

**9.41** Ar entra no compressor de um ciclo ideal de ar-padrão frio Brayton a 100 kPa, 300 K e com uma vazão mássica de ar de 6 kg/s. A relação de pressão no compressor é 10 e a temperatura de entrada de ar na turbina é 1400 K. Para  $k = 1,4$ , calcule

- (a) a eficiência térmica do ciclo.
- (b) a razão de trabalho reverso.
- (c) a potência líquida desenvolvida, em kW.

**9.49** No compressor de um ciclo ideal de ar-padrão frio Brayton entra ar a 100 kPa, 300 K e com uma vazão mássica de 6 kg/s. A relação de pressão no compressor é 10 e a temperatura de entrada na turbina é 1400 K. Tanto a turbina como o compressor têm eficiência isoentrópica de 80%. Para  $k = 1,4$ , calcule

- (a) a eficiência térmica do ciclo.
- (b) a razão de trabalho reverso.
- (c) a potência líquida desenvolvida, em kW.

**9.50** Ar entra no compressor de um ciclo de ar-padrão Brayton com uma vazão volumétrica de 60 m<sup>3</sup>/s a 0,8 bar e 280 k. A relação de pressão do compressor é 20 e o ciclo máximo da temperatura é 2100 K. Para o compressor, a eficiência isoentrópica é 92% e para a turbina a eficiência isoentrópica é 95%. Determine

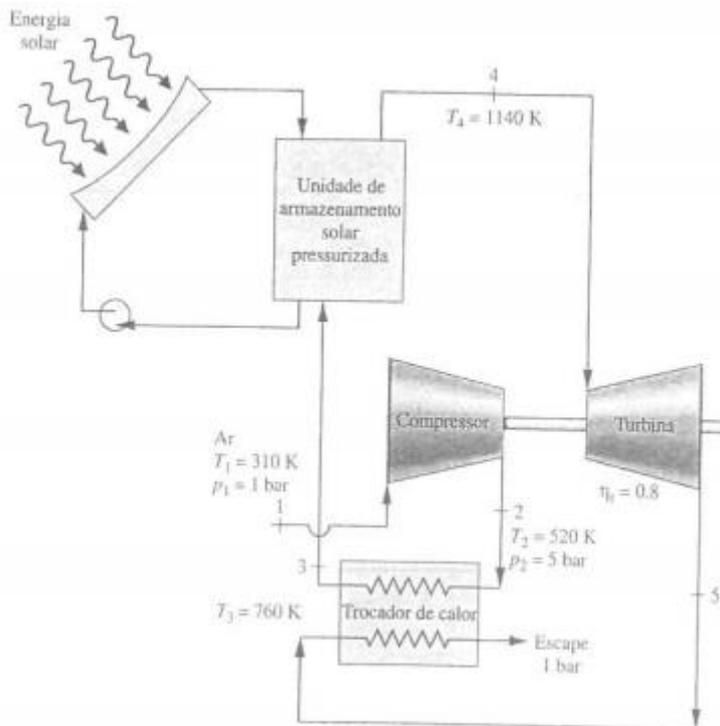
- (a) a potência líquida desenvolvida, em MW.
- (b) a taxa de adição de calor no combustor, em MW.
- (c) a eficiência térmica do ciclo.

**9.56** Ar entra no compressor de um ciclo de ar-padrão Brayton regenerativo com uma vazão volumétrica de 60 m<sup>3</sup>/s a 0,8 bar e 280 k. A razão de pressão no compressor é 20 e a temperatura máxima do ciclo é 2100 K. Para o compressor, a eficiência isoentrópica é 92% e para a turbina a eficiência isoentrópica é 95%. Para uma eficiência do regenerador de 85%, determine

- (a) a potência líquida desenvolvida, em MW.
- (b) a taxa de adição de calor no combustor, em MW.
- (c) a eficiência térmica do ciclo.

9.60 A Fig. P9.60 ilustra uma instalação de potência com uma turbina a gás que usa energia solar como fonte de adição de calor (veja U.S. Patent n.º 4.262.484). Os dados operacionais são mostrados na figura. Modelando o ciclo como um ciclo Brayton, e supondo que não há perda de carga no trocador de calor ou na tubulação de interconexão, determine.

- a eficiência térmica.
- a vazão mássica de ar, em kg/s, para uma potência líquida de saída de 500 kW.



9.62 Ar entra em uma turbina a gás a 1200 kPa, 1200 K e se expande até 100 kPa em dois estágios. Entre os estágios, o ar é reaquecido até 1200 K a uma pressão constante de 350 kPa. A expansão em cada estágio da turbina é isentrópica. Determine, em kJ por kg de ar em escoamento,

- o trabalho desenvolvido em cada estágio.
- a transferência de calor para o processo de reaquecimento.
- o aumento no trabalho líquido quando comparado a um único estágio de expansão sem reaquecimento.

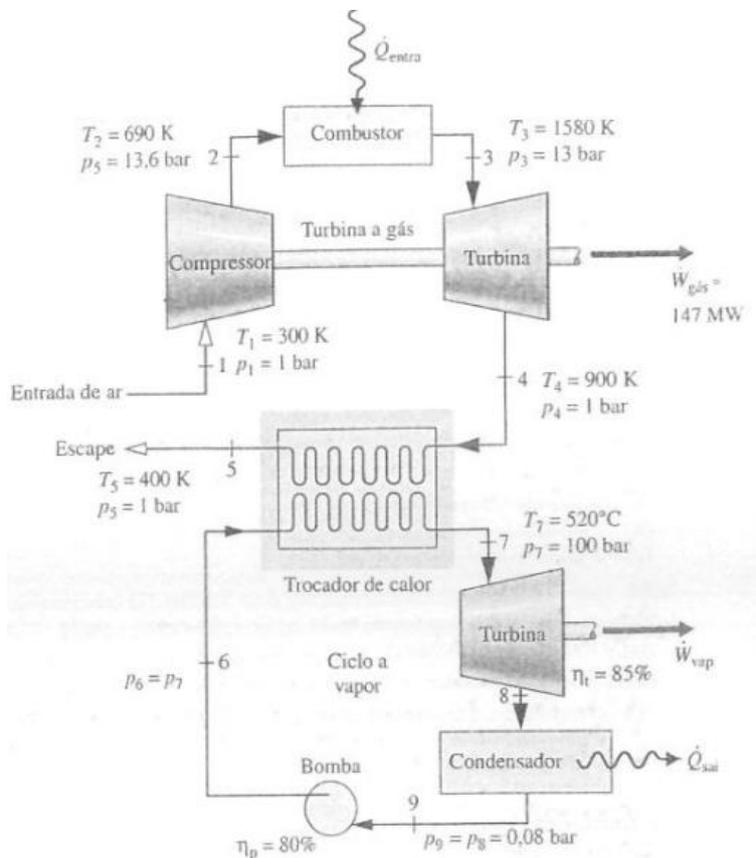
- 9.65 Ar entra no compressor de um ciclo de ar-padrão frio Brayton com regeneração e reaquecimento a 100 kPa, 300 K e com uma vazão mássica de ar de 6 kg/s. A relação de pressão do compressor é 10 e a temperatura de entrada para cada estágio da turbina é 1400 K. Tanto os estágios da turbina como o compressor têm eficiência isoentrópica de 80% e a eficiência do regenerador é 80%. Para  $k = 1,4$ , calcule
- a eficiência térmica do ciclo.
  - a razão de trabalho reverso.
  - a potência líquida desenvolvida, em kW.
- 9.67 Um compressor de duplo estágio opera em regime permanente comprimindo 10 m<sup>3</sup>/min de ar de 100 kPa e 300 K até 1200 kPa. Um inter-resfriador entre os dois estágios resfria o ar para 300 K a uma pressão constante de 350 kPa. Os processos de compressão são isoentrópicos. Calcule a potência necessária para o acionamento do compressor, em kW, e compare o resultado com a potência necessária para uma compressão isoentrópica do mesmo estado inicial até a mesma pressão final.
- 9.73 Ar entra no compressor de um ciclo Brayton de ar-padrão frio com regeneração, inter-resfriamento e reaquecimento a 100 kPa, 300 K, com uma vazão mássica de 6 kg/s. A razão de pressão do compressor é 10, e as razões de pressão são as mesmas em cada estágio do compressor. Tanto o inter-resfriador como o reaquecedor operam à mesma pressão. A temperatura na entrada do segundo estágio do compressor é 300 K e a temperatura de entrada para cada estágio da turbina é de 1400 K. Tanto os estágios do compressor como os da turbina têm eficiência isoentrópica de 80% e a efetividade do regenerador é de 80%. Para  $k = 1,4$ , calcule
- a eficiência térmica do ciclo.
  - a razão de trabalho reverso.
  - a potência líquida desenvolvida, em kW.

9.74 Ar entra no compressor de uma turbina a gás a 100 kPa, 300 K. O ar é comprimido em dois estágios até 900 kPa, com inter-resfriamento até 300 K entre os estágios à pressão de 300 kPa. A temperatura de entrada na turbina é 1480 K e a expansão ocorre em dois estágios, com reaquecimento a 1420 K entre os estágios a uma pressão de 300 kPa. As eficiências de cada estágio do compressor e da turbina valem, respectivamente, 84% e 82%. A potência líquida produzida é de 1,8 MW. Determine

- a vazão volumétrica, em  $\text{m}^3/\text{s}$ , na entrada de cada estágio de compressão.
- a eficiência térmica do ciclo.
- a razão de trabalho reverso.

9.87 Um ciclo de potência combinado de turbina a gás e a vapor funciona tal como mostra a Fig 9.87. Os dados de pressão e temperatura são fornecidos em seus estados principais, e a potência líquida desenvolvida pela turbina a gás é de 147 MW. Usando a análise de ar-padrão para turbina a gás, determine

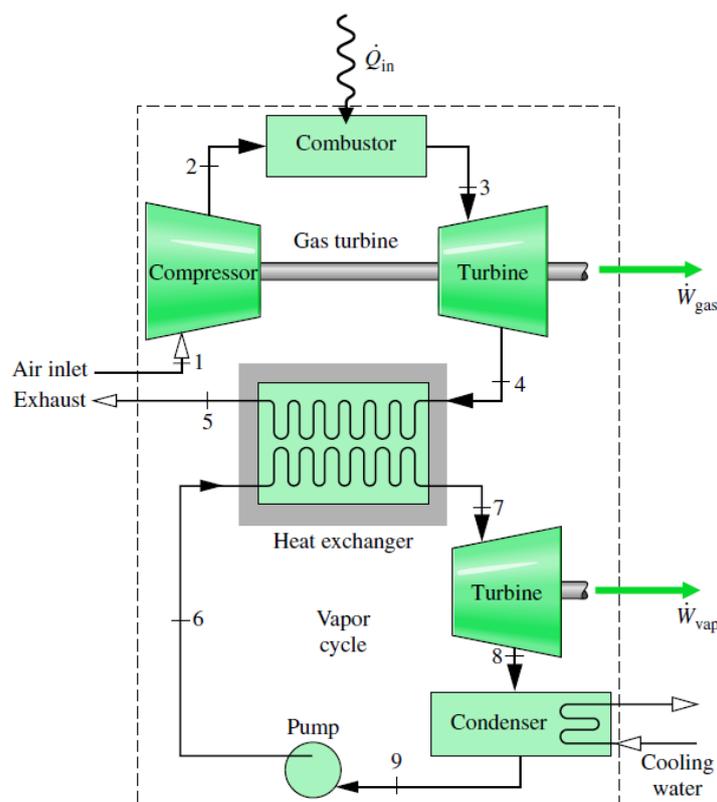
- potência líquida desenvolvida pela usina, em MW.
- a eficiência térmica global da usina.



9.88 Ar entra no compressor de um ciclo de potência combinado de turbina a gás e a vapor (Fig. 9.23) a 1 bar e  $25^{\circ}\text{C}$ . A eficiência isoentrópica do compressor é 85% e a relação de pressão do compressor é 14. O ar que escoar ao longo do combustor recebe energia por transferência de calor a uma taxa de 50 MW sem perda de carga significativa. O ar encontra-se a  $1250^{\circ}\text{C}$  na entrada da turbina. O ar se expande ao longo da turbina, que

tem uma eficiência isoentrópica de 87%, para uma pressão de 1 bar. Em seguida, o ar passa por um trocador de calor interconectado e é finalmente descarregado a  $200^{\circ}\text{C}$ , 1 bar. Vapor entra na turbina do ciclo a vapor a 12,5 MPa e  $500^{\circ}\text{C}$  e se expande até a pressão do condensador de 0,1 bar. Água entra na bomba como líquido saturado a 0,1 bar. As eficiências isoentrópicas da turbina e da bomba são, respectivamente, 90% e 100%. A água de resfriamento entra no condensador a  $20^{\circ}\text{C}$  e sai a  $35^{\circ}\text{C}$ . Determine

- as vazões mássicas do ar, do vapor e da água de resfriamento, todas em kg/s.
- a potência líquida desenvolvida pelo ciclo da turbina a gás e pelo ciclo a vapor, ambas em MW.
- a eficiência térmica do ciclo combinado.



- 9.89 Um ciclo de potência combinado de turbina a gás e a vapor (Fig. 9.23) tem uma potência líquida de saída de 100 MW. Ar entra no compressor da turbina a gás a 100 kPa e 300 K e é comprimido a 1200 kPa. A eficiência isoentrópica é 84%. As condições na entrada da turbina são 1200 kPa e 1400 K. O ar se expande ao longo da turbina, que tem uma eficiência isoentrópica de 88%, até uma pressão de 100 kPa. Em seguida, o ar passa por um trocador de calor interconectado e é finalmente descarregado a 480 K. O vapor entra na turbina do ciclo de potência a vapor a 8 MPa e 400°C, e se expande até a pressão do condensador de 8 kPa. Água entra na bomba como líquido saturado a 8 kPa. A turbina e a bomba têm eficiências isoentrópicas de 90% e 80%, respectivamente. Determine
- as vazões mássicas do ar e do vapor, ambas em kg/s.
  - a eficiência térmica do ciclo combinado.

