

ECONOMIA DE ENERGIA EM MÁQUINAS DE FLUXO

Ventiladores - Exaustores - Bombas Centrífugas

Geral

Máquinas de Fluxo são equipamentos destinados a movimentação de fluidos como líquidos e gases. As principais máquinas de fluxo são ventiladores ou exaustores e bombas centrífugas. A redução no consumo de energia elétrica nas aplicações de bombeamento ou de pressurização em caso de ventiladores é realizada através da redução na velocidade do motor, ao invés de se utilizar válvulas ou dampers para restrição de vazão e/ou pressão.

Princípio de funcionamento

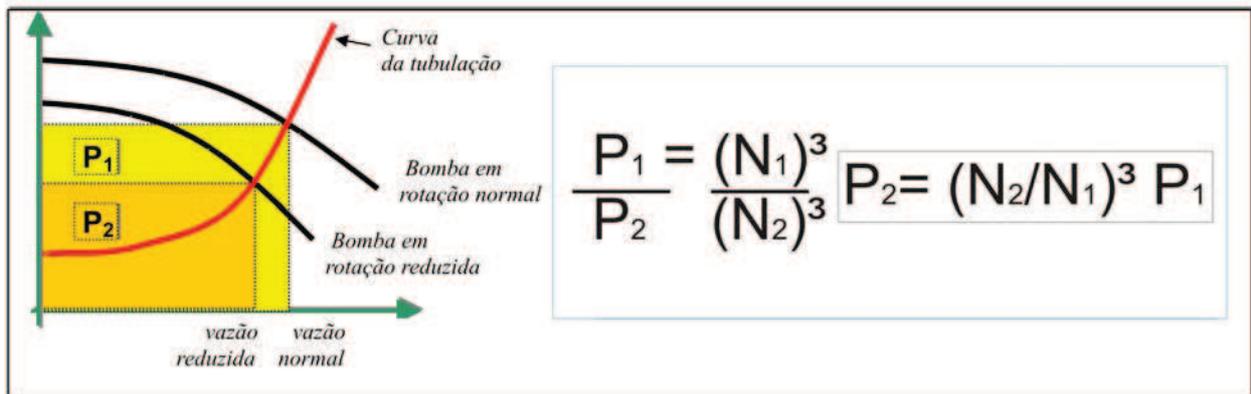
As bombas centrífugas usadas no bombeamento de água e ou ventiladores, são equipamento de torque variável, ou seja, o torque necessário para a movimentação do eixo da bomba cai ao quadrado da redução da velocidade.

No caso da potência absorvida da rede a redução é muito maior. A potência cai ao “ cubo “ da redução de velocidade.

Em aplicações onde é necessário variar a vazão de uma bomba é normal a utilização de válvulas a qual reduz a vazão restringindo a área de passagem do fluido. Nesse caso bomba continua trabalhando em rotação nominal e consumindo potência nominal, sendo que a válvula se encarregará de dissipar a energia excedente. No caso de um ventilador ou exaustor é normal a utilização de um damper para restrição de vazão mantendo-se motor trabalhando em rotação nominal.

Em ambos os casos a vazão é reduzida com a perda de energia nas válvulas ou no damper.

Com a utilização de um inversor de frequência podemos reduzir a velocidade do motor para redução da vazão com sem a utilização de válvulas e dampers, economizando-se a energia que era perdida nos mesmos.



Na figura acima, o retângulo amarelo representa a potência elétrica consumida pelo motor da bomba ou ventilador, quando operado em rotação nominal, o retângulo laranja representa a potência consumida em rotação reduzida. Podemos notar que com uma pequena redução na rotação temos uma grande redução na potência elétrica consumida pela máquina de fluxo. Esse efeito deve-se ao fato de a potência absorvida pela bomba ou ventilador variar ao cubo da rotação, conforme ilustra a equação acima.

Exemplo prático

Para entendermos o efeito de economia de energia, tomemos como exemplo uma bomba de 7,5CV operando na rotação de 3500Rpm, com vazão de 1000litros/hora e um reservatório com capacidade de 20.000litros . Consideremos a necessidade de redução de vazão em 10% o que corresponde a redução de rotação de também 10%. Nesse caso teremos:



Rotação nominal	(N ₁) = 3500Rpm
Rotação reduzida	(N ₂) = 3150Rpm (redução de 10%)
Potência nominal (P ₁)	= 7,5CV ou 5,5KW



Reduzindo-se a rotação para 10% da nominal teremos o novo valor de potência de:

$$P_2 = (N_2/N_1)^3 \times P_1 = (3150/3500)^3 \times P_1 = 0,729 \times P_1 = 0,729 \times 5,5 = 4,0KW$$



Vamos agora comparar a energia consumida para encher totalmente o reservatório antes e depois da redução de rotação:

Potência consumida na rotação nominal
 Tempo de enchimento = 10.000 litros / 1000litros/hora = 10horas
 Potência consumida = 10horas x 5,5KW = 55KWh



Potência consumida na rotação reduzida: (10% de redução de vazão)
 Tempo de enchimento = 10.000 litros / 900litros/hora = 11horas



Calculo da porcentagem de energia economizada:
 44KWh / 55KWh = 0,80



Economia de energia de:

20%



Perguntas e respostas

- *Onde o Inversor Yaskawa pode ser utilizado?*

Podemos utiliza-lo em qualquer tipo de bomba centrífuga e/ou ventilador ou exaustor, que utilize motores de indução do tipo gaiola.

- *Existe problema de ventilação no motor ao se reduzir a rotação?*

Não. Ao reduzirmos a rotação do motor para redução da vazão, o torque solicitado ao motor cai ao quadrado da faixa de redução. O mesmo ocorre com a corrente elétrica absorvida pelo motor. Como a corrente elétrica também é reduzida o aquecimento do motor também é reduzido, permitindo a redução na ventilação.

- *Quais as vantagens na utilização do Inversor de Frequência?*

- Economia de energia elétrica ao reduzir a rotação.
- Economia de energia elétrica durante as partidas do motor.
- Economia adicional de energia com o software "Energy Saver", que corrige a tensão do motor.
- Partidas suaves reduzindo o desgaste na bomba.
- Partidas com baixa corrente elétrica reduzindo o efeito de queda de tensão na instalação.
- Paradas suaves sem "golpe de ariete", reduzindo desgastes da bomba e tubulação.
- Elevação do fator de potência da instalação.

- *Existe alguma vantagem adicional?*

Sim, além da redução do consumo de energia os inversores de frequência Yaskawa fornecem toda a proteção necessária ao motor evitando que o mesmo seja danificado por sobre-tensão, sub-tensão e falta de fase, aumentando a vida útil do mesmo e reduzindo as paradas de manutenção.

- *O que fazer em caso de falha do equipamento?*

Em aplicações críticas é possível a instalação externa de um chave de transferência tipo 'By pass' a qual comuta o equipamento para um sistema de partida convencional, restabelecendo o funcionamento em velocidade fixa do motor, acionado diretamente pela rede de alimentação.



INVERSOR DE FREQUÊNCIA REDUZ EM 50% O CONSUMO DE ENERGIA EM PONTE ROLANTE

Uma economia de aproximadamente 50% no consumo de energia de uma Ponte Rolante, é apontada como um dos principais resultados obtidos com a substituição dos motores de anéis e resistores de partida por inversores de frequência Yaskawa, que permitem ao motor partir com tensões reduzidas, diminuindo o consumo de energia elétrica e aumentando a vida útil dos equipamentos envolvidos no processo.

Outro fator importante é a eliminação de contadores, o que gera menor desgaste e menos manutenção. Os contadores de controle dos motores de anéis possuem altos índices de desgaste em virtude do elevado número de manobras por hora. Com a utilização do inversor de frequência é possível a realização de partidas/reversões eletrônicas, sem utilização de contadores.

Além desses benefícios, o novo sistema conseguiu espaçar a periodicidade de manutenção e diminuir o número de sobressalentes utilizados no processo, gerando uma significativa economia de custo. Na prática, a implantação do novo inversor facilita o diagnóstico de manutenção. É possível gerar gráficos, histórico de manutenção e relatórios com mais facilidade e apesar de não conseguir mensurar valores, percebemos claramente que a preservação mecânica dos equipamentos é uma realidade. Com a partida mais suave e frenagem sem solavancos os ganhos são visíveis.

MEDIÇÃO

A medição foi realizada antes e depois da reforma da ponte rolante, especificamente no barramento trifásico de alimentação da mesma. A primeira medição foi feita antes da reforma da ponte por um período de cinco dias e os motores de elevação, direção e translação eram do tipo anéis com controle por resistências rotórica e contadores, sendo que o total de KWh gasto durante esse período foi de 2.224,78 KWh e o fator de potência médio da instalação no período de cinco dias foi de 0,64.

A segunda medição, realizada após a reforma da ponte indicou, segundo a Yaskawa, um total de gasto de 1049,07 KWh no mesmo período de cinco dias e o fator de potência médio de instalação no período de cinco dias foi de 1,00. Nesta medição, os motores da elevação, direção e translação tiveram os anéis curto circuitados transformando os mesmos em motores de rotor gaiola. O acionamento de todos os motores passou a ser realizado com inversores de frequência do tipo Varispeed G5 de fabricação Yaskawa, com frenagem dinâmica por módulos de frenagem externos. Além da economia de energia, a utilização de motores de gaiola permite uma economia na compra e menor custo de manutenção em relação aos motores de anéis, porque não utilizam escovas e porta escovas, uma vez que elas tem desgaste e devem ser trocadas periodicamente. Além disso, o inversor freia o motor até a velocidade próxima de zero de forma eletrônica. O freio é somente utilizado para estacionamento, reduzindo drasticamente o consumo de escovas e/ou pastilhas.

INVERSORES DE FREQUÊNCIA APLICADOS NO CONTROLE DE PRESSÃO 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:

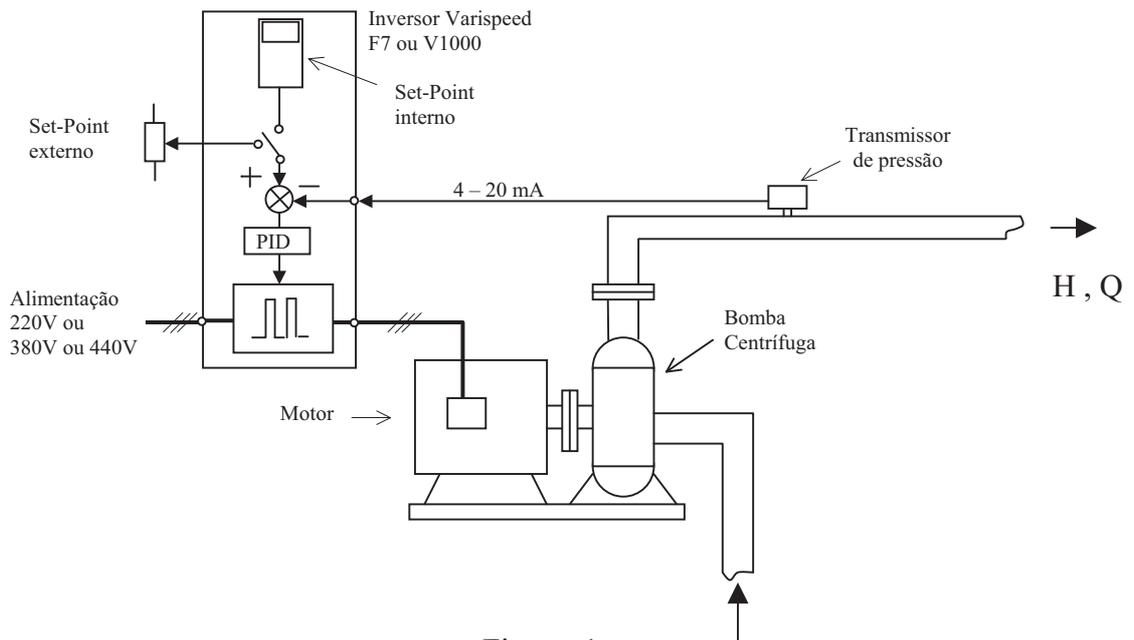
- Sistemas de abastecimento de água em cidades, indústrias, loteamentos, condomínios e similares.
- Pressurização de água de refrigeração para indústrias siderúrgicas, químicas, petroquímicas e outras.
- Pressurização de bombas de água gelada em sistemas de ar condicionado central.
- Controle da pressão 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.



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.

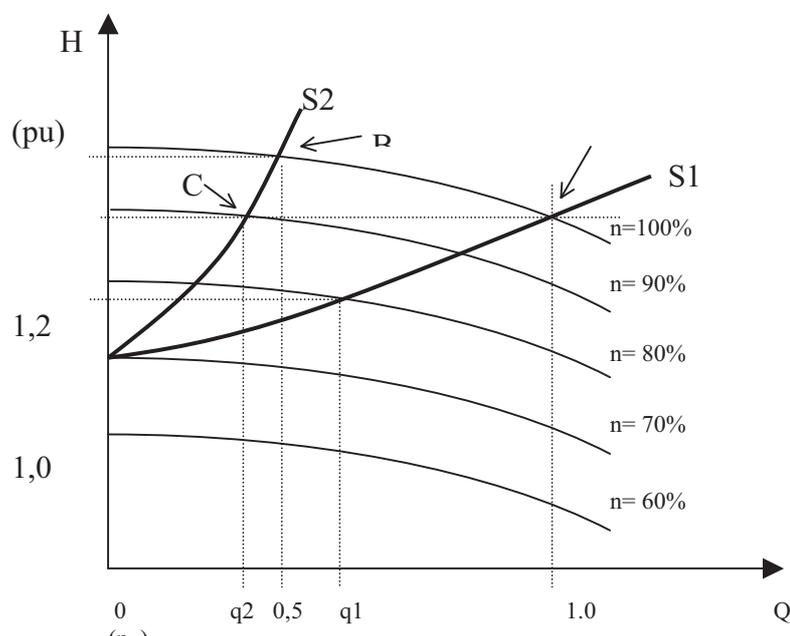


Figura 2

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 proximo item serão abordadas as vantagens da utilização de sistemas Booster com inversoes 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 supervisione 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.