

## 自動制御 設備의 理論과 實際

裴 承 煥\*

1. 머릿말
2. 用語의 解説
3. 自動制御의 型式
4. 自動制御裝置의 分類와 特性

### 1. 머릿말

現代生活에서 自動制御(或은 自動調節)란 말은 簡單한 電氣스토포브와 같은 家庭器具나 보다 복잡한 自動車의 自動트랜스미션으로부터 사람이 일일이 注意를 기울이지 않아도 계속적으로 動作되는 巨大한 工業用機械에 이르기 까지 우리가 항상 접촉하고 있는 거의 모든 것에 應用되어 왔다.

時間이 경과하고 技術發展이 전진해감에 따라서 복잡한 기계나 기구들의 自動制御의 必要性이 增加되어 왔다. 自動制御의 分野는 廣範圍하며 다른 모든 工業의 發達과 같이 一連의 高度化한 專問工業으로서 오늘에 이르렀다. 이와같이 高度로 專問化한 工業中에서 하나의 分野를 차지하고 있는 것이 暖房, 換氣 및 空氣調和裝置의 自動制御이다, 이것은 또한 人間의 安樂이나 製品의 生産力에 관계될 뿐 아니라 工業에도 깊은 관계를 가지며 自動制御를 開發시킴으로서 安全性, 經濟性 및 生産性を 增加시킨다.

自動制御의 必要性은 그 예를 얼마든지 볼 수 있는데 그 몇가지를 볼 것 같으면 會社의 事務室이나 病院에 對한 自動制御의 應用은 調節된 환경을 만들어 줌으로서 事務員들의 事務能率과 生産性を 增大시킴이며 病院은 病으로부터 보다 좋은 回復條件(狀態)을 창조하는데 自動調節裝置를 利用한다. 工業은 燃料管理를 위해서나 生産過程에서 人間の 착오를 없애기 위해서나 또는 위험한 상태를 조절하거나 미리 방지하기 위해서 自動制御裝置에 의뢰하고 있다. 이와 같이 自動制御의 應用과 目的은 無限한 것이며 또한 使用項目이 많기 때문에 自動制御를 要求하는 條件도 많다. 그러나 空調用 自動制御의 制御對象은 一般的으로 다음 네가지로 區分할 수 있다.

5. 空調用 自動制御 機器
6. 空氣調和裝置에의 自動制御機器의 應用
7. 中央監視裝置의 自動制御
8. 自動制御裝置의 管理와 補修

- (1) 溫度(Temperature)
- (2) 濕度(Humidity)
- (3) 壓力(Pressure)
- (4) 流動(Flow)

이상의 네가지 區分에서 다른 條件을 調節하는 結果로서 어떤 것은 直接으로 되는 것이 있고 다른 것은 間接으로 되는것도 있을 수 있다. 一般的으로 自動制御系統(system)은 制御를 必要로 하는 어떤 變化하는 狀態에 적용할 수 있다고 말할 수 있다.

필자는 本 題目을 몇회로 나누어서 現在 우리나라에 이미 설치되어 있고 또 앞으로 설치될 空調用自動制御裝置를 中心으로 해서 기초적 이론과 實際 應用面에 對해서 보다 쉽게 이해할 수 있도록 記述하고자 한다. 이 分野에 관계하시는 분이냐 앞으로 이分野에 흥미를 가지고 공부하실 분들에게 조금이라도 지식의 보탬이 된다면 필자로서는 마음 기쁘게 생각한다.

### 2. 用語의 解説

自動制御를 토의할 수 있기 위해서는 定義하여야 할 몇가지 用語들이 있다. 이 用語들이 아직 표준화되지 않고 있으므로 外國(日本, 美國)에서 使用되고 있는 것을 기초로 해서 설명하겠다.

○制御(Control): 어느 目的에 適合하도록 對象이 되어 있는 것에 所要의 操作을 加하는 것

○制御對象(Controlled system): 制御의 對象이 되는 것으로서 機械·프로세스·시스템의 全體 또는 一部가 여기에 해당된다.

○制御裝置(Control Device): 制御를 하기 위해서 制御對象에 附加되는 裝置.

○制御量(Controlled Variable): 制御對象에 속하는 量中에서 그것을 制御하려는 것이 目的으로 되어 있

\* 正會員, 現代設備株式會社技術部

는 量.

○目標值(Desired value) : 制御系에서 制御量이 어느 값(數值)을 유지하기 위한 目標로서 外部로부터 주어진 값 (定値制御에서는 이것을 設定值(Set Point)라고도 함), 쉽게 말하면 조절기의 눈금상에서 手動으로 맞추는 값. Thermostat에서는 유지하려고 하는 희망온도이다.

○檢出部(Primary means) : 制御對象, 環境, 目標 등으로 부터 制御에 必要한 信號를 檢出하는 部分. 바꾸어 말하면 制御量을 檢出해서 基準入力(Reference Input)로서 目標值를 나타내는 信號이며 制御의 基準이 되는 入力信號)과 比較할 수 있도록 된 部分.

○調節部(Controlling means) : 基準入力과 檢出部 出力을 기준해서 制御系가 所定の 動作을 하는데 必要한 信號를 만들어 내서 操作部에 보내는 部分 이 部分은 手動制御에서 人間の 頭腦에 해당되는 것으로서 制御裝置의 中心的 存在이다.

○操作部(Final Control element) : 調節器로부터의 信號를 操作量으로 바꾸어서 制御對象에 作動을 시키는 部分 이 部分은 手動制御에서 手動에 해당하는 것으로서 出力의 에너지는 크다.

○操作量(Manipulated Variable) : 制御를 하기위해서 制御對象에 加해지는 量으로서, 이것을 變化시키에 따라서 制御量을 支配할 수 있다. 例로서 蒸氣加熱器에 공급되는 蒸氣量이 이에 해당된다.

○主 피이드백信號(Primary Feedback) : 制御量의 數值를 目標值와 比較하기 위한 피이드백信號.

○外亂(Disturbance) : 制御系の 狀態를 혼란시키려는 外的 作用.

○制御系(Control System) : 制御對象이나, 制御裝置에서의 系統的 組合體.

○自動制御系(Automatic Control System) : 制御가 自動적으로 이루어지는 制御系.

○結合制御系(Combined Control System) : 2개 이상의 피이드백制御系가 結合해서 兩者間에 干涉이 있는 制御系.

○計裝(Instrumentation) : 測定·裝置, 制御裝置등을 裝備하는 것.

○手動制御(Manual Control) : 사람이 制御動作을 하는 制御.

○自動制御(Automatic Control) : 制御裝置에 의해서 自動적으로 하는 制御.

○피이드백制御(Feedback Control) : 피이드백에 의해서 制御量의 數值와 比較하고 이것과 一致하도록 訂正動作을 하는 制御. 피이드백은 閉루우프(Closed

Loop)를 形成해서 出力側의 信號를 入力側으로 되돌아 오도록 한다.

○定値制御(Constant-value Control) : 目標值가 一定한 制御.

○追從制御(Follow-up Control) : 目標值가 任意로 變化하는 制御.

○比率制御(Ratio Control) : 2個 以上の 量사이 어느 比率關係를 유지하는 制御.

○프로세스制御(Process Control) : 溫度, 流量, 壓力, 水位 및 濕度等과 같은 工業프로세스의 狀態量을 制御量으로 하는 制御.

○시퀀스制御(Sequence Control) : 이미 정해진순서에 따라서 制御의 各 段階를 逐次로 進行해가는 制御. 시퀀스제어에서도 다음 단계에서 이루어질 制御動作이 이미 정해져 있어서, 前 단계에서 制御動作을 完了한 후라든가 또는 動作後 一定 時間이 경과한 후에 다음의 動作으로 移行하는 경우라든가, 制御結果에 따라서 다음에 할 動作을 선정해서, 다음 단계로 移行해갈 경우 등 組合되는 일이 많다.

○計算制御(Computing Control) : 制御裝置內에 計算機를 納入해서 高度의 機能을 利用하는 自動制御.

○샘플值制御(Sampled-Data Control) : 制御系의 一部에 샘플링에 의해서 얻어진 間歇的 信號를 使用하는 制御.

○카스케이드制御(Cascade Control) : 피이드백制御系에서 1次 調節器의 出力信號에 의해서 2次 調節器의 設定值를 움직이게 하는 制御.

○遠隔制御(Remote Control) : 特定한 장치를 使用해서 서로 떨어져 있는 構成要素間에 信號의 授受나 操作을 할 수 있도록 한 制御.

○自力制御(Self-Operated Control) : 操作部를 움직이는데 必要한 에너지를 制御對象으로부터 直接얻어서 하는 制御.

○他力制御(Power-actuated Control) : 操作部를 움직이는데 必要한 에너지를 補助에너지源으로부터 얻어서 하는 制御.

○靜特性·動特性(Static-Dynamic Performance) : 어느 系에서 各部의 狀態가 一定한 경우의 特性을 靜特性이라고 하고, 平衡狀態가 變化한 경우에 變化量이 크기 뿐만 아니라 時間的으로 어떻게 平衡狀態로 떨어지는가를 알 必要가 있다. 이 경우의 特性을 動特性이라고 한다.

○殘留備差(Steady-state error) : 目標值나 外亂의 平衡値로부터 急變後, 制御系가 定常狀態로 돌아 왔어도 그대로 남는 備差로서, 스텝(Step)狀으로 變化하

는 경우의 殘留偏差를 특히 오프셋(Off set)라고 한다. 即 負荷가 變하면 操作信號를 바꾸기 위해서는 制御量의 偏差가 變한다. 이 偏差가 負荷에 對應해서 一定偏差로서 남는 경우이다. 殘留偏差를 定常偏差라고도 한다. 2位置의 溫度조절기(Thermostat)에서는 드루푸(Droop)라고도 한다.

○싸이클링(Cycling) : 피드백을 갖는 連續制御系에서는 調整여하에 따라서 制御量이 周期的으로 變化하는 狀態로 되는 일이 있다. 또한 2位置制御에서는 操作量이 斷續되기 때문에 制御量이 周期的으로 變動을 일으킨다. 이와 같이 제어량이 주기적인 변화를 하는 것을 싸이클링이라고 하며, 이와 같은 상태가 제어상 좋지 않을 때는 亂調(Hunting)라고 한다.

○設定值(Set point) : 조절기의 눈금상에서 手動으로 마추는 값(值) 即 온도조절기에서 유지하려고 희망하는 온도.

○調節值(Control Point) : 유지되고 있는 실제值 또는 溫度, 加熱系統에서 이것은 室內의 실제온도가 된다.

○偏差(Deviation) : 어느 순간에서 設定値와 制御量의 값과의 差.

○動作隙間(Differential 或은 Differential Gap) : 2位置動作에 적용되는 것으로서, 操作部를 이동시키기 위해서 두개의 이동가능 위치에서 한 곳에서 타위치로 제어량이 통과해야 할 미소한 범위를 말한다.

○比例帶(Proportional Band) : 操作器가 작동하여야 할 全작동범위에 對應하는 動作信號의 값의 범위. 보통 모듈레이팅범위(Modulating Range) 또는 스트로틀링범위(Throttling range)로도 불려진다.

○래그(LAG) : 時間遲延이라고 하며 傳達지연(Transfer Lag)과 데드타임(Dead time)으로 나눈다. 入力이 느릴狀으로 變化를 할 때 이에 對한 應答이 어느 程度의 結果가 나타나려면 時間의 지연이 있지만 實際로는 出力은 마추워 나가면서 變化를 시작하는 경우가 많다. 이와 같은 結果를 얻을때 까지의 時間을 전달지연이라고 하며, 入力이 變해도 어느 時間동안은 전혀 出力에 變化를 주지 않는 時間을 데드타임이라고 한다.

### 3. 自動制御의 型式

自動制御裝置는 設節部로부터의 動作信號에 따라서 操作部를 驅動할 때 그 動作에 의해서 制御裝置의 型式을 分類하면 다음과 같다.

#### 3.1 2位置動作(ON-OFF 或은 Simple Two Position Action)

動作信號의 正(+), 負(-)에 의해서 操作量의 全量을 ON으로 하느냐 或은 完全히 OFF로 하느냐의 그動作만을 選擇하는것.

理論的으로는 實際値가 目標値보다 떨어져 있으면 틀림없이 信號를 내는 것이 可能하지만, 實際에 使用되고 있는 릴레이나 電氣接點等은 本質的으로 히스테리시스가 있다는것을 생각하여야 한다. 이 때문에 動作信號가 目標値(0)로부터  $+\Delta$  만큼 正(+)으로 되어야 비로서 OFF상태에서 ON으로 되며 일단 ON으로 되면 動作信號가  $-\Delta$ 으로 될 때까지는 ON이 OFF로 되지 않는다.

그림, 1에서  $+\Delta$ 와  $-\Delta$ 의 絶대치는  $2\Delta$ 가 된다. 이것을 動作隙間(Differential)이라고 한다. 이 動作方式은 操作部가 2位置(0에서 100%)만을 취하기 때문에 目標를 기준으로 해서 制御量의 周期的 變化를 하는 싸이클링이다.

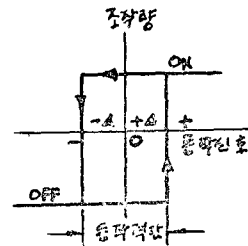


그림 1. 동작격간이 있는 2위치동작

#### 3.2 平均 2位置 或은 斷續 2位置動作(Timed Two Position Action)

室溫을 定値制御로서 할 경우 室溫의 周期的 變動을 抑制하기 위해서는 前項의 ON-OFF의 時間幅이나 周期를 室溫의 變動에 倏아서 變化시키는 動作을 말한다 即 ON-OFF의 周期가 1:3인 制御系에서는 ON時間이 10分:OFF時間을 30分 취하면 全 熱量變化의 比率로 보아서는 ON時間 2分:OFF時間6分과 같은 것이 된다. 그러므로 이것을 細分할수록 溫度變動의 振幅은 적어지며 連續制御系와 유사한 結果를 얻는다. 實際에는 電氣式溫度調節器의 바이메탈檢出部の 옆에 작은 電氣容量의 可變加熱히터(Anticipation Heater:豫熱히터)를 使用해서 熱的自動振動機構를 갖도록 되어 있는 것이 使用된다. 그림 2는 2位置動作과 斷續 2位

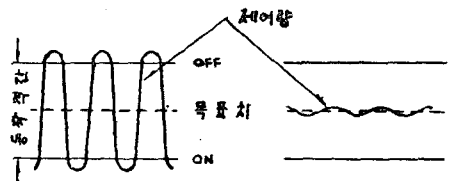


그림 2. 단순 2-위치동작과 계속 2-위치동작의 비교

置動作의 제어량을 비교한 것이다.

### 3.3 多位置動作(Step Action)

2位置動作에서 訂正動作의 크기를 緩和하기 위한 目的으로 動作信號의 크기에 應해서 操作量을 몇개의 단 계로 나누어서 3개 以上の 定해진 값 가운데서 한개만 취하도록 한 動作이다. 그림 3은 多位置動作의 한例(3位置動作)이고 그림 4는 3位置動作과 발브開도의 關係이다.

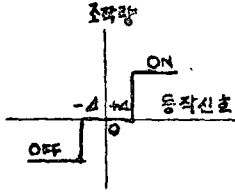


그림 3. 다위치 동작의 예(3위치동작)

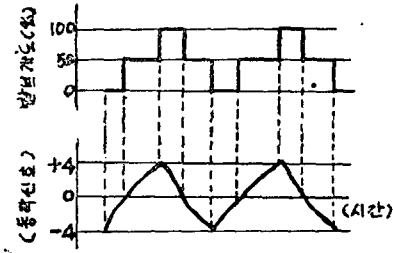


그림 4. 3위치동작과 발브개도의 관계

### 3.4 速度動作(Floating Action)

動作信號의 크기에 따라서 操作量이 一定速度를 가지고 變化를 계속한다. 特히 單速度 動作은 信號의 正(+), 負(-)에 따라서 操作部가 單一速度로 움직인다.

實際로는 2位置 動作으로서 動作隙間에 해당하는 中立帶(Neutral-Zone)를 가지게 하여 싸이크링의 減少를 目的으로 한 것임. 그러므로 動作信號가 中立帶를 넘어서 + 或은 -의 動作信號를 내면 操作器는 一定速度로서 천천히 0이나 100%의 位置로 움직인다. 또한 動作信號가 中立帶內에 있을 동안은, 信號가 中立帶에

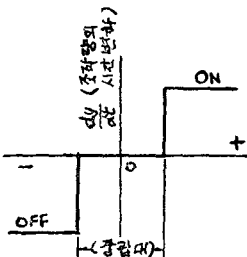


그림 5. 중립대를 갖는 단속도 동작

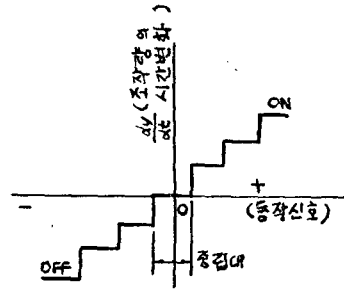


그림 6. 단속도동작의 예

突入한 순간은 조작부의 位置를 그대로 계속 유지한다 그러므로 操作部가 움직이는 速度의 選定이 重要な 事項이 된다. 그림 5는 中立帶를 갖는 單速度 動作이고 그림 6은 2個 以上の 速度를 操作部가 취할 수 있는 多速度 動作의 一例이다.

### 3.5 積分動作(Integral action)

速度動作에서 볼 수 있는 多速度 動作의 階段狀의 特性變化를 다시 細分해 가면 直線狀의 變化를 얻을 수 있다. 이것을 分析하면 動作信號가 클수록 操作부의 速度는 빠르게 됨을 알 수 있다. 이것은 操作부의 速度가 動作信號의 크기에 比例하기 때문임으로 이것을 比例速度動作(Proportional speed floating Action)이라고 한다. 이것은 또한 操作量 變化와 動作信號와 의 關係를 보면 操作량의 時間변화가 動作信號에 比例하기 때문에 動作信號의 積分值를 취하면 이것이 조작

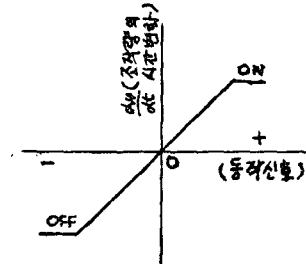


그림 7. 적분동작(1)

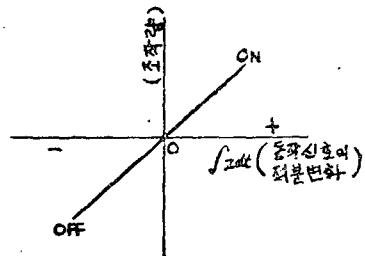


그림 8. 적분동작(2)

량 變化에 比例함을 알 수 있다. 이때문에 積分動作이라고 하며 어느 負荷에 對해서도 좋은 訂正動作이 끝날 때까지 動作이 지속한다는 特點이 있으므로 다음 項에서 말할 比例動作에서 생기는 오프셋現象을 除去할 수 있다. 그림 7,8은 積分動作의 한 例이다.

### 3.6 比例動作(Proportional action)

時間的 性質에 따라서 位置比例 動作(Position proportioning)과 時間比例 動作(Time Proportioning)으로 分類된다. 一般의 比例動作이라 하면 位置比例를 말하는 경우가 많다. 여기서는 位置比例 動作에 對해서만 말하겠다.

多位置動作에서 볼 수 있는 스텝狀의 特性을 다시 細分해서 增加한 것이라고 보면 좋다. 操作量이 動作信號의 現在值에 比例하고 있으므로 比例動作이라고

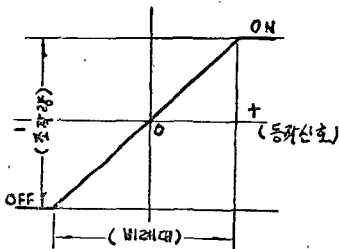


그림 9. 2위치 비례동작

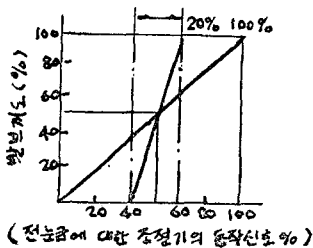


그림 10. 비례대와 발보개도와의 관계

한다. 이때문에 조작부의 스킵스트로오크에 對應하는 動作信號의 값의 範圍가 必要하며 이것을 比例帶라고 한다. 比例帶는 調節器의 눈금법위의 100分率로서 나타내는 것이 精確하지만 때로는 간단한 조절기에서는 制御量을 그대로 使用하는 경우가 있다. 即 10°C, 或은 50%RH등으로 表現해서 使用한다. 그림 9 및 10은 比

例動作에 對한 例이다.

### 3.7 微分動作(Differential Action)

간단히 설명하면 제어편차의 시간에 대한 미분치에 비례해서 조작량을 내는 動作이다. 다시 말하면 微分動作은 제어편차의 경향에 기준해서 조작량을 내는 動作을 함으로 未來를 豫測해서 操作량을 내는 制御동작이라고도 한다.

### 3.8 組合動作(重合動作)

線形 動作을 各種 組合한 것으로서 보통 比例動作과 組合한 것이 實用化 되고 있다. 即 比例+積分(Proportional+Integral, 略해서 PI라함), 比例+微分(PD), 比例+積分+微分(PID) 등이 있으며 이의 說明은 다른 機會에 하겠다.

### 3.9 複合制御系

制御對象의 特性이 간단한 것이면 單一-루우부의 制御系로서도 充分하지만 특성이 복잡해지면 單一-루우부의 제어제로서는 제어할 수 없게 되며 결국은 複合 制御系가 要求된다. 複合 制御系는 다음과 같이 分類된다.

- (1) 外亂檢出系, 外亂制御系, 比例制御系 및 기타
- (2) 카스케이드制御系, 멀티피이드백→1操作量系, 多操作量→1피이드백量系, 相互干涉이 있는 多變數 制御系
- (3) 上記 1~2의 組合系.

이중에서 空調의 自動制御에 적용할 수 있는 것으로 是 外亂檢出系, 外亂制御系 및 카스케이드制御系이다. 이하 설명은 略하겠음.

### 3.10 시퀀스制御

空調의 分野에서 널리 사용되고 있는것은 보일러, 펌프 및 냉동기등이 추가 되어 動力關係에 한하며, 이것은 一定한 순서에 따라서 制御의 각 단계를 逐次로 進行해 가는 制御이다.

### 3.11 計算制御(Computing Control)

建物の 高層化와 사무室化에 따라서 여기에 수반되는 空調設備도 복잡하게 되고 이를 관리 運營하는데 있어서도 많은 시간과 노력이 必要하게 되었다.

그러나 다행히도 計算機의 급속한 발달로 인해서 이를 空調설비에 利用함으로써 正確한 自動制御, 經濟的 運營 관리, 安全을 도모할 수 있게 되었다.(次號繼續)