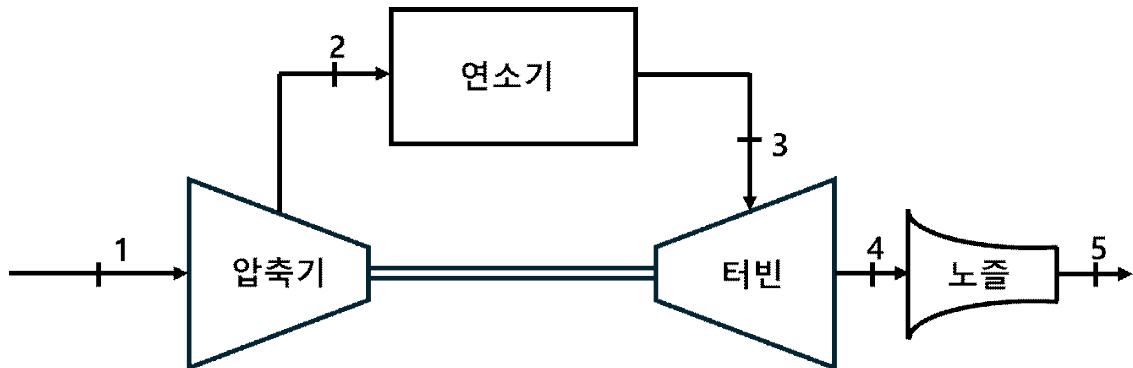


【 문제-1 】 (30점)

항공용 가스터빈은 이상적인 브레이튼(Brayton) 사이클에 압축기와 터빈의 등엔트로피 효율을 적용하여 해석할 수 있다. 압축기의 압축비는 10이고, 연소기 후단에서 온도 $T_3=1,100^{\circ}\text{C}$ 이며, 노즐 출구의 면적(A_5)은 0.2m^2 이다. 정압비열 $C_P=1.004\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ 이고, 비열비 $k=1.4$, 기체상수 $R=0.287\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ 일 때, 아래 가정을 참고하여 다음 물음에 답하시오.

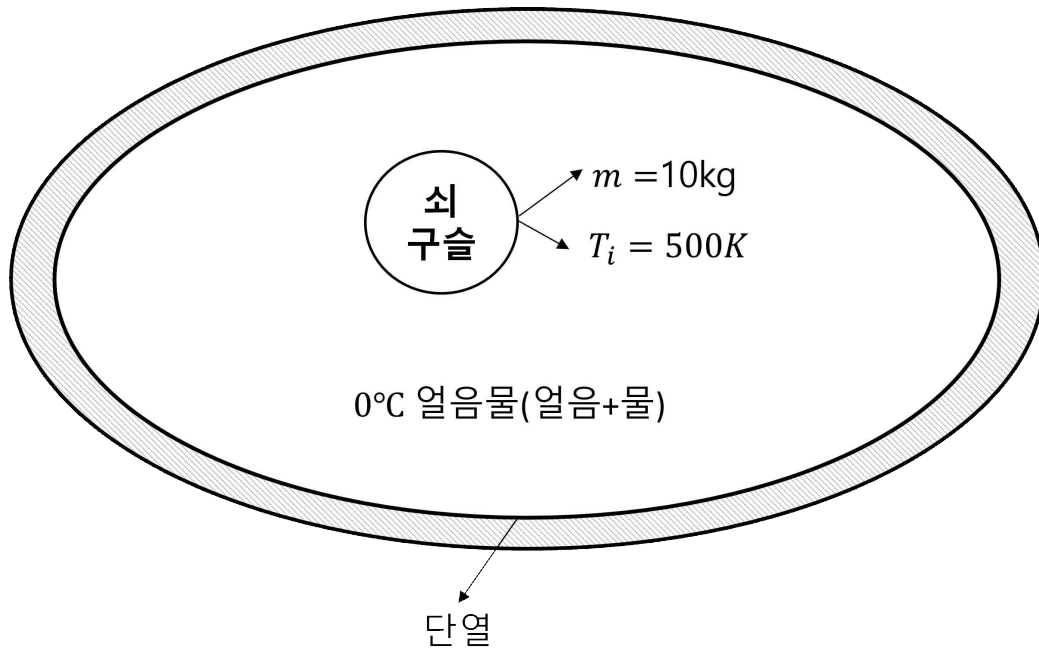
- 가정 1. 대기의 온도 $T_1=25^{\circ}\text{C}$, 압력 $P_1=100\text{kPa}$ 이다.
- 가정 2. 터빈일(w_t)과 압축기일(w_c)은 같고, 압축기와 터빈의 효율은 모두 0.8이다.
- 가정 3. 노즐에서 과정은 가역단열이다.
- 가정 4. 연소기에서 압력강하는 없으며($P_2=P_3$), 노즐 출구의 압력은 대기의 압력과 같다($P_5=P_1$).
- 가정 5. 노즐입구에서 유체의 속도(V_4)는 무시한다.
- 가정 6. 모든 장치는 정상상태, 정상유동이다.
- 가정 7. 위치에너지 변화는 모든 장치에서 무시하며, 운동에너지 변화는 노즐을 제외하고 무시한다.



- (1) 압축기의 단위질량당 일(kJ/kg)을 구하시오. (6점)
- (2) 연소기에서 공급해야 할 단위질량당 열(kJ/kg)을 구하시오. (6점)
- (3) 터빈출구에서 온도 $T_4(^{\circ}\text{C})$ 와 압력 $P_4(\text{MPa})$ 를 구하시오. (단, 온도는 소수점 둘째자리에서, 압력은 소수점 다섯째 자리에서 반올림 하시오.) (6점)
- (4) 노즐 출구 속도 $V_5(\text{m/s})$ 와 지상에서 정지해 있을 때 추력(lb_f)을 구하시오. (단, 추력은 질량유량과 노즐 출구 속도의 곱이며, $1\text{lb}_f=4.4482\text{N}$ 이다.) (12점)

【 문제-2 】 (20점)

아래 그림과 같이 온도가 0°C 인 얼음물에 질량 $m=10\text{ kg}$, 초기온도 $T_i=500\text{ K}$ 인 쇠구슬(철)을 넣었다. 오랜 시간이 지난 후 쇠구슬의 온도는 0°C 가 되었다. 여기서 얼음물의 양은 충분히 크고, 전체시스템(얼음물+쇠구슬)은 주위와 단열되어 있다고 할 때, 다음 물음에 답하시오. (단, 쇠구슬의 비열 $C=0.45\text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ 이고, 얼음의 융해열 $h_{sf}=334\text{ kJ/kg}$ 이다.)



- (1) 쇠구슬이 잃어 버린 열량(kJ)과 쇠구슬로 인하여 녹은 얼음의 질량(kg)을 구하시오. (8점)
- (2) 쇠구슬의 엔트로피 변화량(kJ/K)과 얼음물의 엔트로피 변화량(kJ/K)을 구하시오. (8점)
- (3) 전체시스템의 엔트로피 변화량(kJ/K)을 구하시오. (2점)
- (4) 위의 물음 (2), (3)의 결과를 이용하여 고립계에서의 엔트로피 증가원리를 설명하시오. (2점)

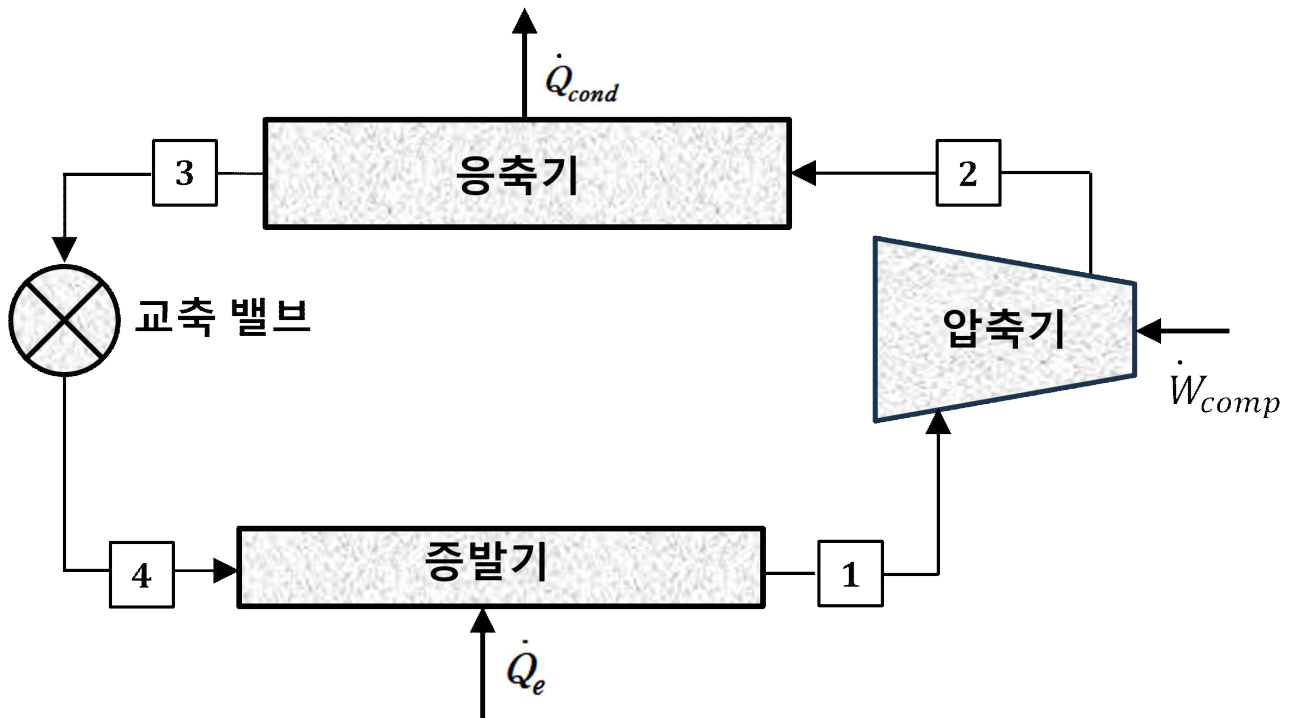
【 문제-3 】 (30점)

마찰이 없는 피스톤 실린더 시스템에 800 kPa, 400 K의 공기가 들어있다. 가역 단열과정을 통해 150 kPa까지 팽창했다. 다음 물음에 답하시오.

- (1) 단순압축계(simple compressible system)에서 열역학 1법칙과 엔트로피 정의를 이용하여 깁스방정식(제1 Tds방정식)을 유도하시오. (4점)
- (2) 물음 (1)에서 구한 깁스방정식을 이용하여 1번 상태에서 2번 상태로 비엔트로피 변화(s_2-s_1)를 정적비열 C_v , 기체상수 R , 온도 T 와 비체적 v 의 함수로 유도하시오. (단, 공기는 이상기체이며, 비열은 상수라고 가정한다.) (6점)
- (3) 물음 (2)의 식을 활용하여 등엔트로피 과정에서 온도 T 와 비체적 v 의 관계를 비열비 k 를 이용하여 나타내시오. (10점)
- (4) 최종온도(K)와 단위질량당 일(kJ/kg)을 구하시오. (단, 공기의 기체상수는 0.287 kJ/kg · K, 정적비열은 0.717 kJ/kg · K, 비열비는 1.4이다.) (10점)

【 문제-4 】 (20점)

아래 그림과 같이 R-134a를 냉매로 사용하고 있는 냉동 사이클이 있다. 냉매는 200 kPa의 포화증기 상태로 압축기로 유입되어 800 kPa까지 압축되고 포화액체 상태로 응축기에서 나온다. 냉동률 $\dot{Q}_e = 15 \text{ kW}$ 이고, 증발기에서 압력은 일정 ($P_1 = P_4$)하며 응축기에서도 압력은 일정 ($P_2 = P_3$)하다. 모든 장치에서 운동에너지의 변화와 위치에너지의 변화를 무시하고, 모든 장치는 정상상태, 정상유동으로 작동되고 있다고 가정할 때, 다음 물음에 답하시오.



- (1) 냉매의 질량유량(kg/s)을 구하시오. (단, 사이클 각 점에서의 상태량은 다음과 같다.) (6점)

$$h_1 = 241.30 \text{ kJ/kg}, \quad h_2 = 269.92 \text{ kJ/kg}, \quad h_3 = h_4 = 93.42 \text{ kJ/kg}$$

- (2) 압축기가 등엔트로피(가역단열) 거동을 한다고 할 때 성능계수(COP)를 구하시오. (단, 사이클 각 점에서의 상태량은 다음과 같다.) (6점)

$$h_1 = 241.30 \text{ kJ/kg}, \quad h_2 = 269.92 \text{ kJ/kg}, \quad h_3 = h_4 = 93.42 \text{ kJ/kg}$$

- (3) 압축기가 등엔트로피 효율 $\eta_{\text{comp}}=0.8$ 인 비가역 거동을 한다고 할 때 성능계수 (COP)를 구하시오. (단, 사이클 각 점에서의 상태량은 다음과 같으며, h_{2s} 는 등엔트로피(가역단열) 압축 후의 상태 2에서의 엔탈피이다. 압축기 출구에서의 실제 상태 2에서의 엔탈피 h_2 는 압축기의 등엔트로피 효율을 이용하여 계산할 수 있다.) (6점)

$$h_1 = 241.30 \text{ kJ/kg}, \quad h_{2s} = 269.92 \text{ kJ/kg}, \quad h_3 = h_4 = 93.42 \text{ kJ/kg}$$

- (4) 위의 결과를 이용하여 압축기의 비가역적 특성이 성능계수에 미치는 영향을 설명하시오. (2점)