

【 문제-1 】 (30점)

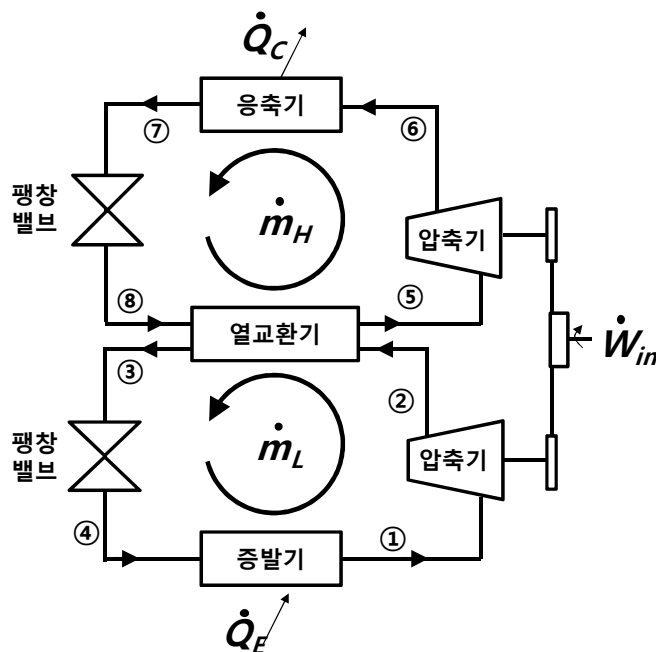
단열된 용기 내 8 kmol의 질소(N<sub>2</sub>)와 4 kmol의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)로 구성되어 있는 혼합기체가 100 kPa, 20 °C의 상태로 들어있다. 이 용기가 단열 상태로 2 MPa까지 압축된다고 할 때, 다음을 구하시오. (단, T(K) = T(°C) + 273 을 이용하시오.)

	$c_v$ [kJ/kg · K]	$c_p$ [kJ/kg · K]
N <sub>2</sub> (분자량 28)	0.745	1.042
CO <sub>2</sub> (분자량 44)	0.653	0.842

- (1) 처음상태와 최종상태 사이 온도비와 압력비의 관계식을  $\delta q = du + Pdv$ 로부터 유도하시오. (단, 최종 관계식은 비열비( $\kappa$ )와 온도, 압력의 항으로 표시되어야 한다.) (7점)
- (2) 물음 (1)에서 구한 관계식을 이용하여 압축 후 최종 온도(°C)를 구하시오. (15점)
- (3) 압축에 필요한 일의 절대량(MJ)을 구하시오. (4점)
- (4) 압축과정 동안의 엔트로피 변화량(kJ/kg · K)을 계산하고, 이로부터 이 과정이 단열 변화임을 설명하시오. (4점)

【 문제-2 】 (20점)

아래 그림과 같이 R-134a를 작동유체로 하는 이상적인 2단 냉동 시스템이 1.6 MPa의 고압부(⑤~⑧)와 100 kPa의 저압부(①~④) 사이에서 작동하고 있다. 압축기는 단열되어 있으며, 저압부에서의 냉매 유량( $\dot{m}_L$ )은 0.6 kg/s이다. 다음 물음에 답하시오.



< R-134a의 포화증기표 >

압력 (kPa)	온도 (°C)	$h_f$ (kJ/kg)	$h_{fg}$ (kJ/kg)	$h_g$ (kJ/kg)	$s_f$ (kJ/kg·K)	$s_g$ (kJ/kg·K)
100	-26.43	16.29	215.06	231.35	0.0678	0.9395
400	8.93	62.0	190.32	252.32	0.2399	0.9145
1600	57.92	134.02	141.31	275.33	0.4714	0.8982

< R-134a의 과열증기표 >

P = 0.4 MPa

온도(°C)	$h$ (kJ/kg)	$s$ (kJ/kg·K)
10	253.35	0.9182
20	262.96	0.9515

P = 1.6 MPa

온도(°C)	$h$ (kJ/kg)	$s$ (kJ/kg·K)
60	278.20	0.9069
70	291.33	0.9457

- (1) 2단 냉동 시스템의  $T-s$  선도를 그리고, 각 지점(①~⑧)의 위치를 간단히 표시하시오. (단, 열교환기는 압축기 입력일이 최소가 되는 압력에서 작동한다.) (4점)
- (2) 이 냉동시스템의 성능계수(COP)를 계산하시오. (12점)
- (3) 응축기에서 발생하는 열을 냉각수를 이용하여 냉각하는 경우 필요한 냉각수의 유량을 구하시오. (단, 냉각수의 입·출구 온도 차이는 5°C이며, 물의 정압 비열은 4.18 kJ/kg·K로 하시오.) (4점)

【 문제-3 】 (30점)

외기 온도( $T_o$ )가 35 °C인 무더운 여름에 쾌적한 실내환경을 조성하기 위해 강의실의 온도( $T_i$ )를 25 °C로 유지하고자 한다. 강의실 천장과 바닥 및 2개의 벽면은 단열되어 있다고 가정한다. 나머지 두 벽면 중 한 벽면(6 m × 2.5 m)의 총괄열전달계수( $U = \frac{\dot{Q}}{A(T_o - T_i)}$ )는 0.7 W/m<sup>2</sup> · K이고, 다른 한 벽면(10 m × 2.5 m)의 총괄열전달계수는 0.4 W/m<sup>2</sup> · K로 알려져 있다.

- (1) 강의실 온도를 유지할 때, 주간 3시간 동안의 열손실량(kJ)을 구하시오. (단, 벽면을 통한 열손실 이외의 열손실은 무시한다.) (6점)
- (2) 물음 (1)의 열손실량 중 60%를 심야에 냉열 저장하여 주간 전기사용을 줄이고자 한다. 잠열을 활용할 경우 저장조에 들어갈 물의 양을 구하시오. (단, 0 °C 물을 0 °C 얼음으로 만들어 냉열을 저장하고 잠열만을 이용하는 것으로 가정한다. 상변화 시 잠열은 334 kJ/kg이다.) (4점)
- (3) 물음 (2)에서 사용한 잠열 활용방식 대신 현열을 활용하여 저장조에 냉열을 저장하고자 한다. 온도차 10 °C인 물의 현열을 저장하는 것으로 가정할 때 저장조에 들어갈 물의 양을 구하고, 저장조 크기 측면에서 잠열을 활용하는 방법과 현열을 활용하는 방법 중 어떤 방법이 유리한지 정하고 그 이유를 설명하시오. (단, 물의 비열과 밀도는 각각 4.18 kJ/kg·K, 1000 kg/m<sup>3</sup>이다.) (8점)
- (4) 잠열을 활용하는 방법으로 축냉할 때(물음 (2)에서 0 °C 얼음으로 저장)와 현열을 활용하는 방법으로 냉열을 저장할 때(물음 (3)에서 7 °C 냉수로 저장) 필요한 냉동기 동력을 각각 구하고, 냉동기 동력 측면에서 어떤 방법이 유리한지 정하고 그 이유를 설명하시오. (단, 심야 외기온도가 20 °C일 때 8시간 동안 냉열을 저장하고, 냉동기 성능계수(COP)는 이상적인 냉동기의 15%로 가정한다.) (12점)

【 문제-4 】 (20점)

피스톤-실린더 시스템 내에 이상기체로 가정할 수 있는 공기 2 kg이 들어있는 Carnot 열펌프가 있다. 이 열펌프는 300 K과 500 K의 열저장조 사이에서 운전한다. 저온부에서 가열이 시작될 때 압력은 1 MPa이다(상태점1). 상태점2까지는 등온과정을 거치며 체적은 상태점1의 4배가 된다. 이후, 온도 500 K까지 압축된 후(상태점3), 등온과정으로 상태점4에 도달한 후 초기상태(상태점1)로 돌아와 사이클을 이룬다. 다음 물음에 답하시오. (단, 공기의 기체상수  $R = 0.287 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ , 정적비열  $c_v = 0.717 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ , 정압비열  $c_p = 1.004 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$  이다.)

- (1) 위 과정을  $T$ - $s$  선도에 그리고, 각 상태점(1~4)의 위치를 표시하시오. (4점)
- (2) 상태점3에서의 압력( $P_3$ )과 체적( $V_3$ )을 구하시오. (10점)
- (3) 상태점3 → 상태점4 과정에서의 일( $W_{34}$ )과 열전달량( $Q_{34}$ )을 구하시오. (단, 일의 부호는 시스템에서 나가는 방향을 양수로 하고, 열전달은 시스템으로 들어가는 방향을 양수로 한다.) (6점)