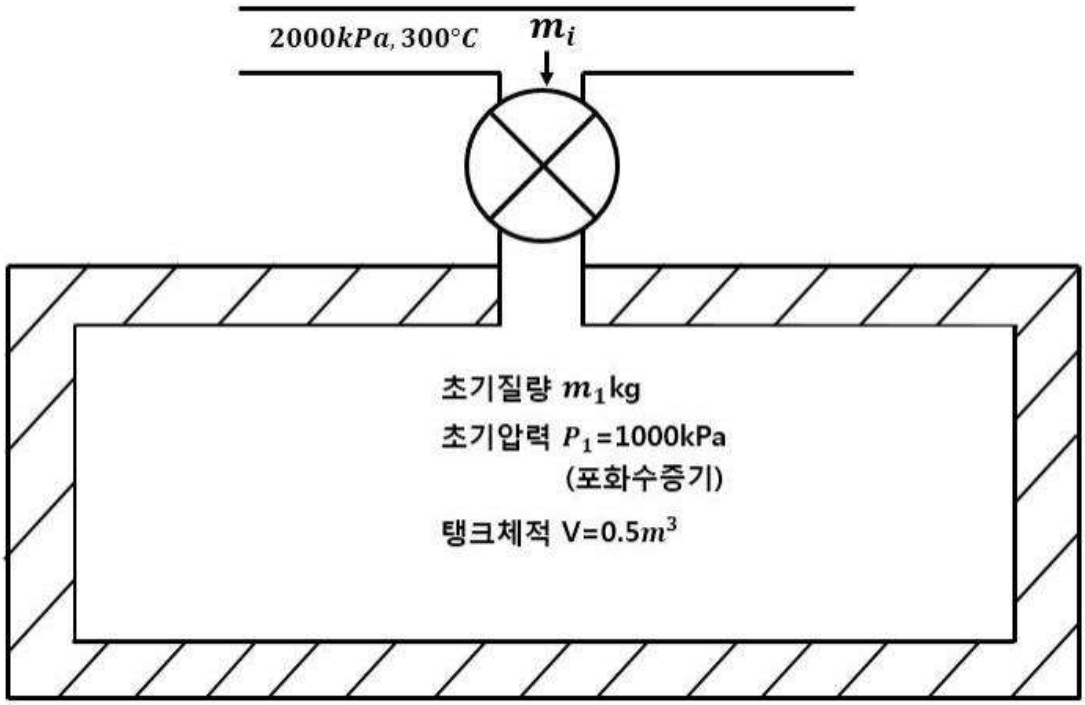
【 문제-1 】 (30점)

고온 고압 상태의 수증기를 초기질량이 존재하는 탱크내로 충전하는 과정을 해석하고자 한다. 다음 물음에 답하시오.



위의 그림처럼 2000 kPa, 300 ℃의 수증기가 흐르는 관이 밸브를 거쳐 잘 단열된 탱크(체적 0.5 m^3, 초기압력 1000 kPa, 포화수증기)에 연결되어 있다. 밸브를 열어 탱크의 압력이 2000 kPa에 이를 때까지 수증기를 충전하고 밸브를 닫았다. 이 과정은 단열과정이며 운동에너지와 위치에너지는 무시한다.

(1) 연속방정식(질량보존법칙)과 에너지 보존식(열역학 제1법칙)으로부터 출발하여 본 문제 조건에 맞게 두 식을 단순화하고, 두 식을 통합하여 하나의 식으로 나타내시오. (14점)

(2) 탱크내의 수증기의 최종온도(℃)를 구하시오. (12점)

(3) 탱크내의 수증기의 충전량(유입량) m_i(kg)을 구하시오. (4점)

* 수증기의 상태량은 다음 표를 이용하여 구하시오.

[표 1] 물의 과열 증기 상태량 (P=2000 kPa, T_{sat}=212.42 ℃)

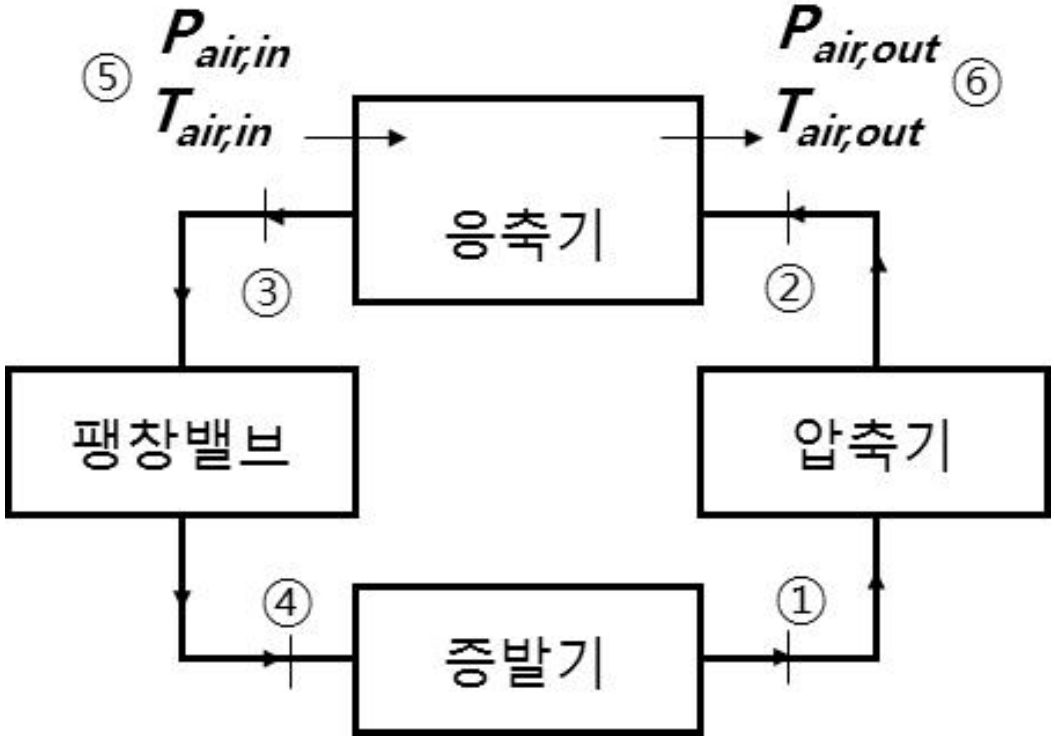
온도 T(℃)	비체적 v(m^3/kg)	비내부에너지 u(kJ/kg)	비엔탈피 h(kJ/kg)
Sat.	0.09963	2600.26	2799.51
250	0.11144	2679.58	2902.46
300	0.12547	2772.56	3023.50
350	0.13857	2859.81	3136.96

[표 2] 물의 과열 증기 상태량 (P=1000 kPa, T_{sat}=179.91 ℃)

온도 T(℃)	비체적 v(m^3/kg)	비내부에너지 u(kJ/kg)	비엔탈피 h(kJ/kg)
Sat.	0.19444	2583.64	2778.08
250	0.23268	2709.91	2942.59
300	0.25794	2793.21	3051.15
350	0.28247	2875.18	3157.65

【 문제-2 】 (20점)

그림과 같이 R22를 냉매로 사용하고 있는 열펌프 시스템이 있다. 0.4 MPa, 0 ℃의 냉매는 정상 상태(steady state)로 작동하고 있는 압축기로 유입되어 75 ℃, 1.6 MPa로 압축된다. 압축된 냉매는 단열된 응축기를 통과하면서 24 ℃로 응축된 후 팽창밸브에서 0.4 MPa로 팽창한다. 한편, 체적 유량이 0.6 m^3/s인 난방용 공기가 10 ℃, 0.1 MPa의 상태로 응축기에 유입된 후 45 ℃로 유출된다. 응축기를 통과하는 동안 냉매와 공기의 압력변화는 무시할 수 있으며, 공기는 이상기체 모델에 적용할 수 있다. 공기의 비열은 1.005 kJ/kg·K로 일정하며, 분자량은 28.97 kg/kmol이다. 일반기체상수는 8.314 kJ/kmol·K이다. 다음 물음에 답하시오.



(1) 각 상태(상태①, 상태②, 상태③, 상태④)에서 비엔트로피(kJ/kg·K)를 구하고, 상태④에서의 건도(quality)를 구하시오. (8점)

(2) 응축기에서 발생되는 엔트로피 생성율(kW/K)을 구하시오. (8점)

(3) 압축기에 인접한 주변온도는 20 ℃이고, 압축기를 통과하는 유체 흐름의 운동에너지와 위치에너지 변화는 무시할 수 있을 때, 압축기에서의 엑서지 변화(kJ/kg)를 구하시오. (4점)

< 냉매 R22의 과열증기표 >

P=0.4 MPa			P=1.6 MPa		
온도 T(℃)	비엔탈피 h(kJ/kg)	비엔트로피 s(kJ/kg·K)	온도 T(℃)	비엔탈피 h(kJ/kg)	비엔트로피 s(kJ/kg·K)
0	252.14	0.9542	70	287.30	0.9515
25	269.71	1.0158	80	295.93	0.9762

< 냉매 R22의 포화증기표(온도기준) >

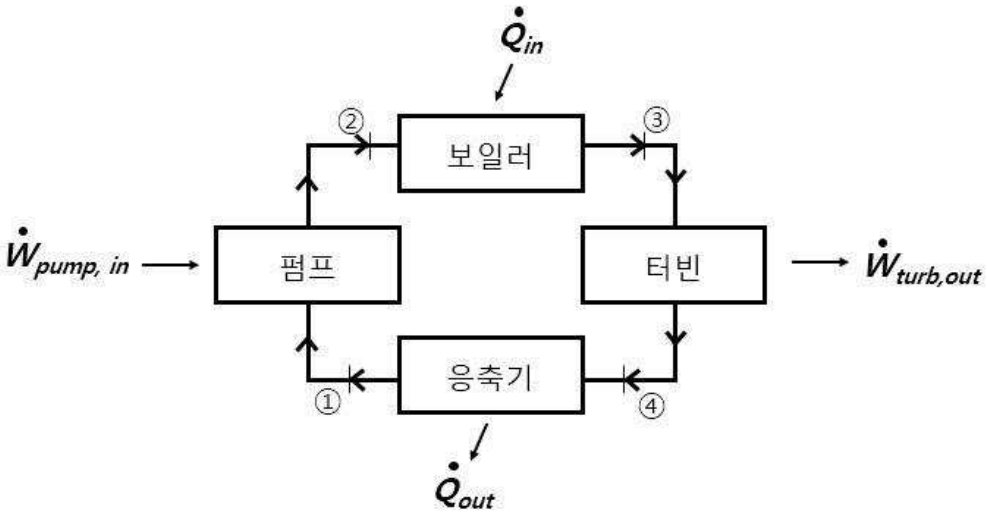
온도 T (℃)	포화 압력 P_{sat} (kPa)	포화액의 비체적 $v_f \times 10^3$ (m^3/kg)	포화 증기의 비체적 v_g (m^3/kg)	포화액의 비엔탈피 h_f (kJ/kg)	포화 증기의 비엔탈피 h_g (kJ/kg)	포화액의 비엔트로피 s_f (kJ/kg·K)	포화 증기의 비엔트로피 s_g (kJ/kg·K)
20	910.30	0.8263	0.0259	69.09	256.37	0.2607	0.8996
24	1016.4	0.8369	0.0232	74.04	257.44	0.2772	0.8944
28	1131.3	0.8480	0.0208	79.05	258.43	0.2936	0.8893

< 냉매 R22의 포화증기표(압력기준) >

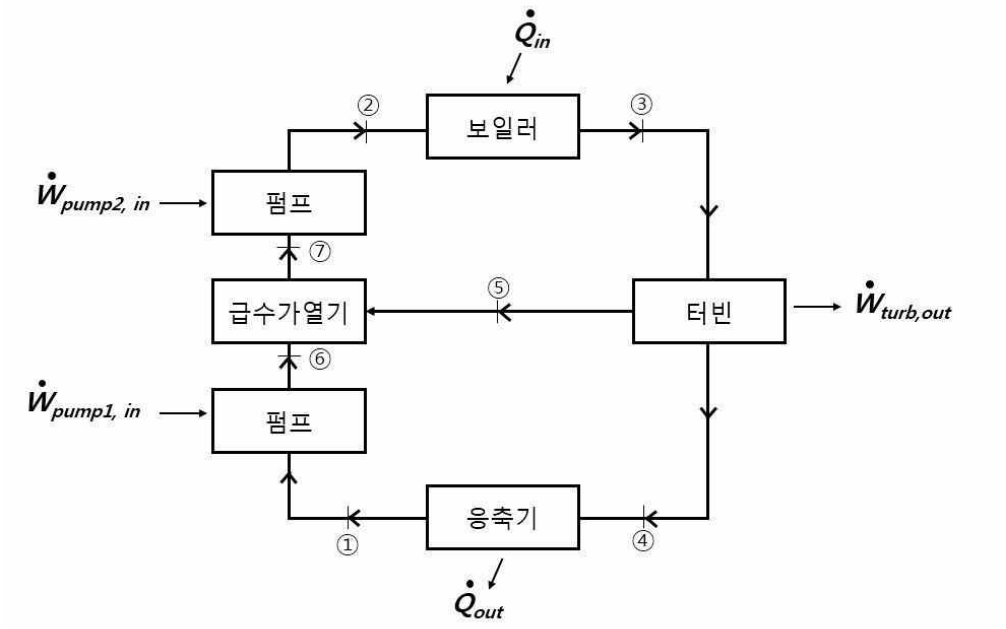
압력 P (MPa)	포화 온도 T_{sat} (℃)	포화액의 비체적 $v_f \times 10^3$ (m^3/kg)	포화 증기의 비체적 v_g (m^3/kg)	포화액의 비엔탈피 h_f (kJ/kg)	포화 증기의 비엔탈피 h_g (kJ/kg)	포화액의 비엔트로피 s_f (kJ/kg·K)	포화 증기의 비엔트로피 s_g (kJ/kg·K)
0.4	-6.56	0.7672	0.0581	37.49	247.48	0.1493	0.9370
1.6	41.73	0.8919	0.0144	96.83	261.04	0.3500	0.8715

【 문제-3 】 (30점)

<그림 1>과 같이 정상유동장치인 보일러, 터빈, 응축기, 펌프로 구성된 랭킨(Rankine) 사이클이 있다. 이 사이클은 0.7 MPa(고압)과 50 kPa(저압) 사이에서 작동하며, 작동유체는 수증기이다. 모든 장치와 파이프를 지나는 유동은 마찰이 없으며, 모든 과정은 가역과정이다. 응축기를 통과한 작동유체는 포화액 상태일 때, 이 사이클에 대한 다음 물음에 답하시오. (단, 섭씨온도와 절대온도의 차이는 273이다.)



<그림 1>



<그림 2>

(1) <그림 1>에서 터빈으로 유입되는 수증기가 포화상태일 때, 이 사이클의 T-s 선도와 최대 열효율, 터빈 출구에서의 건도(quality)를 구하시오. (6점)

(2) <그림 1>에서 터빈으로 유입되는 수증기가 포화상태이고, 터빈의 등엔트로피 효율이 0.8일 때, 터빈 출구에서의 건도와 사이클 효율을 구하시오. (6점)

(3) <그림 1>의 사이클에 과열기를 추가하여 단열된 터빈의 출구에서 작동유체의 건도가 0.95가 되었을 때, 터빈으로 유입되는 유체의 온도(℃)와 이 때 사이클 효율을 구하시오. (8점)

(4) 물음 (3) 조건에서 <그림 2>와 같이 개방형 급수 가열기를 추가한 재생 랭킨 사이클의 최대 효율을 구하시오. (단, 추출 수증기와 급수 가열기의 압력은 0.4 MPa이다.) (10점)

< 수증기의 포화증기표(압력기준) >

압력 P (kPa)	포화 온도 T_{sat} (℃)	포화액의 비체적 v_f (m^3/kg)	포화 증기의 비체적 v_g (m^3/kg)	포화액의 비엔탈피 h_f (kJ/kg)	포화 증기의 비엔탈피 h_g (kJ/kg)	포화액의 비엔트로피 s_f (kJ/kg·K)	포화 증기의 비엔트로피 s_g (kJ/kg·K)
50	81.32	0.001030	3.24030	340.54	2645.2	1.0912	7.5931
400	143.61	0.001084	0.46242	604.66	2738.1	1.7765	6.8955
700	164.95	0.001108	0.27278	697.00	2762.8	1.9918	6.7071

< 수증기의 과열증기표 >

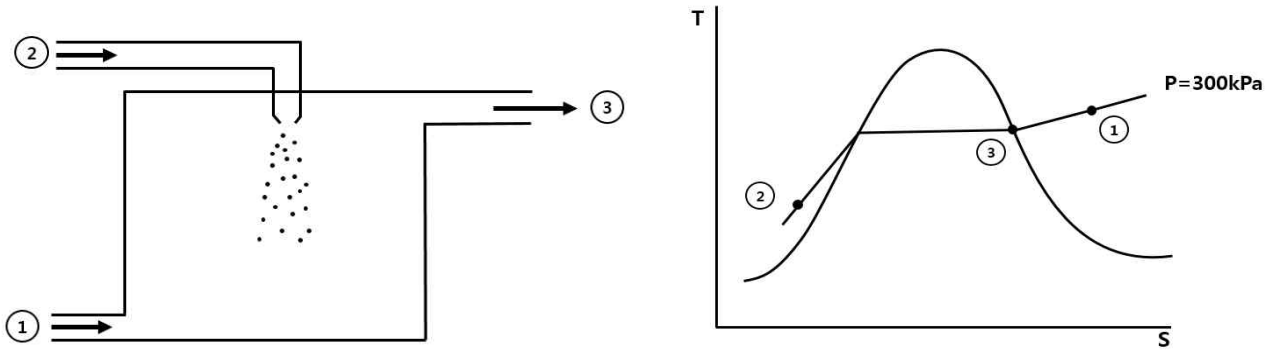
P=700 kPa			P=400 kPa		
온도 T(℃)	비엔탈피 h(kJ/kg)	비엔트로피 s(kJ/kg·K)	온도 T(℃)	비엔탈피 h(kJ/kg)	비엔트로피 s(kJ/kg·K)
267	2989.7	7.1742	150	2752.8	6.9306
287	3031.9	7.2508	200	2860.9	7.1723
307	3073.8	7.3244	250	2964.5	7.3804
327	3115.7	7.3953	300	3067.1	7.5677

【 문제-4 】 (20점)

과열 제거기는 과열수증기의 온도를 낮추어 포화수증기로 만드는 장치로서 아래의 개략도와 T-s 선도로 설명할 수 있다. 이 과정은 정상상태 유동이고 등압과정이며, 외부와의 열전달 및 일은 없다. 또한 상태점 1, 2, 3에서의 상태량은 다음과 같다.

$$h_1 = 2865.54\,\text{kJ/kg},\ s_1 = 7.3115\,\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$$
$$h_2 = 104.87\,\text{kJ/kg},\ \ s_2 = 0.3673\,\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$$
$$h_3 = 2725.30\,\text{kJ/kg},\ \ s_3 = 6.9918\,\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$$

다음 물음에 답하시오.



과열 제거기에서는 과열수증기 유동에 물을 분사한다.
300 kPa, 200 ℃의 수증기 3 kg/s($\dot{m}_1$) 를 300 kPa의 포화수증기로 만들고자 한다.

(1) 25 ℃의 물을 분사시킬 경우, 분사되는 물의 질량유량 $\dot{m}_2$(kg/s)을 구하시오. (12점)

(2) 이 과정의 엔트로피 생성률(kW/K)을 구하시오. (6점)

(3) 이 과정에서의 엔트로피 생성 원인이 무엇인지 기술하시오. (2점)