

# 냉동과 에어컨



초보자와 기술자가 함께 보는 기술

[www.airproclass.com](http://www.airproclass.com)

정 한 봉 엮음

## 차 례

|      |                      |          |
|------|----------------------|----------|
| 제 1장 | 냉동의 기본원리와 기계구성       | Page 4   |
| 제 2장 | 열역학의 원칙과 용어들. 압력과 진공 | Page 30  |
| 제 3장 | 냉매와 오일               | Page 37  |
| 제 4장 | 콘트롤과 작동원리            | Page 59  |
| 제 5장 | 전기와 모터               | Page 77  |
| 제 6장 | 전기와 콘트롤 회로           | Page 103 |
| 제 7장 | 덕트와 시공 방법            | Page 115 |
| 제 8장 | 고장점검 요령과 대책 100 가지   | Page 131 |
| 제 9장 | 기술 시험문제 250          | Page 176 |

## 제 1장 냉동의 기본 원리와 기계구성

냉동이나 에어컨을 하는 공간은 그 주변보다 온도를 낮추려는데 목적이 있다. 그러나 자연적인 방법으로는 불가능하다. 그러므로 기계적인 에너지를 이용하여 물리적으로 할수있는 방법으로 한다.

### 1. 냉동의 법칙

1. 액체가 기체로 변하면서 열을 흡수한다. 기체가 액체로 바뀔때는 열을 내보낸다.
2. 압력이 바뀌지 않는한 온도는 변함없다.
3. 열은 높은 온도의 물질에서 낮은온도의 물질로 전해진다.

### 2. 압축순환

1. 압축사이클은 증발한 냉매를 낮은 압력에서 높은 압력으로 바꾼다.
2. 압축기(Compressor)의 개스 펌핑은 열기를 어떤 공간 안에서 바깥으로 보내기 위하여 사용한다..
3. Compressor가 흡수한 열을 evaporator에서 condenser로 보낸다.

- Compressor가 작동하면, 냉매의 분자를 낮은 압력에서 높은 압력쪽으로 옮긴다.  
\* 압력은 퍼담는 분자의 합계이고 움직이는 분자의 속도가 온도를 정한다.

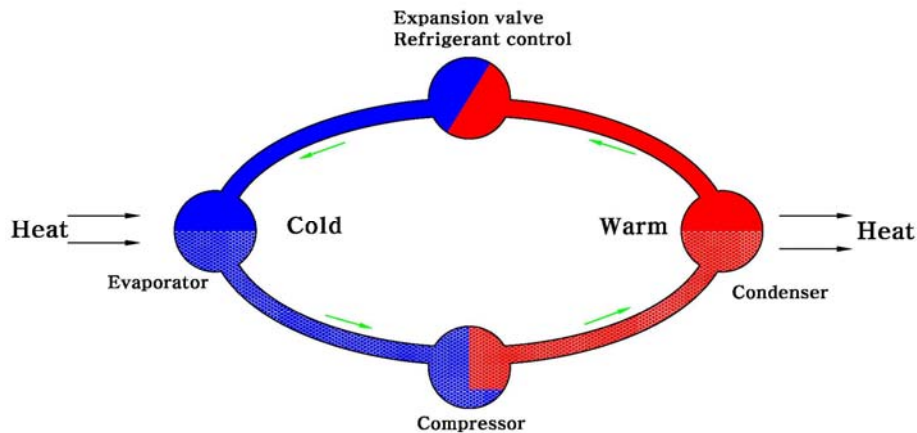


Figure 1 냉동 사이클의 구성

위의 그림을 보면서 냉동 사이클의 원리를 이해하면 보다 쉽게 알 수 있다. 냉매라고 하는 화학 물질의 개스를 Compressor가 압축하여 반 시계방향으로 순환시켜 다시 돌아오게 하는 일을 계속하여 반복한다. 이때 압축기 ( Compressor )를 떠난 고압 고온 냉매개스는 응축기 ( Condenser )에서 식혀져서 액체냉매로 변한다음 팽창변 ( Expansion )을 지나면서 저압으로 변한다. 증발기 ( Evaporator )에서 액체가 기체로 변하면서 주위의 열을 흡수한다. 그러다음 다시 차거운 기체 냉매는 압축기로 돌아온다. 다음페이지 Figure 2 를 보면서 다음 설명서를 읽으면 알 수 있다.

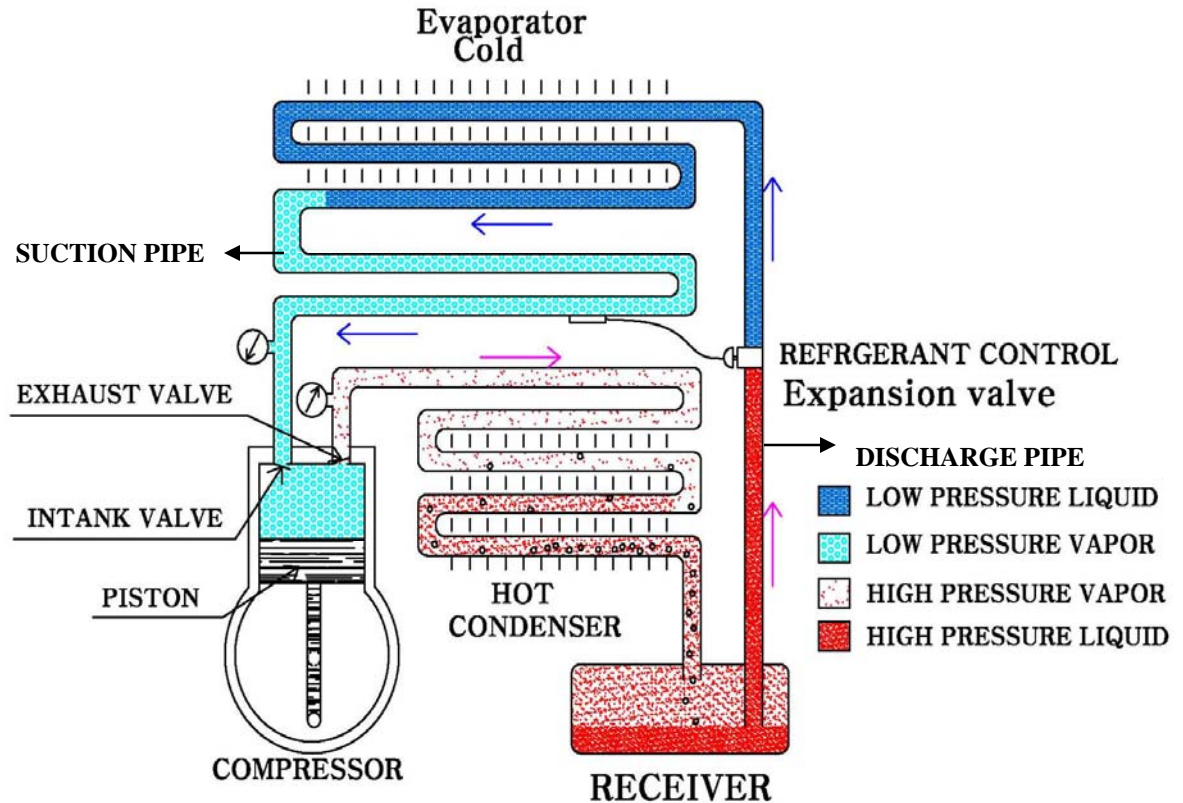


Figure 2 냉동, 냉장과 에어컨의 냉매 순환 사이클

위의 그림을 보면 Evaporator로 부터 돌아 온 차거운 낮은 압력의 개스가 Compressor의 압축으로 고온과 고압의 압축개스로 변하여 Condenser로 들어 간다. 공기나 물로 식혀주면 점점 액으로 변화 하여 Receiver로 들어 간다.

같은 열량을 갖인 낮은 온도 냉매분자라도 압축하여 밀집시켜주면 압력이 올라가고 온도도 올라간다. 숯불을 흩어 놓으면 주위온도가 내려가지만 함께 모아놓으면 주위 온도가 올라가는 이치로 생각하면 쉽게 알수 있다. 같은 시간에 Condenser에서 나가는 열량은 Evaporator로 들어가는 열량보다 크다.

압축할때 냉매분자들의 충돌 열량, 피스톤 마찰열량과 모터작동 발열량이 추가되기 때문이다.

Receiver에서 나간 액냉매는 Expansion valve를 거치면서 좁은 구멍을 통과하기 때문에 압력이 낮아지면서 Evaporator에서 주위의 열을 흡수하며 차거운 개스냉매로 변한다. Evaporator 속에서 증발한 차거운 개스는 Compressor로 돌아오고 Evaporator가 있는 내장고 안을 차거운 온도로 만든다.

냉방하는 에어컨의 원리도 이와 같다. 냉동사이클에서 고압측과 저압측을 만드는 것은 Compressor와 Expansion valve가 있기 때문이다.

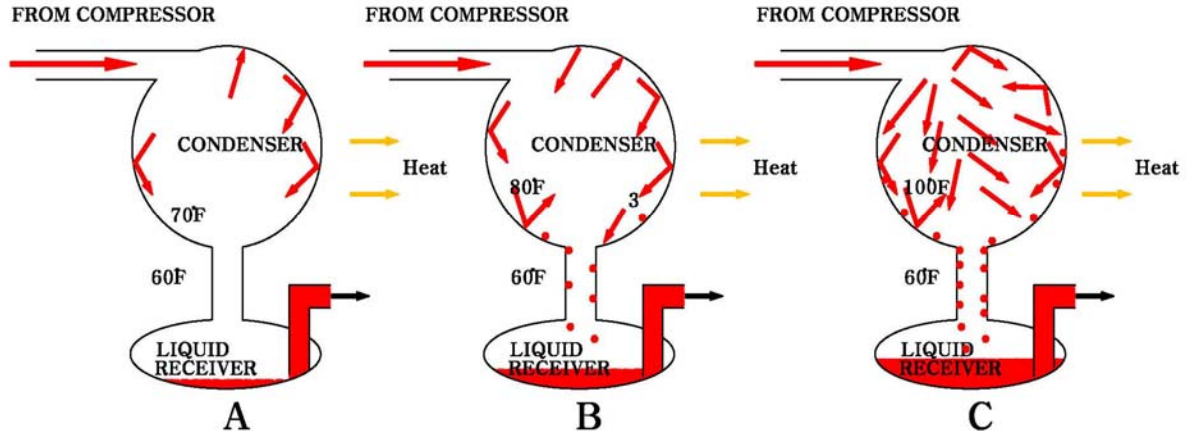


Figure 3 압축된 고온 개스냉매가 액으로 변화

위 그림은 압축기 (Compressor) 가 냉매를 압축하여 고온 고압개스를 압력탱크로 보내면 어떤 변화가 일어나는지 보여주는 그림이다. 그림 “A”의 용기는 압축된 분자들이 적은 숫자로 압력이 낮으며 70°F이며 바깥온도 60°F보다 10°F가 높다. 그리고 기체냉매는 액화되어 밀어고인다.

이와 같은 변화가 “B”에서는 더 크게 변화하며 “C”에서는 매우 크게 일어남을 볼 수 있다. “C”에서는 같은 시간에 매우 많은 냉매가스 분자가 같은 크기 용기 안에 들어 와서 압력을 높이고 온도를 100°F로 높인다. 서로 분자의 충돌이 더 크게 일어나고 같은 열량을 갖인 분자라도 밀집되어 있으면 온도가 올라간다. 용기 내부는 100°F 이고 밖에는 60°F이기때문에 더 빨리 식어서 액냉매도 더 빨리 만들어진다. 냉동 사이클에서는 Condenser가 이러한 일을 한다.

### 3. 기본 냉동 시스템

1. 모든 냉동과 에어컨 시스템은 냉매가 순환 할수 있도록 설계되고 콘트롤 되게 되어 있다.
2. 액체냉매는 증발하면서 열을 흡수한다. (액체가 개스로 변화하면서)
3. 냉매는 콘덴서를 통하여 열을 내보낸다. (개스가 액체로 변한다.)
4. 정상적인 작동을 하고 있을 때는 냉매는 파괴되거나 소모되거나 없어지지 않는다.

### 냉동시스템의 구성. REFRIGRATION SYSTEM COMPONENTS

**COMPRESSOR    CONDENSER    EXPANSION VALVE**  
**EVAPORATOR ( 기본 요소 )**

**OIL SEPERATOR    DRYER FILTER    SIGHT GLASS**  
**ACCUMULATOR    SOLENOID VALVE ( 추가 구성 )**

**HOT GAS DISCHARGE LINE    LIQUID LINE**  
**SUCTION LINE ( 배관 구성 )**

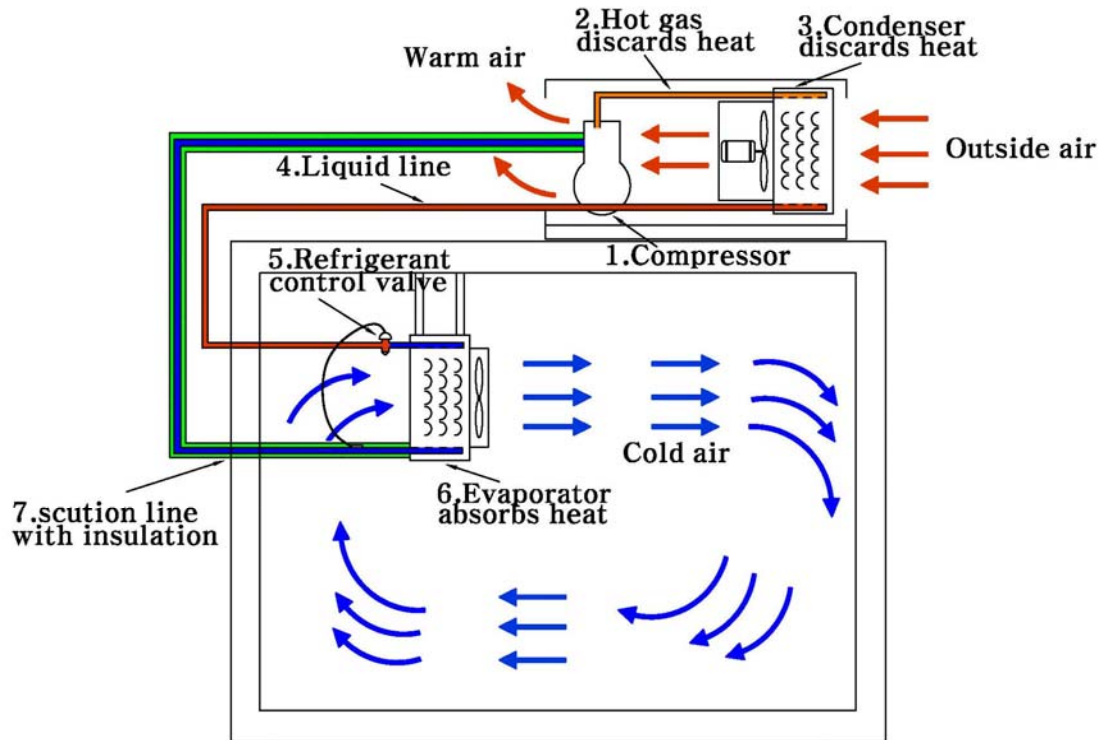


Figure 4 냉동 냉장의 기계 싸이클

위의 그림은 Compressor가 냉장고 안에든지 에어컨을 작동시키는 실내든지 어떻게 온도를 떨어트리는지 보여주는 그림이다. 냉매가스가 냉동 싸이클을 순환하면서 Evaporator로 부터 실내의 열을 흡수하여 외쪽의 Condenser를 통하여 열을 바깥쪽으로 내보낸다.

#### 4. COMPRESSOR

1. 냉동 콤퓨렛서는 모터에 의하여 움직이는 장치이다.
2. 콤퓨렛서는 증발기를 통하여 열을 갖인 증발 냉매를 운반한다. 냉매를 압축하여 높은 온도로 만든다.
3. 높은 온도와 압력이 높은 냉매는 콘덴서로 운반된다.

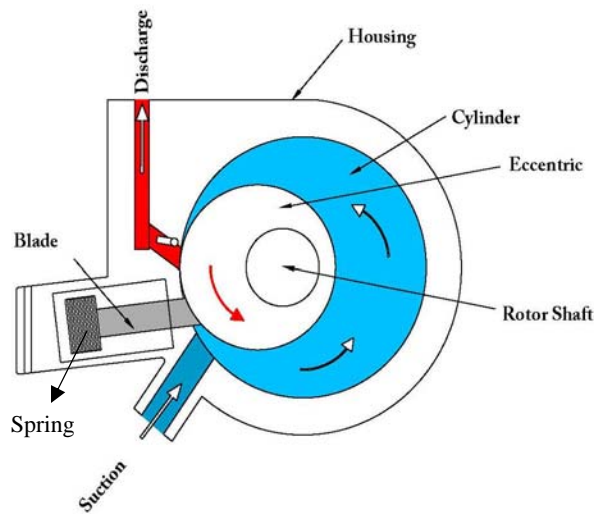
#### HERMETIC COMPRESSOR

#### SEMI-HERMETIC COMPRESSOR

#### EXTERNAL DRIVE ( OPEN ) COMPRESSOR

콤퓨렛서의 종류 ( Brand )

Copelametic    Tecumse    Bristol    Aspera



Rotary Type 콤퓨렛서로 가운데 회전자가 한쪽 편심축으로 회전하기때문에 계속 개스를 흡입하고 압축한다.

그림의 왼쪽에 있는 Blade는 고압과 저압을 구분하고 Rotor Shaft가 편심으로 회전 하는데 따라 좌우로 움직인다.

보통 가정용 내장고, 소형 상업용 냉장고, 창문형 에어컨과 분리형 벽걸이 에어컨 에 많이 사용한다.

Figure 7 로터리 콤퓨렛서 단면도



Figure 8 완전밀폐와 반밀폐 콤퓨렛서

위 그림의 ABC는 실제 많이 사용하는 Compressor들이다. A 와 B는 완전 밀폐형 콤퓨렛서 ( Hermetic Compressor )이고 C는 반밀폐형 콤퓨렛서 ( Semi Hermetic Compressor )이다.

A,B와 C가 다른점은 안쪽이 고장 났을때 수리하여 사용할 수 있는지 없는지가 다른 것이다. A,B는 Compressor 와 Motor를 함께 조립한후 바깥 용기로 둘러싸고 용접하였기때문에 내부 수리가 불가능하다. 그러나 C는 Bolt들로 조립하였기 때문에 작업현장에서 수리가 가능한 부분이 있고 전문수리공장 ( Rebuilt Company )에 보내어야만 수리할수 있는 부분이 있다.

A그림의 Compressor는 Scroll Type 압축기가 위에 있고 모터가 아래에 있다. 몸체의 모양이 B 와 비교하여 몸통의 직경이 작고 높이가 높다. B 그림의 Compressor는 Reciprocating type 인데 압축기가 아래쪽에 있고 모터는 위에 있다. C는 왼쪽에 모터가 있고 오른쪽에 Reciprocating Type 의 압축기가 있다. 같은 용량의 마력 ( HP )이라도 C 콤퓨렛서가 AB그림의 콤퓨렛서보다 비싸고 무겁다. 큰 용량의 콤퓨렛서는 제작문제 때문에 C 그림과 같은 반밀폐형 콤퓨렛서들이다.

그러나 작은 용량 ( 3/4HP 이상 ) 이라도 냉동 ( Freezer )에서 상업용에 반밀폐형을 사용하고 있다.



Figure 9-1

Figure 9-1을 보면 왕복동식 콤푼레서(Reciprocating Compressor)의 피스톤과 압축링과 오일링을 보여주고 있다. 피스톤은 알루미늄 재질로 되어있고 아래 그림 Figure 9-2의 Connecting Rod와 연결되어 있다.

Figure 9-3을 Crank Shaft라고 부르는데 이 회전축의 회전에 의하여 피스톤이 상하로 움직이면서 흡입한 냉매개스를 압축하게 된다.

증발기(Evaporator)의문제, 콘트롤의 고장이나 온도 조절의 잘못등으로 액냉매가 콤푼레서로 들어오면 액냉매 압축이 발생하므로 콤푼레서의 파손 또는 콤푼레서 모터가 타서 고장나는 일들이 발생한다. 콤푼레서를 교체하는 일은 비용이 많이 필요하므로 액냉매가 콤푼레서로 들어오는 것을 발견하면 서둘러 이런일이 일어나지 않도록 대책을 세워야한다.

액냉매는 콤푼레서에 있는 오일을 묻게하고 윤활(Lubricating)을 나쁘게 하여 콤푼레서 수명을 짧게한다. 그리고 기계의 효율도 떨어트린다.



Connecting Rod      크랭크 축 연결

Figure 9-2 피스톤 구성



Figure 9-3      Crank Shaft



Figure 9-4      Discharge Valve  
Valve Plate

오른쪽 Figure 10은 Screw Compressor의 압축부분을 나타낸다. 2개의 축이 서로 반대로 회전하면서 접근하는 표면에서 압축하는 방식이고 중형 이상의 반 밀폐형 Compressor로 되어 있다.

같은 용량이라도 왕복동식 콤푼레서에 비하여 작고 무게도 가벼워 냉동과 에어컨콤푼레서에 사용하는 장점이 있다.



Figure 10 스크류 콤푼레서



Figure 11 왕복동 콤푼터 단면



Figure 12 스크롤 콤푼터 구조

Figure 11 의 그림은 피스톤 왕복동 압축식 (Reciprocating type) 의 부분을 자른 그림이다.  
Figure 12 의 그림은 Scroll Compressor의 압축 부분을 나타낸다.

## 7. 콘덴서 CONDENSER

1. 콘덴서는 열교환기다.
  2. 콘덴서는 열을 내보내도록 하는 장치이다.
  3. 공기나 물은 과열된 증기냉매로부터 열을 제거한다.
  4. 증발된 냉매는 압축하여 콘덴서에 와서 액체로 되돌아 간다.
  5. 콘덴서의 제일 앞 부분은 증기 상태의 냉매이다.
  6. **콘덴서의** 마지막 부분은 액냉매이다.
- \* 공기를 강제로 순환 시키는 알미늄 또는 동의 Fin 으로 구성된 콘덴서.
  - \* 물로 생각하는 Condenser는 파이프 와 파이프의 이중관의 모양과 파이프와 탱크형이 있다.

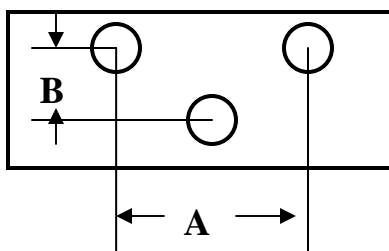
### A. 공냉식 콘덴서



Figure 13 Air Cooling Condenser

Figure 13은 공기로 생각하는 콘덴서다.  
여러개의 동파이프에 알미늄판 (Fin)이 여러개 겹쳐있는 구조로 되어있다.  
모터를 사용하여 웬 (Fan)을 회전시켜 바람을 불어주면 냉매개스를 액냉매로 만드는 능력이 커진다.

오른쪽의 표는 콘덴서나 증발기의 Fin의 수와 파이프 간격이다.



| Tube  | Tube-Wall Thickness | Fins Per Inch | Distance A | Distance B |
|-------|---------------------|---------------|------------|------------|
| 1/4"  | 0.016"              | 13 To 18      | 0.625"     | 0.500"     |
| 5/16" | 0.014"              | 12 To 20      | 1"         | 1.75"      |
| 3/8"  | 0.014" To 0.028"    | 8 To 20       | 1"         | 0.866"     |
| 3/8"  | 0.014" To 0.028"    | 10 To 18      | 1"         | 0.625"     |
| 1/2"  | 0.014" To 0.032"    | 6 To 16       | 1 1/4"     | 1.082"     |
| 5/8"  | 0.020" To 0.049"    | 6 To 16       | 1 1/2"     | 1.299"     |

Figure 13-1

## B. Shell and Tube 수냉식 콘덴서

Figure 14는 수냉식 콘덴서로 물로 여러개의 파이프를 통과시켜 콘덴서 (Shell) 속의 고압 고온 냉매가스를 식혀서 액냉로 만들고 큰 용량의 기계에 사용한다

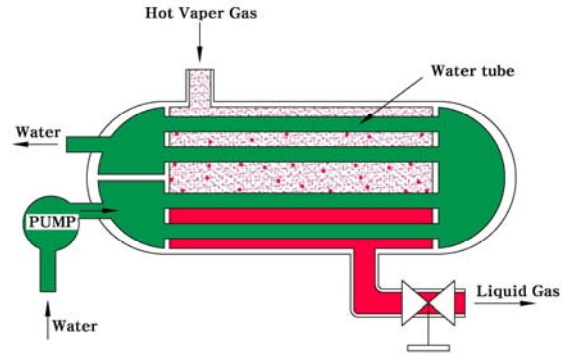


Figure 14 Shell and tube condenser

## C. 이중관 (Tube with in tube)수냉식 콘덴서

오른쪽에 보는 이중관 콘덴서는 큰 파이프 안에 작은 파이프가 들어가 있는 구조로 되어 있는데 큰 파이프 속에는 콤퓨렛서로부터 나온 뜨거운 증기냉매 (Hot vapor gas)가 지나가고 작은 파이프 속은 물이 지나가도록 되어있다. 물은 아래로 들어가 위로 나오고 뜨거운 증기냉매는 위로 들어가 식혀져서 액체냉매로 되어 아래로 나온다. 이러한 콘덴서는 작은 용량 부터 10HP 정도 이하의 냉동기와 에어컨에 사용한다. 이 콘덴서를 지나간 물은 더워지므로 건물 밖에 있는 Cooling Tower를 사용하여 식혀서 펌프로 순환하여 다시 사용한다. 냉매와 물이 서로 반대 로 지나가게 하여 열 교환을 좋게 한다.

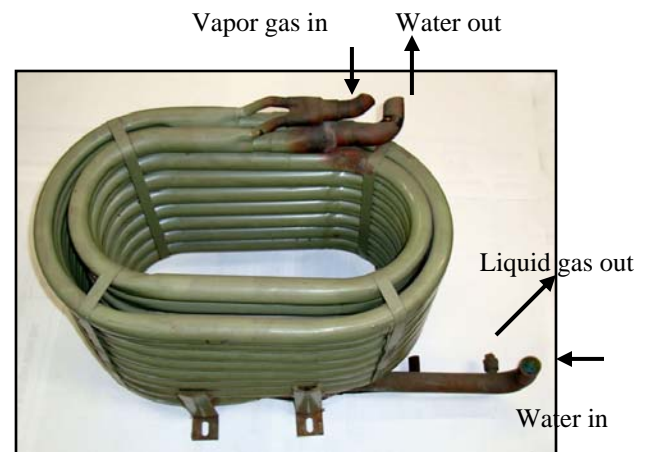


Figure 15 Tube with in a tube condenser

이러한 콘덴서는 공냉식 (Air cooling condenser) 콘덴서 보다 크기가 작고 무게도 가볍다. 에어컨에서 많이 사용하며 실내에 여러대의 에어컨 기계가 있어야 할 경우 하나의 큰 Water cooling tower를 사용하여 콘덴서에서 나오는 열을 건물 밖으로 내보낸다.

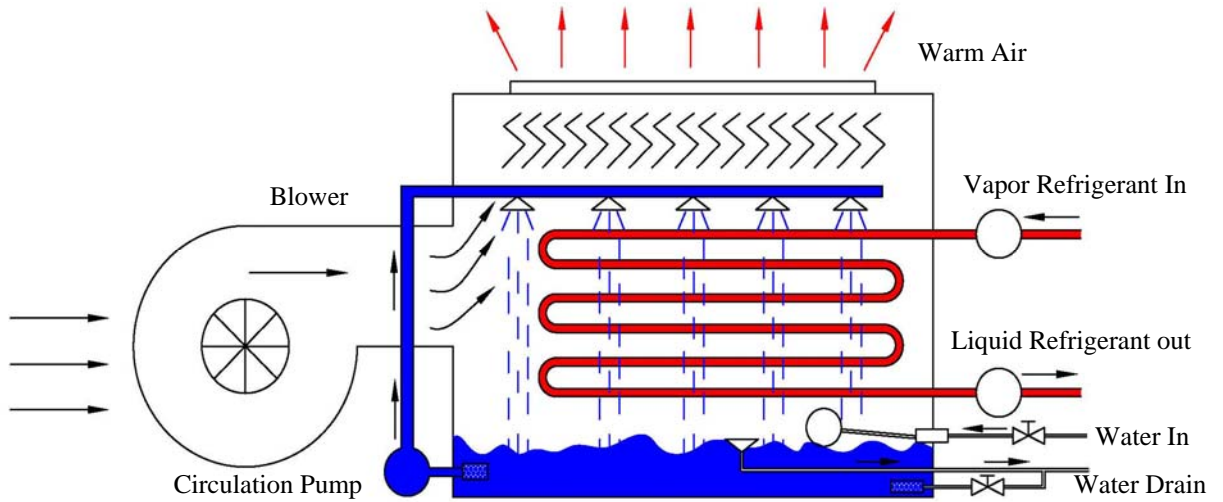
1냉동톤당 (R/T = 12,000BTU/HR) 3Gallon (8.4lb/Gallon)의 물 순환량으로 계산하면 쿨링타워의 순환 펌프용량이 결정된다. 이 숫자는 약산으로 하는 경우이고 콘덴서의 입출구 물의 온도차를 얼마로 할 것인가에 따라 달라진다. 이러한 계산은 설계하는 엔지니어의 몫이며 현장 서비스 기술자는 점검과 문제점을 찾는 데 도움이 된다.

Water cooling tower는 Open type과 Closed type 의 두종류가 있으며 수질관리는 Closed type이 좋다. 정기적인 수질관리 (Chemical control과 청소)를 잘못 하면 쿨링타워 뿐만아니라 그에따른 수많은 에어컨도 사용하지 못하고 버리는 경우가 있으므로 경제적 손실도 크며 사용전기 요금도 증가다.

### D. 수냉 증발식 쿨링타워

Figure 16

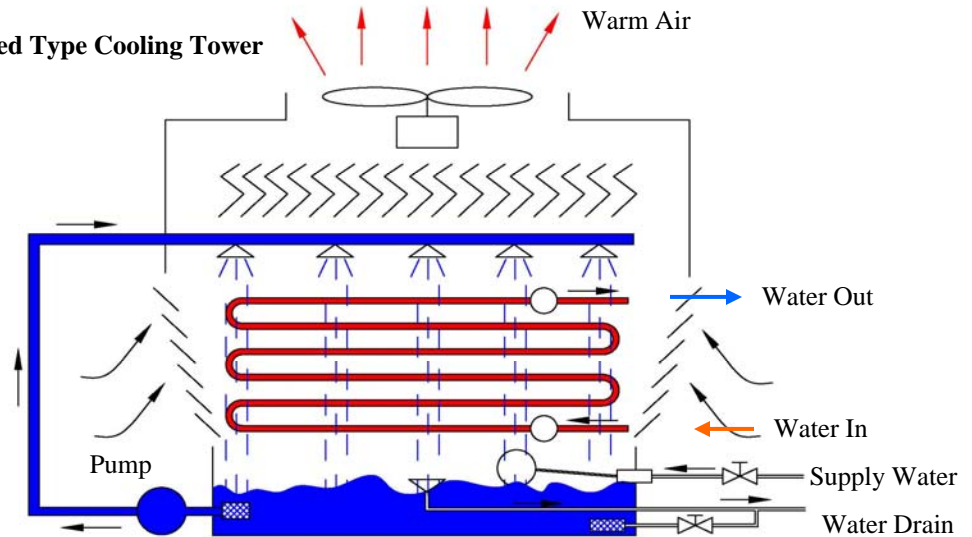
Evaporative Cooling Tower



위의 그림은 증발식 쿨링타워를 이용한 콘덴서를 나타낸 그림이다. 오른쪽 위의 파이프로 증기냉매가 들어가서 물과 바람으로 식어지면 액냉매로 변하여 Receiver Tank로 가게된다. 공냉식 응축기보다 크기가 작고 성능도 보다 좋다. 큰 마켓 내동 장비는 Evaporative Cooling Tower를 많이 사용한다. 물순환이 계속되고 또 증발되므로 계속 급수를 하지만 무기질 특히 스케일등이 농축되어 기계의 효율을 낮추고 부식등이 심하게 일어나므로 화학처리 장치를 하고 적은량의 물을 넘치게 하여 배수시켜야 한다. 지역에 따라 수질과 이끼 곰팡이 박테리아등 각각 다른문제가 있으므로 크리닝 하는 케미컬의 성분도 달리한다.

### F. 수냉식 쿨링타워

Figure 16-1 Closed Type Cooling Tower



위의 그림은 밀폐형 응축수 순환 쿨링타워를 나타낸다. 콘덴서를 지나온 더운물이 이 쿨링타워의 아래 순환 파이프로 들어가서 위로 나간다. 개방형 응축수 순환 쿨링타워보다 에어컨의 콘덴서 수질 관리가 보다 좋다. 쿨링타워에 있는 물의 관리는 Figure 16 와같이 하여야 한다.