

ESTUDIO DEL SISTEMA ESTÁTICO DE PROTECCIÓN DE UNA TURBINA A GAS

Patricio León Alvarado¹, Eduardo León Castro²

¹Ingeniero Eléctrico en Potencia 2000

²Director de Tesis. Postgrado en Ingeniería Eléctrica Chile, Universidad de Chile 1973, Profesor de ESPOL desde 1973.

RESUMEN

El presente trabajo realiza el estudio del diseño del sistema de protección de una turbina a gas que genera energía eléctrica.

El estudio considera la filosofía en que se fundamenta el diseño del sistema de protección de una turbina a gas y el diseño del sistema estático de protección. El sistema de protección considera las siguientes protecciones principales:

- Protección de sobrevelocidad
- Protección de sobretensión
- Protección de vibración

INTRODUCCIÓN

Este estudio se aplica a una turbina a gas de 40MW y de solo un eje donde están en línea el compresor, turbina y generador eléctrico.

La aplicación del estudio a una turbina a gas se debe a que esta unidad tiene una serie de ventajas, siendo las principales la baja inversión inicial, la facilidad de instalación y la rapidez para entrar en servicio. Estas ventajas hacen que la turbina a gas sea ideal para suministrar la energía de punta de un sistema eléctrico.

Los componentes principales de una turbina a gas son los siguientes¹:

- **Compresor**
La función del compresor es suministrar aire a alta presión a la cámara de combustión, además sirve de medio de enfriamiento de los combustores y la turbina, para mantener la temperatura del generador de gas dentro de los límites permisibles de operación.
- **Cámara de combustión**
La cámara de combustión tiene por objetivo suministrar el espacio necesario para la combustión de la mezcla aire-combustible.
- **Turbina**
En la turbina la energía térmica contenida en los gases de la combustión de la mezcla aire-combustible se convierte en energía cinética y por medio de los álabes del rotor de la turbina, la energía cinética se convierte en energía mecánica.
- **Generador eléctrico**
En el generador eléctrico la energía mecánica en el eje del rotor se convierte en energía eléctrica en sus terminales.
En la Fig. 1 se presenta los componentes principales de la turbina a gas.

CONTENIDO

1. Filosofía del diseño de protección

El sistema de protección tiene por objetivo, ante una falla, sacar de servicio la parte fallada para evitar un daño grave al resto de la unidad.

Los criterios básicos del diseño del sistema de protección son los siguientes:

- Disponer de dos niveles de protección, un nivel de alarma que permite tomar una acción correctiva y otro nivel que saque de servicio la unidad.
- Evitar un re arranque de la turbina mientras no haya sido localizada y reparada la falla que causa la salida de servicio de la unidad.
- Confiabilidad en la determinación de la falla, es decir, tener la seguridad que la protección da una señal de alarma o disparo de una falla real, para lo cual el sistema de protección tiene triple redundancia.

Para que el sistema de protección de una señal de alarma o disparo se debe cumplir por lo menos la doble redundancia y esto permite trabajar hasta con uno de los circuitos de protección dañado y la confiabilidad de la protección no es afectada significativamente.

En la unidad a gas, el sistema de protección debe estar compuesto por tres protecciones básicas principales que tienen triple redundancia y son las siguientes³:

- Protección de sobrevelocidad
- Protección de sobret temperatura
- Protección de vibración

1.1. Protección de sobrevelocidad

Cuando la unidad ha alcanzado la velocidad nominal y se encuentra trabajando normalmente, la velocidad es regulada por el control de velocidad y el control de temperatura, estos dos controles disminuyen o aumentan la velocidad según se requiera.

La unidad cuenta con un sistema de respaldo en caso de que dichos controles fallen en la regulación de la velocidad, en el caso de que exista pérdida de velocidad, la unidad se puede motorizar y el relé de potencia inversa desconecta la unidad. En caso de un aumento de velocidad, las partes de la turbina que giran sufrirían serios daños, por lo que la unidad tiene la protección de sobrevelocidad.

La protección de sobrevelocidad esta constituida por dos sistemas²:

- Sistema primario de protección
- Sistema secundario de protección

El sistema primario detecta la velocidad de protección primaria, esta sobrevelocidad no es muy elevada con respecto a la velocidad nominal, y envía una señal de alerta al circuito de protección principal, este da la señal de parar la unidad y da la señal de alarma de sobrevelocidad.

En caso de que la unidad aumente su velocidad hasta la velocidad de protección secundaria, la cual es mayor que la primaria, debido a que la protección secundaria se especifica de acuerdo a los límites de

resistencia de las partes móviles de la unidad, el sistema secundario de protección cierra la válvula moduladora de combustible, para que la velocidad disminuya lo más rápido posible del límite mecánico y luego a velocidad cero.

El sistema secundario de protección puede ser electrónico o mecánico, pero en los últimos años se ha preferido que sea electrónico debido a que ofrece las siguientes ventajas:

- Mayor confiabilidad al detectar la falla de sobrevelocidad debido a la implementación de tres canales independientes para sensar la velocidad de la turbina.
- Mayor exactitud en la determinación de la velocidad de la turbina debido a sensores de velocidad de alta precisión.

El sistema de protección de sobrevelocidad se presenta en la Fig. 2.

1.2. Protección de sobretemperatura

La protección de sobretemperatura es una protección de respaldo que actúa en caso de que se produzcan fallas en los controles de velocidad y temperatura, y estas fallas produzcan un aumento en la temperatura de escape de los gases de la combustión.

Cuando se sobrepasa la temperatura máxima permisible en condiciones normales de carga, el sistema de control de temperatura pasa a regular el flujo de combustible, para disminuir el combustible y la temperatura de escape regrese a su valor normal de operación.

En el caso de que el control de temperatura no pueda disminuir la temperatura por tener alguna falla, la temperatura aumenta hasta alcanzar la temperatura de alarma. El sistema de protección de sobretemperatura da una señal de alarma.

El operador de la unidad disminuye la carga de la unidad para reducir el flujo de combustible que entra a la cámara de combustión y con ello disminuye la temperatura de los gases a su valor normal.

Si a pesar de la reducción de carga la temperatura sigue aumentando hasta la temperatura de disparo, el sistema de protección saca de servicio a la unidad.

Para incrementar la confiabilidad, el sistema de protección de sobretemperatura tiene dos canales de protección, independientes entre sí, los canales tienen capacidad de dar señales de alarma y disparo de la unidad. También debe tener sus propios sensores de temperatura para evitar que cuando se dañen los sensores del control de temperatura la unidad se quede sin protección. Los sensores están ubicados alrededor del ducto de escape de gases y montados en elementos protectores de radiación, con el fin de minimizar el error en la medición.

Los valores de temperatura de alarma y disparo dependen de las características de cada unidad y son función directa de la resistencia térmica de los elementos que operan a alta temperatura.

El sistema de protección de sobretemperatura se presenta en la Fig. 3.

1.3. Protección de vibración

La protección de vibración se utiliza en la turbina a gas para detectar y alertar sobre posibles daños físicos que pueden sufrir las partes mecánicas de la unidad, ya que estos daños se ven reflejados en la vibración del eje donde se encuentran acoplados el compresor, la turbina y el generador eléctrico. Los daños pueden estar localizados en las partes móviles como en las partes estáticas de la unidad. Las partes móviles principales son los rotores de la turbina y del compresor, los cuales generalmente sufren dos tipos de daño, siendo estos los siguientes:

- Rotura de uno de los álabes, lo cual ocasiona un desbalanceamiento dinámico del rotor y produce una vibración excesiva.
- Estiramiento de los álabes debido al tiempo de operación excesivo o por esfuerzo térmico debido a elevadas temperaturas. Este estiramiento produce que los álabes rocen el sello de aire y se produzca vibración.

Las partes fijas principales son las chumaceras o cojinetes del eje principal de la unidad, los daños generalmente son por fallas del material, lo que ocasiona que la película de aceite sobre la que se desliza el eje de la turbina pierda su característica original y produzca movimientos verticales del eje que excede los límites de vibración permitidos.

La ventaja que brinda el sistema de protección de vibración es que detecta fallas mecánicas incipientes, por lo que se puede corregirla en un mantenimiento preventivo de la unidad, evitando que se produzcan situaciones de peligro y se atente contra la vida útil de la unidad.

El sistema de protección de vibración se presenta en la Fig. 4.

CONCLUSIONES

En el sistema de protección se utiliza elementos estáticos, los cuales tienen una respuesta más rápida, una mayor confiabilidad, una mejor estabilidad y puede ser supervisada la operación de la unidad por una computadora personal.

El uso del criterio de triple redundancia en el diseño del sistema de protección tiene como principal objetivo brindar una mayor confiabilidad en la información que se obtiene de los sensores con el fin de tomar las acciones adecuadas de protección y como objetivo secundario el de no perder la protección a pesar de que el 33% de sus sensores tengan fallas.

El empleo de dos niveles de protección es para que luego de sonar la alarma, el operador pueda maniobrar la unidad para evitar el disparo de la unidad.

REFERENCIAS

1. P. León, " Estudio del sistema estático de control y protección de una turbina a gas" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2000)

2. H. Hurtado, "Diseño del Control y la Protección de un Central a Vapor" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1980)
3. Gas Turbine Maintenance Manual, Volumen IIA, Sección 19 (General Electric, 1995)