

SIMULADOR

HTST 1.0

Simulador HTST 1.0

Simulador Dinámico de Tiempo Real

La Simulación Dinámica tiene gran aplicación en los estudios realizados para optimizar el diseño o las condiciones de operación de una planta. Al permitir conocer la forma en que evolucionará el proceso ante perturbaciones dadas, la Simulación Dinámica permite identificar estados peligrosos o inconvenientes para el proceso que no podrían detectarse con una Simulación Estacionaria. Por los mismos motivos, un Simulador Dinámico es de suma utilidad para realizar el entrenamiento de operarios o de estudiantes de ingeniería. Sin embargo, esta herramienta tendría mucho más potencial en todas las aplicaciones si se le sumara la característica de Tiempo Real. Esto es, el simulador debe permitir que el usuario pueda interactuar continuamente mientras se está realizando la simulación. Más aún, el tiempo de simulación deberá ser totalmente equivalente al Tiempo Real de operación del proceso. En la presente sección se hará referencia de la forma en como se construye un simulador con estas características.

Las ventajas de la Simulación Dinámica sobre la Estacionaria es algo ampliamente reconocido en la bibliografía. Sin embargo, la mayoría de los Simuladores Comerciales es del tipo estacionario. Esto se debe a las dificultades que encontraron los equipos de investigación para desarrollar Simuladores Dinámicos tan generales como los Estacionarios. En efecto, la mayor complejidad de los modelos (se agregan ecuaciones diferenciales), el uso intensivo del módulo de físico-química (es necesario calcular las propiedades involucradas en las constantes de tiempo), y la mayor exigencia para los métodos numéricos (mayor complejidad del modelo y de las condiciones de operación del simulador), han elevado considerablemente el costo de desarrollo de este tipo de simuladores.

Por otra parte, los Simuladores de Tiempo Real están siendo ampliamente utilizados en otros campos. La aeronáutica es uno de ellos. Allí, los Simuladores de Tiempo Real permiten el óptimo entrenamiento de pilotos salvaguardando vidas y costoso equipamiento. De esta manera, no sólo se elimina el riesgo de pérdidas de vidas o equipos, sino que, también se disminuyen drásticamente los costos de entrenamiento (no hay consumo de combustible, no se utiliza un avión real, no se renta una pista, no hay gasto de personal, etc.).

La utilidad que tendría una herramienta de este tipo para plantas químicas

es amplificada por las características del sistema a tratar. En efecto, las plantas químicas tienen un elevado costo de operación, los riesgos de causar pérdidas de vidas y bienes materiales ante un accidente son inaceptables, la complejidad de las mismas ha crecido notoriamente (reciclos, sistemas altamente interconectados, complejos sistemas de control, etc.). Todos estos elementos hacen aumentar notoriamente la conveniencia de contar con un Simulador Dinámico de Tiempo Real para desarrollar tareas de diseño, mantenimiento, supervisión, control y entrenamiento.

Sin embargo, si ya era costoso el desarrollo de un Simulador Dinámico, mucho más costoso es el desarrollo de un Simulador Dinámico de Tiempo Real. En efecto, a las exigencias que plantea un Simulador Dinámico se les agregan las propias de un Simulador de Tiempo Real. No sólo eso, muchas de esas exigencias tienden a ser incompatibles entre ellas. Por ejemplo, la complejidad del modelo Dinámico se contrapone con la necesidad de velocidad de cálculo que exige el funcionamiento en Tiempo Real. Algo parecido ocurre con la interfaz gráfica, la misma debe presentar la información necesaria a la vez que debe proveer también los elementos de control, todo esto sin abrumar al usuario para que pueda controlar el Simulador de Tiempo Real.

En este trabajo se analiza una estructura básica que permite la construcción de un Simulador Dinámico de Tiempo Real. Se tomará un sistema simple para ejemplificar dicha estructura y los pasos que deben darse para implementarla. A pesar de la simplicidad del sistema elegido, todos los conceptos explicados son directamente aplicables a sistemas de mayor complejidad como la del pasteurizador HTST, tema principal del libro.

Ruido

Por lo general, los Simuladores Comerciales no son capaces de simular los ruidos de un proceso. Esta característica puede ser importante en un Simulador de Tiempo Real que será utilizado en el entrenamiento de operarios o estudiantes de ingeniería. En efecto, estas personas deben estar capacitadas para enfrentar los inconvenientes que plantean los ruidos del proceso: dificultad para determinar el valor exacto de alguna variable, inestabilidad en los sistemas de control mal ajustados, dificultad para estimar tendencias, etc.. Es por este motivo que en la presente sección se hará referencia a un método para dotar a un simulador con la capacidad para simular ruidos. Todos los pasos son ejemplificados utilizando un

sistema simple: un tanque con flujo por gravedad y un sistema de control de nivel P+I.

Los ruidos que afectan a un sistema pueden ser clasificados, desde el punto de vista de su origen, en internos y externos. Los ruidos internos, se originan en el interior del sistema que será simulado, mientras que los ruidos externos, se originan fuera de él. En el sistema del tanque presentado previamente, un ruido externo es el ruido que afecta el caudal de alimentación (variaciones del caudal). Este ruido es independiente del sistema simulado, y se origina fuera de las fronteras del mismo. Sin embargo, este ruido afecta al tanque y debe ser considerado en la simulación. Un ejemplo de ruido interno son las ondulaciones que se originan en el nivel de líquido provocadas por el caudal de alimentación que cae desde una cierta altura.

Normalmente, las lecturas de las variables reportadas por el sistema de adquisición de datos no reflejan exactamente los valores de las variables medidas. Este error se debe a una suma de errores producidos en los sensores, transmisores, codificadores, etc.. El error es variable, y es casi imposible determinar su funcionalidad en el tiempo. Adicionalmente, en un proceso real las variables no adoptan exactamente los valores

teóricamente normales (valores de diseño), sino que comúnmente fluctúan alrededor de los mismos. Estas fluctuaciones se deben a influencias externas del proceso (variaciones en la materia prima, servicios, etc.) y fenómenos internos al mismo (turbulencias, vibraciones, etc.). Por lo tanto, el ruido total que afecta a una variable tiene una naturaleza compleja e incierta. Es por ese motivo que es conveniente idealizarlo y tratarlo como un ruido blanco¹.

Los ruidos externos son más fáciles de simular que los internos, por esta razón, basta con agregar el ruido generado a las correspondientes variables. Siguiendo el ejemplo del tanque, las fluctuaciones en el caudal de la corriente de alimentación deben ser interpretadas como un ruido externo. Para ello basta con generar los valores del caudal de entrada, como un número aleatorio con distribución normal con valor medio μ_{F1} y desviación estándar σ_{F1} .

La simulación de ruidos internos exige un poco más de atención. Esto es porque en los modelos no se explicitan todas las variables de estados. En consecuencia, puede ser necesario realizar algunas modificaciones para

¹ **Ruido Blanco** es una idealización matemática que cumple con la condición de tener un valor medio nulo y armónico que abarcan todas las frecuencias del espectro. La señal con

poder simular adecuadamente un ruido interno. En el caso del tanque, un ruido interno es el causado por la caída desde una cierta altura de la corriente de alimentación.

Fallas

Los Simuladores Comerciales no son capaces de simular fallas durante el proceso. Esta característica puede ser importante en un Simulador de Tiempo Real que será utilizado en el entrenamiento de operarios o estudiantes de ingeniería. En efecto, estas personas deben estar capacitadas para enfrentar los inconvenientes que plantean las fallas en el proceso: valores anormales de las variables, estados peligrosos o no óptimos del proceso, dinámica compleja, etc.. Es por este motivo que en la presente sección se hará referencia a un método para dotar a un simulador con la capacidad para simular fallas.

Las fallas que afectan a un sistema pueden ser caracterizadas desde varios puntos de vista. En este trabajo, en el modelado se analizarán las fallas

ruido puede ser aproximada mediante un generador de números aleatorios. Generalmente se selecciona un generador que produce distribuciones normales.

que afectan parámetros del modelo y las que afectan a la forma del modelo, como así también la simulación de fallas bruscas, graduales, débiles y fuertes.

Por falla se entiende a la perturbación inicial que afecta al sistema, haciendo que el mismo abandone su estado normal de operación. Las consecuencias observables de una falla se denominan, síntomas. Los síntomas más comunes son los valores anormales que adoptan las variables. Para simular una falla se deberá modelar la perturbación inicial. Luego, la misma simulación se encargará de propagar los efectos a lo largo del sistema originando una serie de síntomas.

El modelado de la perturbación inicial puede requerir la alteración del valor de algún parámetro del modelo, una variable de entrada, o la alteración del mismo modelo. Por ejemplo, si en el sistema del tanque se desea simular un taponamiento en la válvula de descarga, entonces bastará con reducir el valor del parámetro C_v . Si se quiere modelar la disminución del caudal de alimentación, basta con disminuir el valor de la variable de entrada F_1 . Por el contrario, si lo que se desea modelar es una pinchadura en el tanque a un altura h , esto requiere que el modelo se modifique apropiadamente.