

# 히이트 펌프의 基礎理論과 應用技術

金 孝 經\*

## 序 言

冷凍機를 그 凝縮機에서 放出하는 에너지를 利用하는 것을 目的으로 使用할때 히이트펌프 라고 부른다. 冷凍機는 하나의 物體로부터 熱을 吸收해서 다른 物體로 熱을 給與하는 히이트펌프 이다. 一般的으로 이 熱의 吸收效果를 주로 다룰때는 冷凍機, 熱의 放出效果를 주로 다룰때 히이트 펌프라고 稱한다. 히이트펌프의 目的은 溫度가 낮은 物體로부터 熱을 吸收하여 高溫度로 해서, 他物體의 加熱에 利用하는 것이다.

## I. 히이트펌프 基礎理論

### 1. 熱力學 第一法則

에너지保存의 法則으로 “熱과 일은 에너지의 一形態이며, 일을 熱로 轉換할수도 있고, 熱을 일로 轉換할수도 있다.” 이것이 熱力學 第一法則 이다.

$$Q = AL, \quad L = JQ \dots\dots\dots (1)$$

- Q : 熱量 [ k cal ]
- L : 일량 [ kg·m ]
- A : 일의 熱當量 (=1/427) [ k cal/kg·m ]
- J : 熱의 일當量 (= 427) [ kg·m/kcal ]

일을 [ kW·h (킬로와트時) ] 或은 [ PS·h (佛馬力時) ] 로서 表示할때는 다음과 같은 關係

가 있다.

$$1 \text{ kW}\cdot\text{h} = 860 \text{ k cal} = 1.36 \text{ PS}\cdot\text{h}$$

$$1 \text{ PS}\cdot\text{h} = 632.6 \text{ k cal} = 0.7355 \text{ kW}\cdot\text{h} \quad (2)$$

에너지保存의 法則에 따르면, 機械가 일을 할때는 반드시 다른 形態의 에너지를 消費하여야 한다.

冷凍機가 低溫의 熱源으로부터 吸收한 熱량을  $Q_2$ , 高溫의 熱源에 버리는 熱량을  $Q_1$ , 이 過程을 이루기 爲해서 外部로부터 加하여진 일량을  $L$  라고 하면, 熱力學 第一法則으로 다음 式이 成立한다.

$$Q_1 = Q_2 + AL \dots\dots\dots (3)$$

冷凍機는 低溫의 熱源에 關해서 볼때는 冷却하는 目的을 가지고 있으나, 高溫의 熱源에 關해서 볼때는 熱을 附與하는 目的을 가지고 있다고도 할수있다. 이와같이 低溫의 熱源으로부터 熱을 吸收해서 高溫의 熱源을 加熱하는 裝置로서 使用할때, 히이트펌프 라고 하며, 冷凍機와 히이트 펌프는 目的이 다를 뿐 그 理論은 같다.

### 2. 熱力學 第二法則

熱량과 일량의 關係는 熱力學 第一法則 으로써 表示되는데, 發生된 熱量으로부터 거꾸로 그것과 當량의 일량을 全部 얻어 낼수는 없다.

熱을 일로 變換하는때는 熱을 取得하는 溫度差가 必要하며, 熱이 高熱源으로부터 低熱源에 흐르는 사이에 일을 發生시킬수 있다. 이것이 熱

\* 前會長

機關 (Heat Engine) 이다. 얻어지는 일량은 高熱源으로부터 얻은 熱量과 低熱源에 버려지는 熱量과의 差에 相當하는 量이다. 또 反對로 低溫의 物體로부터 熱을 高溫의 物體로 移送 하는 데는 일이 消費되어야 한다. 이것이 冷凍機 (Refrigerating Machine) 이다.

이와같이 일을 熱로 바꾸는 것과 熱을 일로 바꾸는 것과는 本質적으로 다른 性質이 있다. 이 性質을 表示한것이 熱力學 第二法則이다.

“熱은 그 自身이, 低溫의 物體로부터 高溫의 物體로 移動될수 없다.”

### 3. 冷凍사이클

蒸氣壓縮冷凍機의 사이클은 Fig. 1 과 같은 것이다.

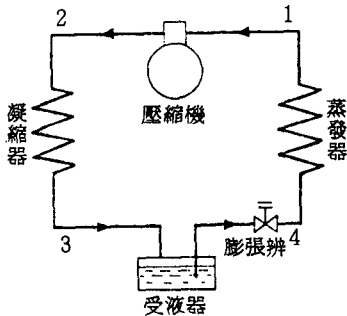


Fig. 1. 蒸氣壓縮 冷凍機

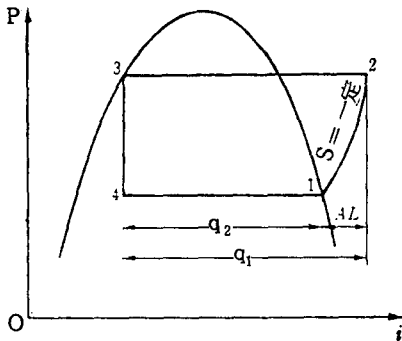


Fig. 2. 冷凍사이클

動作流體를 蒸發器 (Evaporator) 에서 蒸發

시킴으로써, 熱을 外部로부터 吸收하고 蒸發한 蒸氣를 壓縮機에서 壓縮하여 壓力과 溫度를 높이고, 凝縮器 (Condenser) 에서 熱을 外部로 버려서 動作流體는 液體로 된다. 이 液體를 膨脹升에서 드로틀 (Throttling) 시켜, 膨脹시켜서 蒸發器로 들어가게 해서 사이클이 끝난다. 이 動作流體를 冷媒 (Refrigerant) 라고 하며, 冷凍機가 低熱源에서 吸收하는 熱량을 冷凍效果 라고 한다.

往復動壓縮機 回轉壓縮機 或은 遠心壓縮機와 같이 機械적으로 壓縮하는 蒸氣壓縮冷凍機의 標準 사이클을 冷媒의 P-i 線圖로서 表示한것이 Fig. 2 이다.

即, 蒸發器의 出口 1에서 蒸氣는 飽和蒸氣이며 1 → 2로 斷熱壓縮되며, 2 → 3으로 冷却凝縮되고 3에서 飽和液體로 되며, 3 → 4로 엔탈피는 一定하면서 드로틀 膨脹을 한다.

冷媒 1 kg 當의 冷凍效果를  $q_2$  [k cal/kg], 壓縮일량 AL [k cal/kg], 放熱량을  $q_1$  [k cal/kg], 冷媒의 엔탈피를  $i$  [k cal/kg] 라고 하면,

$$\begin{aligned} q_2 &= i_1 - i_4 = i_1 - i_3 \\ q_1 &= i_2 - i_3 \dots\dots\dots (4) \\ AL &= i_2 - i_1 \end{aligned}$$

冷凍機에는 이 以外에 蒸氣噴射冷凍機, 吸收冷凍機, 吸着冷凍機 등이 있다.

### 4. 히이트 펌프의 成績係數

凝縮器에서 버려지는 熱량을  $Q_1$ , 蒸發器에서 吸收되는 熱량을  $Q_2$ , 壓縮機에서의 壓縮일량을 AL 이라고 하면, 히이트 펌프의 成績係數  $\epsilon_h$  는,

$$\epsilon_h = Q_1 / AL = (Q_2 + AL) / AL \dots (5)$$

사이클을 循環하는 冷媒는 蒸發器內에서 蒸發하여 熱源으로부터  $q_2 = i_1 - i_4$  의 熱을 吸收한다. 이 熱源으로서는 水, 空氣, 地熱, 太陽熱等

이 이용된다. 다음, 冷媒는 壓縮機에서 壓縮되어 高溫 高壓의 蒸氣로 된다. 이때 壓縮에 必要한 功量은  $AL = i_2 - i_1$  이다. 이 冷媒蒸氣를 凝縮器로 보내서 冷却·凝縮시키는데, 이때 放出하는 熱로서 水 또는 空氣를 加熱해서 暖房에 利用하며 그 熱量은  $q_1 = i_2 - i_3$  이다. 膨脹機에서의 斷熱膨脹에서는 熱의 出入이 없다.

$$\begin{aligned} \epsilon_h &= q_1/AL = (i_2 - i_3)/(i_2 - i_1) \\ &= 1 + (i_1 - i_3)/(i_2 - i_1) = 1 + \epsilon \\ &\dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

히이트 펌프의 成績係數  $\epsilon_h$  는 3~6 程度이다. 實際로는 그 機械效率을 扣한것을 使用하며 카르노 사이클 일때의 約 50% 程度이다.

### 5. 히이트 펌프의 特徵

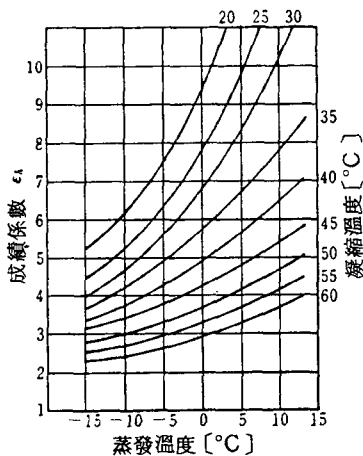


Fig. 3. 蒸發溫度·凝縮溫度와 成績係數

1) 히이트 펌프의 成績係數가 3~6 이라고 함은 例로서 1 kW·h 의 電力을 加熱用으로 使用할때 그대로 電熱器에 通하면, 1 kW·h (860 kcal) 로서만 利用되나 히이트 펌프를 使用하면, 3~6 倍의 加熱이 可能하게 되는 것이다.

2) 冷凍機設備로서, 冷房과 暖房이 이루어짐으로 地方에 따라서는 보일러 容量을 줄이거나

또는 보일러 設備가 不必要하기도 하다.

3) 燃料의 消費가 적거나 또는 이를 省略할 수 있으므로, 煤煙防止 에너지節約의 目的에 符合된다.

4) 熱源으로 都市에서는 地下水를 利用하는 것이 困難하고, 大氣를 熱源으로 할수밖에 없다면 運轉費面에서 問題點이 있다.

5) 比較的 高溫의 排氣가 利用되는 境遇와 太陽熱利用이 容易하게 된다면, 大端히 有利하다.

### 6. 히이트 펌프의 熱源

히이트 펌프의 熱源으로서 要求되는 條件은 成績係數를 크게 하기 爲해서 溫度가 높고, 量이 豊富하며 또 그 溫도와 量이 크게 變動하지 않을 것이다. 그리고 冬節의 熱源이 됨과 同時에 夏節에는 熱을 버리는 場所로 될것이 바람직하며, 또 容易하게 얻어지는 것이어야 한다.

#### 6-1. 水

地下水는 年間을 통해서 거의 一定하며, 夏節에는 冷却水로 利用되고, 設備費, 運轉費面에서도 가장 有利하므로 從來에 大規模의 것은 거의 地下水를 使用하였다.

地下水의 恒溫層溫度는 10~14°C 이며, 그 深度는 10~16 m 程度이고, 그 以下の 地下水의 溫度  $t$  °C 는 深度에 따라서 增加한다.

$$t = t_0 + \alpha H$$

$t_0$ : 그 地方의 平均氣溫 [°C]

$\alpha$ : 地下增溫率(平均 0.05) [deg/m]

H: 地表面으로부터의 深度 [m]

近年에 都市에서는 地下水의 入手가 困難하며 이와같은 狀態는 都市뿐만 아닐것이므로 地下水代身 河川, 湖水의 利用도 考慮된다.

#### 6-2. 大氣

大氣는 多量으로 얻어지는 點이 有利하나, 大

氣溫度가 低下되어서 히이트 펌프의 能力이 低下될 時期엔 暖房負荷가 커지고 또 溫度變動도 큼으로 直接 膨脹型 蒸發器에서는 表面凍結의 問題等이 生긴다. 機器의 選定에 있어서는 暖房期間의 平均溫度 가 低하게 選定하며 不足分에 對해서는 蓄熱 或은 보일러 等の 補助熱源을 利用하는 것이 有利하다. 이와 같이 하면, 夏節의 冷房과 冬節의 暖房에 必要한 裝置에 큰 差異가 없게 된다

### 6-3. 太陽熱

太陽熱을 히이트 펌프의 熱源으로서 利用하면, 太陽熱로서 溫水를 만들때와 比較해서, 低溫에서 吸熱하며 또 他熱源에 比較해서 高溫이 얻어지므로 成績係數도 높은 값이 얻어진다. 그러나 日射量은 時刻, 天候에 따라서 크게 變化하며 暖房負荷와 一致하지 않으므로 集熱의 手段과 蓄熱方法에 問題가 있다.

### 6-4. 地熱

地中溫度는 年間을 通해서 크게 變化하지 않으며 히이트 펌프의 熱源으로서도 또 冷房時의 排熱을 버리는 場所로서도 地下水에 比較하여 便利하다.

地熱의 集熱方法은 深井內에 集熱管을 挿入하는 方法과 集熱管을 地中에 埋設하는 方法等인데 管子 相當히 길게 되며 設備費, 埋設面積等이 問題로 된다.

## 7. 히이트 펌프의 空調方式

空調에 使用되는 히이트 펌프는 熱源의 種類, 熱의 傳達方法 暖房時와 冷房時의 交替操作 方法等에 따라서 裝置가 달라진다.

### 7-1. 空氣 - 空氣方式

大氣를 熱源으로 하며 冷媒코일에 依해서 直接 大氣로부터 吸熱하여 送出해서 空氣를 加熱하는

것이며, 패키지形 空調機, Window Cooler 形 空調機에 適合하다. 이때 暖房負荷가 增加됨에 따라서 加熱容量이 減少하므로 夏節의 冷房과의 均衡上, 電熱器等の 補助熱源이 必要하다 이 方式에는 다음의 二種이 있다.

#### (1) 空氣回路一定(冷媒回路交替)

冷媒回路의 밸브 操作으로 外氣코일을 冷房時에는 凝縮器, 暖房時에는 蒸發器로서 使用한다

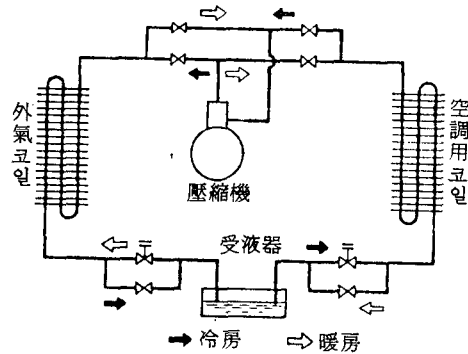


Fig. 4. 空氣 - 空氣方式 (1)

#### (2) 冷媒回路一定(空氣回路交替)

空氣回路의 閥門 操作으로서 凝縮器에 冷房時에는 外氣를 暖房時에는 室內空氣를 보내며 蒸發器의 通過空氣를 冷房時에는 室內로 暖房時에는 大氣側으로 放出한다. 暖房時에 蒸發器가 着霜되면 能力이 減少하므로 瞬間的으로 冷房사이클로 運轉하여 除霜할 必要가 있다

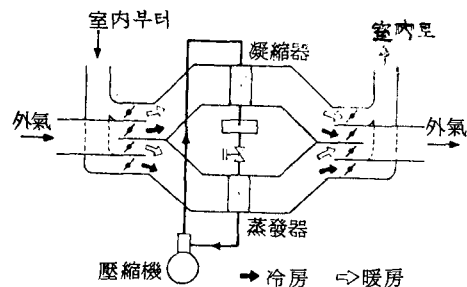


Fig. 5. 空氣 - 空氣方式 (2)

### 7-2. 空氣 - 水方式

大氣를 熱源으로 하며, 外氣코일에서 吸熱한

后, 熱交換器로서 물을 加熱하고, 이 溫水を 空氣加熱코일에 보내서 暖房하는 것이며 이 方式로서는 다음의 두가지가 있다.

(1) 空氣回路·水回路一定(冷媒回路交替)

外氣코일을 冷房時에는 凝縮器, 暖房時에는 蒸發器로서 使用하며 熱交換器에서 冷溫水を 만든다.

(2) 空氣回路·冷媒回路一定(水回路交替)

外氣코일 代身에 冷却塔를 使用하여 물 또는 不凍液을 보내서 大氣로부터 吸熱하고 이 물을 冷房時에는 凝縮器에, 暖房時에는 蒸發器에 보내는 方法이며, 冬節에 大氣溫度가 比較的 높은 地方에서 遠心 冷凍機를 利用하는데 適合하다.

7-3 水-空氣方式

물을 熱源으로 하고 熱交換器에서 冷媒로서 吸熱하며, 이 冷媒를 空調用코일에 보내서 暖房하는 것이며, 冷房時에는 冷媒回路를 바꾸어서 空調用코일에 液體冷媒를 보내는 方式이다.

이 方式은 空調系統이 소규모인 境遇에 適合하며, 물을 熱源으로 하는 히이트 펌프식 패키지形 空調機에 使用된다.

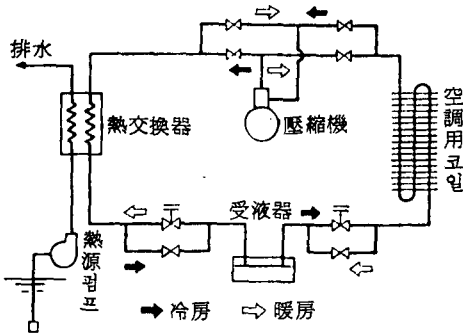


Fig. 6. 水-空氣方式

7-4 水-水方式

물을 熱源으로 하여 空調用코일에 溫水を 보내서 暖房하고, 冷水를 보내서 冷房하는 方式으로서 다음의 두가지가 있다.

(1) 冷媒回路一定(水回路交替)

물을 暖房時에는 蒸發器에, 冷房時에는 凝縮器

에 보내는 方法이며 大容量의 裝置에 適合하다.

所要水量은 1 USRT 에 0.3~0.8 m<sup>3</sup>/h, 凝縮溫度는 45~55 °C 로 한다. 井水量이 적을때는 貯水槽를 設置해서 熱源을 確保할 必要가 있다. 貯水槽를 蓄熱槽로서 使用할 때는 槽內에 凝縮코일 또는 蒸發코일을 넣는 境遇도 있다. 이 方法은 Zone Control 로서 暖房과 冷房이 同時에 必要할때에 適合하다.

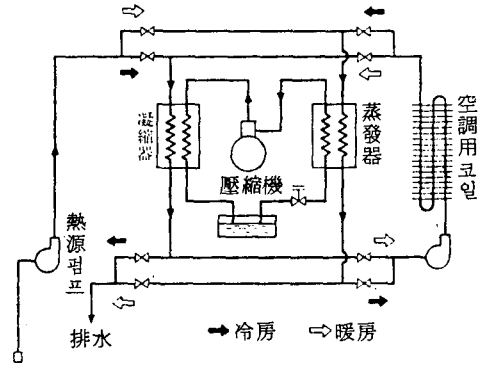


Fig. 7. 水-水方式(1)

(2) 水回路一定(冷媒回路交替)

熱交換器를 使用하여 冷媒로서 吸熱하고, 이 冷媒로서 물을 다시 熱交換器에서 加熱하며, 이 溫水を 空調用코일에 보내서 暖房하는 것이다. 冷房時에는 冷媒回路를 交替해서 逆사이클 시켜서 冷房한다. 이 方法은 容量이 過히 크지 않고 水熱源의 蓄熱도 可能할때 適合하다.

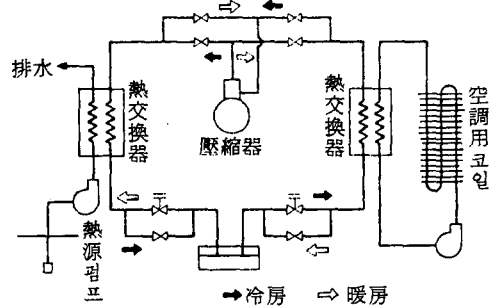


Fig. 8. 水-水方式(2)

8. 太陽熱利用 히이트 펌프

化石燃料의 限定性에 따라서 代替에너지 로서

의 太陽에너지는 그 效用도가 漸次 提高되고 있으며, 世界各國에서 大規模의 太陽에너지 利用計劃이 進行되고 그 研究開發이 促進되고 있다. 그 중에서 集熱器와 蓄熱裝置가 보다 簡單하게 實現化된다면 히이트 펌프의 熱源으로서 利用될수 있을 것이며, 그렇게 되므로서 히이트 펌프에 依하는 空氣調和가 더욱 重要視될 것이다.

## II. 히이트 펌프 應用技術

### 1. 히이트 펌프 利用과 에너지節約

今日의 油類事情下에서는 에너지節約을 目標로 해서 空調裝置를 計劃하고 이를 積極的으로 具現化하여야 할 運命에 놓여져 있다. 따라서 空調裝置設計者는 그 應用技術分野에 있어서 現在의 水準을 評價해야 하며 製品技術面도 革新을 期하여야 하는것이 主要課題일 것이다.

그 課題中の 하나로서 熱源裝置中에 히이트 펌프의 有效利用도를 늘이는 일이며, 히이트 펌프의 機能을 充分히 活用하는 應用技術의 展開는 極히 重要한 일이라고 할수있다.

事實 이와같은 일은 全然 새로운 技術革新은 아니며, 從來의 技術을 再檢討하며 에너지節約과 機械의 效率의 利用을 促進시키기 爲해서 制度의 改善을 期하는 努力을 더욱 增大시키는 것이 必要하다.

即 에너지 有效利用을 過去보다 더욱 嚴密히 研究檢討하므로서 비로소 裝置方式의 最適性이 決定되는 것이다.

實은 熱源裝置에 히이트 펌프 方式을 使用하는 것이 에너지 有效利用에 恒常 完全하게 合致되는 것은 아니며, 그 論理의 構成은 어디까지나 建物の 熱特性을 正確하게 把握하여, 熱源裝置·熱媒體搬送裝置·熱媒體分配 機器를 綜合的으로 合理性 있게 構성한 後에 그 效果를 豫測하는 것이 아니라면 萬全을 期하기는 어려울 것이다.

에너지節約目的으로 既設의 冷暖房裝置의 어

느 部分에 어떤 方法을 採用해서 技術的으로 改善할 것인가 또 新設될 空調 裝置에 어떤 方式을 適用採擇할 것인가 하는 技術의 手段 方法 등은 많은 專門家の 知能과 判斷을 結集해서 그 基本의 規準을 樹立할 必要가 있다.

裝置設計에 있어서 建物の 熱特性을 構成하는 顯熱源의 排除와 그 再利用은 歸結的으로 히이트 펌프 效果를 增加시키게 되는 熱사이클 特性을 維持시키든지 또는 熱을 再利用할수 있는 熱媒體搬送裝置의 機能을 갖게하는 方法이 히이트 펌프 利用에는 不可缺의 手段이다.

以上の 前提條件을 滿足시키는데는, 蓄熱槽의 採用도 考慮對象이 된다.

특히 히이트 펌프의 冬節運轉사이클에 있어서의 廢熱利用은 空氣熱源으로서의 利用範圍가 더욱 넓어질 것이다.

### 2. 히이트 펌프 方式과 熱媒體搬送裝置

히이트 펌프 方式을 充分히 利用하는데 必要한 熱媒體로서의 空氣 또는 물을 搬送하는 裝置와 또 이 熱媒體로서 室內空氣를 冷却 또는 加熱 하기 爲한 室內의 端末機器의 役割도 히이트 펌프를 有效하게 運轉하는데 必要한 重要部分이다.

히이트 펌프로부터 暖房用으로 放熱되는 溫度가 낮을때는 室內 端末機器에서는 보다 큰 面積의 放熱面을 要할 것이며, 또 大量的의 低溫度熱媒體의 循環을 要하게 된다. 이것은 에너지節約에 違背되는 結果로 된다. 그래서 熱媒體의 適正溫度 基準은 몇도인가. 이와같은 計算은 室內의 熱損失을 計算해서 定常狀態에서의 溫度差로서 容易하게 求할수 있다. 勿論 溫度差가 크면 取扱水量과 風量은 反比例해서 적게 된다. 이것으로서 所要되는 搬送動力量을 算出하고 다음에 히이트 펌프 또는 熱源裝置의 入力에너지를 速算하므로써 그 建物에 適合한 熱媒體溫度를 選定할수 있게 된다.

熱源裝置의 方式은 이미 確定된 熱源容量에 다

라서 機械의 形式을 比較檢討用으로 假定할 必要가 있다. 이것은 規模의 大小에 따라서 實施 될 것이며 그 大略의 順序는 다음과 같은 形式이다.

- 1) 遠心冷凍機를 사용한 히이트펌프
- 2) 스크류冷凍機를 사용한 히이트펌프
- 3) 往復動冷凍機를 사용한 히이트펌프

다음은 熱源을 定하는 大體的인 方式이다.

- 1) 空氣熱源方式
- 2) 再循環水熱源方式

어떤 機械를 使用하든지 一次 熱媒體는 후레온系의 冷媒이다. 常用되고 있는 후레온冷媒의 壓力和 溫度特性은 Table 1 ~ 3 과 같다.

**Table 1.** 凝縮壓력과 溫度 [kg/cm<sup>2</sup> abs]

溫度 [°C]	F-11	F-12	F-22	F-500	F-502
60	3.199	15.56	24.74	18.55	26.28
55	2.784	13.93	22.17	16.55	23.66
50	2.411	12.43	19.81	14.78	21.25
45	2.076	11.06	17.63	13.11	19.02
40	1.781	8.645	15.64	11.66	16.96

**Table 2.** 蒸發壓력과 溫度 [kg/cm<sup>2</sup> abs]

溫度 [°C]	F-11	F-12	F-22	F-500	F-502
15	0.75	5.01	8.05	5.99	9.02
10	0.62	4.32	6.94	5.01	7.85
5	0.51	3.70	5.95	4.34	6.78
0	0.41	3.15	5.07	3.77	5.83
-5	0.33	2.66	4.30	3.11	4.98
-10	0.26	2.23	3.61	2.66	4.23

F-11의 壓力溫度特性을 冷房사이클에서 보면, 蒸發溫度 0°C 일때의 壓力이 0.41 kg/cm<sup>2</sup> abs 凝縮溫度 50°C 일때의 壓力이 2.41 kg/cm<sup>2</sup> abs 로서 壓縮比는 5.878, 同一條件下에서의 各冷媒의 壓縮比는 F-12 가 3.946, F-22 가 3.967, F-500 이 3.920, F-502 가 3.645

**Table 3.** 冷媒의 分子量

冷 媒	分 子 量
F-11	137.38
F-12	120.92
F-22	86.48
F-500	99.29
F-502	111.63

로 F-11이 가장 높은 것으로 된다.

同一條件下에서의 各冷媒의 冷凍效果 比較는 다음과 같다.

F-11	35.11 kcal/kg
F-12	24.51 kcal/kg
F-22	33.94 kcal/kg
F-500	29.70 kcal/kg
F-502	20.82 kcal/kg

即 F-11이 最高, F-502가 最少의 冷凍效果임을 알수 있다.

壓縮機의 機能特性을 計算하는데 있어서, 遠心式 일때는 各冷媒의 分子量이 큰 影響을 가짐으로 그 噸重量을 알 必要가 있다.

Table 3. 에서 보는 바와 같이 F-11의 分子量이 最大, F-22가 最少이다. 即 같은 氣體量을 取扱하는데 있어서 F-11이 보다 큰 壓縮機 形體를 必要로 하는 것이다.

現在 市場에 있는 冷媒를 使用하는 立場에서 는 F-22를 使用하는 壓縮機가 遠心式·스크류式·往復動式에 있어서 共히 有利하다는 것은 여러面에서 合理性이 있다고 할 것이다.

### 3. 水冷式과 空冷式의 比較

100 USRT 容量의 冷水機(Chiller)를 例로서 空冷式과 水冷式의 諸係數를 比較한다.

#### (1) 空冷式 凝縮方式

- 1) 冷水出口溫度: 6 °C
- 2) 使用冷媒: F-22
- 3) 蒸發溫度: 1 °C
- 4) 使用冷凍機: 往復動式壓縮機
- 5) 凝縮溫度: 55 °C
- 6) 壓縮比:  $22.17/5.249=4.224$
- 7) 冷凍效果:  $149.05-115.11=33.94 \text{ kcal/kg}$
- 8) 冷媒循環量:  $332000/33.94=9782 \text{ kg/h}$
- 9) 가스冷媒循環量:  $9782 \times 0.0472=462 \text{ m}^3/\text{h}$
- 10) 壓縮일의 相當熱量:  $152.09-149.48=2.61 \text{ kcal/kg}$
- 11) 理論指示馬力:  $2.61 \times 9782 \times 1/632.52=40.36 \text{ HP}$

(2) 水冷式 凝縮方式

- 1) 凝縮溫度: 45 °C
- 2) 壓縮比:  $19.81/5.249=3.774$
- 3) 冷凍效果:  $149.05-111.85=37.2 \text{ kcal/kg}$   
(5度的 過冷却可能)
- 4) 冷媒循環量:  $332000/37.2=8925 \text{ kg/h}$

- 5) 가스冷媒循環量:  $8925 \times 0.0472=422 \text{ m}^3/\text{h}$
- 6) 壓縮일의 相當熱量:  $152.03-149.48=2.55 \text{ kcal/kg}$
- 7) 理論指示馬力:  $2.55 \times 8925 \times 1/632.52=35.98 \text{ HP}$

以上과 같은 單純結算의 結果로서 理論指示馬力은 水冷式이 4.38 HP 적다. 이것은 即, 水冷式 凝縮器를 採用해서 有效한 暖房熱源을 얻으려고 하는 經濟的目的利用의 基本이 되는 것이다.

이것을 히이트 펌프에 利用하기 爲한 Double bundle 式 凝縮器를 利用한 方法은 이미 遠心式에 應用되고 있으며, 또 다른 方法으로서 2個의 凝縮器를 使用하는 方法이 히이트 펌프 方式으로서 보다 높은 暖房用溫水를 確保하는 것과, 또 히이트 펌프로써 外氣溫度가 어느 程度 낮은 地方에서도 利用可能하게 된다.

以上の 形態를 가지는 히이트 펌프 系統圖를 Fig. 9에 表示한다. 이것은 一般 冷水機 裝置와 같이 冷凍機器는 簡潔하게 組立된 形態이며 그 容量도 30 USRT 부터 150 USRT 까지

Table 4. 熱回收式 히이트 펌프의 部分負荷容量

外氣溫度 [ °C ]	冷水機負荷 [ % ]	運轉條件: 冷水出口溫度 / 凝縮溫度 [ °C / °C ]	壓縮氣入力 [ % ]	日中暖房負荷 [ % ]	溫水溫度 [ °C ]
34 ~ 32	100	6/42	100	0	-
31 ~ 28	90	6/42	91	0	-
27 ~ 24	75	6/42	75	0	-
23 ~ 20	65	6/45	60	9	24
19 ~ 16	60	6/45	53	15	27
15 ~ 12	48	6/50	43	21	30
11 ~ 8	43	6/50	39	34	33
7 ~ 5	40	7/50	35	42	35
4 ~ 0	35	8/55	32	61	39
-1 ~ -3	33	9/57	29	66	41
-4 ~ -7	32	10/57	28	80	42
-8 ~ -10	30	10/57	27	87	45
-11 ~ -15	29	10/57	26	94	47
-16 ~ -18	24	10/57	22	100	50



1臺의 機械裝置로서 收納된다. 壓縮機로부터 吐出되는 熱가스는 冷房사이클에서는 熱回收目的의 凝縮器를 그대로 通過해서 두번째의 凝縮器에서 液化되며, 그 熱은 冷却塔로 放出된다. 사이클의 運轉壓力은 普通 冷却水使用사이클 範圍이므로 動力은 空冷式과 比較해서 減少된다. 暖房사이클에서는 外氣溫度의 下降에 따라서 供給할 温水溫度를 그 地方의 外氣設計溫度에 合致하게 攄調整 할수 있다.

Table 4는 이 方式으로써 可能한 最低外氣溫度에 있어서의 晝間暖房負荷에 所要되는 温水溫度와 對比한 사이클 運轉條件의 可能限度를 表示한 것이다.

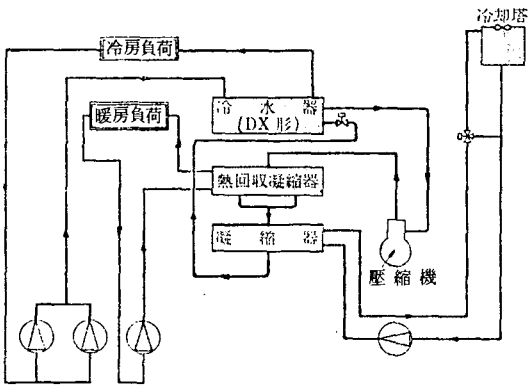


Fig. 9. 熱回收式히이트펌프 系統圖

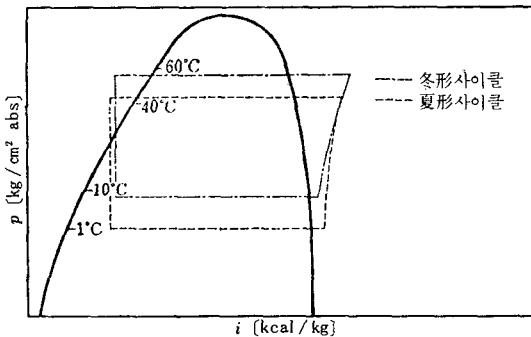


Fig. 10. Mollier 線圖

#### 4. 應用例

外國에서는 히이트펌프가 空調分野에서 에너지 節約機器의 代表로서 그 用途에 따라서 各種 機種이 生産되고 있으며, 應用技術로서의 히이트펌프 시스템도 높은 水準의 것이 實施되고 있다.

過去에는 히이트펌프는 主로 地下水와 같이 有利한 低熱源이 利用되어서 높은 COP로서 運轉 되었으므로, 一般의 히이트펌프는 그 利用形態에 不拘하고 에너지節約的이라는 印象을 주고 있다. 其實로 地下水를 利用하는 히이트펌프는 COP가 5以上으로 되어 燃燒시스템에 比하여 에너지節約面에서 有利하였으나 大都市에 있어서의 地下水의 枯湯, 地盤沈下 등의 問題가 있어서 外氣熱源으로 代替됨에 따라서 히이트펌프는 반드시 에너지節約的인 것은 아니게 되었다.

그 例로서 外氣設計溫度  $-3^{\circ}\text{C}$ 인 地方에서 外氣熱源히이트펌프는 期間 COP가 實際로 小容量機에서는 2.0~2.5, 大容量機에서도 2.5~3.0인 것으로 알려져 있다. 이것은 發送電效率를 0.3이라고 보면 一次에너지(燃料)基準의 COP는 各各 0.6~0.75, 0.75~0.9에 不過한 것이 된다. 이 값은 보일러效率에 相當하는 것이므로 外氣熱源히이트펌프의 에너지利用效率는 보일러 시스템과 別로 다를 點이 없다.

따라서 히이트펌프는 機器의 年間有效利用, 無公害性, 電力의 年間平均利用 등의 副次的 效果가 있으나, 이를 本來의 에너지節約의 效果로서 使用한다면 地下水에 代身하는 熱源을 利用하던지, 熱回收式運轉을 考慮하여야 한다.

太陽熱을 集熱器에서  $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 로 集熱하는 太陽熱利用 히이트펌프 暖房方式과 排水·排氣를 熱源으로 利用하는 方式은 그러한 目的이며, 또 히이트펌프가 가장 效果를 發揮하는 것이 熱回收運轉일 것이다.

例로서 最近의 高層大型建物에 있어서의 冬節에도 晝間에 南側窓, 인테리아 窓 또는 電算機室等에는 冷房負荷가 걸리게 되므로 히이트 펌프를 利用해서 이러한 窓을 冷房하면서 北側窓 等に 暖房을 하는 熱回收運轉을 하면 極히 效率이 좋은 冷暖房을 期할수 있을 것이다.

冷暖負荷와 暖房負荷 사이에는 時間的 量的 相異가 있으므로 熱回收 運轉에 있어서 이 間隙을 채우기 爲해서 蓄熱槽가 不可缺하게 된다.

(1) 히이트펌프式 個別空調機(空內型)의 熱回数運轉

룸 쿨러의 普及이 늘어나고 있으나, 夏節의 平均使用時間이 100 ~ 200 時間程度(例)로서, 高價인데 比하여 그 年間利用率이 極히 적은 耐久消費材의 하나이며, 電力의 基本料金 支拂等 技術的으로 問題點이 있는 機器라고 볼수있다.

히이트펌프式은 이런 點에서 多少 利用率이 크게 되고, 冬節의 使用時間이 400 ~ 600 時間(例)이나 年間 全稼動率은 그래도 約 10% 程度이다. 그래서 히이트펌프式 個別空調機는 住宅의 冷暖房 뿐만 아니라 給湯도 熱回收式으로 應用 된다면, 運轉經費의 節減과 에너지節約에 크게 도움이 될 것이다.

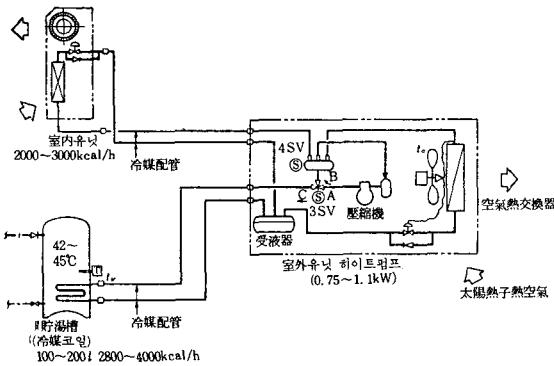


Fig. 11. 熱回收히이트펌프式 個別空調機(例)

Fig. 11는 分離型 히이트펌프式 個別空調機에 給湯加熱과 熱回收機能을 가지게 하는 方法의 例이다. 壓縮機 吐出管에 三方弁이 追加되어 있으며 冷房·暖房·外氣熱源給湯加熱·熱回收히이트펌프 給湯加熱의 機能이 있다.

(2) 太陽熱의 利用

太陽熱을 10 ~ 20 °C 의 低溫으로 集熱하여, 히이트펌프로서 40 ~ 50 °C 로 昇溫해서 暖房과

給湯을 하는 太陽熱히이트펌프式 暖房裝置는 COP의 改善에 依하는 電力費의 節減으로서 集熱器와 蓄熱槽의 費用을 償却코져 하는 것이 는 것이다.

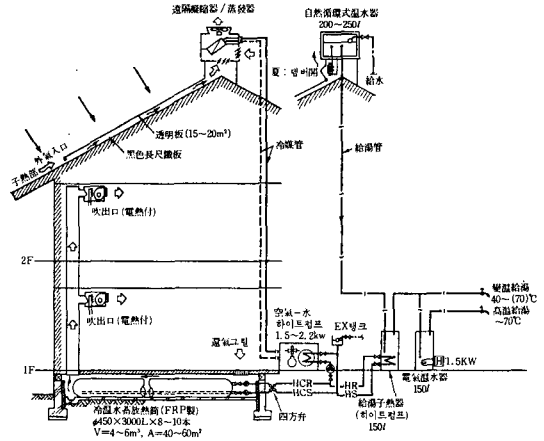


Fig. 12. 外氣豫熱形 히이트펌프式 暖(冷)房裝置

(3) 蓄熱水槽利用 熱回收히이트펌프 裝置

最近의 大規模 事務所建物에서는 에너지節約의 觀點으로 熱回收 히이트펌프 裝置를 採用하는 것이 外國에서는 常識으로 되어있다. 將次豫算되는 電力單價와 基本料金の 高騰을 考慮하여서 年間 電力使用量을 平均化하고 蓄熱水槽를 併用하므로써 機器의 容量과 契約電力을 節減하게 試圖하는 裝置가 더욱 普及될 것이다.

그러나 現在 冷温水槽를 具備한 熱回收히이트펌프 裝置는 當初에는 單只 冷水蓄熱槽方式으로부터 漸次 히이트펌프用으로 改良되어서 이루어진 것인데, 그 配管과 計裝方式이 너무 複雜하게 되어 利點도 많으나 缺點도 나타나고 있다.

即, 開放水槽에 起因하는 配管腐蝕問題, 温水蓄熱에 依한 危險性, 冷水펌프動力, 蓄熱槽의 熱損失과 熱取得 熱應力의 問題 등이 無視될수 없으며 그 對策이 必要하다.

Fig. 13 은 中間冷却(熱源) 水槽를 가지는 二段 冷却形 熱回收 히이트 펌프式 冷暖房 裝置의 概念圖이다.

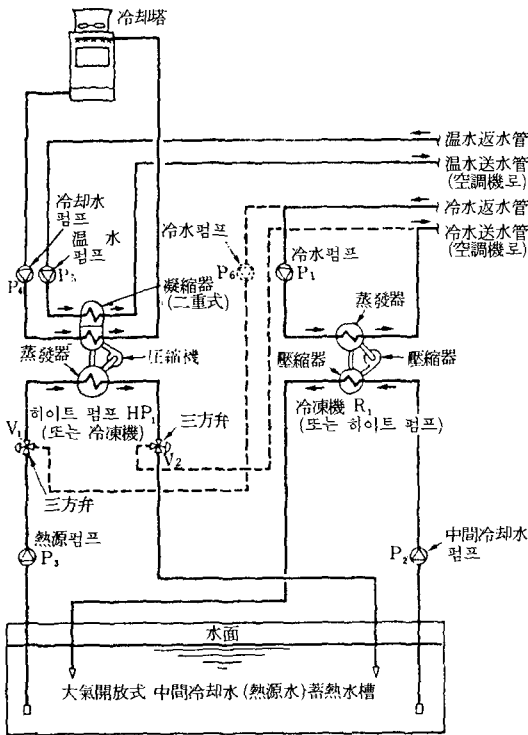


Fig. 13. 二段冷却形熱回收히이트펌프式 冷暖房裝置

二段 冷却方式은, 一次側(萎置側)에 高溫側 冷凍機(히이트펌프)와 中間冷却水槽, 二次側(建物側)에 低溫側 冷凍機(히이트펌프)를 設置하는 方法도 있으나, 이 그림에서는 이것들을 全部 1 個所(裝置側)에 綜合하고 兩側의 冷凍機를 中間冷却水槽를 仲介로 해서 溫度的으로 直列로 使用하여서 最大의 效果를 發揮코저 하는 것이다. 即, °夏節에 晝間은 低溫側 冷凍機로서 中間冷却水(15~25°C)를 冷却水로서 冷房運轉을 하고, 高溫側 冷凍機는 晝夜連屬運轉으로써 中間冷却水槽를 冷却해서 冷却塔으로 放熱한다. 高溫側 冷凍機는 晝間的 피이크時에는 直接 冷水를 얻게 하는 것이 좋다.

冬節의 熱回收運轉에서는 低溫側 冷凍機가 冷房負荷에 따라서 熱回收運轉을 하여서 中間冷却水를 加熱하고 高溫側히이트펌프가 暖房運轉을 한다.

이 方式은 一般 冷温水 蓄熱槽方式과는 달라

서, 蓄熱槽가 있어도 冷凍容量의 削減效果는 없으며, 또 二段冷却이므로, 一段冷却時 보다는 1 USRT·h 當의 消費電力量이 增加하는 敏點은 있으나 다음과 같은 利點을 들수있다. 即 蓄熱槽가 없는 一般電動冷凍機方式에 比하여 다음의 4點이 有利하다.

1) 中間冷却水溫이 낮으므로 晝間 피이크 時의 冷凍出力當의 電力負荷가 적고, 冷却塔容量도 적으므로 冷熱源契約電力이 30~40% 削減된다.

2) 冷却塔容量이 50~60% 削減可能 하며 特히 超高層建物에서 그 設置場所에 制約이 있을때 有利하다.

3) 中間 冷却水의 冷却은 夜間에 하므로 夜間 電力이 使用된다.

4) 熱回收히이트펌프 萎置의 運轉이 圓滑히 이루어지고 에너지節約 效果가 크다.

在來式 冷温水 蓄熱槽方式은 아래와 같은 7點의 利益이 있다.

1) 冷温水 二次側配管이 密閉配管이므로, 冷温水 펌프動力이 적게든다. 特히 高層建物·地域 冷暖房에 有利하다.

2) 같은 理由로서 配管腐蝕이 적게된다.

3) 配管系統·計裝方式이 簡素化된다.

4) 地中溫度와 蓄熱溫度와의 差가 적으므로 保温을 꼭할 必要는 없으며 따라서 蓄熱槽建造費用이 적게들고 有效利用率이 높아진다.

5) 冬節에 中間冷却(熱源)水槽(15~25°C)가 있으므로 太陽熱·空氣熱源히이트펌프 등의 補助熱源의 利用이 容易하다.

6) 電算機室·食堂冷凍庫·給湯裝置 등의 冷凍機와 히이트펌프에 使用하면 裝置가 簡素化되고 管理上 에너지節約上 有利하다.

7) 蓄熱水가 常溫에 가까우므로 防災用 水槽로서 兼用된다.

Fig. 14는 이 方式을 冷房 피이크負荷 1,000 USRT 規模에 適用한 例이며 이때의 冬節補助熱源은 太陽熱과 電熱이다. 冷凍機는 冷房專用 遠心壓縮機가 60%, 冷暖房·放熱兼用 遠心히

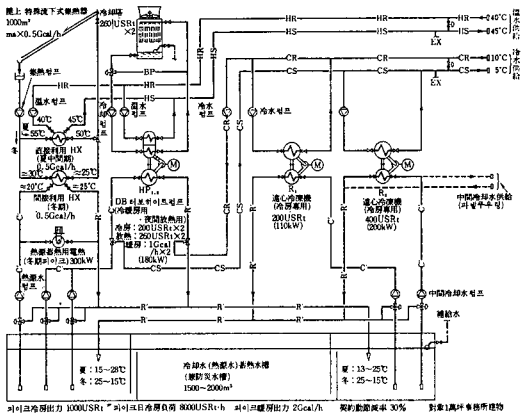


Fig. 14. 二段冷却形熱回收히이트펌프式 冷暖房 시스템 (太陽熱補助熱源利用)

이트 펌프가 40%, 契約電力은 非蓄熱方式보다 30% 削減된다.

太陽熱集熱器 代身에 空氣熱源히이트펌프를 使用할수도 있다.

Fig. 15는 가스 엔진 驅動 非常用發電機를 使用하는 遠心冷凍機를 使用하는 것이며, 이때 夏節의 피크電力削減率이 더욱 크게 되고, 冬節의 熱源도 充分히 얻어진다. 在來式 開放水槽 方式의 熱回收 方式에서는 配管腐蝕·펌프動力 等の 採用의 難點이 있었으나, 上記分式으로 하면 地域冷暖房의 熱回收裝置에 效率의 으로 導入할수 있을 것이다.

結 言

太陽에너지가 有限化石燃料에 代替되는 에너지源으로서 各國에서 大規模의 太陽에너지 利用

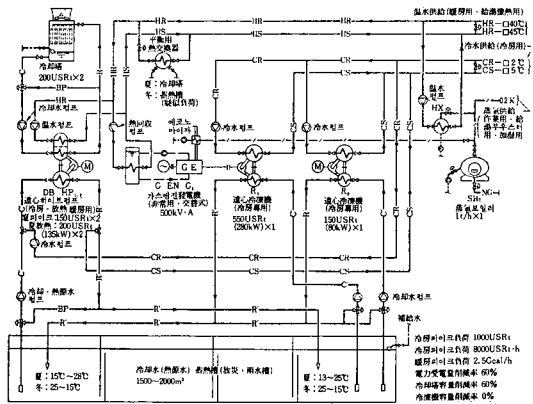


Fig. 15. 二段冷却形熱回收히이트펌프式 裝置 (自家發電交替運轉方式)

計劃이 進行되고 있다. 그 中에서 集熱器와 蓄熱裝置가 보다 簡單하게 實現된다면, 히이트 펌프의 熱源으로서 利用되고, 히이트펌프에 依한 空氣調和가 더욱 重要視될 것이다.

空氣熱源히이트펌프는 外國에서는 에너지節約 安全性·取扱便利性等으로 數年間 急激히 普及되고 있다. 그러나 選定에 있어서는 機器의 特性을 充分히 理解한 后 最適의 機器選定을 期하여야 할 것이다.

熱回收式히이트펌프의 圓滑한 特性發揮에는 氣象條件의 特性·建物の 熱特性·空調方式 等を 把握한 后 計劃하고 運轉하는 것이 重要하다. 특히 蓄熱槽의 크기, 溫水溫度의 決定은 히이트펌프의 特性에 相互 連關되므로 調和된 計劃이 必要하다.