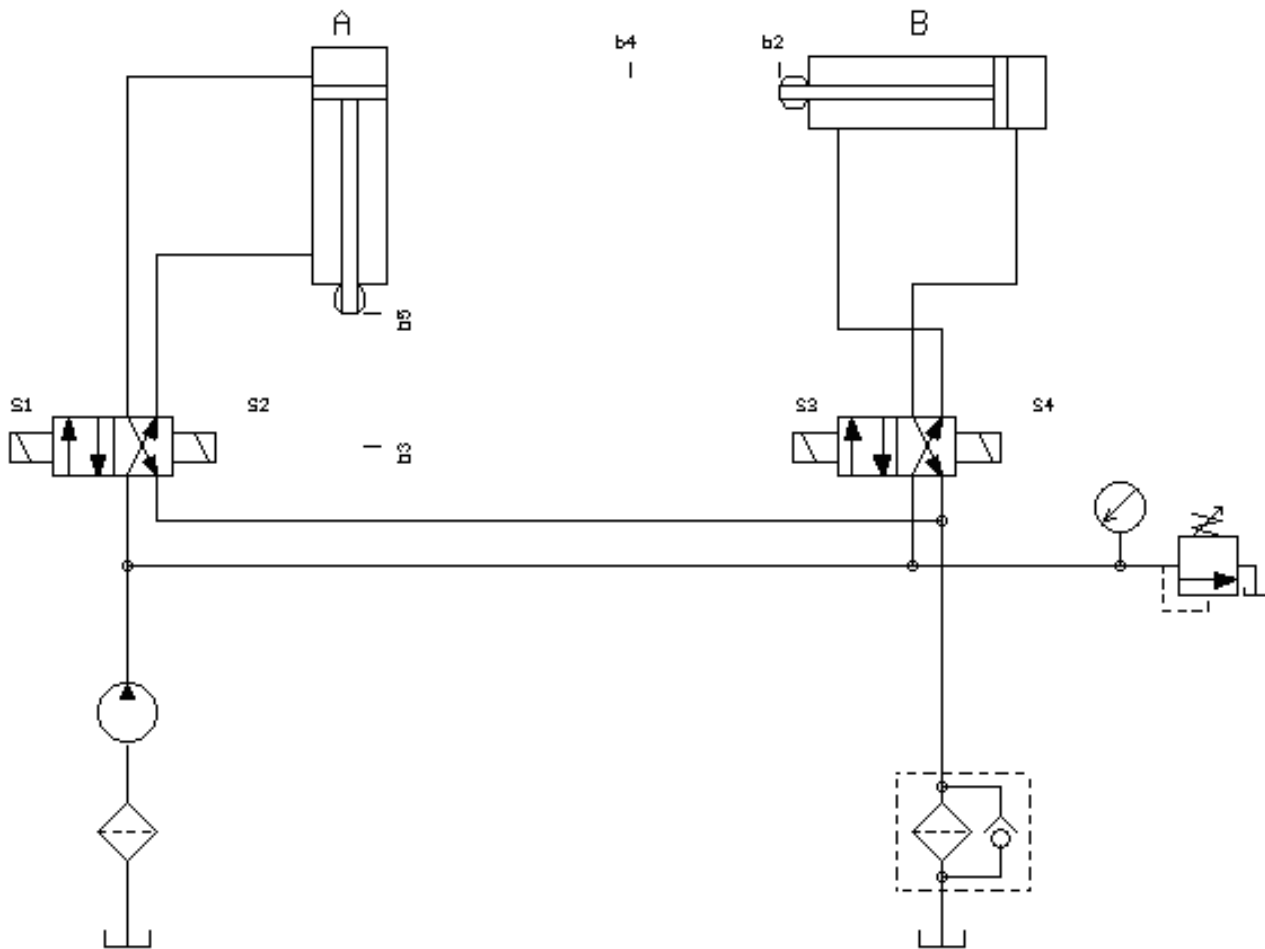
Circuito 15

Circuito de Comando



O circuito de comando apresentado é um circuito de auto-retenção para a sequência algébrica A+B+A-B- para eletroválvulas de 4/2 simples solenóide.

Circuito 16



O circuito de comando apresentado é um circuito de comando com possibilidade de ciclo único ou ciclo contínuo para a sequência algébrica A+B+A-B- para eletroválvulas de 4/2 duplo solenóide.

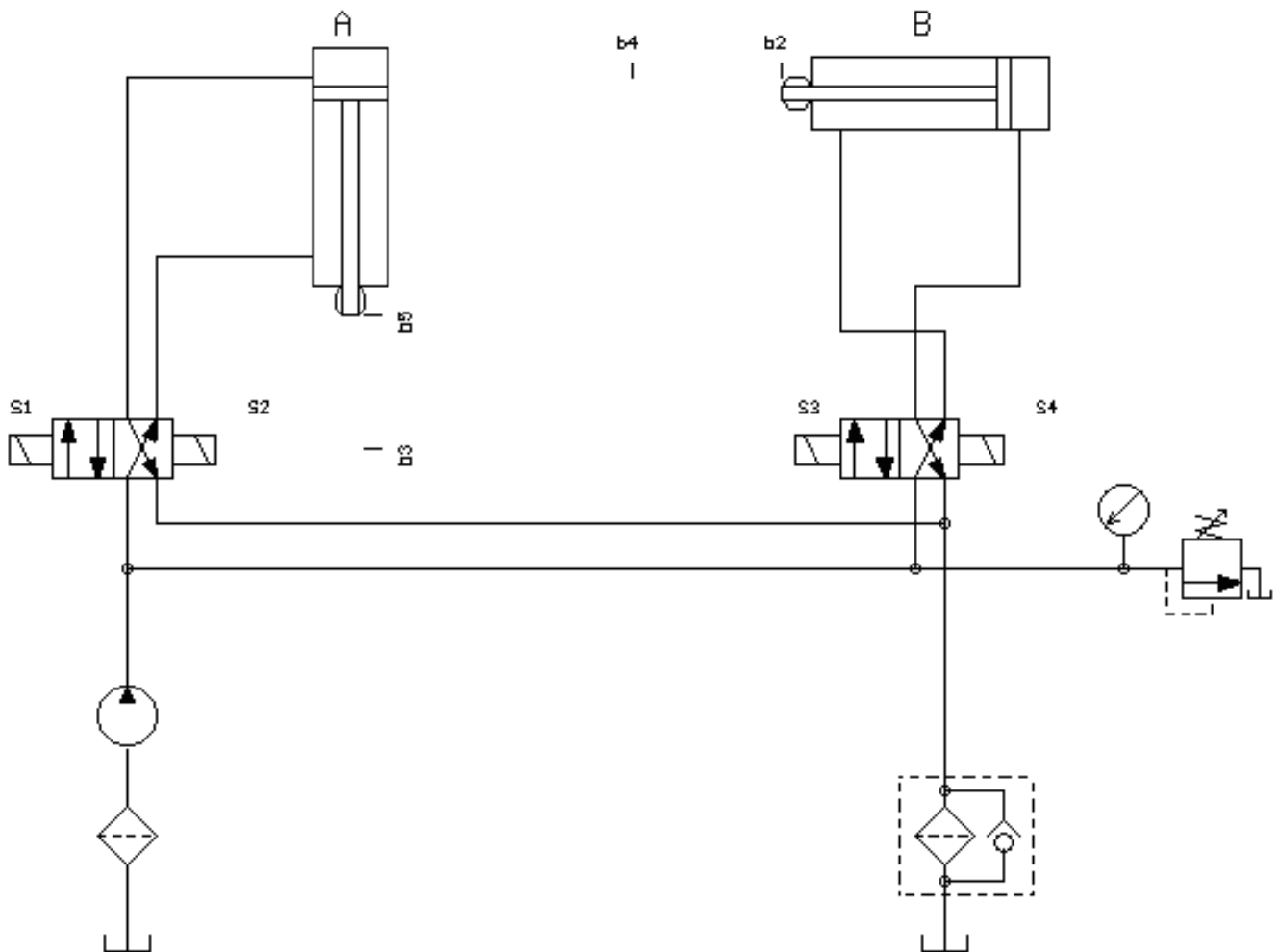
Circuito 16

Circuito de Comando



O circuito de comando apresentado é um circuito de comando com possibilidade de ciclo único ou ciclo contínuo para a sequência algébrica A+B+A-B- para eletroválvulas de 4/2 duplo solenóide.

Circuito 17



O circuito de comando apresentado é um circuito de comando com possibilidade de ciclo único com ciclo contínuo para a sequência algébrica A+B+B-A-, onde a sobreposição de sinal será eliminada com uso de chaves fim de curso acionadas por gatilho.

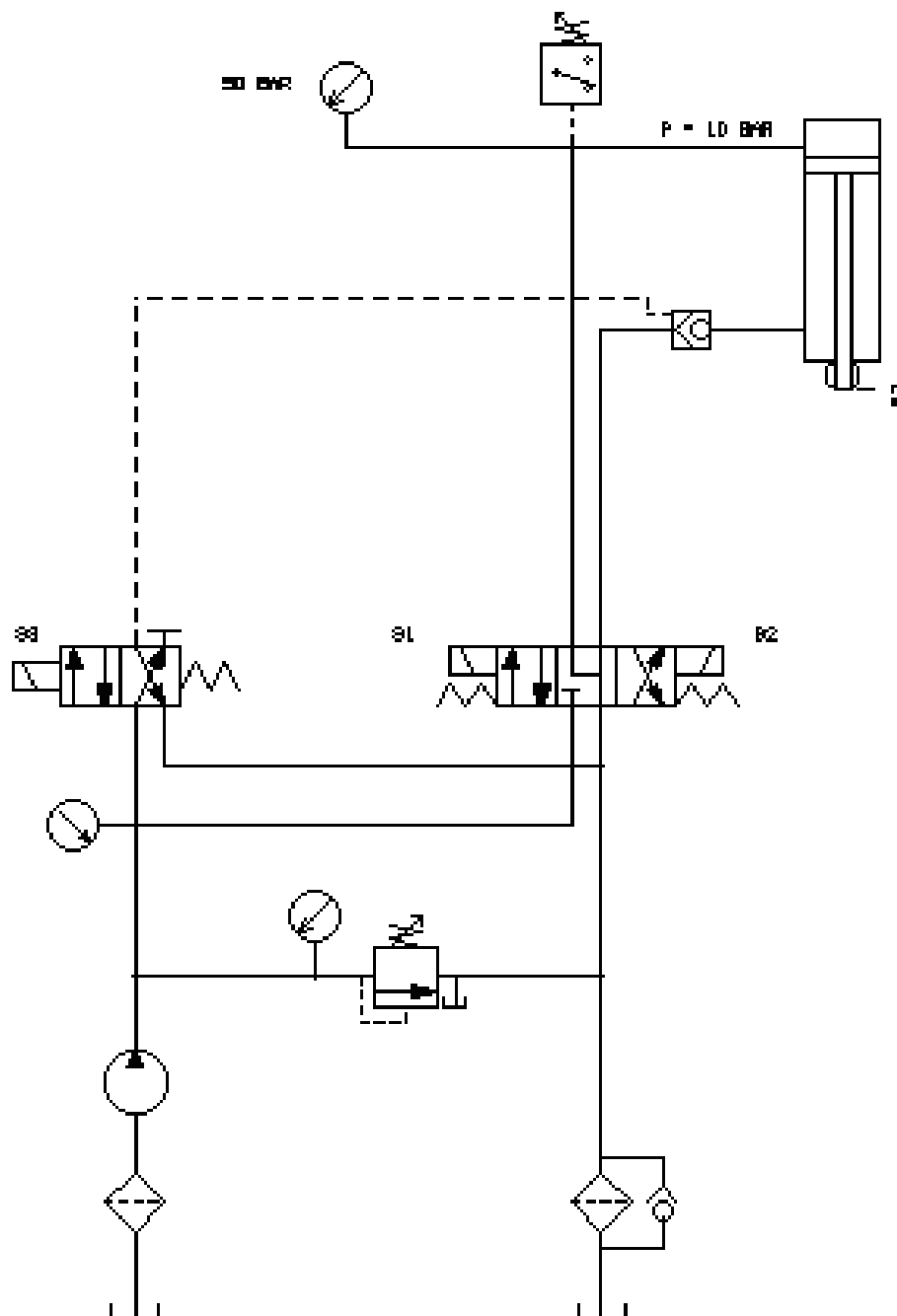
Circuito 17

Circuito de Comando



O circuito de comando apresentado é um circuito de comando com possibilidade de ciclo único com ciclo contínuo para a sequência algébrica $A+B+B-A-$, onde a sobreposição de sinal será eliminada com uso de chaves fim de curso acionadas por gatilho.

Circuito 18



O circuito de comando apresenta a aplicação de um pressostato para controle de pressão de uma prensa hidráulica simples.

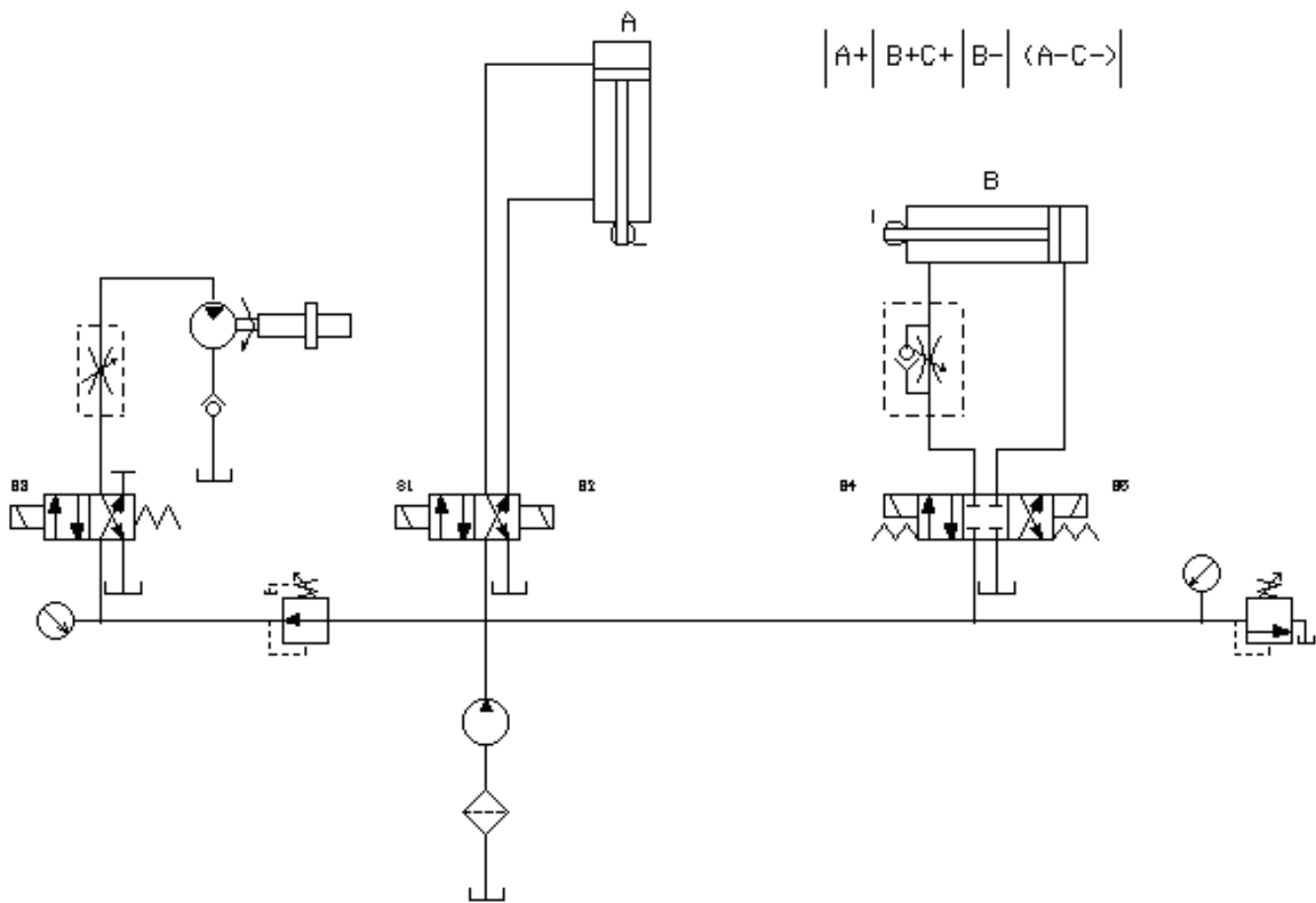
Circuito 18

Circuito de Comando



O circuito de comando apresenta a aplicação de um pressostato para controle de pressão de uma prensa hidráulica simples.

Circuito 19



$$|A+|B+C+|B-|(A-C-)$$

O circuito de comando apresentado lustra um processo de trabalho com dispositivo de fixação (cilindro A) utilizando um pressostato para efetuar o controle de pressão necessário e liberação da sequência de movimento.

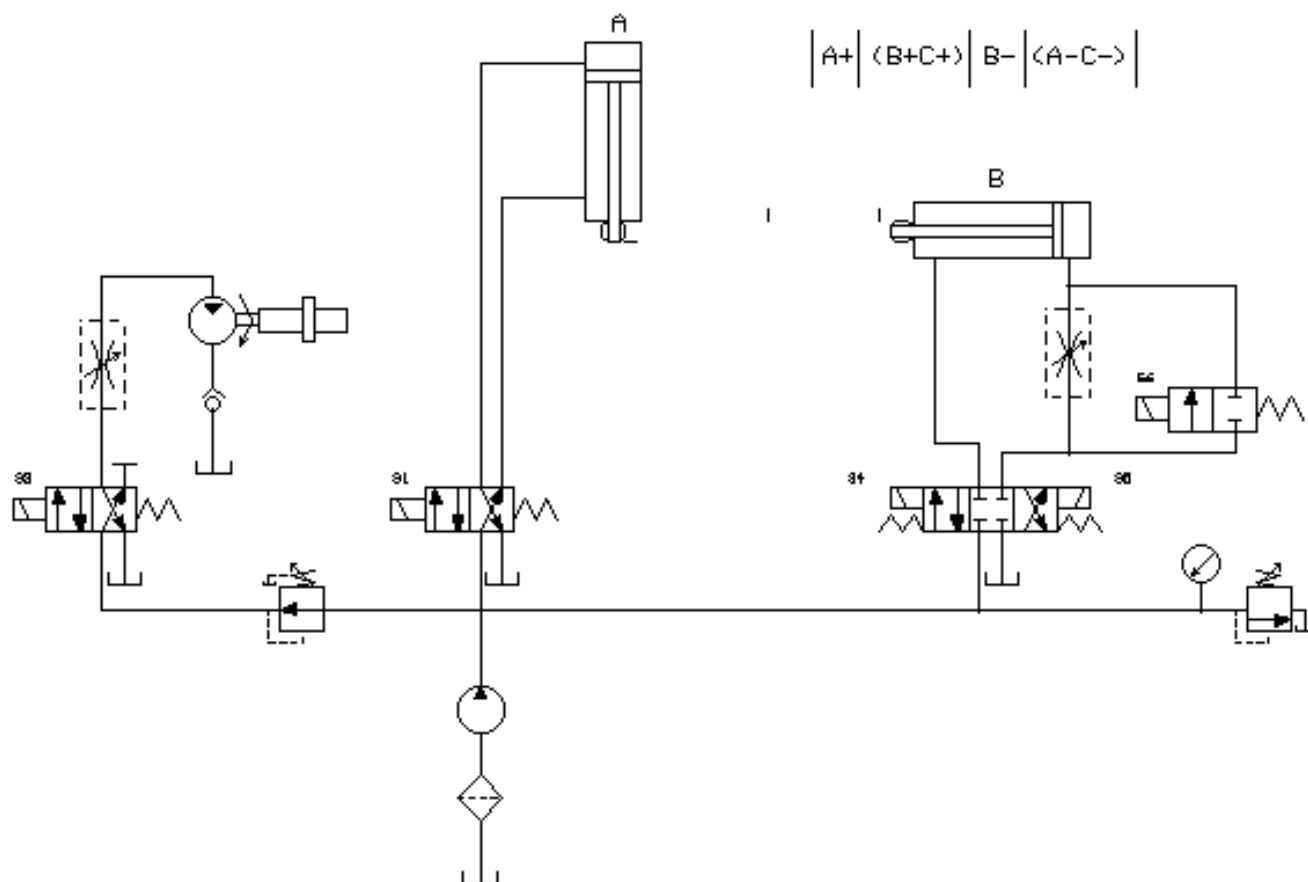
Circuito 19

Circuito de Comando



O circuito de comando apresentado lustra um processo de trabalho com dispositivo de fixação (cilindro A) utilizando um pressostato para efetuar o controle de pressão necessário e liberação da sequência de movimento.

Circuito 20



O circuito de comando apresentado ilustra o processo descrito anteriormente, porém o cilindro B passa a trabalhar com duas possibilidades de velocidades dentro do processo.

Circuito 20

Circuito de Comando



O circuito de comando apresentado ilustra o processo descrito anteriormente, porém o cilindro B passa a trabalhar com duas possibilidades de velocidades dentro do processo.

19. Circuito Cascata ou Sequência Mínima de Contatos

Nesse método de resolução de circuito aplicamos relés auxiliares realizando a função de memórias de grupos, sendo a sequência algébrica dividida onde ocorrerá sobreposições de sinais elétricos. Quando em uma sequência algébrica encontramos mudança de sinal algébrico de um passo para outro com o mesmo atuador, podemos dizer que estará ocorrendo uma sobreposição de sinal.

Exemplo: A+B+B+A-

No método intuitivo poderíamos utilizar chaves fim de curso acionadas por gatilho, seria uma maneira simples de se eliminar a sobreposição, porém mesmo as chaves fim-de-curso acionadas por gatilho poderão causar a sobreposição, caso as mesmas possam mecanicamente permanecer acionadas, talvez por um problema de posicionamento mecânico.

No método cascata a sobreposição de sinal elétrico é totalmente eliminada, porque mesmo que a chave fim de curso permaneça mecanicamente acionada a mudança de movimento pela qual ela é responsável ocorrerá através de um grupo de comandos.

Exemplo:



Sendo a sequência algébrica dividida somente onde ocorrerá sobreposição de sinal elétrico, teremos com isso a formação de dois grupos de comando:

GRUPO 1 e GRUPO 2

O grupo 1 será responsável pelo movimento (passo) de A + (avanço do cilindro A) e pelo movimento de B + (avanço do cilindro B).

O grupo 2 será responsável pelo movimento de B - (retorno do cilindro B) e pelo movimento de A - (retorno do cilindro A).

No método cascata, como mencionado anteriormente, trabalhamos com relés auxiliares (memórias) e com grupos de comando, devemos observar que o número de relés auxiliares utilizados dependerá do número de grupos menos um.

Exemplo:

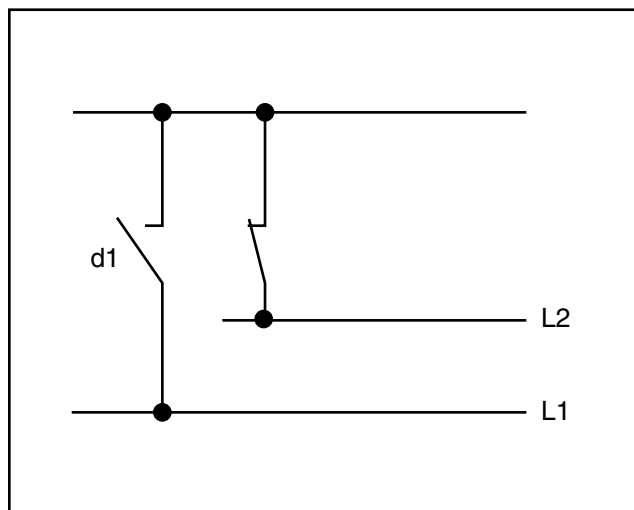
- Dois grupos de comandos corresponderão a um relé.
- Três grupos de comandos corresponderão a dois relés.
- Quatro grupos de comandos corresponderão a três relés.

Deveremos observar como regra básica para o método cascata, que o último grupo deverá sempre permanecer energizado. Isso ocorre pelo simples fato de que utilizaremos um contato NA e um contato NF do relé auxiliar.

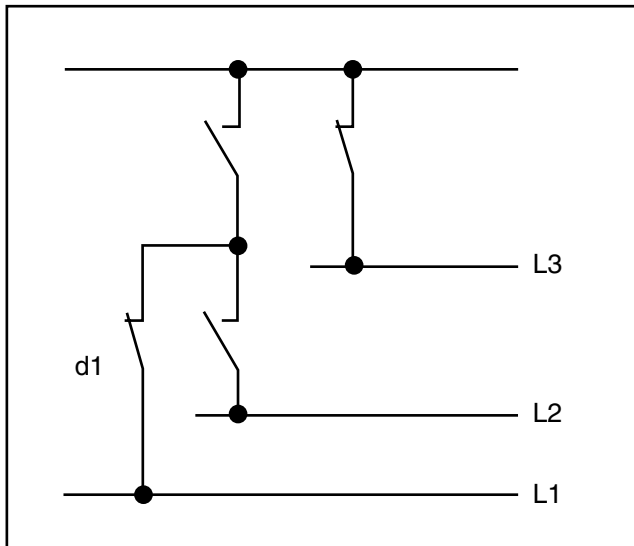
Como foi mencionado há pouco, para dois grupos de comando utilizaremos apenas um relé auxiliar, sendo utilizados dois contatos desse relé teremos:

- Primeiro contato (NA), responsável pela alimentação do grupo 1.
- Segundo contato (NF), responsável pela alimentação do grupo 2.

A seguir teremos um exemplo para a condição de alimentação de dois grupos de comandos:



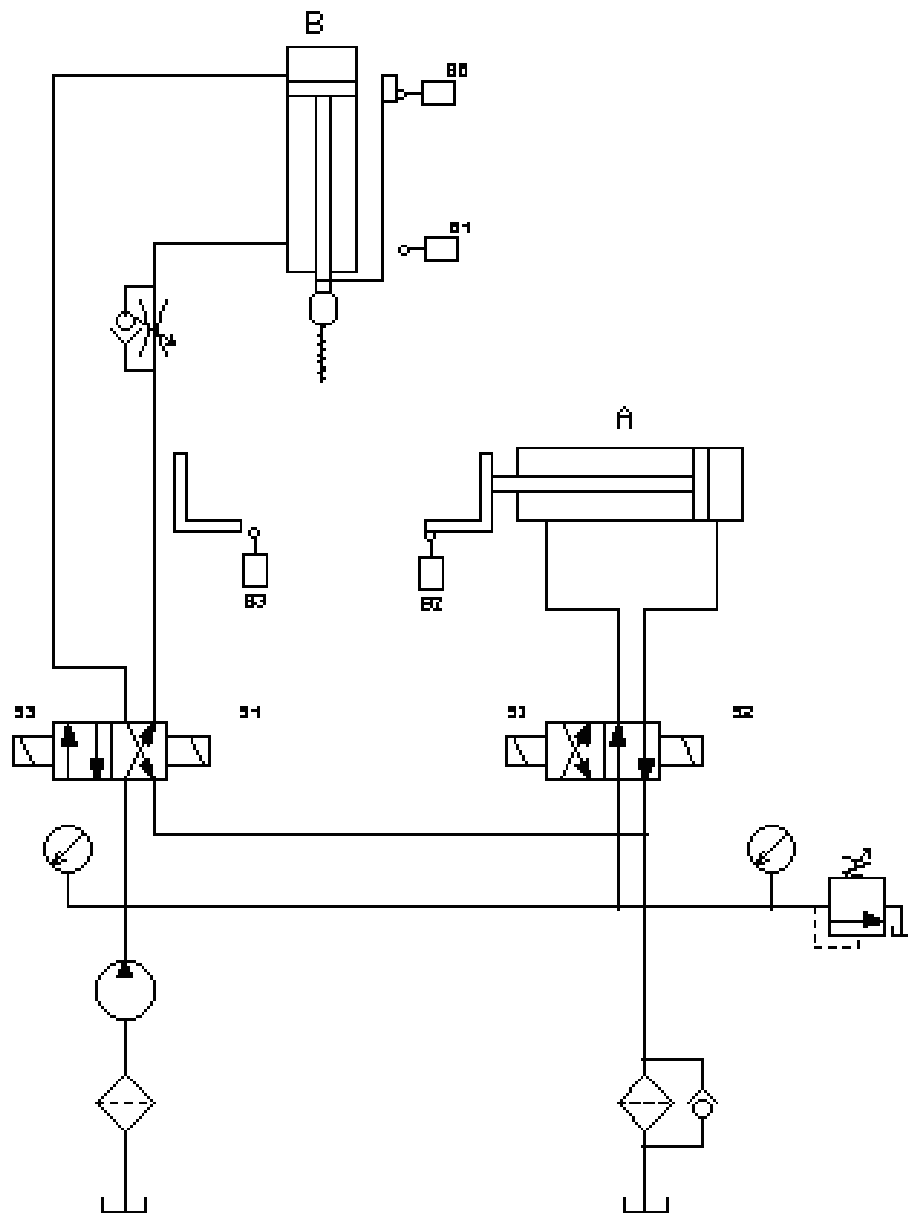
Exemplo para a condição de alimentação de três grupos de comandos:



Recomendamos o método cascata para resolução de comandos com aplicações de válvulas direcionais 4/2 de duplo solenóide.

Não é recomendável a resolução de comando para aplicações de válvulas 4/2 de simples solenóide e 4/3 vias duplo solenóide, para essas aplicações o método passo-a-passo é recomendável.

Circuito 01 - Método Cascata

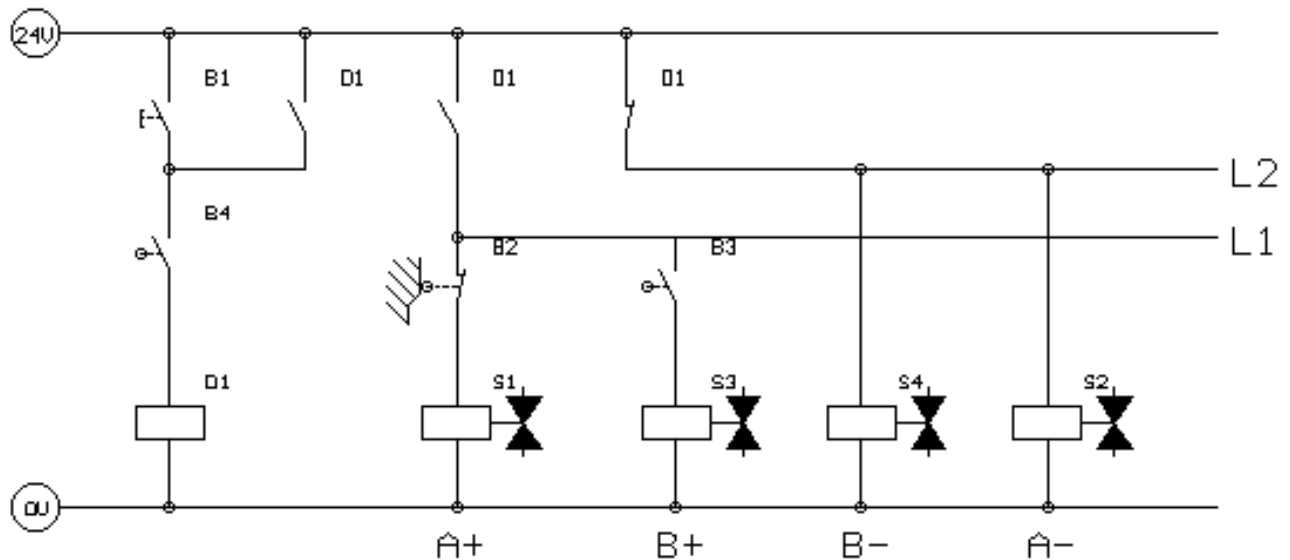


Sequência: A + B + - A -

Circuito de potência:

Circuito 01 - Método Cascata

Circuito de Comando

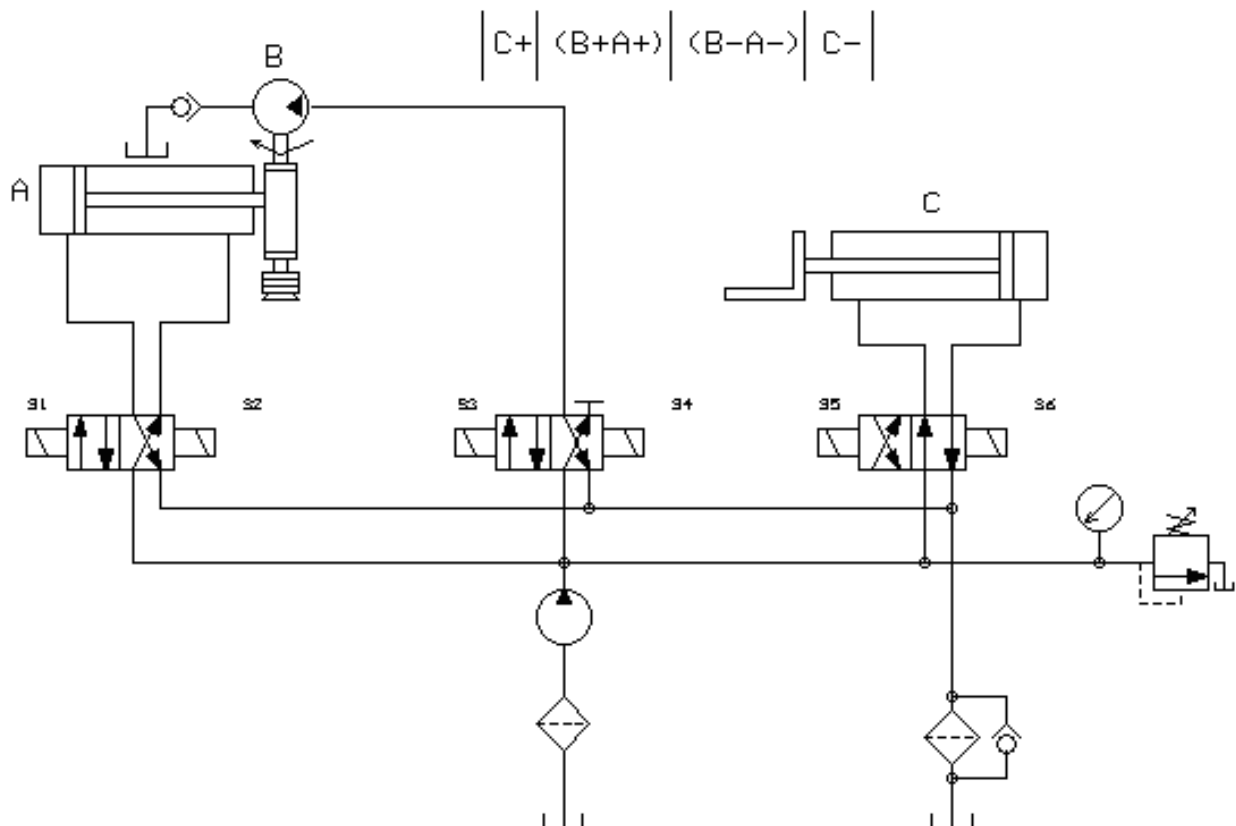


Sequência: $A + B + | B - A$

Circuito de comando:

Nesse comando teremos a possibilidade de comparar a sequência em ciclo único de b1 ou em um ciclo contínuo através de b6.

Circuito 02 - Método Cascata



Seqüência: B + (A - C +) + (A + C -) B -

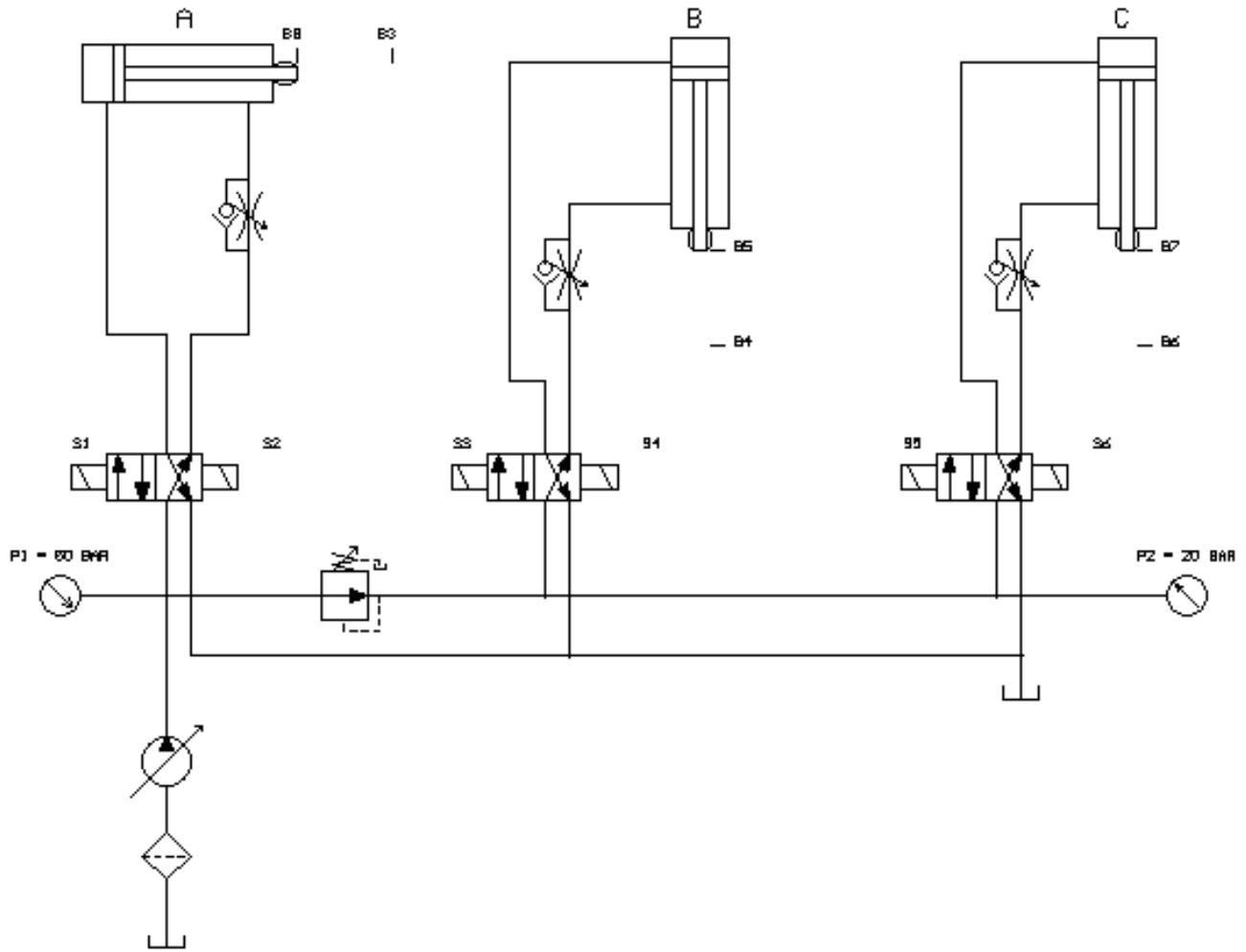
Circuito 02 - Método Cascata

Circuito de Comando



Sequência: B + (A - C +) + (A + C -) B -

Circuito 03 - Método Cascata



Sequência: B + (A - C +) (A + C -) B-

Circuito 03 - Método Cascata

Circuito de Comando



Sequência: B + (A - C +) (A + C -) B-

20. Circuitos Passo a Passo ou Sequência Máxima de Contatos

Nesse método de resolução de circuitos aplicamos também relés auxiliares, porém agora deveremos dividir a sequência algébrica não somente onde ocorrerá a sobreposição de sinal, mas sim em cada passo da sequência.

Exemplo:

A +	B +	A -	B -
------------	------------	------------	------------

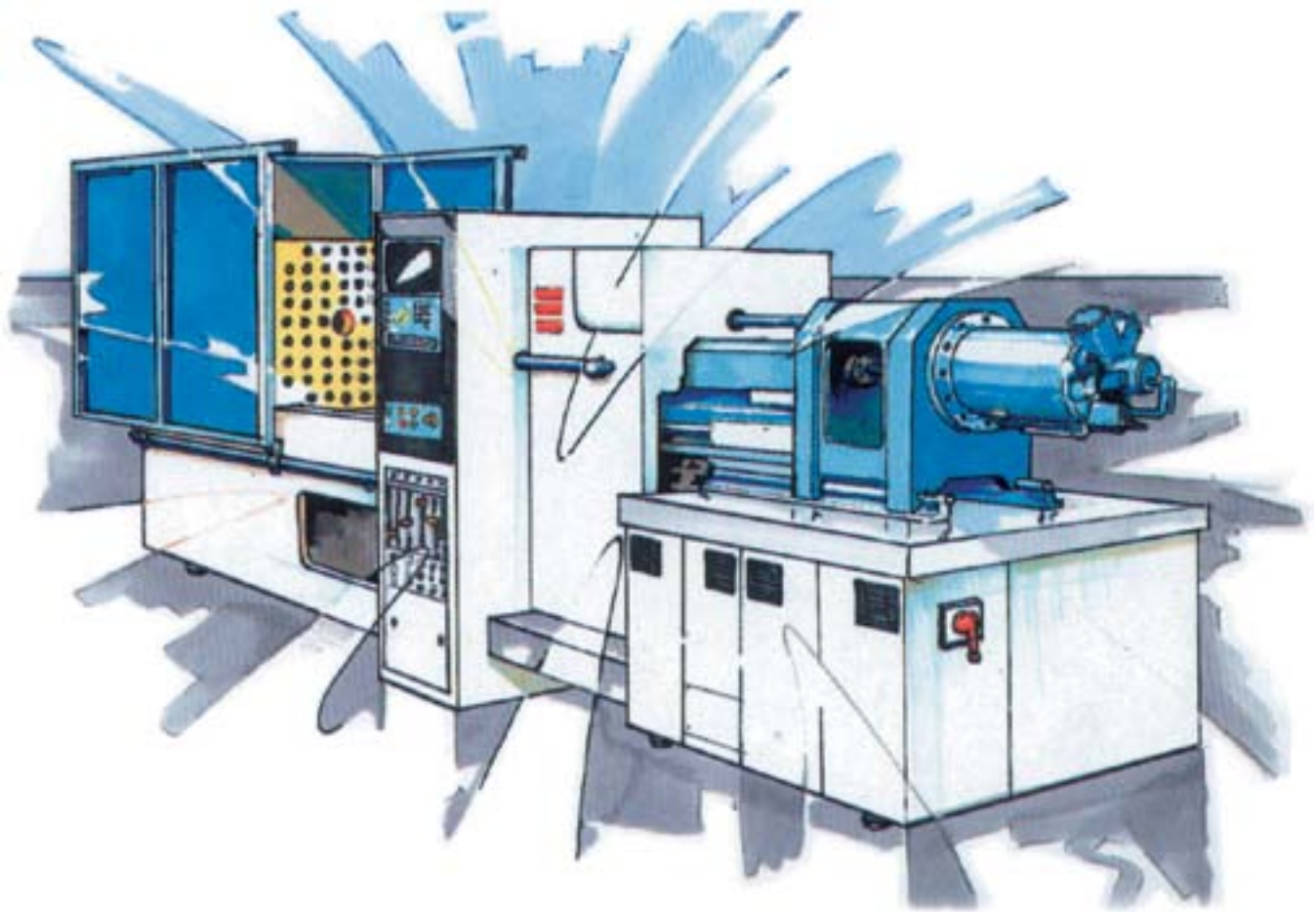
Agora teremos um relé auxiliar para cada passo ou movimento dentro de uma sequência algébrica e teremos um grupo de comandos para cada passo.

Exemplo:

A + 1°	B + 2°	B - 3°	A - 4°
d1	d2	d3	d3

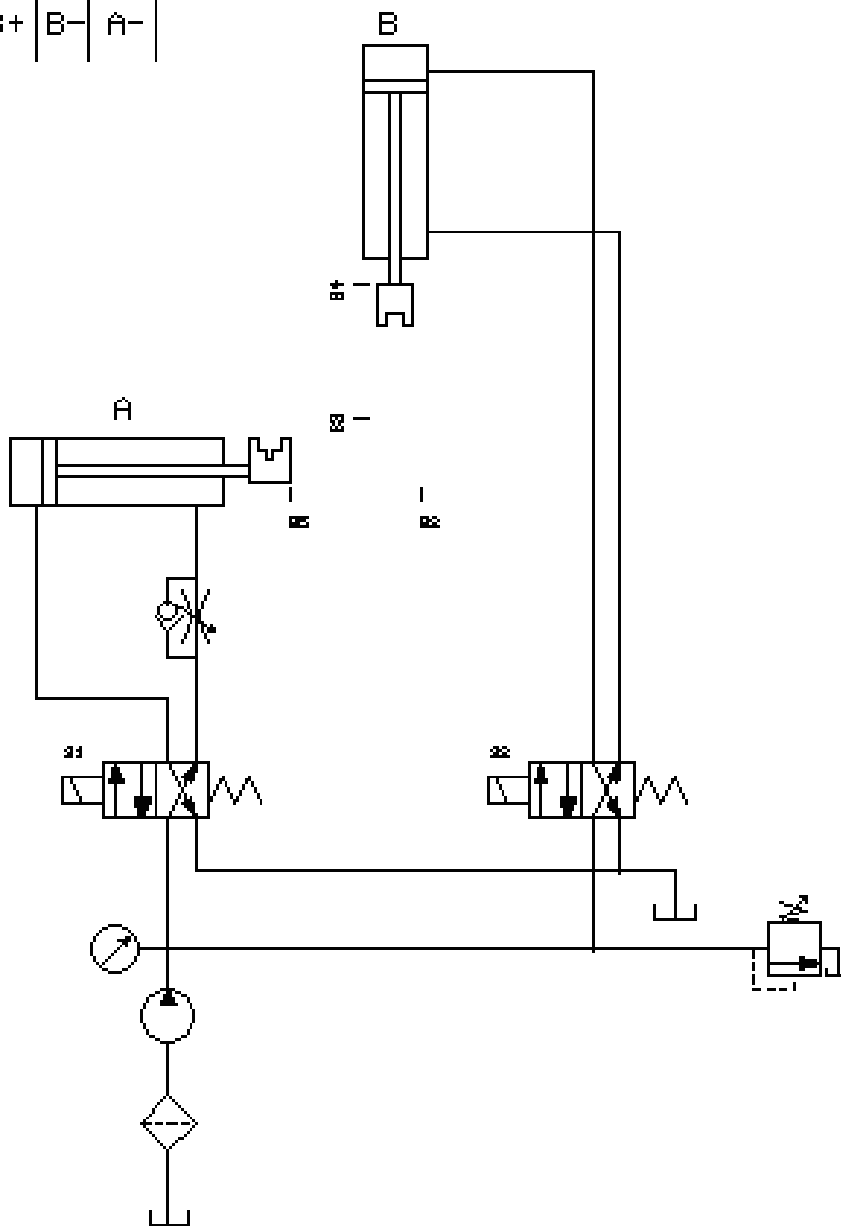
Devemos observar que se fará necessária a utilização de mais um relé auxiliar (d5) para preparar o passo seguinte.

Circuitos Aplicativos



Circuito 01 - Método Passo a Passo

| A+ | B+ | B- | A- |

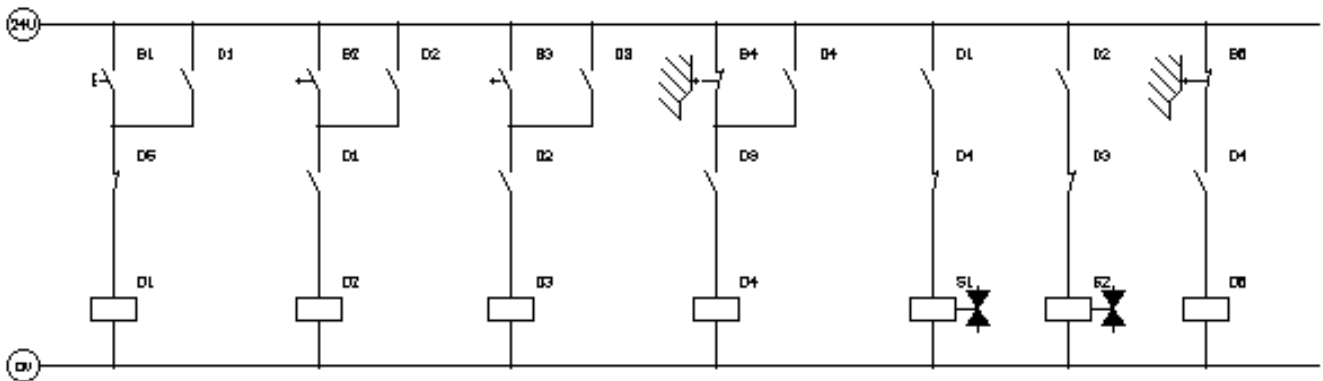


Sequência: | A + | B + | B - | A - |

Aplicação: 4/2 simples solenóide

Circuito 01 - Método Passo a Passo

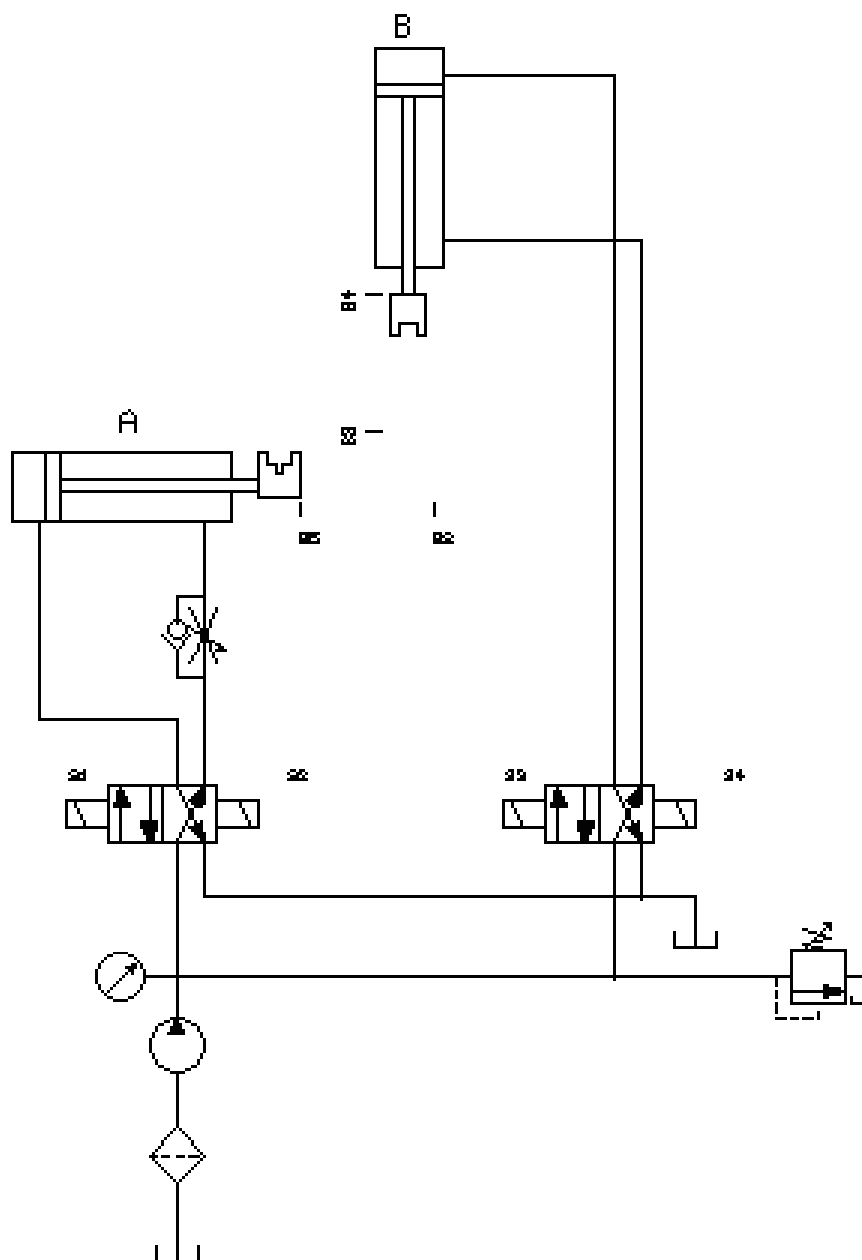
Circuito de Comando



Sequência: | **A +** | **B +** | **B -** | **A -** |

Aplicação: 4/2 simples solenóide

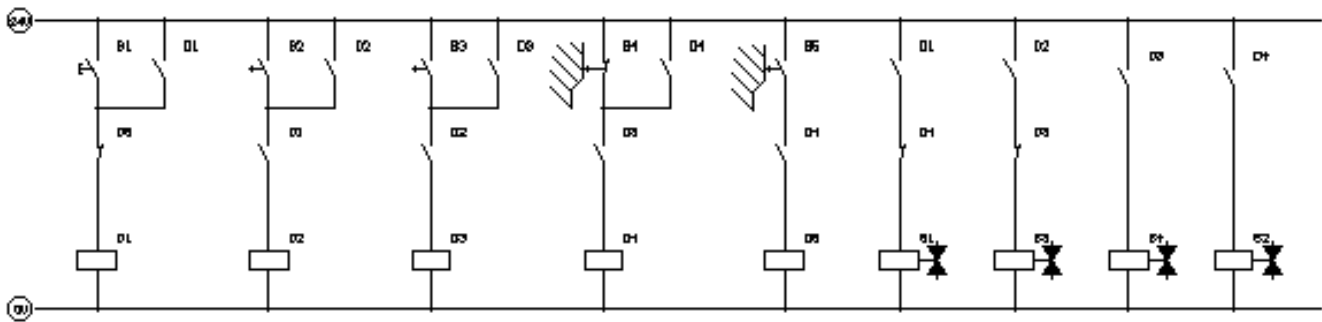
Circuito 02 - Método Passo a Passo



Sequência: | A + | B + | B - | A - |

Aplicação: 4/2 duplo solenóide

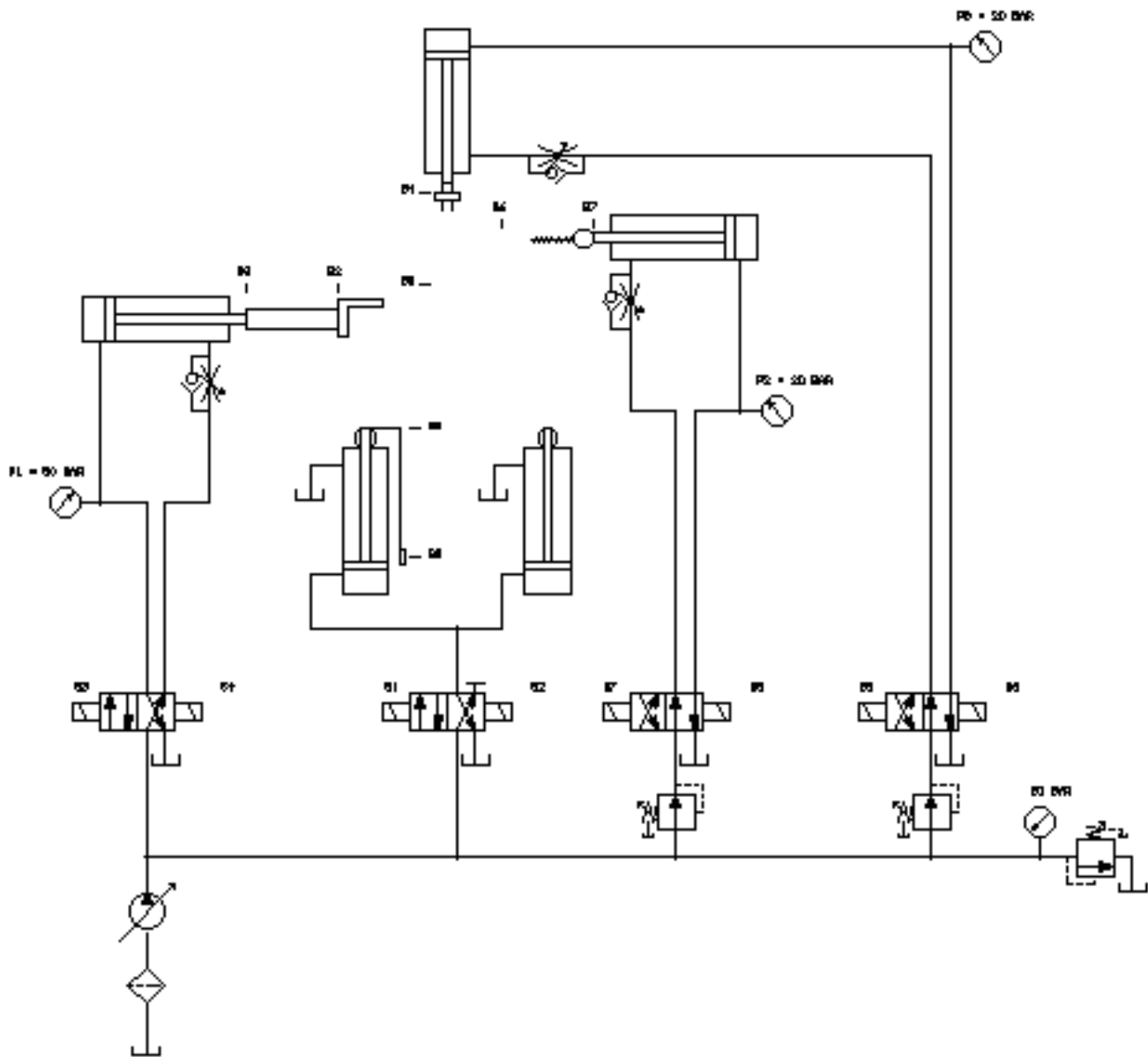
Circuito 02 - Método Passo a Passo



Sequência: **A + | B + | B - | A - |**

Aplicação: 4/2 duplo solenóide

Circuito 03 - Método Passo a Passo



Sequência: **C + D + D - (A + B +) E + E - (A - B -) C -**

Circuito 03 - Método Passo a Passo

Circuito de Comando



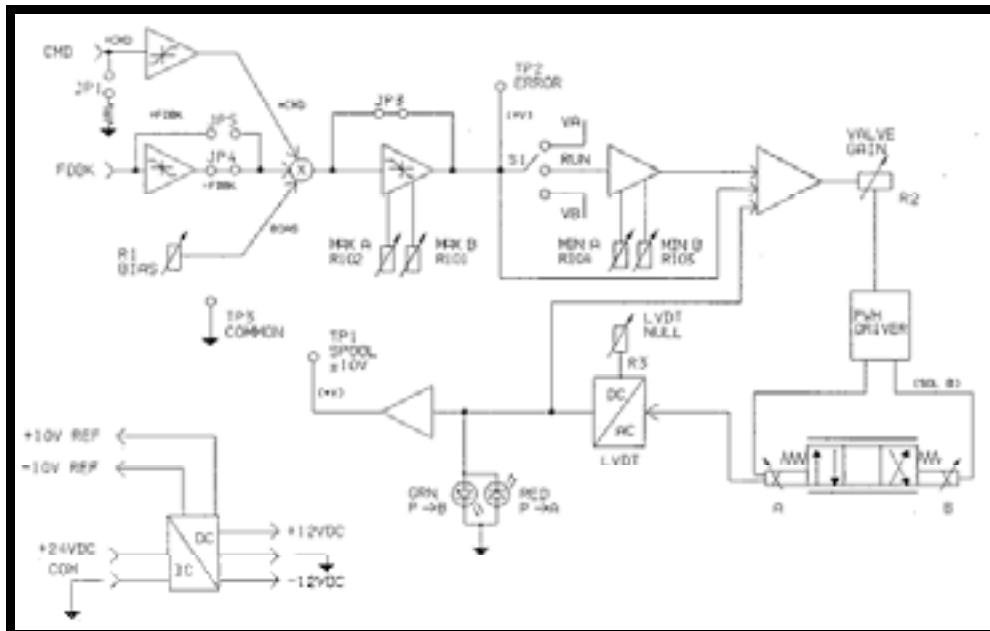
Sequência: **C + D + D - (A + B +) E + E - (A - B -) C -**

Notas

Notas

Notas

Hidráulica Proporcional



Prefácio

O conhecimento e domínio da hidráulica proporcional são fundamentais para técnicos e engenheiros que atuam em plantas industriais, mais especificamente em projetos e manutenção.

Cada vez mais presente em máquinas e equipamentos, associa a simplificação do sistema hidráulico, em função da redução no número de componentes do circuito, à flexibilidade da eletrônica que garante precisão no controle das variáveis pressão, vazão e conseqüentemente posição. A facilidade de parametrização das rotinas microprocessadas impede erros comuns verificados quando os sistemas eram puramente analógico por permitir auto correções on-line.

Sistemas hidráulicos convencionais com partida e parada instantâneas provocam movimentos bruscos com elevados esforços mecânicos seguidos por picos de pressão que geram fadigas e redução de vida útil em todos os componentes do circuito.

As válvulas hidráulicas proporcionais produzem uma resposta de pressão ou vazão, proporcional a intensidade de corrente elétrica, controlada por cartelas eletrônicas dedicadas. Estas cartelas permitem a eliminação de banda morta através do ajuste de corrente mínima e a limitação de valores máximos de vazão quando se trata da válvula direcional e de pressão quando se trata da válvula de segurança, por exemplo.

As cartelas são aplicadas também para se obter controle de rampas de aceleração nas válvulas proporcionais, que permite alcançar altas velocidades nos atuadores de forma suave e progressiva e rampas de desaceleração que reduzem a velocidade até a parada total de maneira rápida e suave, evitando movimentos bruscos, prejudiciais ao sistema mecânico devido aos esforços e trancos gerados, já as rampas de pressurização e despressurização nas válvulas de pressão, impedem os picos de pressão e golpes de aríete. Estas características asseguram alta performance ao processo, com ganhos expressivos de produtividade.

Esta apostila tem por objetivo abordar tópicos que ajudarão no conhecimento e compreensão desta tecnológica tão importante no cenário da hidráulica. É importante ressaltar que o avanço tecnológico agrega cada vez mais recursos ao componente reduzindo a ação necessária do usuário que precisa apenas manter o sistema dentro de padrões ótimos de trabalho e dos projetistas exige um conhecimento apurado da aplicação para garantir uma escolha correta.

Índice

1. Introdução	124
2. Conceitos Gerais	125
3. Construção das Válvulas Proporcionais.....	129
4. Problemas e Soluções Tecnológicas	131
5. Ajustes Eletrônicos	133
6. Apêndice A - Placas de Acionamento Parker.....	134
7. Apêndice B - Válvulas Proporcionais Parker	138
8. Ajustes.....	152
9. Referências	154
10. Exercícios.....	155

1. Introdução

Muitos sistemas hidráulicos são comandados eletricamente, utilizando-se de válvulas solenóides. Porém, os ajustes de pressão ou vazão, nesses casos, necessitam de válvulas reguladas manualmente. Em diversas aplicações, torna-se necessário, ter pressão e vazão variável, seja durante um ciclo de operação de uma máquina, ou para ajustar a máquina nas diferentes situações que possam ocorrer, como um set-up de máquina, ou para fazer um controle de posição de um cilindro, entre outros. Em virtude dessa necessidade, foi desenvolvida a hidráulica proporcional, conseguida a partir da evolução da eletrônica e dos sistemas de controle.

A principal diferença entre a válvula proporcional e a eletroválvula reside na construção do solenóide. A bobina solenóide de uma eletroválvula pode assumir somente dois estados: ligada ou desligada. Na posição ligada, ela atua sobre o carretel da válvula fazendo com que a válvula comute. Na posição desligada o carretel fica livre da ação do solenóide, atuando assim em regime de 0 ou 100%. Já na válvula proporcional a bobina solenóide fica energizada permanentemente, oscilando entre uma corrente mínima e uma corrente máxima e, opera de acordo com a corrente aplicada. Se aplicarmos menos corrente, ela exercerá menor ação sobre o carretel, definindo portanto, um determinado nível de vazão da válvula, por exemplo. Do mesmo modo, se aplicarmos maior corrente ela exercerá maior ação sobre o carretel determinando um maior nível de vazão, atuando em regime de 0 a 100%.

Portanto, podemos dizer que uma válvula proporcional é um componente eletro-mecânico que produz uma saída hidráulica, proporcional ao sinal de corrente elétrica aplicada na entrada. Porém, existem alguns efeitos indesejáveis que ocorrem na válvula proporcional, gerados devido a diversos aspectos inerentes à válvula, como atrito, contaminação do óleo, sobreposição do carretel, entre outros. Com a utilização da eletrônica, sensores e sistemas de controle conseguiu-se minimizar bastante esses efeitos. Com isso, a tecnologia com válvulas proporcionais possibilitou:

- ▷ Melhor performance na relação força e velocidade, constante nos pontos de trabalho;
- ▷ Eliminação de oscilações e picos de pressão;
- ▷ Melhor controle de aceleração, desaceleração, pressurização e despressurização;
- ▷ Diminuição do número de componentes nos sistemas hidráulicos;
- ▷ Acionamento eletrônico das válvulas de forma simples, flexível e eficiente;

A tecnologia atual de válvulas proporcionais inclui diversas áreas como:

- ▷ Mecânica;
- ▷ Hidráulica;
- ▷ Eletromagnetismo;
- ▷ Eletrônica;
- ▷ Controle;

Por isso, se torna bastante complexo ter um conhecimento aprofundado e detalhado dessa tecnologia, embora a utilização seja relativamente simples e prática.

Portanto, vamos começar com alguns conceitos dessas áreas para melhor compreensão dessa tecnologia.

2. Conceitos Gerais

Conceitos de Mecânica

Atrito Seco

O atrito seco, ou atrito de Coulomb, é o efeito físico de resistência à força aplicada devido à inércia, ou seja, é a força necessária para fazer com que um objeto parado comece a se mover. Esse tipo de atrito gera um efeito indesejável, que é denominado zona morta ou banda morta (“deadband”).

Atrito Viscoso

O atrito viscoso ou atrito dinâmico é o efeito físico de resistência à uma força aplicada em um objeto em movimento, ou seja, é a perda de energia que é gasta para se manter um objeto em movimento e evitar que ele pare. Portanto, ao aplicar-se uma força sobre um objeto temos inicialmente que vencer o atrito seco para movimentá-lo e então aplicar uma força maior do que o atrito viscoso para mantê-lo em movimento. O atrito seco é sempre de magnitude superior ao atrito viscoso.

$$F_{at} = B.v + C.sign(q)$$

onde:

F - Força de atrito

B - Coeficiente de atrito viscoso

v - Velocidade

C - Coeficiente de atrito seco

q - Posição

Conceitos de Eletromagnetismo

Campo Magnético no Condutor

Sabemos que quando uma corrente passa por fio condutor é produzido um campo magnético ao redor desse condutor, cuja magnitude é proporcional à corrente.

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi \cdot d}$$

onde:

B - Indução magnética

I - Corrente

μ - Permeabilidade magnética do meio

d - Distância da linha magnética em relação ao condutor

E, inversamente, sabemos também que toda a variação de campo magnético gera uma tensão no condutor que, num circuito fechado produz corrente.

$$E = - d\phi / dt$$

onde:

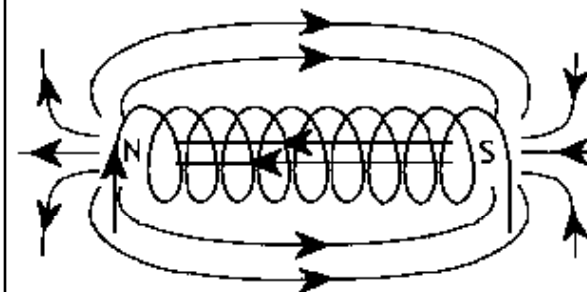
E - Tensão induzida no condutor

$d\phi / dt$ - Variação de fluxo magnético no tempo

Bobina

Quando um fio é enrolado, temos, através de uma mesma corrente, várias linhas de campo magnético sendo gerados no mesmo sentido. Quando existem um núcleo ferro-magnético dentro da bobina, essas linhas ficam concentradas no interior da bobina.

Fig.1 – Campo Magnético em um solenóide



$$B = \mu \cdot N \cdot i / L$$

onde:

B - Indução magnética [Gauss]

N - Número de espiras

I - Corrente [A]

L - Comprimento da bobina [m]

Força da Bobina sobre o Núcleo

Quando colocamos um núcleo ferro-magnético, no interior da bobina, este tende sempre a ficar no centro da bobina, devido à força magnética atuante no mesmo. Na posição central temos a menor energia magnética necessária para as linhas de campo magnética, pois o entreferro está completamente no interior da bobina.

$$F = i \cdot L \times B$$

onde:

- F - Força eletro-magnética
- i - Corrente elétrica no condutor/solenóide
- L - Comprimento do condutor/solenóide
- B - Campo magnético sobre o núcleo

Esta força é proporcional à variação de fluxo magnético e ao número de espiras do solenóide. Por sua vez, a variação de fluxo magnético é proporcional à variação de corrente aplicada no solenóide.

Força Contra Eletro-Motriz

Uma FCEM ou Força Contra Eletro-Motriz surge sempre ao aplicarmos uma corrente em uma bobina. Sabemos que aplicando a corrente na bobina surge um campo magnético. Por sua vez, quando temos uma variação de campo magnético próximo ao condutor, é induzida uma corrente, em sentido contrário, neste mesmo condutor, no caso, o solenóide.

Chamamos de FCEM, essa tensão induzida no solenóide devido à variação do campo eletro-magnético induzido pela própria corrente que passa por ele. Essa tensão é igual a:

$$E = - L \cdot di / dt$$

onde:

- E - Tensão induzida (FCEM)
- L - Auto-indutância (característica construtiva da bobina)
- di/dt = Taxa de variação da corrente

Conceitos de Eletrônica

Sensor de posição - LVDT

L.V.D.T é sigla para Linear Variable Differential Transformer (Tranformador Diferencial Variável Linear).

A principal vantagem do princípio do LVDT sobre outros tipos de transdutores de deslocamento está na

seu alto grau de robustez. Isso se deve à inexistência de contato físico do elemento sensor e por isso o desgaste é zero.

Isso também significa que ele pode ser feito à prova de água e óleo, de forma a se ajustar a diversas aplicações.

O princípio de medição do LVDT é baseado na transferência de energia magnética, o que significa também que a resolução do transdutor LVDT é infinita.

A menor fração de movimento pode ser detectada através de circuitos eletrônicos adequados para o condicionamento do sinal.

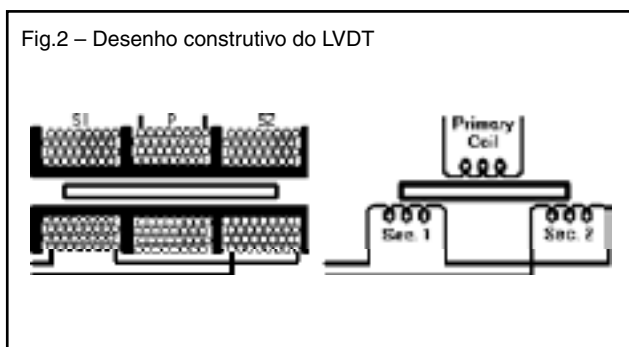
A combinação desses dois fatores mais outros fatores como precisão e repetibilidade tem assegurado que essa tecnologia esteja à frente de outras.

Um transdutor LVDT consiste de um carretel no qual três bobinas são enroladas. A primeira bobina, o primário, é excitada com uma corrente A.C, normalmente com sinal entre 0,5 a 10V rms e de 1 a 10kHz.

As outras duas bobinas, os secundários, são enrolados de tal forma que quando um núcleo de ferrite está na posição linear central, uma tensão igual é induzida em cada bobina.

Entretanto, os secundários são conectados em oposição de modo que na posição central as saídas do dois secundários anulam, uma à outra.

Fig.2 – Desenho construtivo do LVDT



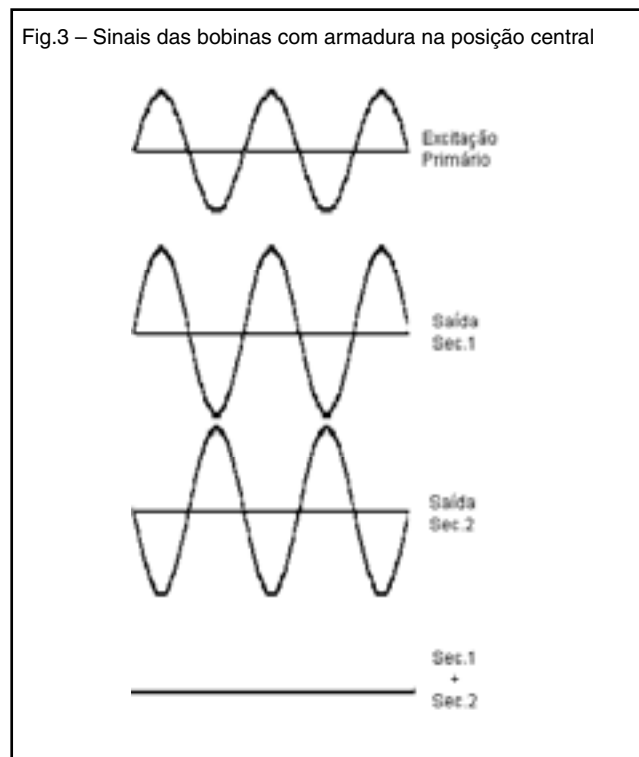
A armadura (parte móvel do transdutor de deslocamento) ajuda a induzir a corrente nas bobinas secundárias Sec.1 e Sec.2.

A armadura é feita de um material magnético especial e é frequentemente conectada em uma haste que não é magnética.

A haste conecta a armadura para o mundo externo.

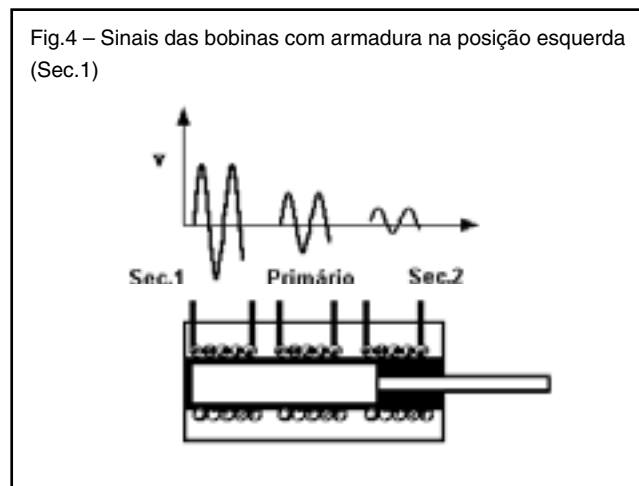
Quando a armadura está na posição central, existe uma tensão induzida igual em Sec.1 e Sec.2.

Entretanto, como estão ligadas em oposição, a soma dos sinais de saída das duas bobinas se cancelam, resultando em zero na saída, como pode ser observado na figura abaixo.



Quando a armadura se move para dentro da Sec.1 (e fora da Sec.2) o resultado da soma de Sec.1 e Sec.2 favorece Sec.1, conforme figura abaixo.

Do mesmo modo ocorre se a armadura se mover para dentro de Sec.2 (e fora da Sec.1), a soma favorece Sec.2 (tensão fora de fase).



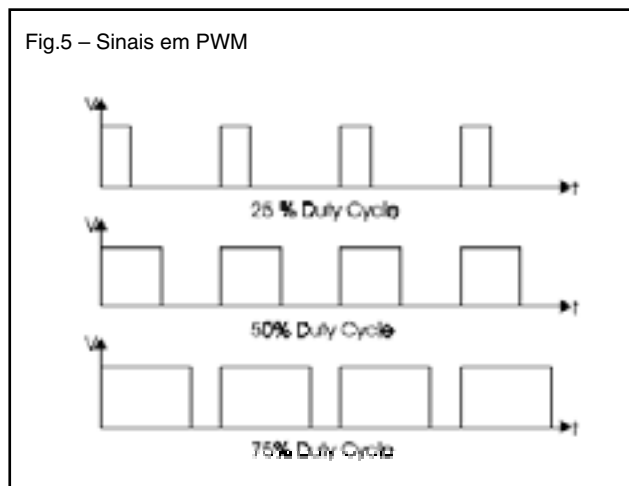
A saída de uma bobina é A.C. e, portanto não tem polaridade. A magnitude da saída do transdutor cresce conforme o movimento em relação à posição zero elétrica. Para saber em qual metade de deslocamento o centro da armadura está localizada em relação a bobina, deve-se considerar a fase da saída bem como a magnitude. A fase da saída é comparada com a fase da excitação e pode estar em fase ou defasada com a excitação, dependendo de qual metade da bobina está o centro da armadura.

A eletrônica, portanto, deve combinar a informação da fase da saída com a informação da magnitude da saída. Isso irá então permitir ao usuário saber exatamente onde a armadura está ao invés de quão longe está da posição zero elétrica.

PWM

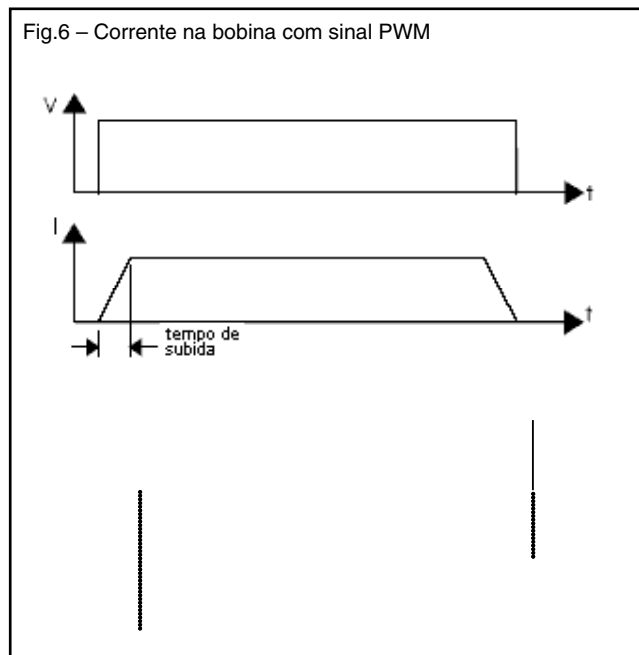
A eletrônica tradicional de acionamento de solenoide se baseia no controle linear, que consiste na aplicação de uma tensão constante numa resistência de modo a produzir uma saída de corrente que é diretamente proporcional à tensão. A realimentação pode ser usada para obter uma saída que resulte igual ao sinal de controle. Entretanto, esse modo dissipa muita energia em forma de calor e portanto, é muito ineficiente. Uma técnica mais eficiente utiliza modulação por largura de pulso (PWM – Pulse Width Modulation) para produzir uma corrente constante na bobina.

O sinal PWM não é constante. O sinal é ligado em uma parte de seu período e desligado no restante. O Duty Cycle, D, se refere à porcentagem do período que o sinal está ligado. O Duty Cycle pode ser qualquer valor desde 0% (sinal desligado sempre) até 100% (sinal constantemente ligado). Um D=50% resulta numa onda quadrada perfeita.



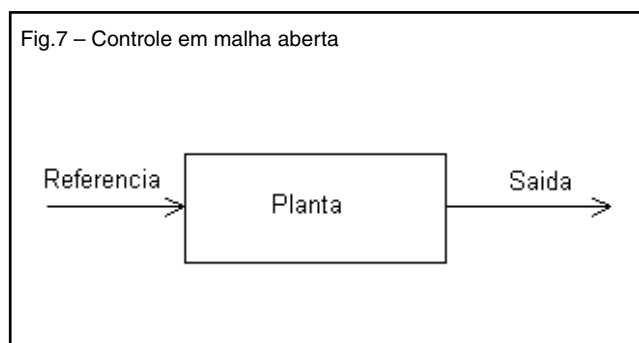
Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Um solenóide é um fio de certo comprimento enrolado em forma de bobina. Devido a esta configuração, o solenóide tem, além de sua resistência R , uma certa indutância L . Quando uma tensão V , é aplicada num elemento indutivo, a corrente I , produzida neste elemento não vai imediatamente para um valor constante, mas cresce gradualmente para seu máximo em um período de tempo chamado tempo de subida. Do mesmo modo, a corrente I não desaparece instantaneamente, mesmo se a tensão V é removida abruptamente, mas diminui até o zero com o mesmo tempo que foi gasto durante a subida.



Conceitos de Controle

Sistemas em Malha Aberta

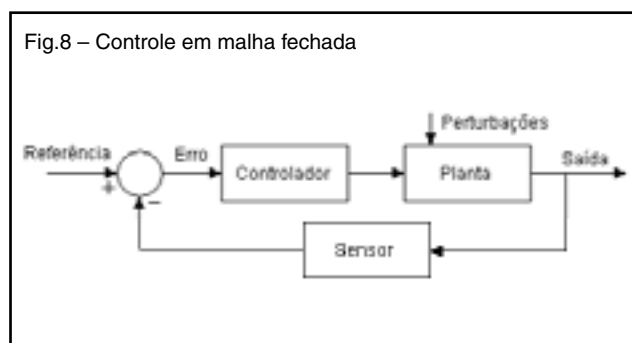


A saída não é utilizada para alterar a ação de controle, ou seja, uma vez, escolhido a posição do botão de referência, a saída responde proporcionalmente e não se corrige automaticamente. Exemplos: aquecedor elétrico doméstico, fogão a gás, máquina de lavar roupa. Por exemplo, no aquecedor simples, o sinal de

referência é o botão de ajuste de temperatura, a planta é o próprio aquecedor em si, e saída é a temperatura final gerada pelo aquecedor. Se houver alguma variação na temperatura ambiente (perturbação), teremos que ajustar novamente o botão, pois não existe um sinal da saída indicando ao aquecedor que a temperatura ambiente mudou e ele deve corrigir automaticamente.

Nesse tipo de sistema, geralmente, é importante manter a calibração da máquina (planta) sempre em ordem, para obtermos a saída desejada correspondente à entrada.

Sistemas em Malha Fechada



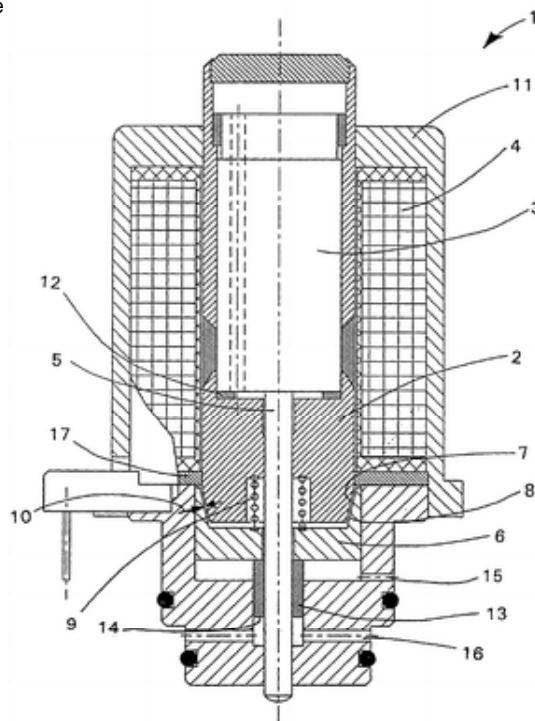
A saída é utilizada para alterar a ação de controle, motivo pelo qual é sinônimo de sistemas a realimentação, ou seja, escolhida a posição do botão de referência, ele será comparado com o valor de saída atual. Caso estejam diferentes, será gerado um erro, usado pelo controlador, que envia um sinal de correção para a planta, ajustando a saída no mesmo valor do sinal de referência.

Exemplos: geladeira, robôs, corpo humano, controle de velocidade, etc. Por exemplo, a geladeira possui um sistema de controle simples, com realimentação. Ajustamos uma certa temperatura através de um botão (referência). A geladeira vai ligar ou não sua refrigeração (planta) para aumentar ou diminuir sua temperatura (saída). Ela possui um termostato (sensor) que “sente” a temperatura e envia a informação, que é comparada com o ajuste feito (referência). O resultado dessa comparação é chamado Erro. Dependendo do valor desse Erro, o controlador toma uma ação adequada na geladeira, seja tornar mais frio, ligando, ou tornar menos frio, desligando.

Geralmente num sistema de controle em malha fechada, o problema é parametrizar ou sintonizar ou ajustar os ganhos do controlador, pois se mal ajustado, pode gerar oscilações ou saturações na saída (instabilidades), ou ainda não corrigir como esperado.

3. Construção das Válvulas Proporcionais

Fig.9 – Solenóide Proporcional em Corte



O solenóide proporcional é um solenóide regulável, de corrente contínua que atua em banho de óleo. A figura acima mostra um solenóide de válvula reguladora de pressão proporcional em corte, onde podemos observar suas partes constitutivas:

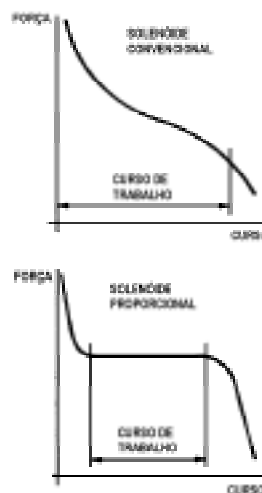
Um corpo que contém uma haste-armadura (5) que é acionado pelo solenóide proporcional e atua num elemento de controle da parte hidráulica da válvula (carretel ou pistão); o solenóide proporcional (1) tem uma bobina magnética (4), um núcleo magnético (2) e uma armadura magnética (3) conectada à haste da armadura (5), sendo que a bobina magnética (4) e pelo menos uma parte do núcleo magnético estão firmemente conectados ao corpo (11).

Ao energizar o solenóide aparece uma força dentro do primeiro espaço ou “gap” (12) entre a armadura magnética (3) e o núcleo (2) que faz mover axialmente a armadura magnética para cima e para baixo, entre suas posições limites, no espaço interior do núcleo magnético; Por sua vez, o núcleo parcialmente se projeta no espaço interior da bobina magnética (4) e é concêntrico à haste da armadura (5). O movimento da armadura magnética (3) relativo ao núcleo resulta numa atuação do elemento de controle da parte hidráulica, além disso no solenóide proporcional (1) também temos um segundo espaço ou “gap” ajustável

(10) para regulagem da força magnética axial que move a armadura magnética (3).

A figura abaixo mostra as curvas típicas de força x curso para os solenóides convencional e proporcional. Pode-se observar que, devido ao aspecto construtivo do solenóide, e com o devido ajuste, consegue-se uma força bastante constante ao longo de um pequeno curso de trabalho (cerca de 1,5mm).

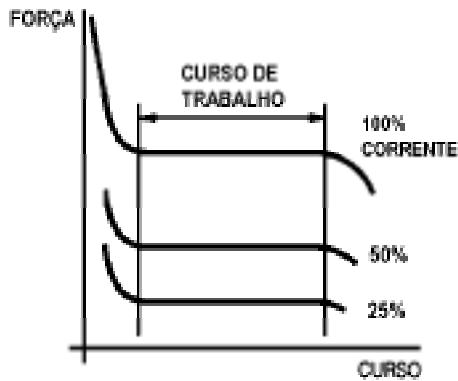
Fig.10 – Solenóide Convencional x Proporcional



Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

A relação entre a força do solenóide e a corrente da bobina é linear, o que significa que para cada posição da armadura do solenóide em relação ao seu curso, a força do solenóide é determinada somente pela corrente da bobina.

Fig.11 – Corrente no Solenóide Proporcional

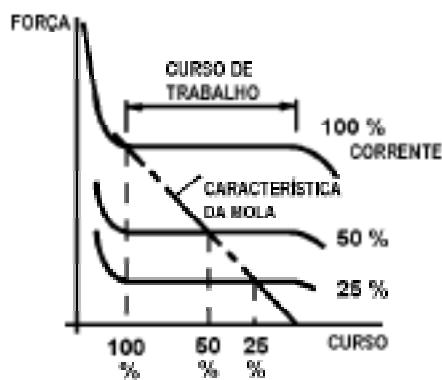


Assumindo que o solenóide está movendo o carretel da válvula contra uma mola, e que esta tem uma relação linear entre força e compressão, então, conforme a figura abaixo, a força gerada pela corrente aplicada será equilibrada com a força da mola no ponto de intersecção das curvas.

Nesse momento de equilíbrio das forças, a haste fica parada.

Portanto, variando a corrente do solenóide, o carretel ou pistão poderá se posicionar em qualquer ponto ao longo do seu curso.

Fig.12 – Equilíbrio das Forças Magnética e da Mola



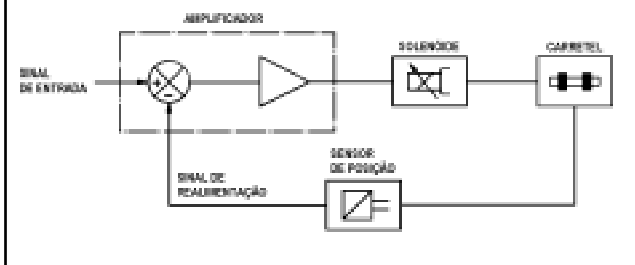
Para uma melhor eficiência do desempenho da válvula proporcional, foi desenvolvido um solenóide com curso regulado.

Neste, a posição do núcleo é regulada através de um circuito fechado, conforme figura abaixo, independente de força contrária.

Através da realimentação do sinal de posição do carretel e controle eletrônico é possível reduzir as perturbações causadas por atrito, vazão ou forças de pressão, e consequentemente a histerese e erro de repetibilidade.

O curso do solenóide situa-se conforme o tamanho construtivo, entre 3 e 5mm.

Fig.13 – Malha de Controle do Solenóide com Controle de Curso



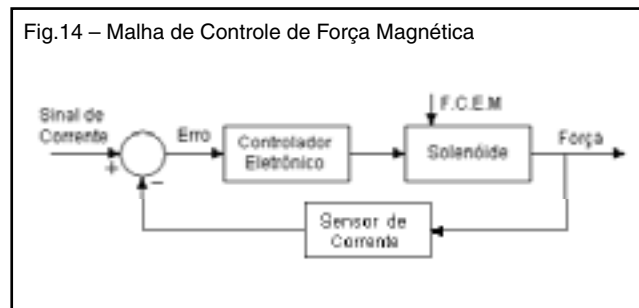
4. Problemas e Soluções Tecnológicas

Força Constante

Devido a variações de corrente, na bobina, causada pela Lei de Lenz, embora estejamos aplicando uma corrente contínua constante na bobina, na verdade, essa corrente se altera devido ao campo magnético que se forma na bobina e que retorna ao próprio circuito em forma de corrente (F.C.E.M. – Força Contra-Eleto Motriz).

Como sabemos, a corrente da bobina influencia na força magnética sobre o núcleo.

Portanto, para mantermos essa corrente constante e, assim, a força constante sobre o carretel, é necessário termos um sistema de controle em malha fechada.



Histerese

Chamamos de histerese, a característica de um elemento que, quando aplicado nele uma força, num sentido, sua resposta não corresponde, de modo igual, à mesma força, no sentido oposto.

Por exemplo, quando esticamos uma mola e soltamos, e ela não volta ao mesmo lugar, pois fica um pouco esticada. Para voltar na posição precisamos forçar a encolher.

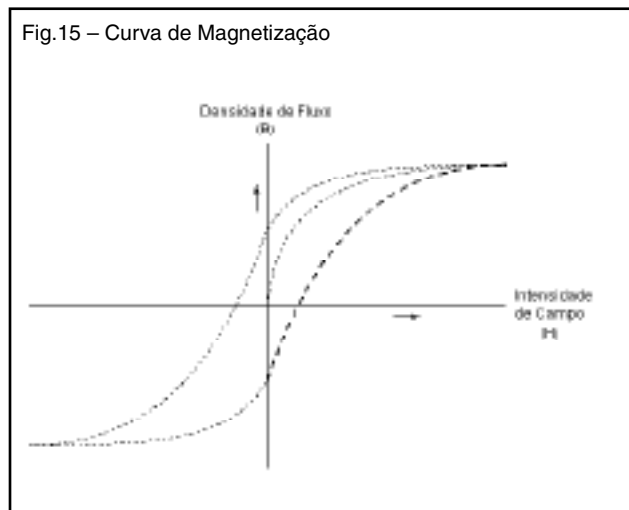
Esse é o mesmo princípio utilizado em fitas cassetes e outros materiais magnéticos.

Uma vez polarizados, eles não retornam normalmente ao seu estado inicial, precisam de energia magnética a mais para restaurar a condição original.

Esse efeito sempre existe em componentes eletromagnéticos, devido à própria física das partículas.

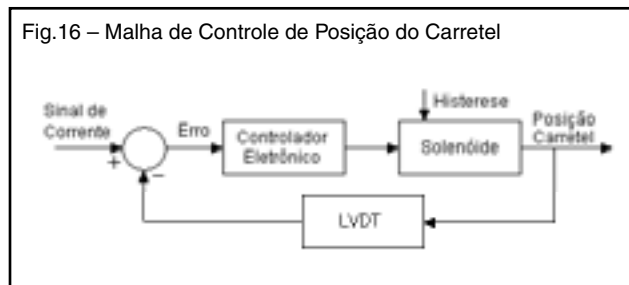
Portanto, numa bobina, ao enviar uma corrente elétrica para gerar uma força ela desloca o carretel.

Mas ao enviar uma corrente com a mesma magnitude, em sentido oposto, o carretel irá deslocar para o outro lado, e não voltará para o mesmo lugar, pois o deslocamento será um pouco maior ou menor que o anterior.



Para a correção da histerese, é utilizado um sistema em malha fechada que controla a posição do carretel dentro da válvula. Desse modo, ao enviar um sinal de corrente, nos certificamos que ele será sempre proporcional ao deslocamento desejado.

Para fazer a leitura da posição do carretel é utilizado o sensor LVDT.



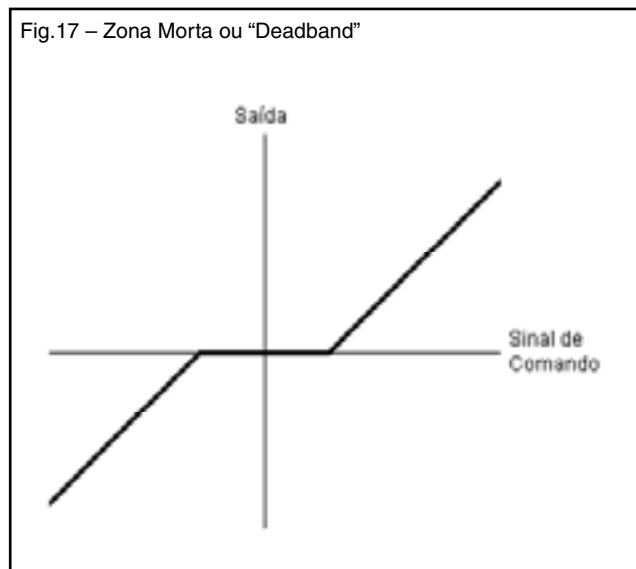
Além disso, podemos observar na curva da histerese que há um limite no campo magnético, ou seja, a partir de um certo valor de corrente aplicada há uma saturação do campo magnético significando que a força chegou ao seu valor máximo.

Isso deve ser levado em conta quando do projeto do controlador eletrônico.

Zona Morta

A Zona Morta ou Banda Morta (“Deadband”) é assim chamado por existir uma certa faixa de valores que, aplicados na válvula, não produzem efeito. Ou seja, posso produzir uma força mas não tenho resultado na saída, somente a partir de um certo valor, ela começa a responder. Obviamente isso é um efeito indesejável se queremos obter uma saída proporcional ao sinal de entrada.

Na válvula proporcional esse efeito surge devido ao atrito estático do carretel e da sobreposição interna da válvula, denominadas de perdas mecânicas.



Para corrigir esse problema, usam-se duas técnicas: a de controle em malha fechada da posição do carretel, com LVDT (já vista, pois também é usada para reduzir a histerese), e a técnica de Dither.

O Dither é uma pequena variação ou ondulação (ripple) introduzida no sinal de corrente enviado para a solenóide, com uma certa amplitude de variação e uma certa frequência, gerando uma vibração que melhora a linearidade da válvula.

Ou seja, ao invés de aplicarmos um sinal de corrente contínua direto na solenóide, aplicamos esse sinal ondulado na frequência de 100 a 200Hz e com certa amplitude (dependendo da dinâmica da bobina), ocasionando uma pequena vibração no carretel. Isso permite que o carretel esteja sempre em movimento, numa vibração rápida e de pequeno deslocamento, o que evita o aparecimento do atrito estático e contribui para a diminuição da histerese (perdas elétricas) também.

5. Ajustes Eletrônicos

Existem alguns ajustes que são disponibilizados ao usuário para fazer regulagens na válvula de modo a otimizar o uso para uma determinada aplicação.

Geralmente essas regulagens são feitas no cartão eletrônico embutido na própria válvula ou na placa de acionamento “drive” da válvula, externo à mesma.

Zero Hidráulico (Anulamento/”Null”)

Algumas válvulas proporcionais, possuem um pot (potenciômetro) de ajuste chamado NULL para centralizar o carretel na válvula de modo a obter vazão de óleo zero quando o sinal de comando está zerado.

Esse pot vem ajustado de fábrica e não deve ser regulado, esta operação é feita com instrumentos específicos obedecendo normas e padrões de conhecimento exclusivo dos fabricantes por se tratar de item de garantia do produto em função das características construtivas.

Corrente Mínima

Mesmo utilizando as técnicas já descritas, existe uma zona morta inerente ao solenóide que aparece devido à natureza física eletro-magnética, é a chamada corrente de magnetização, ou seja, é necessário uma energia para magnetizar as partículas do solenóide. Por isso, em geral, as válvulas começam a funcionar a partir de uma corrente mínima, que deve ser ajustada no cartão eletrônico.

Também podemos ajustar essa corrente para que, ao colocar um sinal de comando mínimo, o carretel já se desloque a mais. Por exemplo: numa válvula de pressão proporcional podemos fazer que ela, ao receber um pequeno sinal de comando já inicie a sua operação em 100 Bar.

Corrente Máxima

Através do ajuste de corrente máxima podemos definir o máximo deslocamento permitido para o carretel. Assim podemos limitar a atuação da válvula proporcional.

Por exemplo: numa válvula de pressão proporcional, embora ela possa suportar até 400 Bar, podemos limitar sua atuação para que, quando o sinal de comando for máximo, a pressão alcance somente 250 Bar.

Rampas

Para evitar movimentos bruscos que gerem oscilações no sistema hidráulico e na mecânica, podemos ajustar rampas no cartão eletrônico.

Ao invés do sinal de comando ser enviado diretamente para a válvula, o cartão vai aumentando gradativamente o valor de comando até chegar no valor desejado.

O tempo que ele demora para sair de um valor e chegar até o outro pode ser ajustado nos pots de rampa. Temos dois tipos de rampa.

A rampa de subida que é gerada quando o sinal vai de um valor menor para um maior, e a rampa de descida que é gerada quando o sinal sai de um valor maior e vai para um valor menor.

Numa válvula direcional proporcional estamos controlando a vazão de saída para cada lado do cilindro, ou seja, sua velocidade.

Quando utilizamos a rampa estamos ajustando a variação da velocidade em relação ao tempo, ou seja a aceleração ou desaceleração. Se for uma válvula de pressão, estaremos controlando pressurização e depressurização.

6. Apêndice A - Placas de Acionamento Parker

Placa de Acionamento “Drive” – ED104

Descrição Geral

O amplificador para válvula proporcional ED104 é usado para acionar as válvulas de pressão proporcionais “DSA”. O amplificador responde a um sinal de comando de 0 a +10VDC. Quando um sinal de comando é dado, o amplificador envia um sinal de corrente PWM - Pulse Width Modulated (Modulado por Largura de Pulso) para a bobina da válvula.

O driver ED104 é uma placa completamente pronta para ajustes de pressão mínima e máxima bem como controle de rampa.

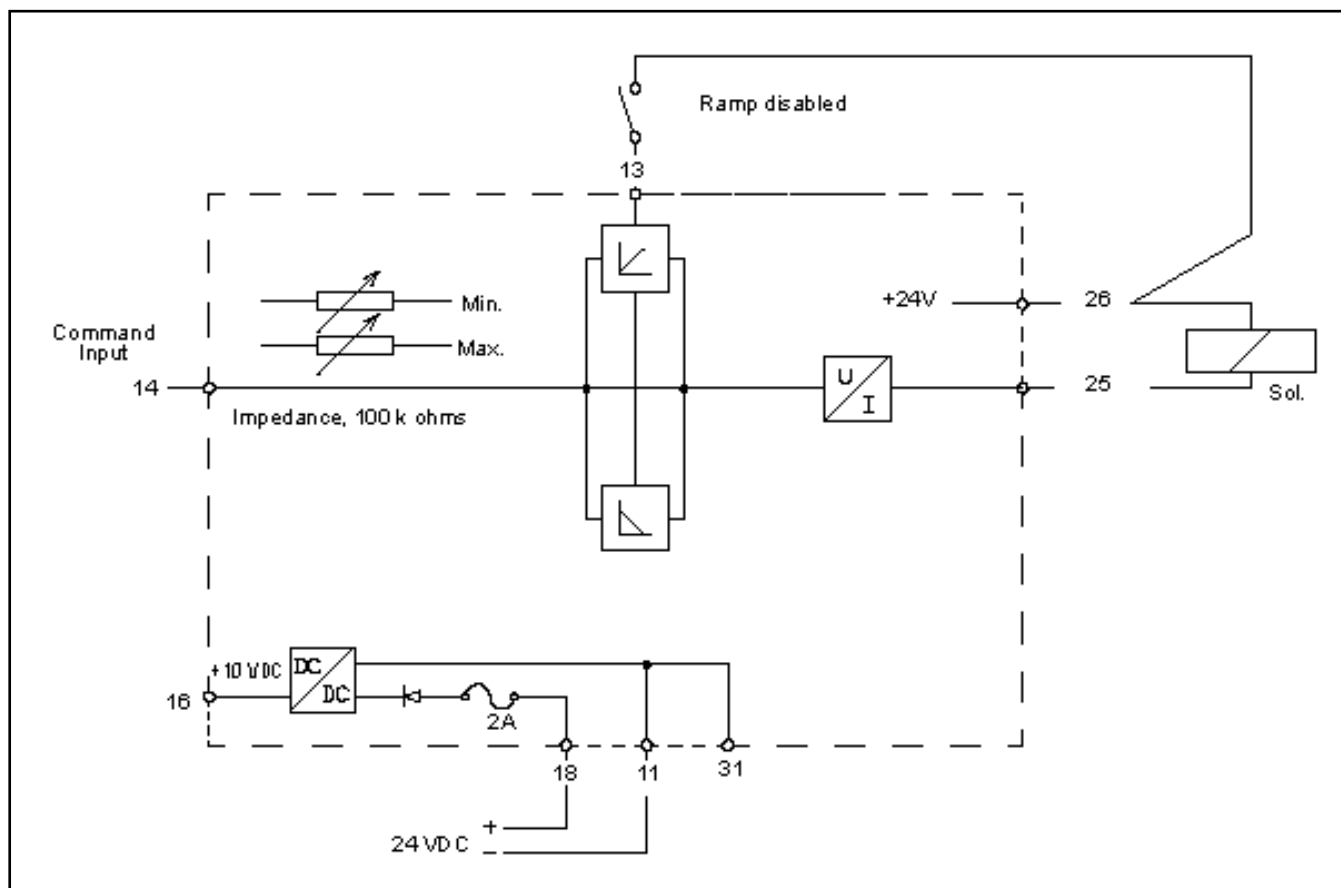
Características

- ▷ **Controle de Rampa** – A característica de rampa interna reduz picos de pressão (spikes) e sobressinal (overshoot) através de um ajuste da velocidade para alcançar a pressão desejada.
- ▷ **Controle Eletrônico da Pressão Máxima** – Esse controle limita a capacidade de pressão máxima da válvula.
- ▷ **Ajuste de Offset de Pressão** – O ajuste de mínimo na placa permite ao usuário definir o valor mínimo na faixa de operação.
- ▷ **Tensão de Referência** – A placa possui fonte de tensão de referência de +10V para sinais de comando.
- ▷ **Realimentação de Corrente** – O circuito fornece segurança de que o ajuste de pressão vai permanecer constante em relação a mudanças de temperatura na bobina da válvula.
- ▷ **Dither** – O circuito de dither opera em 250Hz para reduzir histerese.
- ▷ **Montagem em Rack DIN** – A placa é montável num rack DIN padrão de 31 pinos que permite remoção sem desconectar os fios.
- ▷ **Indicadores LED** – A luz âmbar indica que existe alimentação (24VDC) e a placa está operacional. A luz vermelha indica que o solenóide está energizado.

Especificações

Fonte de Alimentação	24VDC, -10% a +20% 40 VA Filtrado e regulado
Sinal de Comando	0 a +10VDC, impedância de entrada é 100k ohms
Diagnóstico do Painel Frontal	0,1 V = 1 Amp na bobina
Faixa de Temperatura de Operação (Ambiente)	0 a 70° C (32 a 158° F)
Saída para a Bobina da Válvula	16VDC, sinal de corrente PWM, 1300 mA max, 350 mA min.
Faixa da Rampa	0 a 5 segundos
Sinal de Desabilitação da Rampa	5 a 30VDC, 15mA
Modelo de Interface	Rack DIN 31 pinos, DIN 41617
Grau de Limpeza	ISO Classe 16/13
Exigida para o Óleo	SAE Classe 4 ou melhor
Faixa de Viscosidade	80-1000 SSU, 16-220 cst.
Fusível	2 Amps, médio
Classe de Proteção	Aberto, sem classif.

Diagrama em Blocos



Notas:

1. Desligue a energia elétrica sempre que a parte hidráulica estiver desligada.
2. O ajuste de pressão 'mínima' tem seu valor pré-ajustado em 200mV, que é o ajuste mínimo disponível.
3. O ajuste 'máximo' não somente define o valor máximo como re-escalona o sinal de comando para o valor máximo ajustado. Essa característica permite a total utilização de toda a faixa do sinal de comando no espectro de pressão que foi ajustado através do mínimo e máximo.
4. Sempre desligue a alimentação antes de retirar o cartão do seu rack.
5. Não use um sinal de comando negativo no Pino 14.

Informações de Pedido

ED

Proportional
Valve Amplifier

00

104

Style

D

Design
Series

Use Power Supply #PS24, 24 VDC
Use Model "K" Card Holder
Use Spare Connector, black #692914
Use Spare Connector, gray #692915

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Placa de Acionamento “Drive” – EZ154

Descrição Geral

Módulo Eletrônico, adequado como um cartão adicional para válvulas direcionais proporcionais com eletrônica On-Board ou integrada.

Os sinais de comando fornecidos externamente podem ser ajustados conforme determinada aplicação específicas por potenciômetros de limites internos e rampas.

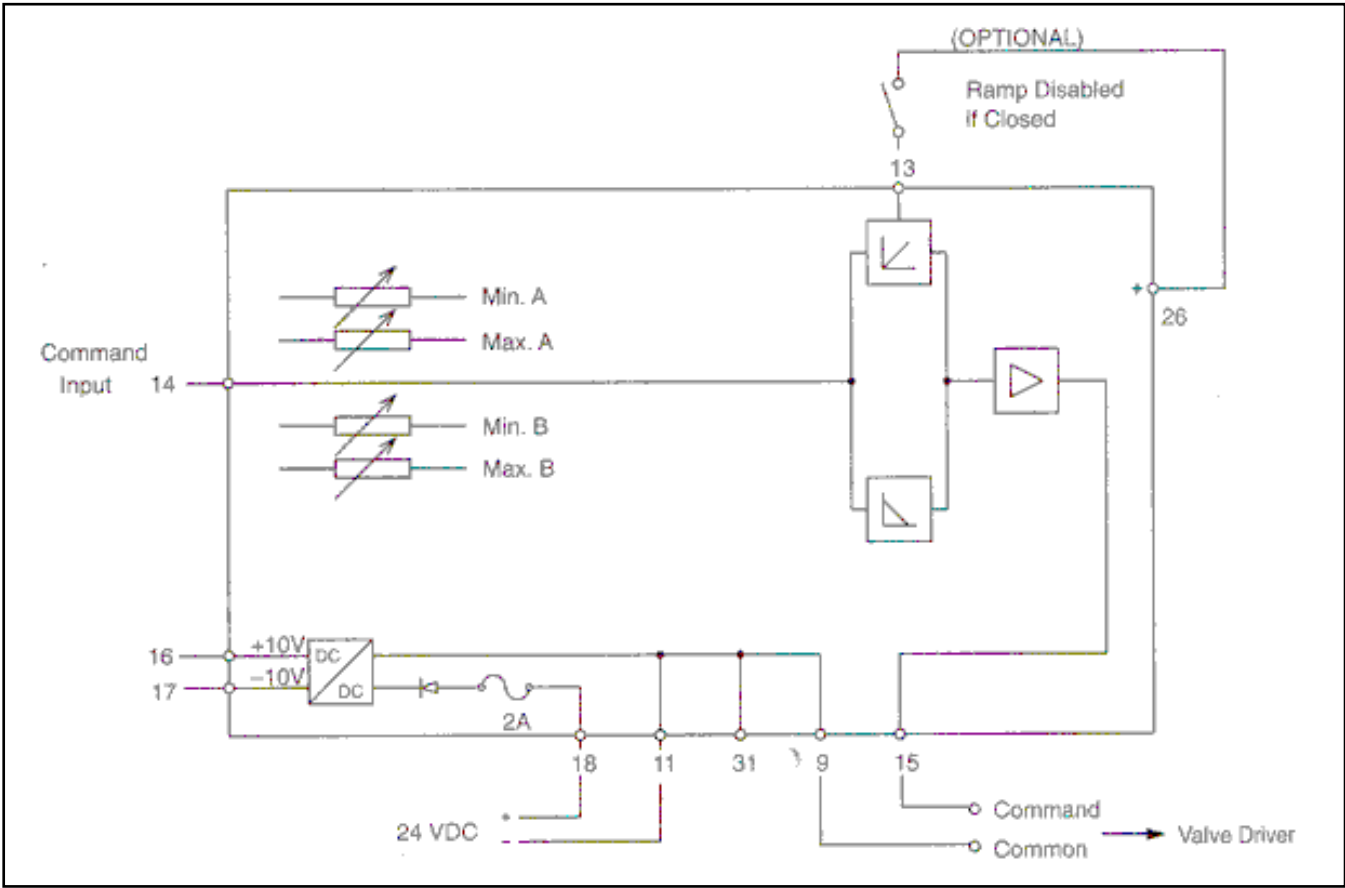
Características

- ▷ Faixa de excursão do carretel da válvula direcional proporcional pode ser manipulada com o potenciômetro MIN, ajustável alimentando-se um valor de comando constante de aprox. 0,2V.
- ▷ Excursão do carretel limitado ao MAX com faixa total de comando. Após o ajuste de MIN, pode-se ajustar o MAX alimentando-se um valor de comando constante de 10V.
- ▷ Chave DIP-switch para selecionar geração de rampa interna ou ajuste de rampa externa.

Especificações

Fonte de Alimentação	Filtrado: 22-38V; Não-filtrado: 18-26V
Sinal de Comando Conexão	0 a +10VDC e 0 a -10VDC Conector 31 polos macho, DIN 41617
Faixa de Temperatura de Operação (Ambiente)	0 a 70° C (32 a 158° F)
Tensão de Saída	0... +/-10V
Faixa da Rampa	0 a 5 segundos ajustável
Sinal de Desabilitação da Rampa	5 a 30VDC, 15mA
Consumo de Energia	4VA
Tensão de Referência	+10V, -10VDC 10mA
Cabo de Conexão com Malha (shieldado)	AWG20
Fusível	2 Amps, médio, DIN 41571 / 5x20mm

Diagrama em Blocos



7. Apêndice B - Válvulas Proporcionais Parker

Válvula de Pressão Proporcional Série DSA

Descrição Geral

A série “DSA” de válvulas de alívio proporcionais variam a pressão do sistema em resposta ao sinal de comando variável da placa de acionamento da válvula. As válvulas podem alcançar fluxo de 189LPM (50 GPM) e pressões de até 350 Bar (5000 PSI)

Nota:

Melhor resolução dessa faixa de valores pode ser obtida através de ajuste no “min.” da placa de acionamento “ED104”.

Essa válvula não fornece um controle de pressão linear na faixa de comando que vai de zero a 10VDC.

Consulte o fabricante para conhecer circuitos de controle de pressão linear.

Características

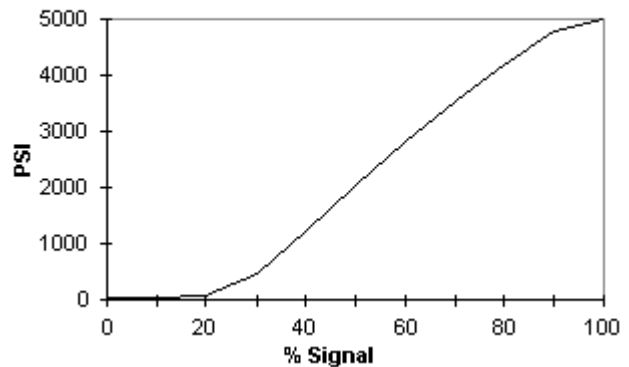
- ▷ **Repetibilidade** – A válvula fornece controle consistente de pressão dentro da faixa de pressão selecionada.
- ▷ **Operação Simples** – O usuário envia um sinal de comando variável de zero a +10 VDC e a válvula fornece controle de pressão variável.
- ▷ **Sensibilidade à Contaminação** – A válvula requer níveis padrão de filtragem de fluidos; ISO classe 16/13, SAE Classe 4 ou melhor.
- ▷ **Permutabilidade** – A válvula se ajusta na configuração padrão de montagem pelo padrão DIN 24340.
- ▷ **Pequenas Vias** – O tamanho reduzido das vias de vazão dentro da válvula produzem uma menor queda de pressão.

Especificações

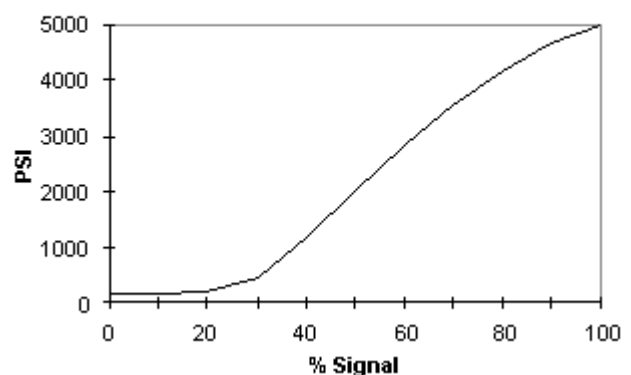
Pressão Máxima	350 Bar (5000 PSI)
Pressão Mínima	10 Bar (150 PSI)
Vazão Nominal de Piloto	1,13 LPM (0,3 GPM)
Vazão Nominal	2,65 LPM (0,7 GPM)
Histerese	+/- 5%
Pressão Máxima na Linha de Tanque	10 Bar (150 PSI)
Tamanhos Disponíveis	DIN/NG 6, 25 NFFA P03, 08
Especificações da Bobina	Tensão, 16VDC Faixa de Corrente - 300mA a 1050mA
Grau de Limpeza	ISO Classe 16/13 SAE Classe 4 ou melhor
Faixa de Viscosidade	80-1000 SSU, 16-220 cst.
Faixa de Temperatura de Operação (Ambiente)	-18 a 60° C (0 a 140° F)
Classe de Proteção	Nema 1 (IP54)

Curvas de Performance

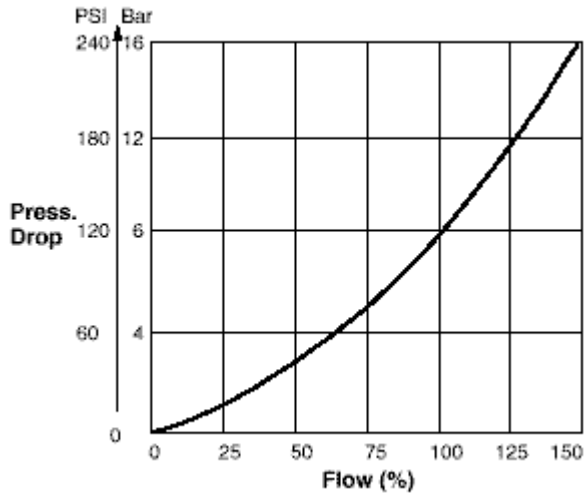
Pressure vs Command
DSAE1007P07KLAF



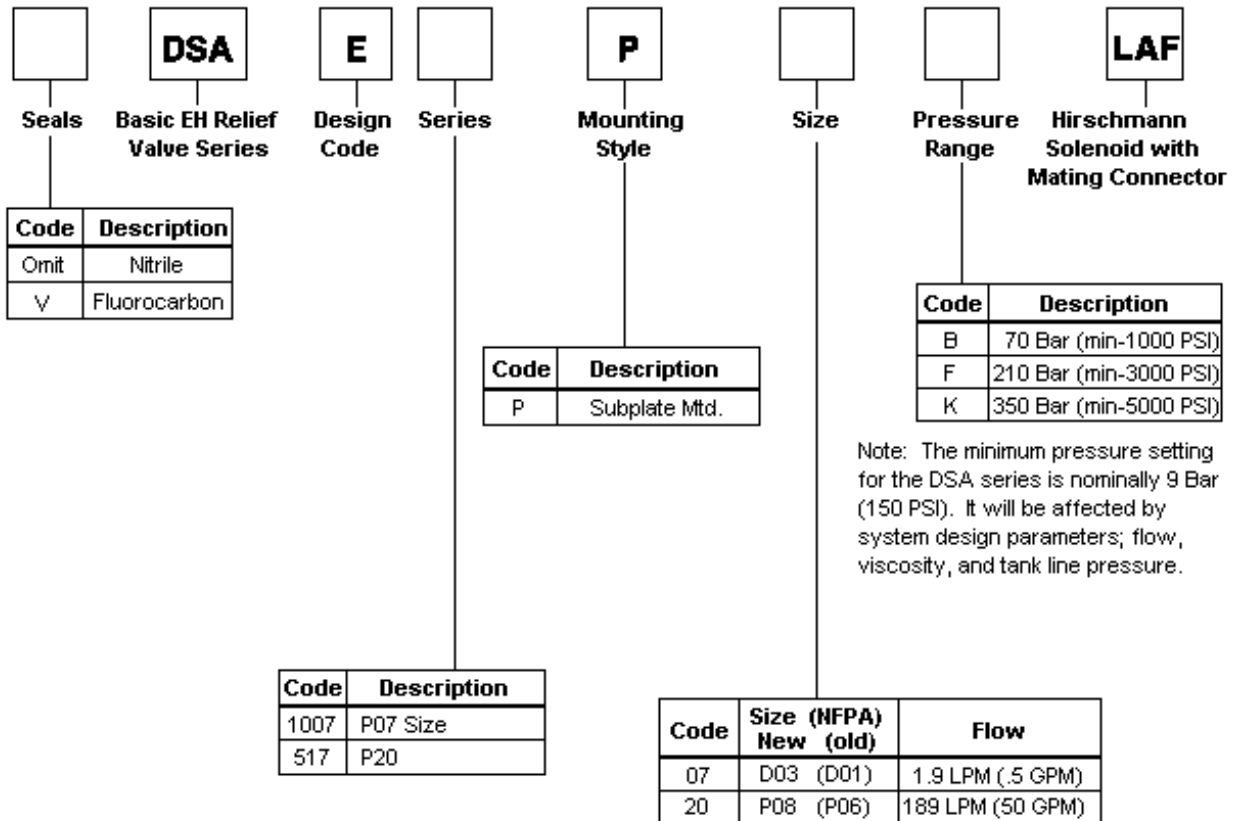
Pressure vs Command
DSAE517P20KLAF



Curvas de Performance - continuação



Informações de Pedido



Válvula Direcional Proporcional Série D1FX

Descrição Geral

A série D1FX de válvulas proporcionais direcionais fornecem vazão de saída variável conforme sinal de comando em tensão ou corrente. As válvulas são unidades totalmente integradas contendo placa eletrônicas e um dispositivo de realimentação de posição do carretel.

Características

- ▷ **Eletrônica Completa** – Elimina tempo e custo das ligações elétricas entre válvula e cartão de acionamento (“driver”). Fornece um pacote válvula/driver totalmente testado em fábrica.
- ▷ **LVDT** – A realimentação da posição do carretel está localizada entre o corpo da válvula e a bobina, permitindo, portanto corrida teste em manual.
- ▷ **Ajuste de Zero Eletrônico do LVDT** – Ajustado de fábrica. Nenhum anulamento adicional é necessário.
- ▷ **Indicador de Diagnóstico** – LED bicolor indica a posição do carretel.
- ▷ **Construção Robusta** – Eletrônica integrada embutida numa proteção robusta de alumínio moldado para proteger de ambientes agressivos típicos em muitas aplicações industriais.
- ▷ **Interface Elétrica** – Conector padrão MS para interface com computadores e PLC's.

Operação

O carretel da D1FX desloca proporcionalmente em cada direção em resposta ao sinal de comando variável; fornecendo portanto a vazão de saída desejada. Uma vez que o carretel alcance a posição desejada, o LVDT interno envia um sinal de realimentação para o amplificador “driver” para manter essa posição.

O fechamento da malha de controle interna, dessa maneira, resulta em menor histerese e melhora a repetibilidade da válvula. A boa dinâmica do amplificador fornece à válvula uma resposta de frequência maior que 20Hz.

Nota de Instalação:

A válvula deve ser montada horizontalmente.

Especificações

Interface	NFPA D03, CETOP 3
Pressão Máxima	315 bar (4500 PSI)
Pressão Máxima na Linha de Tanque	35 bar (500 PSI)
Vazão	Até 38 LPM (10 GPM)
Resposta em Frequência	>20 Hz com 10% CMD a 50% do curso do carretel
Resposta ao Degrau	• Versões AJ, BJ, CJ, DJ: Deslocamento Total < 60ms • Versões CK, DK: Deslocamento Total < 70ms
Repetibilidade	<0,5% do curso do carretel
Histerese	<1,5%
Banda Morta, Nominal	10%
Temperatura de Operação (Ambiente)	Modelo de 24V: -20° a 60° C Modelo de 12V: -29° a 60° C
Especificações de Fonte de Potência	24VDC @ 3 amps nominal (AJ, BJ, CJ, DJ) Regulado entre 21 a 30VDC 12VDC @ 3amps nominal (CJ, DK) Regulado entre 11,5 a 15VDC Recomendável fonte de 4amp
Tensão de Posicionamento do Carretel	Versão AJ, BJ, CJ, DJ: +/- 10VDC Versão CK, DK: +/- 5VDC
Fonte de Alimentação do Sinal de Comando	+/-10VDC @ 10mA (AJ, BJ, CJ, DJ) +/-5VDC @ 10mA (CK, DK)
Falha por Proteção de Sub-tensão	20VDC (AJ, BJ, CJ, DJ) 11VDC (CK, DK)
Diagnóstico	LEDs Vermelho/Verde para posição do carretel
Faixa de Viscosidade	75-600 SSU
Grau de Limpeza do Fluido	ISO classe 16/13, SAE Classe 4 ou melhor
Classe de Proteção	Nema 4 (IP65)

Sinal de Comando e Impedância de Entrada

Sinal de Comando		Impedância de Entrada
Versão AJ,BJ,CJ,DJ	0 a +/- 10VDC (duplo solenóide)	100k ohms
	0 a +10VDC (simples solenóide)	100k ohms
Versão CK, DK	0 a +/- 5VDC (duplo solenóide)	100k ohms
	0 a +5VDC (simples solenóide)	100k ohms
Versão AJ,BJ,CJ,DJ	4 a 20mA	499 ohms
Versão CK,DK	4 a 20mA	249 ohms

Solução de Problemas

Sintoma	Causa	Solução
Instabilidade	Fonte de alimentação?	Use uma fonte de alimentação que não seja limitada em menos que 4Amps. Use uma fonte separada para cada válvula. A carcaça da fonte deve ser aterrada.
	Ruído na entrada?	Para verificar, desconecte os sinais da entrada da válvula. Ligue os terminais Cmd e Fbdk ao comum. Para um melhor resultado, separe o terra dos sinais de comando e o terra da fonte.
Atuador	Ajuste mínimo?	Ajuste mínimo pode ter sido feito de modo que o carretel não consegue parar o fluxo não existe um ponto de estabilidade operacional. Remova os ajustes mínimos e ligue de novo.
Deriva	Variações no sistema?	A válvula foi hidráulicamente anulada usando um cilindro de dupla haste. Num sistema em malha fechada, a deriva pode ocorrer com as entradas sem conexão. Conecte o feedback e faça ajuste de ganho na malha externa.
Vazão Baixa	Vazão limitada?	Ajuste para o máximo no sentido horário nas versões A,B e D. Verifique se os jumpers JP2 e JP3 estão colocados corretamente. Verifique se o sinal de comando está correto.
	Entrada flutuante?	Ambas as entradas devem ser conectadas, na versão B.
	Pressão do sistema?	Verifique se a pressão está ajustada conforme o recomendado e que não existem outras vias vias possíveis para o fluxo.
Sem Fluxo	Energia?	Verifique se existe energia de alimentação e se os fios estão ligados com a polaridade correta. Verifique se o sinal ENABLE está presente, na versão B. Verifique se as conexões hidráulicas na válvula estão corretas. Verifique se a bomba hidráulica está ligada.
Sem Controle Proporcional	Faseamento?	Nas versões A, B e D, se existe um sistema de realimentação externo, verifique a operação da válvula em malha aberta usando um potenciômetro. Na versão C, verifique se jumper de realimentação (JP4 ou JP5) está instalado. Faseamento impróprio do sistema irá causar fluxo máximo na saída (saturação).

Informações de Instalação

Recomendações de Fluido

Óleo hidráulico mineral qualidade premium com faixa de viscosidade entre 150-250 SSU (32-54 cst.) a 38°C (100°F) é recomendado. A faixa de viscosidade absoluta de operação é de 75 a 600 SSU (15 a130 cst.). Óleo deve ter máximo de propriedades anti-desgaste e tratamento contra ferrugem e oxidação (aditivos).

Filtragem

Para vida máxima da válvula e dos componentes do sistema, deve haver proteção contra contaminação a um nível que não exceda 125 partículas maiores que 10 microns por mililitro de fluido. (SAE Classe 4 ou melhor / ISO Código 16/13).

Sedimentação

A sedimentação pode travar qualquer carretel deslizando de válvula e não retornar a mola, se mantido

deslocado sob pressão por longos períodos de tempo. A válvula deve ser totalmente movimentada em ciclos, periodicamente, para evitar travamento

Restrições de Montagem

Para assegurar a correta operação, a D1FX deve ser montada horizontalmente.

Se a válvula for montada verticalmente, uma válvula de retenção de, no mínimo, 1,4 bar (20 PSI) deve ser colocada na linha de tanque para manter a pressão de retorno na válvula.

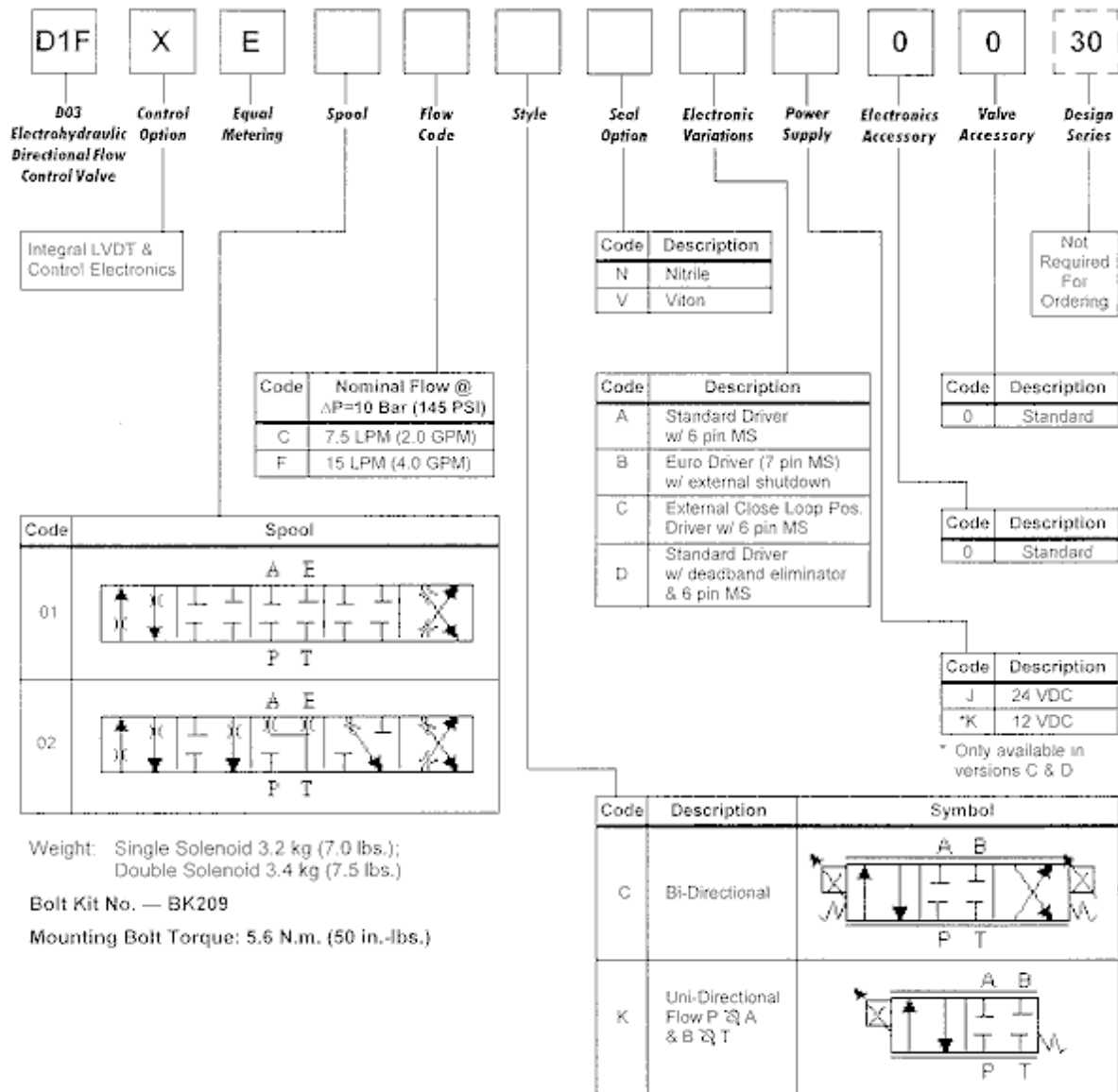
Ondulações na Linha de Tanque

Se várias válvulas são conectadas em uma linha de tanque comum, variações de fluxo na linha podem causar um inesperado deslocamento no carretel.

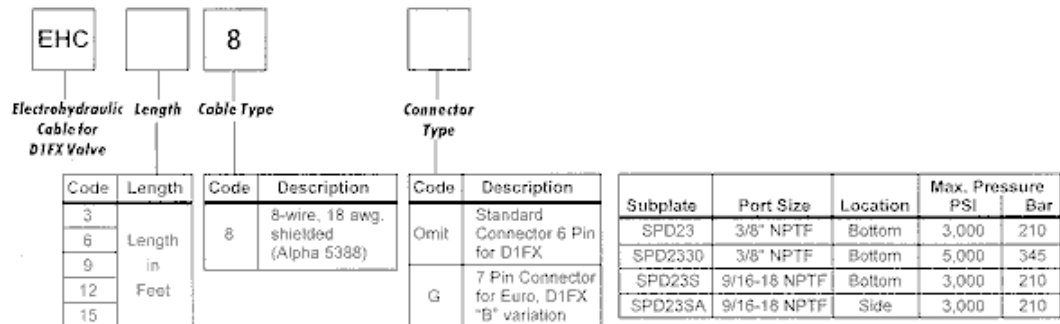
Linhas de tanque separadas devem ser usadas quando variações na linha são esperadas.

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Informações de Pedido

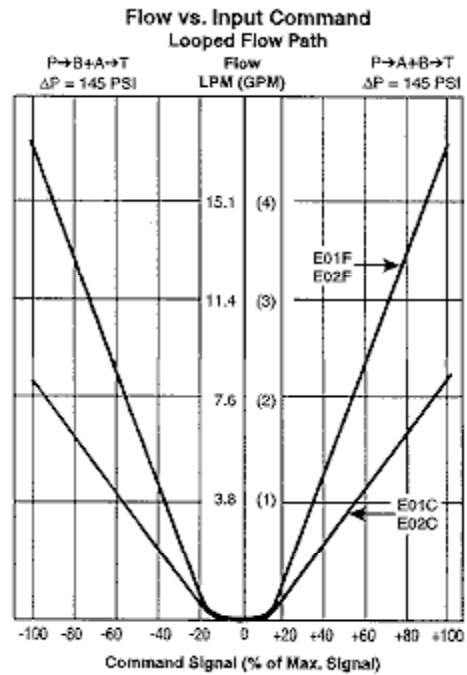
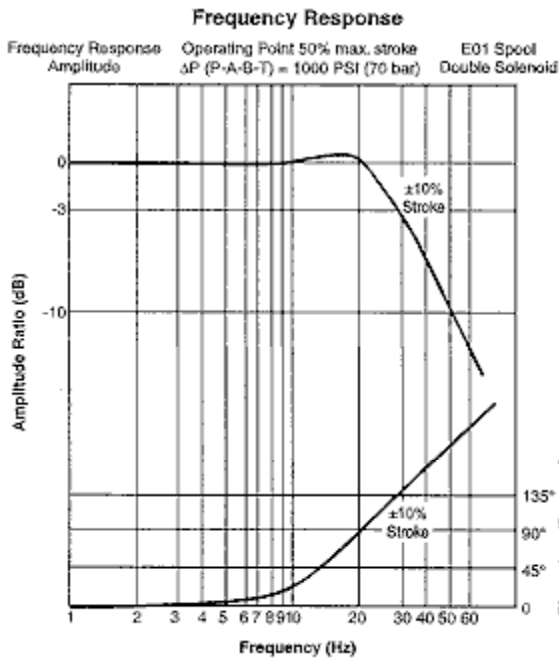
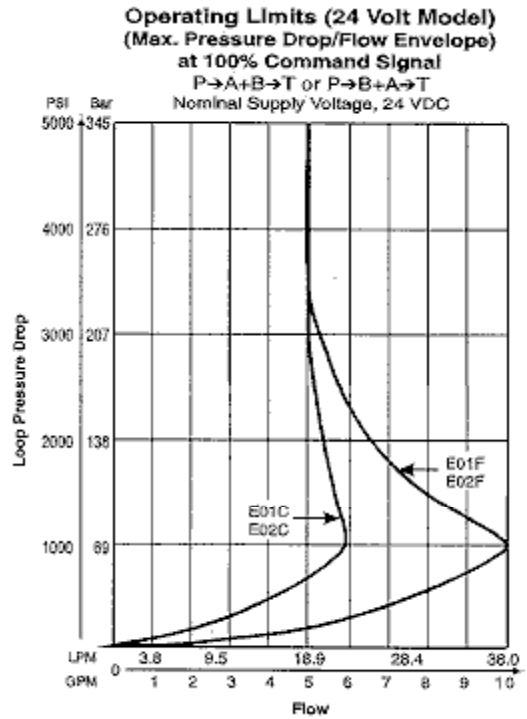
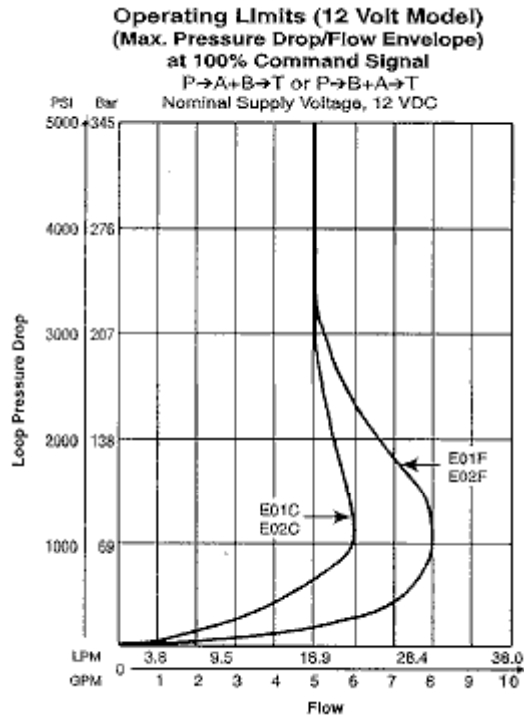


Cabos



Note: For D1FX connector only, order part #697561 (6-pin)
For D1FX, Variation "B" connector only, order part #697323 (7-pin)
Use Power Supply #PS24, 24 VDC

Curvas de Performance



Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Descrição Funcional – Versão AJ

Definições de Configuração

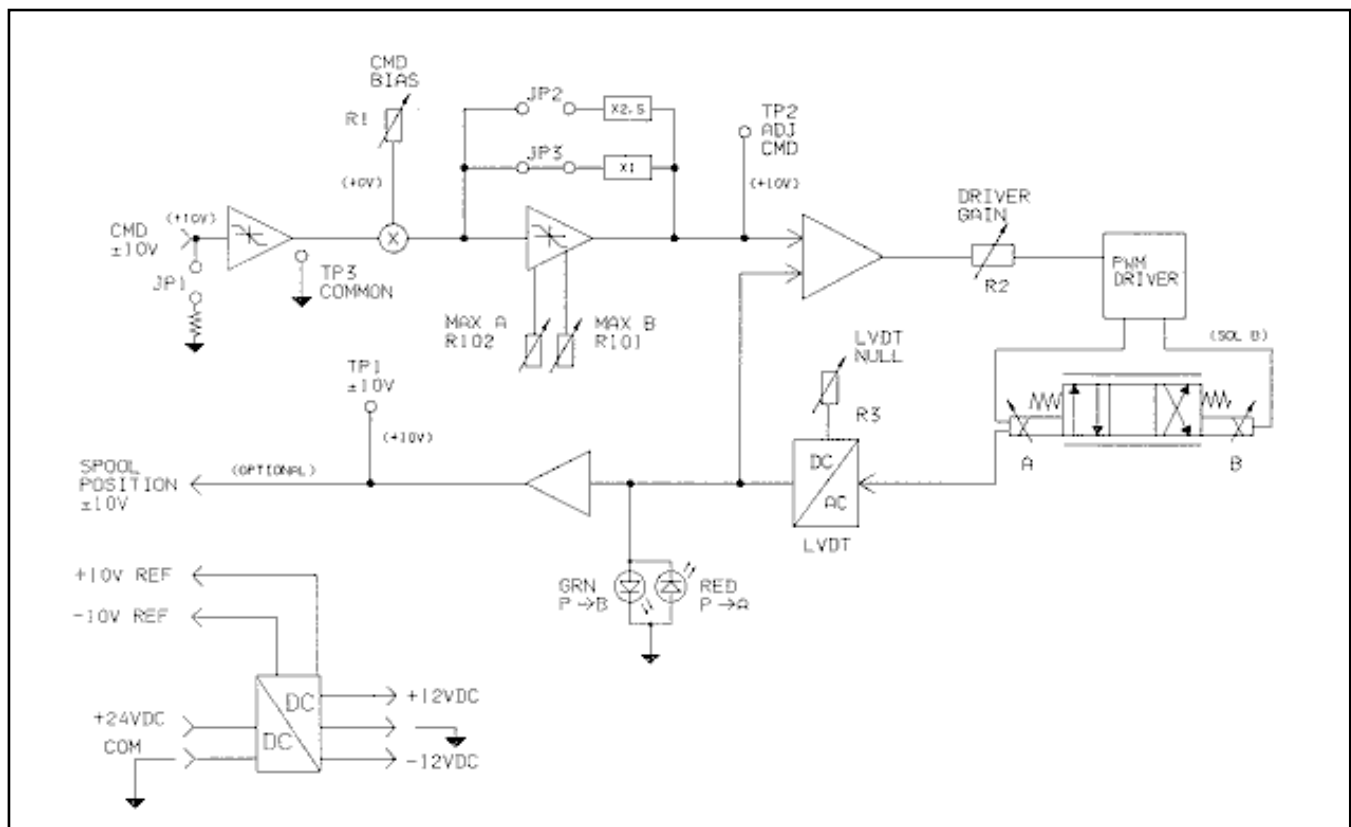
A D1FX é fornecida com duas configurações básicas - sem realimentação e com realimentação. Sem realimentação se refere a válvulas tendo somente uma entrada de comando, sendo que qualquer malha de realimentação é feita externamente à válvula.

Com realimentação se refere a válvulas com terminais de entrada para comando e realimentação, e eletrônica para fechamento da malha proporcional. Todas as versões D1FX incorporam uma realimentação interna de posição de carretel.

As versões sem realimentação incluem a versão Standard (AJ), uma versão européia (BJ) e as versões de zona morta (DJ e DK).

As versões com realimentação (CJ & CK) são fornecidas para realimentação proporcional externa.

Nem todos os jumpers e potenciômetros são funcionais em todas as versões.



Essa é a versão padrão de 24VDC que aceita sinal de comando tanto de tensão como de corrente.

A vazão de saída é proporcional à posição do carretel que segue o sinal de comando ajustado.

Tensão de referência de +/-10V estão disponíveis nos Pinos A e F do conector de I/O para ligação em um potenciômetro de comando.

CMD	+10V	-10V
TP2 - Aj.Cmd.	+10V	-10V
Vazão	P -> B	P -> A
LED	Verde	Vermelho
TP1 -Carretel	+10V	-10V

Start-up

Ajustes de fábrica

- ▷ LVDT hidraulicamente anulado ou “zerado” (R3)
- ▷ Max A e Max B ajustados totalmente no sentido horário
- ▷ JP3 inserido: Ganho de Sinal de Comando – X1
- ▷ Bias ajustado para 0V (R1)

Opções

- ▷ Monitoração da posição do carretel (TP1 ou Pino C)
- ▷ Ajustes de máxima vazão
- ▷ Tensões de referência
- ▷ Comando por corrente
- ▷ Bias

Startup

- ▷ Ligue a fonte de alimentação
- ▷ Aplique o sinal de comando
- ▷ Aumente lentamente a pressão do sistema
- ▷ Varie o comando do mínimo ao máximo e verifique se a vazão é proporcional ao comando

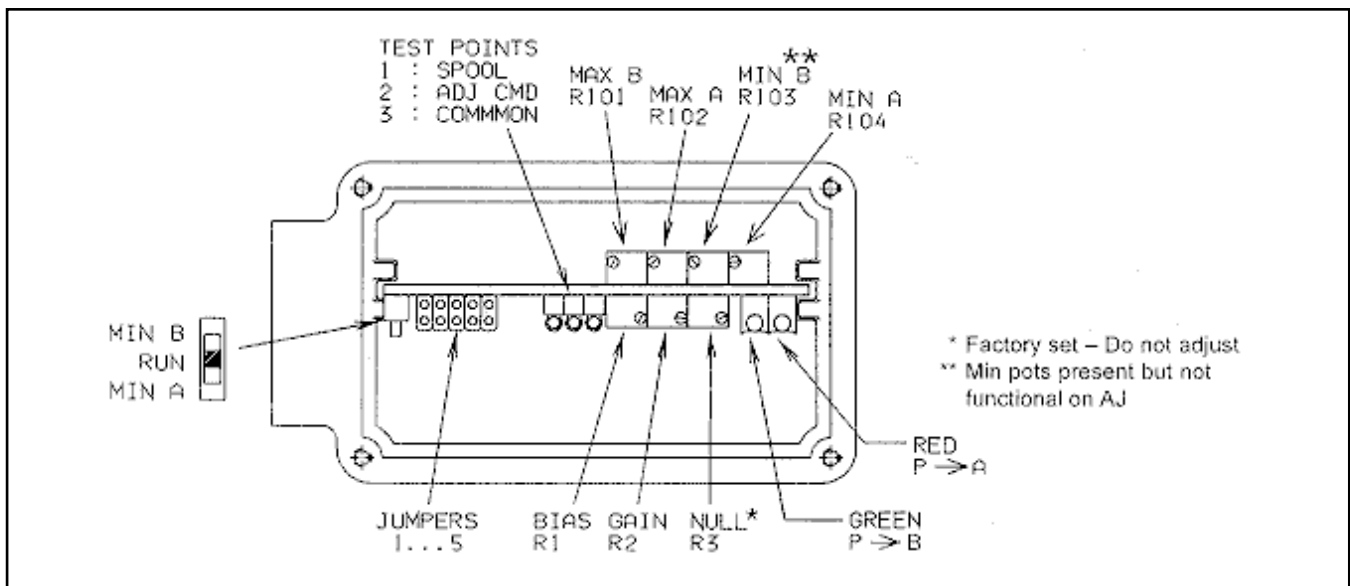
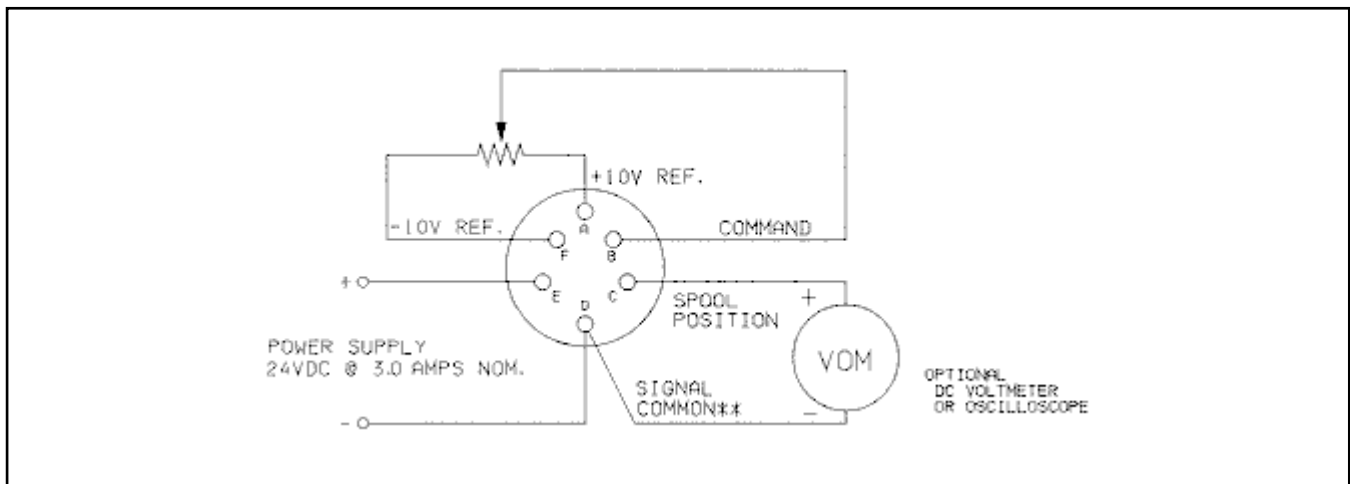


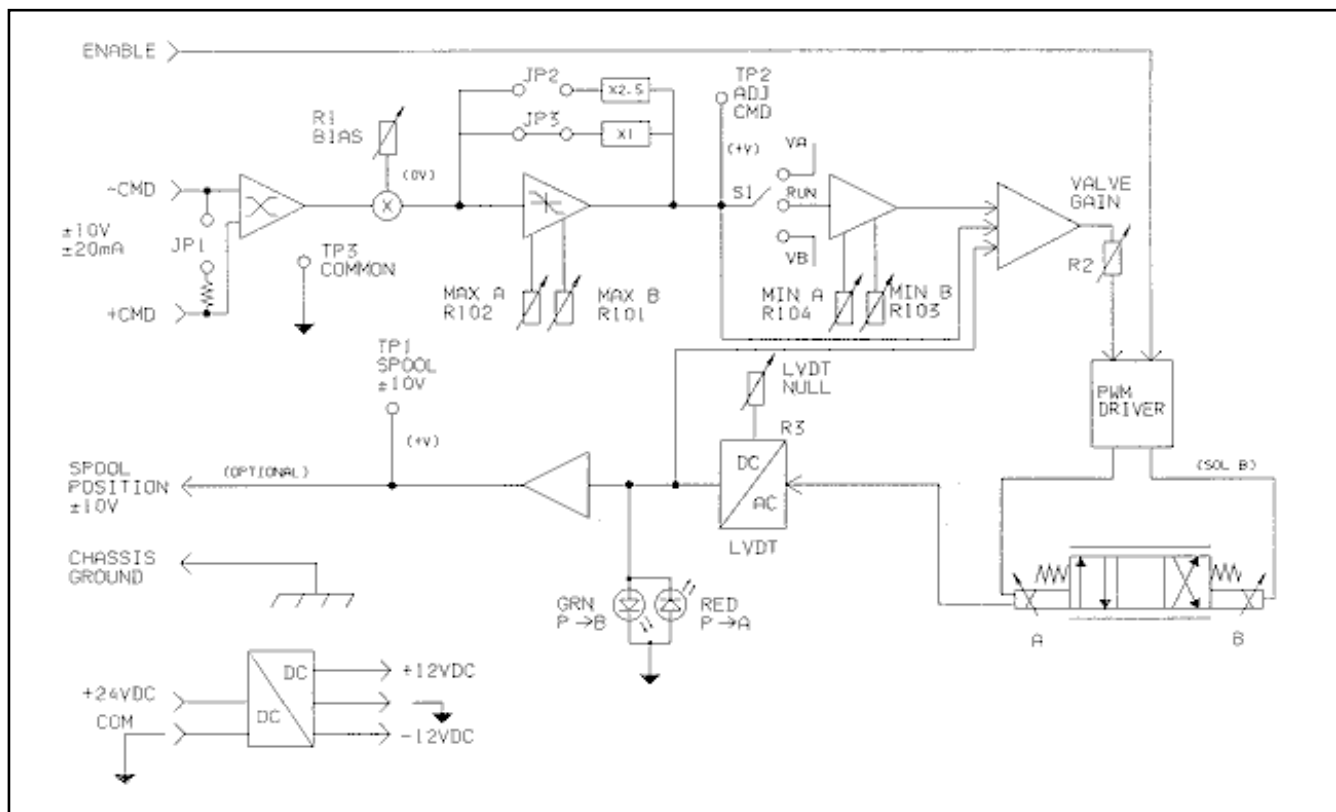
Diagrama de Ligação



** O comum de um comando gerado externamente deve estar separado do comum da fonte de alimentação.

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Descrição Funcional – Versão BJ



A lógica básica é a mesma da versão AJ

A fonte de alimentação ainda é de +24VDC mas um fio separado foi adicionado para aterramento da carcaça.

Pino E do conector de 7 pinos está conectado internamente ao corpo da válvula mas isolado da eletrônica.

É necessário acionar o sinal de Enable no Pino C senão a solenóide permanecerá desenergizada.

A entrada de comando aceita tanto sinal de tensão como sinal de corrente e tem entrada diferencial para imunidade a ruído e fácil reversão de fase.

A vazão de saída é proporcional à posição do carretel que segue o ajuste do sinal de comando.

A posição do carretel pode ser observada em TP1 ou no pino F. Tensões de referência não estão disponíveis.

-CMD/+CMD	+/-10V	+/-10V
TP2 - Aj.Cmd.	+10V	-10V
Vazão	P -> B	P -> A
LED	Verde	Vermelho
TP1 - Carretel	+10V	-10V

Start-up

Ajustes de fábrica

- ▷ LVDT hidraulicamente anulado ou “zerado” (R3)
- ▷ Max A e Max B ajustados totalmente no sentido horário
- ▷ Min A e Min B ajustados totalmente no sentido anti-horário.
- ▷ JP3 inserido: Ganho de Sinal de Comando – X1
- ▷ Bias ajustado para 0V (R1)

Startup

- ▷ Ligue a fonte de alimentação
- ▷ Ajuste Min A e Min B
- ▷ Aplique o sinal de comando
- ▷ Aumente lentamente a pressão do sistema
- ▷ Varie o comando do mínimo ao máximo e verifique se a vazão é proporcional ao comando.
- ▷ Ajuste Max A e Max B

Opções

- ▷ Monitoração da posição do carretel (TP1 ou Pino F)
- ▷ Ajustes de Min
- ▷ Ajustes de máxima vazão
- ▷ Tensões de referência
- ▷ Comando por corrente
- ▷ Bias

Conector de Interface de I/O 7 Pinos

Função	Descrição	Cabo EHC** 8G	
		Pino	Cor do Fio
Fonte de Alimentação	24VDC Nominal + 24V Comum	A	Vermelho
		B	Preto
Enable	5 a 30VDC	C	Amarelo
Comando	Sinal +/-10VDC ou 4-20mA, +/-20mA +CMD -CMD	D	Azul
		E	Laranja
Carretel	+/- 10VDC	F	Branco
Terra Carcaça	Para o corpo da válvula	G	Verde

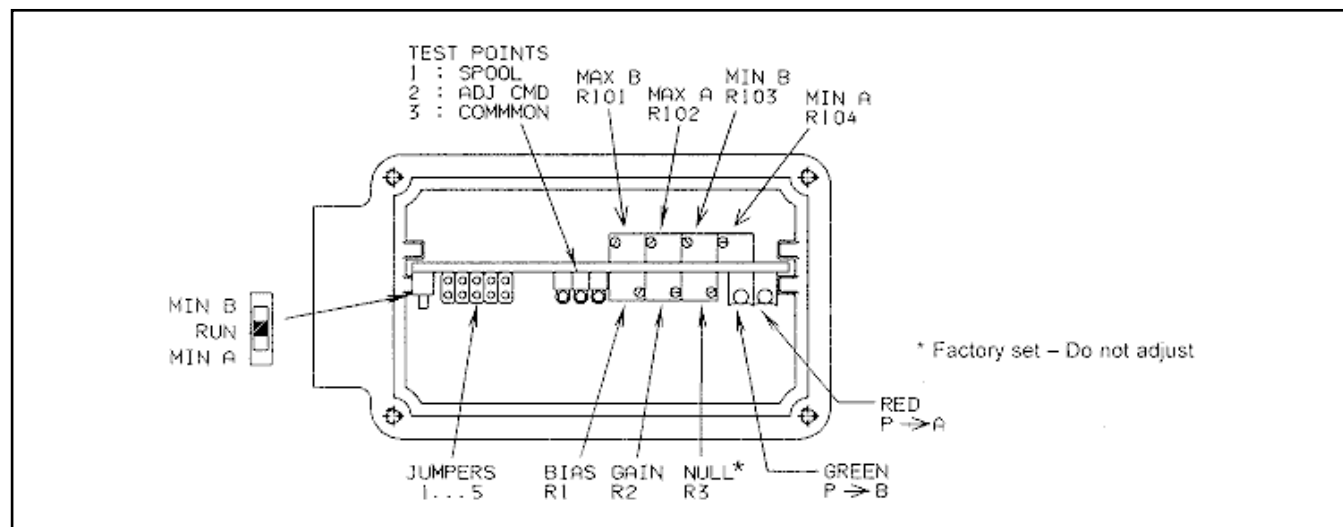
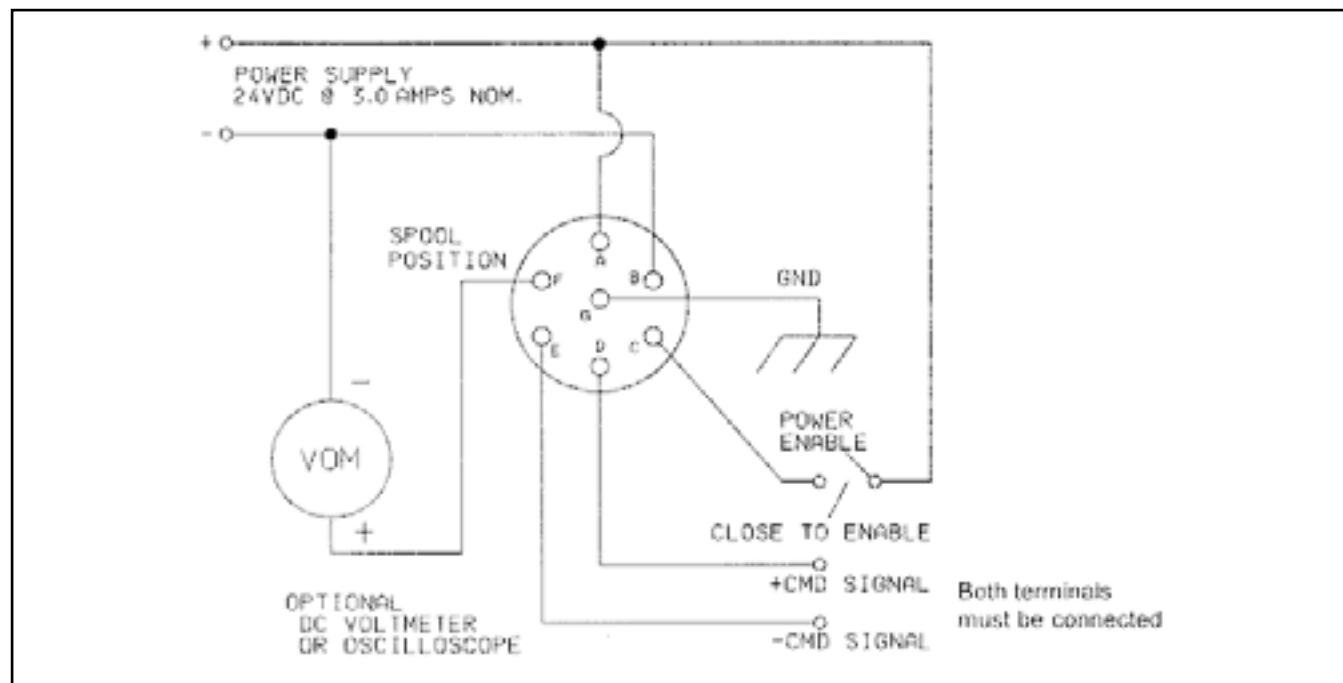


Diagrama de Ligação



Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Descrição Funcional – Versões CJ e CK

Realimentação da Malha Fechada Externa

Nota Especial:

O projeto e startup bem sucedido de uma malha fechada de posição ou de um sistema de controle de velocidade requer considerável estudo prévio e um bom entendimento da dinâmica do sistema e da carga que se está querendo controlar.

Controle com realimentação em malha fechada é um tópico amplo que vai além do nosso escopo.

É nossa intenção fornecer a informação necessária para ajustar o D1FX para uso em aplicações típicas em malha fechada.

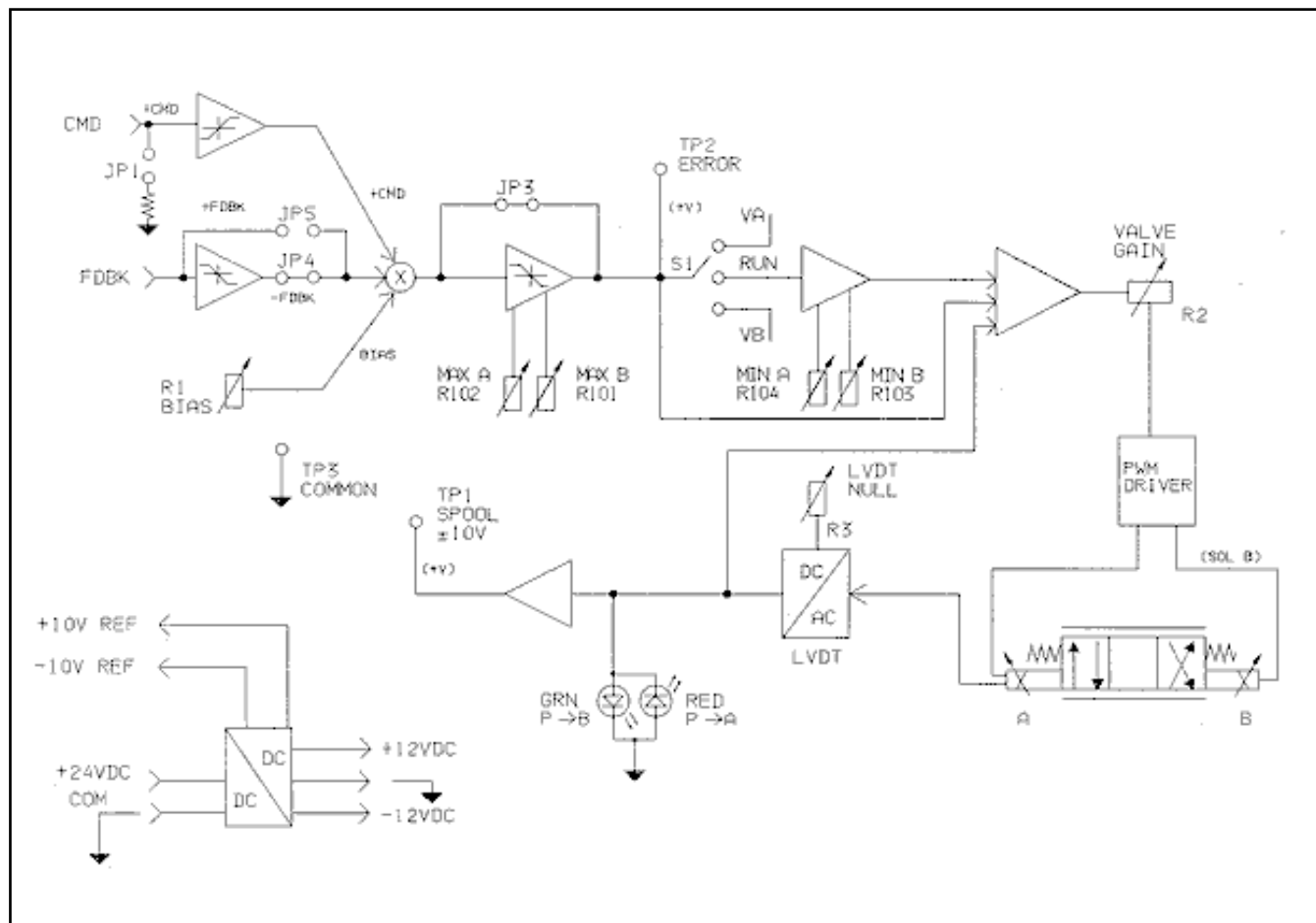
É responsabilidade do usuário entender as limitações, danos e implicações dos sistemas de controle com realimentação em malha fechada, bem como procedimentos detalhados de sintonia necessários para alguns tipos de controladores.

A versão com realimentação está disponível tanto em 24 VDC como 12 VDC de alimentação. Existe opção de sinal de comando por tensão ou por corrente. O sinal de realimentação deve ser um sinal de tensão e não pode exceder ± 10 VDC (± 5 VDC para CK).

O sinal de realimentação pode ter a mesma ou a oposta polaridade do sinal de comando, mas deve ser de mesma magnitude do sinal de comando, pois não há ajustes para escala. Tensões de referência estão disponíveis nos pinos A e F do conector de I/O para o potenciômetro de comando ou de realimentação.

A malha externa tem realimentação proporcional. Existem ganhos ajustáveis para ambas as direções de fluxo. Ajustes de limiar mínimo estão disponíveis para sintonia ótima dos sistemas de posicionamento em malha fechada.

Entradas	CMD>FDBK	CND<FDBK
TP2 - Erro	-V	+V
Vazão	P -> A	P -> B
LED	Vermelho	Verde
TP1 - Carretel	-V	+V



Start-up

Ajustes de fábrica

- ▷ LVDT hidraulicamente anulado ou “zerado” (R3)
- ▷ Max A e Max B ajustados aprox. na metade
- ▷ Min A e Min B ajustados totalmente no sentido anti-horário
- ▷ JP3 inserido: Ganho Proporcional
- ▷ JP4 inserido: Realimentação invertida
- ▷ Bias ajustado para 0V (R1)

Startup

- ▷ Ligue a fonte de alimentação
- ▷ Ajuste Min A e Min B
- ▷ Conectar o sinal de comando
- ▷ Conectar a entrada de realimentação (insira JP4 se a realimentação e sinal de comando tem a mesma polaridade. Remova JP4 e insira JP5 se as polaridades forem opostas)
- ▷ Aumente lentamente a pressão do sistema
- ▷ Varie o comando do mínimo ao máximo e verifique se a realimentação (Fdbk) segue o comando (Cmd).
- ▷ Ajuste Max A e Max B

Opções

- ▷ Monitoração da posição do carretel (TP1 ou Pino F)
- ▷ Ajustes de Min
- ▷ Ajustes de ganho máximo
- ▷ Tensões de referência
- ▷ Comando por corrente
- ▷ Bias

Conector de Interface de I/O 6 Pinos

Função	Descrição	Cabo EHC** 8G	
		Pino	Cor do Fio
Fonte de Alimentação *	24VDC Nominal + 24V Comum	E D	Vermelho Verde/Amarelo
Comando *	Sinal +/-10VDC ou 0-20mA	B	Azul
Tensões de Referência	+ 10VDC - 10VDC	A F	Laranja Branco
Realimentação * (Fdbk)	+/- 10VDC	C	Preto

* Versão CK utiliza 12VDC de alimentação e +/-5V de sinal de entrada. Tensões de referência são +5V e -5V.

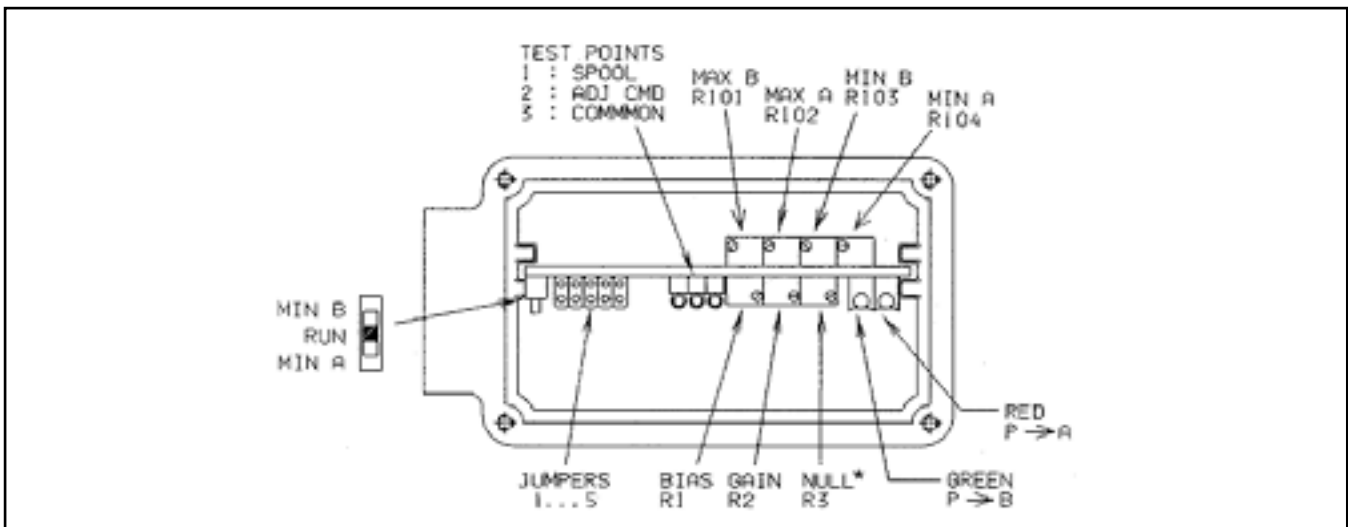
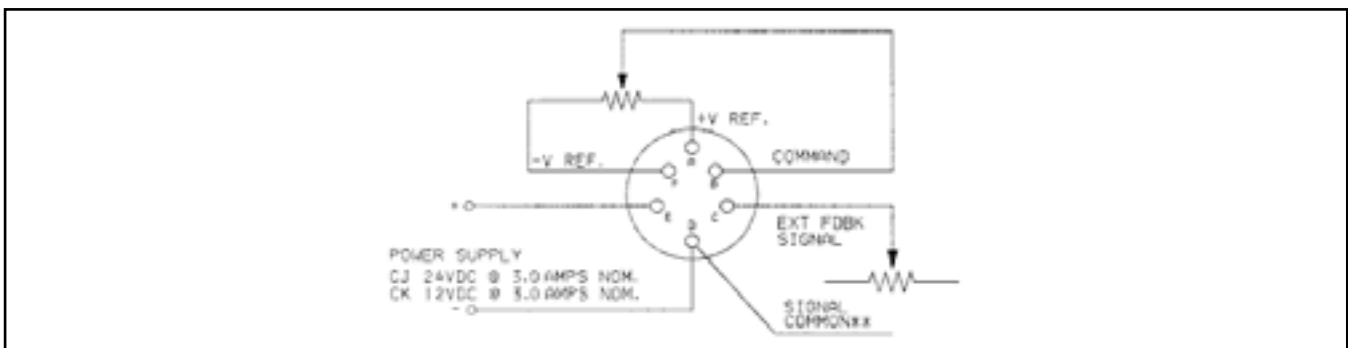


Diagrama de Ligação



** O comum de um comando gerado externamente deve estar se- parado do comum da fonte de alimentação.

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Descrição Funcional – Versões DJ e DK

Acionamento Padrão com Eliminador de Zona Morta

A válvula padrão D1FX pode, dependendo da carga não ser eletricamente simétrica em condições de fluxo zero. Ocasionalmente, (como ao usar um sinal gerado pelo PLC) é desejável equalizar o sinal necessário para se ter um fluxo similar de P para A e de P para B.

Zona morta ou ajustes de limiares mínimos são projetados para tornar a D1FX eletricamente simétrica em condições de fluxo zero.

Isso significa anulamento ou “zeramento” hidráulico mais fácil e redução de zona morta com fluxo zero, ao mesmo tempo.

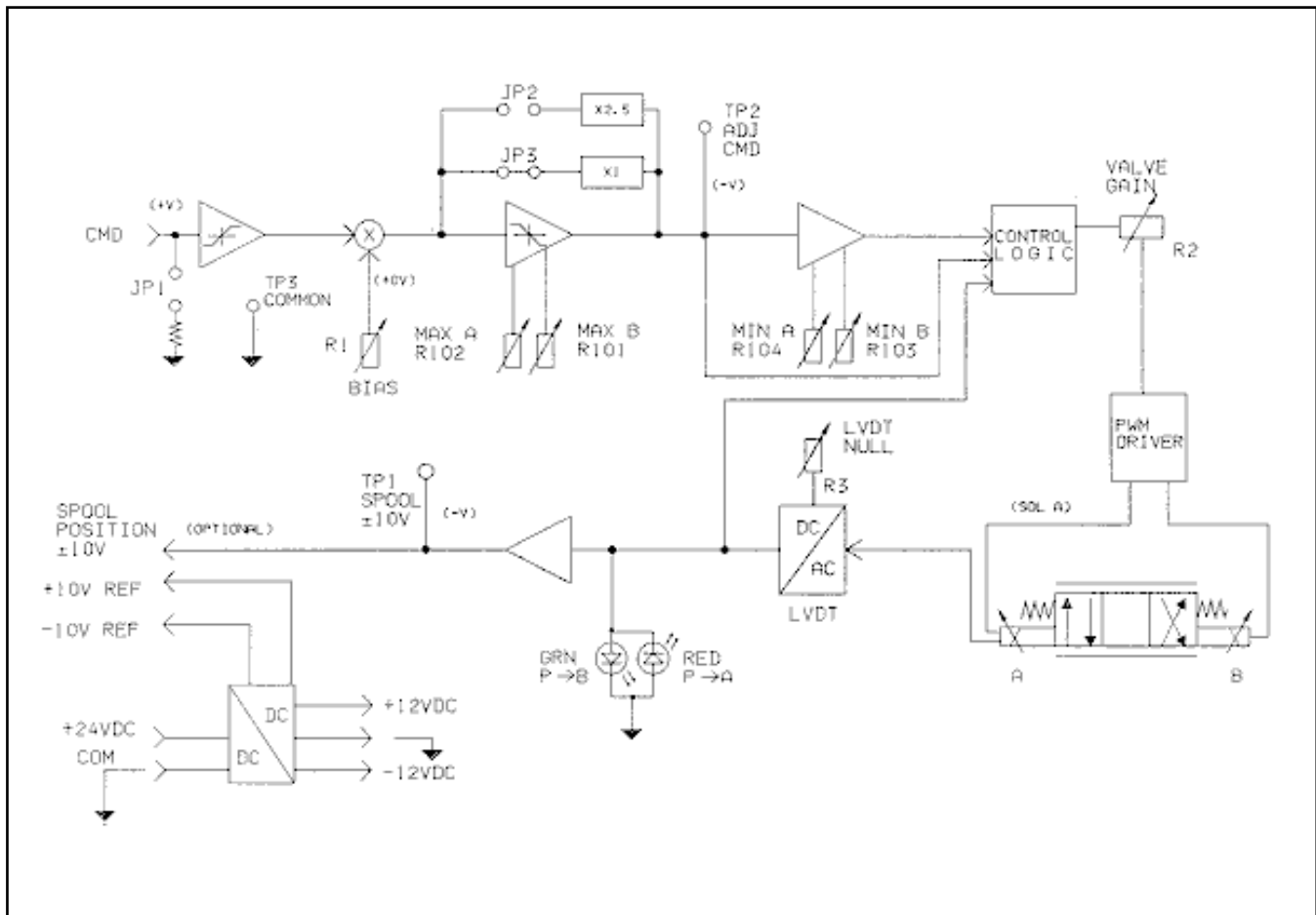
Essa válvula deve ser usada em sistemas de posicionamento em malha fechada, ajustes de zona morta é um método efetivo de atingir maior repetibilidade e precisão com um relativo pequeno ganho de malha de posição.

Essa válvula está disponível em 24VDC e 12VDC nominal de tensão de alimentação.

Existe a opção do sinal de comando por tensão ou corrente.

Tensões de referência estão disponíveis no conector MS para potenciômetro de comando ou realimentação.

CMD	+10V	-10V
TP2 - Aj. Cmd.	-10V	+10V
Vazão	P -> A	P -> B
LED	Vermelho	Verde
TP1 - Carretel	-10V	+10V



Start-up

Ajustes de fábrica

- ▷ LVDT hidráulicamente anulado ou “zerado” (R3)
- ▷ Max A e Max B ajustados totalmente no sentido anti-horário
- ▷ Min A e Min B ajustados totalmente no sentido anti-horário
- ▷ JP3 inserido: Ganho de Sinal de Comando – X1
- ▷ Bias ajustado para 0V (R1)

Startup

- ▷ Ligue a fonte de alimentação
- ▷ Ajuste Min A e Min B
- ▷ Conectar o sinal de comando
- ▷ Aumente lentamente a pressão do sistema
- ▷ Varie o comando do mínimo ao máximo e verifique se a vazão é proporcional
- ▷ Ajuste Max A e Max B

Opções

- ▷ Monitoração da posição do carretel (TP1 ou Pino C)
- ▷ Ajustes de Min
- ▷ Ajustes máxima vazão
- ▷ Tensões de referência
- ▷ Comando por corrente
- ▷ Bias

Conector de Interface de I/O 6 Pinos

Função	Descrição	Cabo EHC** 8G	
		Pino	Cor do Fio
Fonte de Alimentação *	24VDC Nominal + 24V Comum	E D	Vermelho Verde/Amarelo
Comando *	Sinal +/-10VDC ou 4-20mA, +/- 20mA	B	Azul
Tensões de Referência	+ 10VDC - 10VDC	A F	Laranja Branco
Carretel *	+/- 10VDC	C	Preto

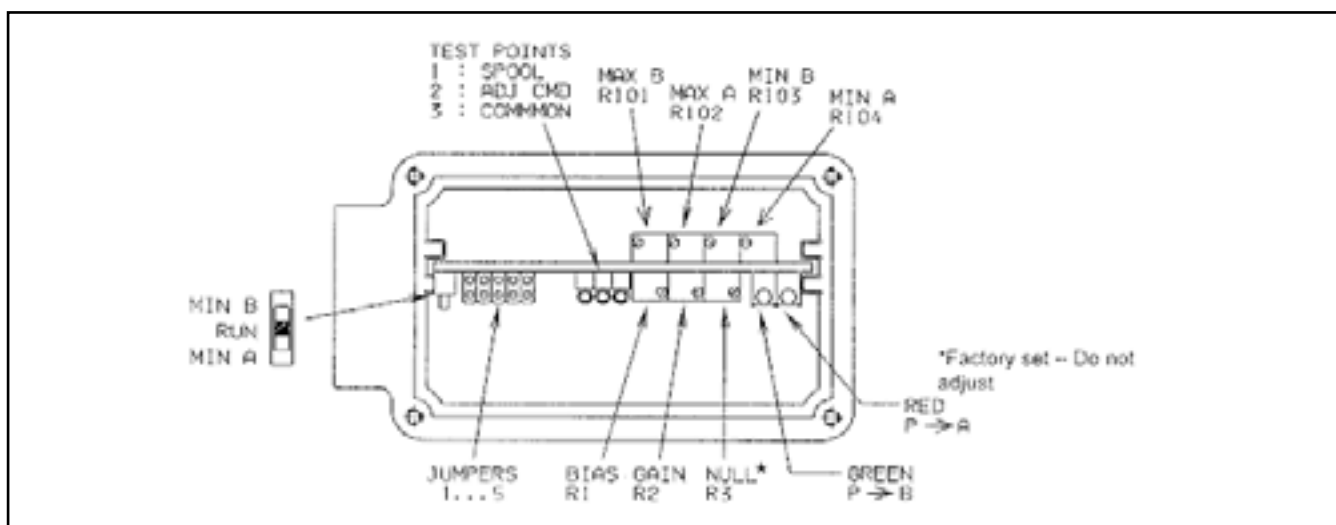
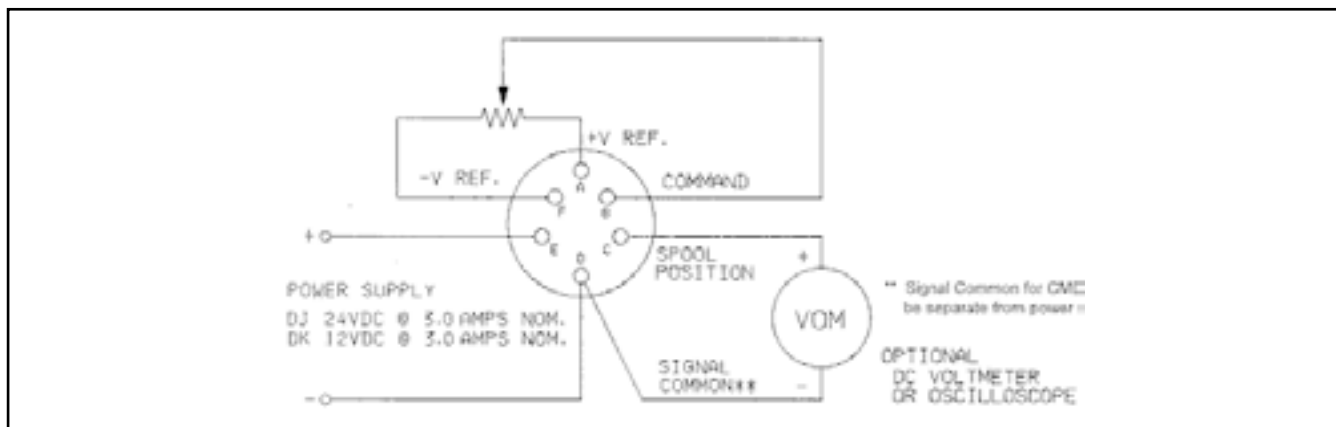


Diagrama de Ligação



** O comum de um comando gerado externamente deve estar separado do comum da fonte de alimentação.

8. Ajustes

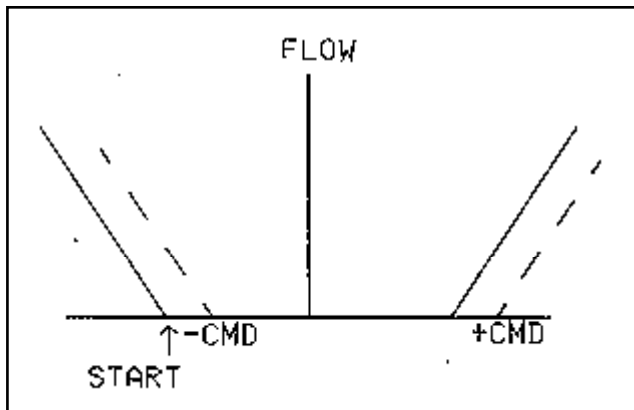
Monitoramento da Posição do Carretel

A posição do carretel em relação ao seu ponto zero de início pode ser observado em TP1. A tensão do carretel segue a entrada de comando após todos os ajustes terem sido feitos.

Anulamento (Zeramento) do LVDT

As válvulas D1FX são hidráulicamente zeradas usando um cilindro de haste dupla. O zero não precisa ser ajustado. Se parecer realmente necessário fazer o anulamento (zeramento) da válvula:

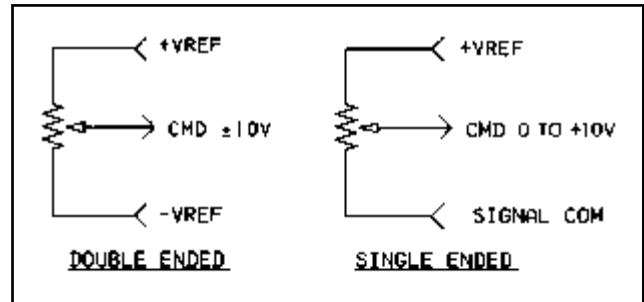
- ▷ Ajustar Min A e Min B totalmente no sentido anti-horário.
- ▷ Na versão C, Max A e Max B devem ser ajustados aproximadamente da metade, com a entrada de realimentação (Fdbk) desconectada.
- ▷ Com a pressão em 500 psi, ajuste a entrada de comando para aproximadamente 0 Volts.
- ▷ Aumente lentamente o comando até que o ponto exato que comece a haver vazão. Guarde esse valor (+Cmd).
- ▷ Diminua lentamente o comando até que o ponto exato que comece a haver vazão com valor de comando negativo. Guarde esse valor (-Cmd).
- ▷ Some a magnitude dos dois valores e então divida por dois. Esse é o valor a partir do qual deve iniciar o vazão em cada direção (Start).
- ▷ Se a magnitude de -Cmd for menor que +Cmd, ajuste a entrada para -Start. Caso contrário ajuste a entrada para +Start.
- ▷ Ajuste R3 (NULL) lentamente até que o ponto exato que comece a haver vazão.



Tensões de Referência (AJ, CJ, CK, DJ, DK)

Tensões de referência estão disponíveis para ligação de potenciômetros nas entradas de comando (Cmd) ou realimentação (Fdbk). Corrente de até 10mA é disponibilizada, porém é recomendada a utilização de pot de 10 K ohms. O potenciômetro pode ser ligado

ou numa tensão simétrica (+/-) ou numa polaridade única, como mostrado abaixo. Verifique a ligação antes de energizar. Ligação incorreta pode resultar na danificação das partes eletrônicas.



Corrida Manual

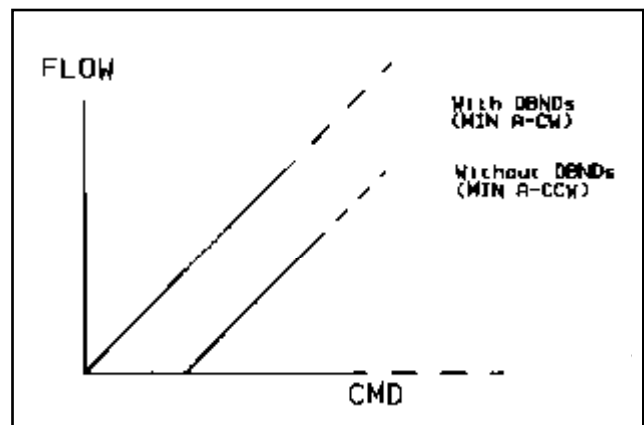
Corrida manual é uma característica de projeto que permite ao usuário deslocar a válvula em um sistema sem energia elétrica. No centro de cada bobina existe um pino de metal. Empurrando um desses pinos com um chave allen irá resultar em vazão.

Ajuste de Min (BJ, CJ, CK, DJ, DK)

Min A e Min B podem ser ajustados para reduzir a zona morta mecânica na válvula.

Para ajustar:

- ▷ Remova as entradas de comando (Cmd) e realimentação (Fdbk). Bias deve estar ajustado em 0V.
- ▷ Aplique uma pressão hidráulica pequena.
- ▷ Mova a chave (switch down) para A.
- ▷ Ajuste Min A no sentido horário até que comece a haver vazão.
- ▷ Gire de volta, no sentido anti-horário até que a vazão pare.
- ▷ Mova a chave (switch up) para B e repita o procedimento com Min B.
- ▷ Mova a chave para o centro (switch Run)



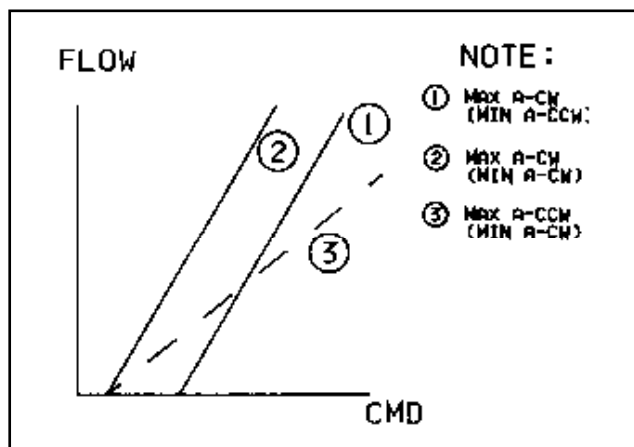
Ajustes de Vazão Max (AJ, BJ, DJ, DK)

Max A e Max B podem ser usados para limitar ou escalonar a vazão nas versões de malha aberta.

Potenciômetros totalmente no sentido horário resultam na excursão máxima do carretel. Totalmente no sentido anti-horário reduz a excursão em 30% com ganho em JP3 e 10% com ganho em JP2.

- ▷ Ajuste o comando (Cmd) para entrada máxima
- ▷ Ajuste o pot Max para obter o fluxo desejado
- ▷ Repita o procedimento para fluxo na outra direção

Obs: Ajuste Min A e Min B antes do Max A e Max B.



Ajuste de Ganho Max (CJ, CK)

As versões CJ e CK fornecem uma realimentação proporcional com ganhos ajustáveis para os solenóides A e B.

- ▷ Ajuste Max A e Max B aprox. no centro (15 de 30 volts).
- ▷ Conecte as entradas. Aplique pressão baixa e verifique se o faseamento está correto.
- ▷ Desconecte as entradas. Ajuste os limiares Min.
- ▷ Uma vez que o sistema básico está operacional, o ganho pode ser ajustado para uma performance ótima. Quando o sinal de erro em TP2 é positivo (LED verde), ajuste Max B(R101). Quando o sinal de erro é negativo (LED vermelho), ajuste Max A(R102).

Bias (Todas as Versões)

O comando de bias é ajustado de fábrica em 0 VDC. Ele pode ser usado com uma entrada de corrente ou PLC para fornecer fluxo bi-direcional.

Para zerar o bias:

- ▷ Desconecte todas as entradas.
- ▷ Ajuste Max A e Max B aprox no meio.
- ▷ Ajuste bias (R1) até ler zero volts em TP2.

Comando de Corrente ou do PLC (Todas as Versões)

As versões de 24V tem um resistor de corrente de 499 ohms que converte sinal de 0 a 20mA @ 0 a 10V. (4 a 20 mA @ 2 a 10 V)

As versões de 12V tem um resistor de 249 ohms que converte sinal de 0 a 20mA @ 0 a 5V. (4 a 20 mA @ 1 a 5 V)

Entradas de 4-20 mA or 0-10V podem ser polarizadas (bias) e amplificadas para cobrir toda a faixa em versões sem realimentação.

- ▷ Ajuste Max A e B totalmente no sentido horário. Conecte comando (Cmd) para obter fluxo zero (5 volts para entrada de 0-10V, 12mA para entrada de 4-20mA)
- ▷ Ajuste o pot bias R1 até TP2 ser igual a 0V.
- ▷ Para ter um ganho de X2,5 insira o jumper JP2.
0-10 V @ ±12.5V
4-20 mA @ ±10V em versões 24 V
4-20 mA @ ±5V em versões 12 V
- ▷ Para ter ganho X1 insira o jumper JP3.
0-10 V @ ±5V

Aviso:

Adicionar bias irá resultar em vazão quando o sinal de comando for removido. Use o sinal de Enable para eliminar o sinal do acionamento "drive".

9. Referências

- [1] H.Dorr et.all. Treinamento Hidráulico Volume 2:
Tecnologia das Válvulas Proporcionais e Servo-Válvulas. Mannesmann Rexroth GmbH
- [2] Handbook of Electrohydraulic Formulaer 2nd Edition. Bulletin 0242-B1.
Parker Hannifin Corporation. Motion & Control Training Department. Cleveland, Ohio. USA.
- [3] Princípio de Válvulas Proporcionais. EATON
- [4] Serway, Raymond. Física 3: Eletricidade, Magnetismo e Ótica. LTC 3^a.ed, 1996
- [5] Site Parker. www.parker.com

10. Exercícios

O grande desafio dos projetistas de máquinas é aumentar a performance global do equipamento a partir da aplicação de tecnologia. A hidráulica proporcional vem de encontro a estes objetivos em função das características das válvulas proporcionais, obtidas através de algoritmos de controle.

A vida útil dos elementos de máquinas e o intervalo entre falhas está diretamente ligado aos picos de esforço mecânico gerados por partida e parada instantâneas e picos de pressão que solicitam as vedações. As válvulas direcionais permitem aceleração e desaceleração o que reduz os esforços mecânicos e as válvulas de pressão reduzem os picos de pressão aliviando as vedações. O controle das variáveis efetuado eletronicamente, por cartelas eletrônicas analógicas ou digitais, microprocessadas associadas ou não a dispositivos programáveis (CLP) melhoram a resolução da escala, a precisão do ajuste e a ação da malha de controle.

Antes de começar a trabalhar faça um reconhecimento do Painel de Treinamento Parker existente no laboratório respondendo as questões abaixo:

1. Quais são as características do reservatório de óleo do painel?

▷ **Dimensões**

▷ **Volume do reservatório**

▷ **Possui respiro?**

▷ **Onde?**

▷ **Como realiza a troca de calor?**

▷ **Qual deve ser o nível de óleo no visor:**

▷ **O reservatório deve ser abastecido com quantos litros de óleo?**

▷ **Que tipo de óleo está sendo usado? Especifique:**

▷ **Quais os procedimentos para trocar o óleo e qual o intervalo de tempo que deve ser observado?**

▷ **Quantos filtros tem no painel? Indique a posição de montagem (linha), função e intervalo para inspeção ou troca:**

▷ **Onde está localizado o termômetro no reservatório?**

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

- ▷ **Qual é a temperatura de trabalho do óleo que está no tanque?**

No início da aula prática: _____

No final da aula prática: _____

- ▷ **Qual a potência do motor elétrico?**

- ▷ **Qual a velocidade do motor?**

- ▷ **Que tipo de bomba está sendo utilizada?**

- ▷ **Qual é o deslocamento da bomba?**

- ▷ **Qual é a vazão da bomba 1**

- ▷ **Qual é a vazão da bomba 2**

- ▷ **O que é aeração?**

- ▷ **Cite causas da aeração:**

- ▷ **O que é cavitação?**

- ▷ **Cite causas da cavitação:**

- ▷ **Localize as válvulas que simulam aeração e cavitação. Como estas válvulas devem permanecer durante o funcionamento do painel? Por quê?**

- ▷ **O que é ventagem?**

- ▷ **Cite tres aplicações para ventagem:**

- ▷ **Qual bomba está com a possibilidade de ventagem?**

- ▷ **Localize o bloco manifold (distribuidor) e identifique:**

nº de tomadas de pressão da bomba 1: _____

nº de tomadas de pressão da bomba 2: _____

nº de conexões para dreno: _____

nº de conexões para ventagem: _____

nº de conexões de retorno: _____

- ▷ **Qual a função das válvulas de acionamento manual no bloco manifold?**

- ▷ **Quando devem ser acionadas?**

2. Identifique

- ▷ **Válvula de pressão modelo:** _____
Pressão máxima de trabalho: _____
Vazão máxima: _____
Identifique as conexões entrada, saída e dreno: _____
- ▷ **Válvula direcional proporcional modelo:** _____
Vazão: _____
Pressão de trabalho: _____
Conexões de entrada: _____
Saídas: _____
Retorno: _____

3. Placas eletrônicas

- ▷ **Placa de 1 canal, aplicação:** _____
Alimentação: _____
Função da entrada externa: _____
Função da entrada de rampa: _____
Função da saída: _____
- ▷ **Placa de 2 canais, aplicação:** _____
Alimentação: _____
Função da entrada externa: _____
Função da entrada de rampa: _____
Função da saída: _____
Função do LVDT: _____
- Placa de set point, aplicação:** _____
Alimentação: _____
Função da entrada externa: _____
Função da entrada de rampa: _____
Função da saída: _____
Função da saída RS232: _____

4. Cuidados na instalação de circuitos hidráulicos proporcionais:

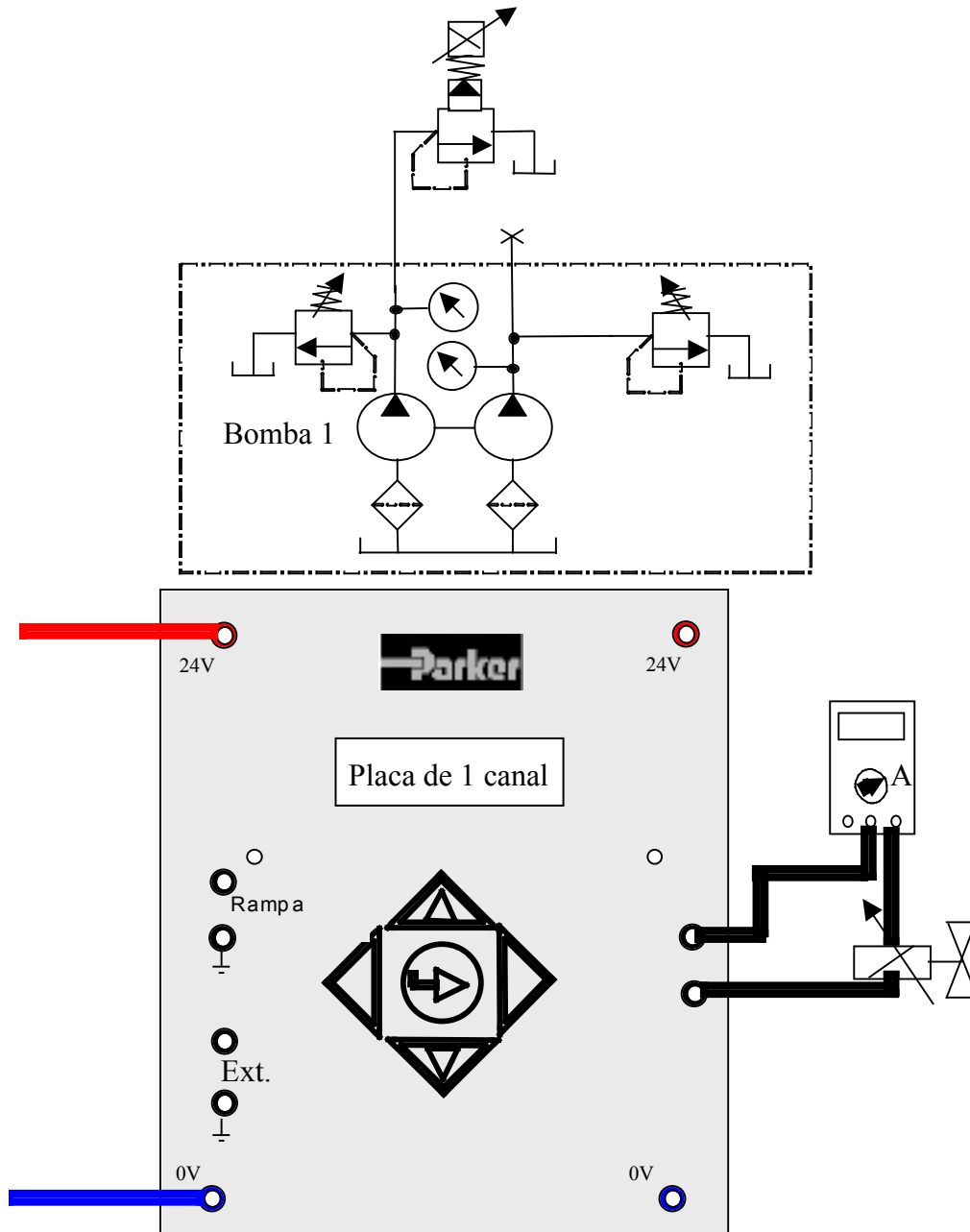
1- Válvula de Segurança proporcional

Objetivo: Analisar a performance de cada aplicação.

Nota: Observar a pressão máxima recomendada para o painel, **NÃO ULTRAPASSAR**, parar a experiência no momento que a tabela a ser preenchida alcançar o **LIMITE**. Não há perigo de se ultrapassar a pressão máxima do painel desde que não se altere os valores das válvulas de segurança originais do painel

a) Instalar a válvula de segurança na bomba 1 conforme o circuito abaixo.

(O que está dentro do envelope faz parte da montagem original do painel, não precisa ser montado)



Montado o circuito acima, realize as seguintes tarefas:

- ▷ Ligue a bomba do sistema hidráulico,
- ▷ Alimente as placas proporcionais
- ▷ Espere a inicialização da placa
- ▷ Siga as instruções do manual da placa

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

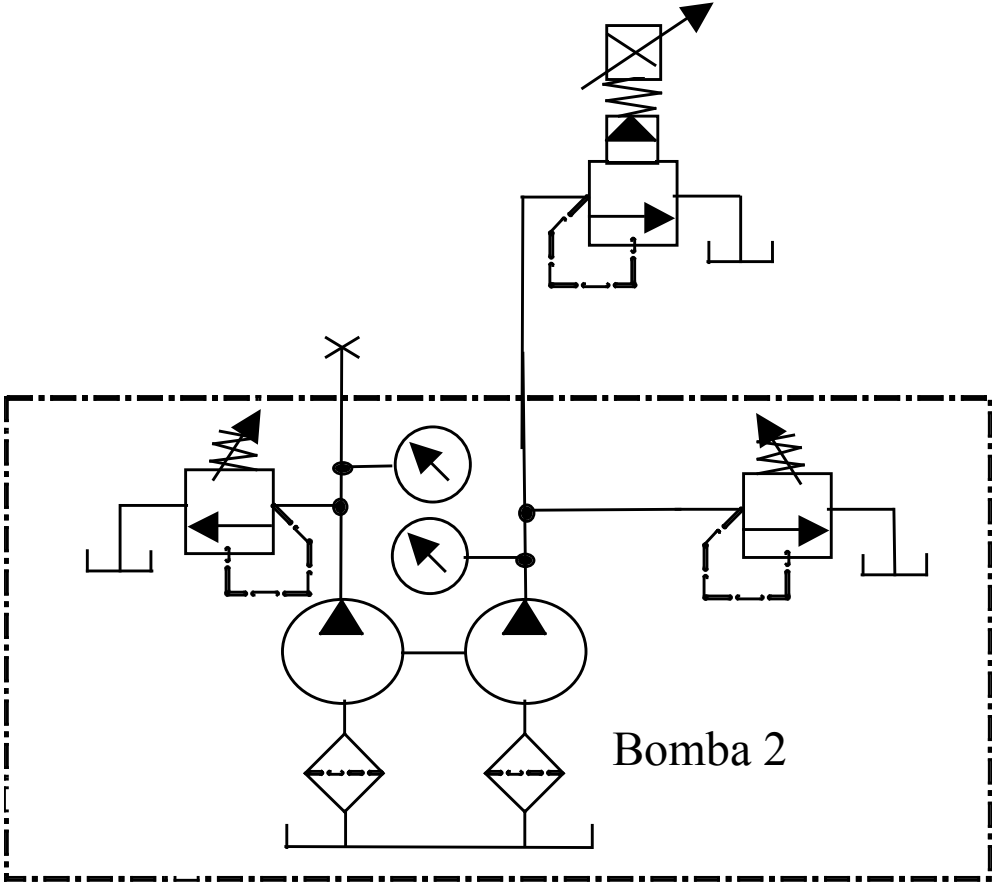
1 - Ajuste padrão da placa de 1 canal opção: SEM RAMPA I _{min} = 0% e I _{max} = 100%	Corrente I = mA	Pressão do manômetro
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%		bar

1 - Ajuste padrão da placa de 1 canal opção: SEM RAMPA I _{min} = 10% e I _{max} = 90%	Corrente I = mA	Pressão do manômetro
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%		bar

1 - Ajuste padrão da placa de 1 canal opção: SEM RAMPA I _{min} = 20% e I _{max} = 80%	Corrente I = mA	Pressão do manômetro
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%		bar

1 - Ajuste padrão da placa de 1 canal opção: SEM RAMPA I _{min} = 30% e I _{max} = 70%	Corrente I = mA	Pressão do manômetro
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%		bar

b) Troque a válvula de lugar, instalando-a na linha da bomba 2 e repita os procedimentos.



Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

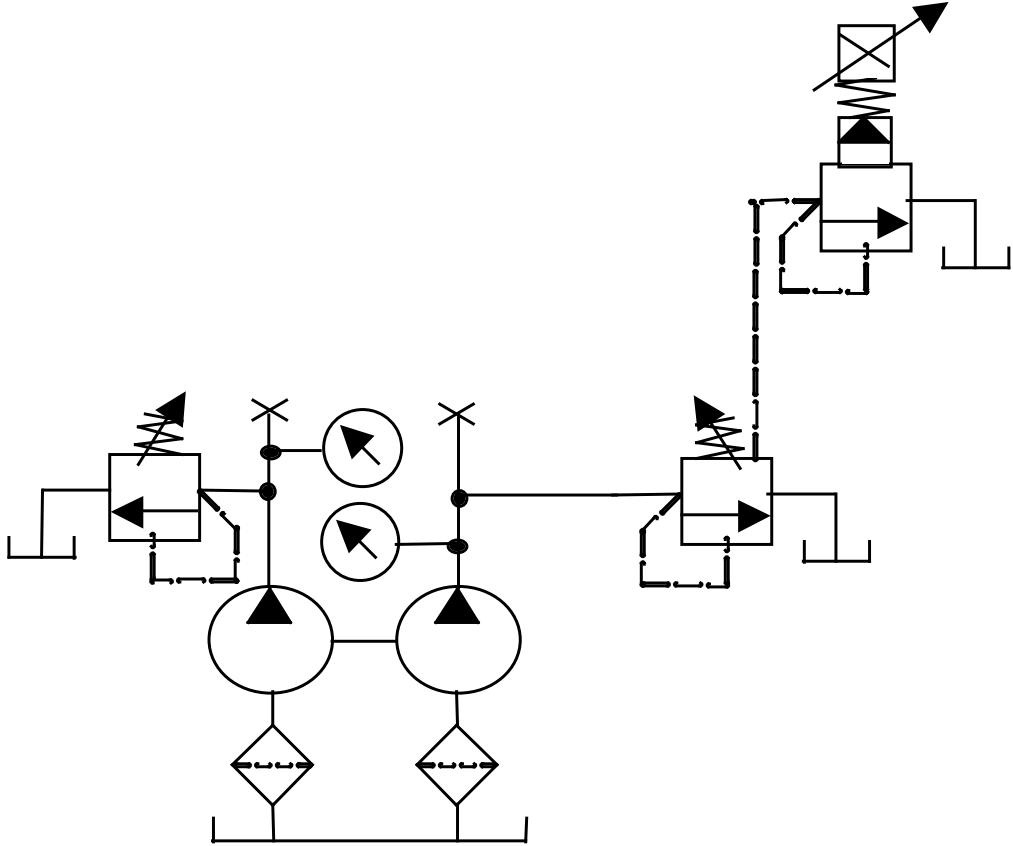
1 - Ajuste padrão da placa de 1 canal opção: SEM RAMPA I _{min} = 0% e I _{max} = 100%	Corrente I = mA	Pressão do manômetro
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%		bar

1 - Ajuste padrão da placa de 1 canal opção: SEM RAMPA I _{min} = 10% e I _{max} = 90%	Corrente I = mA	Pressão do manômetro
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%		bar

1 - Ajuste padrão da placa de 1 canal opção: SEM RAMPA I _{min} = 20% e I _{max} = 80%	Corrente I = mA	Pressão do manômetro
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%		bar

1 - Ajuste padrão da placa de 1 canal opção: SEM RAMPA I _{min} = 30% e I _{max} = 70%	Corrente I = mA	Pressão do manômetro
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%		bar

c) Instale agora a válvula de segurança proporcional na ligação de ventagem da bomba 2 e repita os procedimentos.



Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

1 - Ajuste padrão da placa de 1 canal opção: SEM RAMPA I _{min} = 0% e I _{max} = 100%	Corrente I = mA	Pressão do manômetro
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%		bar

1 - Ajuste padrão da placa de 1 canal opção: SEM RAMPA I _{min} = 10% e I _{max} = 90%	Corrente I = mA	Pressão do manômetro
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%		bar

1 - Ajuste padrão da placa de 1 canal opção: SEM RAMPA I _{min} = 20% e I _{max} = 80%	Corrente I = mA	Pressão do manômetro
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%		bar

1 - Ajuste padrão da placa de 1 canal opção: SEM RAMPA I _{min} = 30% e I _{max} = 70%	Corrente I = mA	Pressão do manômetro
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%		bar
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%		bar

Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

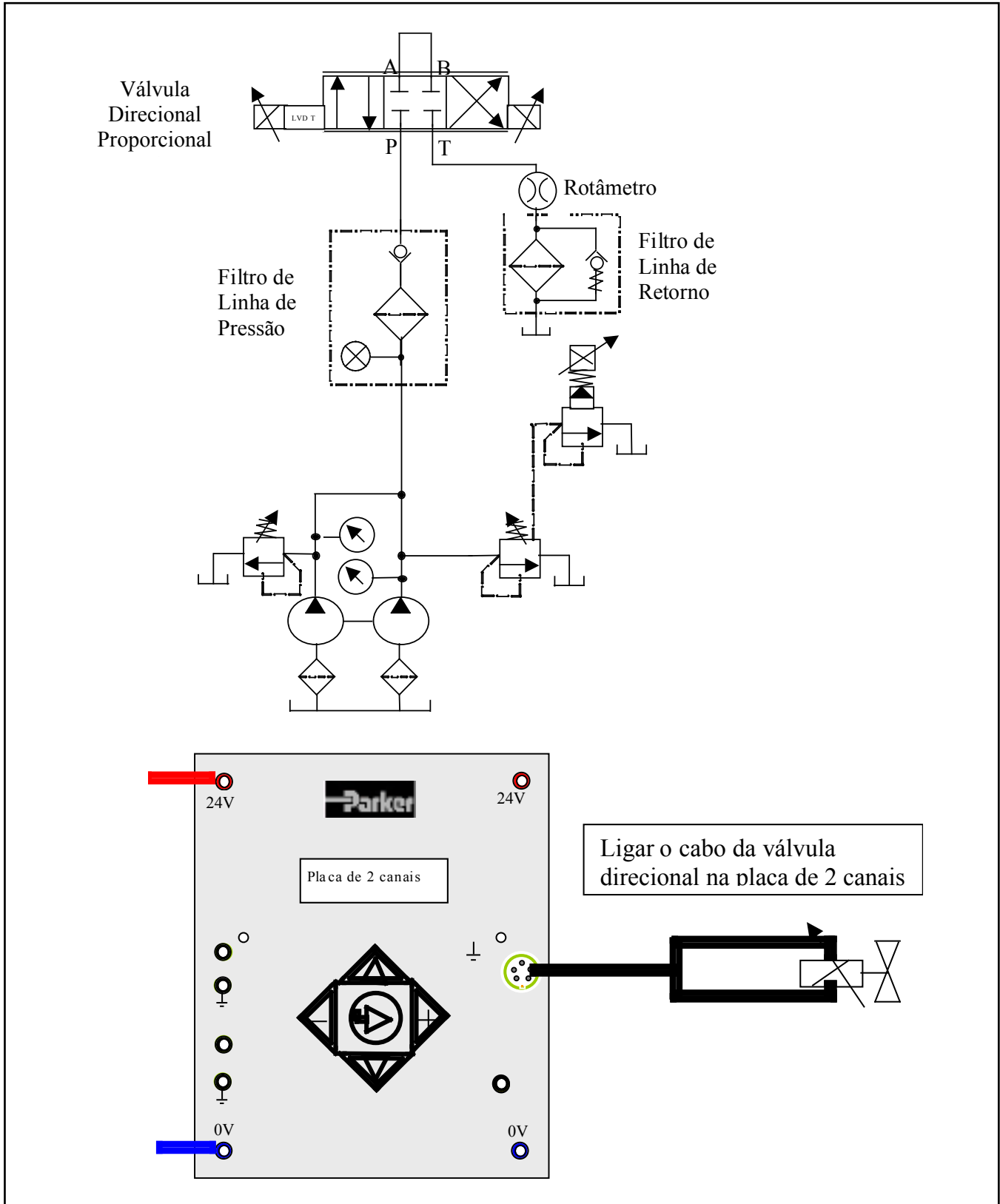
▷ Analise os dados das três montagens e justifique as coincidências e diferenças:

▷ calibre a placa de 1 canal com I_{min} e I_{max} coincidindo com a pressão mínima e máxima obtida nas experiências anteriores considerando a pressão máxima permitida no painel reduzindo ao mínimo a banda morta.

Modo de operação	Pressão inicial	Pressão final	Observação no comportamento do manômetro
SEM RAMPA	0%	100%	
	100%	0%	
COM RAMPA	0%	100%	
	100%	0%	

2 - Válvula de controle direcional proporcional

O objetivo deste exercício é verificar o comportamento da válvula D1FX por meio da observação do rotâmetro instalado na linha de retorno da válvula.



Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

1 - Ajuste padrão da placa de 2 canais opção: SEM RAMPA	Imin = 0% e Imax = 100%	LVDT	Vazão no rotâmetro lpm	
			Canal A	Canal B
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%				

1 - Ajuste padrão da placa de 2 canais opção: SEM RAMPA	Imin = 10% e Imax = 90%	LVDT	Vazão no rotâmetro lpm	
			Canal A	Canal B
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%				

1 - Ajuste padrão da placa de 2 canais opção: SEM RAMPA	Imin = 20% e Imax = 80%	LVDT	Vazão no rotâmetro lpm	
			Canal A	Canal B
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 0%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 10%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 20%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 30%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 40%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 60%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 70%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 80%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 90%				
▷ Ajuste do parâmetro na placa = 100%				

▷ **Calibre a placa de 2 canais com Imin e Imax coincidindo com a vazão mínima e máxima obtida nas experiências anteriores reduzindo ao mínimo a banda morta.**

Modo de operação	Vazão inicial	Vazão final	Observação no comportamento do manômetro
SEM RAMPA	0%	100%	
	100%	0%	
COM RAMPA	0%	100%	
	100%	0%	

▷ Porque é necessário a instalação de um filtro de linha de pressão no circuito?

Nota:

Ao ligar o circuito com válvula proporcional é importante que se evite ao máximo a contaminação da válvula por impurezas presentes no óleo, realizando um procedimento de trocar o óleo de dentro das mangueiras por óleo filtrado e dos atuadores. Esta ação impede que a válvula proporcional funcione como filtro, pois em função de ter uma grande precisão de ajuste, onde as folgas são menores que a passagem dos filtros normais aplicados em circuitos hidráulicos convencionais. Esta contaminação diminui a vida útil da válvula provocando desgaste e mal funcionamento.

O próximo exercício consiste em montar um circuito hidráulico proporcional e associando as três placas, 1 canal para controlar a válvula de segurança, a de 2 canais para controlar a válvula direcional e a placa de set point para estabelecer a seqüência de comando e parâmetros de pressão e velocidade do circuito.

Para isso a saída de 0 a 10 V deve ser ligada à placa de 1 canal, a saída de +/- 10V deve ser ligada à placa de 2 canais. A entrada do sensor da placa de set point deve receber o sinal do sensor potenciométrico. A programação da placa deve obedecer às instruções do manual de cada placa.

É possível ainda, utilizar um clp com cartões analógicos para controlar o circuito.

A saída de rampa da placa de set point ativa ou desativa a função rampa da placa que estiver sendo controlada de 1 ou dois canais. Com a aplicação de um clp é possível comandar a rampa nas duas placas mudando a velocidade e a pressão do sistema em cada etapa de funcionamento do circuito.

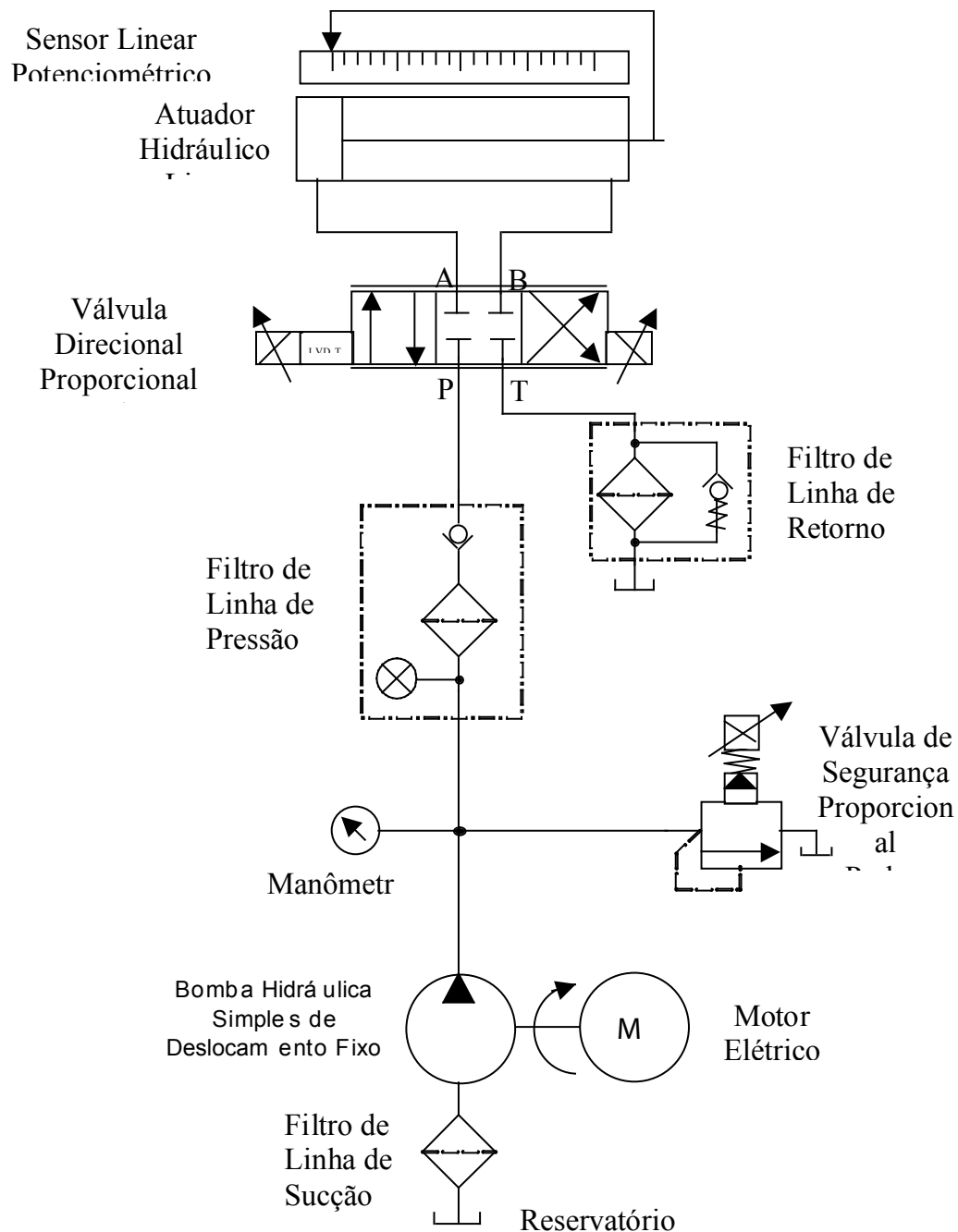
Tecnologia Eletrohidráulica Industrial

Faça o exercício abaixo explorando as seguintes condições:

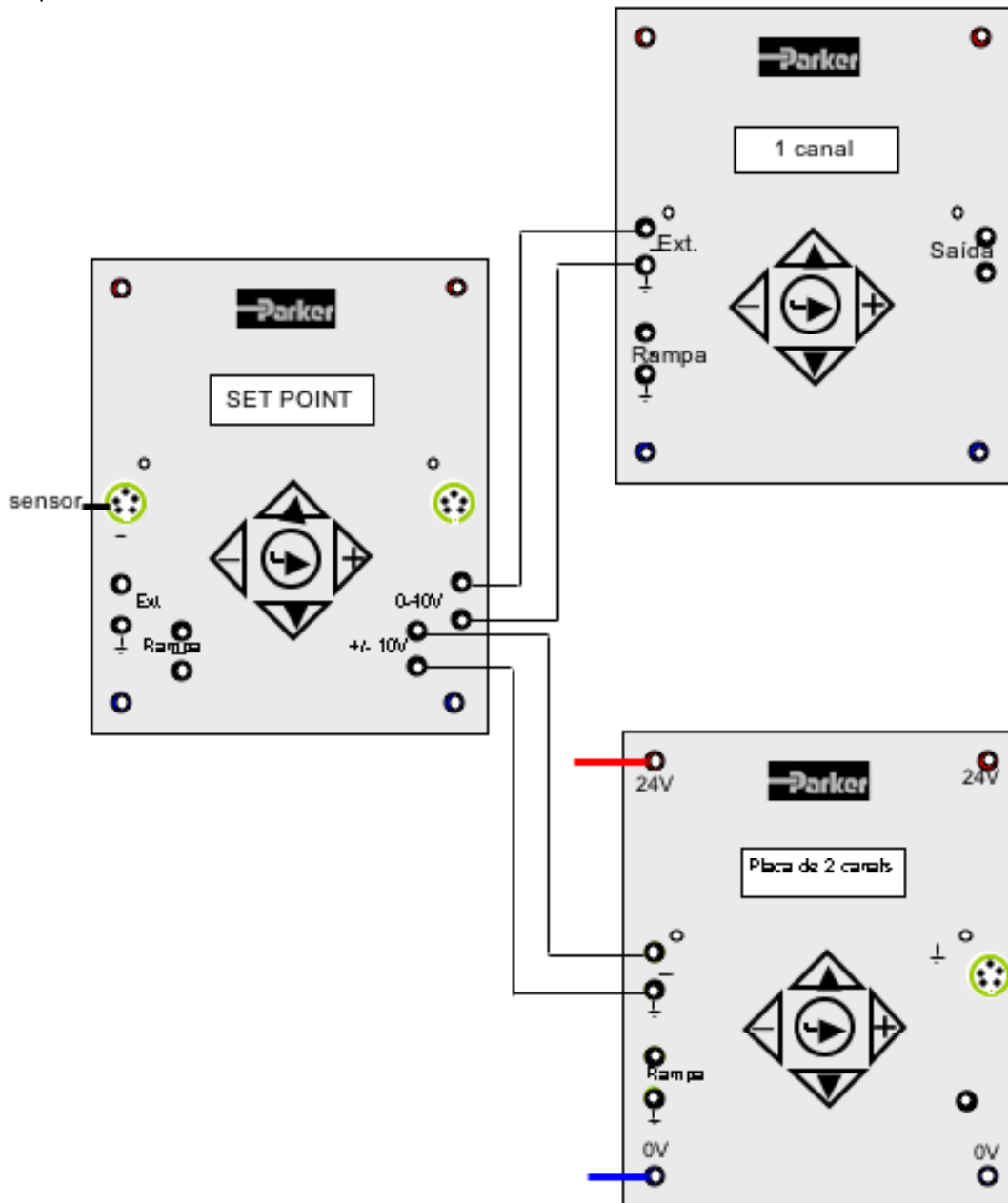
1. Fazer o cilindro avançar e retornar com 100% da velocidade e uma única pressão.
2. Fazer o cilindro avançar com 50% da velocidade e 30 bar de pressão e voltar com 40% da velocidade e 50 bar.
3. Fazer o cilindro acelerar até 100% da velocidade e desacelerar até 0% a partir de 150mm de curso.
4. Fazer o cilindro avançar até 80mm com 30% da velocidade, de 80 a 160mm com 100% da velocidade, e de 160 a 200mm com 40% da velocidade.

Circuito Hidráulico Proporcional

Este é o circuito que será utilizado para aplicar todas as possibilidades permitidas no painel.



Montar o circuito anterior a partir dos dois exercícios executados anteriormente. E acrescentar a placa de set point conforme esquema abaixo.



5. A cada mudança de velocidade mudar também a pressão.
6. Acrescentar ao circuito anterior rampas de pressurização e despressurização.
7. Alternar as rampas de aceleração e pressurização.
8. Utilizar um clp para comandar o circuito utilizando o sensor linear potenciométrico na entrada analógica e a saída analógica para controlar a placa de set point.
9. Fazer um circuito misto com parte do sistema atuando com válvulas proporcionais e outra parte com válvulas convencionais utilizando as entradas e saídas analógicas e digitais do clp.
10. Fazer um circuito utilizando o atuador rotativo aplicando as funções de aceleração e desaceleração. Em velocidade baixa, variar a pressão de trabalho.

Para cada exercício é importante que o aluno elabore um pequeno relatório com as observações relativas ao processo observado, para que o exercício não se resuma apenas à montagem, que contemple também uma parte de análise de circuito.