

MÁQUINAS TÉRMICAS 1

vapor a condensándose al agua de circulación (enfriamiento) , es función del caudal a condensar, del caudal de agua de circulación y de su temperatura de entrada al condensador.

Todos estos parámetros han sido tenidos en cuenta para el cálculo de la D.T.T. que es en definitiva el índice de comparación con las mediciones reales hechas sobre el equipo.

Una mala transmisión del calor del vapor al agua de circulación , implica un aumento de la D.T.T. dado que:

$$D.T.T. = t_k - t_2$$

En un condensador ideal la D.T.T. puede ser nula dado que el calor del vapor se transfiere al agua de circulación sin ninguna resistencia a su paso y con una diferencia de temperatura infinitesimal podría intercambiar todo el calor, o sea $t_k = t_2$. Esto no se da en la realidad y lo que tengo es que para las condiciones óptimas de funcionamiento tengo una D.T.T. que llamaremos del Modelo Matemático. Las desviaciones en el funcionamiento hacen que además tengamos desviaciones respecto de la D.T.T. del M.M.(modelo matemático), y tengamos pues una D.T.T. real. El detector de ensuciamiento se basa en la desviación porcentual respecto del MM de la D.T.T. real:

$$D_1 = \frac{DTT_{(MM)} - DTT_{(R)}}{DTT_{(MM)}} \cdot 100$$

Es decir que D_1 puede ser cero (0), positivo (+) , o negativo (-) . El valor numérico del detector no tiene importancia sino que indica mas o menos cuanto se aparta de las condiciones de diseño. Para nuestro análisis adquiere mayor significación el signo (+ , - ó 0).

Cuando D_1 es negativo (-) , el $D.T.T._{(MM)} < D.T.T._{(R)}$, lo que significa que t_2 es menor que el correspondiente para esas condiciones de operación, por lo tanto la transferencia de calor no es la correcta y en consecuencia esto constituye un índice de ensuciamiento.

Cuando D_1 es positivo (+), situación ésta que no debe presentarse normalmente, esto constituye un índice de que el flujo de vapor al condensador G_K o bien el caudal de agua de circulación Q no son los que corresponden para esas condiciones de operación. En este caso se procede a verificar dichos caudales.

1.2 - Detector de entrada adicional de aire. (D_2)

Cuando alguna de las partes bajo vacío no presenta una estanqueidad correcta se produce una entrada adicional de aire, el que es necesario evacuar por medio de los eyectores.

Si el condensador funciona correctamente el efecto del aire o los no condensables admisibles, se ve reducido a la zona de enfriamiento de los mismos (zona de extracción de los no condensables), pero cuando se produce una entrada de aire en exceso, o si el funcionamiento del eyector no es el correcto, se forma una bolsa de aire fuera de su zona de enfriamiento, el aire ocupa parte del condensador destinado al vapor, rodea los tubos por donde circula el agua de enfriamiento y en consecuencia se reduce el coeficiente de transferencia de calor.

Una medida de la entrada adicional de aire, la da la temperatura de la mezcla aire-vapor extraída. Para condiciones normales de funcionamiento, la diferencia entre la temperatura del vapor saturado dentro del condensador y la temperatura de la mezcla extraída debe ser menor a

4°C (en la central de Barranqueras), tomando valores aún mas bajos cuando aumenta la carga. Repitiendo la metodología usada en el detector de ensuciamiento, hacemos:

$$D_2 = \frac{4^{\circ}\text{C} - (t_v - t_{\text{mezcla-aire}})}{4^{\circ}\text{C}} \cdot 100$$

Si D_2 es negativo o sea $t_v - t_{\text{mezcla-aire}} > 4^{\circ}\text{C}$, en consecuencia estamos en presencia de una posible entrada adicional de aire, o bien la capacidad neumática del eyector no es la correcta.

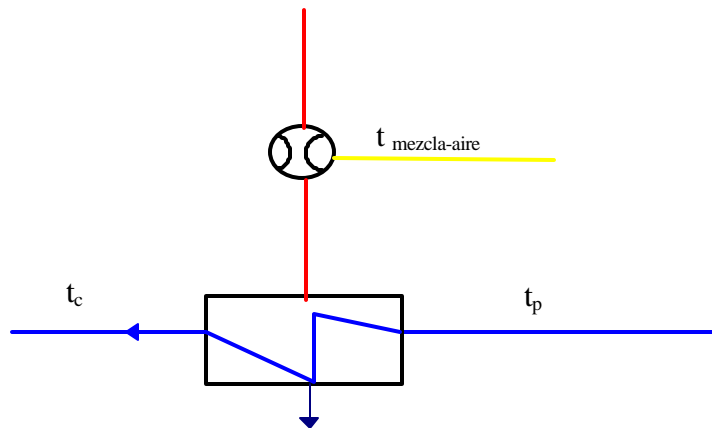
Si el valor de D_2 es cero (0) o es positivo (+) no hay indicios de entrada adicional de aire y el funcionamiento del eyector puede considerarse correcto.

Una entrada adicional de aire también provoca un aumento de la D.T.T. y en consecuencia D_1 se torna negativo (-), vale decir que el análisis de los detectores debe hacerse en conjunto, como se verá mas adelante.

El valor de $t_v - t_{\text{mezcla-aire}} = 4^{\circ}\text{C}$, es un valor límite y puede aceptarse en bajas cargas. para cargas entre 0.7 y 1 este valor debe ser algo menor.

1.3 - Detector de funcionamiento del eyector (D_3)

Este detector D_3 proporciona información sobre la capacidad neumática del eyector, complementando lo informado por el detector D_2 .



El D_3 también informa sobre una posible variación del caudal de condensado a través del precalentador de eyectores, lo que significaría que está condensando mas vapor del correspondiente para el estado operativo considerado y en consecuencia dejaría de ser un problema de condensador y , pasaría a constituir una anomalía en turbina.

Como el gasto y la calidad del vapor a eyectores son constantes con la carga, la diferencia de temperaturas del condensado antes y después del precalentador de eyectores es solo función del caudal de condensado, éste lo es a su vez de la carga (α_T). Si el caudal de condensado es el que efectivamente corresponde a la carga del grupo, la diferencia de temperaturas $t_p - t_c$ mide la capacidad neumática del eyector. Si se comprueba que la capacidad del eyector es la correcta y que el caudal de condensado no es el que corresponde a la carga de prueba esto da un claro indicio de que hay mayor o menor flujo de vapor al condensador y en este caso el problema se traslada a la turbina. La ecuación del detector será:

$$D_3 = \frac{(t_p - t_c)_{MM} - (t_p - t_c)_R}{(t_p - t_c)_{MM}} \cdot 100$$

Si el detector D_3 da un valor positivo (+), significa que el condensado recibió mas calor que el previsto (por unidad de masa) . Esto indicaría en una primera aproximación que hay menor cantidad de condensado circulando a través del calentador de eyectores.

Si por el contrario D_3 es negativo (-) y se comprueba que el caudal de condensado es el correspondiente a la carga del grupo esto es un claro índice de una anomalía en el funcionamiento del eyector.

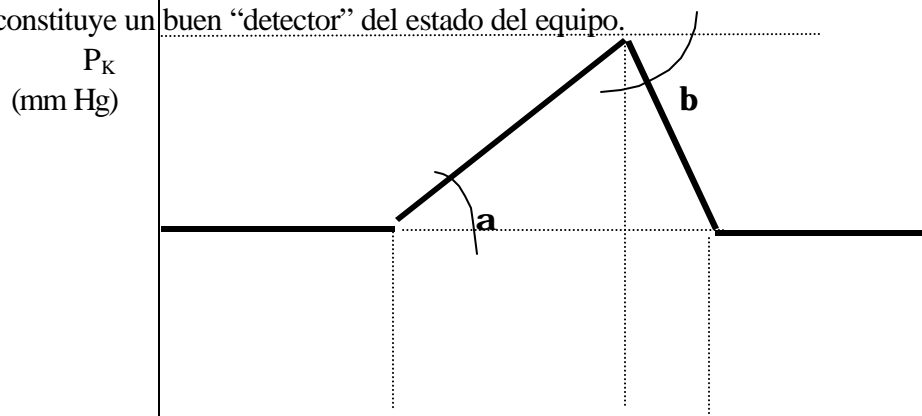
1.4 - Detector de presión en el condensador. (D_4)

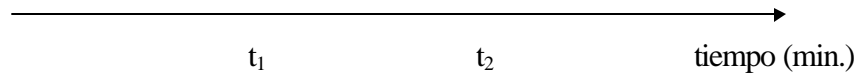
Este es un detector complementario que ayuda a verificar, en algunos casos, los anteriores. En efecto, una baja en el vacío en el condensador (aumento de la presión absoluta) puede provenir tanto de un ensuciamiento como de una entrada adicional de aire o un mal funcionamiento del eyector, es decir que éste es un estimador complementario que se analiza justamente con los otros.

$$D_4 = \frac{(P_K)_{MM} - (P_K)_R}{(P_K)_{MM}} \cdot 100$$

2- Pruebas Complementarias

- Otra forma de verificar la hermeticidad del condensador y el correcto funcionamiento del eyector o la bomba de vacío es cortando la aspiración de la mezcla aire-vapor y medir el aumento de presión absoluta por unidad de tiempo. Si esta operación se hace en condiciones normales, es decir , con el condensador limpio y sin entradas adicionales anormales, se puede trazar el “*triángulo*” de funcionamiento normal. Este “*triángulo*” servirá como base para la comparación del estado del condensador en cualquier condición de operación. Este método constituye un buen “detector” del estado del equipo.





El valor del ángulo α nos da una idea acerca de la hermeticidad del condensador. La presión como máximo deberá subir 1 mm Hg por minuto (Central de Barranqueras) una vez cortada la aspiración, si se sobrepasa este valor (o sea un ángulo α mayor al normal) indica una entrada adicional de aire.

Este método, además nos permite hacer otra comprobación : Una vez restablecida la aspiración de aire por medio del eyector se grafica la ley de variación de la presión del condensador en función del tiempo y de esta forma se obtiene el ángulo β , el que nos da una idea acerca de la capacidad del eyector. Si se observa que el ángulo β disminuye respecto de un valor normal previamente establecido, la capacidad del eyector no es la suficiente para esas condiciones de trabajo.

3.- Análisis en conjunto de las detecciones.

El análisis en conjunto de los detectores se hace mediante un cuadro o matriz de decisiones *lógicas* . En este análisis interesa principalmente el signo del detector. Su valor numérico debe tomarse solo como una estimación aproximada del apartamiento de las condiciones normales de funcionamiento. Debe aclararse que el valor porcentual así obtenido no representa el por ciento de la falla (ensuciamiento, entrada de aire, etc.) sino que es un valor índice, que luego debe estimarse su incidencia en base a la experiencia obtenida de su aplicación.

Matriz de decisión lógica

<u>Detector</u> <u>Causa</u>	D_1	D_2	D_3	D_4	<u>Observaciones</u>
Ensuciamiento de la superficie intercambio	(-)	0	0	(-)	Verificar a diferentes cargas
Entrada adicional de aire	(-)	(-)	0	(-)	Complementar con pruebas de estanqueidad
Mal funcionamiento del eyector	(-)	0 ó (+)	(+)	(-)	Verificar a diferentes cargas
Mayor cantidad de vapor condensado	(+)	0 ó (+)	(-)	(-)	Problemas en la turbina
Menor cantidad de vapor condensado	(-)	0	(+)	(+)	Problema en turbina

4.- Condiciones de ejecución de las determinaciones.

El valor comparativo de estas determinaciones depende mucho de la posibilidad de reproducir fielmente de un ensayo a otro las condiciones de funcionamiento del equipo. En primer lugar el grupo debe estabilizarse en la carga de prueba, recomendándose que la misma sea la nominal o lo mas próxima a esta como sea posible. La presión y temperatura de vapor de admisión deben ser las nominales, lo mismo que el caudal de agua de circulación, lo que se logra abriendo totalmente las válvulas de entrada y salida de agua de circulación.

Los calentadores regenerativos deben estar en servicio no así el evaporador. El instrumental de ensayo debe ser el de operación normal del grupo previamente constatado con la ayuda de algunos termómetros de escala adecuada y manómetros a columna de Hg con una rama abierta a la atmósfera para medir la presión de la tercera extracción.

Debe presentarse suma atención a las mediciones de temperaturas ya que éstas arrojan valores muy cercanos entre sí y sus diferencias son pequeñas pero de gran significación para el análisis de las detecciones, es por ello que en estos puntos conviene emplear termómetros de escala ampliada como ya se ha mencionado en el párrafo anterior.

5.- **Periodicidad de las determinaciones e informes.**

Es conveniente realizar un número de determinaciones no inferior a 4 mensuales en el caso de los detectores y mensualmente realizar una prueba de hermeticidad. Los resultados así obtenidos se promediarán e informarán, también mensualmente, a los niveles correspondientes acompañando el informe mensual de desviaciones de ciclo, generador de vapor y planta, con los comentarios aclaratorios necesarios.

APUNTE REALIZADO POR LA CÁTEDRA DE MÁQUINAS TÉRMICAS I

Lic. Osvaldo Días

Ing. Héctor Lorenzo