

COMPENSACIÓN DE PROCESOS CON RETARDO BAJO FOUNDATION FIELDBUS

R. Ferreiro García, J. Vidal Paz, F.J. Perez Castelo, A.J. Piñón Pazos
E.S.Marina Civil, Paseo de Ronda 51, 15011 A Coruña, ferreiro@udc.es

J. Pérez Castelo, A. Piñón Pazos
E.P.S. Ing. Ind., Ferrol, Universidad de A Coruña

Resumen

En este artículo se describen los modos de compensación de lazos de control afectados de retardo puro utilizando las técnicas aplicables en arquitecturas Foundation Fieldbus.

Palabras Clave: Foundation Fieldbus, Retardo puro, Predictor de Smith, Compensación IMC.

1 INTRODUCCIÓN AL CONTROL DE LAZOS CON RETARDO

Un proceso es dominante en retardo puro si el tiempo muerto es aproximadamente igual o superior a la constante de tiempo del mismo, habiendo asumido un modelo reducido de primer orden. Se estudian a continuación dos técnicas clásicas para la compensación de procesos afectados de retardo, las cuales se definen como

- ◆ Compensación mediante Predictor de Smith [3,5]
- ◆ Compensación mediante IMC [3, 4]

Con el Predictor de Smith según la figura 1, las acciones de control se calculan en base a la predicción de la respuesta del proceso a un cambio con y sin retardo. El Predictor de Smith utiliza un modelo de la planta de primer orden sin retardo y paralelamente, el mismo modelo afectado de retardo. La respuesta del modelo sin retardo es utilizada para predecir la respuesta del proceso sin retardo, la cual es realimentada al regulador como una pseudo-variable de proceso. Con lo cual el regulador convencional opera como si el proceso careciera de retardo. A su vez, la variable actual de proceso es comparada con la respuesta del modelo afectado de retardo, obteniendo un error no nulo (debido a error de modelado) si el modelo de la planta difiere del modelo propuesto, debido a variación de parámetros o perturbaciones a la planta. Este error es utilizado para corregir la realimentación predictiva obtenida mediante el modelo sin retardo. La corrección es aditiva de modo que se denomina "bias".

En la práctica han sido propuestas dos modos de corrección del error de modelado: el modo bias y el modo de corrección de ganancia del modelo.

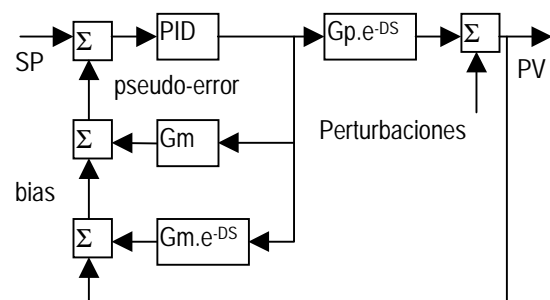


Figura 1. Predictor de Smith

La compensación del retardo mediante IMC está fundada en la idea de seleccionar y aplicar un modelo estimado del proceso en lazo abierto de tal modo que la respuesta del modelo en lazo cerrado proporcione un regulador por realimentación físicamente realizable. Siendo la función de transferencia de la planta G_p , el modelo de la planta en lazo abierto G_M y el modelo de la planta controlada por realimentación G_{CL} , resulta el controlador IMC como

$$G_{IMC} = \frac{G_{CL}}{G_M (1 - G_{CL})} \quad (1)$$

cuya estructura se muestra en la figura 2. Esta estructura es adecuada para la compensación de sistemas con retardo, es decir G_p contiene retardo.

Este controlador es susceptible de implementación mediante las herramientas disponibles en Foundation Fieldbus. Son necesarios ciertos requisitos previos relativos al conocimiento de la planta de la misma clase que en el caso del Predictor de Smith.

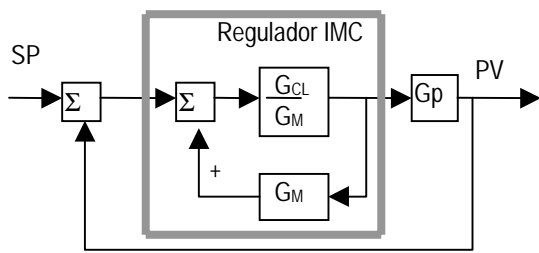


Figura 2. Estructura del regulador IMC

2 PREDICTOR DE SMITH MODIFICADO

El Predictor de Smith modificado implementado en el entorno DeltaV [1, 2] está capacitado para actuar sobre la ganancia o para actuar sobre el bias descrito en el Predictor de Smith convencional. Tal modificación de la ganancia del modelo es efectiva si las perturbaciones a la planta responsables de desviar la respuesta de la planta de la del modelo son multiplicativas, esto es son proporcionales. Así, resulta que una perturbación en la temperatura de entrada del fluido a calentar en un intercambiador de calor, no cambia la ganancia del proceso, sino que solamente cambia el valor bias de la energía necesaria para mantener la temperatura de salida. Por el contrario, una perturbación en el caudal del fluido a calentar en el intercambiador en cuestión, afecta a la ganancia del proceso. Como regla general, si la perturbación dominante al intercambiador es la temperatura, se debe utilizar la corrección bias, mientras que si la perturbación dominante es el caudal de fluido a calentar, entonces se debe aplicar la corrección de ganancia al modelo.

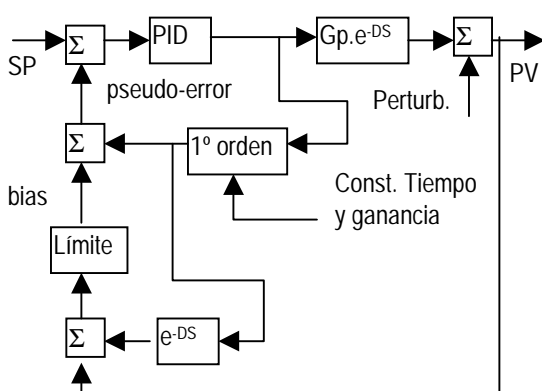


Figura 3. Predictor de Smith modificado con corrección por bias

El error de modelado y las perturbaciones a la planta no modeladas originan un desvío no deseado o excesivo con respecto a la salida actual del proceso. Este desvío, al sobrepasar cierto valor límite no contribuye a mejorar las acciones de control del Predictor de Smith, por lo que debe ser limitado

En general el valor del límite al citado desvío debe ser establecido con un valor mayor que la contribución de las perturbaciones típicas, y suficientemente pequeño para protegerse de los potenciales problemas en la instrumentación.

Las figuras 3 y 4 ilustran los conceptos descritos en cuanto a la implementación del Predictor de Smith modificado de acuerdo a las especificaciones descritas.

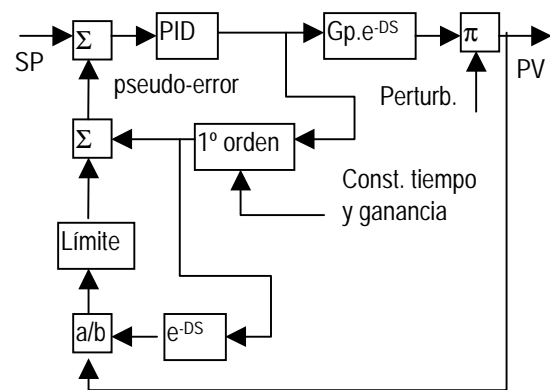


Figura 4. Predictor de Smith modificado con corrección por ganancia del modelo

En la figura 3 se muestra el diagrama de la planta controlada mediante el Predictor de Smith modificado para el caso de perturbaciones aditivas, como es el caso de una variación de temperatura en el fluido de entrada a un intercambiador de calor.

La figura 4 muestra el diagrama de bloques de la planta controlada utilizando el Predictor de Smith modificado para compensar perturbaciones de naturaleza multiplicativa, esto es, el caso del caudal del fluido de entrada a un intercambiador de calor.

Tanto en la figura 3 como en la figura 4 se observa que el modelo de la planta está descrito como de primer orden. Esto es así porque se asume que la planta contiene una constante de tiempo susceptible de ser modelada mediante una función de transferencia de primer orden, en la que son necesarios dos parámetros: la ganancia y la constante de tiempo. Procesos de este tipo son comunes en entornos industriales de procedimientos térmicos. En la figura 6 se implementa el citado Predictor de Smith, en la que se muestran además de los bloques

de entrada/salida, solamente dos bloques operacionales: esto es, un bloque PID y un bloque generado por el usuario DTC, en el que se incluyen todas las operaciones matemáticas necesarias para implementar el Predictor de Smith.

En el bloque DTC creado por el usuario, se observan ciertas entradas no vinculadas a parámetros. Las instrucciones de ajuste e implementación del predictor facilitan las conexiones de tales entradas, así como la guía necesaria para su correcto ajuste de acuerdo a las características de la planta a tratar.

3 IMPLEMENTACIÓN DEL CORRECTOR IMC

El Predictor de Smith modificado descrito en la sección precedente resuelve el problema de compensar las actuaciones retardadas sobre la planta, con la posibilidad de compensar perturbaciones aditivas o multiplicativas alternativamente. El compensador por modelo interno, IMC realiza asimismo la compensación de sistemas con retardo pero no resulta adecuado para compensar perturbaciones a la planta. Por el contrario es más sencillo de implementar, partiendo de que se conoce el modelo matemático de la planta con suficiente precisión.

La implementación del regulador IMC requiere una selección adecuada del modelo en lazo cerrado de la planta. Esto es la relación dada como G_{CL}/C_M tiene que ser físicamente realizable, lo cual requiere que el orden del denominador debe ser igual o superior al orden del denominador. Esta restricción conlleva la necesidad de elegir el modelo de respuesta en lazo cerrado de orden igual o superior al orden del modelo del proceso en lazo abierto. De acuerdo con estas normas, resulta de importancia el hecho de seleccionar para la planta en lazo abierto un modelo aproximado de orden reducido, a ser posible de primer orden, en el que sólo se define la ganancia y la constante de tiempo. De esta forma se puede obtener un regulador IMC sencillo.

Un ejemplo sencillo ilustra la metodología a seguir: Consideremos que se estima el siguiente modelo en lazo abierto para la planta

$$G_M = \frac{K_0}{T_0 S + 1} e^{-DS} \quad (2)$$

y que se desea una respuesta en lazo cerrado de la planta controlada mediante el regulador IMC descrita por la función de transferencia

$$G_{CL} = \frac{1}{T_C S + 1} e^{-DS} \quad (3)$$

Aplicando la definición dada en la figura 2 para describir el controlador IMC, se tiene

$$\frac{G_{CL}}{G_M} = \frac{T_0 S + 1}{K_0 (T_C S + 1)} \quad (4)$$

Entonces el modelo del regulador propuesto resulta ser el de la figura 5.

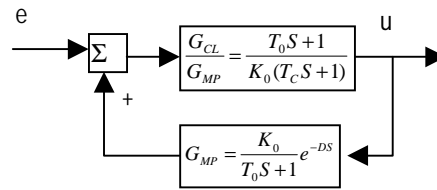


Figura 5. Regulador IMC

En la tarea de implementación del regulador IMC mediante las funciones bloque aportadas por Foundation Fieldbus, se necesitan solamente tres funciones bloque, es decir dos bloques de adelanto retraso y un bloque de retardo.

En la figura 7 se muestra el diagrama de bloques necesarios para la implementación del compensador descrito en la figura 5 con las herramientas de Foundation Fieldbus. Se observa que con tan sólo dos bloques de adelanto retraso y un bloque de retardo ambos estándar, asociados a las correspondientes señales de entrada/salida, se tiene un compensador basado en el modelo interno de la planta.

4 CONCLUSIONES

El Predictor de Smith modificado descrito en la sección 2 y el controlador IMC descrito en la sección 3, son susceptibles de ser implementados sobre soporte de software y hardware basado en Foundation Fieldbus. Ambos algoritmos están específicamente diseñados para compensar sistemas controlados por realimentación afectados de retardo, tanto en la medida como en la variable manipulada.

Debido a las facilidades que ofrecen las herramientas de diseño orientadas a objetos, dotadas de capacidad de generación de librerías resulta extremadamente sencillo manejar funciones bloque estándar asociadas a las funciones bloque creadas por el usuario, con lo que cualquier algoritmo de control es susceptible de implementación con poco esfuerzo. Así los procesos

con retardo pueden ser controlados desde la misma estructura de control sin diferenciar equipos ni software.

Referencias

[1] BT Toolkit, Part No. 200 (1999). FF User Application. ISA, Fieldbus Inc., 9390 Research Blvd, Suite I-350, Austin, TX 78759, U.S.A.

[2] DeltaV Software (1999), D800002X042 Fisher-Rosemount Systems, Inc. U.S.A.

[3] Clarke, D.W., Mohtadi, C, and Tuffs, P.S. (1987). *Generalised Predictive Control- Part I. The basic Algorithm*. Automatica, 23,2,pp.137-148

[4] Garcia and Morari (1982). *Internal Model Control I. A unifying review and some new results*. I&EC Process. Des. Dev. Vol.21, 2. Pp. 308-323.

[5] Whalley, R. and Zeng, Z. (1994). *Mismatched Smith Predictors*. Applied Mathematical Modelling. U.K.

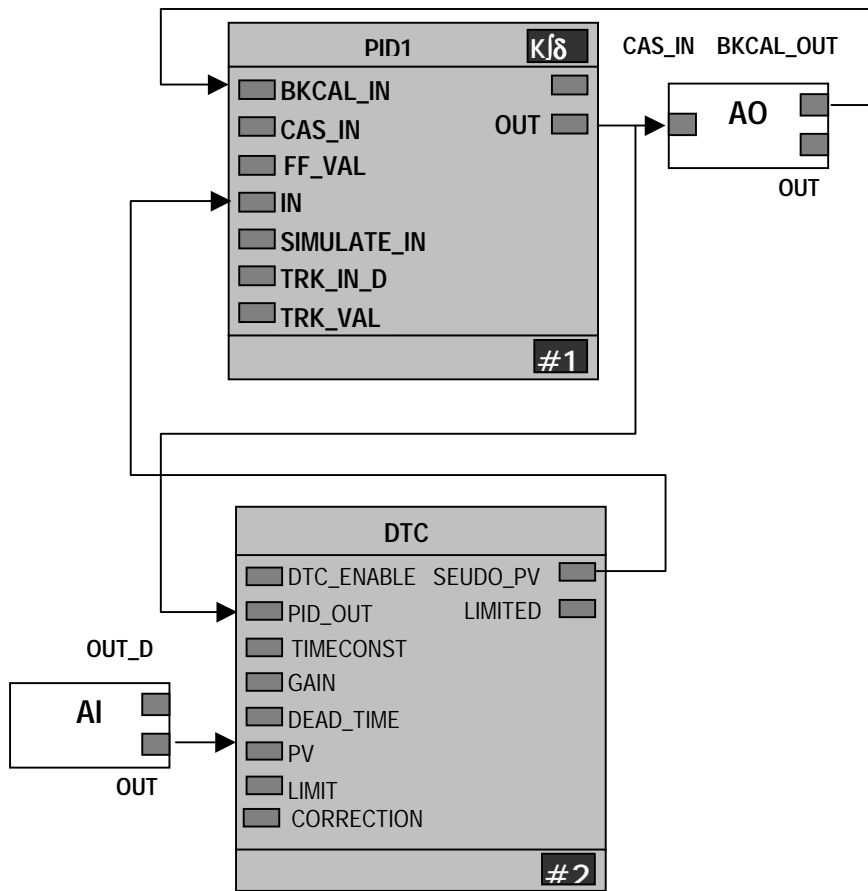


Figura 6. Implementación del compensador basado en el Predictor de Smith, según Foundation Fieldbus.

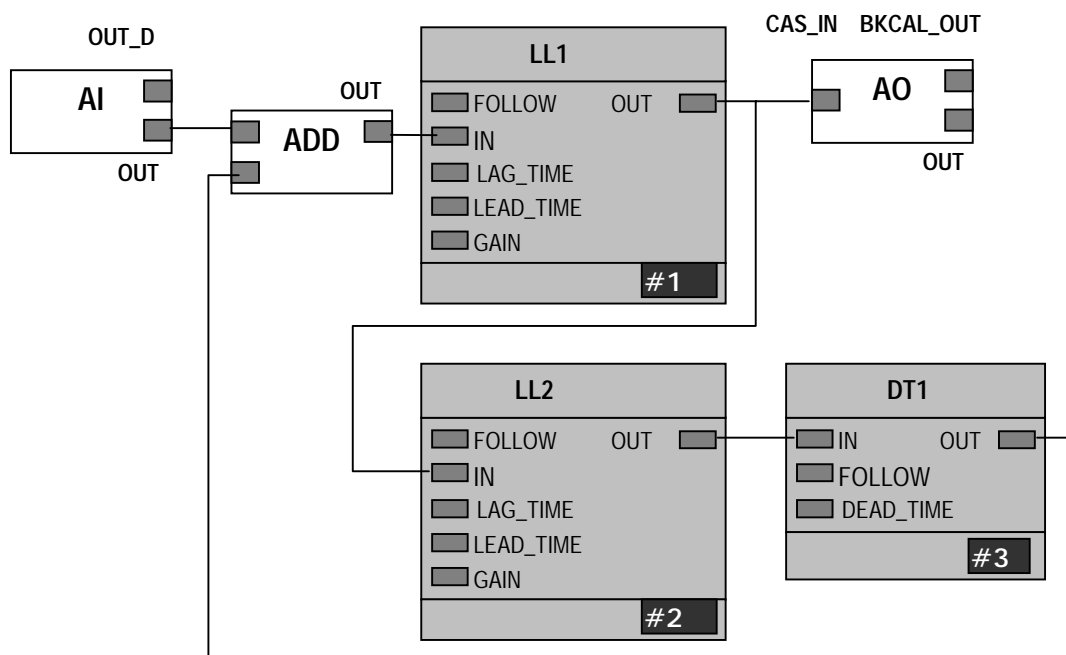


Figura 7. Implementación del compensador IMC bajo Foundation Fieldbus