ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Identificación y diseño del controlador para un sistema de regulación de nivel de una caldera

César Wonsang Valle [1], Carlos Méndez [2], César Martín [3]
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación [1] [2] [3]
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)[1] [2] [3]
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral, Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador [1] [2] [3]
cwonsangv@fiec.espol.edu.ec [1], cmendez@espol.edu.ec [2],camartin@fiec.espol.edu.ec [3]

Resumen

El proyecto que a continuación se presenta es el diseño de un controlador para el nivel de agua en el calderín de una caldera acuatubular previa mente identificada por los métodos NO PARAMETRICOS Y PARAMETRICOS. La referencia de nuestra planta es una caldera Acuatubular que se encuentra ubicada en una industria local, esta caldera tiene una presión de operación de 120 PSI y genera un vapor de 75000lb/h con una alimentación de 30000lb/h.

Tenemos el modelo matemático para la planta virtual, las ecuaciones desarrolladas y simplificadas del análisis de balance de materia y energía, encontramos también una prueba que consiste en la aplicación de una señal de entrada paso a lazo abierto para ver cómo responde la planta virtual, tenemos el diseño de dos entradas para la planta virtual la PRBS y la MSS. También encontramos la identificación no paramétrica, el análisis de correlación y espectral, el pre blanqueado de una señal de entrada, el proceso de los datos de la planta como: remover medias y elección de rango. Tenemos la descripción del cómo se realiza los pasos del desarrollo del análisis paramétrico, el análisis y elección del mejor modelo.

Finalmente el estudio y diseño de un controlador con la herramienta sisotool, las pruebas del controlador para el modelo de la planta elegida.

Palabras claves: *Caldera, Acua, 75000*

Abstract

The project that follows is the design of a controller for the water level in the tank of a boiler prior acuatubular mind not identified by parametric and parametric methods. The reference of our plant is a boiler Acuatubular which is located in a local industry; this boiler has an operating pressure of 120 PSI and generates steam 75000lb/h with a power 30000lb/h.

We have the mathematical model for the virtual plant, the equations developed and simplified the analysis of mass and energy balance, we also find a test that involves the application of an input signal open loop step response to see how the virtual plant, we the design of two tickets for the PRBS virtual plant and MSS. We also found identification nonparametric correlation analysis and spectral pre milled an input signal, the data processing of the plant as: removing middle range and choice. We have the description of how to perform the steps in the development of parametric analysis, analysis and choice of best model.

Finally, the study and design of a controller with sisotool tool, testing the driver for the model plant chosen.

Keywords: *Caldera, Acua, 75000*

1. Introducción.

En el presente trabajo se realizara el estudio de una caldera Acuatubular, a la cual se le buscara un modelo virtual que trabajara con los mismos efectos termodinámicos de este sistema para poder realizar las pruebas respectivas que necesitaremos para nuestro estudio respectivo.

Se diseñara una entrada para la planta virtual mencionada anteriormente la cual servirá para obtención de datos y procesos de los mismos. La técnica que se utilizara para este trabajo será la identificación de sistema, este método tendremos que realizarlo en dos partes no paramétricos y paramétricos. El objetivo principal será encontrar una función de transferencia que tendrá un parecido a la planta real en sus características principales.

En el estudio no paramétrico se utilizara el análisis de correlación y análisis espectral aquí se observara: la respuesta a la entrada paso, el orden de la planta, si tiene tiempos muertos, tiempo de estabilización, Tao dominante. Con estos parámetros confirmaremos también que la señal de entrada que diseñaremos será la adecuada.

En el estudio paramétrico se utilizara el método PEM el cual tendrá los siguientes modelos ARX-ARMAX-OE-BJ. Estos métodos dependerán de los coeficientes de cada modelo. Aquí tendremos que elegir el mejor modelo que represente a nuestra planta real realizaremos las comparaciones entre los modelos que diseñaremos.

Uno de los objetivos será el diseño de un controlador el cual tendrá las capacidades de darle una estabilidad al sistema en los momentos que sufra cambios representativos, nos ayudaremos con la herramienta Sisotool.

2. Aplicaciones.

Este proyecto puede aplicarse en el campo industrial para controlar niveles de fluidos de algún sistema específico. Pero sin embargo el criterio de técnicas de control es aplicable a cualquier proceso industrial, económico e incluso social. El controlador estará inspeccionando constantemente la variable de control para mantener el nivel establecido de la variable de interés durante todo el proceso.

3. Herramientas de Hardware utilizadas.

Se utilizó para el desarrollo del proyecto la caldera acuatubular de 75000lb/h para observar el funcionamiento real de una caldera, todos los sets necesarios para la operación de la caldera así como todas las protecciones necesarias en el proceso.

La caldera que se va a simular en el proyecto es una caldera fija, de combustible líquido, de subida natural con el hogar en sobrepresión, apoyada en el suelo, con transmisión de calor a través de convección y radiación, acuatubular tipo ‘O’, ya que el agua circula por el interior de los tubos donde la estructura de dichos tubos tienen forma de O.

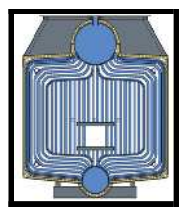

Figura 3.1 Caldera Acuatubular tipo ‘O’

Esta caldera tiene una presión de operación de 120 PSI y una alimentación de H_2O de 30000lb/h con una capacidad máxima de producción de vapor de 75000lb/h. El tambor donde se produce la evaporación de agua tiene la capacidad de 24000lbs.

4. Herramientas de Software

Para el desarrollo del proyecto utilizamos Matlab y aplicaciones de esta herramienta como SISOTOOL, SIMULINK, IDENT, CRA, entre otras aplicaciones para la identificación del sistema.

Empezamos la utlizacion de Matlab con una aplicación llamada InputDesingGui para la generación de las señales de entrada, tenemos también el uso posterior de Simulink donde realizaremos la planta virtual donde someteremos las señales de entradas.

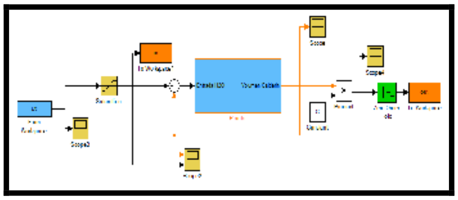

Figura 4.1 Planta en Simulink

Con los datos obtenidos en la planta virtual realizaremos el análisis de los datos por medio de la herramienta Ident y así poder seleccionar la entrada más adecuada para nuestra planta. Esta entrada nos ayudara en el diseño del controlador realizado con la herramienta Sisotool. La respuesta obtenida la podemos observar en la siguiente figura.

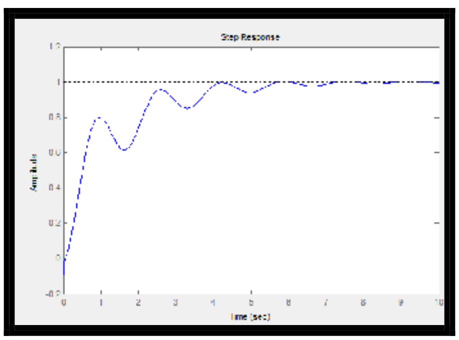

Figura 4.2 Respuesta con el Controlador.

5. Descripción del Proyecto

El proyecto empieza con el modelamiento matemático de la cadera debido a no tener a disposición la caldera real, por razones comerciales. Este modelo matemático es desarrollado luego en Simulink, ya teniendo nuestra planta virtual la sometemos a entradas previamente generadas en InputDesigGui. La finalidad de realizar estos pasos es tener una señal lo más amigable posible para nuestra planta y obtener una buena salida de datos del proceso para realizar una buena identificación.

Los Datos de entrada y salida de la planta virtual serán analizados con herramientas como el CRA e IDENT, donde realizaremos análisis paramétricos y no paramétricos, los cuales nos detallaran si estas entradas son validas o no y la dinámica existente entre estas señales, Esta dinámica nos indica cual es el comportamiento de nuestra planta a identificar.

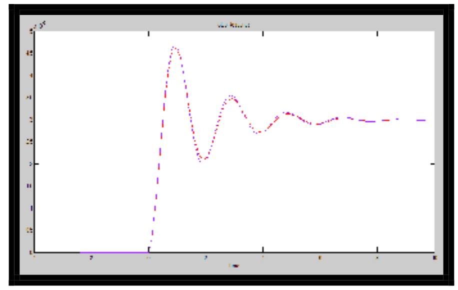

Figura 5.1 Respuesta paso ARMAX 2121 y BJ 12221

Una vez seleccionada la mejor entrada al sistema ya tenemos nuestra planta identifica debido a que esta respuesta obtenida tiene la información necesaria pata obtener la función de transferencia de nuestra planta. Esta planta será exportada a Simulink para diseñar un controlador acorde a nuestra planta obtenida.

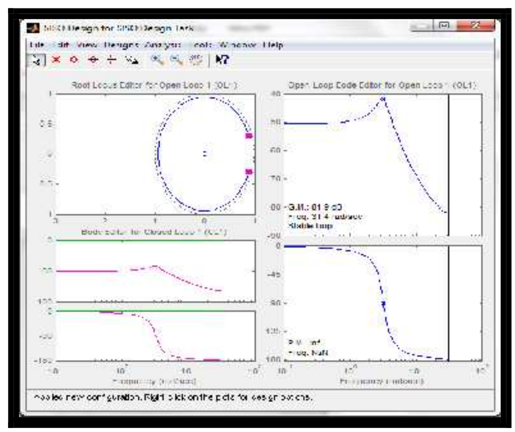

Figura 5.2 Respuesta de nuestra planta.

Para el diseño del controlador haremos uso de Sisotool con su herramienta Auto-Tunning con la cual tendremos la mejor trayectoria de raíces para el controlador de la planta, no siempre la primera posición de las raíces en la trayectoria son el mejor controlador, el criterio de selección del controlador esta dado por el comportamiento de la planta (Primer orden, segundo orden, etc.) ya que caso contrario nuestro controlador podría perder la variable y no recuperarla.

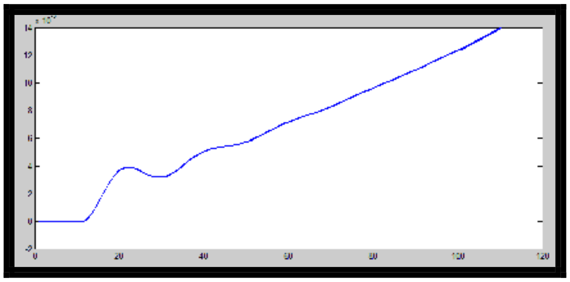

Figura 5.31 Respuesta de un controlador mal seleccionado.

En la figura 5.3 tenemos un controlador mal seleccionado para nuestra planta debido a que se ignoro el comportamiento de segundo orden de la planta y se lo trato como si tuviera una dinámica de primer orden. El controlador final se presenta en la siguiente figua.

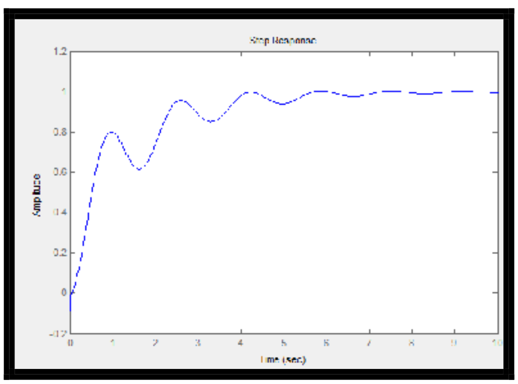

Figura 5.42 Respuesta del controlador.

Conclusiones

Durante el desarrollo de la identificación del sistema de regulación de nivel de la cadera POWERHOUSE UNIT No B-809 -75,000 lb/hr Tipo “O” podemos resaltar algunos datos importantes como:

- En la búsqueda que tuvimos para la selección de la señal de entrada, se debe conocer con la mayor cantidad de detalles la dinámica o interacción de nuestra variable de interés en su medio físico, con la finalidad de tener una idea del sistema, como por ejemplo el tiempo de estabilización, el nivel sobre porcentual, la cantidad de oscilaciones, y asociar estas respuestas en nuestra planta real, la cual nos ayudara a realizar una mejor selección.

- Durante la generación de la señal de entrada en la herramienta Input Desing Gui proporcionada en el seminario. Nos percatamos que no siempre una gran cantidad de datos nos proporcionara una mejor señal de entrada, debido a que esta idea nos dejó caer en señales de entrada que nos daba un nivel de incertidumbre alto y mucha perdida de datos, teniendo así respuestas poco satisfactorias para nuestro sistema. Por lo cual debemos tener criterio en la cantidad de datos obtenidos para la identificación de nuestra planta.

- Teniendo ya la señal de entrada y una señal de salida proporcionada por nuestra planta virtual, utilizamos la herramienta IDENT para la identificación. La respuesta que tengamos debe de tener sentido con los conocimientos que tengamos de la planta real, en nuestro caso debido al efecto de esponjamiento y contracción que experimenta el nivel de agua dentro del calderín debido a las burbujas producidas por el calentamiento del agua, tenemos una respuesta con un sobre pico alto y oscilaciones. Ahora esto no quiere decir que más adelante se puede mejorar la respuesta con ayuda de un controlador.

- El análisis de correlación nos muestra una señal de comparación a la que obtenemos al aplicar la señal paso a la planta aquí se pudo observar si la señal de entrada que elegimos fue la adecuada, una vez hecho esta observación el análisis espectral termino confirmando la teoría ya que proporciona la banda de frecuencia que trabaja la planta. Estos dos análisis correspondieron al método no paramétrico

- En la identificación paramétrica es importante resaltar que no necesariamente un best fit alto, indica una buena respuesta. Los indicadores de Autocorrelación y Cross correlación nos garantizaran una buena identificación, ya que aquí podremos saber la dinámica existente entre la entrada y salida de la planta. La ARMAX 2121 es la señal que más se apega a la señal obtenida en la prueba de al escalón realizada al inicio de la identificación.

- Se pudo muestrear, obtener, y procesar los datos de respuesta de la planta virtual, en la etapa del muestreo y obtención de dichos datos la herramienta que proporciono su eficacia en la simulación de sistemas dinámicos fue SIMULINK y el proceso de datos de la respuesta de la planta virtual fue el IDENT que con su ventana gráfica y opciones de importación y exportación nos dio la facilidad de trasladar los datos obtenidos hacia dicha herramienta.

- La señal ARMAX seleccionada la utilizamos para obtener el controlador valiéndonos del SISO TOOL, en la selección del controlador obtuvimos una respuesta como si fuese un sistema de primer orden, y como se demuestra en la figura 5.13 este controlador no soporto la dinámica de la planta, esto confirma lo mencionado anteriormente, y la importancia del criterio en el momento de la selección de la respuesta según nuestra planta. En nuestro segundo controlador logramos mejorar la respuesta de nuestra planta en nivel de sobre pico, lo cual es importante ya que en la planta real este sobre pico puede causar saturación de los actuadores e incluso disparo de protecciones de la planta, las oscilaciones no se pudieron minimizar mucho debido a que este efecto se esponjamiento y contracción son parte de la dinámica natural de la planta, bajo la temperatura operación y presión normal de la caldera.

Recomendaciones

- Como recomendación inicial, ya sea que tengan la planta virtual o física, es realizar un Step para utilizar esa respuesta como referencia durante toda la identificación de la planta, ya que de aquí podemos tener los y tiempo de estabilización, numero de sinusoides, entre otros parámetros importantes.

- En el instante de someter a cualquier entrada a nuestra planta es importante mantener como constante en los puntos de operación a todas las otras variables que no sean la a identificar.

- Se recomienda tomar en cuenta el tiempo de muestreo en el diseño de la señal de entrada que trabajaras en tu planta. Así como tomar en cuenta que al estar tomando los datos en la planta virtual en el ambiente de SIMULINK a la salida ubicar un retenedor de orden cero y asegurarse que el tiempo de muestreo coincida con la señal que diseñaste.

- No olvidar de remover medias antes de trabajar los datos obtenidos o tratar que los datos que trabajemos en la identificación sean un poco mayor que los de validación si tienes pocos datos de muestreo.

- Se recomienda que los coeficientes de los modelos no sean tan altos porque llegaríamos a encontrar modelos que engañen a la identificación y estén alejados de la planta real.

Referencias

[1] Katsuhiko Ogata, Ingeniería de Control Moderna, Prentice Hall, 2003.

[2] Katsuhiko Ogata, Sistemas de control en tiempo discreto, Pearson Educación, 1996.

[3] L. Ljung, "System Identification. Theory for the user", Prentice Hall, 1987.

[4] M.J.Moran y H.N.Shapiro, Fundamento De Termodinamica Tecnica, Reverte S.A. 1987

[5] Ing. B.J. Nemo ,Generador de Controlador con Rltool Matlab, http://www.youtube.com/watch?v=F0-T_VbdSd8 , Setiembre 2008

[6] Ing. Oscar Sierra, Teoría básica de una Caldera, http://es.wikipedia.org/wiki/Caldera_(m%C3%A1quina) , Julio 2008.

[7] Automatas CPS, Teoría Moderna del Control y aplicaciones, http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/teoria_moderna_de_control.htm , 2008

[8] M.S.E. César Martin Moreno, Material de clases de Introducción a la identificación de sistema, https://www.sidweb.espol.edu.ec/ , Marzo 2010.