



CONTROL DIFUSO NO LINEAL ROBUSTO PARA TRAYECTORIAS EN UN BIORREACTOR

Paulo García-Sandoval¹, Bernardino Castillo-Toledo¹, Víctor González-Álvarez², Carlos Pelayo-Ortiz²

¹CINVESTAV Unidad Guadalajara, Prol. López Mateos 5000, Guadalajara, Jalisco.

²Depto. de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, M. García Barragán 1451, 44430, Guadalajara, Jalisco.

Fax : (33) 36501793 Correo Electrónico: pgarcia@gdl.cinvestav.mx

Palabras clave: Digestión anaerobia, control, seguimiento de trayectorias

Introducción. En algunas aplicaciones, la operación periódica forzada puede mejorar la selectividad y la productividad (1,2), Chen et. al. (3) han demostrado que la concentración promedio del producto en un periodo de tiempo para una reacción bioquímica que se lleva a cabo en un CSTR se magnifica substancialmente mediante oscilaciones forzadas. Por otro lado, los procesos biológicos ambientales están sujetos a múltiples fluctuaciones causadas por la variación de parámetros tales como pH, temperatura, carga orgánica o concentración de sustancias tóxicas o inhibidores. Controlar un proceso biológico es una meta muy complicada debido a la no linealidad y a la dificultad en obtener valores adecuados de los parámetros cinéticos para los modelos y más aún si el objetivo de control es seguir referencias no constantes. Para poder esquivar todas estas dificultades, es necesario diseñar algoritmos de control robustos, que permitan llevar a cabo los objetivos de control a pesar de errores en el modelo y variaciones paramétricas. Es por esto, que en este trabajo se propone un algoritmo de control de seguimiento que sea robusto a variaciones paramétricas, basado en inmersiones generalizadas (4) y control difuso.

Metodología. El sistema que se propone controlar tiene la forma genérica

$$\left. \begin{aligned} \dot{x} &= [\mu(s) - D]x \\ \dot{s} &= (s_m - s)D - \frac{1}{Y}\mu(s)x \end{aligned} \right\} \mu(s) = \frac{\mu_{\max} s}{K_S + s},$$

El objetivo de control consiste utilizar la tasa de dilución (D) como variable de control para lograr que la concentración de sustrato (s) siga una referencia variante en el tiempo, a pesar de incertidumbres en los parámetros del modelo y variaciones tanto en la concentración de entrada del sustrato como de los parámetros. Este objetivo se logra utilizando el principio del modelo interno (5) para calcular la entrada requerida para que el error de seguimiento sea cero. Esta entrada se transforma en un sistema dinámico observable, llamado inmersión que permite estimar la entrada adecuada a pesar de variaciones paramétricas. Dado que la inmersión obtenida es no lineal, se transforma a un sistema difuso que permite utilizar técnicas de control lineal para el diseño global del controlador. El controlador se prueba mediante simulación utilizando un modelo diseñado en matlab que permite introducir variaciones en las condiciones de operación, así como los parámetros del sistema $(s_m, Y, \mu_{\max}, K_S)$.

Resultados y discusión. Para fines de simulación se utilizan los parámetros reportados en (6), y se impone una referencia oscilante. En la Figura 1 se muestra el comportamiento de controlador, como se observa, el controlador estima de manera adecuada la tasa de dilución, a pesar de variaciones paramétricas hasta del 50% en el valor nominal de los parámetros, como se muestra en la Tabla 1.

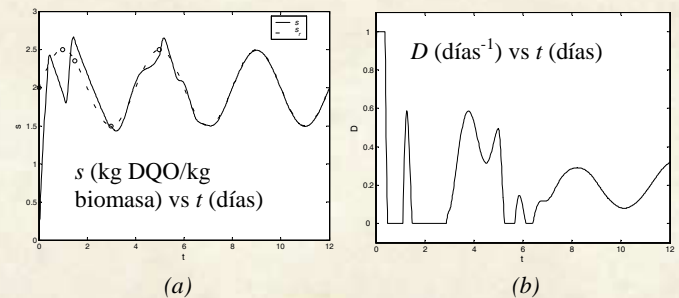


Figura 1. (a) Concentración de sustrato y (b) tasa de dilución

Parámetro	Valor nominal	% de desviación del valor nominal				
		$0 \leq t \leq 1$	$1 \leq t \leq 1.5$	$1.5 \leq t \leq 3$	$3 \leq t \leq 5$	$t > 5$
μ_{\max}	0.69	20%	-20%	-30%	50%	10%
K_S	4.95	10%	-10%	30%	20%	-20%
$1/Y$	6.6	-10%	0%	20%	-15%	0%
s_m	10	0%	10%	-10%	-20%	20%

Tabla 1. Parámetros: Valores nominales y sus variaciones.

Conclusiones. El controlador diseñado permite que un biorreactor descrito por el modelo presentado siga una referencia variante en el tiempo, que puede servir para el arranque o seguimiento oscilante, con escaso conocimiento de los parámetros del modelo.

Bibliografía.

- Bailey, J. E. (1973) *Periodic operation of chemical reactors: A review*. Chem. Eng. Commun., 1, 111-124.
- Lazar, J. G. and Ross, J. (1990) *Experiments on the effects of external periodic variations on constraints on the thermodynamics of an oscillatory reactors*, J. Chem. Phys., 92, 3579-3589.
- Chen, C. C., Hwang, C. and Yang R. Y. K. (1995) *Performance enhancement and optimization of chemostat cascades*, Chem. Eng. Sci., 50, 485-494.
- Castillo-Toledo, B., and Di Gennaro, S. (2002) *On the nonlinear ripple free sampled data robust regulator*. Europ. J. of Contr. May.
- Isidori, A. (1995) *Nonlinear Control Systems*, Springer, 3rd edition, London.
- Alcaraz-González V., Harmand J., Dochain D., Rapaport A., Steyer J.P., Pelayo Ortiz C., and González-Álvarez V., (2003) *A robust asymptotic observer for chemical and biochemical reactors*. Proc. of the IFAC ROCOND 2003.