

## INVERSORES DE FREQUÊNCIA APLICADOS NO CONTROLE DE PRESSÃO (BOOSTER) EM BOMBAS CENTRÍFUGAS

### 1.0 Geral

O controle de pressão aqui apresentado refere-se aos inversores Yaskawa F7 e V1000, os quais possuem controlador PID incorporado com realimentação ( feedback) em 4-20mA ou 0-10V, com possibilidade de seleção de PID direto ou inverso.

### 2.0 Aplicação

O sistema de pressurização ou Booster destina-se ao controle de rotação de bombas centrífugas ou compressores, visando manter a pressão de um fluido constante mesmo com variações de carga, tais como as seguintes aplicações:

- Sistemas de abastecimento de água em cidades, indústrias, loteamentos, condomínios e similares.
- Pressurização de água de refrigeração para indústrias siderúrgicas, químicas, petroquímicas e outras.
- Pressurização de bombas de água gelada em sistemas de ar condicionado central.
- Controle da pressão de vácuo em bombas de vácuo para indústrias gráficas e similares.
- Pressurização de linhas de ar com compressores centralizados.
- Pressurização de sistemas de irrigação rural.
- Qualquer outro sistema que requeira pressão constante de um fluido.

### 3.0 Instalação básica

A instalação de um sistema básico é simples, necessitando de um inversor da serie P5 ou G5 dimensionado de acordo com a potência e tensão do motor utilizado, um transmissor de pressão com saída analógica em 4-20mA e uma fonte de alimentação para o transmissor caso necessária.

Um sistema básico, com apenas um motor é apresentado na Figura 1.

O set-point de pressão pode ser interno, através do Operador Digital do inversor ou externo, através de um potenciômetro ou de um sinal analógico de 0-10V proveniente de um PLC, SDCD ou qualquer outro equipamento.

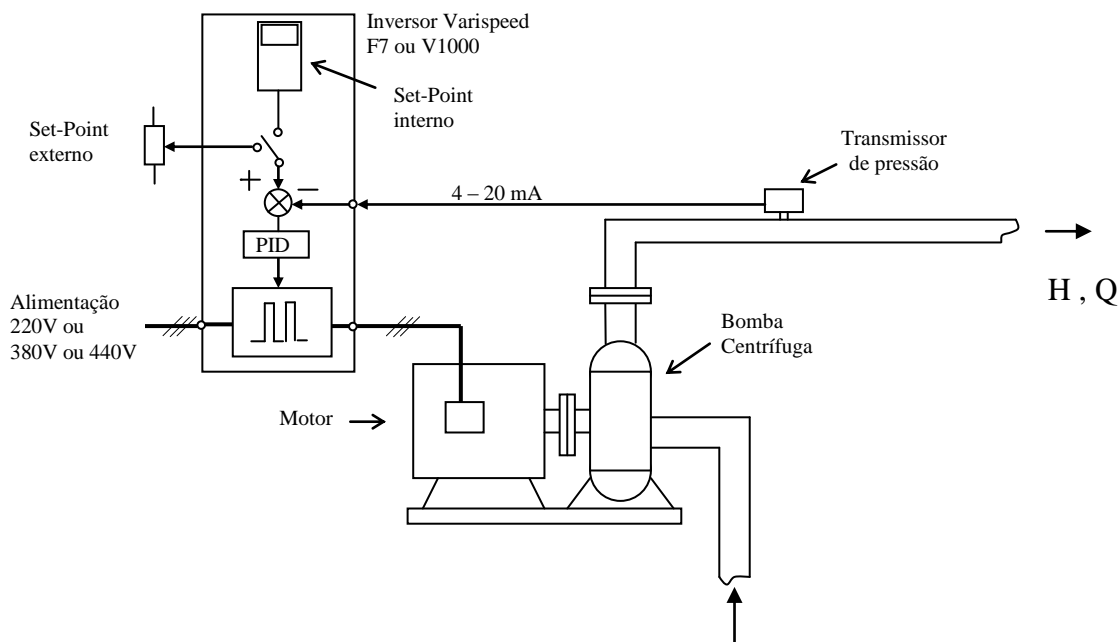


Figura 1

#### 4.0 Princípio de funcionamento

Ao variarmos a rotação de uma bomba centrífuga a pressão ( H ) e a vazão ( Q ) irão variar de acordo com a variação de velocidade e de acordo com a perda de carga ou resistência da tubulação da linha de saída.

A perda de carga ou resistência será denominada de “Sistema” . Na figura 2 ilustramos duas condições de perda de carga através das curvas de sistema S1 e S2.

As demais curvas com indicação de porcentagem ilustram a variação de H e Q na bomba para diferentes velocidades de operação.

Podemos considerar dois tipos de operação. Um considerando o sistema fixo onde não ocorra estrangulamento na linha como, por exemplo, o fechamento de válvulas e/ou torneiras. Outra análise será mais realista considerando o sistema variável onde exista abertura e fechamento de válvulas ou estrangulamento da tubulação.

Para análise com um sistema fixo, consideremos apenas a curva S1.

Ao variarmos a rotação os valores de H e Q serão determinados pela intersecção das curvas de velocidade com a curva do sistema. Para velocidade em 100% teremos H e Q igual a 100% ou 1,0. Para a velocidade de 80% teremos os pares de pressão e vazão  $h_1$  e  $q_1$ .

Em um sistema variável, como um sistema de abastecimento de água, a tubulação é constantemente submetida a estrangulamentos e alterações de vazão, ocasionados pela abertura e fechamento sazonais de torneiras e válvulas.

Em um sistema variável existem infinitas curvas entre S1 e S2 variando de acordo com a necessidade de vazão dos consumidores.

Tomemos como exemplo a curva S2, a qual representa um estrangulamento na linha. Com a bomba operando em velocidade fixa de 100% ao alterarmos a curva do sistema de S1 para S2, teremos a alteração do ponto de trabalho da bomba do ponto “A” para o ponto “B” . A vazão cairá de 1,0 para 0,5 e a pressão se elevará para 1,2.

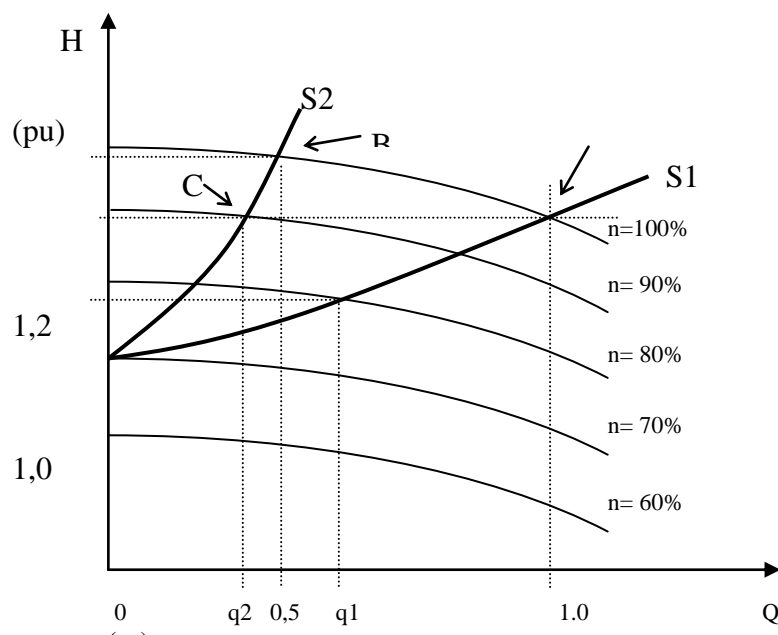


Figura 2

O novo valor de pressão de 1,2 é excessivo podendo ocasionar vazamentos na linha ou nos consumidores.

Vamos supor que desejemos controlar a pressão em 1,0 a fim de evitarmos vazamentos, neste caso o inversor VS616-P5 deve ser ajustado para o set-point em 1,0. Como a realimentação proveniente do transmissor de pressão excede ao set point em +0,2 o sistema PID do inversor iniciará a redução de velocidade da bomba até que a pressão volte ao valor 1,0 onde o erro entre o set-point e realimentação de pressão será Zero.

O equilíbrio ou erro Zero é alcançado com a velocidade de 90%, ponto "C". A bomba passará então a operar em um novo ponto mantendo a pressão da linha constante, mesmo com variações de vazão no sistema.

Esse sistema de controle de pressão através dos inversores F7 ou V1000 é denominado de "Booster" ou "Controle de pressão constante", apresentando diversas vantagens em relação aos sistemas convencionais de controle de pressão.

## 5.0 Sistemas convencionais

No próximo item serão abordadas as vantagens da utilização de sistemas Booster com inversores F7 ou V1000.

Para melhor comparação listamos a seguir os sistemas de controle de pressão convencionais:

- Controle por válvula de estrangulamento:  
Neste caso o motor trabalha em rotação constante. O monitoramento da pressão é realizado por um operador o qual controla manualmente o fechamento e abertura da

válvula de saída da bomba com a finalidade de manter a pressão da linha dentro dos níveis aceitáveis pela tubulação.

- Controlador hidrocínético:  
Trata-se de um equipamento especial , composto por um motor e uma bomba acoplada ao motor através de uma embreagem hidráulica. O controlador possui um sensor de pressão hidro-mecânico o qual aciona a válvula de controle de pressão do óleo da embreagem. Quando a pressão aumenta acima do set point o sensor mecânico reduz a pressão do óleo da embreagem fazendo o motor escorregar em relação a bomba , reduzindo a velocidade e a pressão da linha.
- Controle por válvula de By-Pass:  
O motor trabalha em rotação constante. Uma valvula instalada na saida da bomba desvia parte do liquido para um circuito de retorno ao tanque, mantendo a pressão dentro de determinados limites.  
Além de bombas esse sistema também é utilizado em compressores e bombas de pistão.

## 6.0 Vantagens do sistema Booster com inversores Yaskawa

Vantagens	Descrição
Controle preciso de pressão	Os sistemas Booster permitem controle preciso da pressão da linha em qualquer condição de variação de carga, evitando os prejuízos ocasionados por vazamentos ou estouro de tubulações.
Economia de Energia	Ao variar a rotação da bomba, a potência absorvida pelo motor cai aproximadamente ao cubo proporcionando considerável redução no consumo de energia elétrica.
Eliminação de caixas de água ou reservatórios	A pressurização da linha elimina a necessidade de reservatórios elevados. Em sistemas de médio a grande porte, o sistema Booster pode significar economia de milhares de Dólares em compra de terrenos, fundações e construção civil.
Menor custo da tubulação	Em projetos novos onde serão utilizados Boosters, a tubulação pode ser reduzida , visto que pressões elevadas não serão mais atingidas.
Eliminação de válvulas de controle	As caras válvulas de estrangulamento, pilotadas ou não, não são mais necessárias, ocasionando considerável economia no projeto.
Controle automático sem Operador	O sistema Booster controla automaticamente a pressão sem necessidade da presença constante de um operador. As falhas ou anomalias do sistema podem ser concentradas em um quadro de alarme, permitindo que o mesmo Operador supervise diversas instalações.

## 7.0 Funções especiais para aplicação em sistemas Boosters

Os inversores VS616-P5 ou G5 possuem as seguintes características adicionais para a aplicação em Boosters:

- *Detecção de perda de realimentação ( feedback):*  
Em caso de perda da realimentação por falha no sensor ou quebra de cabos, o inversor assumirá 80% da última referência, evitando que o sistema fique desabastecido. Em seguida o inversor irá acionar uma saída digital possibilitando alertar o Operador para essa ocorrência.
- *PID direto ou inverso:*  
Permite trabalhar com sensores inversamente proporcionais. Através de parametrização do inversor a entrada de feedback é invertida em relação a programação standard.
- *Operação com queda momentânea de energia:*  
O sistema continua em funcionamento com quedas momentâneas de energia entre 1 ou 2 Seg evitando a paralisação do equipamento e evitando o desabastecimento.
- *Maximização de Economia de energia:*  
Através da correta parametrização é possível adaptar-se a curva V/F do inversor de forma a seguir o mais próximo possível a curva da bomba, economizando energia adicional.
- *Ajuste de ganho e Bias dos sinais de feedback e da referência:*  
A série VS616P5 e G5 permitem ajustar os valores dos sinais de referência e feedback aos valores necessários ao ajuste do sistema, através de ganhos e bias parametrizáveis.
- *Velocidade mínima e máxima ajustáveis:*  
Permite limitar a faixa de variação de velocidade do motor dentro dos limites de velocidade mínima e máxima das bombas, impedindo danos ao equipamento e/ou ao sistema.