

3 Descrição Geral de Sistemas Servo–Hidráulicos

3.1. Estrutura básica de sistemas servo–hidráulicos

Um sistema servo-hidráulico é um arranjo de componentes individuais, conectados entre si que provêem uma forma desejada de transferência hidráulica.

A estrutura básica de sistemas servo-hidráulicos consiste de:

- Fonte de potência hidráulica;
- Elementos de controle (válvulas, sensores, etc.);
- Elementos de atuação (cilindros e/ou motores); e
- Outros elementos (tubulação, dispositivos de medição, etc.).

O conceito básico de um sistema servo-hidráulico controlado por uma válvula padrão é descrito da seguinte forma:

- A bomba converte a potência mecânica disponível do seu motor em potência hidráulica para o atuador.
- As válvulas são usadas para controlar a direção do fluxo da bomba, o nível da potência produzida, e a quantidade de fluido e pressão sobre o atuador. Um atuador linear (cilindro) ou atuador rotativo (motor) converte a potência hidráulica em potência mecânica usável no ponto requerido.
- O meio, que é um líquido, fornece a transmissão e o controle direto, e também lubrifica os componentes, sela as válvulas e refrigera o sistema.
- Os conectores, que ligam os vários componentes dos sistemas, dirigem a potência do fluido sob pressão, e o retorno do fluido ao tanque.
- Finalmente, o reservatório de fluido assegura sua qualidade e quantidade, e o refrigera.

3.2.Descrição dos componentes

3.2.1.Válvula Hidráulica

A válvula hidráulica é usada comumente dentro de sistemas hidráulicos para a modulação e controle do sistema. Dentro de um sistema hidráulico controlado por válvulas, a válvula fornece a interface entre os elementos de potência hidráulica, por exemplo, a bomba, e os dispositivos de saída hidráulica, que é um atuador linear ou rotativo. Dentro desses circuitos, a válvula hidráulica é o dispositivo que recebe a realimentação do operador ou outra fonte automática de controle, e conseqüentemente ajusta a saída do sistema. Esta realimentação é usada para fornecer uma saída controlável para o circuito ou fornecer uma função de segurança que seja necessária ao trabalhar com dispositivos de potência elevada, vide Figura 3.1.

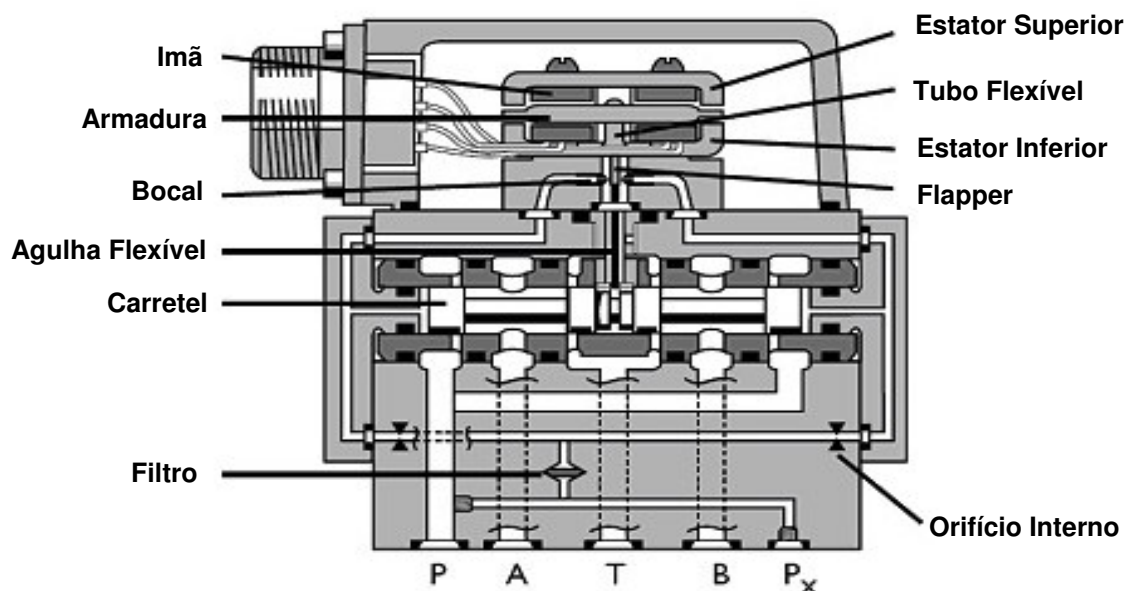


Figura 3.1. Vista em corte de uma servo-válvula hidráulica.

3.2.1.1. Tipos de Válvula

As válvulas de controle hidráulico podem ser classificadas de muitas formas, porém a classificação geral baseia-se no número de linhas de fluxo conectadas na válvula. Por exemplo, uma válvula bidirecional tem uma entrada única e só uma saída, com duas linhas de fluxo. A válvula de três estados tem uma única entrada dada pela linha da fonte, uma linha de saída, e uma linha de retorno ao reservatório. Também, as válvulas podem ser classificadas pelo tipo de construção, ou pelo tipo de função, que são válvulas de controle direcional, válvulas de controle de fluxo e válvulas de controle de pressão.

3.2.1.2. Tipos de Centro

O disco do *spool* define a largura das regiões relativas à largura dos canais nos furos da válvula. Têm-se três possíveis configurações de discos (vide a Figura 3.2). Se a largura do disco for menor que o canal na bucha da válvula, é conhecido como centro aberto ou *Underlap*. As válvulas sobrepostas ou de centro fechado têm uma região maior que a largura do canal quando o cilindro está no ponto neutro. Assim, a pressão do sistema é impedida de se alterar durante o cruzamento. Este tipo de válvulas podem causar folgas e picos indesejáveis de pressão.

As válvulas de centro crítico ou *zero lapped* têm uma região idêntica à largura do canal, o que é uma condição para se aproximar a uma máquina ideal. A maioria das servo-válvulas comerciais disponíveis são de centro crítico para garantir um curva linear do sinal do fluxo [1].

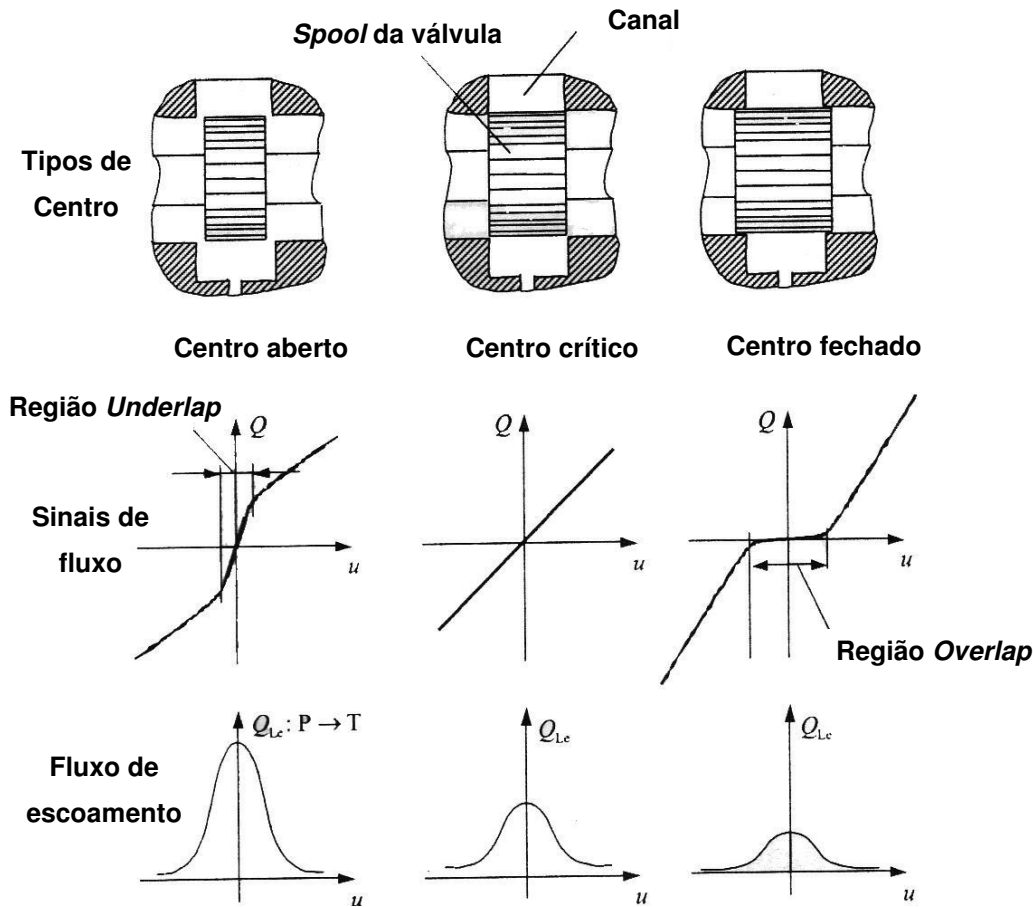


Figura 3.2. Definição de tipos de centros e seus gráficos de sinais de fluxo e curvas de fluxo de escoamento correspondentes.

3.2.1.3. Operação

Um comando de sinal elétrico é aplicado às bobinas da servo-válvula, e cria uma força magnética que atua sobre o final da armadura, provocando um torque. Essa rotação provoca uma deflexão do tubo conhecido como deslizamento da armadura/*flapper*. A deflexão do *flapper* restringe o líquido que vaza através de um furo e que é carregado completamente a uma extremidade do *spool*, deslocando-o. O movimento do *spool* conecta o canal da fonte de pressão (P_s) a um canal de controle, e simultaneamente abre o canal do tanque (T), que é outro canal de controle.

A movimentação do *spool* também aplica uma força à mola, criando um torque de realimentação sobre a armadura/*flapper*. Se o torque de realimentação for igual ao torque das forças magnéticas, a armadura/*flapper* movimenta-se até uma posição centrada, e o *spool* está aberto em um estado de equilíbrio até que o comando de sinal elétrico o mude a um novo nível. Em resumo, a posição do *spool* é proporcional à corrente de entrada e, para uma pressão constante através da válvula, a vazão e a carga são proporcionais à posição do *spool*. Na seguinte Figura observa-se o modo de operação da servo-válvula.

Resposta da válvula a uma mudança de sinal elétrica

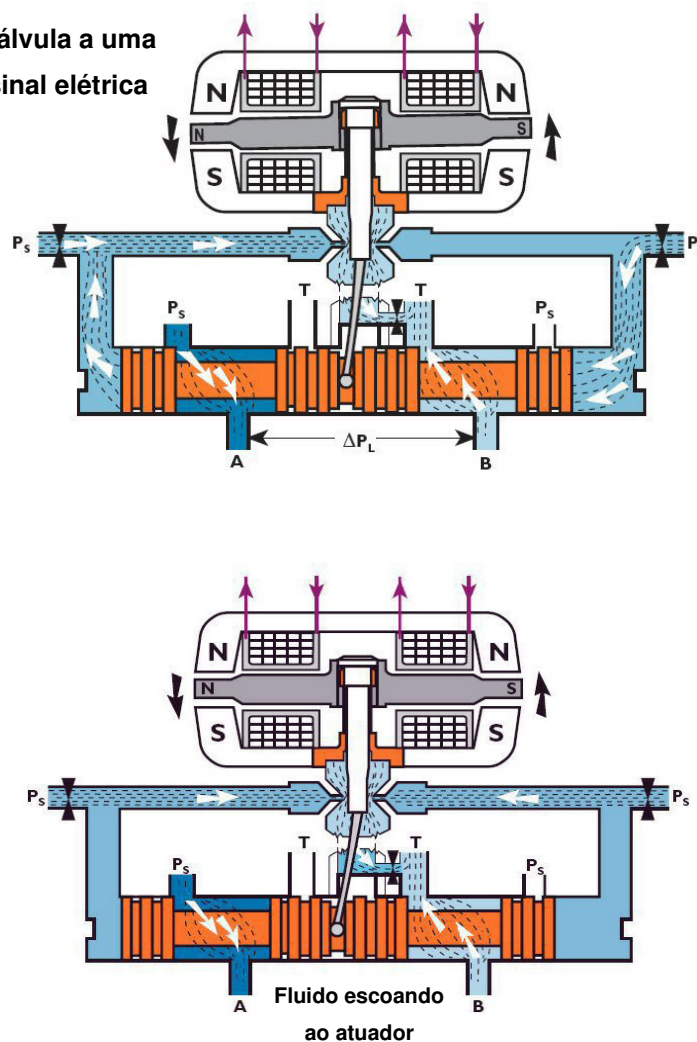


Figura 3.3. Modo de operação da servo-válvula quando é aplicado um sinal elétrico.

3.2.1.4. Análise Dinâmica da Servo-válvula

As servo-válvulas são dispositivos complexos e têm algumas características não-lineares que são significativas em sua operação. Essas não-linearidades incluem: histerese elétrica do torque do motor, mudanças na saída do torque do motor com deslocamento, mudanças na impedância do orifício do fluido com fluxo e características do fluido, mudanças no coeficiente de descarga do orifício em função da pressão, atrito de deslizamento do cilindro e outras.

A experiência mostra que essas características não ideais e não-lineares limitariam a utilidade da análise teórica da dinâmica da servo-válvula no projeto de sistemas. A representação analítica da dinâmica da servo-válvula é usada durante o projeto preliminar de uma nova configuração. Uma análise mais elaborada da resposta da servo-válvula tem sido desenvolvida pela MOOG, incluindo estudos computacionais que incluem efeitos não-lineares e até oito ordens dinâmicas. Esta análise tem sido usada para reduzir a função de transferência à sua forma mais simples que represente a servo-válvula.

3.2.2. Bombas e Atuadores

3.2.2.1. Bombas

As bombas hidráulicas são dispositivos que convertem energia mecânica em energia hidráulica. As bombas são acionadas normalmente através de rotação. As bombas hidráulicas industriais são construídas em uma variedade de tamanhos, formas e mecanismos de bombeamento, e são geralmente de deslocamento de tipo positivo. O deslocamento (ou fluxo de saída) é o volume do líquido hidráulico que é transportado através da bomba em uma única rotação do eixo.

3.2.2.2. Atuadores

Os atuadores hidráulicos são dispositivos que convertem a energia hidráulica proveniente da bomba e processada pelos elementos de controle (por exemplo, válvulas) em trabalho útil (potência e energia mecânica, respectivamente). Os atuadores têm uma saída linear (cilindros, macaco) ou uma

saída giratória (atuador rotatório ou motores).

Um dos clássicos componentes do sistema hidráulico é o atuador linear, comumente conhecido como “cilindro hidráulico”. Os cilindros são usados para converter potência hidráulica em força mecânica linear ou movimento. Há dois tipos de atuadores lineares, um deles permite a aplicação da força hidráulica em apenas uma direção, e o outro em ambos os sentidos. Todos os atuadores lineares hidráulicos têm um volume preenchido por fluido contido dentro do corpo do dispositivo, o tubo ou o tambor, e um componente que os movimenta dentro do cilindro chamado pistão ou haste do pistão, chamado prolongamento. Nos dispositivos mais simples o pistão é uma haste cilíndrica que transmite a força da saída diretamente à carga, mostrada esquematicamente na Figura 3.4.

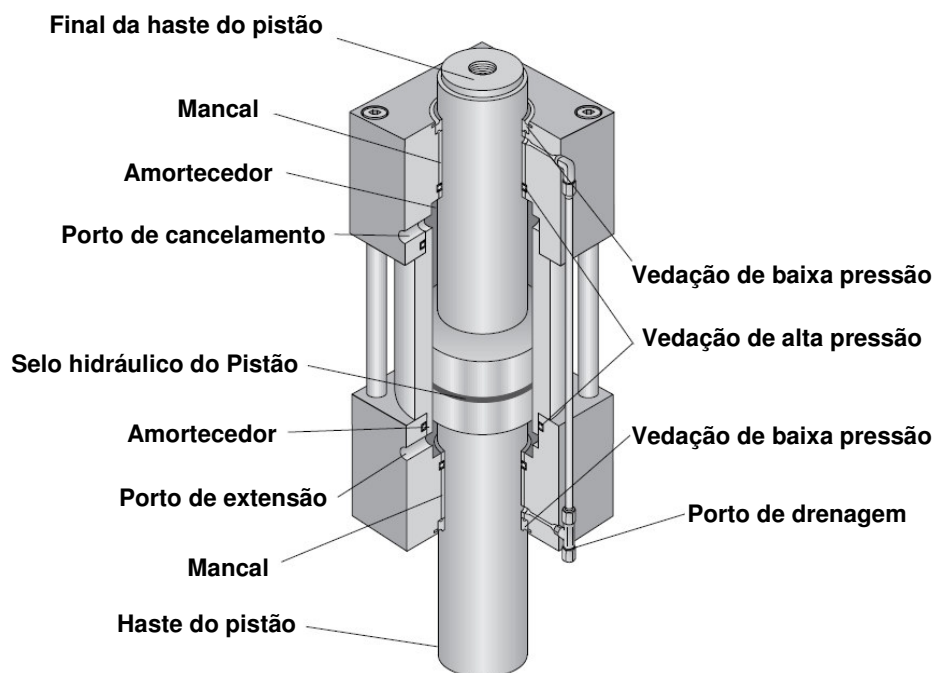


Figura 3.4. Vista em corte de um cilindro hidráulico [4].

3.3. Sensores / Transdutores

3.3.1. LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*)

Os LVDT são sensores para medição de deslocamento linear. O funcionamento deste sensor é baseado em três bobinas e um núcleo cilíndrico de material ferromagnético de alta permeabilidade. A bobina central é chamada de primária e as demais são chamadas de secundárias. O núcleo é preso no objeto cujo deslocamento deseja-se medir, e a movimentação dele em relação às bobinas dá como saída um sinal linear, proporcional ao deslocamento.

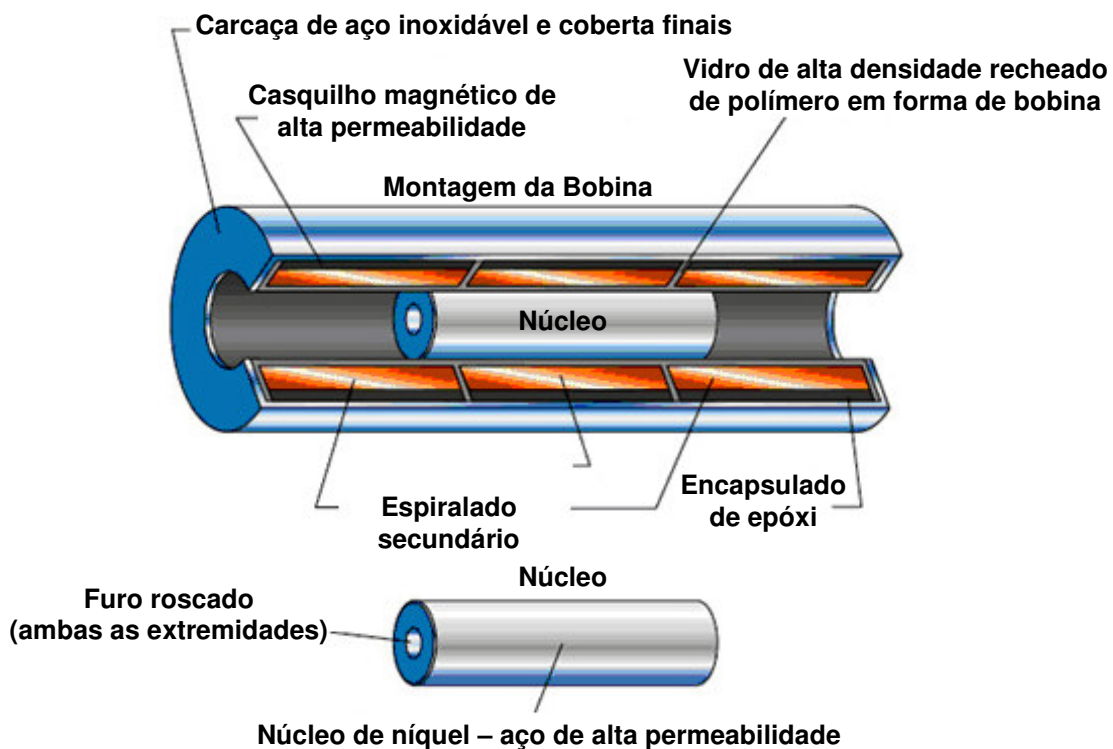


Figura 3.5. Vista em corte de um LVDT.

Para esta medição, uma corrente alternada é aplicada na bobina primária, fazendo com que uma tensão seja induzida em cada bobina secundária proporcionalmente à indutância mútua com a bobina primária. A frequência da corrente alternada está geralmente entre 1 e 10 kHz. De acordo com a

movimentação do núcleo, esta indutância mútua muda, fazendo com que as tensões nas bobinas secundárias mudem também. As bobinas são conectadas em série reversas (vide Figura 3.6), dessa forma a tensão de saída é a diferença entre as duas tensões secundárias. Quando o núcleo está na posição central equidistante em relação às duas bobinas secundárias, tensões opostas da mesma amplitude são induzidas nestas duas bobinas; assim, a tensão de saída é nula.

Quando o núcleo é movimentado em uma direção, a tensão em uma das bobinas secundárias aumenta enquanto a outra diminui, fazendo com que a tensão aumente de zero para um máximo. Esta tensão está em fase com a tensão primária. Quando o núcleo se move em outra direção, a tensão de saída também aumenta de zero para um máximo, mas sua fase é oposta à fase primária. A amplitude da tensão de saída é proporcional à distância movida pelo núcleo (até o seu limite de curso), sendo por isso a denominação linear para o sensor. Assim, a fase da tensão indica a direção do deslocamento.

Como o núcleo não entra em contato com o interior do tubo, ele pode mover-se livremente, quase sem atrito, fazendo do LVDT um dispositivo de alta confiabilidade. Além disso, a ausência de contatos deslizantes ou girantes permite que o LVDT esteja completamente selado e isolado das condições do ambiente.

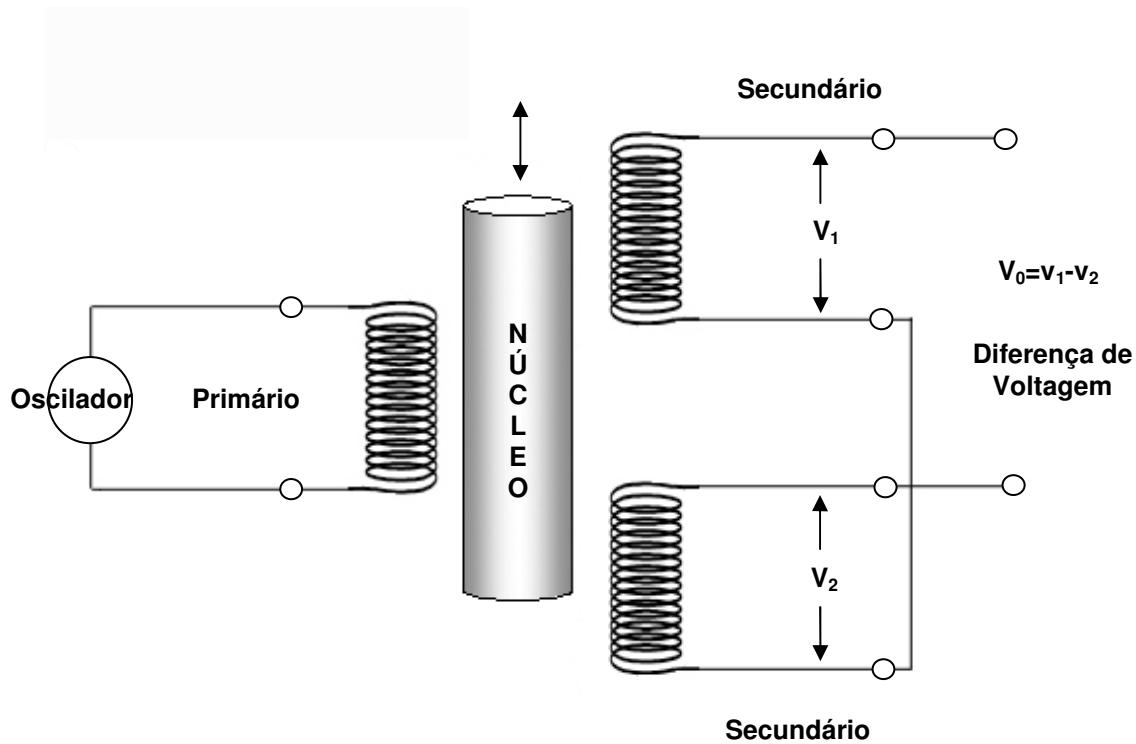


Figura 3.6. Representação elétrica de um LVDT.

3.3.2. Células de carga

O princípio de funcionamento das células de carga baseia-se na variação da resistência ôhmica de um sensor denominado extensômetro ou *strain gage*, quando é submetido a uma deformação. Utilizam-se comumente em células de carga quatro extensômetros ligados entre si segundo a ponte de Wheatstone, e o desbalanceamento da mesma, em virtude da deformação dos extensômetros, é proporcional à força que a provoca. É através da medição deste desbalanceamento que se obtém o valor da força aplicada.

Os extensômetros são colados a uma peça metálica (e.g. alumínio, aço ou liga cobre-berílio), denominada corpo da célula de carga e inteiramente solidária à sua deformação, vide Fig. 3.7. A força atua por tanto sobre o corpo da célula de carga, e a sua deformação é transmitida aos extensômetros, que por sua vez medirão sua intensidade.

Obviamente que a forma e as características do corpo da célula de carga devem ser objeto de um meticoloso estudo, tanto no seu projeto quanto na sua

execução, visando assegurar que a sua relação de proporcionalidade entre a intensidade da força atuante e a conseqüente deformação dos extensômetros seja preservada tanto no ciclo inicial de pesagem quanto nos ciclos subseqüentes, independentemente das condições ambientais. A forma geométrica, portanto, deve conduzir a uma linearidade dos resultados. Considerando-se que a temperatura gera deformações em corpos sólidos e que estas poderiam ser confundidas com a provocada pela ação da força a ser medida, há necessidade de se compensar os efeitos de temperatura através da introdução, no circuito de Wheatstone, de resistências especiais que variem com o calor de forma inversa à dos extensômetros. Um efeito normalmente presente no ciclo de carregamento, e que deve ser controlado com a escolha conveniente da liga da matéria-prima da célula de carga, é o da histerese decorrente de trocas térmicas com o ambiente da energia elástica gerada pela deformação, o que faz com que as medições de cargas sucessivas não coincidam com as descargas respectivas.

Outro efeito que também deve ser controlado é a repetibilidade, ou seja, indicação da mesma deformação decorrente da aplicação da mesma carga sucessivamente. Também se deve verificar o uso de materiais isotrópicos e da correta aplicação da força sobre a célula de carga.

Finalmente, deve-se considerar o fenômeno da fluência (*creep*), que consiste na variação da deformação ao longo do tempo após a aplicação da carga. Este efeito decorre de escorregamentos entre as faces da estrutura cristalina do material, e apresentam-se como variações aparentes na intensidade da força sem que haja incrementos na mesma.



Figura 3.7. Célula de carga.

3.3.3. Clip Gage

Um *Clip Gage* é usado para medir o deslocamento em um número de aplicações diferentes. A configuração representativa do *Clip Gage* é ilustrada esquematicamente na Figura 3.8 onde, neste caso, dois medidores de deformação são instalados em lados opostos de uma seção fina, a qual sofre uma curvatura quando a distância entre os pontos muda. Desde que as tensões detectadas pelos dois *gages* sejam iguais em módulo e opostos em sinal, os *gages* são conectados nos braços adjacentes da ponte para dobrar a saída da ponte ao cancelar as saídas térmicas dos *gages*, vide Fig. 3.8.

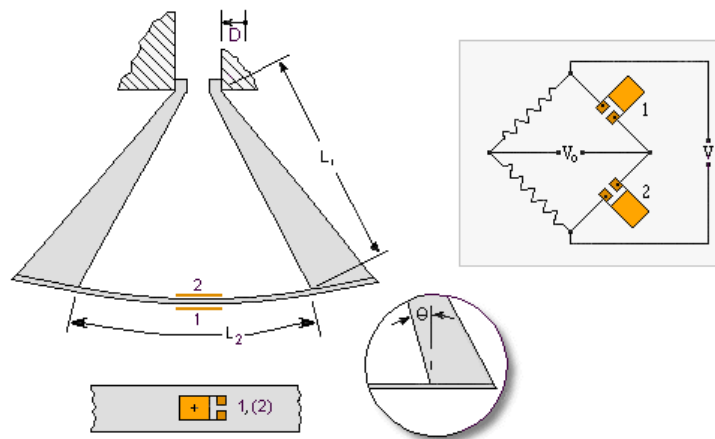


Figura 3.8. Princípio de um Clip Gage para medida do deslocamento.

No próximo capítulo, os componentes apresentados serão modelados.