

溫度計測과 制御

崔 泓 基*

※ (12節 殘餘分은 前面 参照)

13. 溫度調節計의 原理

1. 熱電對入力

(1) 偏位法에 의한 溫度測定

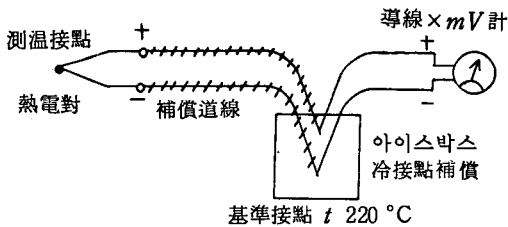


그림 13-1-1 熱電對에 의한 溫度測定

熱電對로서 간단하게 溫度를 測定하는 것은 그림 13-1-1 과 같이 아이스박스 등으로 基準接點(冷接點)을 0°C로 하여 mV 針로 測溫接點(溫接點) t_1 °C 때의 熱起電力을 읽는다. 그래서 熱起電力表에 의해 溫度를 알 수 있다. 지금 그림 13-1-2 처럼 아이스박스 대신 電氣的으로 起電力을 가하여 基準接點의 溫度 t_2 °C 에 의한 誤差를 補正하였다. 또 mV 計의 눈금을 온도로 표시하면 간단한 熱電對用的 溫度計가 될 수 있다.

(2) 零位法에 의한 溫度測定

그림 13-1-3 에 電位差計를 설치한 溫度指示

* 正會員 現代設備(株)

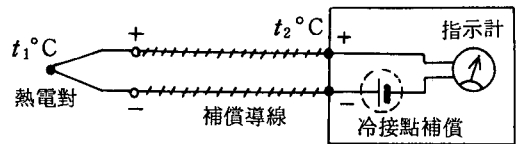


그림 13-1-2

計의 原理圖를 표시했다. 이것은 零位法에 의한 測定法이다. E는 定電壓電源, R_4 는 電氣的인 冷接點補償역할을 하는 抵抗이다. 計器의 周圍溫度 t_2 가 變化하면 R_4 의 抵抗值도 比例하여 變化한다.

R_2 는 $t_2 = 0^\circ\text{C}$ 일때 R_4 에 의한 電壓降下를 없애는 抵抗이다.

R_1, R_3 는 각각 R_2, R_4 에 흐르는 電流 I_1, I_2 를 調整한다.

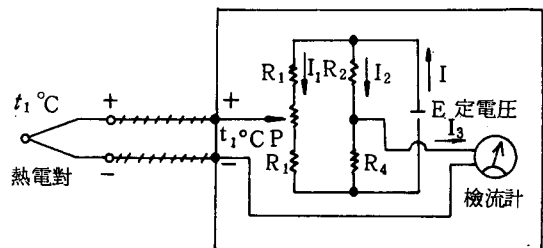


그림 13-1-3 指示計 原理圖(電位差計回路)

P는 포텐쇼미터(可變抵抗器)로 檢流計 G에 흐르는 電流 I_3 를 調整하기 위한 것이다. 지금 $t_2 = 0^\circ\text{C}$ 일때를 생각하면 R_4 에 의한 電壓降下

$I_2 \cdot R_4$ (冷接點補償)는 R_2 에 의한 電壓降下 $I_2 \cdot R_2$ 로 지워진다. 그래서 그림 13-1-3 의 回路는 그림 13-1-4 처럼 간단히 된다.

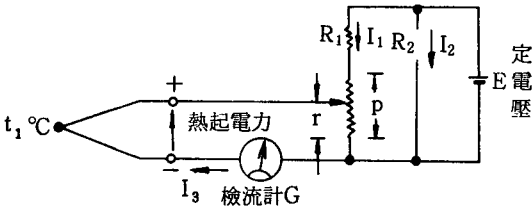


그림 13-1-4 電流差計 回路에 의한 溫度測定

檢流計 G 에 흐르는 電流 I_3 가 零이 되도록 포텐쇼미터 P 의 와이퍼를 움직인다. 이때 $E = I_1 (R_1 + P)$ 이므로 熱電對에 의한 熱起電力은

$$e = I_1 \cdot r \frac{r}{R_1 + P} E \text{로 구해진다. } \frac{r}{R_1 + P} E$$

를 포텐쇼미터 P 에 눈금을 표시함으로 잘 알수 있으나 이것을 溫度로 환산하여 눈금으로 표시하면 t_1 °C 의 溫度를 읽을 수 있다.

(3) 溫度調節計의 原理

그림 13-1-5 에 溫度指示調節計의 블록線圖를 표시한다. 그림 13-1-3 의 電位差計 回路의 出力은 直接檢流計에 넣어 프리엠프로 信號를 增幅한다. 그래서 增幅된 信號로 溫度指示計를 움직임과 同時에 스위칭 回路를 動作시켜 出力 릴레이를 ON-OFF 시킨다. 그래서 이 ON-OFF 接點信號로 操作器를 驅動시킨다.

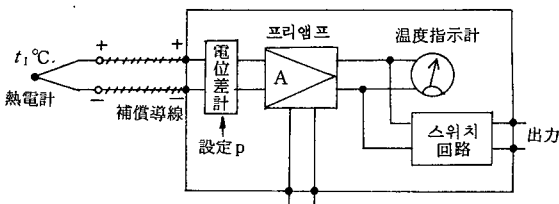


그림 13-1-5 溫度指示調節計의 블록線圖

2. 測溫抵抗體入力

(1) 偏位法에 의한 溫度測定

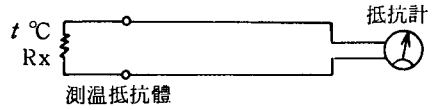


그림 13-2-1 測溫抵抗體에 의한 溫度測定

白金이나 니켈등의 測溫抵抗體는 溫度가 높아지면 抵抗體가 增加하므로 測溫抵抗體의 抵抗值를 測定하면 抵抗值表에 의하여 그때의 溫度를 알 수 있다. 例로는 $P, 100 \Omega$ 은 0°C 때에 抵抗值가 100Ω 이다. 그런데 溫度가 1°C 上昇함에 따라 約 0.4Ω 씩 抵抗值가 增加한다.

지금 $t^\circ\text{C}$ 때 抵抗值가 110Ω 으로 됐다면 溫度는 約 25°C 가 된다는 것을 알 수 있다.

(2) 零位法에 의한 溫度測定

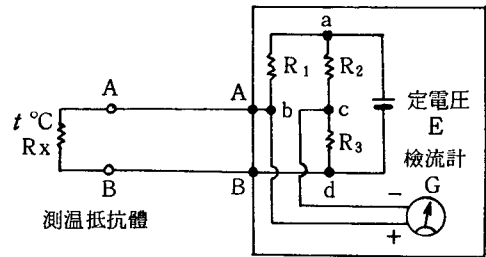


그림 13-2-2 溫度指示計 原理圖

그림 13-2-2 에 휘트스톤 브리지를 使用한 溫度指示計의 原理圖를 나타낸다.

지금 測溫抵抗體 R_x 를 $P, 100 \Omega$ 로 하면 0°C 때에 100Ω 이 된다.

또 브리지의 각변의 R_1, R_2, R_3 는 0°C 때 이 브리지가 배런스 되도록 선택한다.

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot 100 \dots\dots\dots ①$$

$$(R_x = 100 \Omega \text{ AT } 0^\circ\text{C})$$

이 때 b 와 c 의 電位는 같기 때문에 檢流計 G 에 흐르는 電流는 $I_0 = 0$ 이다.

여기에서 溫度가 0°C 보다 높아지면 $R_x > 100 \Omega$ 으로 되므로 ①式은

$$R_1 \cdot R_3 < R_2 \cdot R_x \dots\dots\dots ② \text{로 된다.}$$

그래서 b 의 電位가 c 의 電位보다 높게되어 I_0 는 b 에서 c 로 흐른다. 그래서 檢流計 G 의 마늘은 +側으로 움직인다.

이 檢流計를 電流值 대신에 溫度로 눈금을 표시해두면 이 때의 溫度 $t^{\circ}\text{C}$ 를 알 수 있다.

(3) 溫度調節計의 原理

그림 13-2-2 또는 그림 13-2-3에 있는 R_2

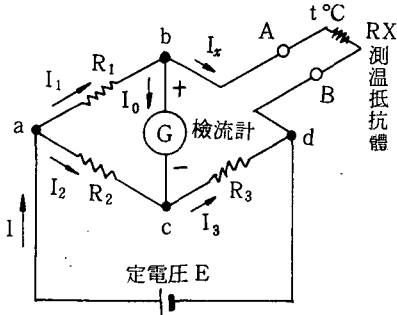


그림 13-2-3 휘트스톤브리지

를 設定用 포텐쇼미터(可變抵抗器)라 하며, 브리지의 出力을 直接檢流計에 넣어 프리앰프로 信號를 增幅한다. 이 프리앰프 出力으로 溫度指示計를 움직이며 또 스위칭 回路로 出力 릴레이를 ON-OFF 시킨다.

그림 13-2-4에 溫度指示調節計의 블록線圖를 표시한다.

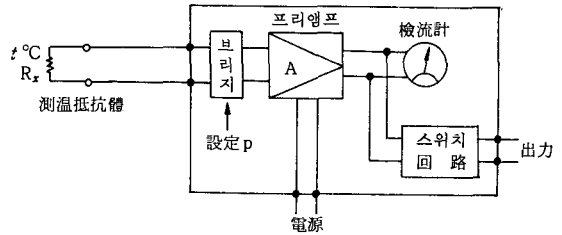


그림 13-2-4 溫度指示調節計의 블록線圖 (RTD式)

14. 制御動作과 溫度調節計

制御動作	溫度調節計出力	溫度調節計와組合되는操作器	制御對象
二位直制御 (ON-OFF制御)	SPDT 릴레이 接點	電磁開閉器 (릴레이)	電氣加熱器
		電磁밸브	水, 水蒸氣, 깨스 重油等の 流體
時間比例制御	SPDT 릴레이 接點	電磁開閉器 (릴레이)	電氣加熱器
	TRIGGER PULSE (無接點)	SCR, TRIAC	
二段二位置制御	SPDT+SPDT 릴레이 接點	電磁開閉器 (릴레이)	電氣加熱器
	SPST+SPST	電磁밸브	水, 水蒸氣, 깨스 重油等の 流體
位置比例制御 (PI動作)	SPST+SPST 릴레이 接點	電動操作器 電動調節밸브	水, 水蒸氣, 깨스 重油等の 流體
位置比例制御 (PID動作)			
電流出力 PID制御	DC 4~20 mA	空氣式調節밸브	水, 水蒸氣, 깨스 重油等の 流體
電流出力 PID+HIGH·LOW LIMIT	DC 4~20mA LIMIT 出力은 SPST+SPST 릴레이 接點	SCR, TRIAC	電氣加熱器

15. 二位置(ON-OFF)制御

(1) ON-OFF 動作

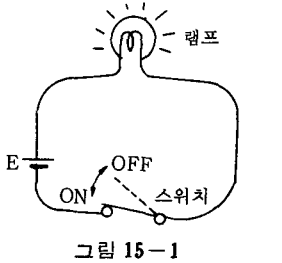


그림 15-1

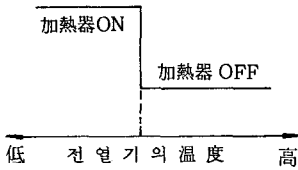


그림 15-2 電熱器加熱器

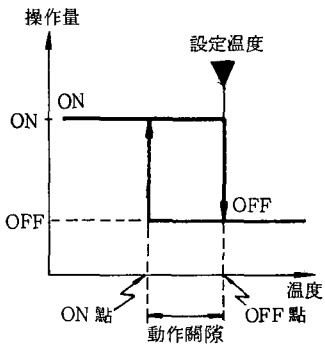


그림 15-3

ON-OFF 動作은 우리를 주위에 대단히 많다. 예로는 家庭用電氣의 스위치를 넣었다(ON) 끊었다(OFF) 하는 것도 一種의 ON-OFF 動作이다. 그러나 여기에서 ON-OFF 動作이라고 하는 것은 사람의 손을 빌리지 않고 행하는 것으로 電熱器처럼 熱이 높아지면 自動적으로 끊기고 또 차가워지면 自動적으로 넣어지는 것을 말한다.

電熱器 加熱器가 ON-OFF 되는 動作도 實際는 그림 15-3 처럼 ON-OFF 의 領域은 오버랩(OVER LAP) 하는 것이 普通으로 이것을 動作間隙(DIFFERENTIAL)이라 한다.

(2) ON-OFF 의 制御結果

加熱器의 ON-OFF 制御를 例로 들면 制御結

果는 그림 15-4 처럼 設定値에 도달하면 A에서 加熱器는 끊어져 溫度가 내려가고 設定値보다 낮게 내려가면 B에서 加熱器는 넣어진다. 이런 동작으로 制御結果는 그림의 點線처럼 加熱器 ON의 點과 OFF의 點의 사이에 있게 된다.

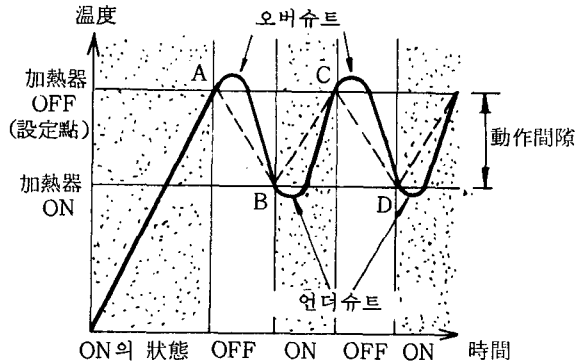


그림 15-4

그러나 實際는 그림의 實線처럼 檢出端의 檢出지연이나 裝置의 熱傳達지연, 熱容量에 의한 영향등에 의해 加熱器가 OFF 되는 위치에 갔어도 일시적으로 溫度上昇이 계속되고 또 溫度가 내려가 ON 되는 위치에 갔어도 일시적으로 溫度下降이 계속되는 것이 보통이다.

여기서 設定値를 上廻하는 것을 오버슈트(OVERSHOOT) 設定値를 下廻하는 것을 언더슈트(UNDERSHOOT) 또 그림처럼 制御結果가 파동하는 것을 사이클링(CYCLING) 이라고 한다. 특히 사이클링이 커서 制御가 좋지 않은 것을 헌팅(HUNTING)이라고 한다.

(3) 實際의 ON-OFF 制御

普通電熱器의 加熱器는 바이메탈등을 使用하여 ON-OFF 制御를 하고 있다. 工業用에는 可動코일 發振式이나 電子式의 溫度調節計를 사용하여 릴레이 接點을 開閉시켜 電氣加熱器나 電磁밸브를 ON-OFF 制御한다.

動作間隙의 設定은 좁게 設定하는 경우 빈번히 ON-OFF 動作을 반복하므로 一般으로 制御性은 좋게 된다. 그러나 너무 좁게 設定하면 電磁開閉器나 電磁밸브의 수명이 짧게 되므로 주의할 必要가 있다.

負荷에 대하여 電氣加熱器의 容量이 큰 경우 또 電磁밸브 口徑이 큰 경우는 헌팅할 緣려가 있으므로 動作間隙은 넓을 필요가 있다.

16. 時間比例制御(TIME PROPORTIONING)

(1) 時間比例制御

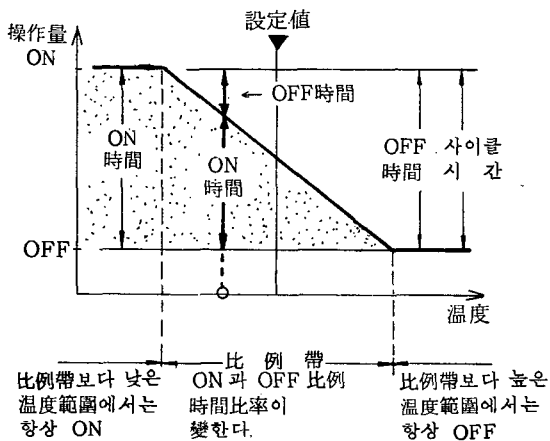


그림 16-1 時間比例制御

時間比例制御란 一種의 ON-OFF 制御이다. 設定値를 中心으로 한 比例帶의 안에서 ON과 OFF의 時間의 長이를 偏差에 比例시켜 바꾸어 준다.

지금 사이클시간(ON과 OFF의 1사이클의 時間)을 10秒로 한다면 比例帶보다 낮은 溫度範圍에서는 항상 ON의 狀態로 되어 있다. 또 比例帶보다 높은 溫度範圍에서는 항상 OFF의 狀態로 되어 있다.

比例帶內에서는 ON과 OFF의 時間比率를 變化시키므로, 例로 設定溫度보다 낮은 경우는 ON時間이 7秒, OFF時間이 3秒가 되는 것처럼 ON의 시간이 길어진다.

制御溫度(엄밀히는 檢出溫度)가 設定溫度에 도달하면 ON의 時間도 OFF의 時間도 5秒로 같게 된다.

(2) 時間比例의 制御結果

여기서 時間比例의 制御結果를 ON-OFF의

制御結果와 比較해 보자.

電氣加熱器에 의한 制御結果를 생각해 보면 ON-OFF 制御의 경우 加熱器는 ON點과 OFF點(設定點)에서 바뀌기 때문에 自然히 檢出지연 등에 의하여 오버슈팅(OVER SHOOTING)이 많아진다.

여기에 比하여 時間比例는 比例帶內에서 偏差에 比例하여 ON과 OFF의 時間比率를 變化시키므로 ON-OFF 制御에 比하여 오버슈팅이 작아진다.

실제의(검출)온도		操 作 量
비례대보다 낮은 온도		항상 ON
비례대 내	설정치보다 낮을 때	ON이 길고 OFF가 짧다.
	설정치	ON과 OFF 시간이 같다.
	설정치보다 높을 때	ON이 짧고 OFF가 길다.
비례대보다 높은 온도		항상 OFF

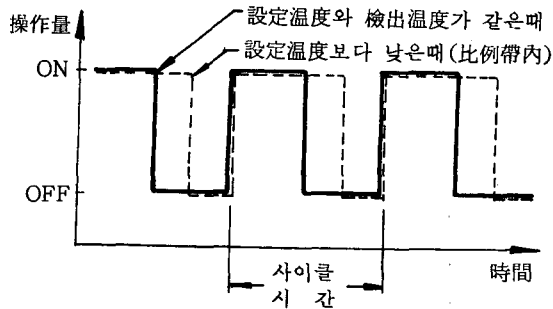


그림 16-2 時間比例制御의 制御狀態

(3) 實際의 時間比例制御

時間比例制御는 電氣加熱器의 制御에 쓰인다. 一般的으로 比例帶는 좁게 하면 ON-OFF 制御에 가까워져 制御結果는 나쁘게 된다. 比例帶를 넓게 하면 制御는 安定하나 殘留偏差(계속되는 設定溫度와 制御溫度의 차이 比例帶의 外에서는 나타나지 않는다)가 있는 경우는 이것이 커지게 된다.

또 사이클링을 짧게 하는 경우는 制御結果는 좋게 되나 電磁開閉器의 수명이 짧게 된다.

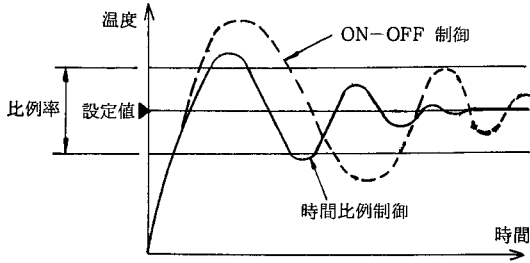


그림 16-3 ON-OFF와 時間比例의 制御結果

17. 二段二位置制御

(1) 二段二位置制御

二段二位置制御란 二位置制御가 2段 있어 각각 別個로 制御할 수 있는 것을 말한다.

지금 5kw의 加熱器를 使用하여 水槽의 溫度를 70°C로 制御하는 경우를 생각해 보자. 그림 17-1처럼 ON-OFF 動作 調節計로 70°C에 設定하면 水溫이 70°C로 될때까지 加熱器는 ON으로 되어 있다.

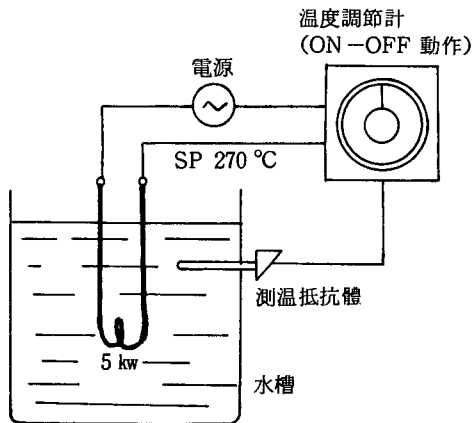


그림 17-1 ON-OFF에 의한 水槽의 溫度制御

그러나 實際로는 測溫抵抗體檢出 지연이 있고

加熱器의 熱容量도 크기 때문에 큰 오버슈트가 생긴다. 또 加熱器가 OFF되어 溫度가 70°C以下로 내려가도 마찬가지로 檢出지연이 있기 때문에 큰 언더슈트가 생긴다. 그래서 이 오버슈트나 언더슈트를 작게 하기 위하여 그림 17-2처럼 二段二位置의 調節計를 使用하여 加熱器도 4Kw와 1Kw의 2段을 두어 각각 別個로 制御한다.

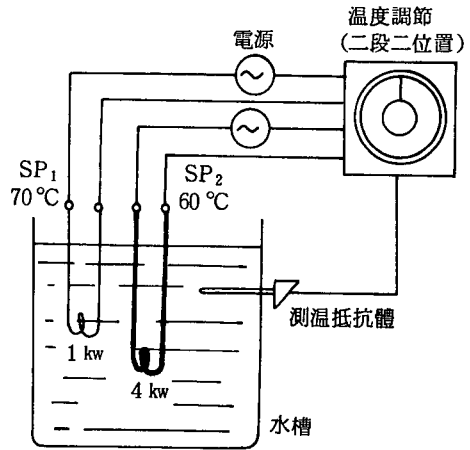


그림 17-2 二段二位置에 의한 水槽의 溫度制御

먼저 第1設定 SP₁을 70°C에 設定하고 1 Kw의 加熱器를 制御한다. 第2設定 SP₂는 60°C에 設定하여 4 Kw의 加熱器를 制御한다.

그리하여 60°C까지는 4 Kw와 1 Kw (總容量 5 Kw)의 加熱器가 ON으로 되지만 60°C를 넘으면 4 Kw의 加熱器가 OFF되고 1 Kw의 加熱器만이 ON되어 있다.

당연히 5 Kw의 加熱器로 制御할때 보다 加熱器의 용량이 작기 때문에 溫度上昇은 지금까 지보다 적게 된다.

水溫이 70°C에 도달해도 오버슈트, 언더슈트는 작은 만큼 安定된 制御를 하게 된다.

이 경우 最初부터 1 Kw의 加熱器만으로 制御하면 70°C에 도달하기까지 安定性은 좋게 되 겠지만 70°C에 도달하기까지 時間이 상당히 오래 걸린다.

(2) 實際의 二段二位置制御

二段二位置制御는 위의 例에서처럼 加熱器

등을 二段으로 나누어 制御하는 것 외에 第2設定을 警報用으로 使用하는 것도 可能하다. 例로는 第1設定으로 電磁밸브를 驅動하여 깨스爐를 700°C로 制御하고 싶을때 電磁밸브 故障等으로 800°C 以上으로 되면 危險하므로 第2設定을 800°C로 設定하여 上限警報로 使用하는것 같은 경우이다. 물론 下限警報로 使用하는 것도 可能하다.

그러나 一般的으로는 警報用은 별도의 計器를 使用하는 것이 바람직하다.

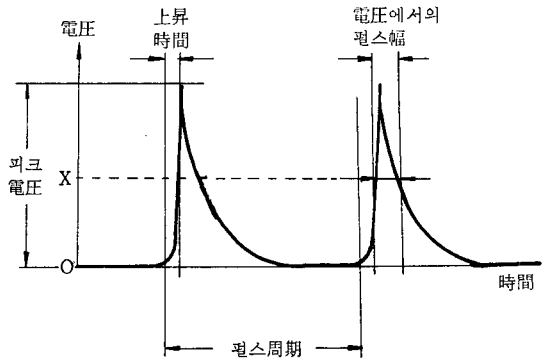


그림 18-1 트리가펄스

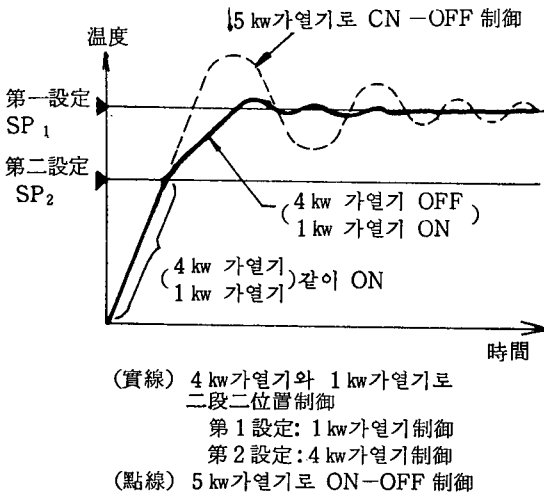


그림 17-3 二段二位置制御의 制御結果

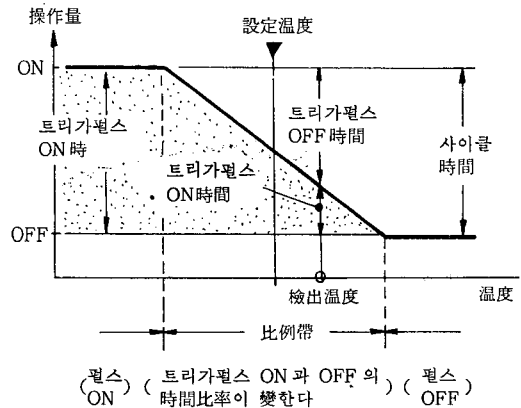


그림 18-2 펄스出力時間比例制御

18. 펄스出力時間比例制御

(1) 펄스出力時間比例制御

펄스出力時間比例制御는 出力端子로부터 그림 18-1과 같이 펄스信號가 나온다.

이제 그림 18-2를 보면 알 수 있는 바와 같이, 檢出溫度가 比例帶보다 낮은 범위에서는 出力은 ON으로 펄스信號가 계속 나온다. 또한 比例帶보다 높은 溫度範圍에서는 出力은 OFF으로 펄스信號는 나오지 않는다.

檢出溫度가 設定溫度를 中心으로 하여 比例帶內에 있을 때는 出力펄스 ON과 OFF의 時間比率이 變한다.

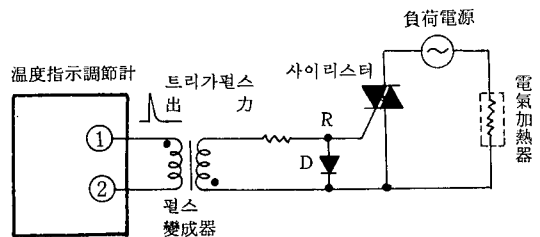


그림 18-3 사이리스터를 使用한 電氣加熱器의 制御回路

(2) 사이리스터에 의한 電力制御

그림 18-3은 사이리스터를 使用한 電氣加熱器의 制御回路 例이다. 트리가펄스를 사이리스터

터의 게이트에 印加하면 사이리스터는 ON이 되어 電氣加熱器에 電源을 供給한다.

그리하여 사이리스터의 아노드, 캐소드 間的 電壓이 零이 될때까지 加熱을 계속한다.

그림 18-4는 사이클시간이 1.5초인 펄스出力時間比例制御 調節計의 動作例이다.

(3) 펄스出力의 長點

트리거펄스 出力으로 사이리스터를 驅動할 때

진 모터와 組合되어 調節밸브나 댐퍼를 比例制御한다. 調節計의 信號에 의해 모터는 회전하고 이 회전位置는 모터의 피드백 抵抗에 의해 調節計에 피드백된다.

지금 位置比例制御의 調節器로 電動調節밸브를 開閉하여 重油나 가스燃燒爐의 制御를 하는 경우를 생각한다.

設定溫度는 700 °C, 比例帶는 設定 ±100 °C

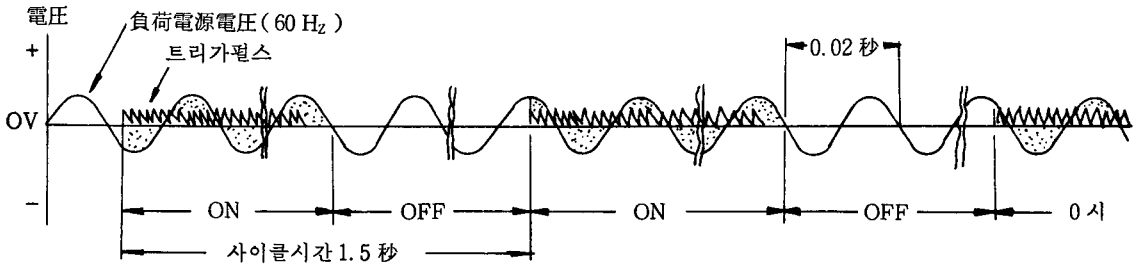


그림 18-4

는 릴레이 接點出力과 比較하여 다음과 같은 長點이 있다.

- i) 사이클時間이 대단히 짧으므로 制御精度를 높일 수 있다.
- ii) 사이리스터는 機械的 可動部가 없는 無接點이므로 壽命이 半永久의이다.
- iii) 사이리스터는 半導體이므로 應答速度가 빠르다.

19. 位置比例制御 (POSITION PROPORTIONING)

(1) 位置比例制御

檢出溫度와 設定溫度의 差(偏差)에 比例하는 操作量을 움직이는 制御動作 二位置制御에서는 이 偏差가 +(PLUS)이건 -(MINUS)이건 결국은 實際의 溫度가 設定値보다 크나 작으나 만을 問題로 하고 偏差의 크기는 問題로 하지 않지만 位置比例制御는 偏差의 플러스, 마이너스와 함께 그 크기에 따라 操作量의 움직이는 방향과 크기가 변화한다. 位置比例制御의 調節計는 어느 一定抵抗值(例 135 Ω)의 피드백 抵抗을 가

(600 ~ 800 °C)의 範圍로 하면 熱電對에 의한 檢出溫度가 比例帶보다 낮은 때는 모터의 開度는 100%(全開)로 되어 있다. 600 °C 以上이 되어 比例帶內에 들어가면 偏差에 比例된 操作量을 움직인다.

예로 檢出溫度가 642 °C때 모터의 開度는 79%이다. 設定溫度에 도달하여 偏差가 없어지면 開度는 50%로 된다. 다시금 設定溫度를 넘어 높아지면 모터는 서서히 닫혀서 800 °C 以上이 되면 開도가 0%(全閉)로 된다. 여기서 比例帶라고 하는 것은 操作量이 0 ~ 100%까지 變化하는 範圍이다.

(2) 二位置(ON-OFF)制御와의 比較

二位置制御에서는 設定値를 경계로 하여 ON, OFF 하여 결국은 100% 또는 0%중 어느쪽의 操作量밖에 취하지 못한다. 그러나 位置比例制御에서는 比例帶內에서 偏差에 比例하여 操作量이 0 ~ 100%까지 連續적으로 變化한다. 또 比例帶의 幅을 바꿈으로 同一偏差에 대한 操作量을 자유롭게 變化시킨다. 比例帶는 너무 좁게 하면 二位置制御에 가깝게 된다. 약간의 溫度變化에 비하여 操作量이 크게 변하는 사이클

링이나 헌팅이 된다.

比例帶는 넓게하면 偏差 減少가 완만하게 되어 制御는 安定된다. 다만 殘留偏差(OFFSET)가 있을 때는 이것이 크게 된다.

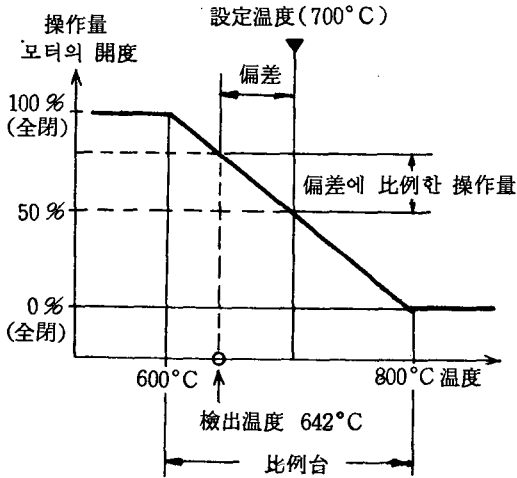


그림 19-1 位置比例制御

가 같아도 溫度가 上昇할 때와 下降한 때는 모터開度가 달라진다. 이 開度差는 不感帶를 작게하면 적어진다.

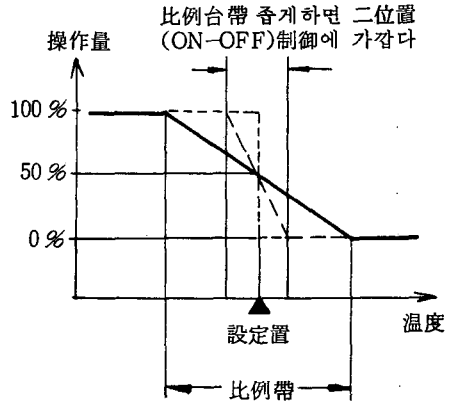


그림 19-3 位置比例制御와 二位置制御의 比較

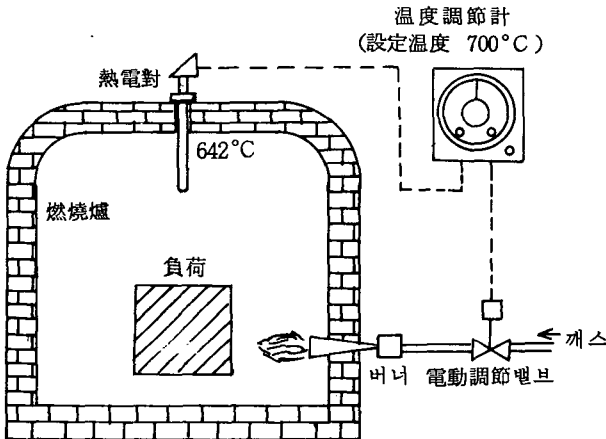


그림 19-2 燃燒爐의 制御例

모터가 한 段階 修正動作을 일으키기 위하여 必要한 溫度變化量

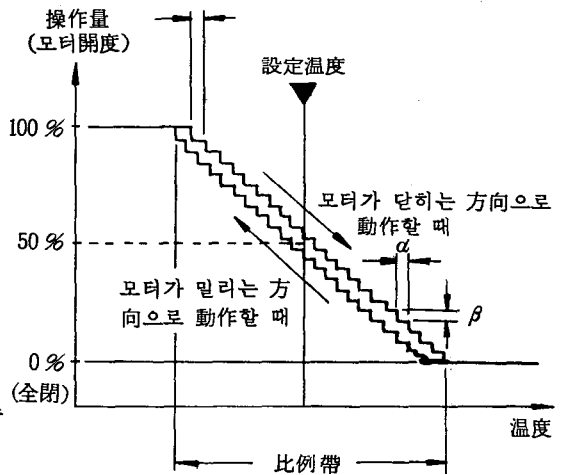


그림 19-4 制御모터動作(加熱制御)
制御溫度(檢出溫度)가 α 만큼 變化하면 모터는 β 만큼 닫힌다. 溫度變化가 이 보다 작으면 모터는 修正動作을 일으키지 않는다

(3) 制御모터動作

그림 19-1에서는 比例帶內에서 모터開度가 制御溫度에 比例하여 連續的으로 變化한다고 說明하였으나 實際에는 그림 19-4와 같이 段階的으로 變化한다. 이 段階數는 모터 피드백포텐쇼미터의 감은數에 따라 決定된다.

그림을 보면 알 수 있는 바와 같이 制御溫度

(4) 比例帶設定

比例帶는 一般的으로 全스케일(눈금)의 30~50% 程度에서 設定한다.

段階數가 적으면 比例帶가 넓더라도 制御溫度가 많이 變化하지 않으면 모터는 修正動作을 일으키지 않는다. 즉 段階數가 많은 모터가 制御

가 잘된다.

비례帶를 너무 좁게하면 ON-OFF 動作에 가까워져 制御精度가 나빠진다.

(5) 不感帶(DEAD ZONE) 設定

不感帶란 入力이 變化하여도 計器가 動作하지 않는 範圍로 모터일 때 開에서 閉로 또는 閉에서 開로 修正動作을 일으키는데 必要한 入力の 變化分(그림 19-5의 a 또는 a')이다.

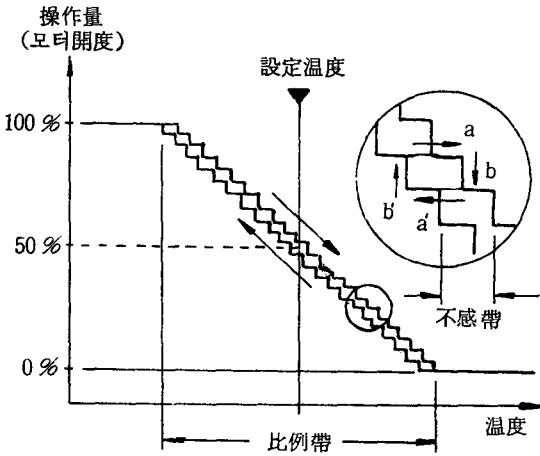


그림 19-5 不感帶가 좁을 때

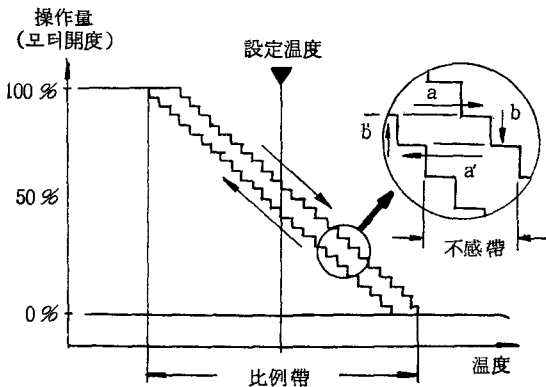


그림 19-6 不感帶가 넓을 때

不感帶를 좁게하면 작은 制御溫度 變化에 대하여도 모터가 움직이므로 制御精度가 좋아진다. 반대로 不感帶를 넓게하면 制御溫度가 크게 變化하지 않으면 (그림 19-6의 a 또는 a') 모터는 修正動作을 일으키지 않는다.

一般으로 不感帶를 좁게하면 制御性은 좋아지나 너무 좁게하면 헌팅할 염려가 있다. 設定時 헌팅하지 않을 정도로 넓게한다.

(주) 헌팅이란

모터가 1秒정도 間隔으로 계속 열렸다 닫혔다 하는 狀態를 말한다.

이 狀態가 반복되면 모터壽命이 단축되고 制御性이 나빠진다.

(6) 冷却制御時의 모터動作

그림 19-8에서 電子式比例調節計와 電子式比例모터의 結線을 實線과 같이 6線으로 配線하면 그림 19-4와 같이 溫度가 높아지면 모터(調節밸브)는 닫힌다. 반대로 溫度가 낮아지면 모터는 열린다.

이것이 加熱制御이다. 여기서 點線과 같이 4線의 配線을 바꾸면 그림 19-7과 같은 冷却制御가 된다. 制御動作은 加熱制御와 正反對로 된다.

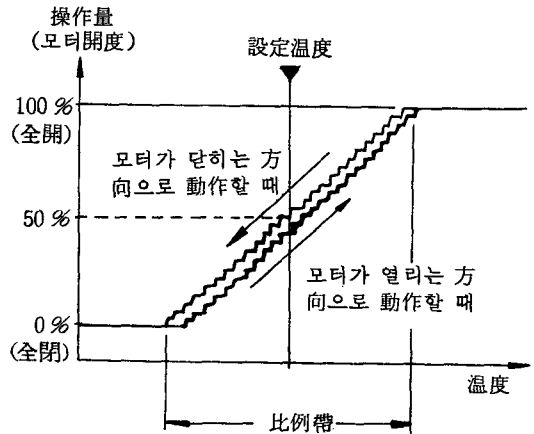


그림 19-7 冷却制御時 모터動作

(7) 모터로 부터의 피드백 信號

그림 19-8과 같이 調節計로 부터 모터에 릴레이 K_1, K_2 를 통하여 制御信號가 傳達된다. 制御溫度가 조금 上昇하면 K_2 의 接點이 ON이 되어 모터는 닫히는 方向으로 움직인다. 이에 따라 피드백포텐쇼미터의 와이퍼도 닫히는 方向으로 움직인다.

이 피드백 信號는 調節計의 比例앰프로 들어 出力과 比較된다. (그림 19-9 參照)

여기서 모터로부터의 피드백 信號와 調節計의 프리앰프 出力이 배런스되면 比例앰프의 出力은 零이되어 制御릴레이 K₁, K₂는 同時에 OFF 이 된다.

그리하여 모터는 그 점에서 停止한다.

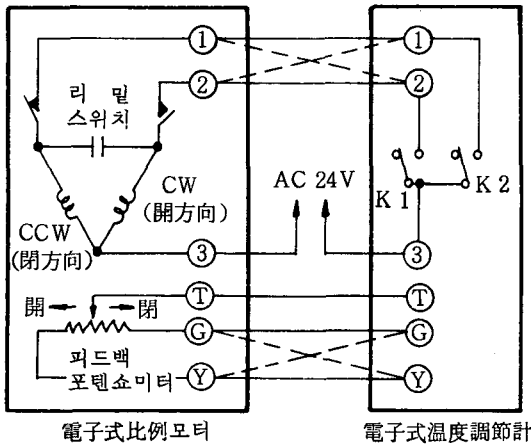


그림 19-8 電子式比例調節計와 모터의 結線

이나 位置比例로 制御를 할 때 負荷의 變動이나 裝置의 特性에 따라 나타난다.

(2) 殘留偏差가 나타나는 理由

- 그림 20-1 과 같은 燃燒爐 制御에서 調節밸브를 全開시키면 T時間 後에 1300°C 까지 上昇하여 安定된다고 하자. 또 이 點에서 調節밸브를 全閉시키면 같은 T時間 後에 0°C로 된다고 하자.
- 이때 0 ~ 1300°C의 中間 650°C에 設定한 경우 單位時間 dt 동안 얻은 熱量 α 와 잃은 熱量 β 는 같게 된다. 결국 單位時間 dt 동안 α 만큼 溫度가 上昇하고 β 만큼 下降한다
- 이와 같이 單位時間에 얻은 熱量과 잃은 熱量이 같은 때에는 殘留偏差는 생기지 않는다
- 다음에는 같은 裝置에서 그림 20-3처럼 800°C에 設定했다고 하자. 그러면 單位時間 dt 동안 얻은 熱量 γ 와 잃은 熱量 δ 를 비교하면 δ 의 편이 온것을 알 수 있다.
- 이 때에는 殘留偏差는 設定値보다 낮은 곳에 나타난다.

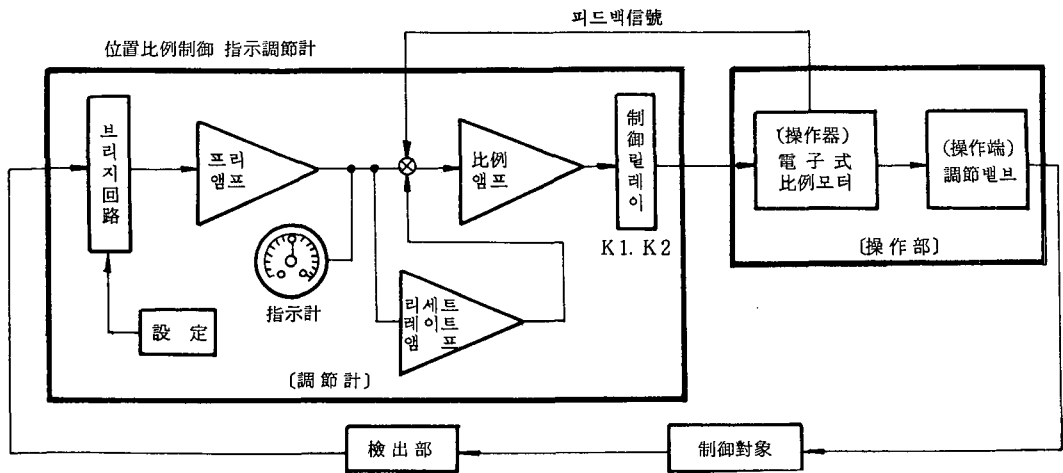


그림 19-9

20. 殘留偏差(OFFSET)

(1) 殘留偏差

- 殘留偏差란 設定溫度와 制御溫度의 차(偏差)가 一定한 값으로 계속되는 것이다. 時間比

- 반대로 650°C 以下로 設定하면 殘留偏差는 設定値보다 높은 곳에 나타난다.

(3) 負荷變動에 따르는 影響

- 그런데 이 燃燒爐의 負荷量을 增減한다면 어떻게 될까? 지금 設定은 650°C로 하고 負

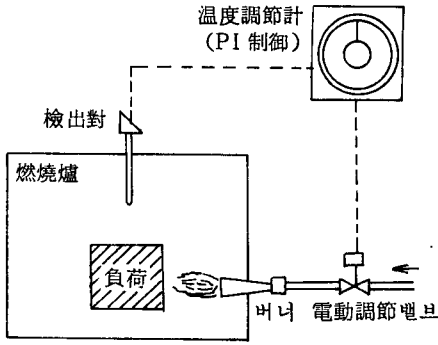


그림 20-1 燃燒爐의 制御

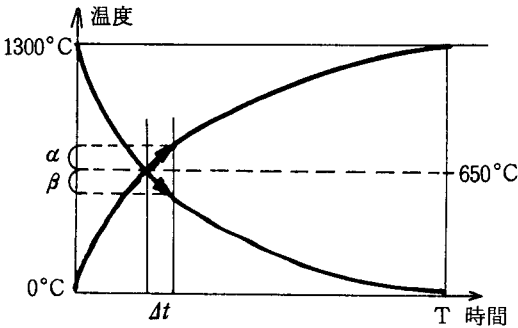


그림 20-2

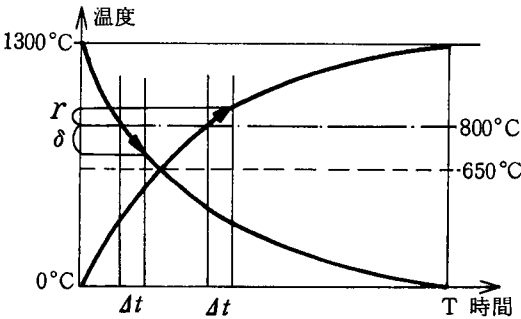


그림 20-3

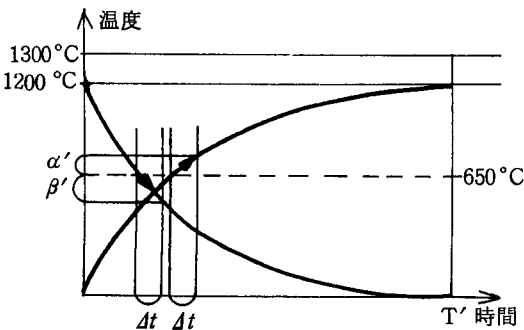


그림 20-4

열량을 증가시킬 때 이 負荷에 따라 요구되는 熱量은 당연히 增加한다.

- 그러므로 調節閥을 全閉로 하여도 1300°C로는 되지 않는다.
- T'時間後에 1200°C까지 上昇하여 安定된다고 한다면 그림 20-4 처럼 單位時間에 얻는 熱量 α'보다 적은 熱量 β'편이 크게 된다.
- 그러므로 지금까지 殘留偏差가 생기고 있지 않았어도 負荷量이 增加함에 따라 設定值보다 낮은 殘留偏差가 생긴다.
- 負荷의 量이 減少한 때에는 반대로 殘留偏差가 設定值보다 높게 나타난다.
- 殘留偏差는 比例帶 밖에서는 생기지 않는다. 比例帶보다 낮은 溫度範圍에서는 調節閥은 全開되므로 溫度는 上昇하고 比例帶보다 높은 溫度範圍에서는 調節閥은 全閉되므로 溫度는 下降한다.

21. PID 制御 (THREE MODE PROPORTIONING)

(1) P 動作

- P 動作이란 比例動作 (PROPORTIONING)으로 比例帶內에서 偏差에 比例하는 操作量이 움직이는 動作이다.
- 設定溫度에 대하여 偏差가 없게된 때는 항상 50%의 操作量이 움직인다.
- ON-OFF 動作과 比較하여 一般적으로 制御가 安定되고 制御精度가 좋아진다. 그러나 負荷量이 變動하여 殘留偏差가 생길 때 比例動作만으로는 修正이 되지 않는다.

(2) I 動作

- I 動作은 積分動作 (INTEGRAL) 또는 리셋 (RESET) 動作이라고 불리우며 殘留偏差가 없어지도록 움직여 주는 動作이다.
- PI 動作이란 P 動作에 I 動作을 더한 것으로 殘留偏差가 생겨 I 動作으로 움직이는 경우는 設定溫度에 도달해도 操作量은 50%로

되지 않는다. (50% 이의의 값을 취한다)

- 殘留偏差가 設定値보다 낮은데서 생길 때 I 動作은 그림 21-2의 ①처럼 動作한다. I 動作을 하여 殘留偏差가 없어지면(設定溫度에 달하면) 操作量은 ㉠의 값을 취한다.
- 殘留偏差가 設定値보다 높은데서 생길 때 I 動作은 그림 21-2의 ②처럼 움직인다. 殘留偏差가 없어져 設定溫度에 도달하면 操作量은 ㉡의 값을 취한다.

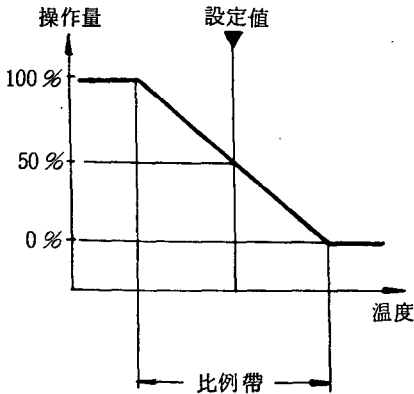


그림 21-1 P 動作에 의한 制御

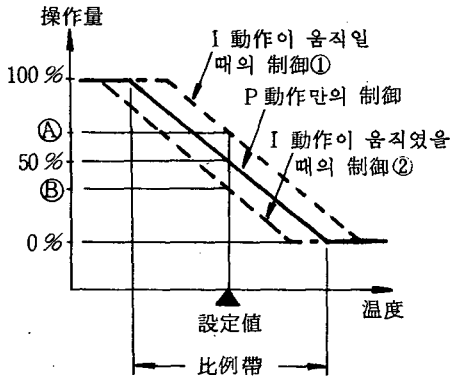


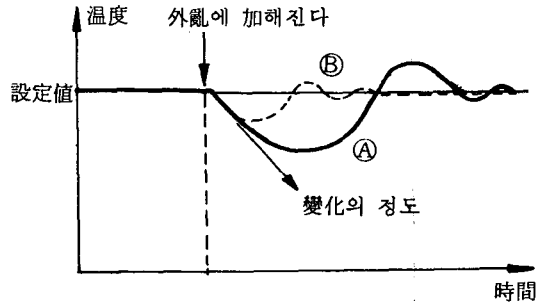
그림 21-2 PI 動作에 의한 制御

(3) D 動作

- D 動作은 微分動作(DERIVATIVE) 또는 레이트(RATE)動作이라 불리며 外亂等에 의해 制御溫度에 變化가 생기면 그 變化에 적당한 만큼의 操作量이 움직여 制御溫度를 큰 변동이 없도록 하는 動作이다.
- D 動作은 制御量에 變化가 나타나면 그 變化

의 정도(微分量)에 상응하여 동작하기 때문에 殘留偏差처럼 일정한 偏差에 대하여는 그 크기에 관계없이 動作할 수 없다.

- 그림 21-3 처럼 外亂이 加해져 制御溫度가 크게 變動한때 D 動作을 하지 않으면 操作量은 制御溫度의 變動에 따라서 조금씩 修正하기 때문에 ㉠처럼 큰 振動을 한다.



A: 微分動作이 움직이지 않았을 때
B: 微分動作이 움직였을 때

그림 21-3 微分動作의 움직임

- D 動作으로 움직이면 制御溫度가 變動하는 처음 時點에서 그 變化的 정도를 예측하여 操作量이 미리 큰 修正을 하기 때문에 ㉡처럼 곧 元來의 安定된 制御로 돌아간다.

(4) PID 動作

- P 動作에 I 動作과 D 動作을 加한 것이다. 必要없는 時間이 큰 프로세스나 傳達지연이 큰 프로세스에서는 PI 動作만의 경우 振動이 커지는 것을 막기 위하여는 比例帶를 아주 크게 하고 I 動作을 極히 약하게 하여야 한다. 이렇게 하면 負荷變動時 큰 偏差를 일으켜 設定値로 安定되기까지의 時間이 길어지므로 D 動作을 加하여 解決한다.

22. 積分(RESET)動作

(1) 積分動作의 움직임

I 動作은 殘留偏差가 생길 때 없어지도록 움직이는 동작이지만 實際로는 殘留偏差以外에 普通の 偏差에도 그것을 없애는 방향으로 움직인다. 例로 그림 22-1 처럼 燃燒爐의 制御를 생각한다

어진다.

그런데 α 처럼 殘留偏差가 있을 때 I 動作을 좀더 강하게 움직이면 어떻게 될까? 지금 I 動作을 강하게 하면 그림 22-3 γ 처럼 修正量이 움직여 調節밸브 開度는 β 같은 修正量 때보다 빨리 열린다.

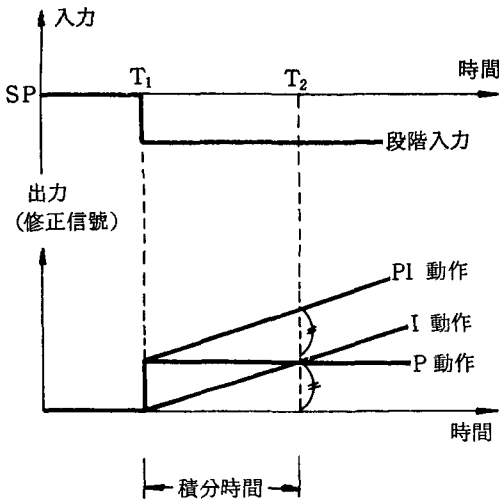


그림 22-5 積分時間의 定義

그러므로 T_1 時間後에 調節밸브 開度는 60%로 되어 殘留偏差가 없어졌다면 이 T_1 이 積分時間(리세트時間)이 된다.

이처럼 積分時間을 짧게하는 것은 큰 修正量을 움직여 그만큼 I 動作을 강하게 하는 것이다

(3) 積分時間(RESET 時間)의 定義

지금 PI 動作의 調節計에 時間 T_1 때 그림 22-5 처럼 段階入力を 가하면 P 動作에 의한 出力의 變化분과 I 動作에 의한 出力의 變化분이 같게되는 時間 $T_2 - T_1$ 이 積分時間으로 된다.

(4) 리세트率(RESET RATE)

積分動作을 표시하는 方法으로 積分時間 외에 리세트率이다. 이것은 積分時間의 逆數로 I 動作에 의한 出力의 變化분이 P 動作에 의한 出力의 變化분의 몇배 變化하는가를 표시한 것이다.

$$\text{리세트率} = \frac{1}{\text{積分時間(리세트時間)}}$$

偏差가 계속 있는한 I 動作에 의한 修正은 연속되고 있으므로 리세트率의 單位는 REPEAT

比例帶	偏差(段階入力)에 대응하는 PI 動作의 調節計出力	P 動作만으로 平衡에 도달하기까지의 想定曲線	I 動作의 定量的 變化
比例帶가 좁은 때	出力 vs 時間 그래프. T1에서 단계 입력 발생. PI (I: 強), PI (I: 弱), P 動作의 선이 나옴.	偏差 vs 時間 그래프. P 動作만으로 0에 도달하는 곡선.	<ul style="list-style-type: none"> I 動作이 弱할 때: 진폭이 작은 오실레이션 I 動作이 強할 때: 진폭이 큰 오실레이션
比例帶가 넓은 때	出力 vs 時間 그래프. T1에서 단계 입력 발생. PI (I: 強), PI (I: 弱), P 動作의 선이 나옴.	偏差 vs 時間 그래프. P 動作만으로 0에 도달하는 곡선.	<ul style="list-style-type: none"> I 動作이 弱할 때: 느리게 수렴하는 곡선 I 動作이 強할 때: 진폭이 큰 오실레이션

그림 22-6 段階入力を 加할 때 PI 動作調節計 出力과 制御性

이 制御結果가 그림 22-2 처럼 된 경우 A 時間에서는 偏差는 設定値보다 아래에 있기 때문에 P 動作에 의한 信號로서 調節밸브는 75%로 열려 있다. 그 때문에 P 動作만으로 溫度는 上昇을 계속하여 設定値에 가까워 간다. 그러나 여기에 I 動作을 加해주면 I 動作에 의한 修正信號도 움직이기 때문에 調節밸브 開度는 더 열려 80%로 된다.

다음에 이 制御値가 設定値를 넘어 오버슈트한 때 결국 그림의 B 경우이지만 이 때 P 動作에 의한 修正信號로 調節밸브는 25%로 되어 있다. 그 때문에 溫度는 下降하여 設定値에 가까워지나 I 動作을 加하면 다시금 調節밸브는 닫혀 20%로 된다.

(2) 積分時間(리세트時間)

I 動作을 하면 偏差가 있을 때 그 偏差에 따라서 調節計出力은 一定하게 變한다. 그리하여 偏差가 完全히 소멸되지 않는 한 出力의 變化는 계속한다.

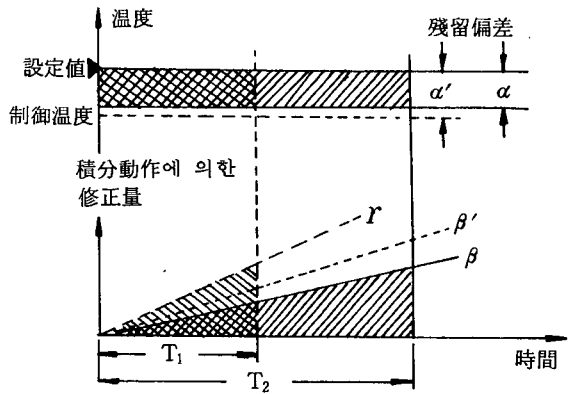


그림 22-3 積分時間

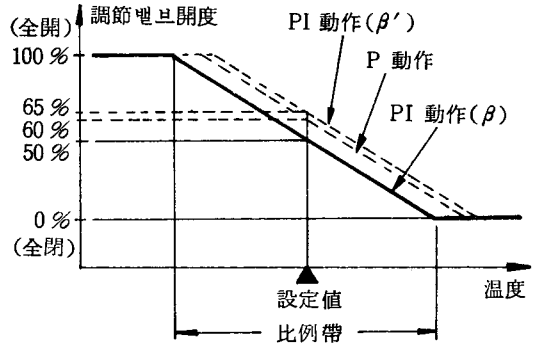


그림 22-4 I 動作에 의한 調節開度の 變更

지금 그림 22-1 처럼 爐의 制御를 P 動作만으로 할 때 그림 22-3 α 처럼 殘留偏差가 생긴다. 이 때 調節밸브 開度는 50%로 되어 있다.

여기에 I 動作을 加하면 β 처럼 修正量이 움직여 調節밸브 開度는 50%로부터 조금씩 열린다. 그리하여 T_2 時間後에 調節밸브 開度가 60%로 되어 殘留偏差가 完全히 없어지게 된다. (그림 22-4) 이 때의 時間 T_2 를 積分時間 또는 리세트 時間이라고 한다. 調節밸브 開度는 그대로 60%를 유지한다.

또 그림 22-1 爐에 負荷가 增加하여 α' 처럼 殘留偏差가 생길 때는 어떻게 될까? 같은 정도의 I 動作이 움직였다(積分時間이 같게)고 하면 β' 처럼 修正量이 움직여 調節밸브 開度는 65%로 된다.

그리하여 T_2 時間後에 完全히 殘留偏差가 없

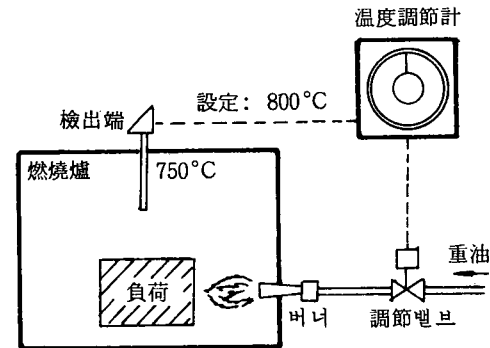


그림 22-1 燃焼爐의 制御

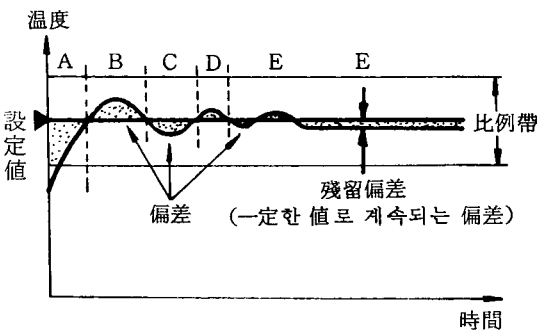


그림 22-2

PER MINUTE(回/分)로 표시된다.

(5) 積分動作의 設定

- 어떤 安定된 制御를 하고 있는 裝置에 設定을 변화시켜 段階入力を 加하면 그림 22-6 처럼 된다.
- 比例帶가 좁을 때, 偏差에 대하여 P 動作에 의한 調節밸브 開도가 크게 變하기 때문에 平衡에 도달하기까지 사이클링을 동반한다. I 動作을 加하면 調節밸브 開도를 더욱 크게 變化시키는 방향으로 움직이기 때문에 사이클링의 周期는 길게되어 振幅도 크게 된다. 여기에 I 動作을 강하게 하면 사이클링은 더욱 激하게 되어 결국은 헌팅하게 된다.
- 比例帶가 넓을 때 偏差에 대하여 P 動作에 의한 調節밸브 開도는 조금밖에 변하지 않기 때문에 偏差의 減少는 완만하게 되어 지나치지 않는다. 여기에 적당한 I 動作을 加하면 偏差의 減少가 빨라져 P 動作만의 경우보다 빨리 安定한다. 그러나 I 動作을 강하게 하면 지나치게 되어 헌팅한다.

23. 微分(RATE)動作

(1) 微分動作의 움직임

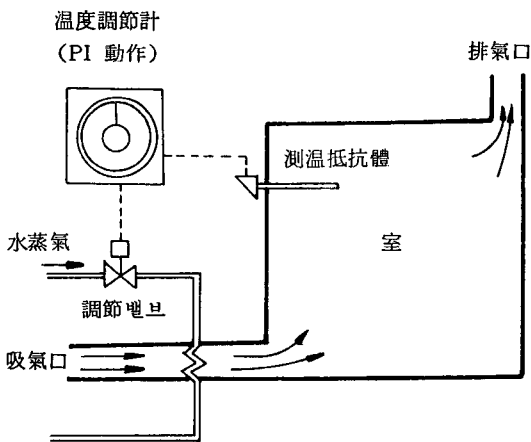


그림 23-1 水蒸氣에 의한 室溫의 制御

必要없는 시간이 큰 프로세스나 傳達 지연이 큰 프로세스에서는 外亂等에 의해 큰 偏差가 생길 때 PI 動作만으로는 制御하기 어렵다.

이런 때에 D 動作을 적용시키면 偏差가 작은 범위에서 큰 修正動作을 加하여 制御溫度가 變動하는 것을 방지한다.

예로 그림 23-1 처럼 水蒸氣로 室溫制御를 하고 있을 때 吸氣口로부터 '급격히 찬空기가 들어와 室溫이 급격히 하강하기 시작했다'고 하자. 時間 T_1 에서 찬 空氣가 들어온다. 그러나 檢出端은 응답지연이 있어 이것을 檢出하는 것은 時間 T_2 에서이다. 이 $T_2 - T_1$ 이 必要없는 時間으로 된다.

檢出端이 조금씩 내려가는 溫度를 檢出하면 調節計도 이것에 따라서 PI 動作으로 조금씩 修正信號를 내보낸다.

그러나 어디까지나 $T_2 - T_1$ 의 必要없는 時間을 가지고 따라가므로 室溫은 꽤 낮은 溫度까지 내려가게 된다.

여기에 D 動作을 첨가시키면 溫度가 내려가는 傾向(單位時間當의 溫度變化分)을 檢知하여 미리 내려가는 溫度를 想定하여 調節計는 큰 修正信號를 내보낸다. 그리하여 室溫은 크게 내려가지 않고 곧 元來溫度로 安定된다.

D 動作에 의해 調節計信號가 變化하는 것은 偏差가 時間과 함께 變化하는 것으로 殘留偏差처럼 항상 一定한 偏差에 대해서는 그 크기를 불문하고 응답하지 않는다. 따라서 D 動作이 움직이고 制御溫度가 元來溫度에 安定한 時點에서 D 動作의 움직임은 끝났다. 이 安定된 때의 調節밸브 開도는 D 動作이 움직였던 경우도 움직이지 않은 경우도 모두 같다. PI 動作만의 경우의 開도로 된다.

그림 23-3 에 있는 時間 T_1 에서 制御溫度가 設定值보다 내려가기 시작하면 時間 T_2 의 때에 檢出端은 내려가기 시작한 溫度를 時間과 함께 檢出한다.

그러면 調節計는 그 傾向(變化分)을 判斷하여 그것에 적당한 修正信號를 操作器에 보낸다.

그러므로 操作器는 그 信號에 의해 操作量을 급격히 크게 변화시킨다. 예로 制御溫度 變化의 傾向이 A 처럼 됐다면 修正信號는 A'로 되

고 또 B 처럼 되면 B 같은 修正信號가 된다.

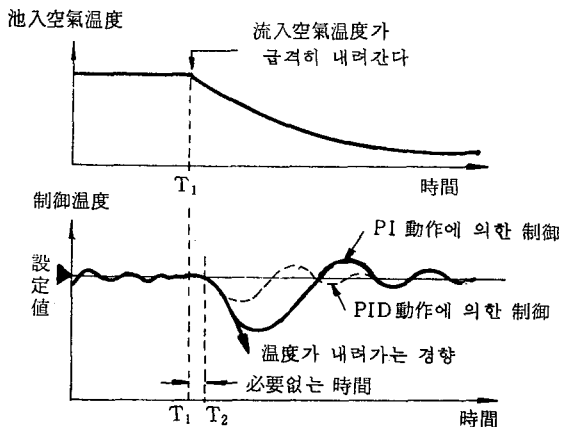


그림 23-2

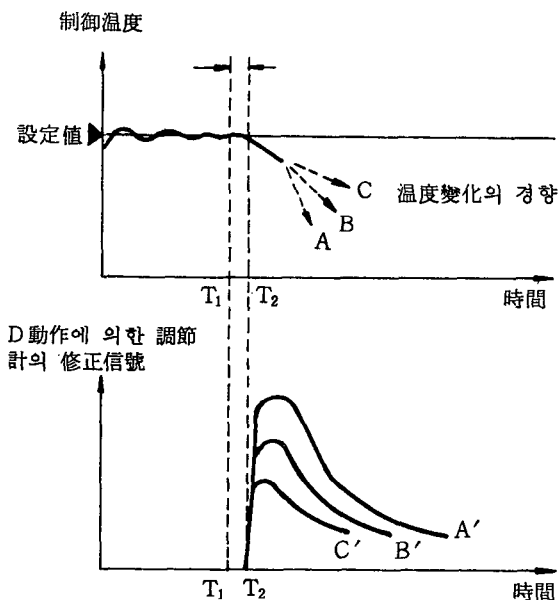


그림 23-3

(2) 微分時間(레이트時間)

그림 23-4 처럼 PD 動作의 調節計를 써서 時間 T_1 때에 入力을 일정한 速度로 變化시키면 P 動作에 의한 出力의 變化量과 D 動作에 의한 出力의 變化量은 時間 T_2 때와 같게 된다.

여기서 時間 $T_2 - T_1$ 을 微分時間 또는 레이트時間이라고 한다.

다음에 그림 23-5 처럼 時間 T_1 에서 段階入

力을 加하면 P 動作出力은 段階 모양으로 變化한다. 또 D 動作은 순간적으로 最大의 出力을 만들어 偏差가 一定하게 되면 즉시 出力은 없어지기 시작한다. 이 出力 피크지 높이는 數學的으로는 無限大이지만 實際는 調節計에 붙어있는 D 動作 유니트의 定數와 比例帶에 의해 決定된다.

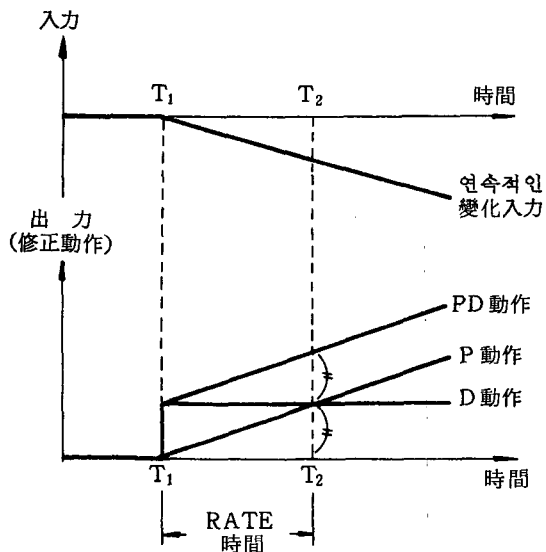


그림 23-4 微分動作의 定義

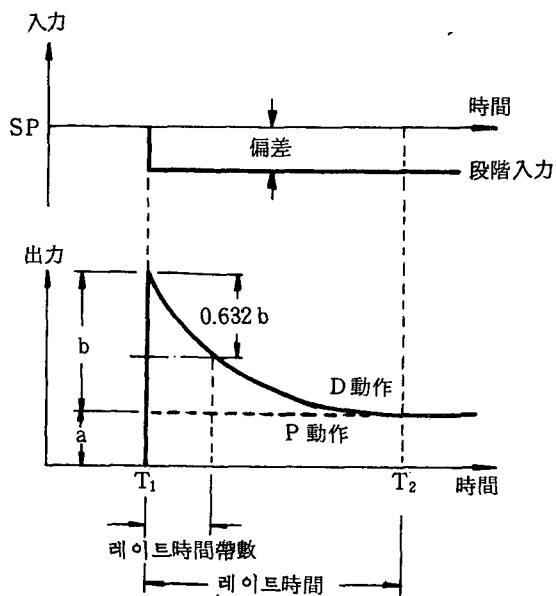


그림 23-5 微分계인과 레이트時間定數

여기서 段階入力에 對한 P 動作出力의 變化分 a 와 D 動作의 높이 b 의 比를 微分 계인이라 부른다.

레이트時間과 微分 계인의 사이에는 다음 같은 關係가 있다.

$$\text{레이트時間} = \text{微分 계인} \times \text{레이트時間定數}$$

이 式에서 알 수 있는 것처럼 微分 계인을 높게 하면 D 動作의 피크値는 높게되나 減衰가 빨라진다.

(注) 여기서는 PD 動作의 調節計의 例를 들었지만 實際로는 PD 動作만으로는 負荷變動에 의한 殘留偏差가 생기는 것을 避할 수 없다. 그러므로 普通 I 動作을 加해 PID 制御로 사용한다.

(3) 微分動作의 設定

以上 말한 것처럼 D 動作의 움직임은 偏差가 일어나는 시초에 큰 修正量을 일으키고 P 動作이나 PI 動作의 경우보다도 크게 調節밸브를 動作시키는 것이다. 그러므로 그후에는 이 作用은 없어져 調節밸브는 P 動作 또는 PI 動作만으로 決定된 位置를 취하게 된다.

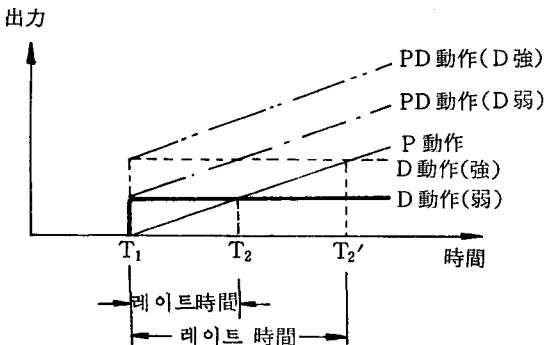


그림 23-6 그림 23-4 처럼 연속적으로 變化하는 入力を 생각했을 때의 D 動作

그 結果 操作量은 짧은 時間에 큰 變化를 하게 되므로 프로세스지연의 피해를 없애는 效果 얻는다.

D 動作은 레이트時間을 길게하는 정도 강하게 움직인다.

레이트時間을 너무 길게하면 작은 偏差에 대

해서도 큰 操作量이 움직인다. 그 結果 사이클링 또는 헌팅을 하게 된다.

레이트時間의 設定은 最初에는 짧게 設定하여 준다.

24. 電流出力PID 制御

(1) 統一信號

統一信號에는 空氣圧信號 0.2 ~ 1.0 kg/cm² 와 電流信號 DC 4 ~ 20 mA 등이 있다. 그림 24-1 처럼 큰 플랜트 등에서는 溫度制御외에 濕度制御, 壓力制御, 流量制御…… 등이 생각된다.

이런 때에 各各 別個의 制御系로 되거나 各種 別개의 調節計를 사용하는 것은 매우 不便하다. 더우기 信號傳送上의 問題도 생긴다.

그리하여 各種 變換器도 포함하여, 調節計나 記錄計등에 들어가는 信號도 나가는 信號도 統一하려고 하는 의견이 생기게 된 이유이다.

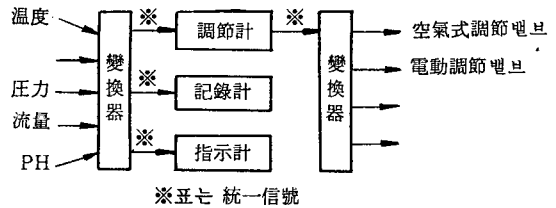


그림 24-1 各種 프로세스制御의 影響

(2) 電流出力 PID 制御

制御動作이 PID 로서 調節計出力이 電流信號 (DC 4 ~ 20 mA) 인 것을 말한다. 操作器의 正動作, 逆動作과 組合하여 加熱制御 또는 冷却制御에 따라 正動作(DIRECT ACTION) 또는 逆動作(REVERSE ACTION)을 선택한다.

그림 24-2 처럼 逆動作은 比例帶보다 낮은 溫度範圍에서 出力電流는 20 mA 로 된다. 比例帶보다 높은 溫度範圍에서는 4 mA 로 된다. 또 比例帶内에서는 偏差에 比例한 電流로 된다.

그림 24-3 은 正動作의 경우이다. 逆動作, 正動作과 함께 P 動作때는 設定溫度와 制御溫度가 一致하면(偏差가 零) 出力電流는 12 mA 로

操作量(出力電流)

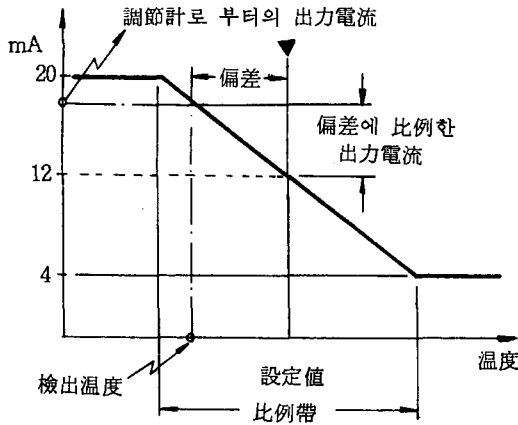


그림 24-2 電流出力 P 動作(逆動作)

操作量(出力電流)

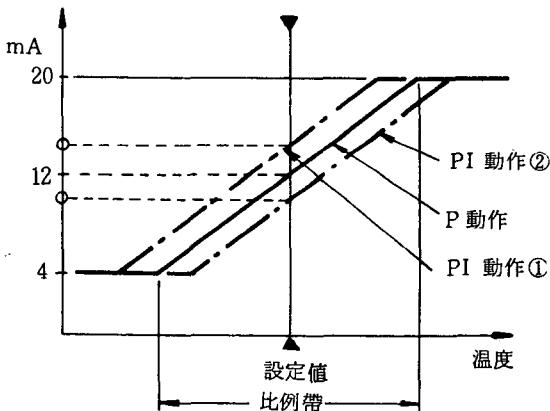


그림 24-3 電流出力 P 動作(正動作)

된다.

殘留偏差가 있는 경우 I 動作을 가하게 되면 偏差가 없는 때 出力電流는 12 mA 以外の 電流值로 된다. 이것은 位置比例制御時와 같아서 殘留偏差가 設定值보다 낮게 생긴 경우 PI 制御는 그림 24-3 ① 같이 된다.

또 殘留偏差가 設定值보다 높게 생긴 때 PI 制御는 그림 24-3 ② 같이 된다.

(3) 電流出力 PID 와 操作器

電流出力 PID 調節計는 操作部로 空氣式 調節 벨브와 사이리스터 등을 使用하여 各種 流體나 電氣量을 制御한다. 空氣式 調節 벨브를 使用할 때는 調節計의 出力電流를 I/P 變換器나 I/P 포지쇼너로 電流值에 比例한 空氣壓信號(0.2-1.0 kg/cm²)로 바꾼다. 空氣式 調節 벨브는 모터를 使用한 電動調節 벨브에 比하여 應答이 빠르고 爆發等 危險이 없으므로 防爆區域等에 使用한다.

(4) 사이리스터에 의한 電力制御(位相角制御)

그림 24-4는 사이리스터를 使用한 電氣加熱

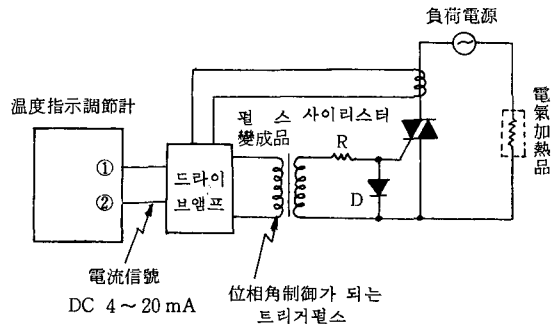


그림 24-4 사이리스터를 使用한 重氣加熱器의 制御圖路

檢 出 溫 度		出力電流 (逆動作)	出力電流 (正動作)
比例帶의 範圍보다 낮은 溫度		20 mA	4 mA
比 例 帶 內	設定值보다 낮은 溫度	偏差에 대응하여 12~20 mA의 사이에서 연속적으로 變化	偏差에 대응하여 4~12 mA의 사이에서 연속적으로 變化
	設定值和 같은 溫度 (偏差 零)	12 mA	12 mA
	設定值보다 높은 溫度	偏差에 대응하여 4~12 mA의 사이에서 연속적으로 變化	偏差에 대응하여 4~12 mA의 사이에서 연속적으로 變化
比例帶의 範圍보다 높은 溫度		4 mA	20 mA

器의 位相角制御를 표시한다. 드라이브 앰프는 調節計의 出力電流에 따라 負荷電源의 位相角에 맞는 트리거펄스를 낸다.

이것이 사이리스터의 게이트回路에 印加되면 사이리스터는 ON 이 된다. 그리하여 負荷電源의 電圧이 零이 될때까지 사이리스터는 導通한다.

이렇게 偏差에 대응하여 트리거펄스를 내는 位置(時間)를 比例的으로 바꿔 電氣加熱器에 가하는 電氣量을 制御한다.

(5) 사이리스터(THIRISTOR)

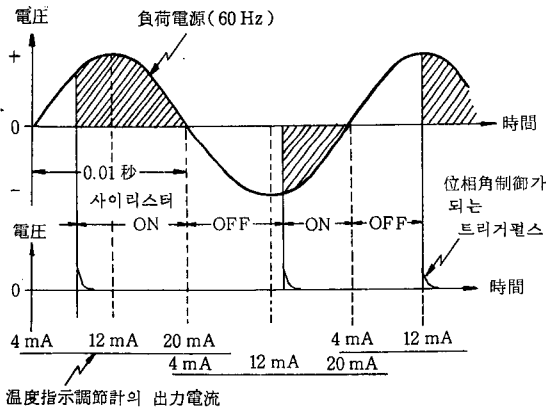


그림 24-5 사이리스터에 의한 電氣量制御(位相角制御)

사이리스터는 PN接合을 갖은 半導體 素子로 一般的으로 使用하는 것은 逆阻子, 3端子 사이리스터와 雙方向 3端子 사이리스터이다. 前者는 SCR (Silicon Controlled Rectifier) 後者는 트라이엘(TRIAC)이라 한다.

SCR은 아노드에서 캐소드로 한 方向으로만 電流를 흘리므로 交流에 使用할 때는 2個를 逆並列로 接續하여 使用한다. 그러나 트라이엘은 SCR 두개를 逆並列로 接續한 것과같은 構造로 되어 있으므로 그대로 交流에 使用할 수 있다.

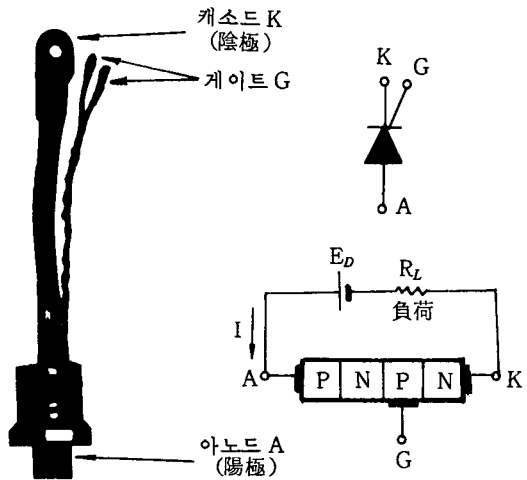


그림 24-6 SCR