

Control activo tolerante a fallas de procesos dinámicos

POR CRISTINA VERDE

Los sistemas tecnológicos complejos, como son las centrales de generación de energía eléctrica, las aeronaves, y las plataformas marinas y espaciales, están sujetos a eventos y fallas inesperadas. La realidad demanda alta eficiencia y seguridad en los sistemas de control y esto ha motivado el desarrollo de supervisores automáticos virtuales con capacidad de diagnóstico y manejo de fallas, de manera que la seguridad de la infraestructura domine sobre la eficiencia del sistema. El tipo de supervisores que alertan permanentemente sobre el deterioro y condiciones de fallas se denominan activos dentro de la comunidad de control automático. Así, uno de los objetivos de un control activo tolerante a fallas, además de su tarea básica de regular y dar seguimiento a un proceso, debe ser el monitoreo permanente del comportamiento de dicho proceso para detectar e identificar fallas provocadas por envejecimiento y perturbaciones extremas no previstas, que causan daños y catástrofes de grandes consecuencias.

El monitoreo automático oportuno para diagnosticar fallas se puede lograr cuando se dispone de información sobre el comportamiento del proceso en condiciones normales, y existe cierta redundancia en la información que se observa o mide del proceso supervisado.

Sin embargo, a pesar de la claridad y simplicidad con que se describe la tarea de un control activo tolerante a fallas, el diseñar los algoritmos que lleven a cabo esta tarea cabalmente demanda nuevos retos para la comunidad de seguridad de procesos.

Las innumerables posibilidades de fallas y la ausencia de modelos de comportamiento en tales casos dificultan la generalización de procedimientos para diseñar los controladores.

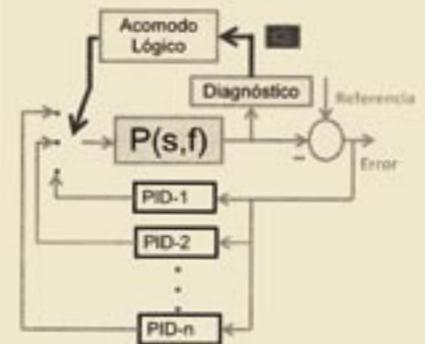
Por otro lado, ha resurgido recientemente el interés por el esquema del controlador industrial llamado PID (proporcional integral derivativo) que combina tres acciones; la proporcional al error, la integral del error y la derivada del error, modelado en su forma más simple como:

$$\text{acción} = K_p e(t) + K_i \int_{t_0}^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

donde $e(t)$ representa el error de la variable por controlar. Este resurgimiento se debe al desempeño satisfactorio del controlador en diversas condiciones de operación y a la posibilidad de ajustarlo con modelos simples del sistema o excitándolo con señales de prueba particulares. Además, se dispone de paquetes de diseño asistidos por computadora que permiten determinar las familias de PID que garantizan la estabilidad del lazo de control retroalimentado en condiciones normales del sistema. Sin embargo, las propuestas novedosas reportadas para diseñar un control activo tolerante a fallas no consideran al PID como un controlador viable, a pesar de sus bondades, ni como el regulador ideal.

Esta desestimación junto con la necesidad de mejorar la seguridad de las centrales eléctricas de generación de ciclo combinado, basadas en turbinas de gas, motivó que investigadores del Instituto de Investigaciones Eléctricas y de la Coordinación de Eléctrica y Computación, del II, se propusieran establecer un procedimiento para diseñar y ajustar los sistemas de supervisión activos de las turbinas de gas de una central retomando los controladores industriales PID, ya que gracias a éstos es posible aplicar una acción de control para proporcionar la energía necesaria a fin de mantener la velocidad de la turbina.

El esquema propuesto para resolver esta tarea se presenta en la ilustración, y consiste en integrar un detector y un identificador de fallas, a un sistema de conmutación por software de la familia de controladores PID estabilizantes del proceso, para que lo mantenga estable ante fallas, con una probable disminución de la eficiencia del sistema, pero garantizando la seguridad del proceso.



En cuanto al sistema de diagnóstico y generación de síntomas, éste se diseña en el marco de la teoría de grafos bipartitas, que estudian propiedades estructurales de los modelos y, por tanto, simplifican la generación de los síntomas de las fallas. Por otro lado, la familia de PID se diseña también fuera de línea con el modelo nominal y en condiciones de fallas a partir de la respuesta en frecuencia del proceso para cada escenario de falla. Los resultados del esquema y lógica de conmutación, aplicados al simulador de la central eléctrica de ciclo combinado de Gómez Palacios, han sido alentadores, y han permitido desarrollar herramientas de control activo con énfasis en el control de la potencia suministrada por la turbina de gas, en la cual se consideran fallas mecánicas en el turbogenerador y pérdidas de poder calorífico del combustible.

En esta investigación trabajan la doctora Cristina Verde, investigadora de la Coordinación de Eléctrica y Computación del II, y el maestro Marino Sánchez Parra, del Instituto de Investigaciones Eléctricas.