

RESUMEN

Existe un interés relativamente reciente por parte de los investigadores del área de la estadística industrial y de la de ingeniería de sistemas y automática, y por los ingenieros de calidad y los de procesos, en la integración del SPC (Control Estadístico de Procesos) y del APC (Control Automático de Procesos). Estas dos filosofías de control se han desarrollado hasta recientemente de forma independiente. El objetivo general tanto del SPC como del APC, es optimizar el funcionamiento de los procesos, reduciendo la variabilidad de las características resultantes en torno a los valores deseados. El fundamento de ambas disciplinas, parte de la idea de que todo proceso presenta variaciones en su funcionamiento. Estas variaciones pueden afectar en mayor o en menor medida a la calidad final del producto y a la productividad del proceso. Las dos metodologías conceptualizan los procesos y su control de diferentes formas, se originaron en diferentes sectores industriales y han evolucionado de forma independiente, hasta que se dedujo el interés de integrarlas en el control de los procesos industriales, ya que se advirtió que podían ser complementarias, antes que contrapuestas, como se entendían hasta entonces y se exploró la posibilidad de aunar las ventajas de ambas integrándolas en un nuevo paradigma de control.

Los ingenieros de calidad más familiarizados con las técnicas SPC, han sido reacios a utilizar técnicas de regulación por el temor al sobreajuste de los procesos y los ingenieros de procesos más habituados a aplicar el control *feedback*, en procesos que presentan autocorrelaciones y falta de estacionaridad, que de hecho se volverían inestables de no ser regulados, han sido reticentes a utilizar las técnicas tradicionales SPC, ya que en este tipo de procesos estas técnicas no han resultado eficientes. Como consecuencia, no existen muchos estudios sistemáticos de cómo aplicar la regulación automática en estrategias de mejora continua de la calidad. Hasta ahora los trabajos realizados en el desarrollo de la integración de APC y SPC se han venido haciendo en el ámbito de procesos SISO, siendo muy escasos los trabajos realizados en los procesos MIMO. Esta tesis se centra en el estudio de la integración de procedimientos multivariantes para la regulación óptima y la monitorización estadística de procesos con el propósito de contribuir a la mejora de la calidad y de la productividad de los procesos. La metodología propuesta se ha aplicado con fines ilustrativos a un proceso MIMO de obtención en continuo de polietileno de alta densidad (PEAD).

En primer lugar, se considera el problema de la identificación y posterior estimación de un modelo del proceso. Las variables controladas en este modelo han sido la principal característica de calidad del producto y una variable de productividad, esto último es innovador puesto que las variables de productividad se miden, pero no se consideran variables controladas. Para ello, se emplean dos metodologías de series temporales multivariantes, la obtención de la función de transferencia múltiple en forma parsimoniosa de Box-Jenkins y la obtención de la función de respuesta a impulsos mediante las series temporales multivariantes TS-PLS (*Time-Series-Partial Least Squares*). Estas dos metodologías se han comparado teniendo en cuenta distintos aspectos como son la simplicidad del proceso de modelado en las etapas de identificación, estimación y validación del modelo, así como la utilidad de las herramientas gráficas que proporcionan ambas metodologías, la bondad de ajuste obtenida, y la simplicidad de la estructura matemática del modelo.

A partir del modelo de función de transferencia múltiple estimado, elegido como el más adecuado para este tipo de procesos, se desarrolla el controlador DMC (*Dynamic Matrix Control*), un algoritmo de control automático que pertenece a la familia del Control Predictivo basado en Modelos (*MPC Model Predictive Control*). Se presenta un método de sintonizado óptimo del controlador que permita maximizar su rendimiento, aplicando diseño de experimentos 2^{k-p} .

Finalmente, se ha desarrollado un sistema de control integrado MESPC (*Multivariate Engineering Statistical Process Control*). Para implementar la componente de monitorización de este sistema integrado se han empleado métodos de control estadístico de procesos de proyección en estructuras latentes (Lsb-MSPC). Este módulo de monitorización se ha diseñado para que actúe como supervisor tanto del proceso como del controlador DMC. Para ello, se ha estimado un modelo PCA-NOC (*Principal Component Analysis-Normal Operation Conditions*), en el que han intervenido variables tanto del proceso, como de calidad derivadas de la componente de control automático. A partir de este modelo se han derivado los gráficos T_A^2 y DModX. Se ha evaluado el funcionamiento del sistema MESPC, sometiénolo a fallos potenciales o causas especiales de variabilidad simulados, analizando la respuesta del sistema MESPC propuesto.

En resumen, se propone un sistema de control integrado automático y estadístico que se puede aplicar a procesos industriales MIMO, que se estudia y se evalúa aplicándolo a un proceso continuo de obtención de PEAD. Se demuestra cómo con este nuevo paradigma de control, se puede mantener mejor la estabilidad del proceso y mejorar continuamente la calidad y la productividad. Por lo tanto, se pueden conseguir beneficios económicos significativos derivados de la consistencia de la calidad de los productos y del incremento de la productividad de los procesos. Esta investigación contribuye directamente a los programas de mejora de la calidad de la industria de procesos en continuo y al campo de la estadística aplicada.