

7 Conclusões e Sugestões

No presente trabalho foi realizado um estudo experimental e numérico sobre o comportamento dinâmico de válvulas de alívio de mola para alívio de transientes de pressão em dutos. Para isso, foi especialmente construída uma bancada experimental formada por uma bomba centrífuga que alimentava uma tubulação onde foi instalada uma válvula de alívio comercial do tipo mola. Uma válvula de bloqueio montada na tubulação produzia o transiente hidráulico necessário para o acionamento da válvula de alívio. A seção de testes e a válvula foram instrumentadas com sensores de pressão, vazão e deslocamento do disco da válvula de modo a permitir caracterizar experimentalmente a resposta da válvula a um transiente hidráulico imposto pelo bloqueio do duto de teste.

Em paralelo aos testes experimentais foram testados três modelos de simulação do comportamento dinâmico de válvulas de alívio. Estes modelos foram acoplados a um programa comercial de simulação de transientes hidráulicos em dutos, largamente utilizado na indústria. O primeiro modelo de simulação testado é amplamente utilizado na indústria brasileira, não utiliza informações sobre a variação do coeficiente de descarga da válvula com sua abertura, mas apenas dados de projeto normalmente fornecidos pelos fabricantes das válvulas. Os outros dois modelos testados utilizaram dados da variação do coeficiente de descarga da válvula em função da fração de abertura. Um destes modelos, o proposto no presente trabalho, utilizou informações experimentais sobre o comportamento da válvula, levantadas na própria seção de testes construída para os ensaios.

A comparação dos resultados experimentais com as simulações computacionais indicou que o modelo utilizado na indústria que não incorpora informações detalhadas sobre a variação do coeficiente de descarga da válvula, não apresenta desempenho satisfatório, não sendo capaz de prever nem mesmo o comportamento qualitativo de variáveis como a variação temporal da vazão aliviada ou da fração de abertura da válvula. Mais relevante ainda, o modelo não prevê com exatidão os níveis de pressão no duto. O desempenho dos modelos

que incorporam informações detalhadas da variação do coeficiente de descarga apresentaram desempenho satisfatório, notadamente o modelo proposto no presente trabalho.

Os resultados obtidos indicam que as informações sobre a variação do coeficiente de descarga de válvulas de alívio são fundamentais para a previsão do seu desempenho, e que deveriam ser incluídas nas normas de projeto como informação a ser fornecida pelo fabricante.

Os experimentos conduzidos foram realizados sob transientes hidráulicos comumente classificados como lentos. Nestas condições, espera-se que válvulas de alívio funcionem a contento protegendo os dutos. Apesar disso, verificaram-se valores de picos de pressão acima dos aceitáveis, com sobrepressões superiores a 50% do valor de ajuste. Os ensaios mostraram que o tempo de fechamento da válvula de bloqueio não é o fator determinante do comportamento da válvula de alívio, mas sim a taxa de crescimento da pressão a montante da válvula quando a pressão de ajuste da válvula é atingida. A taxa de crescimento da pressão depende de vários parâmetros do escoamento, da instalação e da válvula de bloqueio, devendo ser investigada mesmo para os casos onde a classificação usual da indústria aponta para um transiente do tipo lento.

A medição de dados instantâneos de vazão, pressão e abertura da válvula permitiu a determinação do valor instantâneo do coeficiente de descarga da válvula. Estes valores foram comparados com os valores de coeficiente de descarga medidos para a válvula sob condição de regime permanente. Os resultados mostraram que existe boa concordância entre os valores instantâneos e em regime permanente do coeficiente de descarga, o que corrobora a medição em regime permanente de mais fácil implementação.

Ao longo do estudo foram determinadas as características operacionais da válvula de alívio comercial utilizada. Verificou-se que mesmo para uma válvula adquirida como sendo uma válvula certificada, seu desempenho não se comportou de acordo com suas especificações. Em particular, a pressão de abertura declarada no certificado de 2,07 kgf/cm² foi medida como sendo igual a 2,34 kgf/cm². As sobrepressões verificadas foram da ordem de 50%, valor superior aos 10% esperados para válvulas certificadas. Estas constatações nos levam a enfatizar a necessidade de uma regulamentação sobre testes de

válvulas de alívio e à necessidade de laboratórios de porte industrial que possam conduzir estes testes.

O presente trabalho apresentou uma contribuição inicial e limitada para o estudo do comportamento dinâmico de válvulas de alívio. Diversas são as sugestões para trabalhos futuros e para a melhoria dos testes conduzidos.

A medição de vazão aliviada deve ser melhor estudada para fornecer valores mais confiáveis e com menores tempos de resposta. Medida de vazão em transientes rápidos é um tópico complexo que, por si só, merece um estudo aprofundado. O melhor controle do fechamento da válvula de bloqueio com a instalação de sensores de posição pode melhorar a qualidade dos testes. Obviamente, testes em válvulas com diferentes características podem fornecer melhores condições de generalização dos resultados obtidos. No caso de laboratórios industriais, seria interessante utilizar tubos longos com centenas de diâmetros de comprimento, o que minimizaria os efeitos de reflexões de ondas de pressão na linha de testes.

Finalmente, sugere-se que uma bancada de testes com escala industrial seja construída no País para certificar de modo rigoroso o comportamento dinâmico de válvulas de alívio para uso em dutos, e que estas informações passem a fazer parte dos certificados emitidos pelos fabricantes destes componentes.