

## 冷凍機의 自動制御(I)

### Automatic Controls for Refrigerating System (I)

이 성 주

S. J. Lee

(주)경원세기 기술영업부

• 1950 년생

• 냉동기술의 산업에의 응용분야에 관심을 가지고 있음.

#### 1. 概 要

##### 1.1 自動化的의 必要性

冷凍機는 그 適用分野에 따라서 役割이 결정되며 그 特性 또한 결정되게 될 것이다. 어떤 分野에 적용되었던 간에 그 役割에 무리 없이 작동할 수 있는 自動制御裝置가 必要하게 된다. 즉, 冷凍機는 그 凝縮溫度 및 蒸發溫度가 外氣溫度 또는 冷却負荷의 變化에 따라 變化되기 때문에 그에 맞추어 冷凍裝置를 운전하지 않는다면 冷凍機의 連續運轉을 위해서 사람이 항상 그 負荷에 따라서 手動 冷媒流量 조절밸브를 負荷에 맞도록 操作하지 않으면 안될 것이다. 이와 같은 手動運轉은 冷凍機의 운전에 많은 技能人力이 요구되며 이는 現代화된 社會의 特性上 自動화를 必要로 하는 가장 큰 理由 중 한가지인 것이다.

##### 1.2 自動制御의 原理

우리가 어떤 冷藏庫의 設計溫度를 일정하게 유지하기 위한 過程을 살펴보면, 우선 庫內溫度를 감지할 수 있는 裝置로서 水銀溫度計와 같이 液柱가 膨脹하거나 바이메탈과 같이 두

개의 金屬의 膨脹에 의해서 굴곡이 일어나도록 하는 것, 혹은 니켈(Ni), 백금(Pt), 구리(Cu) 등을 사용하여 庫內의 溫度를 감지하여 目的하는 溫度에 도달하였는지 여부를 가려줄 比較裝置가 必要하게 되며 이 裝置로 庫內溫度와 目標値를 비교하여 偏差가 있다면 冷媒, 브라인 혹은 冷凍機의 壓縮機를 開閉하는 訂正動作을 시켜야 한다. 이러한 動作을 위해서는 결국 庫內溫度의 偏差를 電氣的 信號로 바꾸어 주기 위한 裝置가 必要하게 되며 일련의 계속된 訂正作用을 통해 庫內溫度를 變化시키므로써 檢出된 溫度와 目標値 사이의 차이를 없애게 된다.

위에서 살펴본 바와 같이 自動調節이 행하여지는 것을 알 수 있으며 이 한개의 고리(loop) 즉, 歸還動作(feed back)을 自動制御라고 한다. 상기의 庫內溫度와 같이 制御의 대상으로 되는 量을 制御量, 庫內溫度의 目標値와 같이 制御의 目的으로 되는 값을 目標値, 바이메탈, 測溫抵抗體와 같이 溫度(制御量)를 檢출하는 檢出端, 檢출된 溫度와 目的하는 溫度를 비교할 수 있도록 하는 量으로 變化하는 부분과 檢出端을 總稱하여 檢出部, 目標値와

檢出值를 비교하여 그 偏差에 따라서 操作信號를 내는 부분을 調節部, 브라인, 冷媒 혹은 空氣의 流量과 같이 庫內溫度(制御量)를 변화시키는 量을 操作量, 操作量을 변화시키는 밸브, 壓縮機 등을 操作端, 操作端 및 그것을 움직이는 전동기 다이어프램 등을 總稱하여 操作部라고 한다.

그러면 앞에서 설명한 自動制御와 사람에 의한 手動調節을 비교해 보자. 人間이 調節하는 경우에는 溫度計(檢出端)를 눈으로 確認하고 目標値와 차이가 있는가를 판단하고 그것에 의해서 밸브를 손으로 여닫아 溫度計의 눈금이 目標値로 될 때까지 조절한다(그림 1 參照).

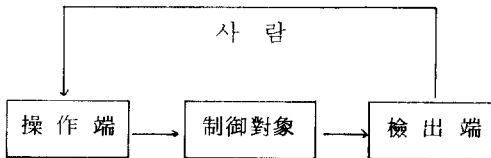


그림 1. 사람에 의한 手動制御

自動制御의 경우에는 사람이 하는 부분을 전부 自動적으로 處理하는 것이다(그림 2 參照).

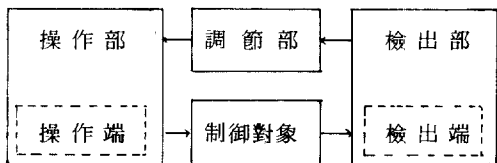


그림 2. 自動制御 係統(歸還 動作)

### 1.3 制御의 方式

冷凍機에 많이 사용되는 制御方式은 調節部の 調節方式에 따라서 分類할 수 있으며 自力式, 電氣式, 電子式, 空氣式 및 組合式이 있다.

#### (1) 自力式

自力式이란 制御量의 變化에 따른 偏差에 대한 訂正動作을 시키기 위한 에너지를 그 자신의 裝置로부터 얻는 것을 말한다. 예를 들면, 그림 3과 같이 感溫筒(9)에서 검출된 被冷却 流體의 溫度는 感溫筒內에 封入된 氣體의 溫度에 따른 體積의 膨脹 및 收縮作用을 케필러리

튜브(6)을 통하여 벨로우즈(5)로 전달되도록 하고 이 벨로우즈의 變位를 이용하여 冷却코일로 들어가는 冷却流體의 流量을 自力으로 조절하게 한 것으로서 이때 目標値의 설정은 스프링(3)의 세기를 調節하므로써 행할 수 있다.

#### (2) 電氣式

電氣式은 感溫筒內에 封入된 氣體의 體積膨脹을 이용한 벨로우즈의 變位를 이용하여 스위치를 開閉하거나, 電位差計(Potentiometer)와 이퍼를 움직이기도 하는 것으로 또는 熱傳帶, 電氣裝置에 의해서 電壓 또는 電流의 變化로 변환시켜 릴레이의 코일을 움직이기도 하고 그것과 연동으로 스위치를 開閉하는 등의 방법으로 電氣的 信號를 주는 것이다. 구조가 간단하여 冷凍機의 自動制御에 널리 사용된다.

#### (3) 電子式

電子式은 制御量을 熱傳帶, 電氣抵抗 등으로 電壓 또는 電流로 變換시키고 電位差計, 브리지 등을 이용하여 目標値와 비교하고 그 偏差만큼 不平衡 電壓 또는 電流로 나타나기 때문에 그것을 電子式 增幅機로 增幅하여 電動機 등을 動作시킨다. 특히 이 방식은 大形 冷蔵倉庫 시스템의 中央式 制御裝置로서 주로 活用되고 있으며 最近에는 冷媒의 流量을 制御하는 膨脹밸브에도 이 電磁밸브가 적용되고 있다.

#### (4) 空氣式, 組合式

空氣式은 冷凍機의 自動制御에 사용하는 예가 극히 드물며 특히 폭발의 危險이 있는 化學裝置系統의 冷却 시스템 이외에는 거의 使用例가 없으므로 여기서는 省略한다.

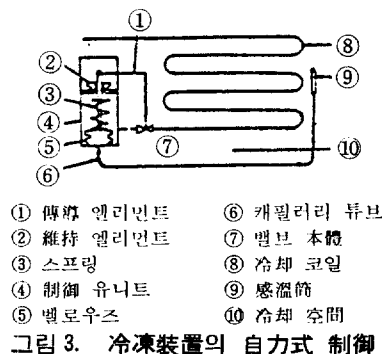


그림 3. 冷凍裝置의 自力式 制御

예를 그림 5에 나타냈다.

### 2) 比例制御(Proportional)

간단히 P動作이라고 말하며 偏差에 比例하는 操作信號를 내는 것으로서 負荷變動에 따라 冷媒 또는 브라인의 流量을 比例적으로 조절하는 方法으로 活用되며 그림 6에 自力式에 의한 比例制御를 나타냈다.

### 3) 積分制御(Integral)

比例制御만으로는 어떤 일정한 크기 이상의 外部負荷의 影響을 계속받는 경우 그 目標値의 값으로 制御量을 變化시킬 수 없기 때문에 目標値보다 낮거나 높게 連續적으로 유지되는 현상을 오프셋(Off-Set)이라 말한다. 이런 경우 調節部の 調節機構에 積分要素를 넣어주므로 오프셋을 없앨 수 있다. 그림 7에 積分制御方式을 이용한 冷媒 또는 브라인의 流量을 調節하는 方法을 나타냈다.

### 4) 微分制御(Differential)

偏差가 급격히 變化하는 外部負荷가 있을 때 制御應答을 빨리하기 위해서 偏差增加速度에 比例하는 訂正動作을 가하여 주면 效果적이다. 즉, 外部負荷를 미리 豫測하여 冷却裝置에 들어가는 冷却流體의 量을 負荷變動에 따라 많게 혹은 적게 조절해주는 機能을 말한다. 그 예를 그림 8에 나타냈다.

이상과 같이 訂正動作에 따른 制御方式의 分類를 주로 많이 쓰이는 4가지 方式을 소개하였다.

## 1.4 自動制御 裝置의 應答 特性

冷凍裝置에 사용된 自動制御裝置는 制御量을 검출하는 檢出要素로 어떤 種類의 것을 사용하느냐에 따라서 실제 制御量과 檢出値의 偏差의 크기가 결정될 수 있으며 이렇게 檢出된 信號는 調節部로 보내져 比較機構에 의하여 目標値와의 偏差를 確認하게 되며 이 確認裝置의 種類에 따라서 正確한 訂正信號를 내기까지의 時間의 크기가 결정된다. 이와 같은 過程을 거친 訂正動作信號가 操作端에 보내져서 冷却流體의 流量을 變化시키며 그 結果가 檢出端에서 감지되어 出力으로 나타날 때까지는 時間의 遲延이 있기 마련이다. 이러한 時間의

遲延은 데드타임(Dead Time)이라 말하고, 2 位置動作 溫度스위치를 動作시킬 때까지 걸리는 信號를 데드존(Dead Zone)이라 말한다. 이외에도 入力에 出力値의 遲延이 있으며 이것은 相의 遲延(Phase Delay)이라고 말한다. 그러므로 精密한 制御精度를 요구하는 冷凍裝置의 自動制御를 設計할 때에는 각 要素別 部品の 制御特性에 세심한 주의를 기울여야 한다.

## 2. 冷媒의 制御

冷媒의 制御裝置를 選定하기 위해서는 우선 冷凍機의 冷却 시스템에 따라서 分類되어야 한다. 즉, 乾式 蒸發器 혹은 滿液式 蒸發器인가에 따라서 冷媒 循環量의 制御方法이 결정된다. 그러므로 冷媒 循環量의 制御裝置 중에서 가장 중요한 것이 膨脹밸브이며 適用 蒸發器에 따라서 사용되는 膨脹밸브는 다음과 같이 分類할 수 있다.

### 2.1 乾式 蒸發器用 冷媒의 調節裝置

#### (1) 定壓 自動 膨脹밸브

이 膨脹밸브는 그 構造가 그림 9에 나타난 것과 같이 다이어프램 윗 部分에는 밸브가 열리는 方向으로 스프링의 힘  $P_1$  이 걸리고 다이어프램 아랫 部分에서는 밸브가 닫히도록 하는 힘인 蒸發壓力  $P_2$  및 스프링의 힘  $P_3$  가 작용하여 平衡을 유지하도록 되어 있다. 즉,

$$P_1 - P_2 - P_3 = 0$$

지금 蒸發器에 걸리는 熱負荷가 증가하면 蒸發器內의 壓力은 상승하여  $P_1 - P_3 = P_2$  條件以上으로 되면 밸브는 닫히게 되며, 또한 熱負荷가 감소되므로서 蒸發壓力이 떨어지면 밸브는 열려서 冷媒流量을 증가시켜 蒸發壓力을 높인다. 이와 같이 負荷의 增減에 관계없이 蒸發器內의 壓力을 일정하게 유지하도록 되어 있기 때문에 冷媒가 많이 必要할 때 즉, 2次側 壓力이 높을 때에는 冷媒 流量이 감소하고 반대로 2次側이 낮아질 때에는 必要以上の 많은 冷媒가 공급되어 리퀴드 백(Liquid Back)이 일어날 危險이 있다. 그러므로 定壓 膨脹밸브는 冷却負荷가 거의 일정한 裝置에만 사

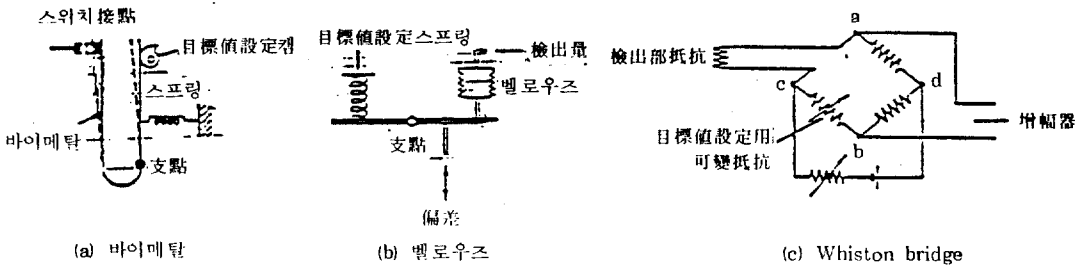
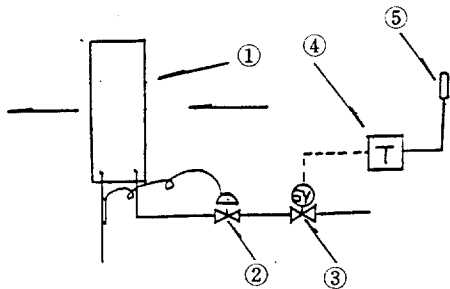


그림 4. 比較 機構



- ① 冷却 코일
- ② 膨脹밸브
- ③ 電磁밸브
- ④ 溫度 스위치
- ⑤ 感溫筒

그림 5. 2 位置 制御

以上은 調節部 중 調節方式을 分類하여 설명하였으나 目標値와 制御量 사이의 偏差를 比較하는 比較機構가 필요하며 대부분 그림 4에 나타낸 (a), (b), (c) 세가지가 사용되고 있다.

그 밖에 調節機構는 偏差信號에 따른 訂正動作을 하도록 操作信號를 만들어주는 部分으로서 訂正動作의 種類는 다음과 같은 것이 있다. 2位置動作, 多位置動作, 單速度動作, 多速度動作, 比例位置動作, 積分動作, 比例+積分動作, 比例+微分動作, 比例+積分動作 등의 많은 種類가 있지만 여기서는 冷媒에 주로 많이 쓰이는 代表的인 것만 간단히 소개한다.

(5) 種 類

1) 2位置制御(ON-OFF制御)

이것은 ON-OFF制御라고 말하며 偏差의 正負에 따라서 操作部를 完全히 열거나 닫기만 하기 때문에 中間位置는 없다. 冷凍機의 制御用으로는 주로 壓力스위치 또는 溫度 스위치類가 이에 속하며 壓縮機 또는 液管用 電磁밸브를 開閉시키므로써 制御를 하고 있다. 그

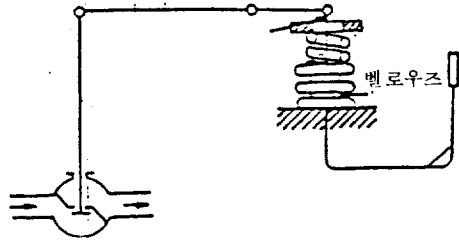


그림 6. 比例制御 調節밸브

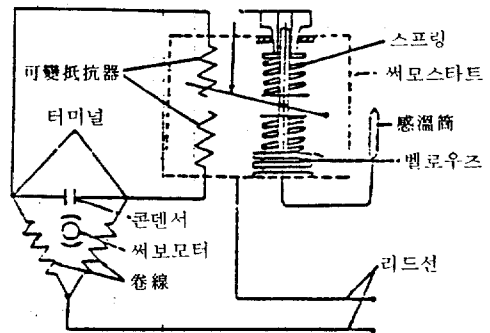


그림 7. 積分要素가 있는 溫度 調節機構를 이용한 制御方式의 例

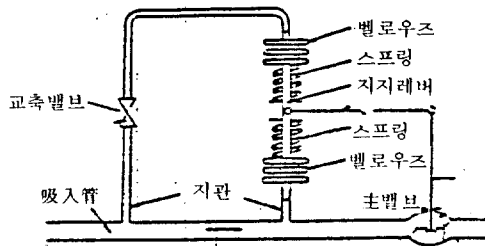


그림 8. 微分制御 冷却裝置

용하는 것이 바람직하다.

定壓 膨脹밸브는 製作 메이커에 따라서 벨로우즈型과 다이어프램型이 있으며 자세한 事項은 메이커의 容量表를 參考하십시오.

(2) 溫度式 自動 膨脹밸브

乾式 蒸發器用으로 대표적인 膨脹밸브로서 蒸發器內로 들어간 液冷媒는 完全히 飽和蒸氣가 되어서 壓縮機로 吸入되어야만 하기 때문에 吸入蒸氣의 狀態를 감지하여 그 過熱度를 適正하게 유지할 수 있도록 하는 것이 溫度自動 膨脹밸브이다. 그림 10은 溫度式 自動膨脹밸브의 感溫制御의 原理를 나타낸 것으로서

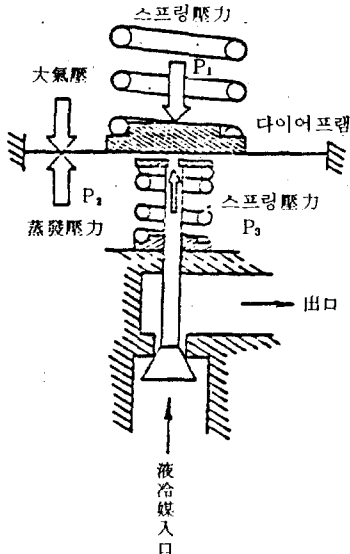


그림 9. 定壓 膨脹밸브의 動作原理

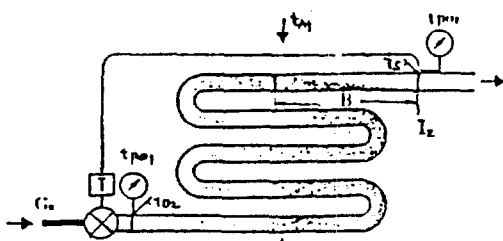
그림 중 B의 範圍는 過熱度를 나타내고 蒸發器의 負荷에 따라 이동되는 冷媒의 불안정대의  $T_s$ 를 感溫筒이 감지하고 B 範圍에 있는 불안정한 液가스가 壓縮機로 吸入되지 않도록 하면서 蒸發器의 傳熱面積을 최대한도로 有效하게 活用하도록 움직이게 하는 役割을 갖고 있다. 이렇게 하기 위해서는 B의 範圍에서의 過熱度는 최소의 信號로 安定的인 MSS(Minimum Stable Signal)가 얻어지도록 하는 것이 溫度自動 膨脹밸브의 필수조건이다. 실제로 冷却負荷와 蒸發器의 能力이 꼭 맞도록 되어 있다면 負荷變動에 대하여도 그 容量 및 時間에 맞추어질 수도 있겠지만 蒸發器에서의 冷媒의 蒸發過程, 膨脹밸브의 機械的 構造 壓縮機의 容量制御 등 여러가지 一致되지 않는 要素가 있어서 完全하게 만드는 것은 어렵다. 그러므로 溫度式 自動 膨脹밸브는 다음의 條件을 만족하는 것이 바람직하다.

1) 溫度式 自動 膨脹밸브의 使用範圍

現在 우리나라에서는 自動 膨脹밸브는 全量收入에 依存하고 있는 실정이며 그 溫度式 自動 膨脹밸브의 適用範圍는 대략 R12用으로 0.3~220 USRT 범위까지 적용되며 R-22用으로는 0.5~350 USRT까지 生産되고 있다. 그 以上の 範圍에서는 各 冷凍機 製作 메이커 別로 電子式 調節器를 活用한 電動式 膨脹밸브를 사용하거나 電子式 膨脹밸브를 適用하기도 한다.

2) 溫度式 自動 膨脹밸브의 原理

溫度式 自動 膨脹밸브는 壓力을 받는 部分



- a. 感溫 應答 速度가 빠른 것
- b. 比例動作 範圍가 넓은 것
- c. 機械的 安定性이 높은 것
- d. 使用溫度 範圍가 넓은 것
- e. 過熱度가 使用溫度 範圍內에서 거의 일정할 것

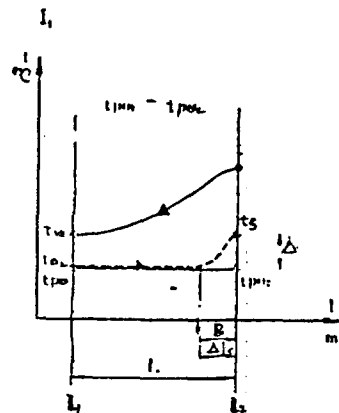


그림 10. 溫度 自動 膨脹밸브의 溫度信號

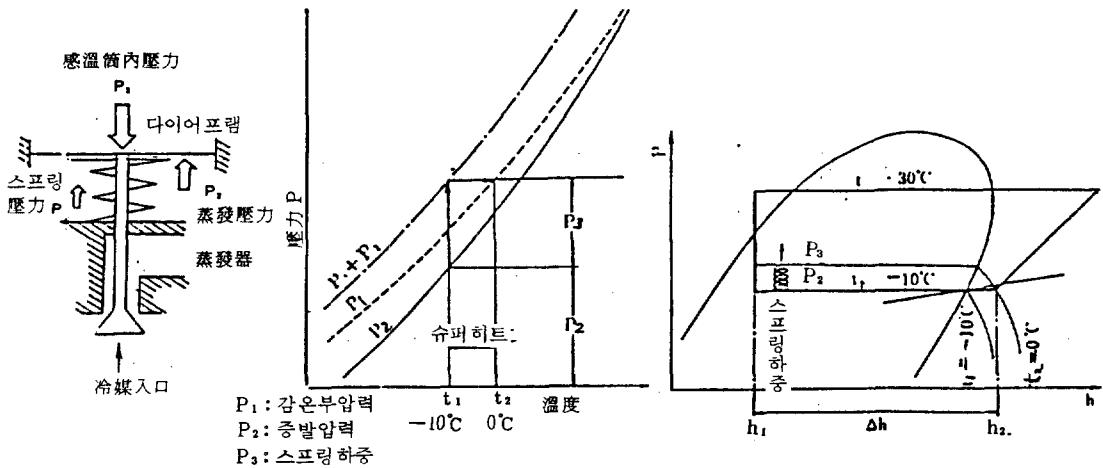


그림 11. 溫度式 自動 膨脹밸브의 過熱도와 壓力關係

의 形式에 따라 分類하면 다음 두가지로 나타 낼 수 있다.

- a) 다이아프램型
- b) 벨로우즈型

最近에는 높은 壓力에 견딜 수 있는 다이아 프램型의 것이 히트 펌프로 많이 사용되고 있다. 冷凍 시스템內에 사용되는 冷媒와 똑같은 種類의 가스를 封入한 感溫筒을 蒸發器 出口에 取付하여 코일의 表面溫度를 감지 하며 感溫筒內의 壓力은 이에 상당하는 飽和 壓力으로 된다. 이 壓力은 모세관을 통하여 密閉된 다이아프램, 또는 벨로우즈의 한쪽편에 걸리게 되므로서 밸브를 열리게 作用하게 하고 반대쪽에는 蒸發器 內部 가스의 壓力을 直接 받게 되므로서 밸브를 닫히게 하는 方向의 힘을 받도록 한다.

이와 같은 壓力差에 의해서 다이아프램, 벨로우즈는 움직이게 되며 感溫筒內의 壓力의 變化에 따른 壓力差가 증가하게 되면 밸브는 열리며, 壓力差가 減少하게 되면 밸브는 닫히게 되어 그 밸브를 통과하는 冷媒의 量을 조절하게 된다.

일반적으로 膨脹밸브의 內部에는 感溫筒의 가스壓力에 대하여 밸브를 닫히는 方向으로 動作시키는 스프링이 달려있어 항상 일정 壓力差를 유지하도록 밸브의 열림을 調節하므로 蒸發器 出口의 冷媒가스의 過熱도를 일정 範圍內로 制御하는 役割을 한다. 이러한 힘의 관

계를 그림 11에 나타냈다.

윗 그림에서 蒸發溫度  $t_1$ 에서 안정되어 있다면 밸브는 일정한 開도가 유지된다. 따라서 이것은 다이아프램의 상하부의 힘이 平衡을 유지하는  $P_2 + P_3 = P_1$ 의 狀態로 된다.  $P_1$ 은 感溫部 內部的 壓力으로 過熱도에 상당하는 것이다. 이 過熱도의 溫度는 膨脹밸브에서 설정되기 때문에 이 溫度以下에서는 밸브는 닫히고 그 以上の 溫度로 되면 열리기 시작하여 100%에 도달하게 된다. 이렇게 밸브가 닫혀 있는 狀態에서 열리기 시작할 때까지 요하는 過熱도를 밸브에 설정된 過熱도를 停止過熱度 (Static Superheat)라고 하고 밸브가 열리기 시작해서 規定된 開도인 100%에 도달할 때까지의 과열도를 過熱度變化 (Opening Superheat)라고 부르며, 이 두가지의 합을 動作過熱度 (Operating Superheat)라고 말한다. 일반적으로 膨脹밸브의 過熱도는 停止過熱度이며 실제로는 蒸發器의 표면적을 有效하게 이용할 수 있는지의 여부는 바로 이것에 의한다.

冷凍機의 冷却負荷는 空氣, 물, 브라인이 대상으로 되지만 負荷의 種類에 따라서 負荷의 溫度와 蒸發溫度와의 차이가 생긴다. 이 溫度差는 負荷와 冷凍機의 能力에 따라서 결정되며 특히 連續運轉 중 최소 負荷에서도 效果的으로 安全하게 運轉되도록 해야하며 이를 위해서 感溫筒의 溫度는 基本的으로 蒸發器 入口 負荷溫度보다는 낮고, 최저기본 蒸發溫度

보다는 높아야 된다. 또한 過熱度는 (負荷溫度-蒸發溫度) 이내로 하는 것이 바람직하다.

3) 內部均壓型 및 外部均壓型 膨脹밸브

그림 12에는 內部均壓型 및 外部均壓型 膨脹밸브의 다이어그램을 차례로 나타냈다. 위 그림은 內部均壓型으로 感溫筒의 충전된 매체의 壓力  $P_b$ 와 蒸發器의 蒸發溫度에 의해서 결정되는 힘이 膨脹밸브의 토출側에서 다이어프램의 下部로 直接 연결된 힘인 蒸發壓力  $P_0$  그리고 다이어프램 下部의 힘으로 作用하도록 手動으로 조절하는 스프링의 壓力  $P_s$ 의 밸런스로서 動作하는 것으로서 그림의 예에 나타난 것은 蒸發器內에서의 壓力強도가  $-15-(-20)=5^{\circ}\text{C}$ 인 경우이고 手動으로 調節된 밸브의 스프링의 壓力  $P_s$ 는  $4^{\circ}\text{C}$ 에 맞추어 놓았다. 즉, 다이어프램의 상하에 作用하는 힘은 平衡을 이루기 위해서  $P_b = P_0 + P_s \sim -15 + 4 = -11^{\circ}\text{C}$ 로 된다. 즉, 이것은 膨脹밸브가 열리기 시작하기 전의 過熱도가  $-11-(-20)=9^{\circ}\text{C}$ 가 됨을 의미한다. 以上の 경우는 蒸發器 內部의 壓力降下가 작은 때이며 실제로는 膨脹밸브 出口와 蒸發器 出口 사이에 壓力降下  $\Delta P$ 가 많은 작든 存在한다. 때문에 정상 작동을 위한 다이어프램 상하간에 걸리는 壓力 밸런스,  $P_b = P_0 + P_s$ 는 얻어지지 않고  $P_b < P_0 + P_s + \Delta P$ 로 되어 결과적으로  $P_s + \Delta P$ 분 만큼의 過熱度로 된다. 이 때문에 적절한 過熱度는 설정치보다 크게 되어 蒸發器의 표면적을 有效하게 이용할 수 없게 되며 冷却能力이 低下된다. 이와 같은 蒸發器側의 壓力損失의 影響을 溫度式 膨脹밸브의 內部壓力 關係에 주지 않도록 하기 위해서 다이어프램의 아래쪽을 閉鎖하고 蒸發器의 出口壓力를 연결한 것이 外部均壓型이다. 일반적으로 蒸發器內의 壓力損失이 表 1에 나타난 것 以上을 초월할 때는 外部均壓型을 사용해야 한다.

그림 12중에서 아래에 나타난 다이어프램이 外部均壓型 膨脹밸브의 原理를 나타낸 것으로 위에 表示한 內部均壓型과 똑 같은 蒸發器를 사용하되 感溫筒 이후의 吸入配管에 膨脹밸브의 外部均壓管을 연결한 경우이다. 이 밸브의 開閉는 感溫筒의 溫度에 의해서 결정

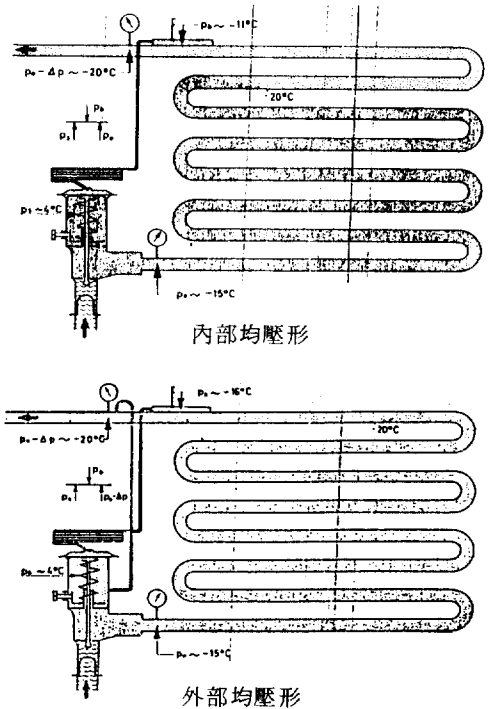


그림 12. 內部均壓形과 外部均壓形 膨脹밸브의 原理

表 1. 溫度式 自動 膨脹밸브의 選定 例 (內部均壓形 사용의 蒸發器 最大 壓力降下 限度)

蒸發溫度 $t_e (^{\circ}\text{C})$	R12 $\Delta P(\text{kgf/cm}^2)$	R22 $\Delta P(\text{kgf/cm}^2)$	R502 $\Delta P(\text{kgf/cm}^2)$
+10	0.20	0.25	0.30
-0	0.15	0.20	0.25
-10	0.10	0.15	0.20
-20	0.07	0.10	0.15
-30	0.05	0.07	0.10
-40	0.03	0.05	0.07
-50		0.03	0.05
-60		0.02	0.04

(內部均壓型 사용의 蒸發器 最大 壓力降下 限度)

되는 感溫筒의 壓力  $P_b$ 가 캐필러리 튜브에 의해서 다이어프램의 상부로 作用하도록 연결된 힘과 蒸發壓力와 蒸發器內의 壓力強도  $\Delta P$ 에 의해서 결정되는 壓力  $P_0 - \Delta P$ 가 다이어프램 하부로 作用하는 힘, 그리고 手動으로

조절되는 다이어프램 하부에 작용하는 힘  $P_s$  와의 상호 밸런스에 따라서 동작하게 된다.

上記의 狀態에서 설명하였듯이 蒸發器內의 壓力降下  $\Delta P$ 는  $5^\circ\text{C}$ 이며 밸브內의 스프링 설정壓力  $P_s = 4^\circ\text{C}$ 이므로 平衡操作에 따라서  $P_b = P_0 - \Delta P + P_s \sim -15 - 5 + 4 = -16^\circ\text{C}$ . 그러므로 현재 이 冷媒의 過熱度는  $-16 - (-20) = 4^\circ\text{C}$ 로서 이 값은 밸브가 열리기 시작하기 전의 過熱度가 된다.

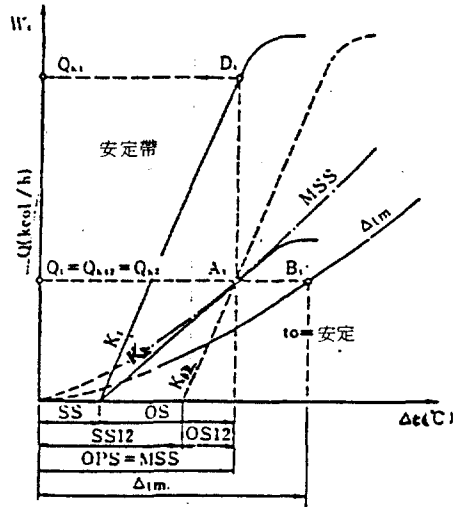
그러므로 蒸發器內의 過熱度를 더 줄이므로서 蒸發器의 有效傳熱面積을 크게 해준 結果가 되었으며 結果의 結果로 冷却容量이 약간 증가되었음을 알 수 있다.

4) 溫度式 自動 膨脹밸브의 調整

溫度式 自動 膨脹밸브의 調整이 중요한 것은 膨脹밸브와 蒸發器가 조화가 잘 이루어지게 하는 것이다. 그러나 過熱度만으로는 꼭 맞도록 하지 못하는 경우가 있어서 안정은 되었지만 예상한 冷却能力을 내지 못하는 것이 있다. 그림 13은 이 관계를 나타낸 것으로서, 소정의 蒸發器 容量과 最小 安定 信號의 MSS 曲線으로 하고 溫度 自動 膨脹밸브의 容量特性을  $K_1$ , 熱負荷의 變化를  $\Delta t_m$ 으로 한다. 이 경우의 冷凍負荷  $B_1$ 에서 膨脹밸브  $K_1$ 의 停止 過熱度(Static Superheat) SS를 調整하여  $K_{12}$ 의  $SS_{12}$ 의 位置까지 過熱度를 증가시키지 않으면 불안정대로 들어가 현탕 현상이 일어난다. 따라서 이 容量의 膨脹밸브에는 過熱度를  $SS_{12}$ 로 하지 않으면 안된다. 그러나  $K_1$ 의 膨脹밸브는 1/3정도의 容量으로 맞추어져 安定이 되지만 膨脹밸브의 수명에 의해서도 裝置의 效率로 봐서도 過熱度가 큰 것이 適當하다고 말할 수 없다. 따라서 이와 같은 경우에는  $K_2$ 의 容量이 작은 쪽으로 교환하는 쪽이 좋은 結果를 얻게 될 것이다.

5) 感溫筒의 가스 封入方式

溫度式 膨脹밸브의 가장 중요한 부분인 感溫筒의 特性을 變化시키므로서 冷凍裝置의 自動運轉을 最適性能으로 할 수 있다. 感溫筒內의 충전제의 성질과, 封入 氣量 및 種類에 따라서 特性이 틀려지지만 대표적인 封入方式은 다음과 같은 3가지가 있다.



- MSS 蒸發器의 最小安定 信號曲線
- $K_1$  容量이 큰 膨脹밸브의 能力曲線
- $K_{12}$   $K_1$ 의 슈퍼히트를 크게 한 것
- $K_2$  容量이 작은 膨脹밸브의 能力曲線
- $\Delta t_m$  蒸發器의 對數平均溫度差
- $t_0$  蒸發溫度
- SS 停止過熱度
- OS 오프닝 過熱度
- OPS 動的過熱度

그림 13. 溫度式 自動 膨脹밸브의 調整

(a) 液體 封入方式

이것은 밸브本體의 溫度에 관계없이 항상 感溫部에 液이 남아 있도록 충분한 液을 封入한 것이다. 그러나 應答速度가 약간 느리고 感溫部가 高溫이 되는 경우 內部壓力이 너무 높아 질 危險이 있다. 特性은 동일한 冷媒를 사용하는 경우에 가스 封入方式과 똑 같다.

(b) 가스 封入方式

이 方式은 冷凍裝置에 사용한 冷媒와 똑 같은 飽和 氣를 封入하기 때문에 그 충진량은 사용溫度에 따라서 전부 液에서 氣로 蒸發 되도록 결정되어 있다. 이 封入方式은 應答速度가 比較적 빠르고 一定壓力 이상으로 올라 가지 않는 內壓으로 되기 때문에 너무 높은 溫度에서는 밸브를 닫아 주므로서 壓力制限 機能으로도 사용된다. 즉, MOP(Maximum Operating Pressure)가 취부된 것이다. 이 封入方式의 것은 同一冷媒의 충전으로 並列封入된 것이기 때문에 低溫部에서의 過熱度가 커



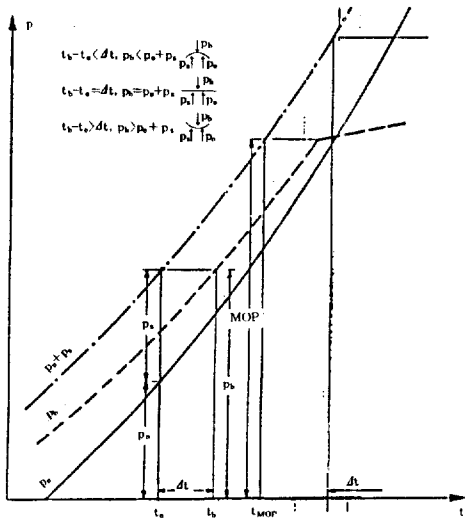
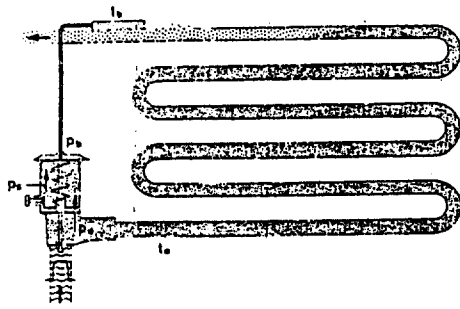


그림 14. MOP 封入 溫度式 膨脹밸브

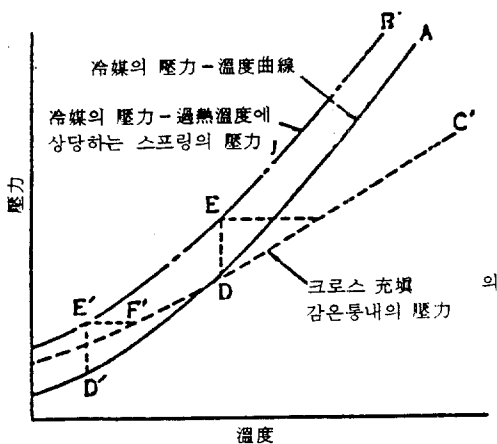


그림 15. Cross Charge形 特性 다이어그램

지게 되는 결점이 있다. 또한 밸브 本體는 感溫部보다 반드시 高溫側으로 되지 않으면 안 된다. MOP 封入溫度式 膨脹밸브의 예를 그림 14에 나타냈다. 이 壓力 制限밸브는 낮은 蒸發溫度에서만 열리기 시작할 뿐이며 蒸氣壓力 曲線  $P_b$ 의 範圍에서만 적용되도록 충전되어 있다. 즉, 停止過熱度(SS)가 T MOP 보다도 높은 蒸發溫度에서는 실제로 밸브에 잠기도록 되어 있음을 의미한다. 따라서 壓縮機의 吸入 壓力를 충분히 낮추어 주므로서 電動機의 過 負荷를 방지해 주도록 하는 機能을 갖고 있다.

(c) 交差 入型(Cross Charge 方式)

이것은 使用冷媒의 特性曲線과 교차하는 特性을 갖도록 하기 위하여 2種 以上의 가스를 混合하여 封入한 것이기 때문에 使用冷媒의 교차도를 여러가지로 變化시킬 수 있다. 예를 들면 高溫度 領域에서는 過熱도를 크게 하고 低溫度 領域에서는 過熱도를 적게 한다든가, 또는 全溫度 範圍에서 均一한 過熱도를 갖게 할 수도 있으며 가스 封入方式의 中間特性을 갖고 있어 어떠한 冷凍裝置에도 適用할 수 있기 때문에 현재 가장 널리 사용되고 있는 방식이다.

6) 溫度式 膨脹밸브의 構造

構造는 다음과 같은 主要 部分으로 되어 있다.

(a) 感溫部와 導壓部 및 動力部

이 部分은 感溫筒과 캐필러리 튜브로서 다이어프램 또는 벨로우즈에 의한 動力 部分이다. 感溫部는 應答速度가 빠르게 되도록 熱傳導 特性이 좋은 銅, 黃銅을 사용하고 캐필러리 튜브는 感溫部의 壓力를 動力部에 正確히 傳達하는 것이기 때문에 사용상 유연하고 強度가 높은 것이 필요하다. 일반적으로 外徑 2~3mm, 內徑 0.8~1.2mm 정도의 동관이 사용된다. 動力部는 다이어프램型에는 0.1~0.4mm 정도의 특수 스테인레스판으로 均一한 두께와 均一한 硬度의 강한 것이 要求된다. 벨로우즈型은 인칭동 또는 스테인레스 박판으로서 만든다.

(b) 밸브部(오리피스 어셈블리)

이것은 오리피스와 니들(Needle), 볼(Ball)

또는 콘(Corn) 등으로 구성되며 開閉 및 冷媒의 통과로 인한 마모와 케비테이션에 의한 부식에 견딜 수 있는 剛性이 높은 金屬이 사용된다. 오리피스의 開閉은 니들, 볼 등의 홀더를 푸쉬 핀으로 눌러서 動作시키는 것과 콘 자체가 핀과 直列하여 움직이는 것이 있다.

(c) 過熱度 調節部

다이아프램 또는 벨로우즈 動力部の 耐壓에 均衡을 맞추는 蒸發壓力에 대하여 일정한 過熱도를 주기 때문에 스프링과 그 세기를 조절하기 위한 나사로 되어 있다. 소형의 것은 스프링의 자유 길이를 나사로 회전시켜 伸縮을 시킨다. 중형 이상의 것에는 기어에 의한 減比機構를 이용하여 스프링 壓力을 變更할 수 있도록 되어 있다. 따라서 1회전당 過熱度の 變化率이 저절로 달라지기 때문에 주의해야 한다.

(d) 배관 접속부

液入口 및 出口 접속부의 크기는 그 溫度式 自動 膨脹밸브의 최대 용량을 충분히 만족할 수 있는 크기로 한다. 接續方法은 후레어 넷트, 용접접속 또는 용접 프렌지형이 있으며 밸브의 형식에 따라서 앵글형, 스트레이트형이 있다. 또한 소형의 것에는 入口 接續口속에 스트레이너가 있고 大型은 별도로 취부하도록 되어 있다. 外部 均壓側에는 보통 1/4"

정도의 接續口가 있으며 이것은 연결하지 않으면 正確히 動作하지 않는다. 그림 16~21은 대표적인 溫度式 膨脹밸브의 構造를 나타냈다.

(2) 冷媒用 디스트리뷰터

膨脹밸브를 지나온 液冷媒를 蒸發器의 여러 회로로 나누어진 코일 内部로 冷媒를 均等하게 분배시키는 것이 디스트리뷰터이다. 후래온계 冷媒用으로 주로 2분할된 정도의 것을 製作 使用한다. 그 種類로서는 壓力降下型과 多孔型, 遠心型 등이 있지만 現在 一般的으로 사용되는 것은 壓力降下型에 속해 있는 벤투리型和 오리피스型이 주종을 이루고 있다.

(a) 低壓力 降下型(벤투리型)

벤투리의 原理를 基本으로 한 것으로 그림 22에 나타난 것과 같다. 그림 중 A部分에서 冷媒의 흐름을 집중시키고 B에서 유속을 감

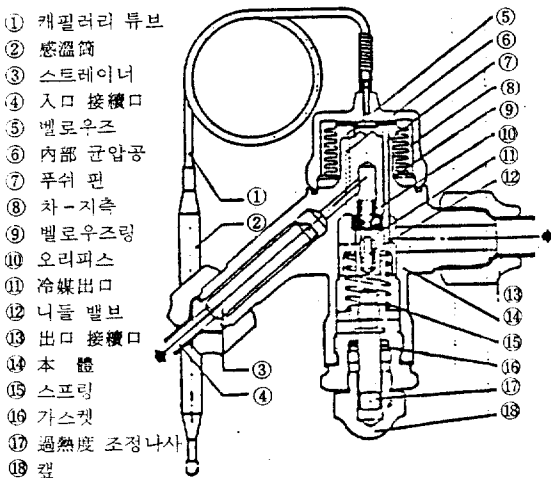


그림 16. 벨로우즈식 溫度 自動 膨脹밸브

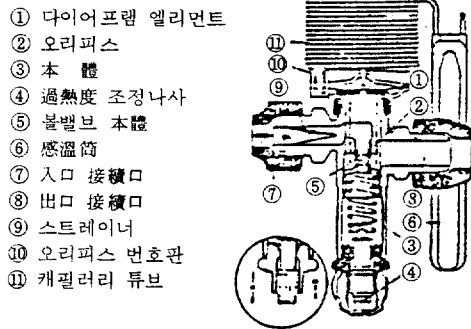


그림 17. 다이아프램형 溫度 自動 膨脹밸브

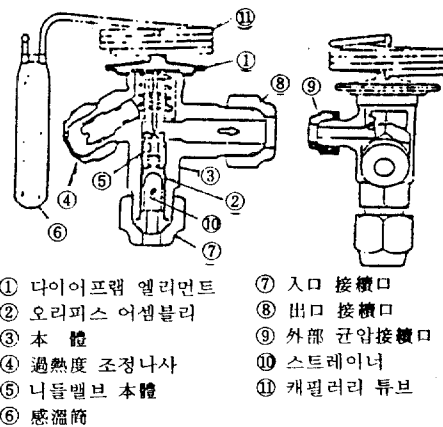
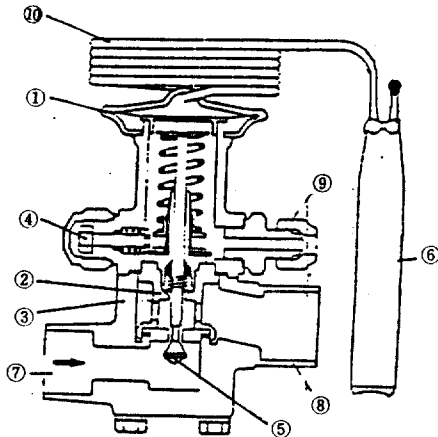


그림 18. 오리피스 교환가능형 溫度 自動 膨脹 밸브

소시키며 C의 壓力 에너지로의 變換部分에서 均等分類시킨다. 이와 같이 하여 난류를 막고 큰 壓力損失없이 圓滑한 送液을 할 수 있게 된다.

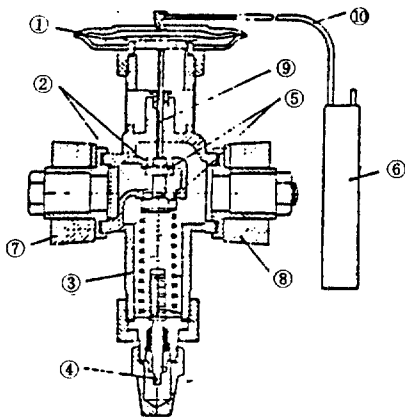
(b) 高壓力 降下型(오리피스型)

이 方式은 內部에 오리피스를 設置하고 이



- ① 다이어프램 엘리먼트
- ② 오리피스
- ③ 本體
- ④ 過熱度 調整나사
- ⑤ 콘型 本體
- ⑥ 感溫筒
- ⑦ 入口 接續口
- ⑧ 出口 接續口
- ⑨ 外部 均壓管
- ⑩ 캐필러리 튜브

그림 19. 本體 分離形 溫度 自動 膨脹밸브



- ① 다이어프램 엘리먼트
- ② 오리피스
- ③ 本體
- ④ 過熱度 調整나사
- ⑤ 밸브 플레이트
- ⑥ 感溫筒
- ⑦ 入口 후렌지
- ⑧ 出口 후렌지
- ⑨ 스프링
- ⑩ 캐필러리 튜브

그림 20. 더블 오리피스 (Double Orifice) 形 溫度 自動 膨脹밸브

것이 흐름을 집중시키는 곳이 되며 壓力降下에 의한 난류를 일으켜서 각 구멍의 分類量을 均等히 한다. 그림 23에 이 관계를 나타냈다. 容量의 變更은 오리피스의 口徑을 變化시켜 사용한다.

(c) 多孔型

이 方式은 膨脹밸브 本體와 일체로 되어 있으며 膨脹밸브의 오리피스가 디스트리뷰터의 오리피스도 兼하게 되어 있으며 原理는 壓力降下型에 가깝다(그림 24 參照).

(d) 디스트리뷰터 튜브의 選定

디스트리뷰터가 幾何學的으로 만족할 만한 構造를 갖고 있다면 크기의 選定은 크게 문제 되지 않기 때문에 메이커의 카다로그에 따라서 選定하는 것이 좋다. 그러나, 壓力降下를 0.5 kg/cm<sup>2</sup>로 抑制하고 싶다면, 低溫

- ① 다이어프램 엘리먼트
- ② 오리피스
- ③ 本體
- ④ 過熱度 調整나사
- ⑤ 外部 均壓管
- ⑥ 感溫部
- ⑦ 入口 接續口
- ⑧ 出口 接續口
- ⑨ 스트레이너
- ⑩ 캐필러리 튜브
- ⑪ 오리피스 변호판

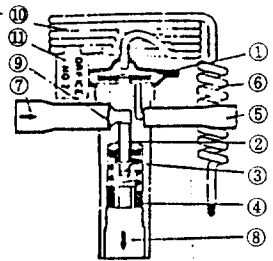


그림 21. 過熱度 고정形 溫度 自動 膨脹밸브

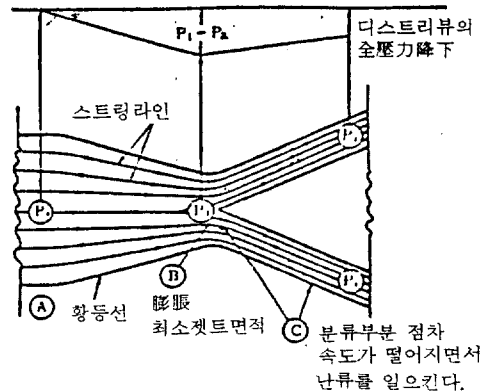


그림 22. 벤츄리形 디스트리뷰터의 흐름

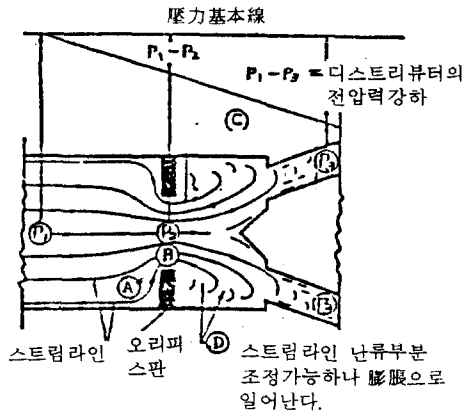


그림 23. 高壓力 降下形 디스트리뷰터의 흐름

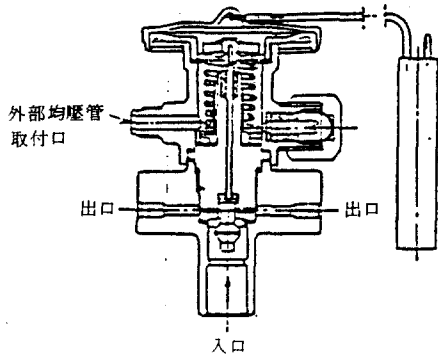


그림 24. 다공식 디스트리뷰터 (膨脹밸브 직結)

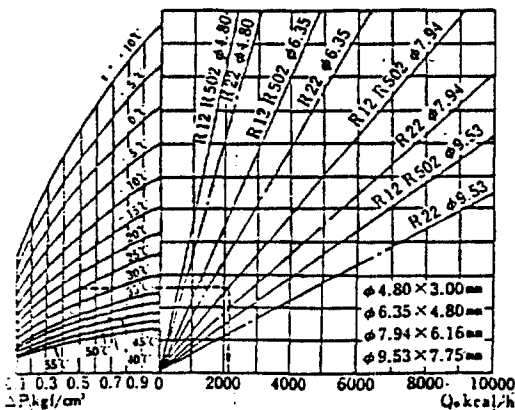


그림 25. R12, R22, R502 用の 디스트리뷰터 1M 당의 容量 (kcal/hr)

用으로 壓力損失을 크게 하고 싶은 경우에는 디스트리뷰터 튜우브의 選定이 대단히 중요하게 된다. 당연히 디스트리뷰터의 設置는

重力偏差에 따른 分類 不均等を 피하기 위해서 垂直方向(下向 또는 上向)으로 取付해야 한다. 또한, 디스트리뷰터 튜우브는 液 트랩을 피하는 均等한 길이를 유지하도록 해야 한다. 그림 25 및 表 2는 디스트리뷰터 튜우브 1m 당의 각 冷媒의 容量을 나타낸 것이다. 또한 길이가 0.5~1.5m의 範圍에 있으면 容量은 壓力降下值에 定比例한다.

(4) 캐필러리 튜우브

冷媒 流量制御用으로서 溫度式 膨脹밸브 대신에 負荷條件이 一定한 規格製品의 量産에 주로 많이 사용된다. 短點으로는 넓은 流量調節範圍를 감당할 수 없는 制限이 있다. 動作原理는 凝縮器 液出口와 蒸發器 入口 사이에 직경이 작은 캐필러리 튜우브를 設置하여 그 튜우브內의 摩擦抵抗을 이용하여 減壓시키는 방식이며 튜우브의 길이와 壓力差, 直徑에 의해서 그 크기를 결정한다. 그림 26은 R12 및 R22 用 캐필러리 튜우브의 容量別 內徑과 길이를 나타낸 選定用 그래프이다. 이 表를 이용하여 그 크기가 選定되었다더라도 실제 適用時에 實驗을 하지 않으면 失敗하기 쉽다.

(5) 電子式 膨脹밸브

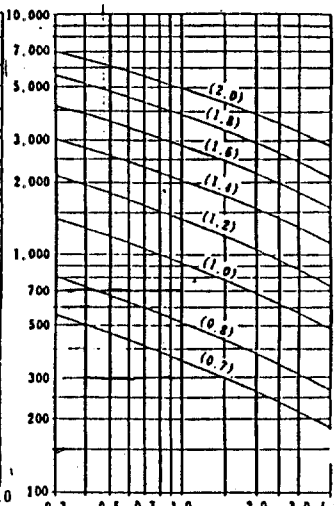
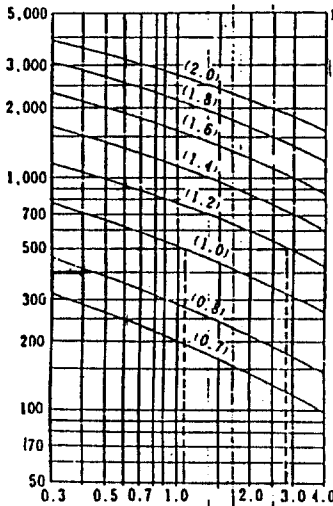
電子式 膨脹밸브는 乾式蒸發器의 冷媒流量의 制御를 電子式 制御裝置에 의해서 조절하

表 2. 壓力降下 0.5 kg/cm<sup>2</sup> 기준시 디스트리뷰터 튜우브(1M)의 容量

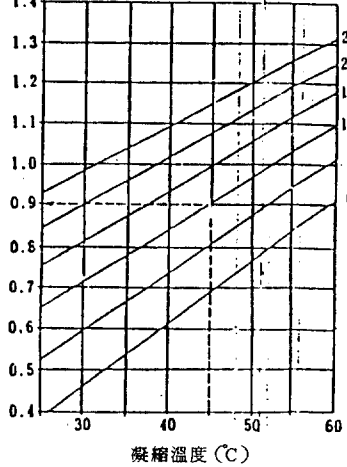
蒸發溫度 (°C)	디스트리뷰터 튜우브의 容量(kcal/h)							
	3/16인치		1/4 인치		5/16 인치		3/8인치	
	R12/R502	R22	R12/R502	R22	R12/R502	R22	R12/R502	R22
+10	1,600	2,100	3,300	4,400	6,200	8,300	10,300	13,600
+5	1,400	1,900	2,900	3,900	5,500	7,300	9,100	12,000
0	1,250	1,600	2,600	3,400	4,800	6,400	8,000	10,600
-5	1,100	1,400	2,200	2,900	4,200	5,500	6,900	9,100
-10	900	1,200	1,900	2,500	3,600	4,700	5,900	7,800
-15	800	1,000	1,600	2,100	3,000	4,000	5,000	6,600
-20	650	850	1,350	1,800	2,600	3,400	4,300	5,600
-25	550	750	1,150	1,500	2,150	2,850	3,600	4,800
-30	450	600	950	1,250	1,800	2,400	3,000	4,000
-35	400	500	800	1,050	1,500	2,000	2,500	3,200
-40	350	450	700	900	1,300	1,700	2,150	2,800

冷凍能力 (kcal/hr)

冷凍能力



캐필러리 튜브의  
보정계수    過冷却 없음    過冷却度(°C)



R-12 용 캐필러리 튜브의 길이 (m)    R-22 용 캐필러리 튜브의 길이 (m)  
( ) 内の 수치는 캐필러리 튜브의 内徑 (mm)

그림 26. R 12 및 R22 용 캐필러리 튜브의 選定表

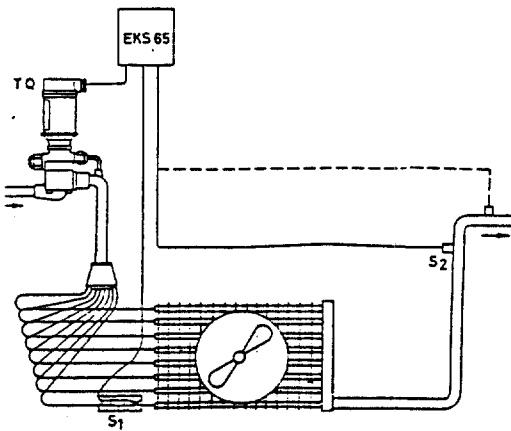


그림 27. 電子式 膨脹밸브의 空氣 冷却機에 사용된 例

따라서 다음과 같은 여러가지 이점을 얻을 수 있다.

- ① 凝縮壓力의 變化에 따른 影響을 받지 않게 된다.
- ② 膨脹밸브 직전의 過冷却의 變化를 보상할 수 있다.
- ③ 큰 負荷變動에도 精密하고 신속하게 스스로 조절할 수 있다.
- ④ 시스템의 運轉範圍에 맞추어 蒸發器의 傳達面積을 항상 有效하게 活用하므로 에너지를 效果的으로 사용한다.
- ⑤ 항상 낮은 過熱도를 유지한다.
- ⑥ 시스템 部品과 部品 사이의 연결을 전선으로 하기 때문에 部品の 취부 위치에 制限이 없다.

以上과 같은 長點이 있는 반면에 短點으로는 價格이 비싼 것과 電子調節裝置의 내구성이 종래의 溫度式 膨脹밸브에 비하여 떨어진 다. 그렇지만 슈퍼마켓의 쇼-우 케이스 등과 같이 運轉時間이 길고 負荷變動이 큰 경우에는 電子式 膨脹밸브를 活用하므로써 에너지를 節減시켜 초기 投資費用을 회수할 수 있으므로 유럽에서는 많이 사용하고 있다. 그림 27 및 28에 그 設置 例를 나타냈다.

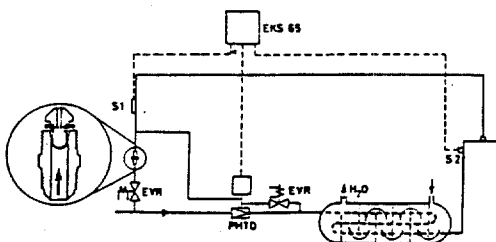


그림 28. 液冷却用 蒸發器에의 適用 例

그림에서와 같이 電子式 調節機 EKS 65는 蒸發器의 入口와 出口 사이의 溫度差를 자기 자신의 設定値와 比較하여 항상 일정하게 유지하므로써 負荷에 따라 늘 일정한 過熱度가 유지되도록 한다.

液 冷却用 蒸發器는 空氣冷却機와는 달리 셀 앤드 튜브型의 蒸發溫度를 감지할 수 있는 감지기 S1의 취부위치가 적당치 않기에 때문에 오리피스를 사용하여 膨脹밸브 직후의 溫度와 똑 같은 效果를 갖도록 만들어 주어 正確한 蒸發器의 入口 溫度를 감지할 수 있도록 한 것이 特徵이다. 즉, 電子式 膨脹밸브의 原理는 蒸發器 入口와 出口의 溫度差(S1~S2)를 항상 監視, 調節하므로써 蒸發器를 가장 效果적으로 活用할 수 있게 해주는 것이 特徵이다.

## 2.2 滿液式 蒸發器用 冷媒의 調節裝置

滿液式 蒸發器는 乾式에 比하여 많은 冷媒가 필요하며 裝置가 커지고 오일회수의 문제 가 있지만 負荷의 變動幅이 큰 시스템에 주로 많이 쓰인다.

### (1) 후로우트식 膨脹밸브

후로우트식 膨脹밸브는 液冷媒의 레벨의 變位를 후로우트에 의해 감지하고 이 量에 比例하여 오리피스를 통과하는 冷媒의 流量을 制御하는 것으로서 高壓側 후로우트 밸브와 低壓側 후로우트 밸브 두가지로 나눌 수 있으며 소형은 直動式으로 動作하고 大形은 파이로트 식을 사용한다. 그림 29에 파이로트식 高壓側 후로우트 밸브의 使用例을 나타냈다.

이것은 파이로트 연결 배관에 電磁밸브가 연결되어서 電磁밸브를 닫으면 주밸브를 닫을 수 있도록 되어 있으며 高壓水液器의 液레벨의 變位에 따라서 比例式으로 주변개도를 조절하므로써 항상 일정한 液레벨을 유지한다. 이 방식의 이점은 低壓側 蒸發器의 써지드림이 必要없으며 기기류를 上溫에서 設置해도 되므로 별도의 보냉이 필요없고 冷媒의 量을 적게 할 수 있다. 파이로트식 高壓側 후로우트의 構造는 그림 30에 나타냈다.

그림 32에 低壓側 후로우트밸브의 使用例을 나타냈다.

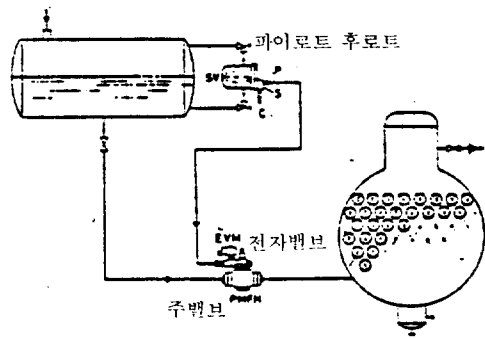


그림 29. 파이로트식 高壓側 후로우트 밸브의 使用例

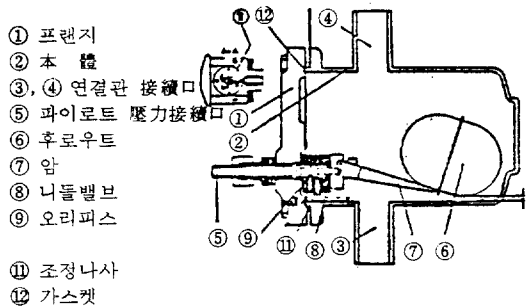


그림 30. 파이로트식 高壓側 후로우트 밸브

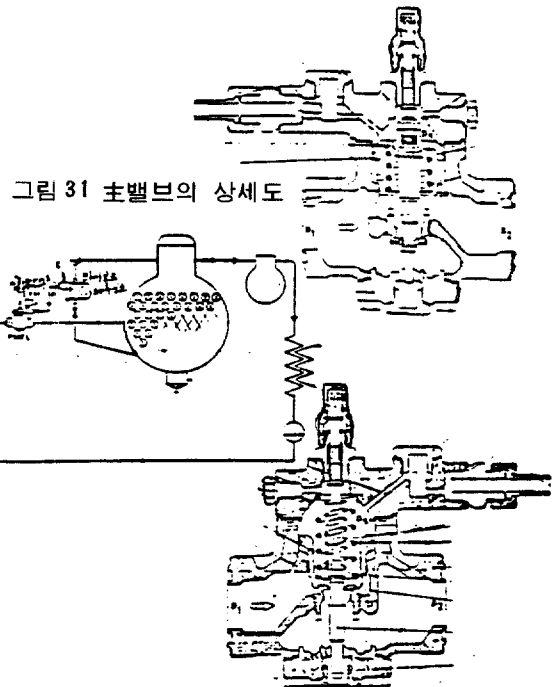


그림 31 主밸브의 상세도

그림 32. 파이로트식 低壓側 후로우트 밸브의 使用例

以上에서 설명한 것과 같이 高壓側 후로우트를 이용한 膨脹 시스템을 적용하려면 設計時에 蒸發器의 容量, 凝縮器의 液量, 壓縮機의 容量의 相互均衡이 유지되도록 하지 않으면 안 된다. 그림 31에 주밸브의 상세도를 나타냈다.

이 경우는 蒸發器의 液레벨을 直接 감지하여 蒸發器로 들어가는 液량을 比例式으로 調節하는 것으로서 그 動作原理는 高壓側 후로우트方式과 거의 같지만 低溫에 設置되므로 보냉이 필요하고 이로 인하여 動作狀態를 눈으로 確認하기가 어려우므로 施工時에 動作狀態를 完全히 點檢할 필요가 있다. 또한, 壓縮機가 停止 중에도 후로우트의 레벨이 떨어지면 계속해서 液이 주입되기 때문에 별도의 電磁 밸브를 設置하여 壓縮機와 연동되도록 해야 한다. 또한, 쉘 엔드 튜브型 蒸發器에서는 레벨 후로우트의 고장으로 液의 계속 주입에 의한 과도한 液레벨의 상승을 막기 위한 安全裝置로 상한 레벨 스위치를 設置하도록 한다.

(2) 후로우트 스위치

후로우트 스위치는 液레벨의 變位를 전기접점의 움직임으로 變化시켜 시스템內的 電磁 밸브 등을 作動시키므로서 冷媒의 流量을 制御하고 冷媒의 低壓水液器의 液面制御에 주로 많이 사용된다. 전기접점으로서서는 水銀스위치를 活用하거나 마이크로 스위치 혹은 리드 스위치 등을 活用하여 후로우트 상부에 세워진 막대의 상단부에 취부된 자석의 位置變化에 따라 스위치의 접점이 開閉되도록 한 것이다. 그림 33에 이러한 磁力式 후로우트 스위치의 단면을 나타냈다.

원격에서 動作시킬 수 있는 후로우트 스위치는 후로우트 막대 상단부에 스위치 대신 파이로트 코일을 設置한 것으로서 후로우트 막대의 위치가 파이로트 코일 內部에서 變化됨에 따라서 유기되는 電壓變化를 이용하여 遠隔 調節機內部的 브리지 회로에서 그 抵抗值가 變化하여 液面의 位置 및 開閉偏差를 變更시킬 수 있다. 그러나 冷媒의 溫度가  $-45^{\circ}\text{C}$  以下인 경우에는 이와 같은 후로우트식 레벨 스위치는 冷媒속에 섞여있는 오일의 점도 등으로 인하여 誤動作하게 되므로 사용하여서는

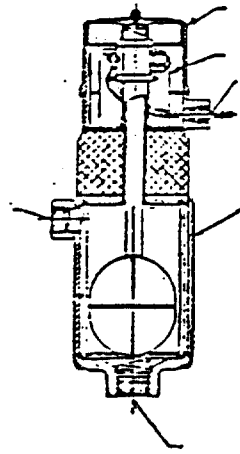
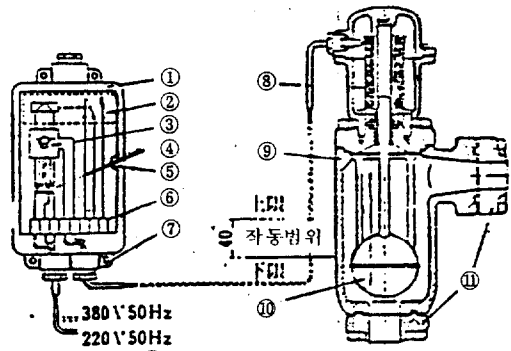


그림 33. 磁力式 후로우트 스위치



- |               |            |
|---------------|------------|
| ① 방수형 콘트롤 릴레이 | ⑦ 전선구멍     |
| ② 릴레이         | ⑧ 파이로트 코일  |
| ③ 增幅機         | ⑨ 후로우트 하우징 |
| ④ 주 변압기       | ⑩ 후로우트 볼   |
| ⑤ 접지 터미널      | ⑪ 접속 플랜지   |
| ⑥ 단자판         |            |

그림 34. 電子式 遠隔 후로우트 스위치

안된다. 이런 경우는 후로우트레스형 레벨 트랜스미터를 活用하도록 해야 된다. 그림 34에 電子式 원격 후로우트 스위치의 動作原理를 나타냈다.

最近의 電子式 후로우트 스위치는 후로우트 本體와 결합시켜 低溫冷凍 플랜트용으로 活用되고 있다. 그 예를 그림 35 및 36에 나타냈다. 그림 35에서는 液레벨에 따라 變化되는 信號를 레벨 스위치의 파이로트 코일에서 電壓信號로 變化시켜 電子式 調節機로 보내고 그 調節機에 설정된 값과 비교하여 偏差에 해당

되는 信號만큼 밸브本體의 최상단부의 電子式 作動부에 펄스信號를 주므로서 밸브本體로 통과되는 流量을 일정하게 制御하도록 한다. 즉, 이것은 電子式 膨脹밸브 本體를 그대로 活用한 것과 같은 原理이다.

그림 36에는 低壓側 후로우트밸브에 사용된 밸브本體와 그 밸브本體의 파이로트 라인에 流量을 制御하는 調節밸브를 연결하고 電子式 후로우트 스위치의 信號를 電子式 調節機를 통하여 그 偏差에 따라 움직이도록 하여 液面을 항상 일정히 精密하게 制御하는 시스템의 예이다.

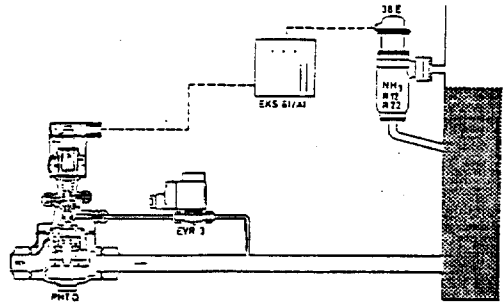


그림 35. 電子式 膨脹밸브와 후로우트 스위치를 결합시킨 遠隔調節 電子式 시스템

(3) 溫度式 液面 制御裝置

이 裝置는 溫度式 自動 膨脹밸브와 같이 比例制御에 의해서 液面制御를 행하는 것으로서 溫度式으로 液面을 制御하는 것이 特徵이다. 構造 및 原理는 그림 37에 나타난 것과 같이 液레벨을 감지하는 部分에 感溫部를 만들었으며 이 感溫部에는 電氣加熱器가 包含되어 있어 冷媒의 液面이 상승하여 感溫部로 侵入하면 그 冷媒液의 蒸發潛熱에 의해서 過熱을 없애주므로서 주입되는 冷媒의 流量을 制御하는 것이 特徵이다. 이 液面制御機는 후로우트밸브와 電磁밸브를 결합시킬 때 뿐만 아니라 밸브 자체로서 直接 作動하는 特徵이 있어서 후로우트밸브와 같이 기계적 動作으로 된 것이 아니기 때문에 요동이 심한 船舶用 등에 주로 많이 사용된다.

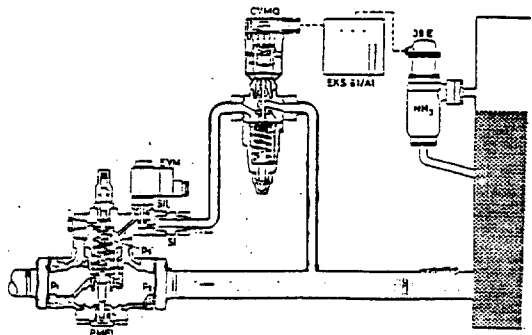
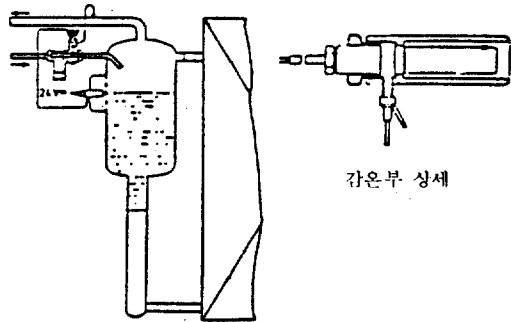


그림 36. 電子式 産業用 암모니아 저온프랜트에서의 液레벨 制御例

이 制御機는 運轉이 시작될 때에 電氣를 넣도록 壓縮機의 運轉과 연동시켜야 하며 液注入管에는 電磁밸브를 별도로 設置하여 停止時 冷媒의 주입이 차단되도록 한다. 또한, 感溫部에 유막에 의한 熱傳導에 지장이 없도록 주입한다. 특히, 후레온계 冷媒는 오일의 비중이 冷媒보다 가볍기 때문에 오일회수 方法에 신경을 써야 한다. 그림 38에 오일의 回收方法을 나타냈다.



(4) 溫度式 液面 스위치

이 스위치는 溫度式 液面 制御裝置의 感溫部의 加熱器를 그대로 이용하고 그 感溫部와 연결된 캐필러리 튜브를 통하여 기화된 冷媒의 레벨에 따른 體積膨脹係數를 이용하여 벨

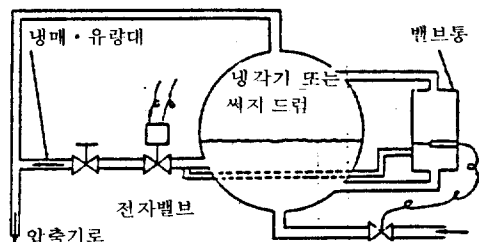


그림 37. 溫度式 液面 制御機



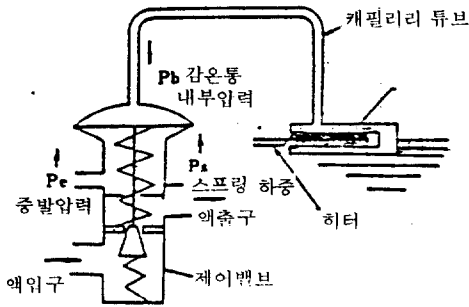


그림 38. 温度式 液面 制御機의 構造

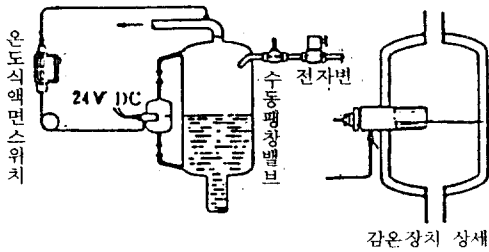


그림 39. 温度式 液面 스위치의 使用 例

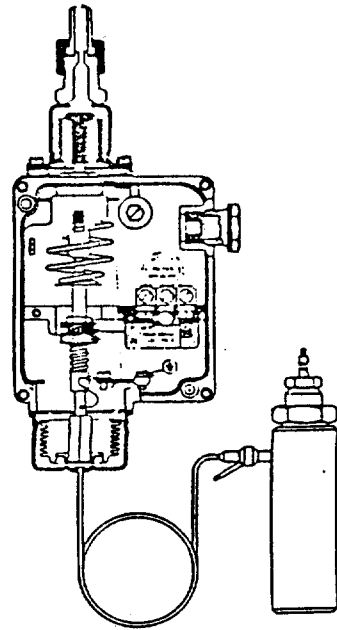


그림 40. 温度式 液面 스위치의 構造

로우즈를 움직여 그 變位에 따라서 마이크로 스위치가 開閉되도록 만든 것이다. 그 스위치의 使用例를 그림 39에 나타냈으며 그 構造를 그림 40에 나타냈다.

冷凍 프랜트의 自動化에 없어서는 안될 가장 필수적인 部品이 바로 電磁밸브이다. 즉, 이것으로서 冷媒의 흐름의 方向을 바꾸어주므로서 시스템의 全體의 큰 흐름을 制御하는 것이 電磁밸브인 것이다. 그러면 電磁밸브의 原理를 살펴보자. 그림 41에 나타낸 것과 같이 여는 힘 K는 파이로트 오리피스( Pilot orifice)의 面積 A와 밸브판 사이의 差壓  $P_1 \sim P_2$ 에 의해서 결정된다. 즉,

$$\begin{aligned}
 K &= P_1 \times A - P_2 \times A \\
 &= A(P_1 - P_2) \\
 &= A \times \Delta P [K_p]
 \end{aligned}$$

윗 式에서 알 수 있듯이 파이로트 오리피스의 面積 또는 壓力差  $\Delta P = P_1 - P_2$ 가 증가할수록 여는데 필요한 힘 K가 커짐을 알 수 있다. 이 힘을 電磁力에 의해 얻을 수 있도록 한 것이 電磁밸브이다.

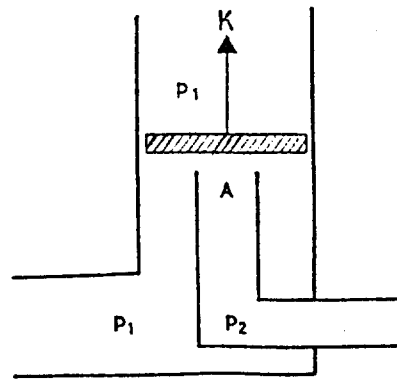


그림 41. 電磁밸브의 열리는 힘

(1) 電磁力

위에 설명한 열리는 데 필요한 힘 K를 얻기 위해서는 電磁石이 필요하게 되며 그림 42와 같이 그 構造는 可動鐵心, 固定鐵心 및 코일로 이루어졌다. 그리고 可動鐵心과 固定鐵心 사이에는 空隙 a가 있다. 電磁石에 의해서 당기는 힘 K는 다음의 공식으로 계산할 수 있다.

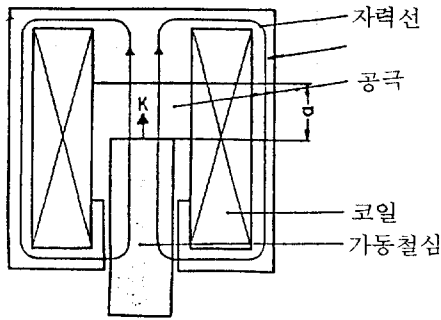


그림 42. 電磁코일 (솔레노이드)

$$K = A \left( \frac{B}{5,000} \right)^2 \text{ [KP]}$$

A : 可動鐵心の 斷面積 [cm<sup>2</sup>]

B : 磁速密度 [GAUSS]

$$B = \mu \times H$$

$\mu$  : 透磁率

H : 磁速의 세기 [A/m]

$$H = (I \times n) / l$$

I : 電流 [A]

n : 卷數

l : 磁力線의 平均길이 (閉回路인 경우)

그러므로 당기는 힘 K는 다음과 같이 된다.

$$K = A \left( \frac{I \times n}{5,000 \times L} \right)^2$$

直流에서는 電流 i와 卷數 n 그리고 磁力線의 平均길이 l은 상수이므로 B는

$$B = K_1 \times \mu$$

로 表示할 수 있다. 그러므로 위 식에서 B 대신 대입하면,

$$K = A(B/5,000)^2$$

$$K = K_2 \times \mu^2$$

만일 코일내의 可動鐵心の 位置가 바뀐다면 磁力線이 통과하여 지나가는 空隙의 位置도 바뀌게 되어 코일의 磁速密度  $\mu$ 도 變化된다. 따라서 空隙의 變化가 작더라도 磁速密度  $\mu$ 는

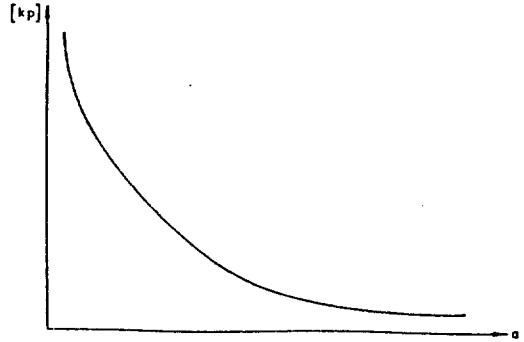


그림 43. 힘 K와 空隙 a와의 關係

크게 變化한다. 그러므로 당기는 힘, 磁石의 세기는,

$$K = K_2 \times \mu^2 \quad \text{혹은, } K = K_3 \times 1/a^2$$

즉, 힘 K는 可動鐵心(솔레노이드의 아마추어)을 들어올리는 높이에 反比例 한다.

이상은 電磁밸브의 基本原理 및 電氣的인 힘을 알아보았으나 紙面關係上 電壓과 주파수에 의한 影響 및 直流코일과 交流코일과의 關係는 省略하고 電磁밸브의 種類에 따른 기계적인 構造를 설명하기로 한다.

(2) 電磁밸브의 種類

電磁밸브는 크게 나누어 다음과 같이 分類할 수 있다.

- |            |          |
|------------|----------|
| A) 直動型     | 單動型      |
|            | 復動型      |
| B) 파이로트型   | 서-보 피스톤型 |
|            | 다이아프램型   |
|            | 파이로트型    |
| C) 方向 切換밸브 | 3方밸브     |
|            | 4方밸브     |

1) 直動型 電磁밸브

이것은 그림 44와 같이 솔레노이드에 통전이 되면 磁場의 힘으로 可動鐵心을 끌어 올리므로서 밸브의 오리피스를 열게하는 構造로 되어 있으며 대부분 口徑이 10mm 內외의 소형 電磁밸브에 주로 適用된다. 口徑이 커지면 끌어올리는 힘도 커지게 되며 코일이 지나치게 큰 것이 필요하게 되므로 큰 口徑인 것에는 유체의 壓力을 이용해서 밸브를 閉閉하는 파이로트式的 것을 사용한다.

2) 파이로트형

그림 45 및 46에 서보피스톤 및 다이어프램式 電磁밸브를, 그림 47에는 후로우팅式 電磁밸브를 나타냈다. 파이로트式은 可動鐵心으로서 小口徑의 파이로트 구멍을 直動式 電磁밸브로 열어주면 피스톤 또는 다이어프램 및 후로우팅 피스톤의 닫혀주는 힘을 가하는 壓力을 出口側으로 빼주기 때문에 유체의 壓力 또는 磁力補強의 影響으로 主오리피스를 열도록 間接動作을 하도록 만든 것으로 밸브를 열기 위한 最低差壓이 0.05kg/cm<sup>2</sup> 이상을 必要로 한다. 따라서 入口와 出口 사이의 壓力差가 없는 라인에는 사용할 수 없게 된다. 특히 吸入側에 사용되는 大口徑 電磁밸브로서는 低溫用 같은 壓力差로 되지 않으면 外部壓力으로 作動시키는 無差壓型의 것도 있기 때문에 低溫 大口徑에서는 이를 주로 사용한다. 그림 48에 無差壓型 大型電磁밸브를 나타냈다.

이 型의 것은 비교적 大口徑의 低壓側 또는 中口徑 高壓用으로서 사용되고 있는 電磁밸브로서 유량을 크게 하기 위하여 口徑과 똑같이 밸브의 들어 올리는 거리를 크게 하도록 해야 하므로 피스톤을 끌어올리는 強制力을 갖고 있다. 이 피스톤型은 실린더와의 사이에 먼지 등이 들어가면 動作에 문제를 일으키기 때문에 스트레이너를 내장시켰다. 이런 型의 것은 設置時 水平配管에 대하여 수직으로 하지 않으면 안된다.

이 방식은 다이어프램型과 피스톤型의 特徵을 습한 것이다.

파이로트 電磁밸브의 動作과 밸브의 開閉

- 밸브 열림 A 열림
- B 닫힘
- 밸브 닫힘 A 닫힘
- B 열림

이것은 大口徑 低壓用으로서 주로 사용되는 것이다. 밸브의 開閉를 위해서 外部壓力을 導入하는 것이 特徵이며 이 外部壓力은 主관의 壓力보다 1kg/cm<sup>2</sup> 이상 높은 것이 좋다.

3) 方向切換밸브

(a) 3方밸브

配管 接續口가 3개 있으며 파이로트壓力을 도입하는 작은 口徑의 接續口가 있어 통전하면 파이로트 구멍을 열어 피스톤 상부의 壓力을 低壓側으로 빼주고 피스톤을 高壓側 壓力으로 눌러 올려서 한쪽은 열고 다른 한쪽은 닫는 구조로 되어 있다.

(b) 4方밸브

히트 펌프나 핫가스 除霜裝置에 주로 쓰이며 動作은 파이로트밸브의 開閉에 따라서 壓縮機의 吐出壓力을 이용하여 4方向의 接續口에 대하여 2方向은 일정한 것으로 하고 다른 2方向을 完全히 반대로 흐르도록 切換하는 主 슬라이드 밸브로 구성되어 있는 것이다. 그림 50은 4方밸브를 나타낸 것이다.

- ① 아래측 부상
- ② 可動鐵心
- ③ 판 스프링
- ④ 코 일
- ⑤ 하우징
- ⑥ 명 판
- ⑦ 멈춤나사
- ⑧ 윗측 부상
- ⑨ 후러스 플레이트
- ⑩ O 링
- ⑪ 팩 킹
- ⑫ 스트레이너

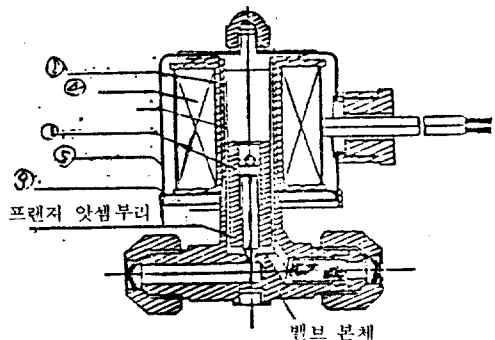
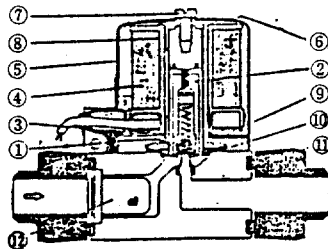


그림 44. 直動形 電磁밸브의 構造

- |            |            |
|------------|------------|
| ① 상부 스프링   | ⑪ 스프링 워셔   |
| ② 스프링 워셔   | ⑫ 후릭스 프레임  |
| ③ 명 판      | ⑬ 다이어프램    |
| ④ 상부 부상    | ⑭ 팩 킹      |
| ⑤ 코일 하우징   | ⑮ 다이어프램 워셔 |
| ⑥ 코 일      | ⑯ 밸브 본체    |
| ⑦ 케이블 홀더   | ⑰ 후레이 너트   |
| ⑧ 可動 鐵心 튜브 | ⑱ 팩 킹      |
| ⑨ 可動 鐵心    | ⑲ 手動 스펀들   |
| ⑩ 하부 부상    |            |

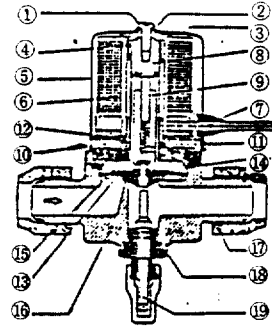


그림 45. 서-보 피스톤식 電磁밸브

- |             |
|-------------|
| ① 상부 덮개     |
| ② 팩 킹       |
| ③ 중간 프레임    |
| ④ 스프링       |
| ⑤ 코 일       |
| ⑥ 아래 부상     |
| ⑦ 볼 트       |
| ⑧ 팩 킹       |
| ⑨ 터미널       |
| ⑩ 터미널 보스 팩킹 |
| ⑪ 어스 터미널    |
| ⑫ 케이블 접속구   |
| ⑬ 팩 킹       |
| ⑭ 스트레이너     |
| ⑮ 수동스핀들     |
| ⑯ 프랜지 팩킹    |

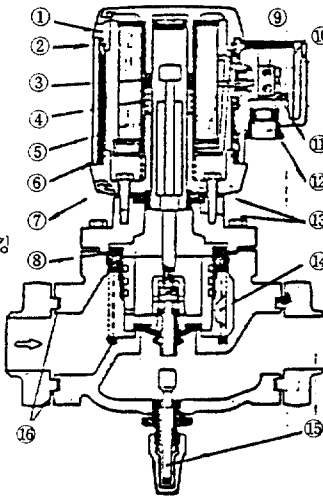


그림 46. 다이어프램식 電磁밸브

- |            |
|------------|
| ① 可動 鐵心    |
| ② 하측 부상    |
| ③ 판 스프링    |
| ④ 코 일      |
| ⑤ 하우징      |
| ⑥ 명 판      |
| ⑦ 멈춤 나사    |
| ⑧ 상부 부상    |
| ⑨ 후릭스 프레임  |
| ⑩ O 링      |
| ⑪ 팩 킹      |
| ⑫ 후레이팅 피스톤 |
| ⑬ 후랜저 팩킹   |
| ⑭ 팩 킹      |
| ⑮ 手動 스펀들   |

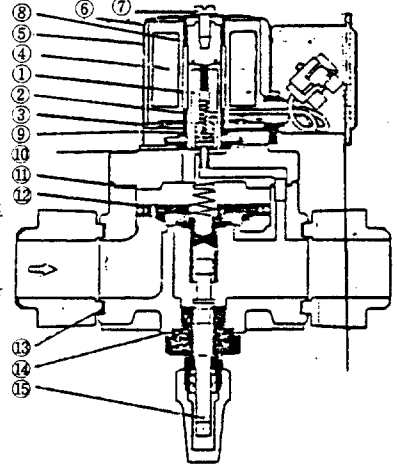


그림 47. 후로우팅식 電磁밸브

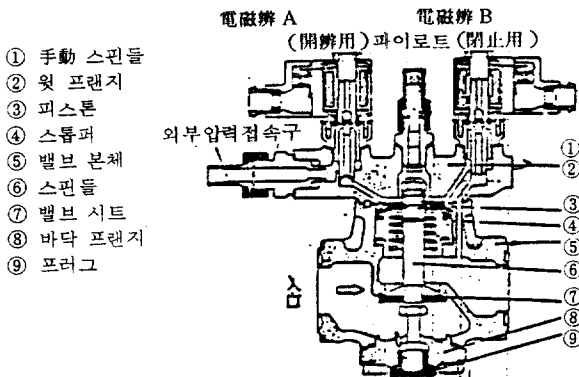


그림 48. 無差壓型 大型 電磁밸브

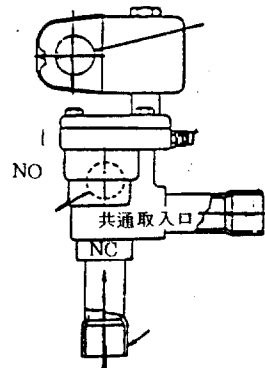


그림 49. 3方 電磁밸브

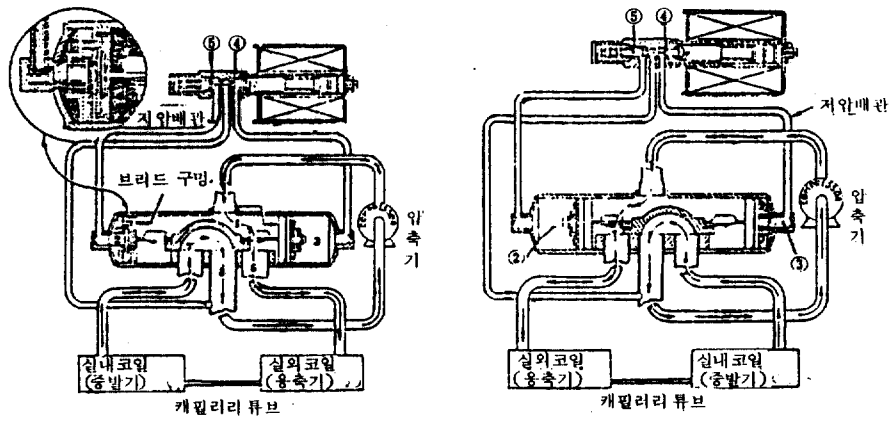


그림 50. 4方 밸브의 動作原理