

CONTROL IMC ADAPTATIVO BAJO FOUNDATION FIELDBUS

Ramón Ferreiro García, M. Carmen Meizoso, Xoán Pardo Martínez
E.S.Marina Civil, Paseo de Ronda 51, 15011 A Coruña, ferreiro@udc.es
Dept Ingeniería Industrial, Universidad de A Coruña

Resumen

Este artículo describe la técnica de diseño e implementación del algoritmo de control basado en el modelo interno (IMC) para ser implementado bajo arquitecturas del estándar Foundation Fieldbus.

Palabras Clave: Foundation Fieldbus, Algoritmo IMC, bloques función.

1 INTRODUCCION AL CONTROL BASADO EN IMC.

La estrategia de control basado en modelo interno IMC está fundada en la idea de seleccionar un modelo del sistema controlado en lazo cerrado en combinación con el modelo estimado del proceso en lazo abierto sujeto a la restricción de realizabilidad física [3,4]. Admitiendo un controlador IMC en serie con la planta como se muestra en la figura 1, la función de transferencia en lazo cerrado resulta ser

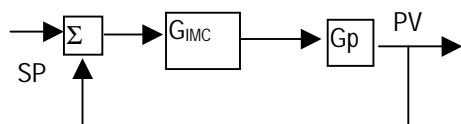


Fig. 1. Sistema de control IMC en lazo cerrado

$$G_{CL} = \frac{PV(S)}{SP(S)} = \frac{G_{IMC} \cdot G_P}{1 + G_{IMC} \cdot G_P} \quad (1)$$

Siendo la función de transferencia de la planta en lazo abierto G_p , su modelo G_M y el modelo del sistema controlado por realimentación G_{CL} , resulta el controlador IMC directamente a partir de (1) como

$$G_{IMC} = \frac{G_{CL}}{G_M (1 - G_{CL})} \quad (2)$$

La estructura de bloques del regulador IMC a partir de (2) resulta ser de la forma mostrada en la figura 2.

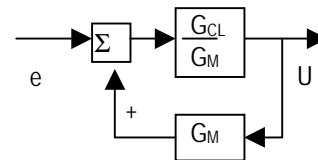


Fig. 2. Diagrama de bloques del regulador IMC

La selección de G_{CL} tiene que ser realizada bajo una restricción tal que la relación C_{CL}/G_M resulte físicamente realizable. Esto es, el orden del numerador tiene que ser menor o igual al orden del denominador. La estructura completa del sistema controlado en lazo cerrado se muestra en la figura 3.

Los criterios de selección del modelo de la planta en lazo cerrado se resumen como:

- ◆ G_{CL} debe ser elegido de orden mínimo
- ◆ El grado del denominador de G_{CL} tiene que ser igual o mayor que el grado del denominador de G_M . Esto es $DEN(G_{CL}) \geq DEN(G_M)$
- ◆ G_{CL} tiene que incluir el retardo de G_M

Con estas premisas, para una planta cuyo modelo sea conocido, resulta razonablemente factible la selección del modelo de respuesta de la misma en lazo cerrado.

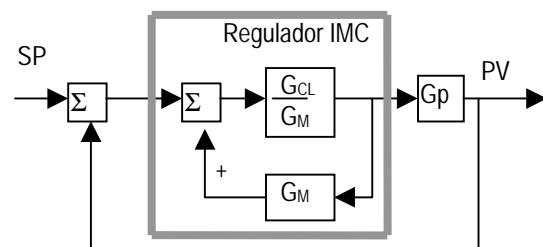


Fig. 3. Estructura del sistema controlado con regulador IMC

Esta estructura es adecuada para la compensación de sistemas con retardo. El mayor inconveniente en la utilización del algoritmo IMC reside en el hecho de variar los parámetros de la planta generando error de modelado. La variación de la carga así como variables externas auxiliares constituyen el mayor desafío a la eficiencia del regulador IMC. Una

solución aceptable se consigue con la combinación de dos algoritmos: el IMC con el de administración de ganancia. De esta manera se consigue cancelar los efectos de variación del modelo por actualización en tiempo real del valor de la variable auxiliar responsable del error de modelado sin necesidad de estimación o identificación.

Este controlador es susceptible de implementación mediante las herramientas disponibles en Foundation Fieldbus.

2 IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO IMC

El compensador basado en el modelo interno IMC, realiza la compensación de sistemas con retardo pero no resulta adecuado para compensar perturbaciones a la planta. Por el contrario es 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. Con un ejemplo sencillo se ilustra la metodología a seguir: Consideremos que se estima el siguiente modelo en lazo abierto para la planta

$$G_M = \frac{K_0}{T_0 S + 1} e^{-DS} \quad (3)$$

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

$$G_{CL} = \frac{1}{T_C S + 1} e^{-DS} \quad (4)$$

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

$$\frac{G_{CL}}{G_M} = \frac{T_0 S + 1}{K_0 (T_C S + 1)} \quad (5)$$

Entonces el modelo del regulador propuesto resulta ser el mostrado en la figura 4.

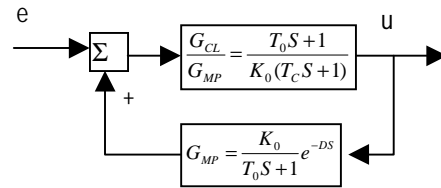


Figura 4. Regulador IMC

En la tarea de implementación del regulador IMC básico mediante los bloques función aportadas por el lenguaje de programación de Foundation Fieldbus, se necesitan solamente tres bloques función, es decir dos bloques conteniendo un red de adelanto/retraso cada uno y un bloque de retardo.

3 ALGORITMO IMC EN UN PROCESO CON RETARDO Y VARIACION DE PARÁMETROS

Proceso de concentración de productos.

Dos productos son mezclados en una proporción de concentración C_i , la cual es introducida en un tanque de volumen de producto V a la concentración actual C . El caudal de entrada de la mezcla es q y el tiempo que tarda el producto en alcanzar el tanque de mezcla es τ según se muestra en la figura 2. Sea Vol el volumen de producto contenido en el conducto de alimentación entre las válvulas de mezcla y el tanque y q el caudal de alimentación. El tiempo que tarda el producto en pasar desde las válvulas de mezcla hasta el tanque vienen dado como $\tau = Vol/q$

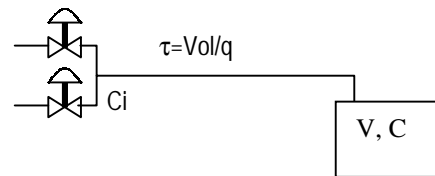


Fig. 2. Proceso de control de concentración

El modelo del proceso mostrado en la figura 2 está dado por la expresión (6) como

$$q \cdot C_i(t - \tau) = V \cdot \frac{dC(t)}{dt} + q \cdot C(t) \quad (6)$$

La función de transferencia resulta ser

$$\frac{C(s)}{C\tilde{\chi}(s)} = \frac{e^{-\tau s}}{(V/q)S+1} = \frac{e^{-\frac{Vol_S}{q}}}{(V/q)S+1} \quad (7)$$

En la expresión (7) se observa que el caudal q afecta tanto el retardo de transporte de producto como el polo del proceso. Se deduce del modelo que para cada valor del caudal q se necesita un juego de parámetros del regulador para satisfacer la dinámica.

Obtención del algoritmo IMC para el proceso de concentración

El modelo estimado para el proceso en lazo abierto está dado en (7) como

$$G_M = \frac{e^{-\tau s}}{(V/q)S+1} = \frac{e^{-\frac{Vol_S}{q}}}{(V/q)S+1} \quad (8)$$

Se desea una respuesta del sistema controlado en lazo cerrado especificada por (9) bajo los criterios establecidos, esto es, orden mínimo, den (G_{CL}) \geq den (G_M) e inclusión del retardo de G_M . La dinámica del proceso en lazo cerrado viene definida como

$$G_{CL} = \frac{1}{T_C S + 1} e^{-Ds} = \frac{e^{-\frac{Vol_S}{q}}}{T_C S + 1} \quad (9)$$

La selección de la respuesta de lazo cerrado con retardo cancela el retardo del modelo del proceso. Entonces, la relación G_{CL}/G_M resulta ser

$$\frac{G_{CL}}{G_M} = \frac{(V/q)S + 1}{T_C S + 1} \quad (10)$$

La expresión (10) resulta físicamente realizable porque el grado del numerador es igual al grado del denominador. El diagrama de bloques del controlador IMC resulta ser el de la figura 6.

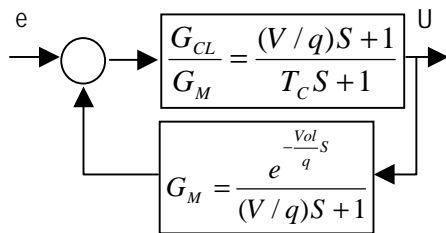


Fig. 6. Diagrama de bloques del regulador IMC para el proceso de control de concentración.

Al variar algún parámetro del diagrama de bloques en la figura 6 se está incurriendo en la generación de error de modelado. Este inconveniente es compensado mediante la adición de un algoritmo adaptativo por administración de ganancia. En el caso del proceso de mezcla del sistema de control de concentración, puede variar el caudal de alimentación por la sencilla razón de variar el setpoint de concentración. Al variar el setpoint, varía la proporción de un componente respecto al otro y consiguientemente varía el caudal disponible de alimentación. Además con la variación de caudal varía asimismo el retardo puro.

3 ALGORITMO IMC EN UN PROCESO CON RETARDO BAJO FOUNDATION FIELDBUS

En esta sección se describe la implementación del algoritmo IMC mostrado en la figura 6, asociado al de administración de ganancia para compensar la variación del caudal de alimentación, reduciendo el efecto del error de modelado. La figura 7 describe el algoritmo IMC [1,2] asociado a la actualización del modelo mediante administración de ganancia. Las entradas analógicas AI1 y AI2 están destinadas a determinar el error de control. Los bloques función LL1, LL2 y DT1 constituyen el algoritmo IMC. La entrada analógica AI3 capta el caudal de entrada del fluido. El bloque función CALC1 calcula el retardo asociado con el caudal, cuyo valor está dado por (Vol/q) , enviando el resultado del bloque función por la salida OUT2 al bloque de retardo DT1, mientras que la salida OUT1 del CALC1 envía el valor de los polos y ceros que incluyen el retardo a los parámetros de los bloques función LL1 y LL2 que constituyen el algoritmo IMC en lenguaje de objetos Foundation Fieldbus.

4 CONCLUSIONES

El controlador IMC descrito, asociado al algoritmo de administración de ganancia 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 y variación de parámetros medibles. 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.

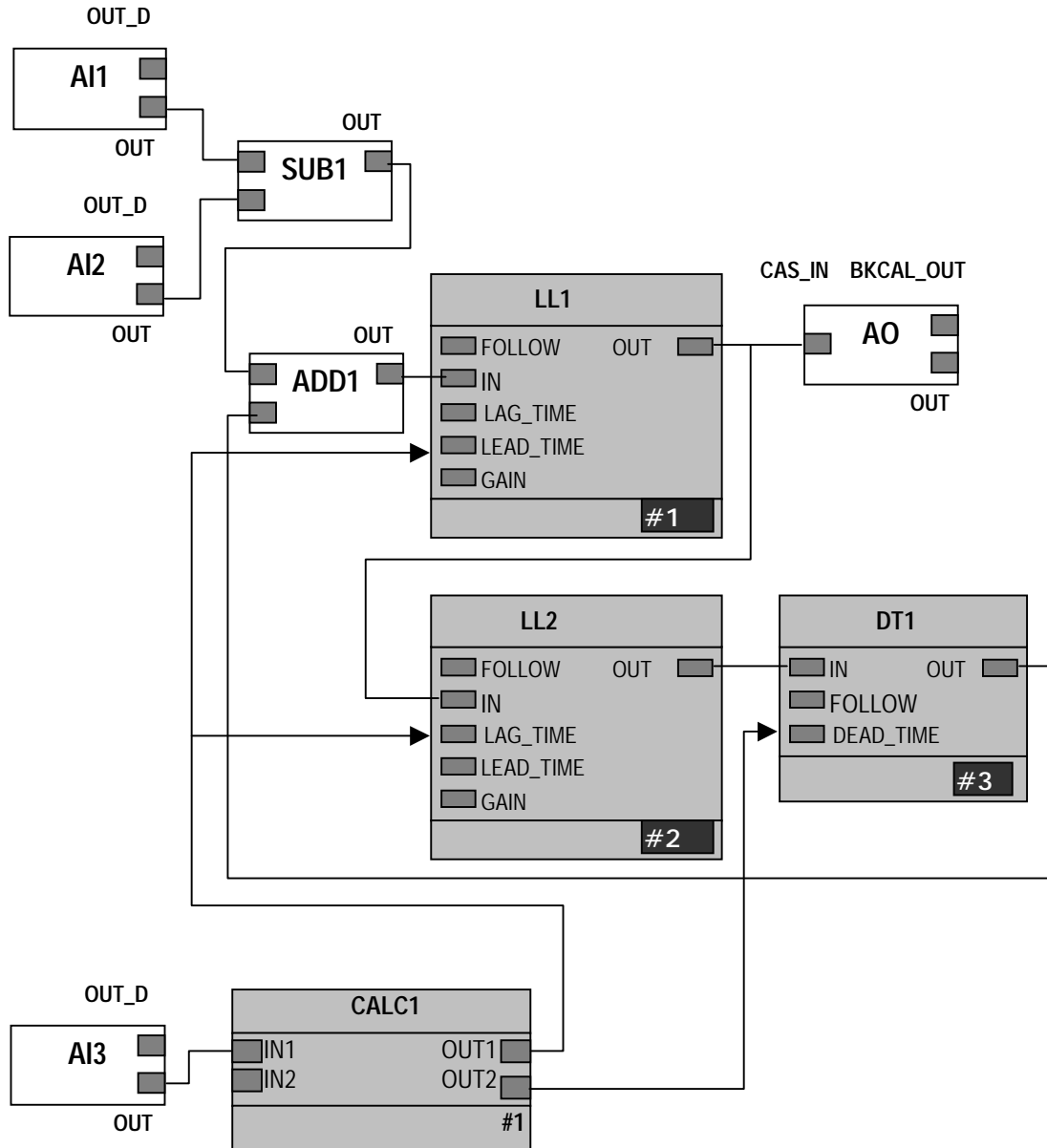


Figura 7. Implementación del compensador IMC asociado con la administración de ganancia bajo Foundation Fieldbus