

自動制御設備의 理論과 實際

裴 承 煥*

5. 空氣調和用 自動制御 機器

空氣調和裝置에 使用되는 自動制御 機器類는 前章에서 이미 說明한 바와 같이 制御動作과 操作動力의 組合으로 構成되는 것으로서 대개 다음의 3項目으로 나눌 수 있다.

- ① 電氣式……單純 2位置動作, 平均 2位置動作, 單速度動作, 比例動作.
- ② 空氣式……單純 2位置動作, 比例動作, 積分動作, 複合制御動作
- ③ 電子式……單純 2位置動作, 比例動作, 複合制御動作

單單한 空調用의 自動制御는 電氣式을 使用하고 裝置의 규모가 커지고 複雜하게 되면 空氣式이나 電子式을 採用하게 된다.

5.1. 電氣式 自動制御機器

(Electric Controls)

電氣式 自動機器의 構成要素를 分析해보면 다음과 같다. 即 調節器의 構成은 制御量을 檢出해서 調節部의 基準入力과 比較를 하는 檢出部와 調節部가 單一體의 構造로 되어 있는 것이 一般的이며 調節器와 操作器가 1:1의 關係로서 制御系를 構成하고 있다. 이것을 要約하면 다음과 같다.

調節器 = (檢出部) + (調節部) → 操作器(操作部)

例로서 制御量을 溫度로 할 것 같으면 原則적으로는 1臺의 溫度調節器는 1臺의 操作器를 操作하게 된다. 그 構成要素는 다음과 같이 된다.

溫度調節器 =
밀폐된 벨로우즈+레버·스프링·포텐쇼 미터

↓
操作器 = 모듈트를 모타. 링케이지. 2方單座밸브

5.1.1. 溫度調節器(Thermostat)

室內型과 挿入型의 두 가지가 있다.

① 室內型 溫度調節器(Room thermostat)

- 檢出部……바이메탈, 밀폐된 벨로우즈 등이 一般적으로 使用된다.
- 調節部……2位置制御에는 스넬스윗치, 水銀스윗치, 마이크로스윗치等, 比例制御에는 포텐쇼메타가 使用된다.
- 指示部……普通 바이메탈, 알콜等.
- 作動……檢出部の 溫度變化에 의한 物理的 變位를 利用해서 주어진 設定值에 對해서 스프링의 彈性力 또는 水銀스윗치의 角度와의 關係로서 調節部를 機械적으로 操作해서 그 位置制御, 또는 比例制御를 한다. 普通 動作隙間 또는 比例帶가 固定된 것이 많다.

또는 檢出部가 밀폐된 벨로우즈로 되어 있고 調節部에는 水銀스윗치를 2~3個를 갖고 있는 서어모스타트는 2~3段 2位置連續制御를 하는데 使用된다. 例로 大型 팩케이지 冷凍機에서 負荷에 의하여 2~3個의 水銀스윗치를 連續해서 制御할 수 있다. 그리고 調節部에 포텐쇼메타와 스넬스윗치를 組合시킨 比例+2位置制御를 할 수 있는 서어모스타트도 있다.

② 挿入型 溫度調節器(Insertion Thermostat)

- 檢出部……리모트발브(Remote Bulb)가 一般적으로 使用된다. 발브로는 流體膨脹型과 蒸氣 충전型이 있다.
- 調節部……2位置制御에는 水銀스윗치, 마이크로스윗치 등이, 比例制御에는 포텐쇼메타가 使用된다.
- 指示部……普通은 없으나 特別한 것으로 Indicating Temperature Controller에는 指示計가 붙어 있다.
- 作動……이것은 室內型에 使用되는 밀폐된 벨로우즈(다이아후람의 경우도 있음)를 毛細管으로 延長한 것이라고 생각하면 動作은 室內型과 同一하다. 動作隙間과 比例帶는 制御對象의 關係에서 固定 또는 可變이 있다.

* 正會員, 現代設備株式會社 技術部

檢出部の 설치는 덕트內에는 測溫體홀더, 탱크(槽) 또는 管(Pipe)內에는 프레셔워팅, 또는 保護管을 使用한다.

5.1.2. 相對濕度調節器(Humidity Controller)

① 室內型 濕度調節器(Room Humidistat)

- 檢出部……나이프리봉, 毛髮等이 一般的으로 쓰인다.
- 調節部……2位置式 制御에는 스프링스윗치, 水銀스윗치, 마이크로스윗치等이 比例制御에는 포텐쇼메타가 쓰인다.
- 作動……檢出部の 相對濕度變化에 의한 物理的 變位를 利用해서 주어진 設定値에 對해서 엘레멘트의 張力 또는 水銀스윗치의 角度와의 關係로서 調節部를 機械的으로 操作해서 2位置制御 또는 比例制御를 한다.

5.1.3. 壓力調節器(Pressure Controller)

- 檢出部……다이아후람, 벨로우즈, 불온튜브等이 壓力範圍에 따라서 쓰인다. 特히 덕트內 靜壓制御用으로는 다이아후람式으로 特別하게 設計된 것이 있다.
- 調節部……2位置制御로는 스프링스윗치, 水銀스윗치, 마이크로스윗치等이 比例制御에는 포텐쇼메타가 쓰인다.
- 作動……檢出部の 壓力變化에 의한 物理的 變位를 利用해서 주어진 設定値에 對해서 스프링의 張力 또는 水銀스윗치의 角度와의 關係로서 調節部를 機械的으로 操作해서 2位置制御, 速度制御(Floating Control), 比例制御를 한다. 普通 制御對象의 性質上 動作隙間, 또는 比例帶는 可變의 것이 一般的이다.

差壓調節器(Differential Pressure Controller) 2個의 檢出部를 가지고 그 差壓에 따라서 各種 스위치를 動作해서 2位置制御를 하며, 포텐쇼메타의 와이파를 移動시켜 比例制御를 하는 調節器이다. 比例制御用으로는 冷温水펌프의 出口壓을 制御하는데 널리 쓰인다.

5.1.4 操作器(Actuator)

操作器는 操作量을 制御하는 것으로 밸브, 댐퍼等과 같이 流體에 接하는 部分과 이것을 操作하는 操作動力을 갖는 部分으로 나누워 진다. 後者は 電氣的 入力の 變化에 따라서 機械的 出力을 制御하도록 하는 機器이다. 原理는 電氣→힘의 物理現象을 利用한 것으로 速應性과 制御의 容易性을 組合한 特性을 갖고 있다. 上記의 物理現象으로는 電磁力과 靜電力이 있지만 效率性으로 보아서는 電磁力이 利用된다. 한편 電氣式 操作器를 制御의 方法에 따라서 分類를 하면 모타를 使用하는 方

式과 電磁밸브, 電磁크라치를 使用하는 方式이 一般的이다. 種類가 많으므로 여기에서는 實際로 많이 쓰여지고 있는 것만을 취급하기로 한다.

① 電磁릴레이·電磁밸브(Magnet Relay, Solenoid Valve)

調節器의 2位置信號에 의해서 電磁코일을 勵磁 또는 非勵磁하면서 比較的 大電流를 制御하는 電磁릴레이(Magnet Relay, Magnet Switch)가 있다. 또한 電磁力을 利用해서 밸브시스템을 上下로 移動시켜서 結果的으로 流體를 2位置制御하는 電磁밸브도 있다. 電磁밸브는 流體壓力의 高低나 流量의 大小에 따라서 파이롯트形式과 直動形式의 그 種類가 있으며 이것은 目的에 따라 使用된다.

② 모타(Control Motor)

一般的으로 Modutrol Motor 或은 Actionator Motor 等으로 불리우며 이것은 單相콘덴사 모타로서 可逆轉式과 一方回轉式이 있다. 모듀트룰모타는 모타의 一連의 減速齒車機構가 견고한 金屬函內에 收納되어 있으며 函內部에는 기름으로 充滿되어 있다. 모타의 出力은 減速齒車機構에 의해서 增大되고, 타이밍(Timing) 1分間(可逆轉式에서는 0°에서 160° 回轉하는데 要하는 時間)의 것으로는 1.25kg-m의 Torque를 갖는다.

Actionator Motor의 Torque는 2.3kg-m임으로 大容量의 것에 쓰인다.

모듀트룰모타의 使用法은 다음과 같다.

(A) 電動밸브로서 使用하는 경우

모타는 本來가 回轉運動이고 밸브 自體가 直線運動이기 때문에 回轉運動을 直線運動으로 變換시키는 機構가 必要하다. 이 機構를 一般的으로 밸브링케이져(Linkage)라고 하며 回轉→直線運動 變換器이다. 이것은 단지 運轉方向의 變換뿐 아니라 緩衝스프링의 付加로서 밸브作動의 圓滑화와 밸브閉閉의 狀態監視等을 目的으로한다.

(B) 電動댐퍼로서 使用하는 경우

댐퍼의 全閉→全開에 必要한 行程(Stroke)은 모타의 設置位置에 따라서 달라지며, 댐퍼自體가 必要한 回轉角度는 0→90°임으로(모타의 回轉角度는 160°가 標準임) 一種의 變換機構가 必要하다. 이 機構가 댐퍼링케이져 아셈블리(Damper Linkage Assembly)이다.

(C) 電動스텝콘트롤(Step Control) 또는 電動스라이더크로서 使用하는 경우

電動스텝콘트롤로서 使用하는 경우에는 모타가 回轉運動하는 特定位置를 選擇해서 2位置作動의 信號를 내는 方法이며 普通 감과 마이크로스윗치 또는 水銀스윗치의 組合으로 되어 있다.

감프스윗치의 조합을 1내지 10組 使用해서 任意的 스텝 콘트롤을 하는 方法이다. 4段스텝까지는 모터의 兩軸에 2個의 스윗치를 가진 補助스윗치2個를 부치는 方法이 있으며 5段以上은 모터軸을 카프링으로 延長해서 스텝 콘트롤에 연결한다.

電動스라이드크로서 使用하는 경우는 모터의 回轉角度(보통 160°)를 全行程으로 하는 特殊스라이드크와 연결해서 電壓이 0→100% 變化하도록 한다.

(D) 電動포텐쇼메타로서 使用하는 경우

普通은 電氣式 比例制御回路에서는 1臺의 調節器로서 1臺의 모터를 操作하는 경우가 많지만 경우에 따라서는 1臺의 調節器로 2臺 以上の 모터를 操作할 必要가 있을 때에는 電動포텐쇼메타를 使用한다. 이것은 모터의 回轉運動의 特定角度를 選擇해서 모터의 兩軸에 연결된 감과 포텐쇼메타로 된 補助포텐쇼메타에 모터의 任意回轉角에 따라서 比例動作의 信號를 내게 하는 方法이다. 이것은 1臺의 調節器의 指令에 따라서 2~4臺의 모터가 同時에 또는 連續적으로 比例制御를 할 수 있다. (Vol. No. 2 12頁 ii) 同時制御와 連續制御 참조)

③ 밸브本體

밸브本體의 形式으로 나누어 보면 2方밸브(單座밸브, 複座밸브, 불밸브等)와 3方밸브(混流밸브, 分流밸브)가 있고 모터와 밸브가 一體로 된 것도 있다. 調節밸브의 特性을 나타내는 것으로는 다음 4가지가 있다.

a. Close-off-Rating: 最高로 허용할 수 있는 밸브前後의 差壓을 말함. 單座밸브와 3方밸브는 이 數値가 작다.

b. Rangeability: 最大流量과 最小流量과의 比로서 一般적으로 50:1 또는 30:1位 정도이다.

c. 流量特性: 밸브의 開도와 이 때의 流量을 나타내는 것으로, On-Off特性(Quick Opening 特性), 直線性(Linear 特性), 等百分率特性(Equal Percentage 特性)의 3種類가 있다. 一般調節밸브에 使用되는 것은 等百分率特性이 많다.

d. 流量係數(Cv 值): 밸브를 全開해서 「60°F(15.6°C)의 清水가 밸브出入口의 差壓을 1 PSI (0.07kg/cm²)로 유지하면서 흐르게 했을 때의 流量(Gal/Min)이 그 밸브의 Cv 值이다」로 定義한다.

(A) 2方單座밸브(2way single seated valve)

流量의 完全閉止를 目的으로 하는데 適合하며 形式은 Straight Thru 와 Globe 型으로 口徑이 2吋以下는 나사接續이고 2¹/₂吋 以上은 후렌지接續으로 되어 있다. 材質은 小口徑이 靑銅鑄物, 中口徑 以上은 鑄鐵의 本體로 되어 있고 대푸른박킹을 使用하고 있는 것이 많다.

(B) 2方複座밸브(2Way Double Seated Valve)

大流量의 制御에 適合하며 形式은 Straight Thru, Globe 形으로 接續口徑 2吋까지는 나사接續이고 2¹/₂吋 以上은 후렌지 接續으로 되어 있다. 材質은 口徑에 關係없이 鑄鐵이 많고 대푸른박킹을 使用하고 있는 것이 많다. Close-Off-Rating. 은 流體壓力이 上下 兩쪽의 Seat 에 分割해서 걸리기 때문에 比較的 높으며 치수의 大小에도 變하지 않는 것이 많다. 그러므로 一般의 콘덴사 모터로서도 大型의 밸브를 驅動할 수 있는 利點이 있지만 流體의 完全閉止를 目的으로 하는 경우에는 適合하지 않다.

(C) 3方混合밸브(3Way Mixing Valve)

冷水 및 温水의 混合制御에 適合하며 形式은 3方混合形이고, 2方밸브와 같이 接續口徑 2吋까지는 나사接續이고 2¹/₂吋 以上은 후렌지 接續으로 되어 있다. 材質은 小口徑이 靑銅鑄物이고 中口徑 以上은 鑄物의 本體로 되어 있고 대푸른 박킹을 使用하고 있는 것이 많다. 流量特性은 直線型(Linear Type)이 많다. Close-Off Rating 은 兩入口中에서 壓力이 높은 쪽을 基準해서 算出됨으로 選定時에는 注意를 要한다.

(D) 小型電動밸브(Fan Coil 用)

팬코일유닛트나 인덕션유닛트等に 使用되며 操作流量이 적고 2位置動作으로도 좋으므로 小型싱크로나이즈모터를 使用해서 밸브本體와 一體의 構造를 갖는 小型電動밸브가 一般化되어 있다. 여기에는 手動레바가 付屬되어 있어서 普通은 自動으로 操作되지만 때에 따라서는 手動으로 밸브를 操作할 수 있도록 되어 있다.

(i) 小型電動 2方밸브(2way Motorized Valve)

冷温水의 2位置制御에 適合하며, 불밸브機構로 되어 있는 點이 다른 電動밸브와 다르다. Close-off Rating 은 1.4kg/cm² 前後이고 最高流體溫度는 93°C, 最低는 4°C 前後이다.

(ii) 小型 電動 3方밸브(3way Motorized Valve)

冷温水의 2位置交替制御(코일側 또는 바이패스側의 選擇)에 適合하며, 2方밸브와 같은 불밸브機構로 되어 있다. Close-off Rating 은 0.7kg/cm² 前後이고 使用流體溫度는 最高 93°C, 最低 4°C 前後이다.

(iii) 유닛트型 電動밸브(Radiator Valve)

低壓蒸氣(或은 温水) 라디에 타, 콘벡터 等の 2位置制御에 使用되며, 口徑치수는 2吋 以下로 나사接續으로 되어 있다. 形式은 Straight Thru 와 Angle 型이고 材質은 靑銅鑄物의 本體와 대푸른박킹을 使用하고 있다. Close-off Rating 은 1/2吋치수에서 7kg/cm², 2吋에서 0.8kg/cm² 前後이다.

使用流體溫度는 最高 120°C, 最低 4°C 前後이다. 모타는 特殊小型誘導型으로서 特別히 라디에타밸브용으로 設計되어 있다. 또한 手動레바가 付屬되어 있어, 普通은 自動으로 操作되지만 때에 따라서는 手動으로 밸브를 操作할 수 있는 것도 있다.

④ 調節밸브의 口徑計算

(A) 蒸氣밸브

(i) 먼저 最大蒸氣量 Q , (kg/h)를 求한다. (但, 凝縮溫度를 82°C로 假定)

(ㄱ) 熱負荷 B (Kcal/h)를 알았을 때

$$Q = \frac{B}{556} \approx 0.0018 B = \frac{1.8B}{1,000}$$

(ㄴ) 相當放熱面積 E. D. R(m^2)를 알았을 때

$$Q = 1.17 EDR$$

(ㄷ) 配系統에서 風量 F (m^3/min), 空氣溫度差 ΔT_A (°C)라 하면

$$Q = 0.0311 \times F \Delta T_A$$

$$\approx \frac{31 \times F \times \Delta T_A}{1,000}$$

(ㄹ) 蒸氣-溫水 熱交換器에서 溫水熱器에서 溫水 流量 q (l/min), 溫度差를 ΔT_w (°C)로 하면

$$Q = 0.106 \times q \times \Delta T_w$$

(ㅁ) 蒸氣加濕器의 경우, 風量 F (m^3/min), 加濕器의 入口 및 出口의 空氣의 水分含有量을 G_1 , G_2 (kg/kg 乾燥空氣)라 하면

$$Q = 72 F (G_2 - G_1)$$

(ㅂ) 팬(Pan) 加濕器의 경우

$$Q = 108 F (G_2 - G_1)$$

(ii) 밸브의 壓力降下 h (kg/cm^2)는 다음의 要領으로 求한다.

(ㄱ) 二位置動作밸브에서는 밸브의 管의 寸수를 같게 하지만 管에 좁힌 경우에는

$$h = 20\% (P_m - P_r)$$

但, P_m : 供給主管壓力(kg/cm^2)

P_r : 還水主管壓力 (kg/cm^2)

(ㄴ) 比例動作밸브에서는

$$h = 80\% (P_m - P_r)$$

但, 콘바타나 加濕器와 같은 것에 80%의 壓力降下가 裝置의 能力에 현저하게 영향을 줄 때에는 50%의 壓力降下 정도로서 한다.

(ㄷ) 어떠한 경우에도 壓力降下 h 는 限界壓力을 초과하지 말것.

$$h \leq \frac{1}{2} P_{iab}$$

(ㄹ) 壓力降下는 常用許容壓力差 以下이어야 한다.

(iii) 流量係數 C_v 를 求하는 方法

(ㄱ) 計算에 의한 方法

$$C_v = \frac{0.0368 \times Q \times \sqrt{V}}{\sqrt{h}}$$

但, V : 밸브에 流入하는 蒸氣의 比容積 (m^3/kg) (表1 참조)

(ㄴ) 線圖에 의해서 求하는 方法

I) 밸브의 入口壓力과 壓力降下 h 로서 曲線上에 點을 구한다.

II) 이 點과 原點 (0, 0)을 연결한다.

III) 이 線이 C_v 와 流量 Q (kg/hr)와의 關係를 表示하는 것이므로 縱軸에 流量 Q 을 취하면 橫軸에 C_v 가 求해 진다.

(ㄷ) 以上과 같이 해서 求한 C_v 值를 各밸브의

表 1

蒸氣壓力 (kg/cm^2)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
\sqrt{V}	1.313	1.206	1.122	1.055	0.978	0.949	0.908	0.856	0.786	0.730	0.686	0.649
沸騰點 (°C)	100.0	150.0	109.2	113.3	116.9	120.1	123.1	127.2	133.2	138.4	143.1	147.5
限界壓力降下 (kg/cm^2)	0.52	0.62	0.72	0.82	0.92	1.02	1.12	1.27	1.52	1.77	2.02	2.27

表 2 (C_v 值)

寸數時	1/2			3/4	1	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂	2	2 ¹ / ₂	3	4
밸브종류	1.0 2.5 4.0			6.3	10.0	16.0	25.0	40.0	63.0	90.0	160
單座 밸브	1.0 2.5 4.0			6.3	10.0	16.0	25.0	40.0	63.0	90.0	160
複座 밸브	—			—	10.0	16.0	23.0	40.0	63.0	90.0	—
3方 밸브	4.0			6.3	10.0	16.0	25.0	40.0	63.0	100.0	160

(譯) 表2의 C_v 值는 Honeywell 社의 밸브에 해당하는 것임.

Cv 值(表)와 參照해서 밸브치수를 決定한다.

(B) 溫水(或은 冷水)調節밸브

(i) 밸브를 通過하는 液體의 流量 W(l/min)를 計算한다.

(ii) 밸브의 壓力降下 h(kg/cm²)를 求한다.

(ㄱ) 比例制御時

壓力降下는 밸브에서 가장 가까운 供給主管과 還水主管과의 差壓의 50~70%정도로 취한다.

(ㄴ) 二位置制御

一般으로는 管의 寸수와 同一한 寸수로 하지만, 어떠한 理由로 좁히고져 할 때는 差壓의 20%를 취한다.

(iii) Cv 值 求하는 方法

(ㄱ) W(l/min)와 h가 決定되던 다음 式으로 Cv 值를 求한다.

$$Cv = \frac{0.07 \times W \times \sqrt{G}}{\sqrt{h}}$$

但, W: 最大流量(l/min)

G: 比重(물=1)

h: 밸브의 壓力降下(kg/cm²)

(計算例)

設計流量 97.5l/min, 供給 및 還水의 設計差壓이 0.8 kg/cm²의 溫水再熱器에 使用하는 調節밸브의 Cv 值를 求하다.

(解)

1. 所要밸브壓力降下는

$$h = (50\% \sim 70\%) \times 0.8 = 0.4 \sim 0.56 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

2. 再熱器製作會社의 資料에 依하면 97.5l/min의 流量에서 2.9mH₂O의 壓力降下가 있었음.

3. 垂直管, 接續器具, 手動밸브 등에서 管路抵抗이 0.07 kg/cm²의 壓力降下가 있다고 보던

4. 再熱器와 管路의 壓力降下の 總和는

$$0.23 + 0.07 = 0.3 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \text{이다.}$$

5. 밸브에서의 壓力降下는 0.8 - 0.3 = 0.5(kg/cm²)이다. 이 數値는 1項에서 計算한 0.4~0.56 kg/cm²의 範圍 內에 있으므로 h=0.5kg/cm²로 해서 計算한다.

$$6. Cv = \frac{0.07 \times 97.5}{\sqrt{0.5}} = 96.4 \text{이다.}$$

(次號계속)

空氣自動制御裝置 및 工業用 ฟู로세스制御

設計, 販賣, 施工 및 監理

Honeywell

The Automation Company

Yamatake-Honeywell

McDONNELL & MILLER, Inc.,

現代設備株式會社

서울特別市 中區 明洞 1街 5의 1

(寶林빌딩 1105號)

中央私書函 873

電話 22-9325, 22-1851

一取扱品目 案内一

空氣調和用 各種制御機器

// 中央管制裝置

// 各種制御盤

燃燒自動制御裝置

溫度調節器

후로스워치

마이크로스워치

工業用 各種 ฟู로세스 制御機器

試驗用 計器

보이러水位調節器

其他 各種 自動計器

