

ANEXO E5

Memoria de cálculos del aerocondensador





Para determinar las características del aerocondensador partimos de la base que la central de Cogeneración Nuevo León se ampliará con una turbina de vapor de condensación de 9MW por la que pasarán una media de 45,6 t/h de vapor.

Los datos conocidos son los de entrada en la turbina de vapor de condensación (estado 1), así que el procedimiento de cálculo consistirá en determinar el estado del vapor a la salida de la turbina (estado 2) y a partir de ello determinar que salto entálpico se tiene que producir en el aerocondensador para llegar a condensar todo el caudal de vapor, es decir, determinar la potencia necesaria en el aerocondensador.

DATOS DEL ESTADO 1 (entrada en la turbina)

$$M = 45,6 \text{ t/h} = 12,7 \text{ kg/s}$$

$$T_1 = 400^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 35 \text{ bara} = 3,5 \text{ MPa}$$



$$H_1 = 3223 \text{ kJ/kg}$$

$$S_1 = 6,84256177 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

Con dos datos de un estado termodinámico del vapor, el estado queda definido y mediante tablas termodinámicas o software de vapor se pueden determinar las otras variables del estado. También se pueden obtener las otras variables del estado mediante las ecuaciones psicométricas del vapor.

Para obtener el estado 2 usamos la definición de rendimiento isoentrópico. Considerando el tamaño de la turbina y las posibles condiciones de trabajo se determinó que un rendimiento isoentrópico del 76% es adecuado a la vez que bastante conservador como criterio ingenieril.

La presión y temperatura del estado 2 (salida de la turbina y entrada del aerocondensador) es la misma que la del estado 3 (salida del aerocondensador). De hecho es la condición que impone el aerocondensador. Esta presión se ha comprobado experimentalmente que no puede considerarse por debajo de los 0,2 bar en caso de aerocondensadores (si se usaran torres de refrigeración esta presión podría ser un poco más baja).

Con todas estas consideraciones se obtienen los datos del estado 2.



DATOS DEL ESTADO 2 (salida de turbina y entrada al aerocondensador)

$$P_2 = 0,2 \text{ bara} = 0,02 \text{ MPa}$$

$$\eta_{\text{iso}} = 76\%$$

$$\eta_{\text{iso}} = \frac{H_1 - H_{2\text{real}}}{H_1 - H_{2\text{ideal}}}$$

Definición del rendimiento isoentrópico

$H_{2\text{ideal}}$ es la entalpía que tendría el estado 2 si el rendimiento isoentrópico fuera del 100%, es decir, si la entropía del estado 2 fuera la misma que la del estado 1.

$$S_1 = S_{2\text{ideal}} = 6,84256177 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$P_2 = P_{2\text{ideal}} = 0,2 \text{ bara} = 0,02 \text{ MPa}$$

$$H_{2\text{ideal}} = 2254,19 \text{ kJ/kg}$$

$$H_{2\text{real}} = H_1 - \eta_{\text{iso}} \cdot (H_1 - H_{2\text{ideal}}) = 2480,70 \text{ kJ/kg}$$

En definitiva el estado 2 es el siguiente:

$$P_2 = 0,2 \text{ bara} = 0,02 \text{ MPa}$$

$$X_2 = 94,8\% \text{ (título del vapor)}$$

$$H_2 = 2480,70 \text{ kJ/kg}$$

$$T_2 = 60^\circ\text{C}$$

El estado 3 viene definido por la presión mínima a la que podemos llegar con un aerocondensador y el concepto del título del 100%, es decir, que todo el vapor esté condensado.

DATOS DEL ESTADO 3 (salida del aerocondensador)

$$P_3 = 0,2 \text{ bara} = 0,02 \text{ MPa}$$

$$X_2 = 100\% \text{ (título del vapor)}$$

$$H_3 = 251,38 \text{ kJ/kg}$$

$$T_3 = 60^\circ\text{C}$$

Así pues la potencia térmica del aerocondensador será el producto entre el caudal y la diferencia de entalpía entre entrada y salida, es decir, entre los estados 2 y 3.



POTENCIA DEL AEROCONDENSADOR

$$Pot. Aero. = M \cdot \Delta H_{cond} = 45,6 \frac{t}{h} \cdot \frac{1000kg}{1t} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot (2486,70 - 251,38) \frac{kJ}{kg} = 28.314 kW$$

Como criterio ingenieril en cuanto al factor de seguridad se coge que la potencia del aerocondensador a instalar debe ser como mínimo un 10% mayor que la potencia calculada por este método.

Así pues la potencia del aerocondensador para pedir las ofertas será:

$$1,1 \cdot Pot. Aero = 31.145 kW \cong 32 MW$$

Así pues, se pedirá un aerocondensador que sea capaz de condensar una potencia 32MW.

