



CAIDAS DE PRESION REALISTA EN LAS VALVULAS DE CONTROL

Por J.R. Connell, Instituto de Tecnología de Alberta del Norte

Chemical Engineering/ September 28, 1987

Traducción: Word Service

Revisión y Edición: INECO, Servicios Educativos, Abril 2001

En el presente documento se presenta un método para determinar la caída óptima de presión de la válvula de control – una caída de presión suficiente para garantizar un control automático sin malgastar energía.

Incluso en los departamentos de ingeniería más amigables, uno de los temas más polémicos es el relacionado con la cantidad de caída de presión que debería ser asignado a las válvulas de control. Generalmente ocurre una confrontación entre los diseñadores de procesos quienes se dan cuenta que la caída de presión consume energía y que, por lo tanto, debe ser minimizada y los ingenieros de instrumentación quienes saben que es la caída de presión la que proporciona la fuerza impulsora que mueve el fluido a través de la válvula de control y que mientras mayor es la caída de presión, mayor será la capacidad que tendrá el controlador de influir en el proceso y cambiar el valor de la variable controlada.

En extremo, si la caída de presión en la válvula de control fuera igual a cero, el controlador tendría cero capacidad para cambiar el valor de la variable controlada y, por lo tanto, no tendría efecto. Es muy curioso que, a pesar de la importancia obvia de este aspecto del control del proceso automático, se haya publicado tan poca literatura en la forma de pautas específicas para determinar la cantidad apropiada de la caída de presión de la válvula de control. Entendemos por “apropiada” aquella cantidad que garantizará el funcionamiento exitoso del sistema de control, y además evitará el derroche de energía.

LO QUE DICE LA LITERATURA

El manual de válvulas de control de uno de los fabricantes líderes de válvulas ni siquiera trata la manera de establecer la caída de presión de la válvula de control. El manual de otro fabricante sugiere que la válvula de control a menudo debe tener un tercio de la caída de fricción total en el sistema. Sin embargo, el manual también señala que “bajo ciertas circunstancias” un 25% podría ser satisfactorio o posiblemente incluso un 10% podría ser una cantidad apropiada.

Una frase que aparece en el vol. 2 del “Manual de Ingenieros de Instrumentación,” ed. revisada, página 412, afirma que la cantidad de caída de presión de la válvula de control que debiera ser asignada específicamente para el control no es cero (0%). La consecuencia de esto es que los diseñadores de proceso, como es su costumbre caritativa, pueden estar dependiendo de ello para diseñar “lo mejor” dentro del sistema en forma de caída excesiva de presión. Esto “mejor” terminará en la válvula de control y proporcionará todo lo que es necesario para el control automático.

Discutir sobre los porcentajes escogidos arbitrariamente de la caída de presión del sistema que debieran ser dados a una válvula de control es, a lo más, una pérdida de tiempo ya que no existen fundamentos reales de ingeniería para los números de los porcentajes. Lo que se necesita es un método basado en principios creíbles y sólidos. En este documento presentamos un método para determinar la caída óptima de presión

de la válvula de control, equilibrando la necesidad de proporcionar una caída suficiente de presión para lograr control con la necesidad de conservar la energía.

CALCULANDO LA CAÍDA DE PRESIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTROL

En la Fig. 1 se muestra una situación típica. Usaremos este diagrama no sólo para identificar el problema sino que para establecer algunas verdades básicas y definir algunos términos.

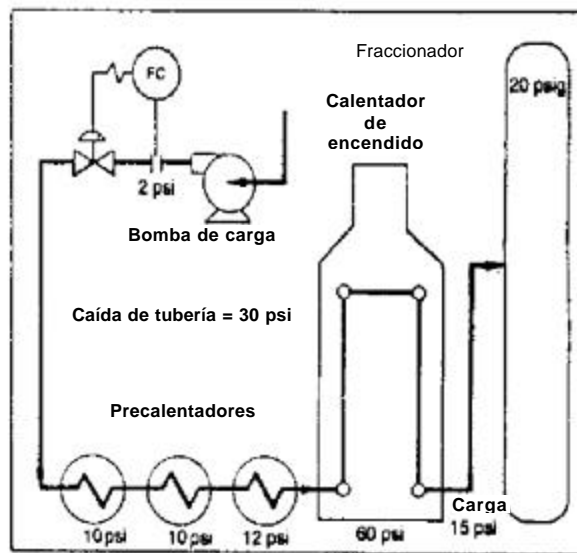


Figura 1 – Ejemplo de circuito de carga - fraccionador:
¿Cuánta presión necesita la válvula de control?

Supongamos que un ingeniero de diseño de procesos está trabajando en la carga de circuito para una corriente de alimentación de hidrocarburo que primero pasa a través de algunos intercambiadores, después por un calentador de llama directa y por último termina en un fraccionador. El fraccionador funciona a 20 psig y son necesarios 15 psig para elevar el líquido desde la rasante hasta la boquilla de alimentación. En lo que se considera será el caudal del diseño en este circuito (llamaremos a esta medida de caudal Q_d), habrá 32 psi de caída de presión en los intercambiadores, 60 psi en el calentador de llama directa y 30 psi en la tubería. Ya que la intención es tener esta corriente en el control de flujo, también habrá una caída de 2 psi en el de orificio de medición.

La caída de presión de la tubería y todas las partes del equipo de procesos en el sistema, incluyendo el orificio, la llamaremos “caída de presión de fricción” y la designaremos con la letra F . En este ejemplo, $F = 124$ psi. Habiendo alcanzado este punto en el desarrollo del diseño, el ingeniero de diseño ahora se acercará al ingeniero de instrumentos para plantearle la pregunta – “¿Cuánta caída de presión se requiere para la válvula de control?” Una vez que se haya establecido esta cifra, el ingeniero de diseño puede completar el equilibrio de presión, determinar cuánta presión es necesaria al comienzo del circuito y esbozar las especificaciones para una bomba adecuada.

Para responder a esta pregunta, el ingeniero de instrumentos recurre a la regla popular que dice que un tercio de la caída del sistema debería ocurrir en la válvula de control. Esto pondría a la caída de presión de la válvula de control en la mitad de F o 62 psi. El ingeniero de diseño toma este número, calcula que la presión de descarga de la bomba debe ser de 221 psi y dice:

“No puede ser de otra forma. Esto exigiría una bomba grande, con un motor más grande, que consumiría demasiada energía. ¿Por qué tiene que ser tan alta la caída de presión en la válvula?”

Esto a menudo pone al ingeniero de instrumentos a la defensiva. La respuesta puede ser, “¿Cuánta caída de presión se puede permitir?” La respuesta del diseñador de procesos es: “¿Y 10 psi?” El ingeniero de instrumentos sabe por intuición que el sistema de control no puede funcionar sobre cualquier rango significativo si la válvula de control tiene solamente 10 psi, pero él o ella no tiene un argumento sólido para aprobar el punto. Finalmente, los dos se conforman con 25 psi y el ingeniero de instrumentos se toma un café y espera lo mejor. Seguramente, tiene que existir una mejor manera de tomar decisiones en este tema.

La caída de presión de fricción, F , ha sido definida como la caída de presión al caudal de diseño Q_d , por el equipo de proceso y la tubería. Hay que tener en mente que F debe cambiar si Q_d cambia. Note también que este sistema, como la mayoría, comienza y termina en dos puntos de presión relativamente constantes. Llamemos a las presiones de inicio y de término para el sistema P_s y P_e . En la Fig. 1, P_e es la presión del fraccionador más la carga estática, es decir, 35 psig. P_s será la presión de descarga de la bomba que sería 184 psig si a la válvula de control se le asignara una caída de presión de 25 psi. La frase “presión relativamente constante” significa que las presiones P_s y P_e no cambian ningún grado importante cuando el caudal en el sistema cambia. La diferencia entre P_s y P_e proporciona la fuerza impulsora para mover el fluido a través de todo el sistema. La ecuación de equilibrio de presión es:

$$P_s = P_e + F + \Delta P \quad (1)$$

donde ΔP es la caída de presión de la válvula de control. Si volvemos a ordenar la ecuación, tenemos:

$$\Delta P = (P_s - P_e) - F \quad (2)$$

Debemos notar con mucha atención lo que nos está indicando la Ecuación. (2). Una de las preguntas más exasperantes que los diseñadores de procesos pueden plantear a los ingenieros de instrumentos es, “¿Por qué no instala una válvula de control más grande y toma una caída menor de presión?” Esta es una trampa de principio a fin y los ingenieros de instrumentos se las deben a ellos mismos para saber de qué manera evitar ser arrastrados hacia ella. La respuesta es obvia a partir de la Ecuación (2). La caída de presión en la válvula de control sólo puede ser lo que resta de la caída de presión de todo el sistema después de que se haya deducido la caída de presión de fricción.

Supongamos que en el ejemplo de la Fig. 1, el tamaño de la válvula de control resultó ser de 2”, con un ΔP de 25 psi asignado. Entonces, saquemos la válvula de control de 2” y pongamos una de 3”. ¿Cambiaría la caída de presión en la válvula de control?. Ciertamente no. La caída de presión de la válvula de control debe ser el resultado que se obtiene de $(P_s - P_e)$ después de que se haya deducido F – por lo tanto, todavía son 25 psi. La válvula de control de 3”. se cerrará mucho más que la de 2”, pero la caída de presión al caudal de Q_d aún sería 25 psi. Pongamos una válvula de control de 4” y ΔP aún sería 25 psi para el caudal de diseño Q_d , y la válvula de 4” se cerrará mucho más.

El resultado final es que la caída de presión de la válvula de control no tiene nada que ver con el tamaño de la válvula. Es determinada solamente por el equilibrio de presión, Ecuación (2). ¡Punto!

La Fig. 1 revela un concepto aún mucho más importante. Supongamos que para los propósitos de funcionamiento, a veces, es necesario aumentar el caudal a un valor de $Q_d + 10\%$. Ya que la caída de presión varía con que el cuadrado del caudal, si el caudal aumenta a 110% de Q_d , la caída de presión de fricción aumentará a un 121% de F o 150 psi. Este es un aumento de (150-124) o 26 psi. ¿De dónde van a venir estos 26 psi adicionales? Ya que P_s y P_e no cambian significativamente con la medida del caudal, los 26 psi adicionales no están conformados por ningún aumento en la caída de presión en todo sistema. La respuesta inevitable es que tienen que venir de la válvula de control.

LA VÁLVULA DE CONTROL COMO UN “BANCO” DE CAÍDA DE PRESIÓN

Así se desarrolla el importante concepto de la válvula de control como un “banco” de caída de presión. Es un banco sobre el cual los dispositivos que conforman la caída de fricción se mueven para obtener más caída de presión cuando es necesario aumentar el caudal en el sistema. También señala la dirección que debe tomar los cálculos de ingeniería de caída de presión en la válvula de control. Note que la palabra es “Cálculos de la Ingeniería”.

El principio subyacente es que, en la etapa de diseño, la válvula de control debe ser provista de suficiente caída de presión de modo que cuando el caudal aumente hasta el máximo previsto, la válvula de control puede dar la caída de presión adicional exigida por la caída de fricción y aún así tener la caída de presión mínima restante que permitirá que el controlador automático mantenga bajo control la variable controlada.

En el ejemplo de la Fig. 1, vimos que un aumento en del caudal de 110% de Q_d aumentaría la caída de fricción F en 26 psi. Esto tendría que venir de la válvula de control. Si se le asignara a la válvula de control sólo 25 psi, entonces el lazo de control de flujo estaría fuera de control a máximo caudal. La válvula de control se abriría completamente y la medida del caudal estaría determinada por los caprichos del sistema.

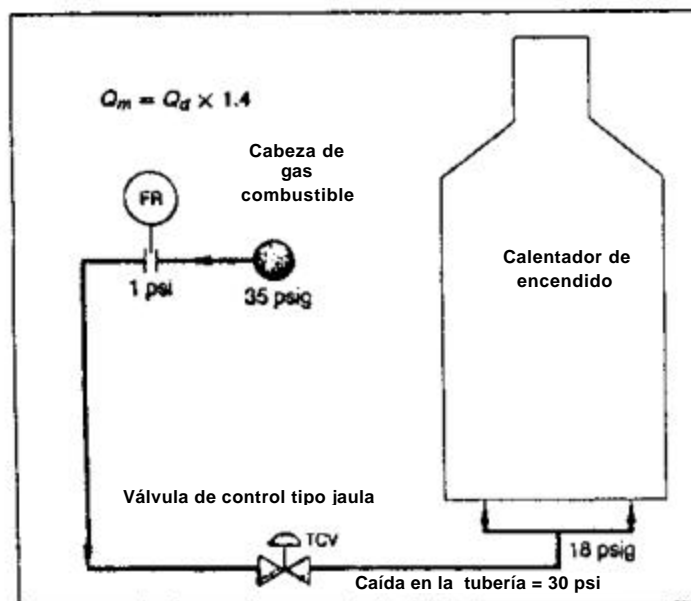


Figura 2 – Ejemplo calentador de llama directa: al modificar los quemadores aumentó en forma suficiente la caída de presión disponible de la válvula de presión

En algunos casos, no habrá necesidad de realizar cálculos para determinar la caída de presión de la válvula de control. Un ejemplo es una estación reductora de presión de vapor. Las presiones de entrada y de salida de la válvula son las presiones

más altas y más bajas de vapor, respectivamente y la caída de presión es su diferencia. Otro ejemplo es un recipiente separador de hidrocarburo/agua desde donde el agua está siendo vaciada con un control de nivel de interface hacia un desagüe abierto a la atmósfera. La presión del separador es la presión de entrada de la válvula y la presión del desagüe (cero) es la presión de salida de la válvula. Desafortunadamente, estos casos simples son la minoría.

Por lo general, la caída de presión finalmente asignada a una válvula de control debe tomar en cuenta lo siguiente:

1. ¿Cuánta caída de presión tendrá que dar la válvula de control a la caída por fricción del sistema si hay un aumento al caudal desde el valor de diseño Q_d hasta el flujo máximo previsto? (Llamemos a esto Q_m).
2. ¿Cuánto margen se debe calcular para una posible disminución en la caída de presión del sistema en total ($P_s - P_e$) si hubiera un aumento en el caudal del sistema?
3. Incluso en la posición de apertura completa, una válvula de control impondrá algo de resistencia al flujo; por lo tanto, creará alguna caída de presión. Esta será una función del tipo de válvula de control utilizada (de tapón, de jaula, de bola, de mariposa, etc.).

Lo que ahora necesitamos son métodos para poner números en cada uno de los tres factores contribuyentes mencionados anteriormente.

Margen para el aumento en la caída de fricción. Para calcular esto, necesitamos conocer la relación de caudal máxima prevista, Q_m , el caudal de diseño, Q_d , o Q_m/Q_d . Note que los valores reales no necesitan ser especificados, solamente la relación. A menudo, el diseñador de procesos estará dispuesto a calcular Q_m/Q_d en base al conocimiento de cómo operará la planta o a los valores límites superiores de factores como niveles de descarga de la bomba. Si el diseñador de proceso está dispuesto a comprometerse con cualquier cálculo de la relación Q_m/Q_d , entonces el ingeniero de instrumentos tendrá que hacer la mejor estimación en base a qué fluctuaciones transitorias en el caudal se puede esperar a medida que el lazo de control se recupere en su típica forma cíclica después de una desviación. Al final de este artículo, se dan algunos valores sugeridos para la relación Q_m/Q_d .

A caudal del diseño, Q_d , la caída de fricción será F psi. A caudal máximo, Q_m , la caída de fricción será:

$$F \times (Q_m / Q_d)^2$$

Nomenclatura	
B	Caída de presión base (caída de presión de la válvula de control con la válvula en posición de apertura completa)
F	Caída de presión de fricción a caudal de diseño
P_e	Presión final para el sistema
P_s	Presión inicial para el sistema
DP	Caída de presión en la válvula de control
Q_d	Caudal de Diseño
Q_m	Caudal máximo previsto

Por consiguiente, el aumento en la caída de presión será:

$$F \times (Q_m / Q_d)^2 - F, \text{ ó } [(Q_m / Q_d)^2 - 1] \times F$$

El valor de *F*, como lo determinan los ingenieros de diseño de procesos, es realmente sólo un buen cálculo. Esta vez, la planta existirá sólo en papel y no será posible obtener un valor exacto en las longitudes de la tubería, los números y tipos de piezas de conexión, velocidad y propiedades físicas del fluido. Por lo tanto, probablemente sea prudente aplicar un pequeño factor de seguridad 10%, al cálculo anterior. Como resultado, el margen para el aumento en la caída por fricción será:

$$1,1 \times [(Q_m / Q_d)^2 - 1] \times F \quad (3)$$

Margen para una posible disminución en la caída de presión de todo el sistema. Una cifra razonable, considerando que se supone que *P_s* y *P_e* serán puntos de presión relativamente constantes en el sistema, sería un 10% de (*P_s* - *P_e*). Sin embargo, si se usa esta cifra, resultará práctico en algunos casos pero no en otros.

Consideremos la situación en la que el fluido está fluyendo a través de una válvula de control desde un recipiente que opera a 300 psig. a un segundo recipiente que opera a 250 psig. La caída de presión del sistema total sería 50 psi. Si el margen de error para la pérdida de la fuerza impulsora del sistema fuera el 10% de este valor (que es 5 psi), será obvio que la presión en cualquiera de los recipientes solamente tendría que cambiar 2% para que el margen de error sea eliminado. Así, este margen de error debe tomar en cuenta no sólo la caída de presión del sistema (*P_s* - *P_e*) sino que también el nivel de presión en el que opera el sistema.

La solución es usar la presión final del sistema, *P_e*, como un indicador del nivel de presión en el sistema total y dividir el 10% del margen en partes iguales (5% y 5%) entre la caída de presión del sistema (*P_s* - *P_e*) y el nivel de presión del sistema (*P_e*). Por lo tanto, el margen (Punto 2) será:

$$0,05 \times (P_s - P_e) + 0,05 \times P_e \quad (4)$$

Esta expresión se simplifica a: $0,05 P_s$

Margen para la válvula de control en sí. Incluso en su posición de apertura completa, la válvula de control pondrá algo de resistencia al flujo y requerirá una caída de presión base. El valor variará con el diseño de la válvula de control utilizada y probablemente con la aplicación. Esta parte del margen de la caída de presión de la válvula de control será identificada con la letra *B*, para la caída de presión base. Al trabajar con velocidades promedio de la línea y asumiendo que en la mayoría de los casos la válvula de control será un tamaño más pequeño que la línea y al promediar los valores calculados de *B* sobre un rango de tamaños de las válvulas, se ha llegado a los siguientes valores de *B* los cuales se recomiendan:

Tipo de válvula de control	B, psi
Tapón único	11
Tapón doble	7
Válvula de jaula (desbalanceada)	4
Válvula de jaula (balanceada)	4
Mariposa	0,2
Válvula de bola	1

Tomemos en cuenta los márgenes de error de la caída de presión que debe ser diseñados en la válvula de control para los tres siguientes ejemplos, la caída de presión de la válvula de control requerida adicional es por lo tanto:

$$\Delta P \text{ requerido} = 0.05 P_s + 1.1 [(Q_m / Q_d)^2 - 1] F + B \quad (5)$$

EJEMPLO DE CALENTADOR DE LLAMA DIRECTA.

Ver algunos ejemplos puede ayudar a clarificar cualquier escepticismo. La Fig. 2 muestra una válvula de control de temperatura en la línea de gas combustible hacia un calentador de llama directa. El sistema claramente comienza en el cabezal de gas combustible, donde la presión es de 35 psig; pero ¿dónde termina el sistema? A primera vista, parece terminar en la entrada hacia los quemadores de gas. Sin embargo, el requerimiento tanto para el punto de inicio como de término del sistema es que sean puntos en los cuales la presión permanezca relativamente constante a pesar de los cambios en el caudal. Esto no se aplicaría a la entrada del quemador porque aquí la presión varía considerablemente con los cambios en el volumen de gas quemado. El término real de este sistema está en el interior donde la presión es 0 psig.

La caída de presión a F en Q_d ocurrirá en la placa de orificio (1 psi), en la tubería (2 psi) y en el quemador (18 psi). Así, $F = 21$ psi. La caída de presión disponible es calculada a partir de la Ecuación (2):

$$\Delta P \text{ disponible} = (P_s - P_e) - FP = 35 - 0 - 21 = 14 \text{ psi.}$$

La caída de presión requerida para ajustarse a la relación Q_m/Q_d de 1,4 que ha sido especificada se calcula a partir de la Ecuación (5). El valor de B para una válvula de control de jaula es de 4 psi. Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \Delta P \text{ requerido} &= 0,05 \times 35 + 1,1 \times (1,4^2 - 1) \times 21 + 4 \\ &= 28 \text{ psi.} \end{aligned}$$

Estos dos cálculos muestran que se necesitan 28 psi para la válvula de control, pero hay sólo 14 psi disponibles. Además, el valor requerido, 28 psi, no se determinó a partir de algún porcentaje de una bola de cristal de la caída del sistema total. Se basó en los cambios en la caída de presión que las leyes de la naturaleza exigen.

Así, el ingeniero de instrumentos por último tiene una respuesta a la pregunta, “¿Qué ocurre si no le podemos dar 28 psi?” La respuesta es, “A menos que la válvula de control tenga una caída de presión de 28 psi al caudal de diseño Q_d , no será posible aumentar el flujo en ningún punto cercano a $1,4 \times Q_d (= Q_m)$ antes de que la válvula de sea completamente despojada de su presión de caída y el lazo de control de temperatura esté fuera de control.”

Este ejemplo proviene de un caso real en una refinería de petróleo. La ingeniería de la caída de presión requerida de la válvula de control, usando la Ecuación (5) no sólo pone la comparación de la caída de presión requerida versus la disponible en una base sólida sino que también proporciona un beneficio secundario valioso. Si el requerimiento para la caída de presión resulta ser mucho mayor de lo que realmente está disponible, como en este caso, una examinación de los números que se utilizaron en la Ecuación (5) mostrará a veces qué ítem está creando la necesidad de mucho más ΔP . En este caso en particular, el factor importante es la caída de presión de 18 psi en los quemadores de gas.

Valvula de Control tipo Jaula

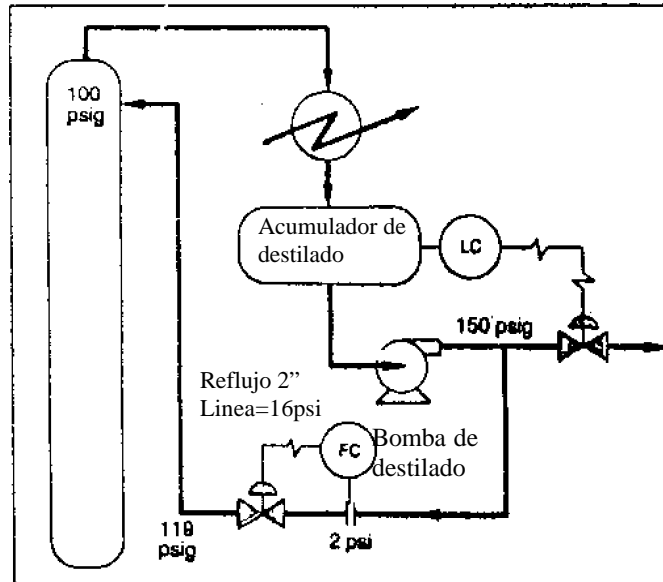


Figura 3 – Rediseño de una columna de fraccionamiento: aumentar el tamaño de la línea de reflujo solucionó este problema.

Cuando esto se hizo evidente en la etapa de diseño, se le preguntó al ingeniero en combustión si la presión de encendido podría ser disminuida sin afectar desfavorablemente el rendimiento del quemador. Su opinión fue que las copas podrían ser ensanchadas algunas milésimas, que aún podría producir una eficiencia aceptable del quemador, pero disminuiría la presión de encendido a 10 psi. En este nuevo valor, F llega a ser 13 psi. Luego:

$$\begin{aligned} \Delta P \text{ disponible} &= 35 - 0 - 13 = 22 \text{ psi} \\ \Delta P \text{ requerido} &= 0,05 \times 35 + 1,1 \times (1,4^2 - 1) \times 13 + 4 \\ &= 19,5 \text{ psi} \end{aligned}$$

Al hacer esta modificación a los quemadores, la caída de presión disponible de la válvula de control fue aumentada hasta el punto donde la válvula de control de temperatura aún tenía suficiente caída de presión para mantener el lazo de temperatura bajo control incluso el caudal de gas aumentara a 140% del nivel de diseño.

EJEMPLO DE COLUMNA DE FRACCIONAMIENTO

El ejemplo N° 2 (Fig. 3) tiene que ver con el rediseño de una columna de fraccionamiento. Los diseñadores de procesos no estaban de acuerdo en adquirir una bomba nueva de destilación, aunque sabían que se necesitaban niveles más altos de reflujo. La pregunta al ingeniero de instrumentos fue la siguiente, “¿tendrá la válvula de control suficiente caída de presión?”

El sistema en el que se localizó la válvula de control de reflujo comenzaba en la descarga de la bomba, donde $P_s = 150$ psig. El término del sistema estaba localizado en la columna de fraccionamiento que estaba previsto que operara a 100 psig, pero se necesitaban 19 psi de carga estática para elevar el reflujo desde la rasante hasta la boquilla de reflujo. Por lo tanto, P_e era igual a 119 psig. La caída por fricción F era igual a 18 psi; 2 psi fueron aportados por la placa de orificio y el resto por la tubería.

La caída de presión disponible para la válvula de control a partir de la ecuación de equilibrio de presión [Ecuación (2)] fue:

$$\Delta P = (150 - 119) - 18 = 13 \text{ psi}$$

Los diseñadores ponen el valor más probable de Q_m/Q_d en 1,25.

El cálculo de la caída de presión requerida dio:

$$\begin{aligned} \Delta P \text{ requerido} &= 0,05 \times 150 + 1,1 \times (1,25^2 - 1) \times 18 + 4 \\ &= 22,6 \text{ psi} \end{aligned}$$

Obviamente no había suficiente caída de presión para realizar el trabajo. Sin embargo, al examinar los números usados para calcular el ΔP requerido, quedó claro que el contribuyente más importante fue la caída de la tubería, 16 psi. Este parecía un número inusualmente grande y a los diseñadores de procesos se les preguntó sobre eso. Resultó que habían tenido dudas por el tamaño de la línea de reflujo, que medía Solamente 2” La pregunta del ingeniero de instrumentos simplemente confirmó sus sospechas.

Se tomó la decisión de aumentar el tamaño de la línea de reflujo a 3” Esto disminuyó la caída de presión de la cañería a 4 psi y la caída de fricción, F , a 6 psi. La segunda ronda de cálculos produjeron una caída de presión disponible de 25 psi y una caída de presión requerida de 15,2 psi. Una vez más, calcular la caída de presión requerida de la válvula de control usando este método no sólo demostró que la situación como estaba no era factible sino que también sugirió cómo corregir el problema.

VOLVER AL PROBLEMA ORIGINAL

Para el ejemplo final, volveremos a la situación en la Fig. 1. Esta era para una planta nueva y la discusión relacionada con la cantidad correcta de caída de presión que será proporcionada a la válvula de control habría sido más apropiada para un mercado primitivo que para una oficina de ingeniería.

Determinar la caída correcta de presión en este caso es más complejo, pero sólo levemente. La dificultad es que para usar la ecuación de caída de presión requerida, se debe conocer P_s . Desafortunadamente, P_s no se puede determinar a partir del equilibrio de la presión hasta que se conozca la caída de presión de la válvula de control.

En este caso, la presión de término del sistema, P_e , es establecida en 35 psig. La caída de fricción en el sistema es de 124 psi (= F). Además, los diseñadores de procesos están dispuestos a acordar un valor de $Q_m = 120\%$ de Q_d , por lo tanto Q_m/Q_d es 1,2. El tipo más apropiado de válvula de control sería una válvula de jaula, para la cual $B = 4$ psi.

A partir de la ecuación de equilibrio de presión [Ecuación (2)]:

$$\Delta P \text{ disponible} = P_s - 35 - 124 = P_s - 159$$

A partir de la ecuación de caída de presión requerida [Ecuación (5)]:

$$\begin{aligned} \Delta P \text{ requerido} &= 0,05 \times P_s + 1,1 \times (1,2^2 - 1) \times 124 + 4 \\ &= 0,05 P_s + 64 \end{aligned}$$

Igualar estas dos expresiones para la válvula de control ΔP da como resultado una presión de inicio del sistema, P_s , de 235 psig y una caída de presión de la válvula de control de 76 psi.

Note que este número es incluso mayor que la caída de presión al cual podría haberse llegado asignando un tercio de la caída de presión del sistema la válvula de control. Sin embargo, 76 psi es la caída de presión que debe ocurrir en la válvula de control al caudal de diseño para este sistema, si fuera posible aumentar el caudal por la cantidad especificada, 20%.

Recuerde que una caída de presión de 25 psi fue la mejor oferta del ingeniero de diseño y fue aceptada por el ingeniero de instrumentos frente a una mejor opinión. Si 25 psi fueran realmente elegidos, entonces P_s se transforma en 184 psig. Usando estos dos números en la ecuación de caída de presión requerida, el valor de Q_m/Q_d puede ser calculado nuevamente. Esto da como resultado 1,04! En otras palabras, con una caída de presión de 25 psi a caudal de diseño, el caudal del sistema podría aumentarse solamente 4% antes de que la válvula de control se abriera completamente por una falta de caída de presión y el lazo de control estaría fuera de control.

ATANDO LOS CABOS SUELTOS

Esto completa esencialmente la descripción del método, pero tendremos que preocuparnos de algunos cabos sueltos.

Primero, los diseñadores de procesos normalmente calcularán el valor de la caída de presión de fricción, F , en la medida del caudal Q_d . Sin embargo, ocasionalmente calcularán F en Q_m . Esto a menudo no ocurre, pero sucede lo suficientemente que siempre se debería verificar con los diseñadores para verificar la medida del caudal en la que se calculó F . Si se calculó en Q_m , debe ser reducido por el factor $(Q_d / Q_m)^2$.

Segundo, si no se puede obtener compromiso del diseñador de procesos respecto de la relación Q_m / Q_d , entonces los valores sugeridos para calcular la caída de presión requerida de la válvula de control son 1,1 para válvulas de control de flujo y 1,25 para válvulas de control de temperatura, presión y nivel. Estos números se basan simplemente en fluctuaciones transitorias previstas de la medida del caudal a medida que el lazo de control se recupera de una alteración.

Tercero, si se usa el método que se describe en este documento para la caída de presión requerida y el tamaño de la válvula de control resulta ser el tamaño de la línea, no es causa de preocupación. Podría ser una indicación de que la tubería está chica, pero el lazo de control podrá hacer el trabajo que de él se espera.

Por último, la Ecuación (5) para calcular la caída de presión requerida de la válvula de control trabajará igualmente bien si los números insertados están todos en psi o en kPa.

Roy V. Hughson, Editor

SOBRE EL AUTOR

J.R. (Bob) Conell es instructor del Programa de Tecnología de Ingeniería de Instrumentación en el Instituto de Tecnología de Alberta del Norte en Edmonton. Su carrera la ha enfocado exclusivamente a la ingeniería de control e instrumentación de procesos, incluyendo tres años en Taylor Instrument Co., 23 años en Imperial Oil Limited y 10 años en Syncrude Canada Limited. A fines de 1982 dejó su puesto de supervisor de ingeniería y desde esa época ha sido instructor a tiempo completo. Tiene un grado en Física de Ingeniería en la Universidad de Toronto, es miembro de Alberta Assn. of Professional Engineers, Geophysicists and Geologists y como Fellow Member of the Instrument Soc. of America.