

PROCEDIMIENTO PARA LA CONSIDERACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN UN COMPLEJO FABRIL INTEGRADO

Yenlys Catá Salgado, Erenio González Suárez, Meilyn González Cortes,
Centro de Análisis de Procesos, Facultad de Química y Farmacia,
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
Mamady Bingo Toure y Pío Aguirre,
Centre Informatique Université de Conakry, République de Guinea

Recibido: 15/enero/2005

Aprobado: 7/junio/2005

Desde hace varios años se ha prestado una gran atención a la diversificación de la industria de la caña de azúcar, buscando alternativas más atractivas a través de la integración de procesos que tiendan a tecnologías más limpias, aprovechándose los recursos materiales y energéticos de los procesos involucrados, pero se carece de una metodología que garantice la máxima fiabilidad del sistema integrado. En este artículo se propone una metodología que considera la incertidumbre en la fiabilidad del complejo fabril integrado y la relacionada con los balances de masa y energía, por estar estrechamente vinculada tanto al dimensionamiento de los equipos en el diseño, como al análisis en las condiciones del proceso, lo que minimiza el riesgo de la inversión del sistema integrado.

Palabras clave: Integración de procesos, incertidumbre, complejo integrado.

Procedure for the consideration of the uncertainty in an integrated industrial complex

For several years a great attention to the diversification of the industry of the sugar cane, looking for alternative has been lent more attractive through the processes integration that tend to cleaner technologies, taking advantage the material and energy resources of the involved processes but methodology that guarantees the maximum reliability of the integrated system. In the present work intends a methodology that considers the uncertainty in the reliability of the total site integration and related in the mass and energy balance, sets out to be closely tie as much to the sizing of the equipment in the design, like a the analysis in the conditions of the process, which diminishes the risk of the investment of the integrated system.

Key words: Processes integration, uncertainty, total site integration.

INTRODUCCIÓN

Hasta el momento, la integración de procesos se ha llevado a cabo principalmente en procesos independientes, como primer paso de un análisis

de integración entre varias plantas, y en aquellos casos en que se han integrado varias fábricas en un complejo productivo, no se han tenido en cuenta aspectos como: el hecho de que una planta salga de funcionamiento por problemas

operacionales, o de mantenimiento, escasez de una materia prima, problemas con la calidad del producto, y son estos aspectos los principales argumentos que esgrimen los detractores de la integración de procesos.

Por ello se hace necesaria la consideración de la incertidumbre en los balances de masa y energía, por estar estrechamente vinculada tanto al dimensionamiento de los equipos en el diseño y a las condiciones del proceso, como el análisis de la fiabilidad del complejo fabril integrado, lo que minimiza el riesgo de la inversión.

DESARROLLO

Actualmente, la ingeniería está conduciendo a plantas más integradas y una falta en una porción del proceso puede influenciar decisivamente en el funcionamiento total de la planta o de las plantas involucradas al sistema. Por otro lado, la disponibilidad está conectada de cerca con el funcionamiento de la planta en términos de la seguridad e impacto ambiental.³

En la etapa del diseño de cualquier planta química, la decisión en la fabricación está frecuentemente sujeta a diversas clases de incertidumbre, desde ciertos parámetros que pueden ser inciertos, hasta en la información externa (tal como demanda del producto) y estos aspectos influyen en el análisis inversionista.¹

Aprovechando las ventajas que ofrece la industria azucarera para la integración en un sitio total,² se hace necesario el desarrollo de una metodología que considere los aspectos de incertidumbre en la disponibilidad de los equipos y en los balances de masa y energía en un complejo integrado por varias plantas de derivados.

Se propone un procedimiento que abarca los aspectos antes mencionados:

Análisis de mercado (se considera la incertidumbre en relación con los cambios futuros): se realiza un estudio de mercado, teniéndose en cuenta la demanda del mercado, los proveedores, distribuidores y los cambios futuros.

Selección de la tecnología (incertidumbre en los parámetros tecnológicos): se considera la incertidumbre en la disponibilidad de los conocimientos existentes en el país y la información para la asimilación y diseño de tecnología para el proceso en estudio y con ello fijar el esquema tecnológico.

Fijar capacidad de las plantas (incertidumbre en la capacidad de las plantas): para fijar la capacidad de cada planta se tiene en cuenta la incertidumbre de acuerdo a la demanda del producto o a la disponibilidad de la materia prima.

Obtención de los datos de capacidad y costo de los equipos: una vez fijadas las capacidades de cada planta, se procede a obtener la capacidad de los equipos y sus costos actualizados.

Análisis de las corrientes intermedias que pueden ser utilizadas en otros procesos o dentro del propio proceso: en este aspecto se comienza con un estudio detallado de las corrientes que pueden ser aprovechadas tanto material como energéticamente en los procesos involucrados. Se recomienda la utilización de herramientas modernas de integración de procesos.

Optimizar la redistribución de los flujos que pueden ser utilizados dentro del proceso o en otros procesos: a partir de que se tengan las soluciones iniciales, se procede a obtener la redistribución óptima de los flujos que se incorporan al proceso o a otro proceso.

Obtención de la función de fiabilidad de cada equipo: a partir de los datos de fallo de cada uno de los equipos se obtiene la función de fiabilidad, teniendo en cuenta la característica del sistema, si está conectado en serie o en paralelo.

Selección del tiempo para realizar el mantenimiento de cada equipo: en este punto se fija el tiempo de mantenimiento para cada equipo.

Cálculo de la probabilidad de trabajo sin fallo para cada equipo: a partir de los datos anteriores se calcula la probabilidad de trabajo sin fallo de cada equipo, si la misma es inferior a 0,5 se debe disminuir el tiempo de mantenimiento del equipo y volver a realizar este punto, si no pasar al punto posterior.

Construcción del diagrama de fiabilidad del sistema integrado: se construye el diagrama de fiabilidad del complejo fabril integrado.

Condiciones límites de redundancia y costo: se pasa a fijar las condiciones límites de redundancia, teniendo en cuenta que sería más factible si la redundancia fuera activa o pasiva por equipos.

Definir objetivo de la optimización: en este aspecto se define el objetivo maximizar el nivel de fiabilidad del sistema teniendo en cuenta como restricción el costo total de inversión.

Plantear el problema matemático: se plantea el modelo matemático, el cual puede ser tratado de tres formas: asignación óptima de redundancias, asignación óptima de fiabilidad a las unidades o intervalo óptimo de mantenimiento a unidades y la tercera es un problema de optimización multiobjetivo. Luego se pasará a la optimización del modelo.

Optimizar la disponibilidad de los equipos: a partir de los resultados alcanzados en la optimización se obtiene el número óptimo de equipos en cada etapa, el tiempo de trabajo sin fallo y la disponibilidad de los equipos en el complejo integrado.

Influencia de la incertidumbre en los balances de masa y energía en el complejo integrado: se realizan los balances de masa y energía en la fábrica de azúcar y las plantas de derivados que conforman el complejo fabril, y se determina su influencia en el análisis de riesgo en el proceso inversionista.

Análisis de alternativas económicas de producción e inversión: se determinan los indicadores dinámicos con vistas a analizar la factibilidad del proyecto y la influencia que tienen estos factores en el mismo, permitiendo determinar la mejor alternativa.

¿Hay otras tecnologías?: se analiza si existen nuevas tecnologías para el proceso y, de existir, se realizan los pasos anteriores.

¿Hay nuevas capacidades?: se analizan las posibilidades de nuevas capacidades, de existir, se fija una nueva capacidad y se realizan los pasos posteriores.

Escoger variante óptima: una vez realizado todo el análisis se escoge la variante óptima, valorándose la posibilidad de implementación en cada fábrica.

CONCLUSIONES

1. Se carece de un procedimiento que contribuya a la obtención de tecnologías más limpias considerando la incertidumbre.
2. Se garantiza con el procedimiento que se aprovechen corrientes materiales y energéticas dentro del propio proceso o en otros procesos, minimizando los residuales al final de la tubería.
3. Con la aplicación de esta estrategia, se garantiza un incremento de la fiabilidad del complejo integrado considerando la incertidumbre.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Bemardo, F. P.; E. N. Pistikopoulos and P. M. Saraiva: "Inclusion of information costs in process design optimization under uncertainty", *Computers and Chemical Engineering*, Vol 24, pp. 1695-1701, 2000.
- 2) González, C. M.; B. S. Machado y S. Y. Catá: Alternativas para la integración energética entre varias plantas en un sitio total. III Taller Caribeño de Energía y Medio Ambiente, marzo 2004.
- 3) Michelsen, O.: "Use of reliability technology in the process industry". *Reliability Engineering and System Safety*, Vol 60(2): 179-181, 1998.