

TRANSFORMACIÓN Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

PROBLEMAS DEL BLOQUE I: CALOR Y FRÍO

- MEJORA DE LA EFICIENCIA EN SISTEMAS DE COMBUSTIÓN -

1. En una industria se pretende instalar una planta de cogeneración mediante turbina de vapor a contrapresión. La demanda de energía eléctrica es de 3 MW y la demanda térmica es de 32.000 kg/h de vapor saturado a una presión de 4 bar. Debido a las condiciones de funcionamiento de la turbina, a la salida de la misma el vapor se encuentra a una presión de 4 bar y una temperatura de 180° C por lo que se debe desrecalentar con agua líquida saturada a la presión de 4 bar.

Determinar analíticamente las condiciones del vapor a la entrada de la turbina.

Datos: $\eta_{\text{int}} = 0,85$; $\eta_{\text{mec}} = 0,97$; $\eta_{\text{eléc}} = 0,98$

-----o-----

2. En una industria se dispone de una turbina de vapor axial de extracción regulada para cogeneración de energía y vapor para procesos industriales. El vapor entra en el cuerpo de alta presión de la turbina a 100 bar y 500°C y se expande hasta la presión de 6 bar. A la salida de dicho cuerpo de alta presión se extrae el 10% del vapor inicial, que se utiliza para procesos industriales. El rendimiento interno en ambos cuerpos de la turbina es 80%.

El vapor remanente se recalienta a la presión constante de 6 bar hasta alcanzar los 300°C y en esas condiciones se envía al cuerpo de baja presión de la turbina, donde se expansiona hasta la presión existente en el condensador, que es 50 mbar. En estas condiciones se debe calcular:

- Humedad del vapor a la salida del cuerpo de baja presión
- Trabajo específico de la turbina en kJ por cada kg de vapor que entra en el cuerpo de alta presión
- Potencia desarrollada por cada uno de los cuerpos de la turbina, si la potencia interna total de la misma es 10.000 kW

-----o-----

3. Un proceso industrial tiene necesidad de vapor saturado a 3,5 bar para condensarlo hasta líquido saturado, presentando una RCE igual a 3. En la situación convencional la energía eléctrica se recibe de una central de rendimiento eléctrico 37% y la energía térmica de una caldera de rendimiento 92%.

Para satisfacer ambas demandas se instala una planta de cogeneración mediante turbina de vapor de condensación con extracción. Si el rendimiento eléctrico de la turbina de alta es del 15% y el de la turbina de baja el 25%, calcular:

- El factor de utilización de energía en la situación convencional y en la planta de cogeneración
- Rendimiento eléctrico en la planta de cogeneración
- El ahorro de combustible en la instalación de cogeneración
- El índice de ahorro de energía

----- o -----

4. Una planta industrial necesita los siguientes suministros energéticos: Vapor saturado a 3 bar para condensarlo hasta líquido saturado. Energía eléctrica equivalente a 800 kJ/kg de vapor suministrada por una central con rendimiento del 35%.

Se quiere instalar una planta de cogeneración con turbina de vapor a contrapresión conectada a la red para que suministre el 100% de la energía térmica con un rendimiento eléctrico del 25%.

Considerando un rendimiento del 90% en una caldera convencional, calcular para dicho supuesto:

- a) El consumo total de combustible
- b) El factor de utilización de la energía
- c) El índice de ahorro de energía

----- o -----

5. Una fábrica demanda 35.800 kg/h de vapor saturado a 4 bar para condensarlo hasta líquido saturado, así como una potencia eléctrica de 5 MW para sus procesos industriales. La energía térmica la obtiene en una caldera de rendimiento 90% mientras que la energía eléctrica es suministrada por una central térmica convencional de rendimiento eléctrico 37%.

Se propone la instalación de una central de cogeneración mediante turbina de vapor a contrapresión ajustada a las demandas térmica y eléctrica.

Calcular:

- a) El factor de utilización de la energía en las dos situaciones planteadas
- b) Rendimiento eléctrico de la planta de cogeneración
- c) El ahorro de combustible logrado con la planta de cogeneración
- d) El índice de ahorro de energía

----- o -----

6. Se tiene una instalación de ciclo combinado de turbina de gas y turbina de vapor, en la que los gases procedentes de la combustión en la turbina de gas precalientan el agua, vaporizan y sobrecalientan el vapor de agua hasta la temperatura de 300°C, siendo los datos de la instalación los siguientes:

CICLO DE GAS

El compresor axial, cuya relación de compresión es de 7, aspira 50 kg/s de aire a 20°C y 1 bar de presión. A la entrada de la turbina de gas la temperatura del aire es de 850°C mientras que a la salida del recuperador es de 120°C. El compresor tiene un rendimiento interno del 80% y la turbina de gas del 85%. Considerar el aire como gas perfecto, con $R = 0,287 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ y $\gamma = 1,4$.

CICLO DE VAPOR

A la salida del recuperador el vapor tiene una presión de 80 bar y una temperatura de 300°C y posteriormente es sobrecalentado a presión constante hasta alcanzar los 550°C. En estas

condiciones entra a un primer cuerpo de una turbina de vapor y es expandido hasta una presión de 20 bar. Antes de entrar a un segundo cuerpo de la turbina, el vapor es de nuevo sobrecalentado a presión constante hasta la temperatura de 550°C. La presión en el condensador es de 50 mbar. El rendimiento interno en ambos cuerpos de la TV es del 80%. Los sobrecalentamientos del vapor de agua a las presiones de 80 bar y 20 bar se realizan en el hogar de la instalación de vapor de agua.

Suponiendo que las pérdidas de carga en tuberías, cámara de combustión y caldera son despreciables, determinar:

- a) El trabajo desarrollado por el grupo turbina de gas y el rendimiento termodinámico del ciclo de gas
- b) El trabajo desarrollado por la turbina de vapor y el rendimiento termodinámico del ciclo de vapor
- c) La potencia generada por el ciclo combinado
- d) El rendimiento global de la instalación de ciclo combinado