


Trabajo Práctico N° 11: CICLOS DE POTENCIA DE VAPOR

1) Una central térmica de vapor funciona con una presión de caldera de 40 atm y una presión en el condensador de 0.07 atm.

Calcular:

- El rendimiento térmico (η) de un ciclo de *Carnot* para el que el ingreso de calor se da entre los estados de líquido saturado y vapor saturado.
- η de un ciclo *Rankine ideal* sin sobrecalentamiento.
- La temperatura media \bar{T}_C y η de un ciclo *equivalente de Carnot* correspondiente al caso (b).
- Graficar (b) y (c) sobre el mismo diagrama T-s e interpretar los resultados.

R: a) 0.402, b) 0.346.

2) El agua es el fluido de trabajo de un ciclo *Rankine con sobrecalentamiento*. En la turbina ingresa vapor a 8 MPa y 480 °C. La presión en el condensador es de 8 kPa. La potencia neta del ciclo es 100 MW.

Rendimiento isoentrópico de la turbina: 0.85.

Rendimiento isoentrópico de la bomba: 0.70.

Calcular:

- Rendimiento térmico.
- Flujo másico de vapor, en kg/h, para la producción de la potencia citada.
- Flujo másico de agua de refrigeración, en kg/h, si el agua entra al condensador a 15 °C y sale a 35 °C sin cambio de presión.

R: a) 0.336, b) $3.38 \cdot 10^5$ kg/h, c) 10^7 kg/h.

3) Las condiciones de entrada a la turbina de un ciclo Rankine son 30 bar y 500 °C y la presión a la salida de la misma es 0.1 bar. La turbina funciona adiabáticamente con un rendimiento del 82 %, mientras que el rendimiento de la bomba es del 78 %.

Calcule:

- El rendimiento térmico del ciclo.
- La relación de acoplamiento o de trabajo (r_w).
- El flujo másico de agua necesario, en kg/h, si la potencia neta de salida es de 100 MW.
- El flujo másico de agua de refrigeración necesario, en kg/h, si la temperatura del agua aumenta desde 18 °C hasta 28 °C.
- La generación de entropía en la turbina y en la bomba, en kJ/kg.K.
- Las irreversibilidades en la turbina y en la bomba.
- Las irreversibilidades en la caldera y condensador provocados por la transferencia de calor con las fuentes. Asumir que la temperatura de la fuente caliente es constante e igual a 1500 K.
- Comparar los resultados de f) y g) observando cuáles son las mayores fuentes de irreversibilidad.
- Representar el ciclo en un diagrama T-s, incluyendo las temperaturas de las fuentes.

R.: a) 0.29, b) 0.004, c) 3.79×10^5 kg/h, d) 20.92×10^6 kg/h, e) 0.6614, 0.0023, f) $i_{\text{Turb.}} = 196.7$ kJ/kg, $i_{\text{Bomba.}} = 0.69$ kJ/kg, g) $i_{\text{Cond.}} = 167$ kJ/kg, $i_{\text{Cald.}} = 1314.3$ kJ/kg,

4) El estado de entrada a la turbina de un ciclo de potencia de vapor de agua simple es 140 bar y 560 °C y la presión a la salida es de 0.06 bar. El agua de refrigeración del condensador aumenta su temperatura desde 18 °C hasta 28 °C y $T_0 = 18$ °C.

Los rendimientos isoentrópicos de la turbina y la bomba son el 85 y 70 % respectivamente. Determine, en kJ/kg de vapor de agua:

- Las variaciones de exergía en la caldera, la turbina, el condensador y la bomba.
- Las irreversibilidades en la turbina, la bomba y el condensador.

R: a) 1553 kJ/kg, -1443 kJ/kg, -124 kJ/kg, 1.4 kJ/kg; b) 205, 0, 89.

5) En un ciclo *Rankine regenerativo* de simple expansión, el vapor entra a la turbina a 520 °C y 120 bar y se practica una extracción en la turbina a una $P = 10$ bar.

El flujo de vapor extraído es conducido a un calentador (cámara de mezcla) que opera a 10 atm. La presión en el condensador es de 0.06 bar.

Considerando procesos isoentrópicos tanto en la turbina como en las bombas, determinar:

- Rendimiento térmico.
- Potencia desarrollada, en MW, para un caudal másico de vapor de 10^6 kg/h.

6) Comparar los resultados del problema anterior con los que se obtendrían de un ciclo Rankine ideal, que tiene las mismas condiciones de entrada a la turbina y la misma presión en el condensador, pero sin extracción regenerativa.

7) En un ciclo *Rankine con sobrecalentamiento y recalentamiento* (doble expansión), el vapor de agua entra a la turbina de alta a 8 MPa y 480 °C, expandiéndose hasta una presión de 0.7 MPa. Luego es recalentado hasta 480 °C antes de ingresar a la turbina de baja.

La presión de trabajo en el condensador es de 8 kPa. El caudal másico de vapor circulante por el ciclo es de 2.63×10^5 kg/h.

Tanto la turbina de alta como la de baja operan con un rendimiento isoentrópico $\eta_s = 0.80$.

Determinar:

- Potencia neta del ciclo, en kW.
- Rendimiento térmico.
- La transferencia de calor al agua de refrigeración que pasa a través del condensador, en kW.

R: a) 101×10^3 kW, b) 0.36, c) -175.9×10^3 kW.

8) Comparar la temperatura media de ingreso de calor (\bar{T}_c) del ciclo Rankine con sobrecalentamiento y recalentamiento del Problema 7 y la correspondiente a un ciclo Rankine sin recalentamiento, que opere entre las mismas presiones de caldera y de condensador, y la misma temperatura de ingreso a la turbina.