Metodología innovadora para la selección de la instrumentación de un proceso

Innovating methodology for selection of process instrumentation

J. M. Montilla M.*
Universidad Nacional del Táchira
Decanato de Investigación
Laboratorio de Investigación Control, Instrumentación y Automatización
*jmontilla50@hotmail.com

O. O. Cárdenas S y O. E. Camacho Q
Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería.
Postgrado en Automatización e Instrumentación.
Av. Don Tulio Febres. Mérida – Venezuela.

Resumen

Se presenta una metodología para la selección de la instrumentación de un proceso, y algunos criterios que permitan estimar la influencia de la instrumentación sobre la estabilidad de los procesos. En el método presentado, una vez establecido el modelo del sistema, se procede a simularlo con el programa MatLab®, manteniendo de una forma transparente los elementos de la instrumentación: Transmisores y válvulas de control. A lazo abierto se obtienen los parámetros de ajuste del controlador usando los métodos de Dahlin y Ziegler-Nichols. Luego, a lazo cerrado se prueba el tipo de controlador (P, PI y PID) que presenta mejor desempeño para obtener la mejor estrategia de control. Para la selección de los analizadores (transmisores) se procedió a determinar el rango de variación sobre el cual cambian las variables de medición, lo que permite definir la calibración del instrumento. Se selecciona, mediante cambios en el "Set Point", el tipo de válvula (lineal o isoporcentual) que presenta el mejor comportamiento en el desempeño del proceso en estudio. Se considera el efecto de seguridad que debe tener la acción de la válvula ante una falla en el suministro de la energía de operación. Se presenta un ejemplo donde se prueba la operatividad del método. Con la finalidad de determinar la robustez del controlador ante cambios en la dinámica de la instrumentación, se procede a modificar los valores nominales de ganancia, constante de tiempo y tiempo muerto de la válvula de control seleccionada en un sistema lineal, observando que la salida del proceso sea controlada. Se considera que la respuesta del controlador es robusta si cumple con su función para cambios en la dinámica de la instrumentación de hasta un 20%.

Palabras claves: Instrumentación, procesos, selección.

Abstract

A methodology for selection of process instrumentation and some approaches that allow estimating the influence of the instrumentation on the stability of the processes are presented. The method, once established the pattern of the system, proceeds to simulate it with the MatLab®, program maintaining in a transparent way the elements of the instrumentation: Transmitters and control valves. The open knot parameters of the controller adjustment are obtained using the methods of Dahlin and Ziegler-Nichols. Then, the controller type that presents better performance is closed knot proven (P, PI and PID) to obtain the best control strategy. To select the analyzers (transmitters) we proceed to determine the variation range of the measurement variables, which allows defining the calibration of the instrument. The valve type (lineal or isoporcentual) that presents the best behavior of the process in study is selected, by means of changes in the "Set Point". The effect of the security that should have the valve performance when energy fails is considered. An example is presented where the operability of the method is proven. In order to determine the controller robustness for changes in the dynamics of the instrumentation, some values are modified. These values are: nominal gain, time constant and time out of the control valve selected for a lineal system in which the process output is controlled. The controller response is considered robust, if fulfills its function for changes in the dynamics of the instrumentation of until a 20%.

Key words: Instrumentation, process, selection.

1 Introducción

El sistema lineal seleccionado se define con la siguiente ecuación diferencial:

$$\dot{X} = ax + bu \quad (1)$$

donde : a y b son constantes
u: salida del controlador al 50%
x: variable del sistema.

Se procederá a simular el proceso mediante el programa MatLab®, manteniendo de una forma transparente los elementos de la instrumentación, para obtener los parámetros de ajuste del controlador (P, PI ó PID), mediante las ecuaciones de Dahlin y Ziegler-Nichols, para luego analizar y obtener la mejor estrategia de control.

2 Selección del controlador

Método de lazo abierto ó curva de reacción.

Este método se utiliza en lazo abierto, colocando el controlador en manual. Los datos requeridos para obtener una aproximación de 1er orden mas tiempo muerto del proceso, k (ganancia), τ (constante de tiempo) y to (tiempo muerto), se obtienen mediante el método de prueba de paso proporcionando una curva de reacción como respuesta.

El método se aplica de la siguiente manera:

Colocar el controlador en manual y esperar que el proceso se estabilice.

Hacer un cambio escalón en la señal de salida del controlador (CO).

Registrar la curva de respuesta del proceso.

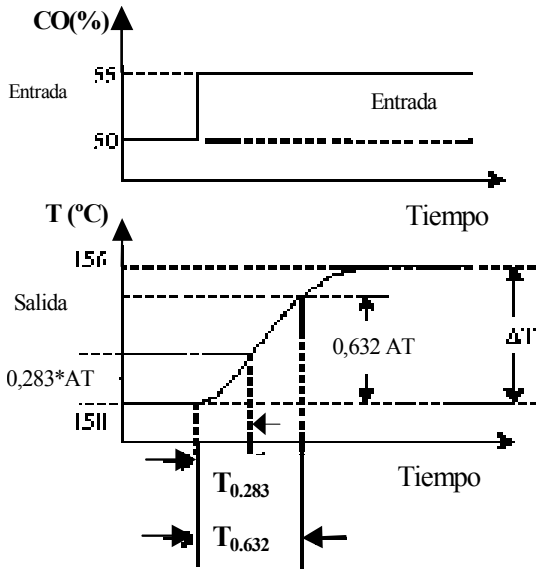

Fig.1 Curva de reacción

El método para obtener τ y to se llama método de los dos puntos y consiste en obtener dos puntos de los datos extraídos de la curva de reacción del proceso. Estos dos puntos son: el tiempo que demora el proceso en alcanzar el 63,2% del cambio total en la salida y el tiempo que demora el proceso para alcanzar el 28,3% del cambio total en la salida. Tal como se observa en la Fig. 1.

Teniendo estos puntos como datos, la constante de tiempo (τ) y el tiempo muerto (to) son determinados por las siguientes ecuaciones:

$$\tau = 1.5\left(t\left|_{0.632\ \ \Delta_0} - \tau\right|_{0.283\ \ \Delta_0}\right) \quad (2)$$

$$To = t\left|_{0.362\Delta 0\ \ } - \tau\right. \quad (3)$$

luego se procede a evaluar la ganancia K del proceso de la siguiente manera:

$$K = \frac{\Delta To}{\Delta Co} \quad (4)$$

Donde se tiene el incremento del escalón de la señal salida y el incremento de la señal de entrada al controlador. El parámetro K (ganancia del proceso) debe estar en %/%, τ (constante de tiempo) y to (tiempo muerto) deben estar en minutos.

Una vez calculados los parámetros (k, τ, to) a partir de la curva de reacción, se obtienen los valores de P, I y D, por los métodos de Ziegler-Nichols y Dahlin. Se procede a la implementación y simulación por ambos métodos, de las estrategias de control P, PI y PID, realizando cambios del Set Point del 5%.

Los resultados obtenidos por Ziegler-Nichols no presentan un buen desempeño en el control del proceso en estudio. De los resultados obtenidos por Dahlin, Fig. 2, se eligió como mejor estrategia de control el PID, debido a que en el transitorio se obtienen oscilaciones fuertes y con ello se minimiza el error en el estado transitorio. En la Tabla 1 se presentan los valores de los parámetros P, I y D por el método de Dahlin.

Tabla 1.Parámetros P,I y D por Dahlin

P	**1.0506**
I	**1.0506/5.1703**
D	**1.90375**

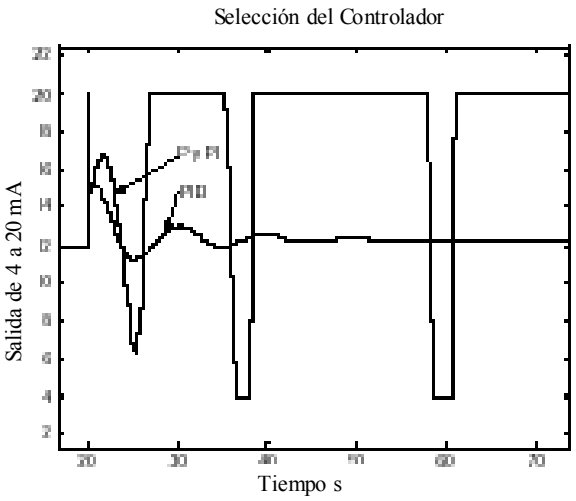

Fig.2 Selección del controlador Dahlin

3 Selección del tipo de válvula.

Se procede a seleccionar el tipo de válvula de control, para lo cual se realizaron también cambios del Set Point, obteniendo así que la válvula lineal presenta un mejor desempeño en el control del sistema, que la válvula isoporcentual la cual presenta oscilaciones más fuertes en el régimen transitorio, tal como se observa en la Fig. 3.

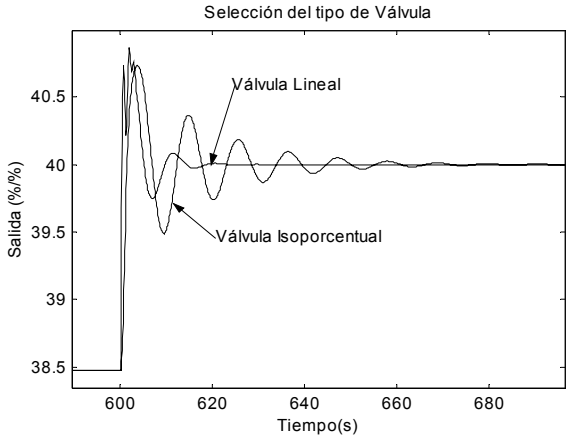

Fig.3. Selección de la Válvula

4 Selección del transmisor.

Para la selección del transmisor se procedió a determinar el rango de variación sobre el cual cambian las variables de medición, lo que permite definir la calibración del instrumento. Para ello se obtuvo el siguiente modelo matemático del transmisor:

$$G_T = \frac{1}{1.5 * S + 1} \qquad (5)$$

Luego se cierra el lazo de control y se introducirán variaciones de la dinámica de la válvula de control para las pruebas de robustez del controlador. Dicho análisis se realiza de la siguiente manera:

Se evalúa la influencia de la variación de la ganancia de la válvula de control lineal, en la estabilidad del proceso.

Se evalúa la influencia de la variación de la constante de tiempo (fricción) de la válvula de control lineal en la estabilidad del proceso.

Se evalúa la influencia de la variación del tiempo muerto de la válvula de control lineal en la estabilidad del proceso.

Se analiza la robustez del controlador y se observa si presenta un buen desempeño al llevar las variables a controlar a su valor de referencia y hasta que punto admite variaciones de los parámetros de los elementos de la instrumentación. Se considera una buena robustez cuando exista estabilidad en el proceso para una variación de +/-20% de los valores obtenidos en el diseño.

Las variaciones de los valores de los parámetros originales se harán para +/- 5%, +/- 10%, +/- 20%.

Luego se hará para un valor intermedio antes de salir de estabilidad y por último para el valor a partir del cual el proceso pierde estabilidad.

5 Resultados de las simulaciones.

Como muestra de los cambios a la salida del sistema debido a la variación de la dinámica de la válvula de control lineal se presentan los siguientes casos:

5.1 Ganancia de la válvula.

En la Fig. 4 se presenta el comportamiento del proceso debido a los cambios en la ganancia de la válvula de control

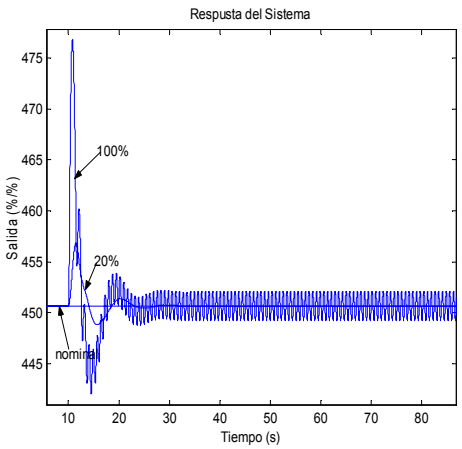

Fig. 4. Ganancia de la Válvula

(k=10%/%), los cuales fueron del 20% y del 100%. Se observa que para 20% de la variación de la ganancia de la válvula cumple su función de control estabilizando rápida-

mente el sistema, mas no así para variaciones del 100% ya que el sistema presenta oscilaciones las cuales se mantienen durante toda la simulación.

La Fig. 5 representa la posición de la válvula para las mismas variaciones, presentando oscilaciones que deteriora la válvula para 100% ya que el dispositivo no puede soportar este "chatering" por mucho tiempo, disminuyendo así su vida útil.

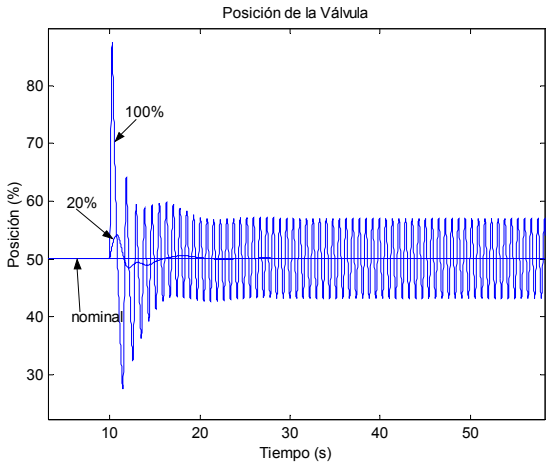

Fig. 5. Posición de la Válvula

Constante de tiempo (fricción) de la válvula.

La constante de tiempo (τ=10 s), está relacionada con la fricción la cual representa el rozamiento de las paredes de la válvula de control con el vástago y la inercia de la masa del émbolo.

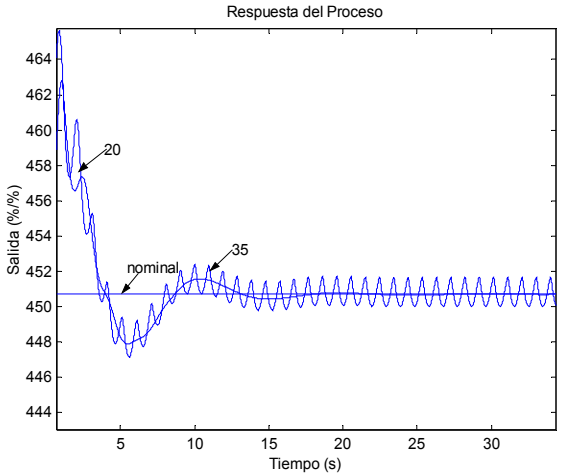

Fig. 6. Fricción en la Válvula

En la Fig. 6 se observa que para variaciones del 20% son soportadas por el sistema ya que este vuelve rápidamente a su estado estable, mas no así para variaciones del 35% donde se vuelve oscilatorio. Para este parámetro variaciones superiores representan oscilaciones más fuertes. La posición de la válvula se vuelve también oscilatoria para 35% representando nuevamente un riesgo para la vida útil del dispositivo puesto que el cambio brusco de la posición puede dañar los elementos constitutivos de la misma, en la Fig. 7 se observa tal comportamiento.

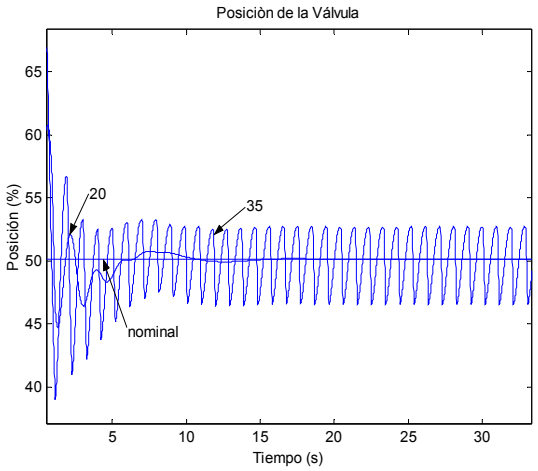

Fig. 7. Posición de la Válvula

5.2 Tiempo muerto de la válvula.

El tiempo muerto (to = 0.01 s), representa la rapidez con que actúa la válvula de control, vale decir cerrar y abrir rápidamente para aumentar o disminuir el caudal de flujo para realizar la función de control.

En la Fig. 8 se observa que para variaciones del 5 y 10% hay la existencia de un sobre impulso, el cual es mayor de acuerdo al aumento de la variación, pero luego lleva al sistema nuevamente al sistema a su estado estable. Este sobre impulso puede llegar a ser muy grave de acuerdo a su amplitud y duración cuando se requiere un control mas fino o riguroso. En la Fig. 9 la posición de la válvula presenta este sobre impulso siendo muy grave para su funcionamiento y deterioro del equipo.

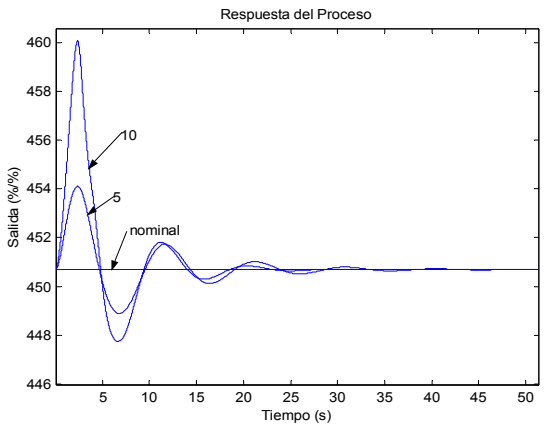

Fig. 8. Tiempo Muerto de la Válvula

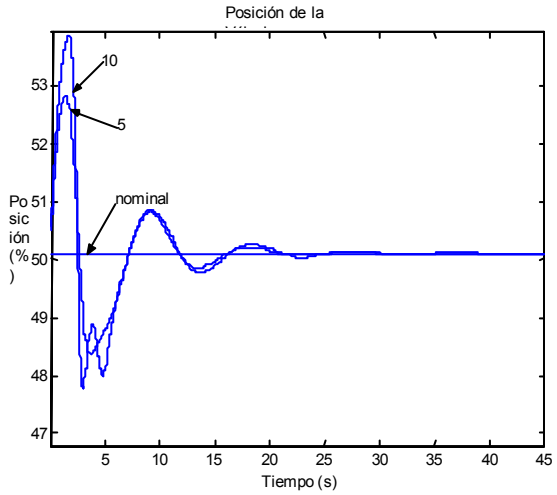

Fig. 9. Posición la Válvula

6 Conclusiones.

En el trabajo realizado, se presenta una metodología para la selección de la instrumentación de un proceso lineal.

Se presenta una metodología para la selección del controlador y de la válvula de control en un sistema lineal.

Se seleccionó una estrategia PID porque presenta un mejor desempeño en el control del sistema. La selección de los parámetros se hizo por el método de Dahlin.

La selección de la válvula de control baso en el buen desempeño de la acción de control.

En relación con la ganancia de la válvula de control, las variaciones hechas demuestran que en este sistema lineal, el controlador es robusto hasta variaciones del parámetro k hasta del 100%.

En relación con la constante de tiempo de la válvula de control, las variaciones hechas demuestran que en este sistema lineal, el controlador es robusto hasta variaciones del parámetro τ del 20%.

En relación con el tiempo muerto de la válvula de control, las variaciones hechas demuestran que en este sistema lineal, el controlador es robusto hasta variaciones del parámetro to del 10%.

Se obtuvo que de los tres parámetros de la dinámica de los instrumentos estudiados, el tiempo muerto es la variable más crítica en cuanto a producir inestabilidad y la ganancia es el parámetro más estable, puesto que soporta mayor variación.

Se consideró que la respuesta del controlador es robusta, si cumple con su función para cambios en la dinámica de la Instrumentación de hasta un 20%.

7 Referencias

Alex Alvarez. 1998. "Control e Instrumentación de un Reactor Exotérmico", U.L.A.

Control Engineering. Revista de circulación mensual. (1994-1998,30).

Control And Instrumental. Revista de circulación mensual. (1994-1998,34).

Creus, A. 1996. "Instrumentación Industrial", Quinta Edición, Alfa-Omega.España.

Chemical Engineering. Revista de circulación mensual. (1996-1998,18).

Smith, C. Corripio, A. 1991. "Control Automático de Procesos", Segunda Edición, Noriega-Limusa. México.