

INSTRUMENTED CONTROL ELEMENTS ESTIMATION BASED ON PROBABILISTIC METHODS

Rocha Ortiz Liset (1), Pérez Careta Eduardo (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica, Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca] | Dirección de correo electrónico: [l.rochaortiz@gmail.mx]

2 [Departamento de Electrónica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [perez.e@ugto.mx]

Resumen

En el presente documento se exponen los resultados obtenidos de la implementación teórica de un controlador PID difuso en el equipamiento de control de una válvula de presión de gas en la empresa PEMEX, en la introducción se describen los términos utilizados así como los antecedentes de la teoría que se maneja, mientras que en la metodología se explica a grandes rasgos el proceso de implementación del controlador, para posteriormente valorar sus resultados al compararlos con un controlador de PID convencional en la sección de resultados y discusión, por supuesto de ahí se obtiene las conclusiones a las que se llegaron al final del escrito.

Abstract

This document present the results of the implementation of a PID controller for the control equipment of a pressure valve in the PEMEX company, in the introduction the terms used are described as well as the background of the theory that is handled while in the methodology, the implementation process of the controller is explained in broad strokes, to later evaluate its results when compared with a conventional PID controller in the results and discussion section, of course, that's where you get the conclusions that were reached at the end in the conclusions section.

Palabras Clave

. Lógica Difusa; Mamdani; Membresía; Pertenencia; Variables

INTRODUCCIÓN

Lógica difusa

Cualquier problema del mundo puede resolverse, dado un conjunto de variables de entrada (espacio de entrada), obtener un valor adecuado de variables de salida (espacio de salida). La lógica difusa permite establecer este mapeo de una forma adecuada, atendiendo a criterios de significado y no de precisión [1].

La lógica difusa es un método de razonamiento aproximado no probabilista, que puede definirse como una extensión de lógica multivariada, que permite representar matemáticamente la incertidumbre y la vaguedad por ello facilita enormemente el modelado de información cualitativa de forma aproximada. De forma más simple es una manera de interpretar la información que para el razonamiento humano es bastante simple, pero resulta bastante compleja para el razonamiento lógico de cualquier software.

El concepto de Lógica Difusa fue creado por Lofti A. Zadeh, catedrático de la Universidad de Berkeley (California) [2]. En su propuesta, la lógica difusa fue presentada como una forma de procesamiento de información en la que los datos podrían tener asociados un grado de pertenencia parcial a conjuntos. Fue a mediados de los 70 cuando esta teoría se aplicó a los sistemas de control [2].

Controladores Difusos

Una vez aclarado que es la lógica difusa cabe mencionar que para su uso ya existen procesos de control propiamente conocidos como “Fuzzy Controller” (controladores difusos), los cuales utilizan su metodología interna para corregir errores de los controladores de PID convencionales causados principalmente por la constante variación de los parámetros de entrada, es decir son controladores poco sensibles y bastante robustos que en combinación con otros controladores presentan resultados con aproximaciones más exactas.

Dependiendo el proceso que realicen los controladores difusos pueden variar ligeramente su diseño, además internamente puede tener tres tipos diferentes de Inferencia, siendo estos el tipo Mamdani, el tipo Sugeno y el tipo Tsukamoto, en este caso se optó por utilizar el Mamdani cuya estructura interna se muestra en la figura 1.

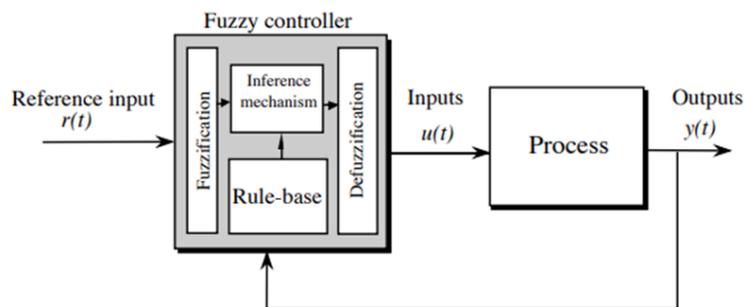


FIGURA 1: Diagrama de Controlador Difuso tipo Mamdani

En el bloque llamado “Fuzzification” los datos de entrada son procesados para calcular el grado de membresía que tendrán dentro del controlador, luego el bloque de “Interference mechanism” junto con el de “Rule-base” realizan la toma de decisiones que dictaran la forma en la que actuará el sistema basándose en el grado de pertenencia de los datos de entrada en los conjuntos difusos de los espacios correspondientes y el conjunto de reglas del tipo antecedente establecidas en el bloque llamado “Rule-base” posteriormente la última etapa llamada “Defuzzification” se encarga de adecuar los valores difusos obtenidos de la inferencia en valores no difusos útiles para el proceso que se desea controlar [3].

- *Características*

Los controladores que funcionan a base de la lógica difusa, contienen una serie de reglas que a si mismo utilizan variables propuestas por el usuario del proceso que se desea controlar, por supuesto estas variables poseen distintos grados de membresía según su función [4], [5].

Las funciones de membresía, como su nombre lo indica son funciones que dependiendo de su forma, tamaño y tipo, otorgan a las variables distintos grados de pertenencia en un cierto fenómeno, esto en un rango entre cero y uno, es decir dependiendo de la ubicación de la variable dentro de la función de membresía se le asigna un cierto valor que determina que tan probable es la consecuencia asociada a dicha variable, por ejemplo que tan probable es tener un accidente cuando se viaja a altas velocidades. Los tipos de funciones de membresía más comunes son, las triangulares, las trapezoidales, las gaussianas, las de campana y las sigmoides, así mismo pueden ser normales o subnormales, simétricas o asimétricas, abiertas, cerradas, convexas, no convexas, etc.

Las variables lingüísticas, son las variables que se proponen para el manejo del sistema que se desea controlar, están basadas en mayor medida en palabras utilizadas para el razonamiento humano tales como mediano, grande y muy grande, y poseen propiedades particulares como, un nombre, un cierto universo de discurso en el que viven, los términos lingüísticos que acepta, la regla sintáctica que genera dichos términos y la semántica que asocia cada termino con su significado.

La base de reglas if-then, es el conjunto de reglas internas contenidas en los controladores difusos que rigen el comportamiento del mismo, están estrechamente relacionadas con las variables lingüísticas puesto que son propuestas basadas principalmente en estas mismas, su función es básicamente asociar una causa con su respectiva consecuencia más probable según el grado de pertenencia que tengan la una de la otra, un ejemplo sería “si el jitomate está rojo, el jitomate está maduro”, en dicha regla hay que valorar el grado de pertenencia del tono del jitomate con que este pueda estar maduro en un buen nivel o incluso que esté a punto de podrirse [6], [7].

- *Justificación*

El controlador difuso puede ser utilizado individualmente para manejar ciertos procesos, pero también es bastante útil cuando se utiliza como un complemento de los controladores convencionales siendo este adaptado en un sistema de lazo cerrado en los que la información de salida alimenta también el controlador difuso el cual realiza en ajuste adecuado de la información difusa recibida y entrega una salida de información no difusa que además se aproxima más a los requerimientos del sistema [8].

Para la implementación del controlador difuso que se propone en el presente documento, lo primero es plantear de manera empírica la mecánica del proceso que se deseaba controlar, es por eso que se realizó un pequeño recorrido al interior de las instalaciones de uno de los complejos de la empresa PEMEX durante el cual se explicó a grandes rasgos una pequeña parte del proceso de refinamiento de combustibles, a lo largo de dicho proceso existen diversos dispositivos de control adaptados a la mayoría de válvulas y componentes de la planta, por desgracia varios de ellos no funcionaban adecuadamente por lo que fue necesario reemplazarlos por controles manuales que por supuesto son manejados por los trabajadores de la empresa, pensando precisamente en esa problemática es que se planteó el desarrollo de este proyecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Solicitando a PEMEX una base de datos de algunas de las válvulas manejadas por controladores PID durante algunas horas, se obtuvo la base de datos del tipo OP (Output del controlador), SP (Set- point del controlador) y PV (Process Variable), necesaria para la simulación de un controlador difuso en Simulink que es un componente del software Matlab. Primeramente, cada columna de la base de datos en Excel fue transformado a un vector y guardado en una variable en la interfaz de Matlab como muestra la imagen de la figura 2.

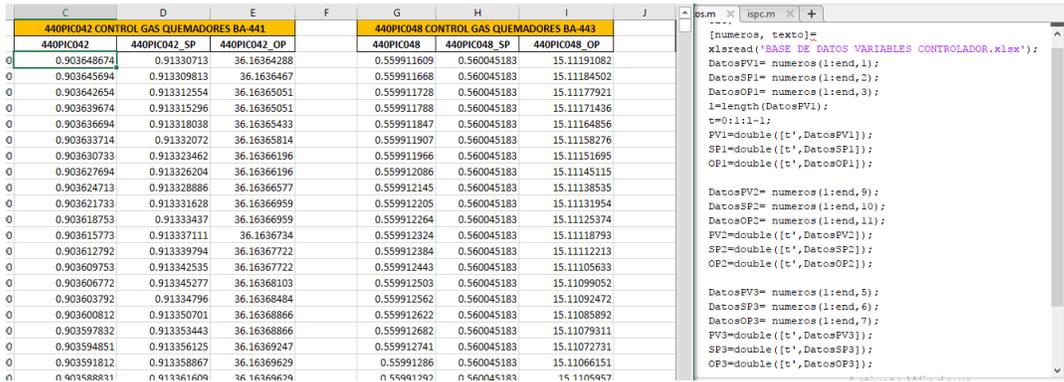


FIGURA 2: Base de datos de Excel (izquierda) a variables de Matlab (derecha)

Posteriormente se desarrolló el archivo con extensión “.fis” el cual rige el funcionamiento del controlador, para esto primero debe accederse al interfaz del toolbox de Matlab y editar la configuración predeterminada que viene dentro, accediendo a los recuadros de entrada y salida y asignándoles los valores propios según las funciones de membresía, las variables lingüísticas, los rangos de dichas variables, las reglas if-then y el tipo de inferencia que se desea (Figuras 3 y 4). Por último se exporta el archivo “.fis” para su uso en Simulink y se crea un diagrama de operación con los datos de entrada y salida del controlador difuso, no se incluye ningún bloque de proceso puesto que se desconoce la función de transferencia del sistema original (figura 5).

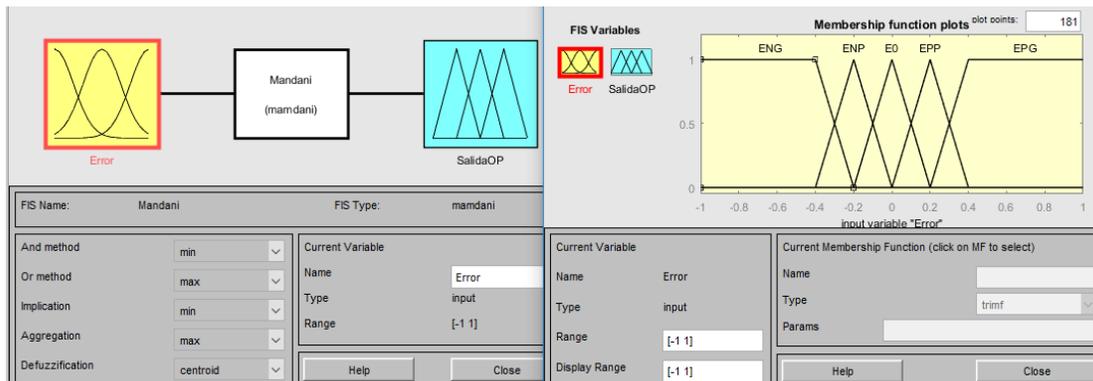


FIGURA 3: Interfaz del Toolbox de un controlador difuso (izquierda) ajuste de funciones de membresía de la señal de entrada denominada error (derecha).

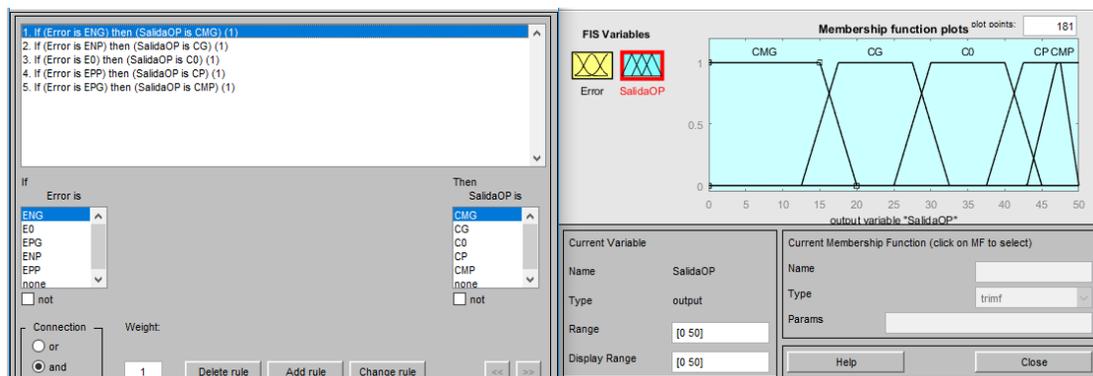


FIGURA 4: Adición de reglas internas de un controlador difuso tipo Mamdani (izquierda), ajuste de funciones de membresía de la señal de salida denominada SalidaOP (derecha).

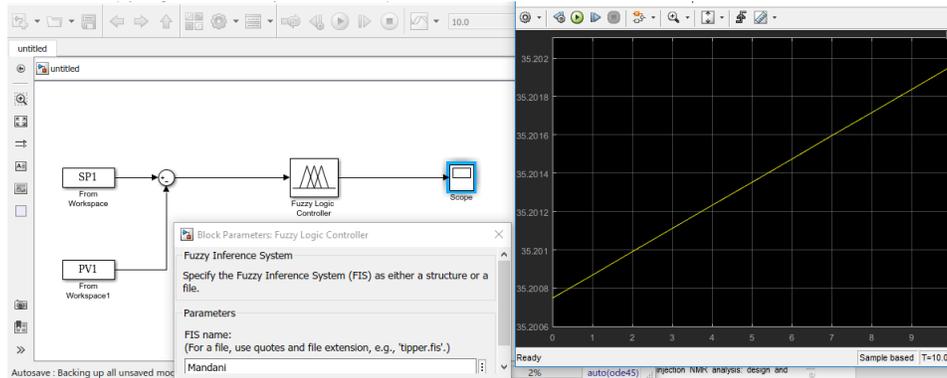


FIGURA 5: Diagrama de controlador difuso con los valores sacados de la base de datos (izquierda), muestra de los valores de salida del controlador (derecha).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para un mejor entendimiento de los resultados se presenta un cuadro para comparar las salidas originales con las salidas obtenidas en la simulación (Tabla 1), cabe mencionar que es apenas un muestreo puesto que se cuentan con más de 20000 datos en los que se observan pequeñas variaciones respecto a los datos originales, pero a diferencia de los datos originales, los datos de la simulación tienden a mantener valores más estables a pesar de la variación constante de los parámetros de entrada. Tal y como menciona la teoría de los controladores difusos, este demostró ser más robusto y menos sensible a variaciones de sus datos de entrada, pero al igual que el otro controlador presenta retrasos cuando se implementa en un lazo cerrado. En el caso del quemador BA-443 se presentaron variaciones probablemente a consecuencia de que el valor medio de las funciones de membresía a las que estaba sujeta el controlador difieren en gran medida al proceso original, hay que recordar que no se cuenta con la función de transferencia del sistema original.

Tabla 1: Muestra de comparación de resultados.

No.	QUEMADORES BA-441		QUEMADORES BA-442		QUEMADORES BA-443	
	Datos OP	Simulación	Datos OP	Simulación	Datos OP	Simulación
1.	36.16364288	35.200748158299035	28.37667084	28.244507279908870	15.11191082	17.508178949386252
2.	36.1636467	35.200987864837636	28.37652397	28.244342999739551	15.11184502	17.508171738469404
3.	36.16365051	35.201227631453278	28.37637901	28.244178718237759	15.11177921	17.508164525100131
4.	36.16365051	35.201466133407997	28.37623215	28.244016782151256	15.11171436	17.508157312951322
5.	36.16365433	35.201705996440126	28.37608719	28.243852498003292	15.11164856	17.508146427998362
6.	36.16365814	35.201945668565010	28.37594223	28.243688212522660	15.11158276	17.508139215839950
7.	36.16366196	35.202184349307288	28.37579536	28.243523885933090	15.11151695	17.508131949809965
8.	36.16366196	35.202425240054616	28.37565041	28.243361984387334	15.11145115	17.508124738868130
9.	36.16366577	35.202663778852667	28.37550354	28.243197661515165	15.11138535	17.508117527922483

CONCLUSIONES

Los resultados fueron satisfactorios, puesto que mantienen cierta similitud con los datos esperados, pero variaciones menores a lo largo del tiempo.

El modelo demostró ser más robusto en su control en el mismo periodo y con las mismas variables de entrada que otro controlador.

REFERENCIAS.

- [1] González, Morcillo, C, (2011). Lógica difusa una introducción practica, Técnicas de Softcomputing. Recuperado de http://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf
- [2] L.A. Zadeh. Fuzzy set. Information and Control, 8:338–353, 1965
- [3] Sun, J., Zhang, D., Li, X., Zhang, J. & Du, D. (2010). Smith Prediction Monitor AGC System Based on Fuzzy Self-Tuning PID Control. Journal of Iron and Steel Research. International, 17(2), 22-26
- [4] M. Pasino, K., Yurkovich, S. (1998). Fuzzy Control. Sand Hill Road, Menlo Park, California: Addison Wesley Longman Inc.
- [5] Bartelt, T. L. M. (2010) Industrial Automated Systems: Instrumentation and Motion Control, Cengage Learning, 1st Ed.
- [6] Miller, R. (2013) Industrial Electricity and Motor Controls, McGraw-Hill Professional, 2nd Ed.
- [7] Wildi, T. de Vito, M. J. (2002) Control de motores Industriales, Mexico, Limusa/ Noriega Editores
- [8] Kamel, K., Kame, E. (2013) Progamable Logic Controllers: Industrial Control, McGraw-Hill Professional Publishing; 1st Ed.