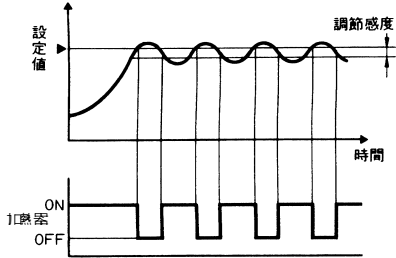


ON / OFF 動作

如圖所示，現在溫度比設定值低時，輸出會切至 ON，使加熱器導通。比設定值高時，輸出會切至 OFF，關閉加熱器。如上所述，以設定值為界，重覆 ON、OFF，使溫度保持一定的控制方式，就稱為 ON / OFF 動作。此外，因為操作量以設定值為界，並以 0% 及 100% 的兩個值動作，所以又稱為 2 位置動作。

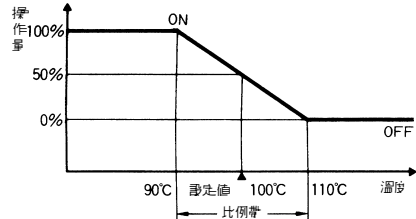


P 動作

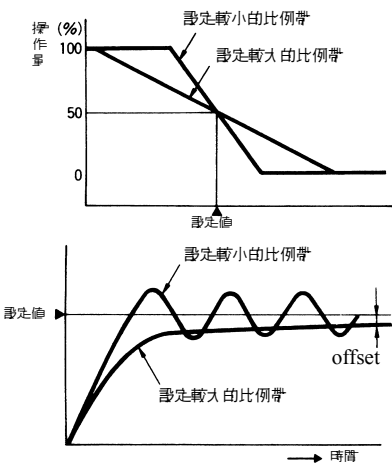
輸出和輸入成比例之輸出大小的控制動作。對設定值有一個比例帶，其中，使操作量（控制輸出量）和偏差成比例的動作，就稱為比例動作。

一般而言，當比例帶低時，操作量為 100%，進入比例帶時，操作量會和偏差成比例而逐漸降低，設定值和現在溫度一致（無偏差）時，操作量變成 50%。

換言之，和 ON / OFF 動作比較的話，振盪較小，且有更順暢的控制。

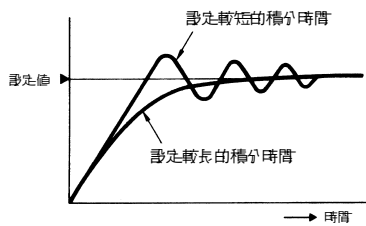
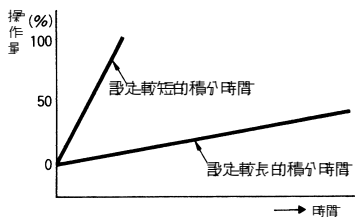
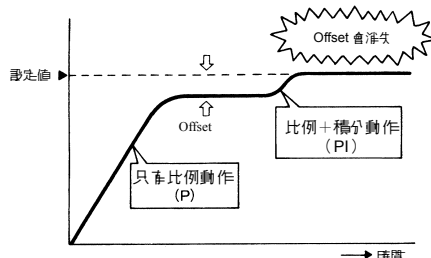


(例) 溫度範圍 0~400°C 的溫調器，比例帶為 5%，其幅度換算成溫度時為 20°C。此時，設定值若為 100°C，低於 90°C 輸出會完全 ON，超過 90°C 時，會出現 OFF 的期間，在 100°C 時 ON 和 OFF 的時間會相同 (50%)。



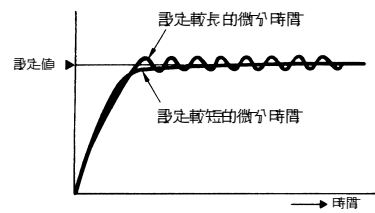
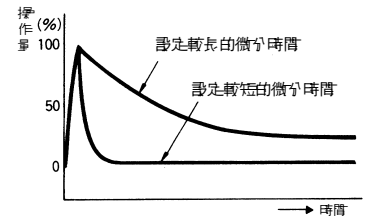
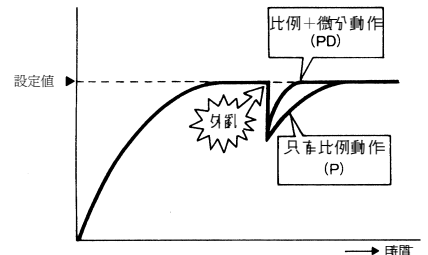
I 動作

和輸入之時間積分值成比例之輸出控制。比例動作會發生 offset (偏差)。因此，將積分動作與比例動作搭配使用，隨著時間經過，offset 會消失，控制溫度也會和設定值一致。



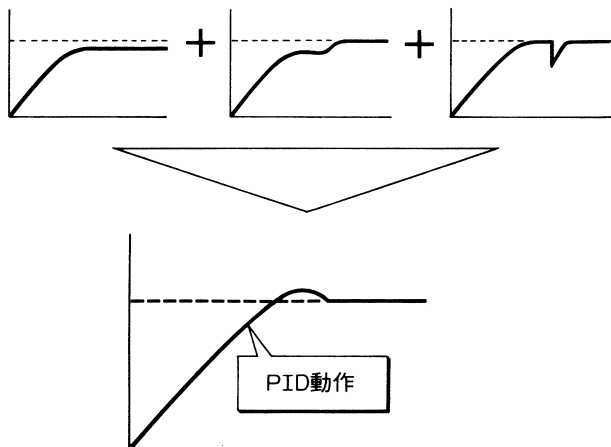
D 動作

以和輸入之時間微分值成比例的大小來執行輸出的控制動作。因為比例動作或積分動作是針對控制結果執行修正動作，對急劇之溫度變化的應答會較慢。微分動作可以彌補這個缺點。追加和溫度變化斜度成比例之操作量，執行修正動作。對激烈的外亂可以提供較大的操作量，使其儘快回到原來之控制狀態模式。



PID 控制

PID 控制是組合比例動作、積分動作、微分動作的控制。比例動作可以縮短溫昇時間，積分動作則可以修正 offset 偏差值，微分動作可以縮短外亂的回應。



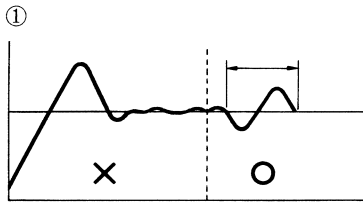
溫度控制的基本概念

溫度控制的基本概念

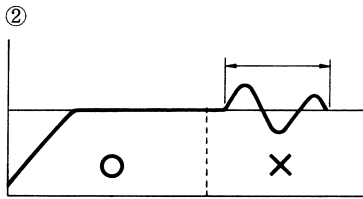
2 自由度 PID 控制

到目前為止的 PID 控制方式是以同一的調節部來控制對目標值的應答和對外亂的應答。所以，調節部的 PID 參數設定上，(1)重視外亂應答（一般而言，P、I 較小而 D 較大的設定），則目標值應答會振盪（會發生溫度過高），相反的，(2)重視目標值應答（一般而言，P 較大、I 也較大的設定），外亂應答會變慢，會出現無法同時滿足兩應答性的缺點。導入 2 自由度 PID 控制方式的目的，就是要消除此缺點，除了保有 PID 的優點外，(3)同時可以有良好的目標值應答及外亂應答。

• PID 控制

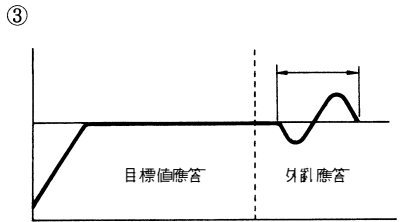


外亂應答優，則目標值應答劣。



目標值應答優，外亂應答劣。

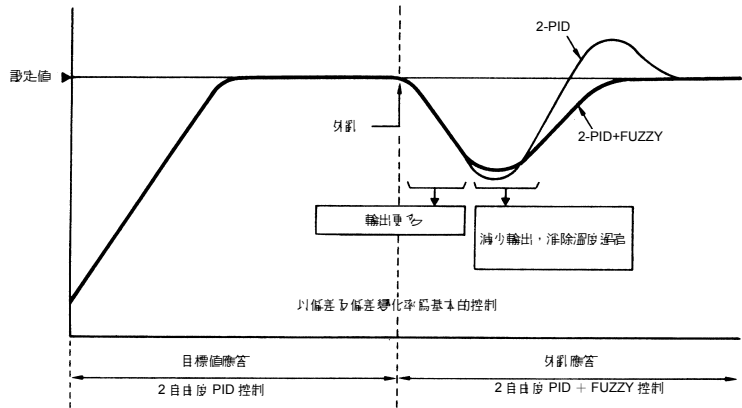
• 2 自由度 PID 控制



可同時兼顧外亂應答及目標值應答

2 自由度 PID + FUZZY 控制

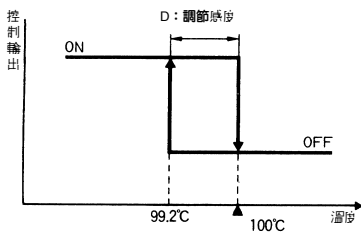
在 2 自由度 PID 控制附加 FUZZY 控制，可以有更好的外亂應答。通常以 2 自由度 PID 控制來動作，在外亂進入時，再增加 FUZZY 控制，而以 2 自由度 PID + FUZZY 控制來動作。本公司的 FUZZY 控制是以設定值和現在溫度間的偏差、及該偏差的變化率為基本，先讀取溫度的變化再進行操作量的微妙調整。



■ 控制之相關用語的說明

• 調節感度

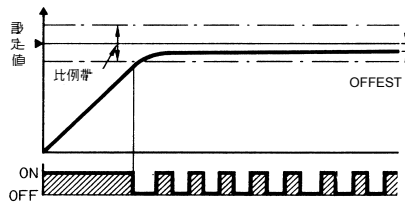
ON / OFF 控制會依設定值來執行 ON、OFF，少許的溫度變化，會使輸出產生頻繁的切換動作變化。會縮短輸出繼電器的壽命，對連接的裝置也會產生不良影響。為了防止發生上述情形，在 ON、OFF 動作設置間隙。此動作間隙就稱為調節感度。



(例) 溫度範圍 0 ~ 400°C 的溫調器，調節感度為 0.2% 時 D=0.8°C。設定值為 100°C，在 100°C 時會 OFF，在 99.2°C 時會 ON。

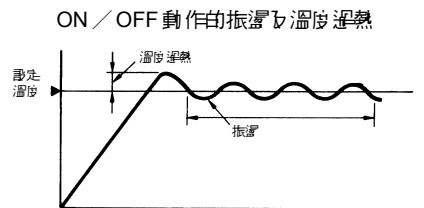
• offset

比例動作時，即使依照控制對象的熱容量及加熱器容量而達到安定狀態，也會和設定值有一定的誤差。此誤差就稱為 offset。此 offset 也有可能發生在設定值的上方。



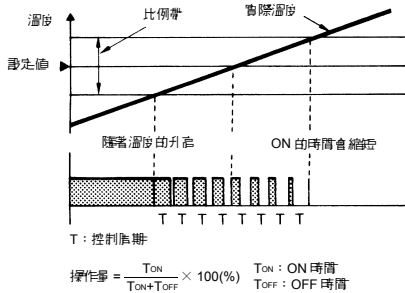
• 振盪及溫度過熱

ON / OFF 動作時，經常可以看到如圖示的波形。如圖所示，動作開始後，達到設定值並超過的現象就稱為溫度過高 (overshoot)，而在設定值上下振動的現象就稱為振盪 (Hunting)。此現象愈小就是愈好的控制。



• 控制階期之分割比例

動作以 P 動作等使用繼電器、SSR 來輸出操作量時，會依照預先設定的時間周期，執行一定時間的 ON，其餘時間則重複執行 OFF 的動作。這種預先設定的時間周期就稱為控制周期，這種動作方法就稱為分割比例動作（時間比例式控制動作）。

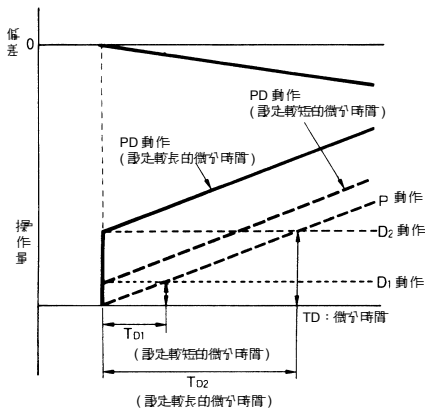


(例) 控制周期為 10 秒，操作量為 80% 時，輸出的 ON 時間及 OFF 時間如下所示。
TON: 8 (秒)
TOFF: 2 (秒)

• 微分時間

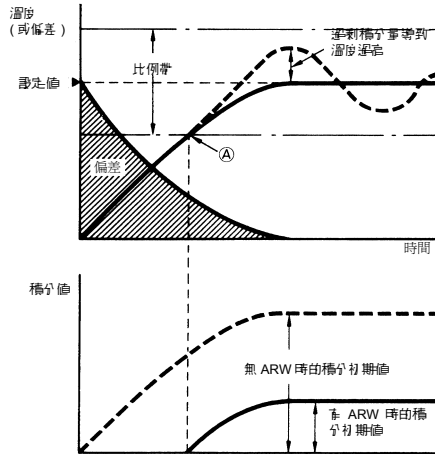
如圖所示，對斜狀 (RAMP) 偏差，微分之操作量達到和比例動作相同之操作量的時間，就稱為微分時間。所以，微分時間愈長，就表示微分動作的訂正就愈強。

PD 動作之微分時間與階期



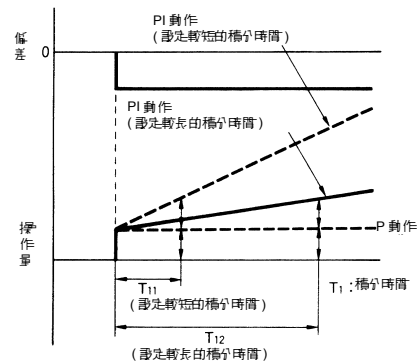
• ARW 機能

ARW 為 ANTI-RESET WIDE AMP 的簡稱。一般而言，開始溫度控制動作時，會有較大的偏差（現在值和設定值的差）。PID 動作中的 I 動作，在達到設定值之前會重複執行積分動作。結果，積分量過大而發生溫度過高。為了防止這種現象，對積分動作之輸出上昇部份設置限制值。這種機能就稱為 ARW 機能，一般而言，會除去現在溫度到達比例帶前的積分量，並繼續執行控制。



• 積分時間

如圖所示，針對 STEP 偏差，積分之操作量達到和比例動作相同之操作量為止的時間，就稱為積分時間。所以，積分時間愈短，積分動作愈強。然而，積分時間太短時，修正動作會太大，而產生振盪的現象。

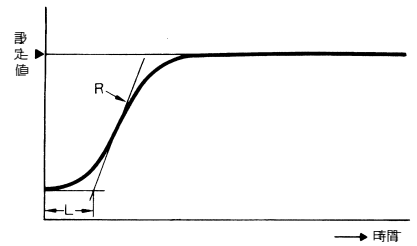


自動調諧

執行溫度控制的 PID 參數，會因控制對象的特性而有不同的數值及組合。不斷有人提出各種從實際控制之溫度波形來導出 PID 參數的方法。而導出適合各種控制對象之 PID 參數的方法，就稱為自動調諧，步階應答法、限界感度法、及極限循環法為代表。

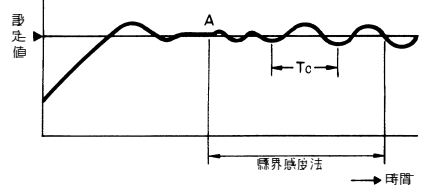
• 步階應答法

以最常用的值做為設定值。以步階狀輸出 100% 操作量，計測溫度斜度 (R) 及浪費時間 (L)，再以 R 及 L 值來計算 PID 參數。



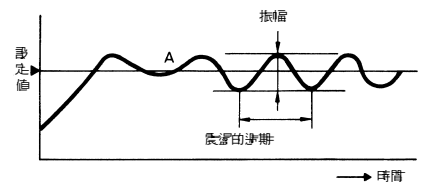
• 限界感度法

在開始時點 (A 點) 即開始比例動作。逐漸縮小比例帶的寬度，使其發生溫度振盪。以此時的比例帶值及變動周期 (T) 來計算 PID 參數。



• 極限循環法

在開始時點 (A 點) 即開始 ON / OFF 動作。以因而發生的振盪周期 (T) 及振幅 (D) 值來計算 PID 參數。

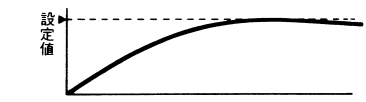
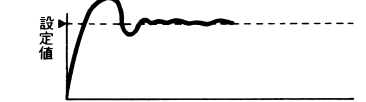


溫度控制的基本概念

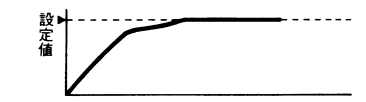
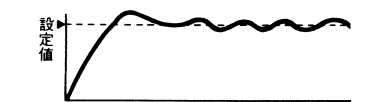
• PID 參數的重新調整

以自動調諧方式計算的 PID 參數，比傳統手動設定之 PID 值，來得精確且容易！然而，測量得到的 PID 參數可能無法完全精準！此時，請參考下列實例來重新調整 PID。

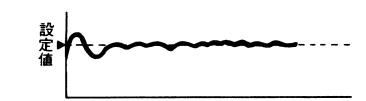

變異 P (比例帶) 時的應答

較大時		會緩慢上升，整定時間較長，但比較不會有溫度超溫的現象。
較小時		會出現溫度超溫的現象，也會發生振盪，但會比較快達到設定值。

變異 I (積分時間) 時的應答

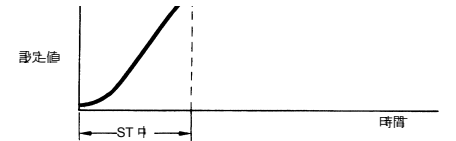
較大時		到達設定值的時間會較長。整定時間較長，但振盪、溫度超溫、溫度過低現象都較小。
較小時		會出現溫度超溫、溫度過低的現象。會發生振盪，但比較快達到設定值。

變異 D (微分時間) 時的應答

較大時		溫度超溫、溫度過低的整定時間較短。但本身會產生小幅度的振盪。
較小時		溫度超溫、溫度過低現象會變大，要花較久的時間才會達到設定值。

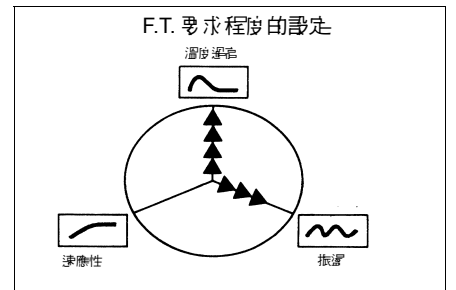
自我調諧

配備於 THERMAIC S (E5 □ S) 上。會依據溫度變化傾向，計算適當的比例帶，自動變更比例帶。



最佳調諧 (FINE TUNING)

配備於 ES100 數位調節計上。調諧是微妙而麻煩的作業。最佳調諧機能是針對溫度過高、溫度過低、振盪、反應性等來設定要求程度，再利用 FUZZY 邏輯來修正 PID 參數。



FUZZY 自我調諧 (SELF TUNING)

要進行適當的溫度控制，就必須配合控制對象的特性來決定 PID 參數。傳統的溫控器會配備自動調諧機能來計算 PID 參數。此時，開始進行自動調諧的指示必須顯示在溫控器上，另外，也會發生類似極限循環法的溫度混亂。FUZZY 自我調諧由溫控器本身來決定何時開始調諧，同時在控制中，可以在不會發生溫度混亂的情形下進行調諧。換言之，就是會配合控制對象的特性來調整 PID 參數，而隨時保持適當的控制。

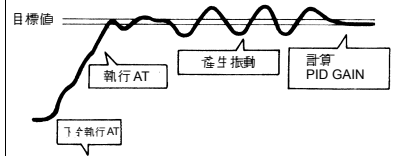
FUZZY 自我調諧以三種模式來運作

1. 以設定值來執行變更時的調諧，並計算 PID 參數。
2. 溫度受到外亂影響時，會將 PID 參數修正至既定範圍內。
3. 發生振盪時，會修正 PID 參數來消除振盪。

傳統溫調使用的自動調諧

自動調諧 (AT) ... 自動計算適合控制對象之 PID 參數的機能。

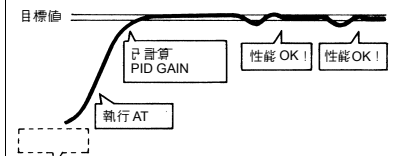
特徵：(1) 出現「AT」指示時，執行調諧。(2) 為了執行調諧，會輸出 LIMIT CYCLE 信號使溫度產生振盪。

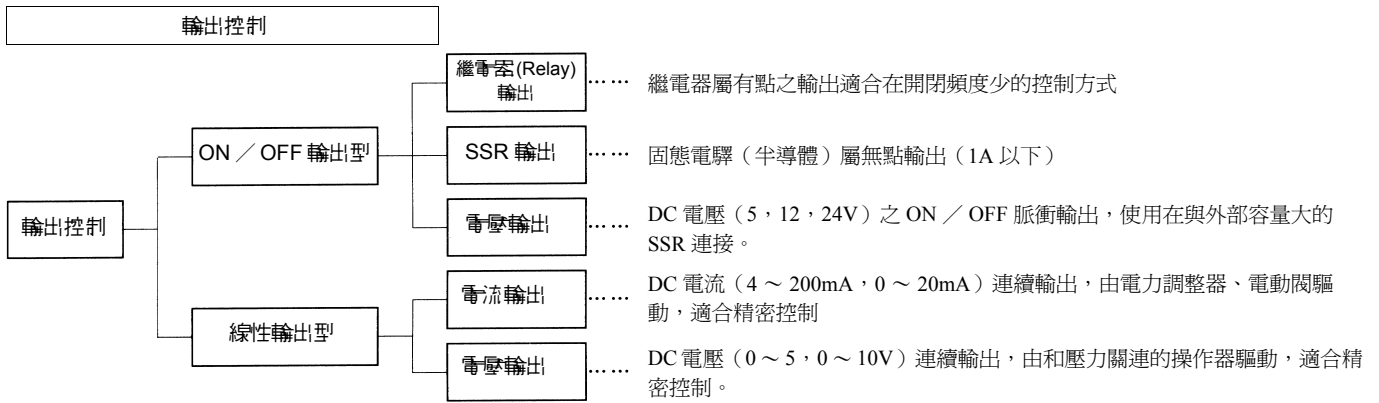


自我調諧

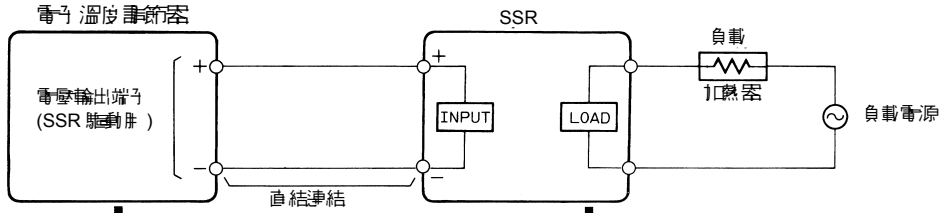
自我調諧 (ST) ... 自動計算適合控制對象之 PID 參數的機能。

特徵：(1) 溫調器自己判斷何時執行調諧。(2) 不會送出弄亂溫度的信號。





• 溫度調節器與 SSR 的連接例



DC12V、40mA 電壓輸出溫度調節器

E5□K 型 (除 E5CK 型外)
E5□X 型 (除 E5CX 型外)
E5AN 型 / E5EN 型
ES100 型系列

DC12V、20mA 電壓輸出溫度調節器

E5CN 型 E5CN-U 型 E5GN 型

E5CS 型系列 E5CK 型

SSR 並列連接
可能占數

5 台	3 台	G3PB 型 (三相) AC240V 15A, 25A, 35A, 45A 輸入的額定電壓 DC12~24V 加熱器一體型, 體積最薄小
4 台	2 台	
5 台	3 台	G3PB 型 (三相) AC240/400V 15A, 25A, 35A, 45A DC12~24V 加熱器一體型, 三相整合控制
5 台	3 台	
5 台	3 台	G3PA 型 AC240V 10A, 20A, 40A, 60A AC400V 20A, 30A DC5~24V 加熱器一體型, 體積最薄小
5 台	3 台 *	
5 台	3 台 *	G3NA 型 AC240V 5A, 10A, 20A, 40A AC480V 10A, 20A, 40A DC5~24V 螺絲端子的標準型
2 台	1 台	
8 台	4 台	G3NE 型 AC240V 5A, 10A, 20A DC12V Tub 端子的小型低成本型
8 台	4 台	
		G3NH 型 AC440V 75A, 150A DC5~24V 高能量加熱器控制用

* AC480V 型為 4 台

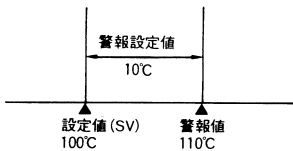
溫度控制的基本概念

溫度控制的基本概念

警報相關的用語說明

- 警報動作
溫度控制器將現在溫度與預先決定的值（警報設定值）進行比較，依照指定的動作方法（動作模式）來執行信號的輸出及顯示。
- 偏差警報
為警報設定值的指定方法，以溫度控制器的設定值為中心，再以從該值的偏差值做為警報設定值。

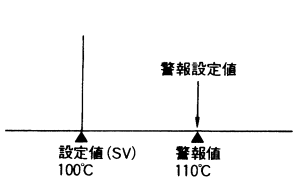
設定實例
假設警報動作溫度為 110°C



警報設定值設定為 10°C

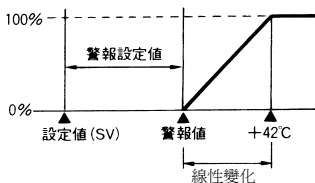
- 絕對值警報
警報設定值的指定方法，和溫度控制器的設定值無關，以執行警報動作的溫度作為警報設定值。

設定實例
假設警報動作溫度為 110°C

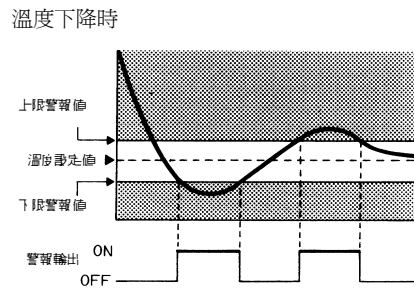
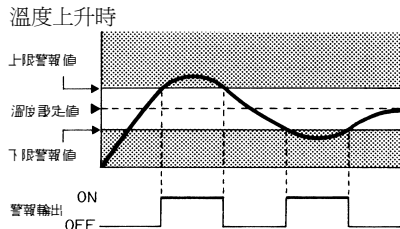


警報設定值設定為 110°C

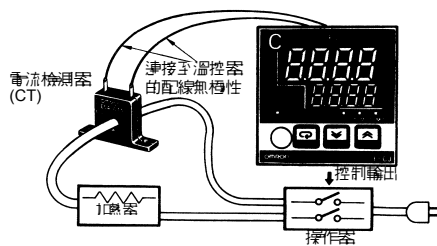
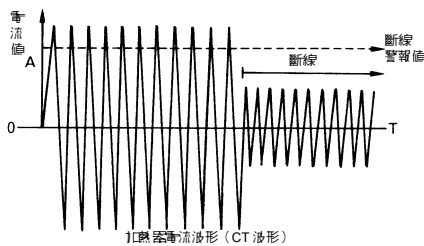
- 比例警報
(對象機種：E5 □ X 型、E5 □ F 型 但、E5 □ X-P / -V / -D / -BA 型、E5EX-A 型除外)
是執行簡易加熱冷卻動作的機能。以溫度控制器的控制輸出來進行加熱，以警報輸出做為冷卻用的控制輸出。警報值為 0% 輸出量，比例上限值為 100%，其間以線性來變化輸出量。



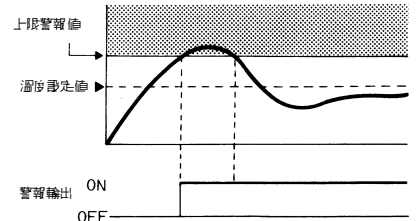
- 附待機順序的警報
在溫度控制開始時，溫度有可能一開始就在警報動作的指定範圍內。所以，有可能立即發出警報。為了避免這種情況，可以指定附待機順序機能。溫度在打開電源時、或是開始控制後，確認是否在警報範圍外，換言之，就是確認是否為不會輸出警報的溫度，然後在進入警報範圍時再發出警報。附待機順序之上下限設定時的警報輸出實例



- 加熱器斷線警報 (只可使用於單相)
為了使控制對象的溫度上昇而使用各種加熱器。以溫度控制器檢測加熱器的斷線等電力供應中斷，並輸出警報。以電流檢測器 (CT) 來檢測流至加熱器的電流

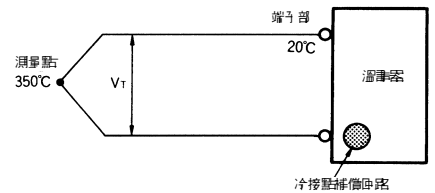


- 附 LATCH 的警報
(對象機種：E5 □ W-2(H) / -7(H))
溫度在警報範圍外時，不會發出警報。為了避免這種情形，故一旦進入警報範圍內，且發出警報時，會持續發出警報直到電源切掉。



測溫度相關的用語說明

- 冷接點補償回路
只會產生相當於溫接點及冷接點間的溫度差部份之熱電對的熱起電力。所以，冷接點的溫度變動時，即使溫接點的溫度相同，測溫資料也會變動。因此，將其他的溫度感應器檢測冷接點（連接於熱電對的端子）的溫度，進行電氣補償，使冷接點隨時保持在 0°C。稱為冷接點補償。



熱起電力 V_T 為 $V_T = K(350 - 20)$ 。

周圍 (端子部) 溫度為 20 時

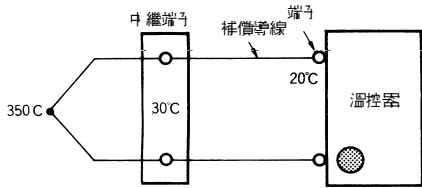
$$V_T = K(350 - 20) + K \times 20 = K \times 350$$

↑ ↑

熱電對的熱起電力 冷接點補償迴路發生的熱起電力

• 補償導線

在實際的應用上，測量點及溫控器距離甚遠。因為熱電對的素線很貴，所以採用補償導線。補償導線必須符合熱電對的特性才能進行正確的溫度測量。



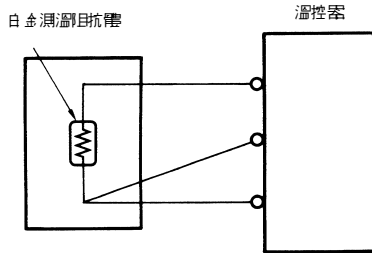
$$K(350-30) + K(30-20) + K \cdot 20 = K \cdot 350$$

熱電對導出的熱起電壓 + 補償導線造成的熱起電壓 + 冷接點補償導線造成的熱起電壓 = 總熱起電壓

使用補償導線的實例

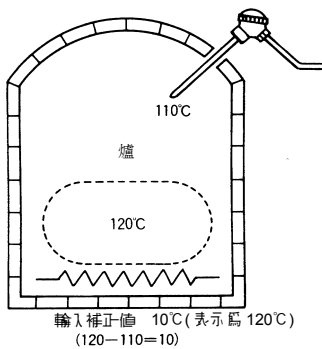
• 3 導線式

測溫阻抗體，為了降低導線延長時的導線阻抗影響，在阻抗素子的一端連接 2 條導線，而在另一端連接 1 條導線。本公司之 Pt 型溫控器全部採用這種方法。



• 輸入修正

將測溫體測量溫度加上或減去預先設定的值，標示溫控器的現在溫度。以輸入修正值來修正測溫體測量點溫度及溫度表示和需要之場所的溫度差。



• 白金測溫阻抗體

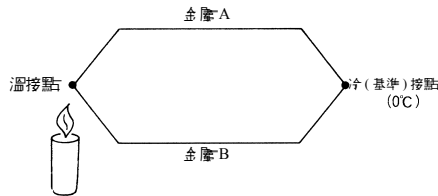
金屬具有溫度愈高阻抗愈大的特性。白金 (Pt) 的這種性質特別優良，白金測溫阻抗體就是將白金細線捲繞在雲母板或陶瓷的捲軸上，利用白金的固有阻抗會隨溫度而增加的性質。

• 熱電對

將性質不同的 2 種金屬線兩端連接在一起，就稱為熱電對 (素線)，此 2 接點保持在不同溫度時，該迴路上就會產生微小 mV 電壓。此電壓稱為熱起電力，此熱起電力的大小會隨著 2 種金屬線材質而產生差異。使用此電壓作為溫控器輸入信號的感應器，就稱之為熱電對。

• 溫接點、冷接點

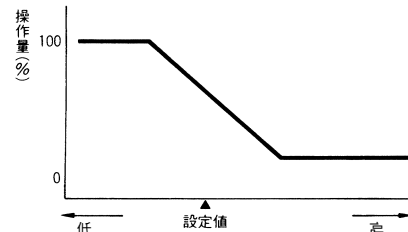
熱電對的 2 個接點當中，測溫接點側稱為溫接點，另一個接點 (連接溫控器的那一側) 則稱為冷接點。



■ 輸出的相關用語說明

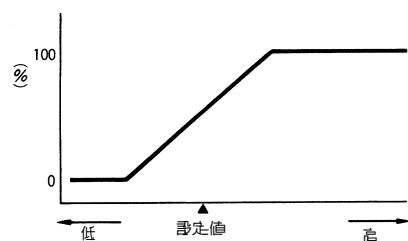
• 逆動作

相對於溫度比設定值低 (負偏差)，增加操作量的動作。



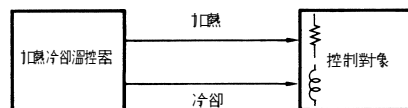
• 正動作

相對於溫度比設定值高 (正偏差)，增加操作量的動作。

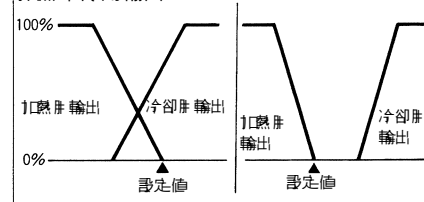


• 加熱冷卻控制

只以加熱很難控制被測對象之溫度控制時，則必須配合冷卻來進行溫度控制。從 1 台溫度溫控器送出加熱用輸出及冷卻用輸出，來進行溫度控制。

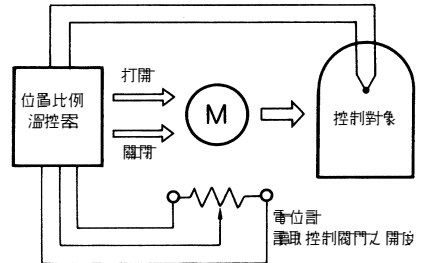


加熱冷卻的輸出



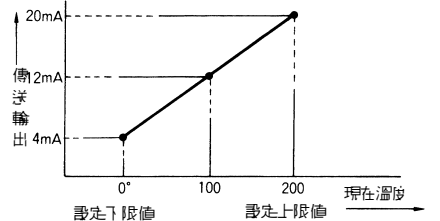
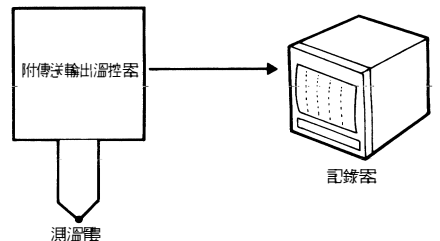
• 位置比例控制

又稱為 ON / OFF 輔助型。在溫度控制上使用控制馬達、或附有 Modutrol motor (英社特羅爾電動機) 的閥門時，以電位計讀取閥門的開度，輸出打開 (OPEN) 關閉 (CLOSE) 的信號，以傳送操作量來控制。溫度控制器會輸出 open、close 的 2 個信號。



• 傳送輸出

有些溫度控制器會擁有和控制動作且完全無關而完全獨立的電流輸出。在溫度控制器可以測量的溫度範圍內，將現在溫度的值或設定值變換成 4 ~ 20mA 並以線性方式輸出。將此輸出信號輸入記錄器，記錄控制結果。另外，E5AX-AF 型若設定限制值時，會在該範圍內輸出。E5AX-AF 型若設定了設定限制值時，則會在範圍內輸出。(E5□K-□F□型可以在和設定限制無任何關係的情形下，任意設定傳送輸出範圍。)



E5AX-AF

溫度控制的基本概念