

Guía de Problemas PEP n°3

Ciclo Rankine y sus variantes / Ciclos de refrigeración por compresión de vapor

Termodinámica de Ingeniería Química

Profesor: Julio Romero F.

Ayudante: Francisca Luna F.

1. Considere una central eléctrica de vapor que opera en el ciclo Rankine ideal simple. El vapor entra a la turbina a 3 MPa y 350°C y es condensado a una presión de 75 kPa. Determine la eficiencia térmica de este ciclo si la bomba y turbina trabajan con un 85% de eficiencia. (R: 22,8%)
2. Una central eléctrica de vapor opera en un ciclo Rankine ideal regenerativo. El vapor entra a la turbina a 6 MPa y 450°C y se condensa en el condensador a 20 kPa. El vapor que se extrae de la turbina a 0,4 MPa para calentar el agua de alimentación en un calentador abierto, además el agua sale del calentador como líquido saturado. Muestre el ciclo en un diagrama T-s, indicando valores referenciales de temperatura y entropía, y determine:
 - a) La salida neta de trabajo por kilogramo de vapor que fluye a través de la caldera. (R: 1017 kJ/kg)
 - b) La eficiencia térmica del ciclo. (R: 37,8%)
3. Considere una central eléctrica de vapor que opera en un ciclo Rankine ideal regenerativo con un calentador abierto de agua de alimentación. El vapor entra a la turbina a 15 MPa y 600°C, y se condensa en el condensador a una presión de 10 kPa. Un poco de vapor sale de la turbina a una presión de 1,2 MPa y entra al calentador abierto de agua de alimentación. Determine la fracción de vapor extraída de la turbina (R: 0,227) y la eficiencia térmica del ciclo. (R: 46,3%)
4. Se tiene un ciclo Rankine con recalentamiento. El vapor sale a la caldera a 15 MPa y 500°C y se descomprimen en la primera turbina a 4 MPa para continuar a una segunda turbina donde se expande hasta 2 atm. Considere la eficiencia de turbina igual a 80% y la bomba como isoentrópica. Calcule el rendimiento térmico del ciclo. (R: 27,1%)
5. Considere una central eléctrica de vapor que opera con el ciclo Rankine ideal con recalentamiento. El vapor entra a la turbina de alta presión a 15 MPa y 600°C y se condensa a una presión de 10 kPa. Si el contenido de humedad del vapor a la salida de la turbina de baja presión no excede de 10,4 por ciento, determine:
 - a) La presión a la que el vapor se debe recalentar. (R: 4 MPa)
 - b) La eficiencia térmica del ciclo. (R: 45%)

Suponga que el vapor se recalienta hasta la temperatura de entrada de la turbina de alta presión.

6. Considere una central eléctrica de vapor que opera en un ciclo Rankine con recalentamiento y que tiene una salida neta de potencia de 80 MW. El vapor entra a la turbina de alta presión a 10 MPa y 500°C, mientras que a la turbina de baja presión lo hace a 1 MPa y 500°C. El vapor sale del condensador como líquido saturado a una presión de 10 kPa. La eficiencia isoentrópica de la turbina es de 80 por ciento y la de la bomba de 95 por ciento. Muestre el ciclo en un diagrama T-s respecto de las líneas de saturación y determine:
- La calidad (o temperatura, si hay sobrecalentamiento) del vapor a la salida de la turbina. (R: 87,87%)
 - La eficiencia térmica del ciclo. (R: 34,05%)
 - El flujo másico de vapor. (R: 62,66%)
7. Una bomba de calor con el refrigerante 134a como fluido de trabajo se usa para mantener un espacio a 25°C, absorbiendo el calor de una fuente de agua geotérmica que entra en el evaporador a 50°C a una tasa de 0,065 kg/s, y sale a 40°C. El refrigerante entra en el evaporador a 20°C con una calidad de 23%, y sale a la presión de entrada como vapor saturado. El refrigerante pierde 300 W de calor a los alrededores cuando fluye a través del compresor, y sale del compresor a 1,4 MPa a la misma entropía que a la entrada. Determine:
- Los grados de subenfriamiento del refrigerante. (R: 3,8°C)
 - El flujo másico de refrigerante. (R: 0,0194 kg/s)
 - La carga de calentamiento y el COP de la bomba de calor. (R: 3,07 kW; 4,68)
8. Una bomba de calor que opera en un ciclo ideal por compresión de vapor con refrigerante 134a se utiliza para calentar agua de 15 a 45°C a una tasa de 0,12 kg/s. Las presiones del condensador y del evaporador son 1,4 y 0,32 MPa, respectivamente. Determine la entrada de potencia a la bomba de calor. (R: 2,97 kW)
9. En el condensador de una bomba de calor residencial entra refrigerante 134a a 800 kPa y 55°C a una tasa de 0,018 kg/s, y sale a 750 kPa subenfriado a 3°C. El refrigerante entra al compresor a 200 kPa sobrecalentado en 4°C. Determine:
- La eficiencia isoentrópica del compresor. (R: 67%)
 - La tasa de calor suministrada a la habitación calentada. (R: 3,67 kW)
 - El COP de la bomba de calor. (R: 4,64)
10. Al compresor de un refrigerador entra refrigerante 134a a 140 kPa y -10°C a una tasa de 0,05 kg/s, y sale a 0,8 MPa y 50°C. El refrigerante se enfría en el condensador a 26°C y 0,72 MPa, y se estrangula a 0,15 MPa. Descarte toda posibilidad de transferencia de calor y caída de presión en las líneas de conexión entre los componentes, y determine:
- La tasa de remoción de calor del espacio refrigerado y la entrada de potencia al compresor. (R: 7,927 kW; 2,017 kW)
 - La eficiencia isoentrópica del compresor. (R: 93,85%)
 - El coeficiente de desempeño del refrigerador (COP_R). (R: 3,93)

11. En un refrigerador se utiliza refrigerante 134a como fluido de trabajo, y opera en un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor entre 0,14 y 0,8 MPa. Si el flujo másico del refrigerante es 0,05 kg/s, determine:
- a) La tasa de eliminación de calor del espacio refrigerado y la entrada de potencia al compresor. (R: 7,18 kW; 1,81 kW)
 - b) La tasa de rechazo de calor al ambiente. (R: 9 kW)
 - c) El COP del refrigerador. (R: 3,97)
12. Un refrigerador usa el refrigerante 134a como fluido de trabajo y opera en el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor. El refrigerante entra al evaporador a 120 kPa con una calidad de 30% y sale del compresor a 60°C. Si el compresor consume 450 W de potencia, determine:
- a) El flujo másico del refrigerante. (R: 0,00727 kg/s)
 - b) La presión del condensador. (R: 672 kPa)
 - c) El COP del refrigerador. (R: 2,43)
13. Una bomba de calor que utiliza refrigerante 134a, y que sigue un ciclo ideal por compresión de vapor, se utiliza para calentar un caudal de agua de 0,48 kg/s desde 15°C hasta 54°C. Las presiones del condensador y del evaporador son 1,4 y 0,32 MPa, respectivamente. Determine:
- a) La entrada de potencia neta a la bomba de calor.
 - b) El COP de la bomba de calor.
 - c) La tasa de absorción de calor en el evaporador en kW.
14. Considere una planta de potencia que opera de acuerdo a un ciclo Rankine ideal con recalentamiento, El vapor entra a la turbina de alta presión a 15 MPa y 600 °C. El vapor sale de la primera turbina a una presión de 4 MPa y antes de ingresar a la segunda turbina, retorna a la caldera para sobrecalentarse a la temperatura de entrada de la turbina de alta presión, ingresando posteriormente a la segunda turbina donde se expande hasta una presión de 10 kPa. La caldera es capaz de generar un flujo de vapor de 25,5 kg/s. Suponiendo que las turbinas y las bombas se comportan idealmente de manera isoentrópica, determine:
- a) El valor de los flujos de calor (kW) que se inyecta a la caldera y que se extrae del condensador, con sus respectivos signos.
 - b) La potencia neta de la planta en kW.
 - c) La eficiencia térmica del ciclo.
15. Usted participa del proceso de diseño de un refrigerador que utiliza refrigerante 134a y que opera en un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor. El refrigerante entra al evaporador a 90 kPa y sale del compresor a 70°C y del evaporador como vapor saturado. Si el refrigerador consume 3,5 kW, determine:
- a) El flujo másico del refrigerante.
 - b) La presión de salida del compresor.
 - c) El título del vapor a la entrada del evaporador.
 - d) La tasa de rechazo de calor al ambiente.
 - e) El COP del refrigerador.

- 16.** Analice una central generadora eléctrica que opera de acuerdo a un ciclo Rankine regenerativo con un calentador abierto de agua de alimentación. El vapor entra a la turbina a 18 MPa y 600°C, y se extrae del condensador a una presión de 20 kPa. Se extrae una parte del vapor de la turbina a una presión de 1,4 MPa, este vapor entra a un calentador abierto de agua de alimentación. Teniendo en cuenta que la turbina tiene un 90% de eficiencia y las bombas pueden ser consideradas isoentrópicas, calcule:
- la fracción de vapor extraída de la turbina.
 - la eficiencia térmica del ciclo.
- 17.** Considere una central eléctrica de vapor que opera en un ciclo Rankine ideal regenerativo con un calentador abierto de agua de alimentación. Este calentador abierto es un mezclador que combina de manera directa las corrientes 2 y 6. En un ciclo regenerativo la corriente de salida del calentador abierto es líquido saturado. El vapor entra a la turbina a 15 MPa y 600°C, y se condensa en el condensador a una presión de 10 kPa. Una parte de vapor sale de la turbina a una presión de 1.2 MPa y entra al calentador abierto de agua de alimentación. Determine:
- La fracción de vapor extraído de la turbina.
 - La eficiencia térmica del ciclo.
- 18.** Una bomba de calor que opera en un ciclo ideal por compresión de vapor con refrigerante 134a se utiliza para calentar agua de 15 a 45°C a una tasa de 0,12 kg/s. Las presiones del condensador y del evaporador son 1,4 y 0,32 Mpa, respectivamente. Determine:
- La temperatura del refrigerante a la salida del compresor.
 - El flujo de refrigerante en el circuito de la bomba de calor.
 - La entrada de potencia al compresor de la bomba de calor.
 - El COP de la bomba de calor.
- 19.** Un ciclo Rankine regenerativo de potencia que opera con vapor y un calentador abierto. De la caldera sale una corriente de vapor a 30 bar y 500°C, y luego de pasar a través de la turbina, se expande hasta una presión de 0,1 bar. Mientras tanto, una corriente de vapor se extrae de la turbina a una presión intermedia de 5 bar. A través del sistema, circula un caudal total de vapor de 7,5 kg/s. Como especificación del diseño, se sabe que del calentador abierto se extrae una corriente de líquido saturado. Determine:
- La fracción de vapor que se extrae de la turbina a 5 bar.
 - La potencia neta de la planta.
 - La eficiencia térmica del ciclo.
- 20.** Una bomba de calor que opera en un ciclo por compresión de vapor con refrigerante 134a se utiliza para calentar agua de 20 a 58°C a una tasa de 0,40 kg/s. Las presiones del condensador y del evaporador son 1,4 y 0,32 MPa, respectivamente. Determine:
- La temperatura del refrigerante a la salida del compresor.
 - El flujo de refrigerante en el circuito de la bomba de calor.
 - La entrada de potencia al compresor de la bomba de calor.
 - El COP de la bomba de calor.