

Título de la Tesis: “Monitoreo estadístico de procesos batch: aplicaciones a reactores de polimerización”

Doctorado en Ingeniería Química

Autor: Álvarez Medina, Carlos Rodrigo

Directores: Sánchez, Mabel Cristina - Brandolin, Adriana.

Resumen

Esta tesis comprende el desarrollo e implementación de nuevas metodologías de control estadístico multivariable (MSPC), su aplicación para monitorear la producción de procesos de polimerización en emulsión discontinuos (batch) y la comparación del desempeño de diferentes estrategias dedicadas al monitoreo estadístico de procesos batch. Los procesos de polimerización presentan características que los hacen atractivos como casos de estudio para evaluar las técnicas de MSPC. Dada la complejidad de estos sistemas, y la gran cantidad de fuentes de variación que los afectan, la implementación de técnicas de monitoreo y control basadas en datos resulta una alternativa atractiva y realizable. Los procedimientos de MSPC se componen de tres etapas fundamentales: detección, identificación y diagnóstico. El estado del sistema se monitorea en forma continua para evaluar si el mismo se encuentra operando en condiciones normales. Si se detecta un evento anormal, resulta necesario identificar las variables que señalan esta condición y luego diagnosticar la causa primera de la anomalía. Los estudios y desarrollos de esta tesis comprenden a las etapas de detección e identificación de fallas. Se desarrolló una nueva metodología, denominada OSS (Original Space Strategy), para la descomposición del estadístico de Hotelling en el espacio de las mediciones, que permite evaluar la influencia que tiene cada variable en el valor de dicho estadístico. Las principales ventajas de la estrategia de identificación propuesta son las siguientes: permite monitorear el proceso usando un sólo estadístico, reduce significativamente las ambigüedades en la identificación de fallas propias de otras técnicas existentes, evita la posible pérdida de información originada por la proyección de los datos en un espacio de variables latentes de dimensión incorrecta, proporciona una clara comprensión del significado físico de las contribuciones negativas al estadístico y determina un valor límite para las mismas. Se propone la incorporación de la metodología OSS como herramienta de identificación en el nuevo procedimiento de monitoreo de procesos batch propuesto. En esta tesis se analizaron en detalle los métodos más utilizados para el monitoreo de procesos batch. Los mismos se basan en técnicas de proyección tales como el Análisis de Componentes Principales (PCA) y el Análisis de Componentes Independientes (ICA). Se comparó el desempeño de estas estrategias con la propuesta en esta tesis, mediante su aplicación a un reactor de polimerización. El conjunto de datos analizados se obtuvo por simulación usando un modelo riguroso de un reactor de polimerización en emulsión de metacrilato de metilo. La comparación del desempeño se basó en los resultados obtenidos mediante la aplicación de los procedimientos a una serie de fallas conocidas. Los mismos se compararon en términos de: la capacidad de cada técnica para detectar la existencia de la falla y la exactitud con la que la metodología indica las variables sospechosas durante la etapa de identificación. Los resultados de la aplicación de la estrategia propuesta, caracterizada por utilizar un solo estadístico, a este complejo caso de estudio muestran un muy buen desempeño de la misma, en lo referente a su velocidad de detección y exactitud en la identificación, cuando se lo compara con el obtenido usando PCA o ICA.

Título de la Tesis: “Monitoreo estadístico de procesos batch: aplicaciones a reactores de polimerización”

Doctorado en Ingeniería Química

Autor: Álvarez Medina, Carlos Rodrigo

Directores: Sánchez, Mabel Cristina - Brandolin, Adriana.

Abstract

This thesis involves the development and implementation of new methodologies for Multivariate Statistical Process Control (MSPC), their application to monitor the production of batch emulsion polymerization processes and the performance comparison among different techniques devoted to the statistical monitoring of batch processes. Polymerization processes have distinctive features that make them attractive as case studies to evaluate MSPC techniques. Due to the inherent complexity of these systems and the huge amount of variation sources that affect them, the implementation of data-driven monitoring and control techniques arises as an attractive and feasible alternative. The MSPC procedures are made up of three essential stages: detection, identification and diagnosis. The process state is evaluated continuously to determine if its operation is normal. If an abnormal event is detected, it is necessary to identify the variables that signal this condition, and then to diagnosis the first source of the anomaly. The studies and developments of this thesis involve the fault detection and identification stages. A new methodology, called OSS (Original Space Strategy), is developed to decompose the Hotellings statistic that allows evaluating the influence of each variable on the statistic value. The main advantages of the proposed identification strategy are: process monitoring is accomplished using only one statistic, it significantly reduces the ambiguities in fault identification inherent to other existing techniques, it avoids the possible loss of information that may arise when data are projected into a latent variable space of inappropriate dimension, it provides a clear understanding of the physical meaning of negative contribution to the statistic value and determines a limit for them. It should be highlighted the incorporation of the OSS methodology as identification tool for the new proposed monitoring procedure. In this thesis the most used methods for batch process monitoring are analyzed in detail. They are based on projection techniques, such as, Principal Component Analysis (PCA) and Independent Component Analysis (ICA). A performance comparison is conducted among these strategies and the proposed one for their application to a polymerization reactor. The data set was obtained by simulation using a rigorous model of an emulsion polymerization reactor for the production of methylmetacrylate. The performance comparison is based on the results obtained from the application of the procedures to a set of known faults. They are compared in terms of the capacity of each technique to detect the existing faults and the accuracy of the methodology to indicate the suspicious variables during the identification stage. The application results of the proposed strategy, which is characterized by the use of only one statistic, to this complex case study show that it has a good performance regarding its detection velocity and identification accuracy, in comparison with methods base on PCA o ICA.