

Protección de compresores: la válvula anti-surge

Gerardo Ramírez Herrera

GE Oil & Gas – Flow & Process Technologies, www.geoilandgas.com

Introducción

Dado el auge de la industria de gas, principal combustible de plantas de generación eléctrica, así como materia prima para otros negocios como la industria del etileno, los compresores que le dan movimiento para transportarlo a lo largo del país, así como también para suministrarlo a los complejos procesadores y transformadores, son de vital importancia y parte fundamental de la industria en general. Mantener protegidos a estos equipos críticos es una necesidad, tanto por su propio costo, como también por lo cuantioso de las posibles

pérdidas de la producción. La válvula de control automático anti-surge juega un papel preponderante en la protección de los compresores de gas, al prevenir el fenómeno conocido como “surge” del compresor con sus efectos destructivos.

La transmisión de gas natural a través de los gasoductos tendidos a través del país requiere de un proceso de compresión para poder moverlo y que llegue a los puntos de destino; dependiendo de la orografía y distancias a recorrer, podría requerir de estaciones de recompresión. Estos gasoductos se construyen en diferentes tamaños como 8, 12, 24 o 36 pulgadas, y mayores aún, dependiendo del volumen que necesitan los grandes consumidores. Típicamente, los compresores son impulsados por un motor basado en una turbina de gas, y en ocasiones, los gases de escape de estas turbinas se utilizan para calentar un volumen de agua y así generar vapor, el cual se puede recalentar y utilizar para dar movimiento a una turbina de vapor, a la cual se acopla un generador eléctrico, resultando con esto una central de cogeneración eléctrica.

Los compresores de gas pueden elevar la presión hasta niveles mayores a los 200 kilos por centímetro cuadrado (kg/cm^2) y mover volúmenes de gas hasta de más de mil metros cúbicos por minuto (m^3/min), con velocidades incluso mayores a las 20.000 revoluciones por minuto (rpm). Asimismo, después de la transportación del gas natural, cuando este es la materia prima de alguna planta de transformación industrial, como un complejo de producción de etileno, también será necesaria otra compresión a fin de alimentarlo eficientemente a todos los procesos que se llevan a cabo en dicha planta.



La protección del compresor implica ciertas aplicaciones de las válvulas de control automático, consideradas en el ámbito de servicio severo, las cuales son verdaderas especialidades en el campo de la instrumentación y control automático de plantas industriales. Estas aplicaciones pueden ser:

- » Válvula de control anti-surge
- » Válvula de reciclado del compresor
- » Válvula de desvío caliente (*hot by-pass*)
- » Válvula de paro rápido
- » Válvula de desvío frío (*cold by-pass*)
- » Válvula de descarga de venteo

Descripción

Los compresores están diseñados para operar entre el cincuenta y el cien por ciento de su capacidad nominal. Cuando por alguna circunstancia el compresor no genera el flujo suficiente para mantener la presión en la línea y operar con flujos arriba del cincuenta por ciento de su capacidad, se está en riesgo de originar la reversa del flujo a través del compresor, debido al volumen acumulado en la tubería o en la planta; esta situación se conoce como "surge del compresor". Debido a que el flujo en reversa golpea violentamente a los impulsores que están girando a alta velocidad, puede causar serios daños al equipo. Si esta situación no se corrige de inmediato, el surge se puede repetir en lapsos de 0,5 a tres segundos.

Existen otros fenómenos de surge, como el golpe de ariete, que es un fenómeno en una tubería, causado al presentarse súbitamente una obstrucción en una línea de líquido, generalmente por un cierre imprevisto, ya sea parcial o total de una válvula. Esta obstrucción genera sobrepresión repentina en la línea básicamente por la naturaleza propia de un caudal incompresible. Los resultados del golpe de ariete pueden ser desastrosos para la tubería y los soportes, pudiendo resultar incluso en severas fallas mecánicas. Este indeseable efecto se



Figura 1. Estaciones de compresión para estaciones de gas natural: protección anti-surge, medición y regulación de caudal

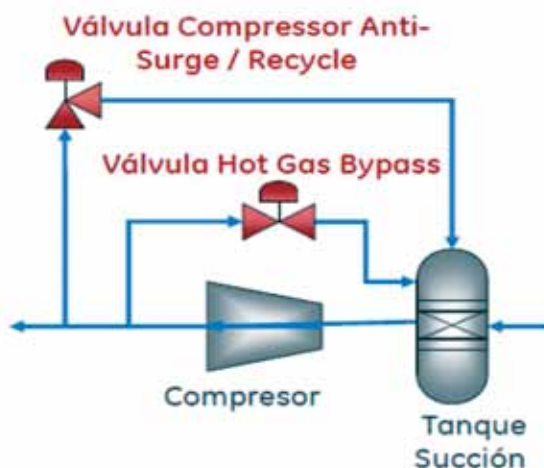


Figura 2. Esquema válvula retorno anti-surge y válvula desvío para variaciones de carga

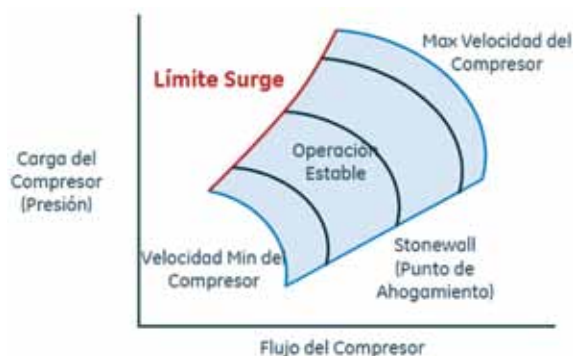


Figura 3

debe prevenir mediante el uso de un dispositivo actuado por piloto que tiene la virtud de abrir en forma casi instantánea al detectar cierta sobrepresión en la línea, desviando el flujo hacia un tanque de alivio del surge.

Protección de los compresores

La función de la válvula anti-surge es proteger al compresor de las condiciones dañinas del surge, así como también proporcionar una vía de recirculación durante la puesta en servicio de la planta o de las estaciones de compresión, así como durante periodos de baja carga o demanda de gas. Los retos a que se enfrenta esta aplicación son:

- » Manejo de grandes flujos, requiriendo válvulas de altos coeficientes de flujo (Cv)
- » Ruido y vibración altos
- » Velocidad de respuesta muy rápida, sistema exageradamente dinámico
- » Control proporcional preciso y de alto desempeño
- » Alta hermeticidad del sello en el asiento (clase alta de fuga)

Debido a que una situación de surge es intermitente, ya que ocurre ocasionalmente por fallas en el sistema de suministro del gas, en operación normal de la planta, la válvula anti-surge funciona como mera recirculación de excesos de flujo, así como para mantener al compresor trabajando por encima de su velocidad mínima.

Cálculo y selección de la válvula de control

De acuerdo a los volúmenes y presiones que se manejan en la transmisión del gas o que requiere la planta procesadora, se hace el dimensionamiento y selección de la válvula anti-surge. Por tanto, los

Flexflo Surge Reliever

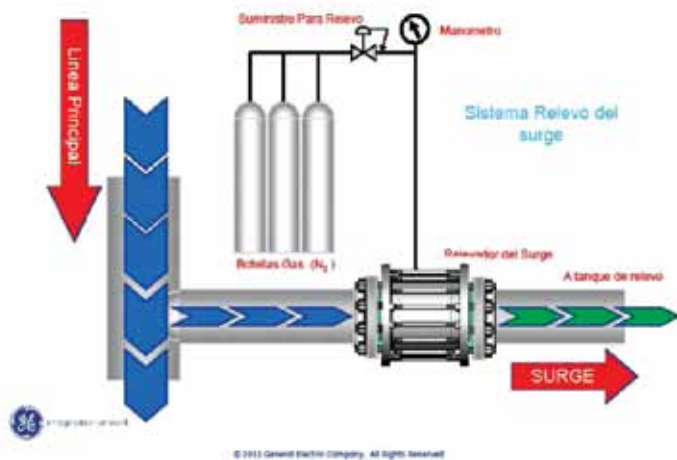
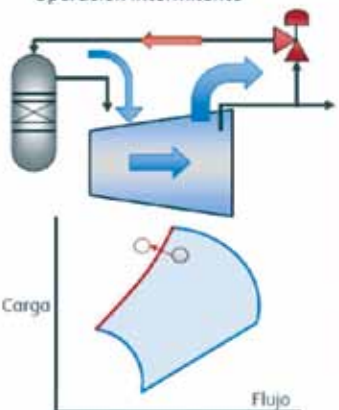


Figura 4. Operación del compresor

Anti-Surge del compresor Operación Intermitente



Reciclado compresor Operación continua

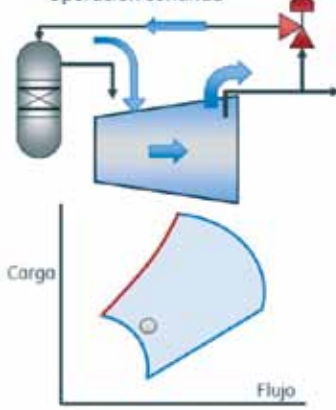


Figura 5. Diagrama simple de modos de operación intermitente y continua del compresor

Gas and Vapor Flow Equations

volumetric flow

$$C_v = \frac{q}{N_7 F_p p_1 Y} \sqrt{\frac{G_g T_1 Z}{x}}$$

or

$$C_v = \frac{q}{N_9 F_p p_1 Y} \sqrt{\frac{M T_1 Z}{x}} *$$

mass flow

$$C_v = \frac{w}{N_6 F_p Y \sqrt{x p_1 \gamma_1}} *$$

or

$$C_v = \frac{w}{N_8 F_p p_1 Y} \sqrt{\frac{T_1 Z}{x M}} *$$

Gas expansion factor

$$Y = 1 - \frac{x}{3 F_k x_T}$$

Pressure drop ratio

$$x = \frac{\Delta p}{p_1}$$

Ratio of specific heats factor

$$F_k = \frac{k}{1.40}$$

The IEC 534-2 equations are identical to the above ISA equations (marked with an *) except for the following symbols :

k (ISA) corresponds to γ (IEC)
 γ_1 (ISA) corresponds to ρ_1 (IEC)

Nomenclature

- C_v = valve flow coefficient
 F_k = ratio of specific heats factor, dimensionless
 F_p = piping geometry factor (reducer correction)
 p_1 = upstream pressure
 p_2 = downstream pressure
 q = volumetric flow rate
 N = numerical constant based on units (see table below)
 G_g = gas specific gravity. Ratio of gas density at standard conditions
 T_1 = absolute inlet temperature
 M = gas molecular weight
 x = pressure drop ratio, $\Delta p/p_1$. Limit $x = F_k x_T$
 Z = gas compressibility factor
 Y = gas expansion factor, $Y = 1 - \frac{x}{3 F_k x_T}$
 x_T = pressure drop ratio factor
 γ_1 = (Gamma) specific weight (mass density), upstream conditions
 w = weight (mass) flow rate
 k = gas specific heat ratio

Numerical Constants for Gas and Vapor Flow Equations

Constant	Units Used in Equations					
	N	w	q*	p, Δp	γ_1	T_1
N_6	2.73	kg/h	-	kPa	kg/m ³	-
	27.3	kg/h	-	bar	kg/m ³	-
	63.3	lb/h	-	psia	lb/ft ³	-
N_7	4.17	-	m ³ /h	kPa	-	K
	417.0	-	m ³ /h	bar	-	K
	1360.0	-	scfh	psia	-	R
N_8	0.948	kg/h	-	kPa	-	K
	94.8	kg/h	-	bar	-	K
	19.3	lb/h	-	psia	-	R
N_9	22.5	-	m ³ /h	kPa	-	K
	2250.0	-	m ³ /h	bar	-	K
	7320.0	-	scfh	psia	-	R

*q is in cubic feet per hour measured at 14.73 psia and 60°F, or cubic meters per hour measured at 101.3 kPa and 15.6° C.

Table 3



Figura 6. Página 13 del Manual de cálculo OZ1000 Masoneilan

datos mínimos necesarios para efectuar cálculo son los siguientes:

- » Flujo o flujos para las distintas velocidades de operación del compresor (F)
- » Presión de entrada a la válvula es la presión de descarga del compresor (P1)
- » Presión de salida de la válvula es la presión en el punto de succión (P2)
- » Temperatura (T)
- » Peso molecular del gas (MW)
- » Factor de compresibilidad (Z)
- » Relación de calores específicos (Cp/Cv)
- » Tamaño y cédula de las tuberías de entrada y salida

Mediante el programa de cálculo y selección de válvulas de control ValSpeQ, propiedad de *General Electric*, que se basa en la nomenclatura y ecuaciones de ANSI/ISA, estándar S75-01.01 y del IEC estándar 60534-2-1, se efectúan las corridas de cálculo necesarias para determinar las características necesarias de la válvula para manejar adecuadamente los flujos, caídas de presión, velocidades del fluido en la salida, estimación del ruido resultante, así como los materiales de construcción y forma de los internos, a fin de hacer una selección compatible y eficiente de acuerdo con todos los datos de proceso entregados por la compañía encargada de la ingeniería.

La capacidad de flujo, representada por el coeficiente de flujo Cv, en su definición básica es el número de galones por minuto que fluyen a través de una restricción con una caída de presión de una libra por pulgada cuadrada, a condiciones estándar, esto es, a 60 grados fahrenheit y a nivel del mar. Es un coeficiente adimensional que fue desarrollado por la compañía *Masoneilan* en 1944 y ha sido revisado y modificado para las distintas condiciones en las instalaciones industriales, llegando así actualmente a ser como se muestra en la copia de la página 13 del manual de cálculo OZ1000 de *Masoneilan*, reproducida en la figura 6. Cabe mencionar

que las ecuaciones de cálculo para los diferentes estados de los fluidos también han sido revisadas y perfeccionadas continuamente. Asimismo, la teoría y ecuaciones para efectuar la predicción del ruido e encuentran en el manual de control de ruido, también de *Masoneilan OZ3000*.

Asimismo, el estándar IEC-534-8-3 es la base de las ecuaciones y nomenclatura para la predicción de ruido aerodinámico.

Consideraciones generales y recomendaciones para el diseño y selección de la válvula de control

Clase de fuga por los internos, definida por el estándar ANSI/FCI 70.2 normalmente se solicita como IV o VI.

Nivel estimado de ruido: normalmente se requiere que su valor no exceda 85 decibeles A para operación continua. Asimismo, es recomendable que el nivel de presión del sonido nunca exceda 105 decibeles A, dado el riesgo de daños mecánicos en los equipos que esto supondría. Se pueden utilizar internos, así como también dispositivos externos para atenuación de ruido, tales como cajas concéntricas multiperforadas, pilas de discos, cartuchos. ❖