

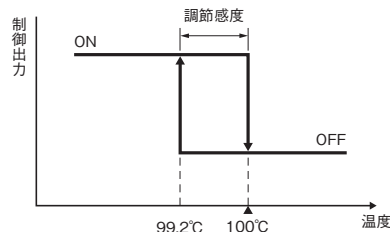
温度調節器(デジタル調節計) 用語の説明

■制御に関する用語の説明

●調節感度

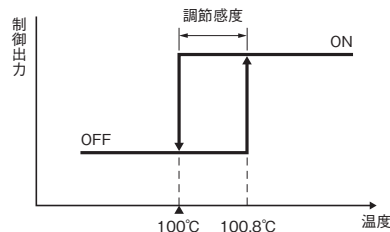
ON/OFF制御では設定値でON、OFFしますので、少しの温度変化に応じて出力が頻繁に変化します。出力リレーの寿命が短くなったり、接続された装置に悪影響を与えます。これを防ぐため、ON、OFFの動作にすきま(ヒステリシス)を設けています。この動作すきまを調節感度といいます。

調節感度(逆動作)



(例) 調節感度 = 0.8°C です。

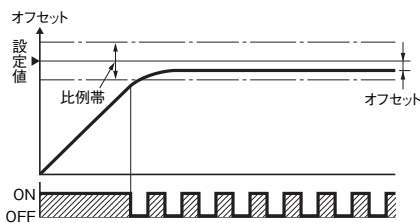
調節感度(正動作)



(例) 調節感度 = 0.8°C です。

●オフセット

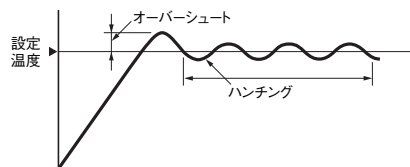
比例動作では制御対象の熱容量、ヒータ容量により安定状態に達しても、設定値に対して一定の誤差を生じます。この誤差をオフセットと呼びます。このオフセットは設定値の上方に生じる場合もあります。



●ハンチングとオーバーシュート

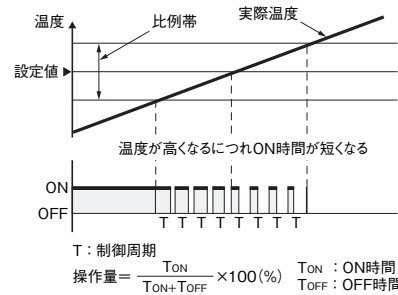
ON/OFF動作時にはよく図に示すような波形が発生します。この図にみられるように、動作開始後設定値に達したのち行き過ぎる現象のことをオーバーシュート、また設定値のまわりで振動する現象のことをハンチングといいます。この現象が小さいほど、良い制御といえます。

ON-OFF動作におけるハンチングとオーバーシュート



●制御周期と時分割比例動作

P動作等でリレー、SSRを使用し操作量を出力する場合、あらかじめ設定した時間周期にしたがい、一定時間ONし、残り時間はOFFを繰り返す方法で行います。このあらかじめ設定された時間周期を制御周期といい、またこのような動作方法を時分割比例動作(時間比例式制御動作)といいます。



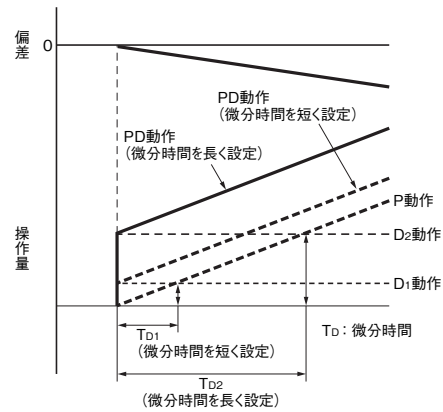
(例) 制御周期が10秒で、操作量が80%のとき、出力のON時間およびOFF時間は次のとおりです。

T_{ON} : 8 (秒)
T_{OFF} : 2 (秒)

●微分時間

図のようなランプ状の偏差に対し、微分の操作量が比例動作と同じ操作量に達するまでの時間を微分時間といいます。したがって、微分時間が長いほど微分動作による訂正が強いことを示します。

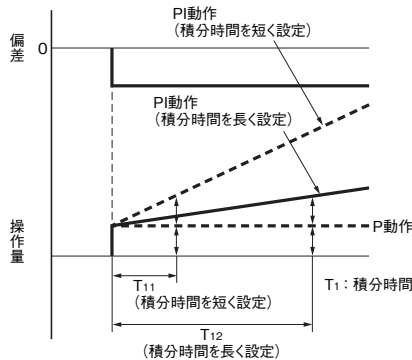
PD動作と微分時間



●積分時間

図のようにステップ状の偏差に対して積分の操作量が比例動作と同じ操作量に達するまでの時間を積分時間といいます。したがって、積分時間が短いほど積分動作は強くなります。しかし、積分時間をあまり短くしすぎると訂正動作が強すぎてハンチングが生ずる原因となることもあります。

PI動作と積分時間



●定置制御

常時決められた温度で制御をします。

●プログラム制御

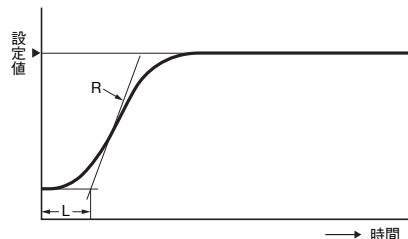
あらかじめ定められた時間ごとに変化をする目標値に追従させる制御です。

オートチューニング

温度制御を行うPID定数は制御対象の特性により、数値、組合せが異なります。従来より、これらPID定数を実際の制御している温度波形より導き出す手法が種々提案実施されています。いろいろな制御対象でも適切な制御を行えるPID定数をこれらの手法で導き出す方法をオートチューニングといい、代表的な手法として、ステップ応答法、限界感度法、リミットサイクル法があります。

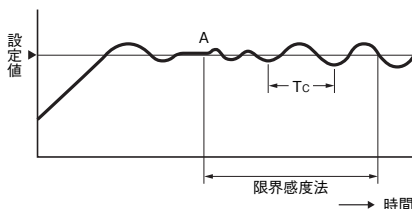
●ステップ応答法

設定値を最もよく使用する値にします。操作量100%をステップ状に出力し最大温度傾斜 (R) とむだ時間 (L) を計測し、RとLの値よりPID定数を算出します。



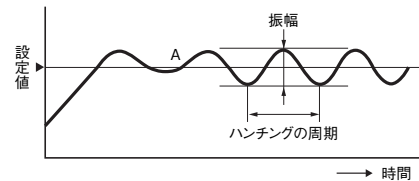
●限界感度法

スタート時点 (A点) から比例動作を開始します。比例帯の幅を少しずつ狭めていき温度の振動を発生させます。このときの比例帯の値と振動の周期 (T) よりPID定数を算出します。



●リミットサイクル法

スタート時点 (A点) からON/OFF動作を開始します。これにより発生するハンチングの周期 (T) と振幅 (D) の値よりPID定数を算出します。



●PID定数の再調整

オートチューニングで算出されたPID定数は、ほとんどの場合問題はありません。

しかし用途によっては、測定されたPID定数では不満が生じる場合もあります。そのときは以下の例を参考にしてPIDの再調整を行ってください。

P (比例帯) を変化させたときの応答

大きくすると		ゆっくりと立ち上がり整定時間が長くなりますがオーバーシュートしないようになります。
小さくすると		オーバーシュートが起こりハンチングもありますが早く設定値に到達し、安定します。

I (積分時間) を変化させたときの応答

大きくすると		設定値になるまでの時間が長くなります。整定時間がかかりますがハンチングやオーバーシュート、アンダーシュートが小さくなります。
小さくすると		オーバーシュート・アンダーシュートが起こります。ハンチングが生じます。早く立ち上がります。

D (微分時間) を変化させたときの応答

大きくすると		アンダー整定時間が小さくなりますが自分自身の変化に細かいハンチングを生じます。
小さくすると		アンダーが大きくなり、設定値にもどるまで時間がかかります。

ファジィセルフチューニング

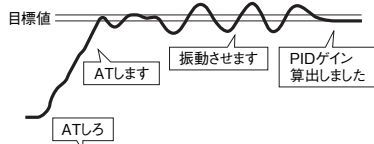
適切な温度制御を行うためには、制御対象の特性に合わせPID定数を決める必要があります。従来温度調節器ではオートチューニング機能を搭載しPID定数の算出をしています。この場合、オートチューニングの開始を温度調節器に指示する必要があります。またリミットサイクル法のように温度の乱れが発生することになります。ファジィセルフチューニングはチューニングの開始を温度調節器自身がきめるとともに、制御中の温度の乱れを生じることなくチューニングを行う機能です。つまり常に適切な制御が行えるように、制御対象の特性に合わせPID定数を調整します。

- ファジィセルフチューニングは3つのモードではたります
- ・設定値で変更時にチューニングを行いPID定数を算出します。
 - ・外乱で温度が乱れたとき、所定の範囲に収まるようにPID定数を修正します。
 - ・ハンチングが生じたときハンチングをなくすようにPID定数を修正します。

従来の温調で使われていたオートチューニング

オートチューニング (AT) … 制御対象に適したPID定数を自動的に算出する機能

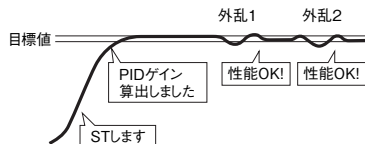
- 特長：①「AT」という指示を出したときにチューニングが行われる。
②チューニングするために、リミットサイクル信号を出して温度を振動させる。



セルフチューニング

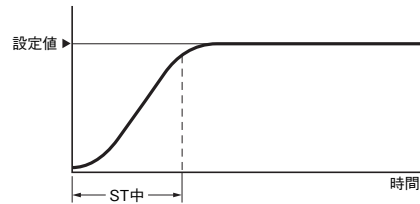
セルフチューニング (ST) … 制御対象に適したPID定数を自動的に算出する機能

- 特長：①いつチューニングを行うかは温度調節器自身が判断する。
②温度を乱すような信号を出さない。



セルフチューニング

サーマックスS (形E5□S) に搭載しています。温度変化の傾向により適切な比例帯を計算し自動的に比例帯を変更します。



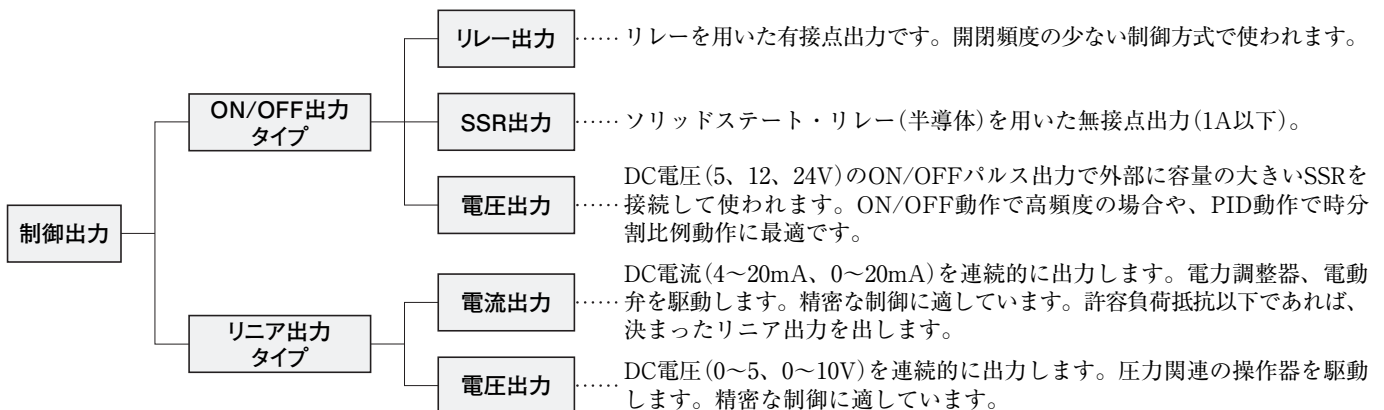
●温度調節等のPID制御とチューニング方式一覧表

種類名	PID種類	PID	2自由度PID
形E5□N *			AT、ST**
形E5□R			AT
形E5□S	ST*		
形E5ZN			AT
形C200H-TC			AT
形C200H-TV			AT
形C200H-PID			AT
形CQM1-TC			AT

ST：ファジィセルフチューニング、ST*：セルフチューニング、ST**：設定値変更でのみ実行、AT：オートチューニング

* 形E5ZNは含みません。

制御出力



■警報に関する用語の説明

●警報動作

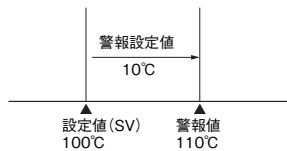
温度調節器が現在の温度をあらかじめ決められた値（警報設定値）と比較し、指定された動作方法（動作モード）に従って信号出力と表示を行います。

●偏差警報

警報設定値の指定方法で、温度調節器の設定値を中心とし、その値からのへだたり（偏差）の値を警報設定値とします。

設定例

警報動作温度を110℃にする。
警報設定値は10℃を設定する。

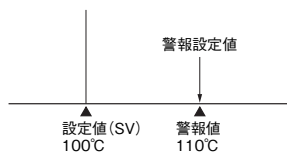


●絶対値警報

警報設定値の指定方法で、温度調節器の設定値にかかわらず、警報動作を行う温度を警報設定値とします。

設定例

警報動作温度を110℃にする。
警報設定値は110℃を設定する。

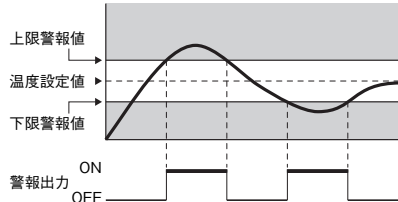


●待機シーケンス付警報

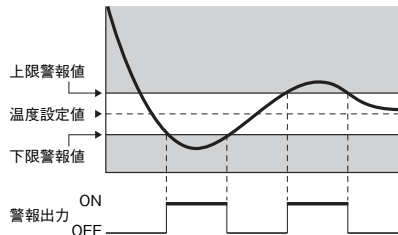
温度制御開始時など、温度がはじめてから警報動作の指定範囲内に含まれるときがあります。そのため、いきなり警報が出力されてしまうことになります。これを避けるために、待機シーケンス付機能を指定できます。温度が電源投入時、または制御開始後、一度は警報範囲外、つまり警報が出力されない温度にあったことを確認して、その後に警報範囲内に入ったときに警報が出力されます。

待機シーケンス付上下限警報設定時の警報出力例

温度が上がる場合



温度が下がる場合



●SSR故障警報

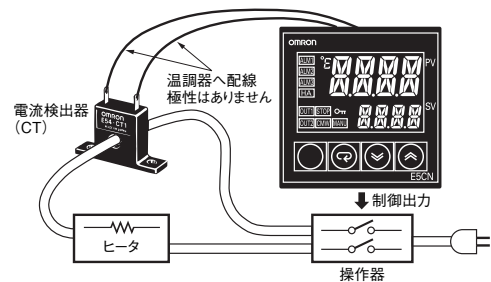
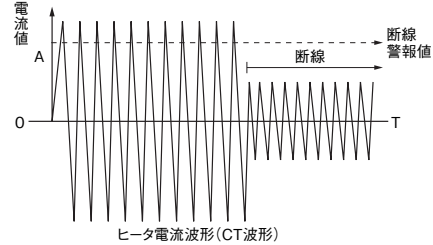
(対象機種：形E5CN/E5EN/E5AN)

SSRの短絡故障を検出し警報を出力します。電流検出器（CT）を使用してヒータに流れる電流を検出し、警報を出力します。

●ヒータ断線警報

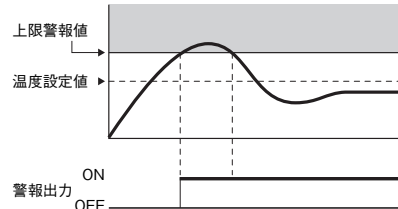
(三相(形E5CN/E5EN/E5ANのみ)と単相で使用できます)

制御対象の温度を上昇させるため、種々のヒータを使用します。ヒータへの断線等で電力供給が途絶えた場合、温度調節器で検出し警報を出力します。電流検出器（CT）を使用してヒータに流れる電流を検出しています。



●ラッチ付警報

警報動作は温度が警報範囲外になると警報出力はなくなります。これを避け一旦、警報範囲内になり警報出力がでますと電源がオフするまで警報出力を保持します。



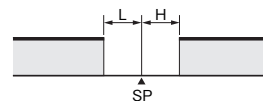
●LBA

(対象機種：形E5CN/E5EN/E5AN)

LBA（ループ断線警報）は、偏差が一定以上の状態で入力に変化しないときは、制御ループのどこかで異常があるものとして警報出力する機能です。したがって、制御ループが正しく動作していない場合の検出手段として利用できます。

●上下限警報で上限値・下限値が個別設定可能

(対象機種：形E5□N、形E5□R)

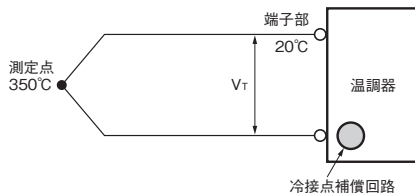


■温度入力に関する用語の説明

●冷接点補償

熱電対の熱起電力は温接点部の温度と冷接点部の温度によって決まる電圧です。したがって、温接点部の温度が同じでも、冷接点部の温度が変動すると、熱起電力は変動してしまいます。

この影響をなくすため、温度調節器の内部で冷接点部温度とほぼ等しくなる位置に温度センサを置き、その部分の温度を検出し、その熱起電力に相当する電圧を加算することで、熱起電力の変動分を補償(キャンセル)します。この電圧加算による変動分補償のことを冷接点補償と呼びます。



上図において、温度調節器の入力端子部にて測定される熱起電力 V_T は① $V_T = V(350, 20)$ となります。ここで $V(A, B)$ は温接点 A °C、冷接点 B °C としたときの熱起電力を表します。また、熱電対の基本的な性質である「中間温度の法則」より、② $V(A, B) = V(A, C) - V(B, C)$ が成立します。

周囲(端子部)温度が20°Cのとき、温度調節器の内部の温度センサが20°Cを検出したとき、熱電対の20°Cにおける規準起電力表の20°Cに相当する電圧 $V(20, 0)$ を①の右辺に加えると、

$$\frac{V(350, 20)}{\downarrow} + \frac{V(20, 0)}{\downarrow}$$

熱電対による熱起電力 冷接点補償回路で発生させた起電力

②式の $A=350, B=20, C=0$ として第一項を展開すると、

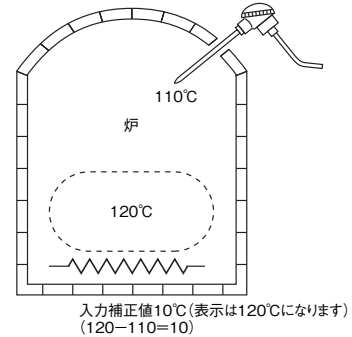
$$= V\{(350, 0) - V(20, 0)\} + V(20, 0)$$

$$= V(350, 0)$$

となります。
 $V(350, 0)$ は、冷接点が0°Cの場合の熱電対の熱起電力となりますが、これはISで規準熱起電力として規定されているので、その電圧値を調べることで温接点部の温度(この場合、350°C)がわかります。

●入力補正

温度センサ測定温度にあらかじめ設定された値を加減算し、温調器の現在温度を表示します。温度センサ測定点の温度と温度表示が必要な場所との温度差を入力補正值で設定します。



●補償導線

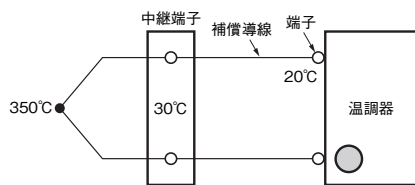
実際のアプリケーションでは測定点と温調器が遠く離れていることがあります。

熱電対素線を使ったセンサの線長が限られている場合や線材が高価である場合などに、通常の銅線を使ってセンサと温調器の間を延長すると、大きな温度誤差を生じることがあります。

熱電対素線の延長に、素線の代わりに補償導線を用いることができます。

補償導線は限られた温度範囲(多くは常温付近)であれば、もとの熱電対とほぼ同等の熱起電力を発生しますので、熱電対素線長を延ばす際に使うことができます。

ただし、熱電対の種類に応じた適切な補償導線を使わなければ、正しく温度測定ができません。



$$\frac{V(350, 30)}{\downarrow} + \frac{V(30, 20)}{\downarrow} + \frac{V(20, 0)}{\downarrow}$$

熱電対による熱起電力 補償導線による熱起電力 冷接点補償による電圧

$$= [V(350, 30) - V(30, 0)] + [V(30, 0) - V(20, 0)] + V(20, 0)$$

$$= V(350, 0)$$

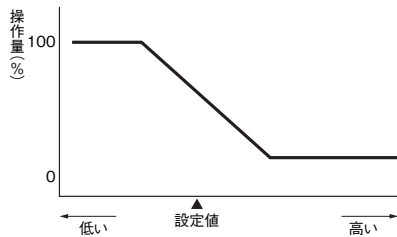
補償導線を用いた例

温度センサに関する用語の説明は、**温度センサ テクニカルガイド**をご覧ください。

■出力に関する用語の説明

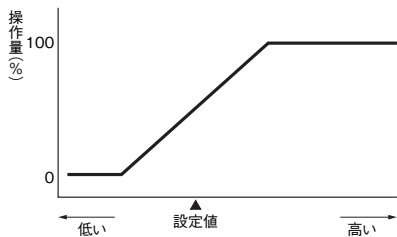
●逆動作(加熱)

設定値より温度が低い場合(負の偏差)に対して、操作量を増やすように動作します。



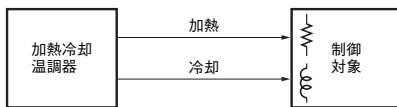
●正動作(冷却)

設定値より温度が高い場合(正の偏差)に対して、操作量を増やすように動作します。

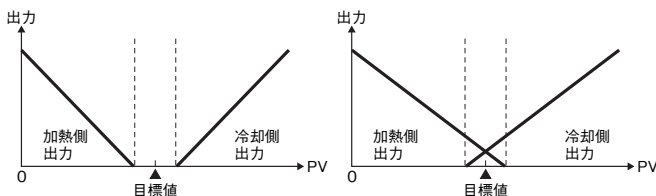


●加熱冷却制御

制御対象の温度制御が加熱のみでは制御が難しい場合、冷却と合わせ制御を行うことがあります。1台の温度調節器から加熱用制御出力、冷却用制御出力をだし制御を行います。

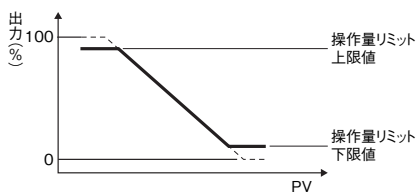


加熱冷却の出力

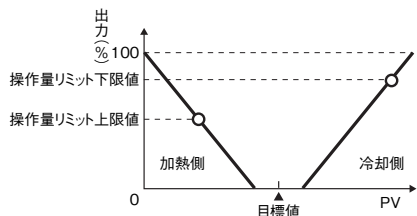


●操作量リミッタ

「操作量リミット上限値」および「操作量リミット下限値」で操作量リミッタの上下限値を設定します。温度調節器が計算した操作量が、操作量リミッタの範囲外になったとき、実際の出力は上限値または下限値に従います。

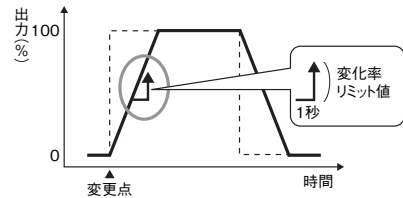


加熱冷却制御では、冷却側の操作量を便宜上負の値として扱っているため、一般に次の図のように、上限値は加熱側(正の値)、下限値は冷却側(負の値)に設定します。



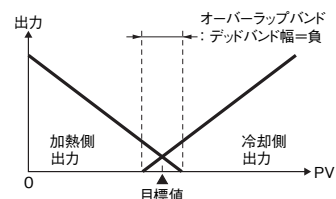
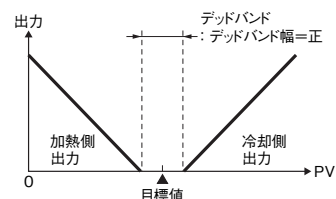
●変化率リミット

「操作量変化率リミット値」で1秒あたりの操作量の変化量を設定します。温度調節器が計算した操作量が大きく変化するとき、実際の出力は操作量変化率リミッタの設定内容に従って徐々に計算値に近づきます。



●デッドバンド

冷却出力の場合のオーバーラップバンド、デッドバンドを設定します。この値をマイナス値にするとオーバーラップバンド、プラス値にするとデッドバンドとなります。



●冷却係数

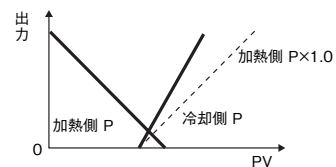
制御対象の加熱特性と冷却特性が大きく異なり、同一のPID定数で良好な制御特性が得られない場合は、冷却係数によって冷却側の比例帯(冷却側P)を調整して、加熱側と冷却側の制御バランスをとってください。加熱側および冷却側のPは次の式で求められます。

$$\text{加熱側 } P = P$$

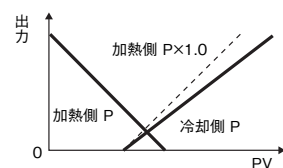
$$\text{冷却側 } P = \text{加熱側 } P \times \text{冷却係数}$$

冷却側Pは加熱側Pに係数をかけて、加熱側とは異なる特性で制御を行います。

〈加熱側 $P \times 0.8$ 〉



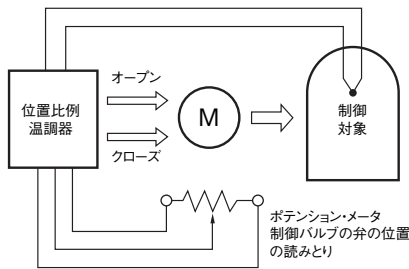
〈加熱側 $P \times 1.5$ 〉



●位置比例制御

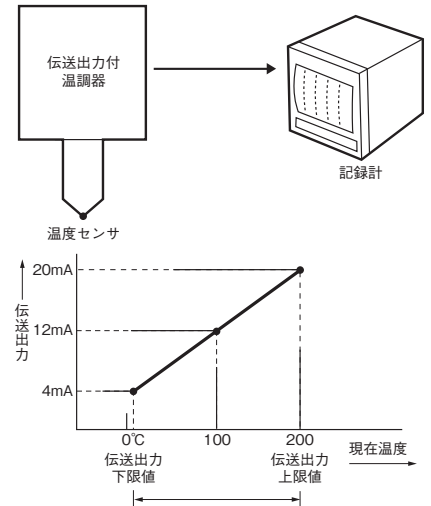
オンオフサーボ形とも呼ばれています。

温度制御用にコントロールモータ、またはモジュトロールモータのついたバルブを使用する場合（オープン・クローズ制御）、ポテンションメータでバルブの開度を読み取り、開く（オープン）、閉じる（クローズ）の信号を出し、操作量を伝え制御します。温度調節器の出力はオープン用、クローズ用の2つの信号がでます。なおフローティング制御（ポテンションメータでバルブ開度をフィードバックしない：ポテンションメータがなくても制御可能）も採用しています。



●伝送出力

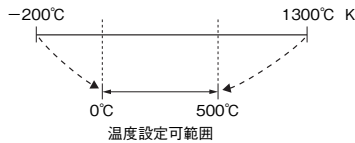
制御動作とはまったく無関係に、独立した電流出力を持つ温度調節器があります。温度調節器が測定できる温度範囲で、現在温度の値、または設定値を4～20mAに変換しリニアに出力します。この出力信号を記録計に入力し制御結果を記録できます。



■設定に関する用語の説明

●目標値設定リミット

設定値の範囲は温度センサの種別で決まります。設定リミットはこの設定できる温度範囲を限定します。また、この限定は伝送出力にも関係します。

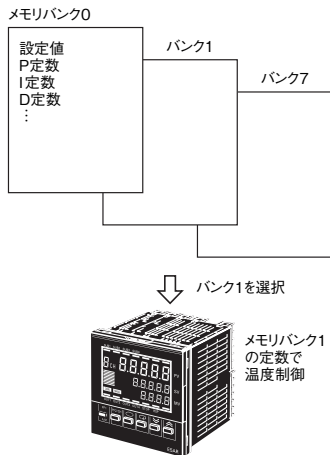


●マルチSP

温度制御を行う場合、独立した複数（マルチ）の設定値を選択して使用できます。

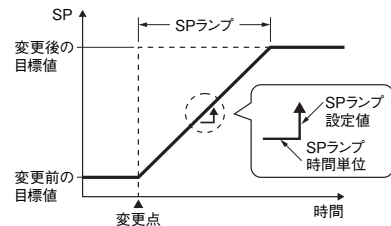
●8バンク

温度制御を行う場合、設定値の他PID定数等設定値をグループ化（バンク）して記憶します。実際の制御ではこのグループから選択し使用します。8個のバンクを記憶できます。



●SPランプ

SPランプ機能は、目標値の変更幅を変化率で制限します。したがって、SPランプ機能を有効にすると、変更幅が指定された変化率を超えている場合、次の図のように目標値が制限される区間ができます。



●リモートSP入力

外部から4～20mA入力を使用して、目標温度として使用します。リモートSP機能を有効にすると、4～20mA入力がリモートSPとして使用されます。

●イベント入力

イベント入力とは外部からの信号で目標値切換えや、RUN/STOP、パターン選択等に使用します。

●入力デジタルフィルタ

入力用のデジタルフィルタ時定数を設定します。デジタルフィルタ通過後のデータは次の図のとおりです。

