

Control del Sistema de Transferencia de Combustible a una Turbina de Gas Móvil

Brito Barrara Leandro, Gómez Cruz José Alberto, Rivera Zaldivar Diego,
Ruiz Posada Daniel.

Departamento de Ingeniería en Control y Automatización, ESIME-IPN, Av. Instituto Politécnico Nacional s/n,
col. Lindavista, Edificio 2, Planta Baja, C.P. 07738, México D.F.
bbleandro@yahoo.com

Resumen

Al lugar que llegue la turbina de gas móvil, debe contar con tanques de almacenamiento diesel, de donde toma el combustible el sistema de transferencia de combustible (STC) y lo envía al sistema de suministro de combustible (SSC), el cual lo inyecta a la cámara de combustión de la turbina de gas, el SSC cuenta con su lógica de control, pero el STC es manual.

El objetivo de este trabajo es proponer la automatización del STC, para contar con un sistema de seguridad redundante con el sistema de seguridad establecida en el SSC, para evitar accidentes.

Al realizarse la instrumentación del STC, se implementan equipos de control acordes al contexto, de cambiar equipo que era de carácter manual, a equipo que hace funcionar al STC de manera automática.

Para ello, se obtienen las características y parámetros de funcionamiento que existen en el equipo actual, para ser programados en un lazo de control automático.

Para lograr la automatización, la válvula de accionamiento manual, que dependen de un operador en campo, se debe cambiar por una válvula de accionamiento automático, capaz de interpretar en tiempo real los cambios en las variables manipuladas y llevar acabo su accionamiento con un control automático.

Palabras clave: Turbina de gas, Transferencia de combustible, actualización, control.

1. Introducción

Una turbina de gas móvil es aquella que puede trasladarse de un lugar a otro para su utilización. Las turbinas de gas móviles están constituidas de dos trailers, uno llamado carro potencia y el otro llamado carro control. En el carro potencia se localiza el pleno succión, la turbina de gas, el sistema de suministro de combustible (SSC) la chimenea de los gases de escape y el generador eléctrico. En el carro control se localizan los tableros de control y el motor de arranque diesel.

El presente trabajo se realiza con el fin de automatizar el sistema de transferencia de combustible (STC), que toma el combustible del tanque de almacenamiento y lo lleva al SSC. Esto con el fin de tener un ahorro de tiempo en el proceso, dar una mayor seguridad durante el proceso ya que, actualmente, cualquier eventualidad en la operación de la turbina, que pueda ocasionar un accidente, inmediatamente se corta la inyección de combustible, pero el suministro se debe cerrar manualmente.

Las funciones de control que se realizan en STC son de carácter manual. Esto es la maniobra de los elementos como el encendido de la bomba y la regulación de las válvulas que controlan el flujo de combustible que se envía a la cámara de combustión necesitan la intervención de un operador.

Por lo que la aplicación de un control automático representa mayores beneficios en la parte operativa como mejor control y monitoreo del flujo combustible que se envía hacia la cámara de combustión, mayor seguridad ya que se puede disponer de indicadores de acciones de riesgo dentro del proceso.

2. Sistemas de transferencia de combustible

La turbina de gas móvil puede quemar combustible líquido o gaseoso, pero el que

generalmente utilizan es diesel. En la Figura 1 se muestran el STC, que se ubica entre el tanque de almacenamiento diesel y la turbina de gas móvil.

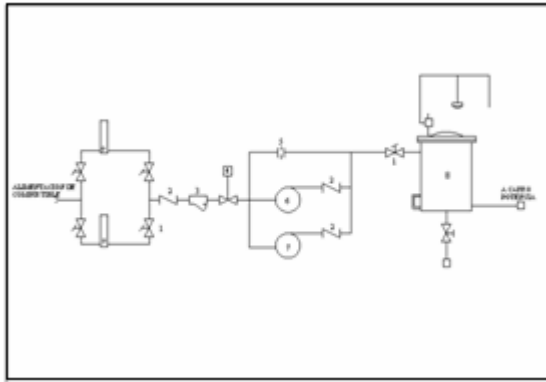








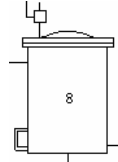


Figura 1. Sistema de transferencia de combustible [1]

Los elementos de STC de la Figura 1 son:

- 1.-  Válvula de corte manual.
- 2.-  Válvula de retención.
- 3.-  Purgador.
- 4.-  Válvula de fuego.
- 5.-  Orificio de contorneo (by pass).
- 6.-  Electrobomba de CA
- 7.-  Electrobomba de CC
- 8.-  Filtro tipo Winslow. (Secundario)



- 9.-  Filtro primario.

2.1 By – pass del STC

La Figura 2 muestra el by – pass del STC, el cual sirve para cuando un filtro primario (9) se tapa, entonces el combustible pasa por el otro filtro primario (9), lo que permite cambiar el filtro sucio, cerrando y abriendo las respectivas válvulas de corte manual (1).

Los Filtros primarios, son gemelos, con 18 elementos para 10 micras de papel con malla metálica, con tubería de 2”, válvulas para by-pass la operación normal es individual. También se tiene un

contador de litros con dos escalas, una de operación diaria y otra acumulada.

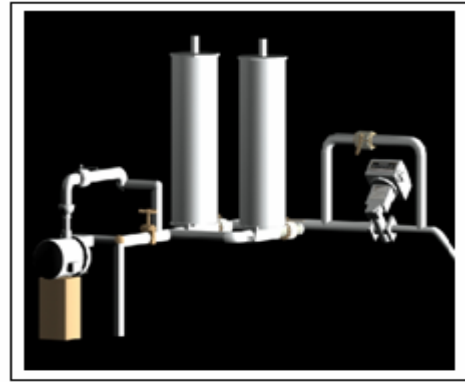


Figura 2. By – pass del STC

2.2 Bombas

Las válvulas de retención, de purga y de fuego, Así como las bombas del STC están montadas sobre el carro control, como se muestra en la Figura 3, Ambas bombas de combustible, ver Figura 1, se conectan en derivación, a través de un orificio de contorneo, para protegerlas de recalentamiento. Una de las bombas es movida por un motor de CC de 1,5 HP y la otra, por un motor de CA de 5HP. Esta última se usa en condiciones normales y la primera entra en servicio durante el arranque o cuando no hay energía disponible en CA, la electrobomba de CA toma toda la carga y la otra electrobomba se detiene automáticamente.

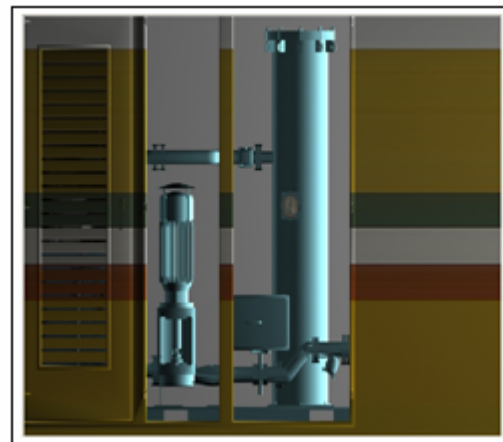


Figura 3. Bombas del STC

A continuación de las bombas, esta la válvula de corte manual (1), ver Figura 1, que es la que se cambiará a una válvula con control automático.

Posteriormente hay un filtro separador, marca Winslow, de 5 micrones 50 gpm, con drenaje de agua y vaso de vidrio transparente; hay una válvula reguladora de presión, medidores diferenciales de presión y un sistema automático de evacuación de aire.

Finalmente el STC tiene Tubería de entrada de alimentación de combustible diesel con válvulas de corte rápido de 2", (duplex) ver Figura 4, que van a filtros de segunda etapa y Tubería de salida a carro potencia con manguera con conexión rápida, de mismo diámetro.



Figura 4. Bombas del STC

3. Control de STC

3.1 Requerimientos de combustible

Acorde al análisis termodinámico de la turbina de gas móvil y a la programación de dicho análisis [2], se corrió el programa para temperatura ambiente de -40°C hasta 50°C de un grado en un grado Centigrado, y con valores de potencia eléctrica generada de 2 hasta 32 MW de 1 en 1 MW. Con lo que se obtuvo una matriz de requerimientos de flujo másico de combustible.

La Figura 5 muestra la gráfica de dicha matriz de requerimiento de combustible con respecto de la temperatura ambiente y la potencia eléctrica, con las curvas se obtiene el modelo matemático, el cual nos indica los cambios que sufre el sistema en relación al control de las variables del proceso. La selección de equipo debe ser con base a los requerimientos de combustible.

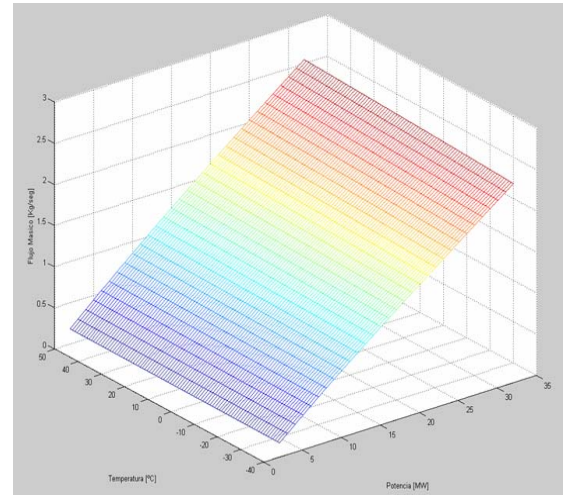


Figura 5. Requerimientos de flujo másico de combustible con respecto de la Temperatura ambiente y de la Potencia eléctrica generada.

3.2 Modelo matemático

Dado tres puntos del plano.

$$P = (x, y, z)$$

Donde:

$$\begin{aligned} x &= \text{Potencia eléctrica (MW)} \\ y &= \text{Temperatura ambiente (}^{\circ}\text{C)} \\ z &= \text{Flujo másico de combustible (Kg/s)} \end{aligned}$$

Proponiendo los puntos que describan al plano.

$$\begin{aligned} P_1 &= (32, 50, 2.5416) \\ P_2 &= (2, 50, 0.17967) \\ P_3 &= (20, 10, 1.60617) \end{aligned}$$

Obteniendo los vectores U y V

$$\begin{aligned} U &= (-30\mathbf{i}, 0\mathbf{j}, 2.36193\mathbf{k}) \\ V &= (18\mathbf{i}, -40\mathbf{j}, 1.4265\mathbf{k}) \end{aligned}$$

Realizando el producto X [3]

$$U \times V = 94.4772\mathbf{i} - 0.28026\mathbf{j} - 1200\mathbf{k}$$

Restando el punto base que en este caso es P_2

$$94.4772(x - 2) - 0.28026(y - 50) - 1200(z - 0.17967)$$

Desarrollando la expresión

$$94.4772x - 0.28026y - 1200z + 163.48296 = 0$$

Despejando a la variable z

$$Z = (0.02755585 x - 2.3355 * 10^{-4}y + 0.1362358)$$

Se obtiene la representado del sistema en función de dos variables que son la potencia y la temperatura, función que se programara en un PLC.

3.3 Configuración de entradas y salidas

La Figura 6 muestra la configuración de entradas y salidas del Controlador Lógico Programable [5], que controlara la nueva válvula de control automático, la válvula de fuego, además del arranque y paro de los motores de CC y CA.

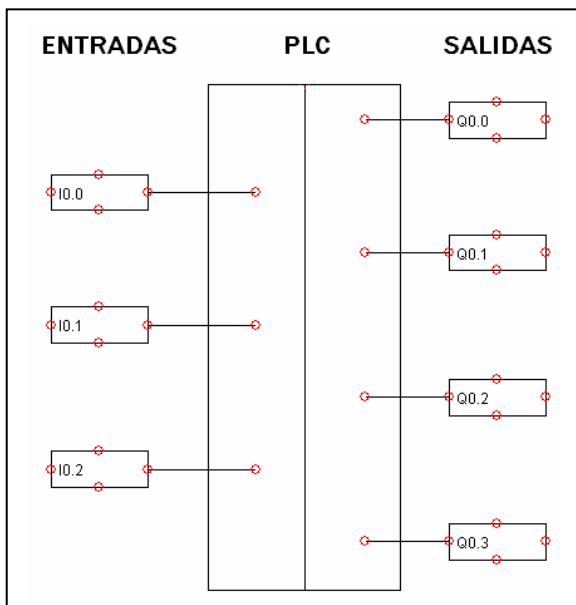


Figura 6. Entradas y Salidas del PLC

La Tabla 1. Proporciona la relaciones descriptivas de entradas y salidas del PLC.

Tabla 1. Descripción de entradas y salidas del PLC	
ENTRADAS	DESCRIPCIÓN
I0.0	SENSOR DE TEMPERATURA
I0.1	SENSOR DE FLUJO
I0.2	PERMISIVO DE ARRANQUE
SALIDAS	DESCRIPCIÓN
Q0.0	MOTOR C.C
Q0.1	MOTOR C.A
Q0.2	VÁLVULA DE FUEGO
Q0.3	VÁLVULA CONTROLADA

La Figura 7 Muestra el diagrama a bloques del control del STC, donde la retroalimentación la proporciona un sensor de de flujo másico de combustible.

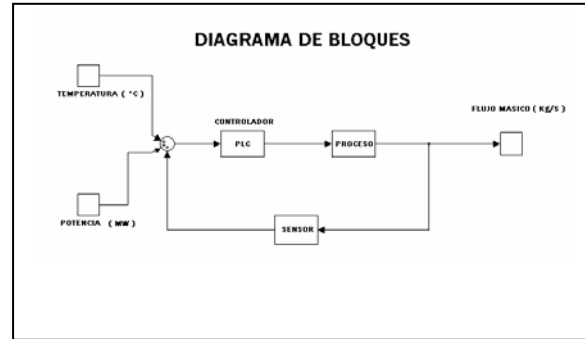


Figura 7 Diagrama a bloques del control del STC.

4. Conclusiones

El flujo másico de combustible depende de todos los estados térmicos de ciclo Joule – Brayton de la turbina de gas móvil [2], pero con el modelo matemático generado, se tiene un nuevo análisis con el cual se reduce el numero de variables a dos. Con esto no es necesario conocer o tener una relación entre mas variables para poder interpretar el modelo, lo que hace posible la programación de la función matemática en un PLC.

La válvula a utilizar es de control automática tipo globo serie 2700^a, por que sus características cumplen los requerimientos de suministro de combustible acorde al artículo y corroborados en el manual de usuario de la válvula.

Referencias

- [1] Comisión Federal de Electricidad “Manual de la Unidad Móvil Turbo-Jet Mobile Power Pac”. CFE, México.
- [2] Brito L. “Análisis del ciclo termodinámico de una turbina de gas móvil”. XXI Congreso Nacional de Termodinámica, México 2006.
- [3] Brogan W. “Modern Control Theory”, Prentice Hall Editorial, tercera edición, USA 1991.
- [4] Gianpolo T. “The Gas Turbine Handbook: Principles and Practices”, The Fairmont Press, USA 2003.
- [5] Asenjo S. “Control de turbinas de gas y de vapour”, Energía, Alcion, 6, España 200