

UNA NUEVA MEDIDA CUANTITATIVA DE LA FLEXIBILIDAD EN PROCESOS QUIMICOS

PROFESOR ASESOR: DR. JUAN GABRIEL SEGOVIA HERNÁNDEZ

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

Descripción general

El objetivo en el diseño de procesos químicos es producir un diseño de planta que sea óptimo con respecto al costo y el rendimiento. El rendimiento de la planta implica una amplia gama de criterios. Un buen diseño de proceso no solo debe exhibir un equilibrio óptimo entre el capital y los costos operativos, sino que también debe exhibir características de operabilidad que permitan que el desempeño económico sea realizable en un entorno operativo práctico. Un buen comportamiento dinámico asegurará que el proceso se pueda controlar en un tiempo adecuado aun cuando sus condiciones de operación cambien, lo que presenta una gran ventaja tanto económica como en la seguridad del proceso, aparte de asegurar que, si las condiciones de operación llegan a cambiar por producción o mercado, tenga la flexibilidad para adaptarse a esos cambios [1].

Las consideraciones de operatividad implican la flexibilidad y la capacidad de control. Aunque estos aspectos pueden parecer similares, corresponden a diferentes conceptos técnicos. La flexibilidad tiene que ver con el problema de asegurar una operación viable en estado estable en una variedad de condiciones de operación, mientras que la capacidad de control tiene que ver con la calidad y la estabilidad de la respuesta dinámica del proceso [2]. El número de condición y el valor singular mínimo brindan información importante en el control teórico para una frecuencia dada en una matriz de función de transferencia en un sistema multivariable, es la relación entre el valor singular máximo y mínimo, y representa la sensibilidad del sistema a la incertidumbre que se presenta en la entrada. Se deben evitar valores grandes pues implica que el sistema está mal acondicionado. El valor singular mínimo muestra que el sistema es invertible, por lo que también se deben de evitar valores cercanos a cero, lo ideal es tener valores cercanos a uno. El número de condición se asocia con la controlabilidad del proceso, mientras más bajo sea este será más fácil que el sistema pueda absorber una perturbación, asimilarse y recuperarse, tiene la bondad de decir qué tan fácil puede cambiar de un estado estacionario a otro ya que trabaja en estado dinámico, esto representa una gran ventaja a nivel industrial, ya que al momento de no presentar oscilaciones o que se establezca en poco tiempo, repercute enormemente en la operabilidad del sistema. Por lo anterior es posible tener como referencia al número de condición para medir la flexibilidad de un proceso [3]. La flexibilidad se puede definir, como la habilidad que tiene un proceso para acomodar un conjunto de parámetros inciertos, esta se puede calcular con el "índice de resiliencia" que está definido como la capacidad de recuperarse o adaptarse al cambio fácilmente. Entonces el índice de resiliencia se define como la carga total más grande, que independientemente de la dirección de la perturbación, un sistema es capaz de resistir sin volverse inviable [4].

Tener un sistema flexible indica que si se llega o se quiere alterar alguna de las variables del proceso, el sistema sea capaz de asimilar estos cambios sin que repercuta drásticamente en producto deseado, lo que representa una gran ventaja. Otra gran ventaja es que da la oportunidad que si se presentan varios estados estacionarios en los que se puede lograr el producto requerido, se pueda elegir el que menor gasto represente, encontrando así un beneficio en el costo y el rendimiento de la planta.

Entonces, la flexibilidad indica qué tanto puede soportar el sistema a diferentes estados estacionarios, en este caso es necesario conocer en qué rango puede sostener la pureza para la producción de silicio grado solar.

Como lo reportan Cabrera et al. [5] el número de condición puede ser utilizado como función objetivo con la ventaja de ser fácil de implementar y utilizar en un proceso de optimización. En base a esto, si el número de condición se pudiera asociar con la misma tendencia que la flexibilidad, daría paso a tener una única función objetivo de control, donde también se asegure que el proceso sea flexible, y así simultáneamente se obtendría un proceso que cumpla con otros objetivos propuestos (por ejemplo económicos, ambientales, etc.), y aparte obtener un óptimo controlable y un óptimo flexible. Cabe resaltar que hasta el momento no se ha reportado un problema multiobjetivo donde se incluya la flexibilidad y el control juntos, la idea de este trabajo es analizar la posibilidad de que el número de condición pueda tener correlación con la flexibilidad, y si funciona, lograr enriquecer y facilitar la función objetivo. Por lo tanto el objetivo de este trabajo es encontrar una posible relación entre el índice de controlabilidad representado por el número de condición y la flexibilidad.

Referencias

1. Sánchez, E., Alcocer, H., Quiroz, J., Ramírez, C., Segovia, J., Hernández, S., Errico M. & Castro, A. "Control properties of hybrid distillation processes for the separation of biobutanol". *J Chem Technol Biotechnol* 92 (2017) 959-970.
2. Saboo, A. K., Morari, M., & Woodcock, D. C. Design of resilient processing plants—VIII. A resilience index for heat exchanger networks. *Chemical Engineering Science*, (1985). 40(8), 1553-1565.
3. Cabrera, J., Santaella, M., Alcántara, R., Segovia, J. & Hernández, S. "Open-Loop Based Controllability Criterion Applied to Stochastic Global Optimization for Intensified Distillation Sequences". *Chemical Engineering Research and Design* (2017).
4. Di Petroro, A., Monystruc, L., Manenti, F. & Joulia, X. "Flexibility analysis of distillation column: indexes comparison and economic assessment". *Computers & Chemical Engineering*. (2019), 1-5.
5. Cabrera, J., Ramírez, C., Hasebe, S., Hernández, S. & Alcántar, J. R. "Outlook of the Dynamic Behavior of Closed-Loop Control through Open-Loop Analysis for intensified of Separation Processes". *Industrial & Engineering Chemistry Research* (2018), 16795-16808.

Objetivo(s)

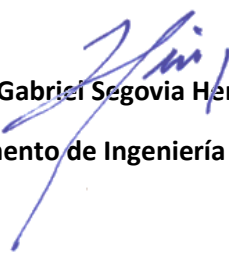
Establecer un nuevo indicador cuantitativo para la medición de la flexibilidad en procesos químicos a partir del uso del número de condición.

Plan de trabajo

Semana	Diseño del proceso base que se usará como caso de estudio	Obtención de la matriz de función de transferencia	Evaluación del número de condición en la matriz de función de transferencia	Correlación de del número de condición con el concepto de flexibilidad de procesos.	Análisis de resultados y escritura del reporte
22 al 26 de junio	XXXXXXXXXXXX				
29 junio al 3 de julio	XXXXXXXXXXXX				
6 al 10 de julio		XXXXXXXXXXXX			
13 al 17 de julio			XXXXXXXXXXXX		
20 al 24 de julio				XXXXXXXXXXXX	
27 al 31 de julio					XXXXXXXXXXXX

Resultados esperados

- 1.- Calcular la matriz de función de transferencia en procesos MIMO con presencia de reciclos.
- 2.- Calcular el número de condición en todo el dominio de la frecuencia en procesos MIMO con presencia de reciclos a través de la matriz de función de transferencia.
- 3.- Asociar el número de condición con el índice de flexibilidad de Morari para establecer una nueva medida cuantitativa de la flexibilidad.


Dr. Juan Gabriel Segovia Hernández
Departamento de Ingeniería Química