

에어컨 최대효율 비교



대기열역학

2조

CONTENTS

1. 들어가며

2. 에어컨의 원리

2.1 공랭식 에어컨의 원리

2.2 수랭식 에어컨의 원리

2.3 물 에어컨의 원리

3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 공랭식과 수랭식 에어컨의 열효율계산

3.1.1 Reverse Carnot Cycle

3.1.2 가정

3.1.3 열효율 계산 과정

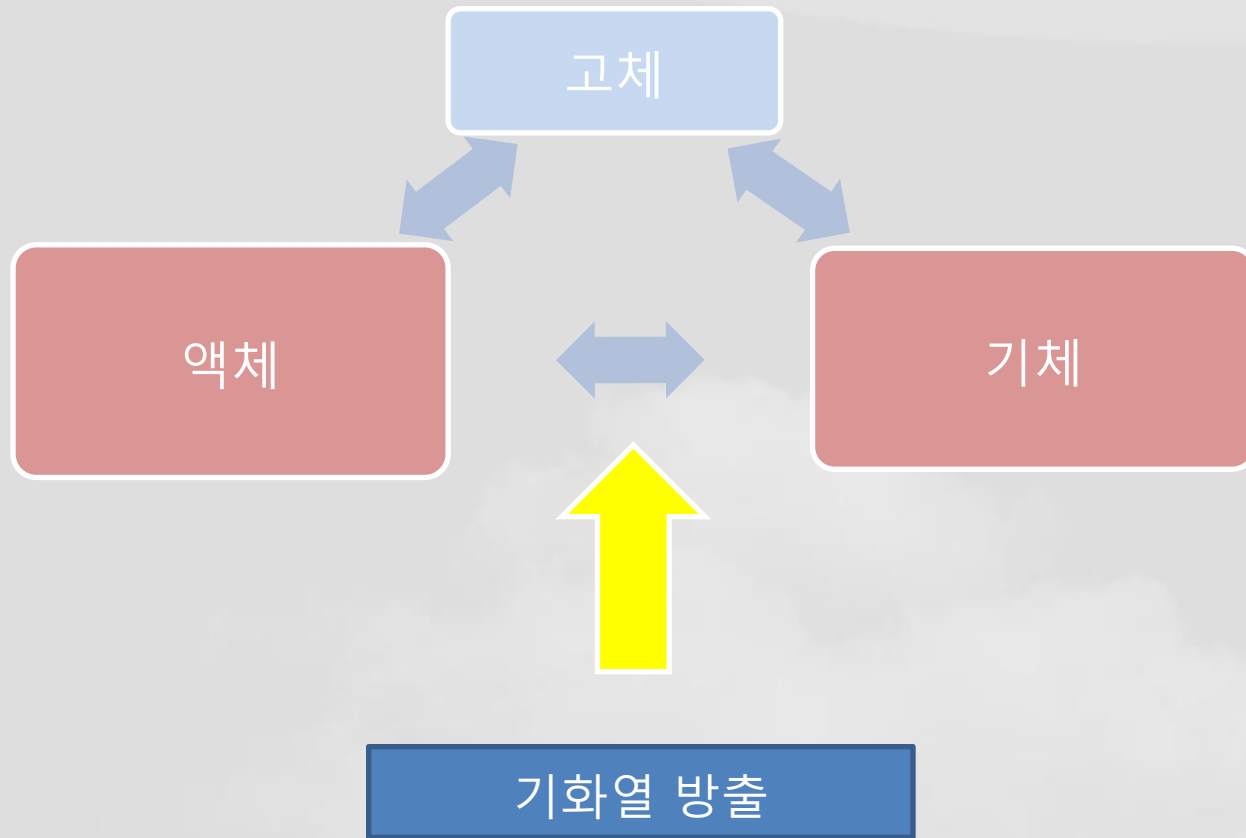
3.2 물 에어컨의 열효율계산

3.2.1 가정

3.2.2 열효율 계산 과정

4. 마치며

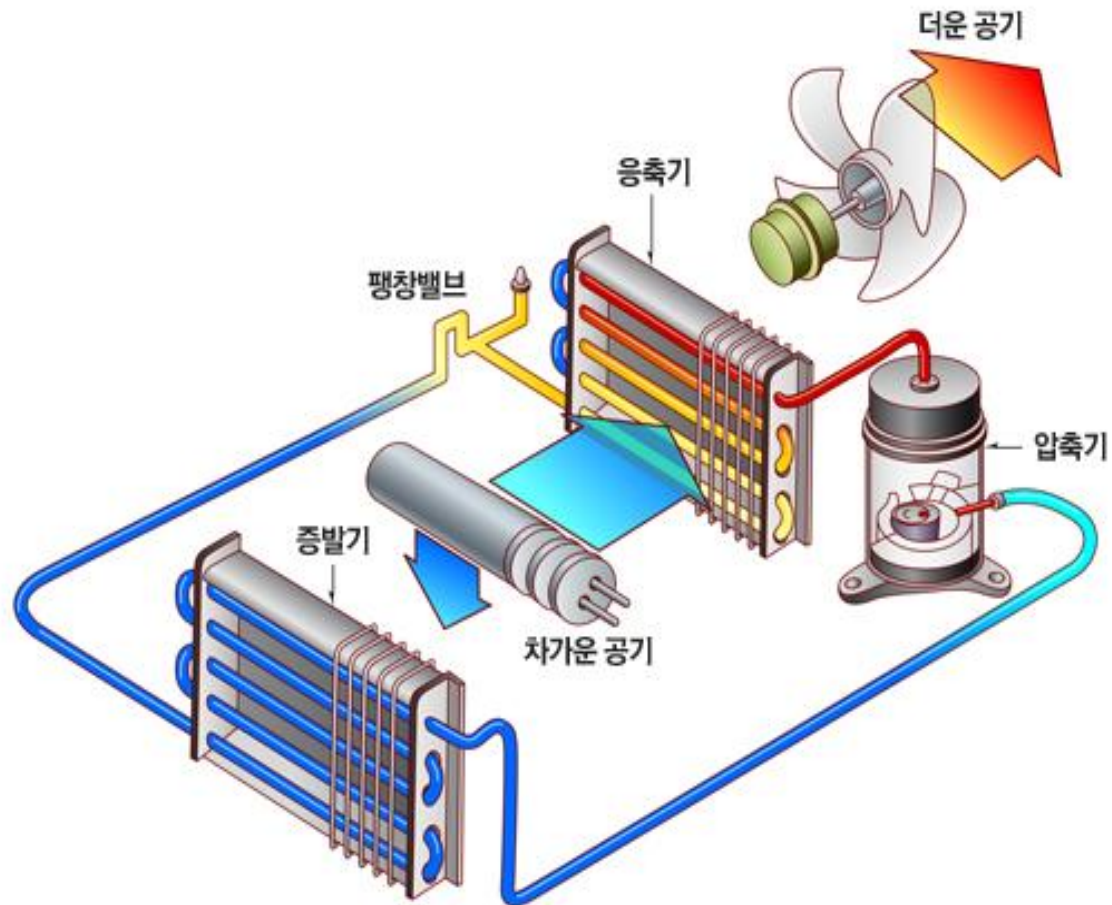
1. 들어가며



이상적인 기관으로서의 가정을 통하여 얻을 수 있는
에어컨의 최대효율을 비교해본다.

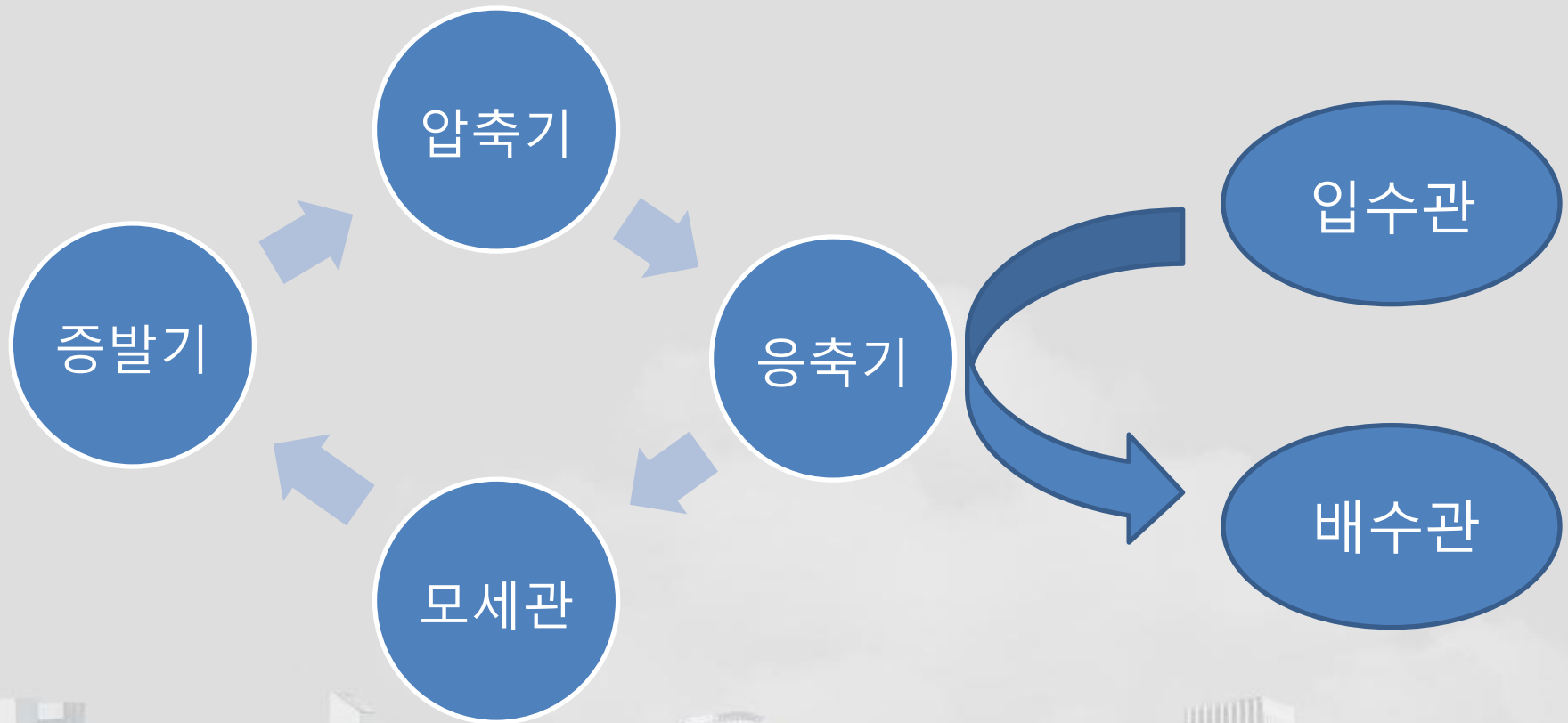
2. 에어컨의 원리

2.1 공랭식 에어컨의 원리



2. 에어컨의 원리

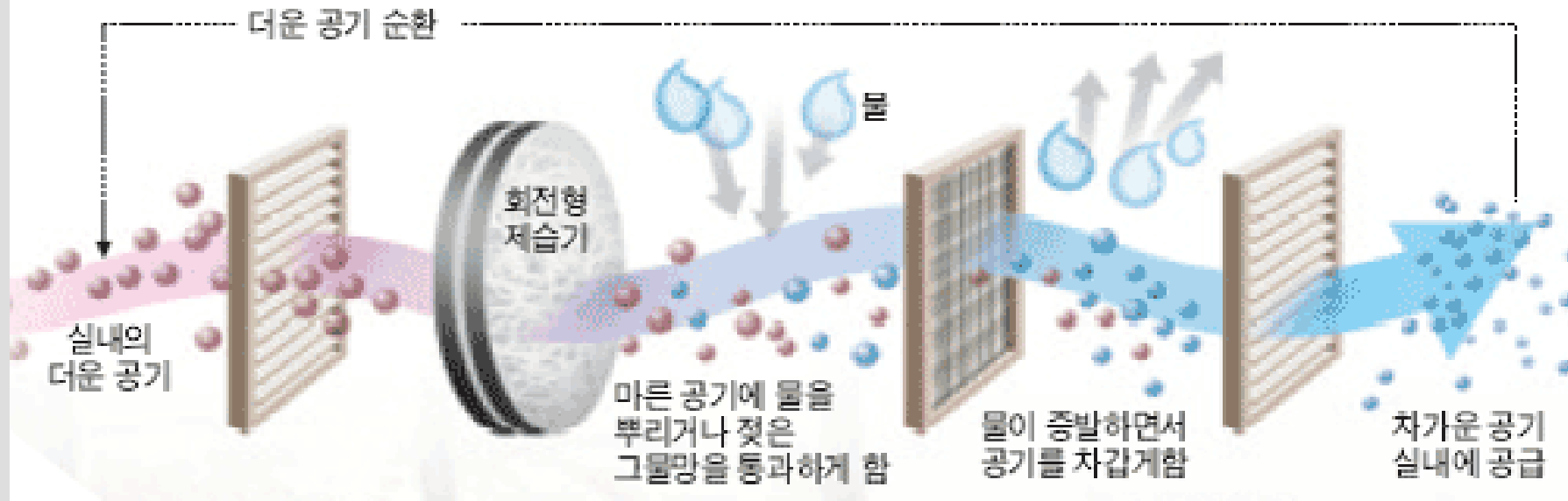
2.2 수랭식 에어컨의 원리



2. 에어컨의 원리

2.3 물 에어컨의 원리

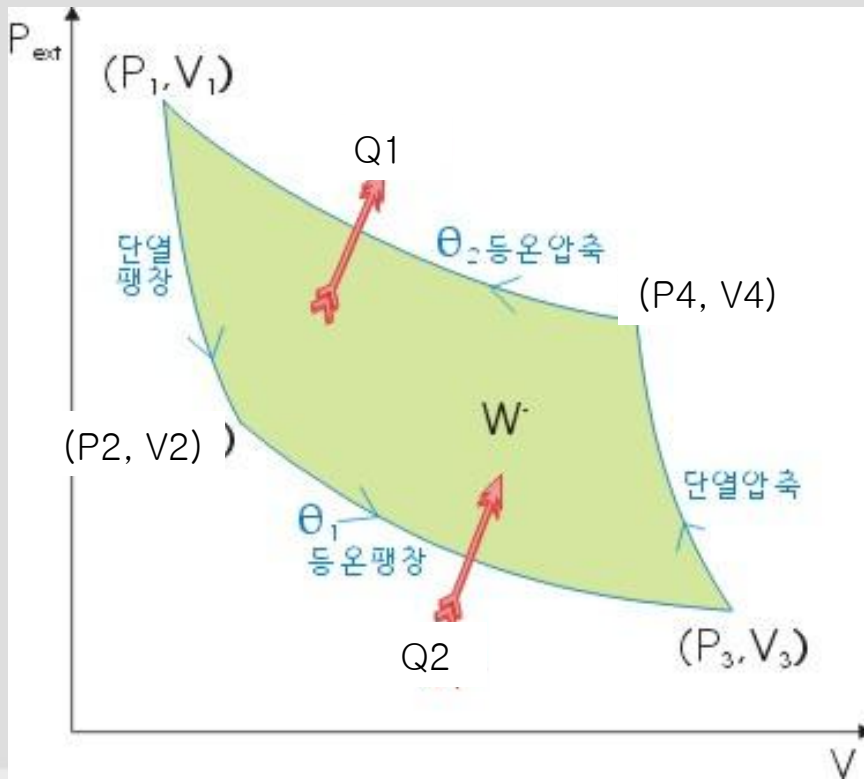
‘물 에어컨’ 어떻게 작동하나



3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 공랭식과 수랭식 에어컨의 열효율 계산

3.1.1 Reverse Carnot cycle



$$\Delta U = Q - W$$
$$initial = final$$
$$\Delta U = 0 \rightarrow Q = W$$

$1 \rightarrow 2$: 단열팽창

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

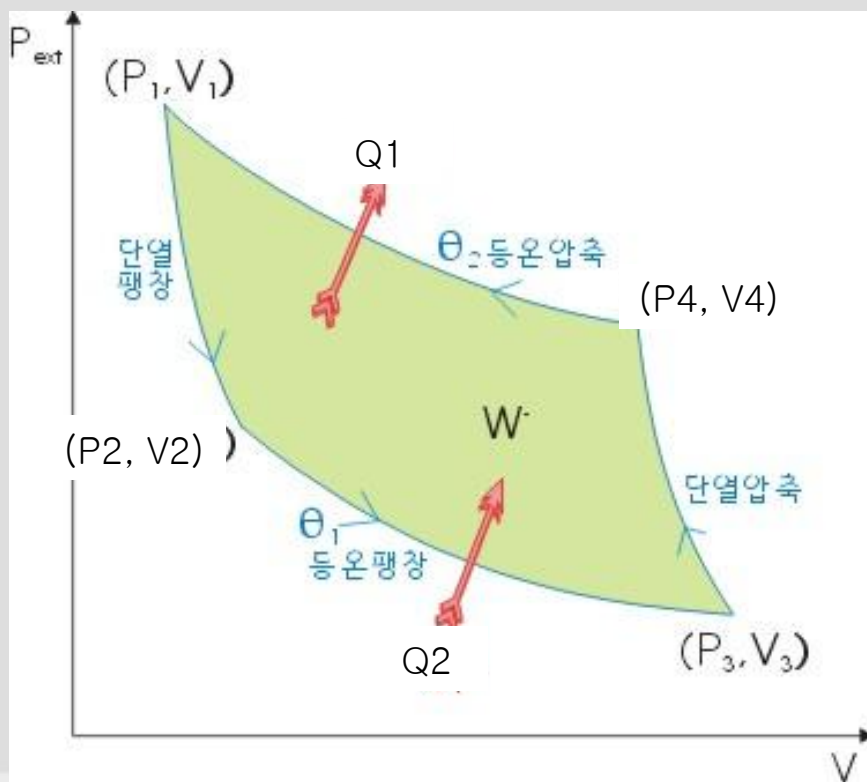
$2 \rightarrow 3$: 등온압축

$$W_2 = \int_{V_2}^{V_3} p dV = mRT \ln \left(\frac{V_3}{V_2} \right)$$
$$Q_2 = W_2 = mRT \ln \left(\frac{V_3}{V_2} \right)$$

3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 공랭식과 수랭식 에어컨의 열효율 계산

3.1.1 Reverse Carnot cycle



3 → 4 : 단열압축

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

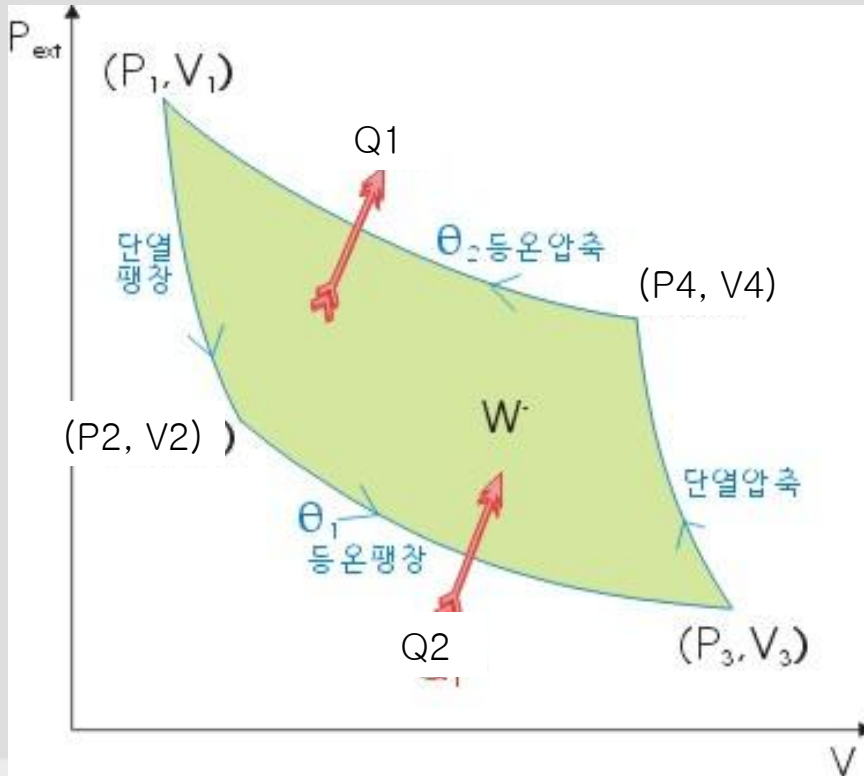
4 → 1 : 등온압축

$$Q_1 = mRT_4 \ln \left(\frac{V_1}{V_4} \right)$$

3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 공랭식과 수랭식 에어컨의 열효율 계산

3.1.1 Reverse Carnot cycle



$$T_1 = T_4 = T_H \text{ and } T_2 = T_3 = T_L$$
$$\frac{V_1}{V_4} = \frac{V_2}{V_3}$$

$$\epsilon_R = \frac{Q_2}{W} = - \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2}$$

$$\begin{aligned} & mRT_L \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right) \\ = & - \frac{mRT_L \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right)}{mRT_H \ln\left(\frac{V_1}{V_4}\right) + mRT_L \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right)} \\ & mRT_L \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right) \\ = & \frac{mRT_L \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right)}{mRT_H \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right) - mRT_L \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right)} \\ = & \frac{T_L}{T_H - T_L} \end{aligned}$$

3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 공랭식과 수랭식 에어컨의 열효율 계산

3.1.2 가정

- 냉매 (R-22 : CHClF_2) Chloro Di Fluoro Methane

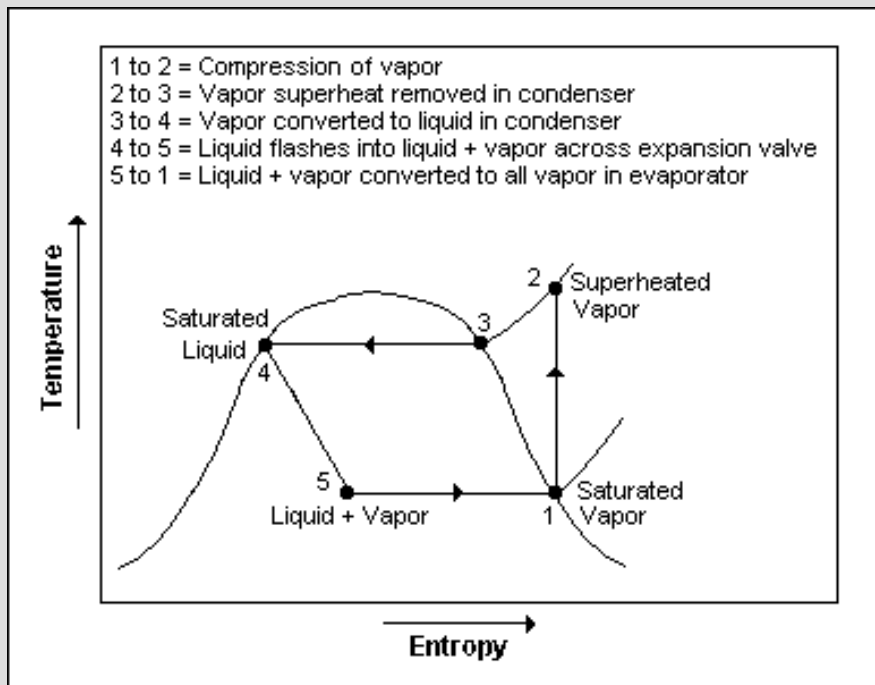
용도 : 가정용, 산업용, 에어컨의 냉매로 가장 널리 쓰임

1. 냉매의 분자를 이상기체라고 가정
2. $C_p = 0.838 \text{ kJ/kgK}$, $l_v = 216.7 \text{ kJ/kg}$
3. 모든 과정은 가역과정이다.
4. 냉매의 모든 분자의 열역학적 상태가 같다.
5. 냉매가 압축기, 응축기, 증발기 외에 관을 타고 이동할 때의 모든 관의 길이에 따른 열전도는 생각하지 않는다.

3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 공랭식과 수랭식 에어컨의 열효율 계산

3.1.3 열효율 계산 과정



1→2 : 단열과정(Reversible)

2→3 : 등압응축

$$Q_1 = mC_p(T_3 - T_2)$$

3 →4 : 등압, 등온 (상변이)

$$Q_2 = -l_v \Delta m$$

4 →5 : 단열 팽창

$$W=0$$

5 →1 : 등온, 등압 팽창(상변이)

$$Q_3 = l_v \Delta m$$

3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 공랭식과 수랭식 에어컨의 열효율 계산

3.1.2 열효율 계산 과정

$$Q_1 = mc_p(T_3 - T_2)$$

$$Q_2 = -l_v \Delta m$$

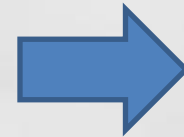
$$Q_3 = l_v \Delta m$$

$$Q_{out} = Q_1 + Q_2 = mc_p(T_3 - T_2) - l_v \Delta m$$

$$Q_{in} = Q_3 = l_v \Delta m$$

$$\epsilon_R = \frac{Q_{in}}{W} = - \frac{Q_{in}}{Q_{in} + Q_{out}}$$

$$\begin{aligned} &= - \frac{l_v \Delta m}{l_v \Delta m + mc_p(T_3 - T_2) - l_v \Delta m} \\ &= \frac{l_v \Delta m}{mc_p(T_2 - T_3)} \end{aligned}$$



일반적으로,

$$\Delta m_{\text{공랭식}} < \Delta m_{\text{수랭식}}$$

하지만 충분히
큰 실외기라면,

$$\Delta m_{\text{공랭식}} = \Delta m_{\text{수랭식}} = m$$

3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 공랭식과 수랭식 에어컨의 열효율 계산

3.1.2 열효율 계산 과정

$$\epsilon_R = \frac{l_v \Delta m}{m c_p (T_2 - T_3)} = \frac{l_v}{c_p (T_2 - T_3)}$$



$$\epsilon = \frac{2.16 \times 10^6}{0.838 \times 10^3 \times (70)} = 3.69$$

한편, 공랭식 에어컨이 역카르노 기관이라고 가정하면,

$$\epsilon = \frac{297}{70} = 4.24$$

3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 물 에어컨의 열효율 계산

3.1.1 가정

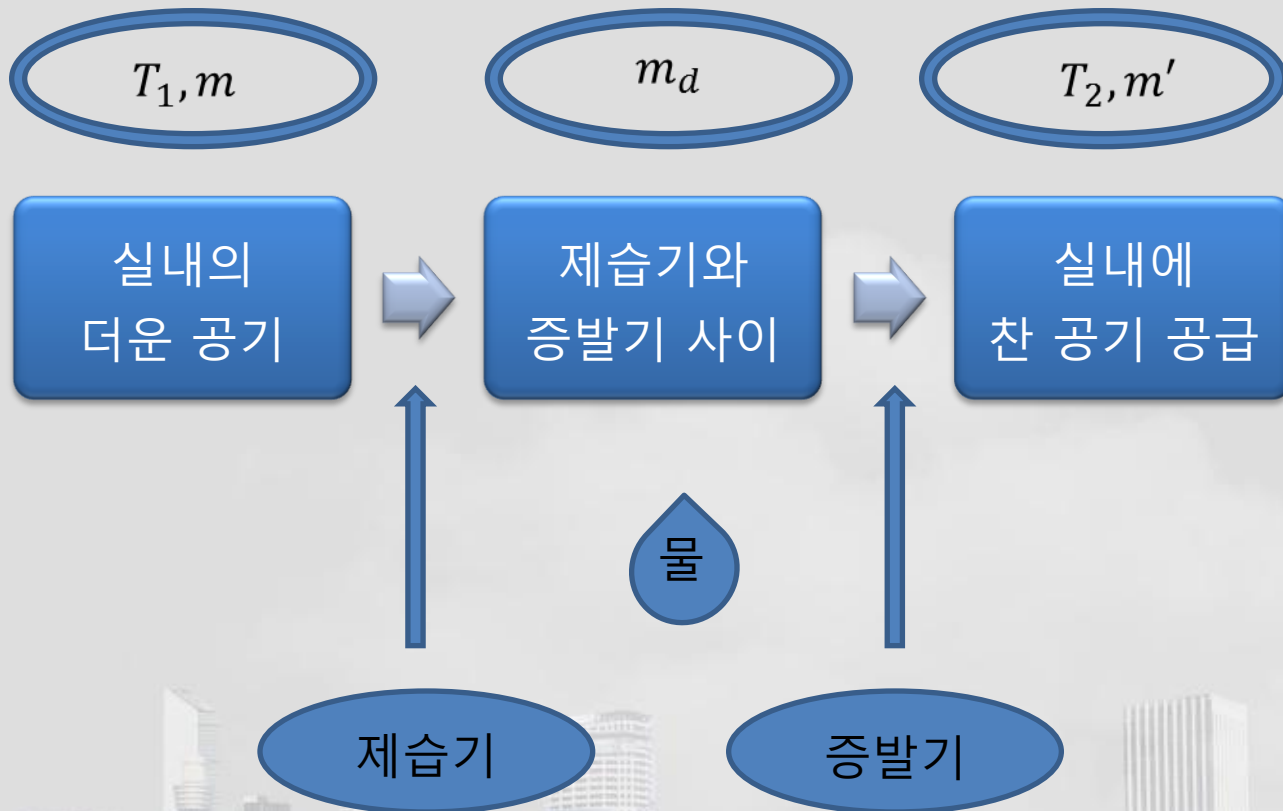
- 이 열기관은 Reverse carnot cycle을 따른다.
- 공기는 이상기체이다.
- 제습기는 모든 수증기를 제거한다.
- 물이 증발된 후에 수증기의 온도가 상승하게 된다.
- 증발이 모두 일어난 후 수증기압은 15°C 에서의 포화수증기압과 같다.
- l_v 는 일정하다.



3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 물 에어컨의 열효율 계산

3.1.2 열효율 계산 과정



3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 물 에어컨의 열효율 계산

3.1.2 열효율 계산 과정

$$m = m_v + m_d \quad m_v = w m_d \quad m = (w + 1) m_d$$

$$m_d = \frac{m}{w + 1} \quad m_v = \frac{w m}{w + 1}$$

$$Q = -l_v m_v + m_v c_{pw} (\Delta T) = m_d c_{pd} (T_1 - T_2) + m_v c_{pw} (\Delta T)$$

$$-l_v m_v = m_d c_{pd} (T_2 - T_1)$$

$$\frac{-l_v m_v}{m_d c_{pd}} = T_2 - T_1$$

$$\therefore T_2 = T_1 - \frac{-l_v m_v}{m_d c_{pd}}$$

3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 물 에어컨의 열효율 계산

3.1.2 열효율 계산 과정

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{Q_1}{(Q_1 + Q_2)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \\ &= T_1 - \frac{l_v m_v}{m_d c_{pd}} \\ &= \frac{T_1 - T_1 + \frac{l_v m_v}{m_d c_{pd}}}{\frac{l_v m_v}{m_d c_{pd}}} \\ &= \frac{(T_1 - K)}{K} \text{ where } K = \frac{l_v m_v}{m_d c_{pd}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= \frac{l_v m_v}{m_d c_{pd}} = \frac{l_v w m_d}{m_d c_{pd}} = \frac{l_v w}{c_{pd}} \\ \therefore \epsilon &= \frac{T_1 - k}{k} \text{ where } k = \frac{l_v w}{c_{pd}}\end{aligned}$$

3. 에어컨의 열효율 계산

3.1 물 에어컨의 열효율 계산

3.1.2 열효율 계산 과정

한편,

$$\frac{m_v}{m_d} = w = \frac{e}{p - e}, \quad e_s(T) = 6.11 \exp\left(19.83 - \frac{5417}{T}\right) \quad \text{이고}$$

가정에서 $T=288\text{K}$ 이므로 $e_s(288\text{K}) = e$

$w = 0.0173$ 이다. 이 때에 실내의 온도를 25°C 라고 가정하면

$$\varepsilon = \frac{298 - 42.9}{42.9} = 5.93$$

5. 마치며

THANK YOU

Reference

- 임광빈 외 2명, 알기쉬운 공업열역학, 형설출판사, 2010
- 권정태 외 6명, 공업역열학, 형설출판사, 2009
- Philip et al., 김동섭 외 4명 역, 열역학, 시그마프레스, 2008
- Oxtoby et al., 화학교재연구회 역, 일반화학, 사이플러스, 2008
- Anastasios, An Introduction to Atmospheric Thermodynamics, 2nd, Cambridge, 2008
- <http://usungeng.com.ne.kr/tec/others/data/R2.htm>
- <http://navercast.naver.com/commonsense/principle/2964>