Turbologias 5:Layout 1 6/2/09 12:21 PM Page 1

**Turbologías** 

### Estatismo (Droop Governor) en una Turbina de Gas

POR GERARDO NAVARRO

Control Specialist

I lazo de control de velocidad en una turbina de gas, también conocido como "governor", controla el flujo de combustible suministrado a la turbina para mantener la velocidad de operación en un valor predeterminado. Este valor normalmente es controlado por el operador y esta relacionado directamente con la razón de cambio del flujo de combustible suministrado a la turbina.

Entre los modos de operación del lazo de velocidad se encuentran los siguientes:

- Modo Estatismo (Control Droop). Utilizado para generadores conectados a un sistema de potencia robusto (frecuencia estable).
- Modo Isócrono. Utilizado para generadores conectados en sistema de potencia aislado.
- Modo Carga Preseleccionada. Utilizado para generar un valor predeterminado de carga independientemente de la frecuencia del sistema eléctrico a la que se esta conectado.

En este artículo se describirá el modo de operación conocido como estatismo o control droop.

#### Modo Estatismo (Control Droop)

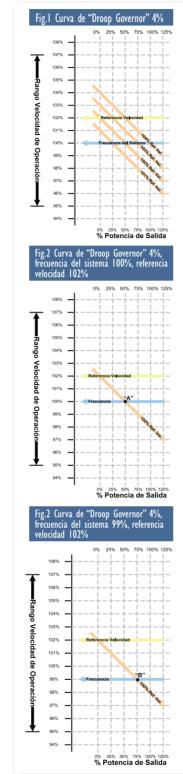
El lazo de control de velocidad en modo estatismo en turbinas de gas es usado para ayudar a mantener constante la frecuencia en un sistema de potencia. Generalmente, una caída en la frecuencia del sistema eléctrico indica que la capacidad de generación es menor a la demanda de carga del sistema. Por el contrario, cuando la capacidad de generación es mayor que la demanda de carga en el sistema, la frecuencia (igual a la velocidad del turbogenerador una vez sincronizado) tenderá a subir. La respuesta del estatismo o droop governor tenderá a corregir estas situaciones al cambiar la potencia de salida de la turbina inversamente proporcional a los cambios en la frecuencia eléctrica de la red. De esta manera si la frecuencia de la red eléctrica tiende a bajar en una turbina de gas operando con estatismo, la turbina será manipulada para subir carga. Si la frecuencia de la red eléctrica sube por arriba de la nominal, la turbina será manipulada para reducir la potencia de salida.

La curva característica velocidad-carga de un regulador Droop se muestra en la figura 1. Las líneas de operación El lazo de control de velocidad en modo estatismo en turbinas de gas es usado para ayudar a mantener constante la frecuencia en un sistema de botencia.

de la turbina de gas de esta figura es para un regulador con 4% de estatismo; esto quiere decir que la diferencia entre la referencia de velocidad y la velocidad actual (frecuencia del sistema eléctrico) debe ser 4% para obtener un 100% de potencia a la salida.

Como se mencionó anteriormente el operador puede manipular la potencia de salida de la turbina al incrementar o disminuir la referencia de velocidad. En la figura 2 se muestra la curva de un "droop governor" de 4% representando un escenario donde se tiene una referencia de velocidad de 102% y la frecuencia del sistema esta al 100% (Punto "A"). Si estando en este punto de operación hubiera un cambio en el sistema de potencia que provocara una caída en la frecuencia (aumento de demanda de carga) de 1%, el regulador de velocidad en modo estatismo incrementaría la potencia de la turbina al 75% (Fig. 3 Punto "B") con la misma referencia de velocidad del 102%.

Este tipo de respuesta del regulador ante un cambio en la frecuencia del sistema eléctrico al que esta conectado el turbogenerador resulta benéfico dado que los cambios en la frecuencia son ocasionados por el desbalance entre la carga existente en el sistema eléctrico y la generación existente en el mismo, ya que la respuesta del regulador de velocidad operando en modo estatismo tiende a reducir este desbalance.



### **Turbologías** www.turbologias.com

Turbologías es una publicación de Power Engineering Services and Solutions, SA de CV. (C) PESS

Av Garza Sada 427 Int 38-5 Monterrey N.I. México, 64849 | Suscripciones +52 (81) 8358.5599

Editor: Abel Salazar | Circulación: Claudia Morales | Diseño: Sandra Flores

Prohibida la reproducción parcial o total del contenido editorial o gráfico

## Turbologías

En este número

Evitando una falla en turbina de vapor.

Dibujos de ingeniería básica: herramientas de diagnóstico.

Estatismo "Droop Governor" en una turbina de gas.



# Evitando una falla en turbina de vapor

Una falla mayor en una turbina de vapor puede ser detectada por medio de una inspección visual.

### POR ABEL SALAZAR

Borescope Specialist

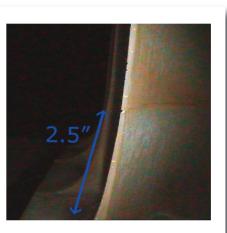
urante una inspección visual de rutina, en una turbina de vapor GE A11 de 125MW de 14 etapas. Se realizó una boroscopia y una revisión de la última etapa L-0 desde el pozo caliente o ducto de escape. Durante la boroscopia no se encontraron anormalidades en los alabes del rotor y para el acceso a la última etapa físicamente se revisó la sección L-0. Se encontraron 3 alabes con fisuras axiales cerca de la raíz.

Al encontrarse las fisuras en disposición axial y a una altura critica de esfuerzo, se optó por no operar la maquina hasta reparar los alabes dañados.

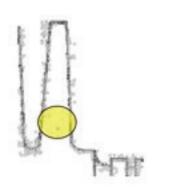
Durante el estudio causa raíz, se determinó que las fisuras son consecuencia de los esfuerzos mecánicos por el acelerado cambio en la frecuencia de operación.

El plan de acción fue reemplazar los alabes de la

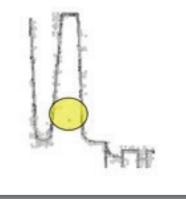
Con esta inspección se evitó una falla catastrófica, que de acuerdo al fabricante original de la turbina, pudo haberse presentado en el primer arrangue. Entre las inspecciones de rutina mínimas que se



Fisura localizada en el alabe 27. la imagen muestra la distancia entre la fisura y la raíz del alabe.



Longitud de la fisura desde el borde de salida hacia el centro del alabe. El espesor medido de 0.005"



### **ALABES AFECTADOS**

Alabe No.	ID	Localización de fisura desde raíz		
--------------	----	---	--	--

29	WU06	2 1/4"	2 15/16"	0.006"
12	WY62	2 3/16"	2 7/8"	0.006"
27	WT80	2 3/8"	2 ½"	0.004"

deben de realizar en las turbinas de vapor que trabajan a carga base, son:

- Inspección boroscopica cada 12 meses
- Monitoreo constante de vibraciones del rotor (vibración relativa).

En caso de no contar con un sistema de monitoreo constante, es recomendable realizar un diagnóstico cada 12 meses para evaluar la "vibración característica" del rotor.





Turbologias 5:Layout 1 6/2/09 12:23 PM Page 2

**Turbologías** Turbologías

### DIBUJOS DE INGENIERÍA BÁSICA

### Como una herramienta de diagnóstico y resolución de fallas para mantenimiento

**POR RAÚL SILLER** Control Specialist

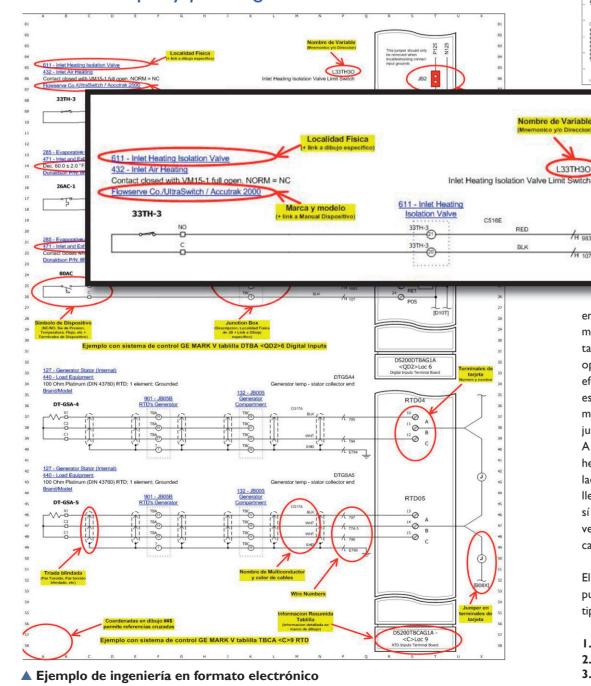
a cédula de cableado utilizada durante la fase de instalación en las plantas eléctricas generalmente es presentada en forma de tablas que contienen la información necesaria para llevar a cabo el cableado del sistema de control.

Una vez terminada la instalación se genera la última revisión o "as built", no siempre disponible en planta. Además se hace entrega de una serie de innumerables manuales que presentan información sobre el sistema de control de forma genérica, junto con todas las tarjetas de I/O disponibles, se cuente o no con todas ellas. El conjunto de ésta información se convierte en una herramienta indispensable de diagnóstico y resolución de fallas para personal de mantenimiento, aunque no hayan sido diseñados para este propósito.

Cuando el personal de mantenimiento requiere realizar un diagnóstico o solucionar una falla, se encuentra con el problema de deducir la información en el formato presentado y es necesario cotejar una variedad de información como: la lista de interconexiones, la cédula de cableado, hojas de datos de los dispositivos y de las tarjetas de I/O, el resumen de dispositivos, etc.

De acuerdo a la ASM, en las plantas industriales de Estados Unidos se estima que debido a la falta de herramientas de operación y diagnóstico adecuadas se pierden más de 20 billones de dólares anualmente. Investigaciones han encontrado que en la toma de decisiones realizadas bajo estrés excesivo resultan en un mal desempeño, debido a la forma en que la información es procesada por el cerebro humano. El proceso de diagnóstico y resolución de fallas es un claro ejemplo de trabajo bajo estas circunstancias, ya que se enfrenta con sistemas de control complejos, con tiempo limitado para analizar a fondo la situación y responder en consecuencia.

Se ha encontrado que se tiene mejor desempeño conociendo el contexto de la información, especialmente si se es capaz de sumergirse en la tarea Desarrollo de dibujos de ingeniería básica para las plantas de generación eléctrica. Una herramienta desarrollada por y para ingenieros de control.



operación y mantenimiento de la planta es más efectiva. De manera opuesta, si la gerencia no está envuelta en el día a día de la operación y mantenimiento de la planta, resulta más difícil justificar la inversión en mejores herramientas. A pesar de que la mejor forma de validar estas herramientas es considerar las pérdidas acumuladas, las causas de los paros y disparos no son llevados adecuadamente en bitácora, y cuando sí se hace, la causa es comúnmente ocultada o velada, y no se reconoce correctamente a la causa como la falta de herramientas adecuadas.

en cuestión y no es necesario lidiar con las herra-

mientas, tareas o interfaces. Entre menor es la dis-

tancia entre la sala de control y la planta, la

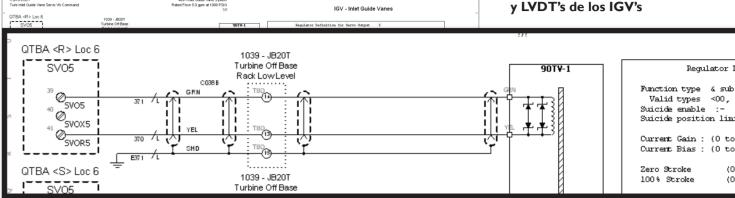
JB2

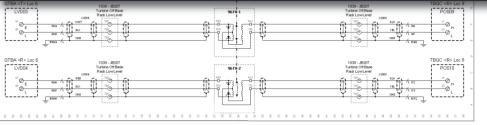
POS POS

El modelo de toma de decisiones humanas propuesto por len Rasmussen conceptualiza tres tipos de comportamiento:

- I .- Basado en conocimientos.
- 2.- Basado en reglas.
- 3.- Basado en experiencia.

### **▼Servo** valvula y LVDT's de los IGV's





### TIPOS DE ERRORES COMETIDOS

Para entender porque los errores humanos ocurren, en necesario identificar los tipos de errores que pueden ser cometidos

### Descuido o error de omisión:

Ocurre cuando se lleva a cabo una tarea conocida pero se omite un paso o se realiza de manera incorrecta.

#### Equivocación o error de comisión:

Ocurre cuando no se sabe que se debe de hacer y por lo tanto se improvisa o cuando las herramientas que se tienen a la mano llevan hacia un camino incorrecto. Este tipo de error puede ser mitigado provevendo herramientas para la toma de decisiones.

En base a lo anterior y la experiencia de campo acumulado, el contar con los dibujos de ingeniería básica para las plantas de generación eléctrica es imperativo. Esta herramienta está diseñada con enfoque centrado en el usuario, desarrollado por y para ingenieros de control. Estos dibujos son útiles para instalación, comisionamiento, puesta en marcha y mantenimiento. La representación gráfica de los lazos de control, se traduce en una ayuda valiosa en la resolución de fallas y es más fácil interpretar una información presentada de manera gráfica y ordenada, que solamente una tabla en donde se presenten una serie de datos, por lo que se tienen beneficios potenciales para la reducción de errores humanos y mejora de productividad, así como la seguridad de operación.

Los dibujos deben estar de manera impresa y electrónica. El formato impreso representa la forma más fácil de ser leída por personal de mantenimiento, por costumbre a usar material impreso y además de que se puede estudiar mas de una hoia a la vez. El formato electrónico tiene la ventaja de fácil búsqueda a través de todo el conjunto de dibujos, ya que integra la búsqueda paramétrica y permite la navegación entre la información relacionada a través de enlaces, como por ejemplo accesar la hoja de datos del dispositivo desde los dibujos de las tarjeta de I/O.

### Estos dibujos se organizan en:

- Tarjetas de I/O
- Junction Box
- Cédula de cableado ■ CCM

#### Tarietas de I/O

Contienen la información desde el sensor hasta la terminal de I/O pasando por las junction boxes intermedios y contiene la información relacionada necesaria para entender el lazo de control.

### Información que se incluye:

- Área de operación como "422 Sistema de combustible de gas"
- Rango de medición física y eléctrica del dispositivo como "0 - 500 psig / 4-20 mA ± 1%"
- Marca y modelo, nombre, identificación de sus terminales, sistema al que pertenece, datos de calibración y color de los cables del dispositivo.
- Dirección de memoria, mnemónico y/o nombre de variable, dependiendo de la forma que el sistema de control identifica el punto de I/O.
- Descripción de señales
- Número de cable.
- Identificación del multiconductor utilizado, incluyendo: nombre y color del cable
- Información de los junction box.
- Tipo de cable utilizado como: par torcido blindado, par torcido sin blindaje, triada, etc.
- Las alarmas relacionadas con la señal
- Los fusibles y puentes de configuración relacionados con la tarjeta de I/O.
- Las interconexiones entre la tarjeta terminal y tarjetas de control.

