

温度制御の概要



小型のCN77000はマイクロプロセッサ制御の全機能付コントローラー（ $\frac{1}{8}$ DIN パッケージ）

プロセス温度を、高い信頼性で正確に制御する方法：人の介入なしにプロセス温度を正確に自動制御するには、コントローラーを含む温度制御システムが必要です。コントローラーは熱電対や RTD などの温度センサを入力として、実温度と目標温度（セットポイント）と比較し制御出力の大きさを決めます。コントローラーはシステム全体の一部で、適切に選定するには、システム全体を理解する必要があります。

1. センサのタイプ（熱電対、RTD）と温度範囲
2. 出力のタイプ（リレー、SSR、アナログ出力）
3. 制御アルゴリズム（オン/オフ、比例、PID）
4. 出力の数とタイプ（加熱、冷却、警報、リミット）

コントローラーの種類と制御方式：

コントローラーには 3 つのタイプがあります。オン/オフ、比例、PID です。コントロールするシステムによって、適切なタイプが決まります。

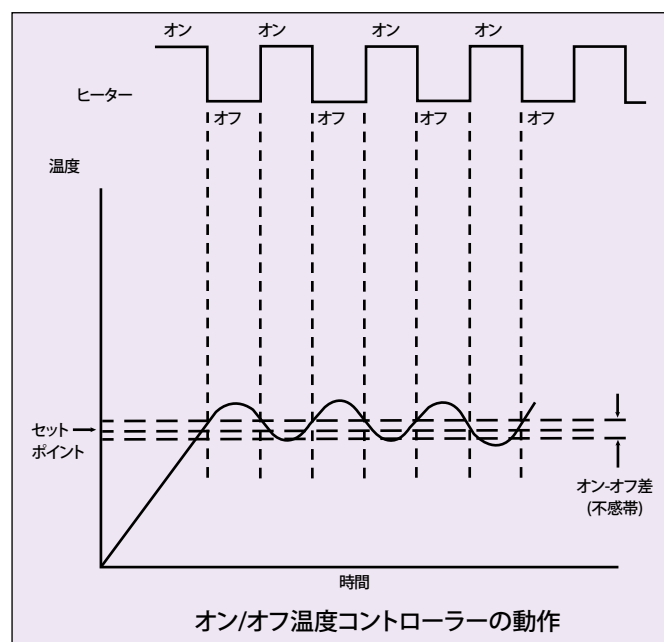
オン/オフ制御

オン/オフコントローラーは温度制御の中で最も単純な方式です。コントローラーの出力はオンかオフだけで、中間がありません。オン/オフコントローラーは温度がセットポイントを通過した時に出力をオンかオフにスイッチします。加熱制御では温度がセットポイント以下の場合はオン、セットポイント以上ではオフです。温度がセットポイントを通過するたびに、オン/オフを繰り返すので、プロセス温度はセットポイントを中心に上下する周期的変動になります。このサイクルが速すぎるとリレー接点やバルブなどが摩耗するので、セットポイント前後に不感帯を設けて過剰な制御動作を抑えることができます。不感帯は、温度がセットポイントを超えても、不感帯の範囲内にあるときは、制御動作が起きません。

不感帯を適切な幅に設定することにより、出力のチャタリングを防止することができます（チャタリングとはセットポイントに対して、温度が上下に高速で反応するために発生する出力の高速スイッチング現象）。オン/オフ制御は、精密な制御が必要でない場合、エネルギーを頻繁にオン/オフできないシステム、質量が大きいために温度変化が極めて緩慢なシステム、温度警報出力用などに使われます。

また特殊な使用方法としてオン/オフ制御は、警報出力を行うリミットコントローラーとして使用できます。

これはラッチングリレーを使い、定められた温度に達するとプロセスをシャットダウンするもので、再起動は手動でのみ可能です。

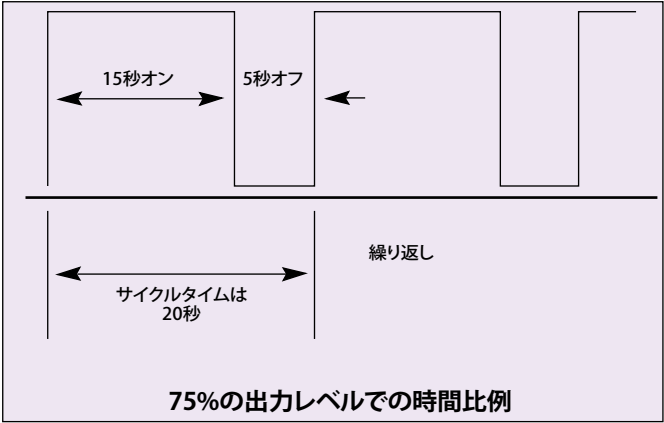


比例 (プロポーションナル) 制御

比例制御は、オン / オフ制御では避けられないサイクル現象を無くすために作られました。温度がセットポイントに近づくと、比例コントローラーはヒーターに供給している平均電力を減らしていきます。これはヒーターを減速する効果があり、セットポイントをオーバーシュートせずに、セットポイントに近づき安定した温度を保ちます。この比例動作は、短い間隔で出力をオン / オフして行われます。この「時間比例」は、温度を制御するのに、オンの時間とオフの時間の比を変えます。この比例動作はセットポイント温度の近傍に設定された「比例帯」の範囲内で起こります。

この比例帯の外ではコントローラーの機能はオン / オフで、出力は全開 (比例帯の下側) か全閉 (比例帯の上側) です。しかし、比例帯の内側では出力はセットポイントからの測定値の差の比によってオンまたはオフになります。

セットポイント (比例帯の中間点) では出力のオンとオフの比は 1:1 で、オンの時間とオフの時間は同じになります。



CN3251コントローラーはランプ/ソーク機能付。長時間の温度制御に最適

温度がセットポイントから離れると、オンの時間とオフの時間の比はその温度差に比例して変化します。

温度がセットポイント以下であれば、出力のオン時間は長く、温度が高すぎる場合は出力オフの時間が長くなります。

比例帯は通常フルスケールのパーセントまたは度で表わされます。または、比例帯の逆数でゲインとも呼ばれます。時間比例制御では、ヒーターが一定の出力でオンとオフを繰り返しており、平均時間の変化で制御しています。多くの装置ではサイクルタイムと比例帯が調整可能になっており、特定のプロセスに最適化できるようになっています。

機械式リレーやソリッドステートリレー出力に加えて、比例コントローラーでは 420mA や 05Vdc の比例アナログ出力もあります。リレーと異なり、オン / オフの時間ではなく、出力レベルを変化させます。

比例制御の利点の 1 つは動作が単純なことです。ただし、オペレータが、立ち上げ時やプロセス条件が大幅に変化した時などに、温度をセットポイントに持ってくる細かな調整 (マニュアルリセット) が必要になる場合があります。

時間比例			温度 (°F)	4-20mA比例	
%オン	オン時間 (秒)	オフ時間 (秒)		出力レベル	%出力
0.0	0.0	20.0	540以上	4 mA	0.0
0.0	0.0	20.0	540.0	4 mA	0.0
12.5	2.5	17.5	530.0	6 mA	12.5
25.0	5.0	15.0	520.0	8 mA	25.0
37.5	7.5	12.5	510.0	10 mA	37.5
50.0	10.0	10.0	500.0	12 mA	50.0
62.5	12.5	7.5	490.0	14 mA	62.5
75.0	15.0	5.0	480.0	16 mA	75.0
87.5	17.5	2.5	470.0	18 mA	87.5
100.0	20.0	0.0	460.0	20 mA	100.0
100.0	20.0	0.0	460以下	20 mA	100.0

比例帯の幅

- 例 : 加熱
- セットポイント : 500° F
- 比例帯 : 80° F (± 40° F)

温度サイクル幅の広いシステムでも、比例コントローラーが必要です。単純な比例制御か、PID 付が必要かは、プロセスと精度の要求度によります。

遅延時間の長いプロセスや急激な温度変更が必要なプロセス (例 : 熱交換器) では、揺れを無くすため広い比例帯が必要になります。広いバンド幅では、負荷の変動によるオフセットが大きくなります。このオフセットを無くすためには自動リセット (積分) を使います。微分 (比率) 動作は、長い時間遅延をもつプロセスで、プロセスに外乱が生じた場合に、早くセットポイントに復帰する時に使用します。

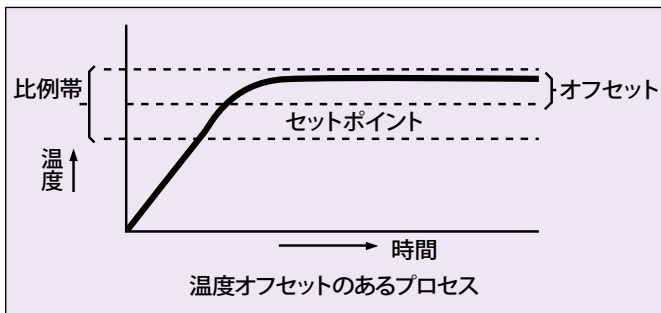
温度制御の概要 (続き)

コントローラーの選定に当たっては、他にも考慮すべき機能があります。具体的には以下の項目です。

- ①オートチューニング (精密制御のために適正な比例帯、レート値、リセット値を自動計算)
- ②ホストコンピュータとシリアル通信 (データの保存、分析、チューニング情報)。
- ③アラーム機能 (プロセス温度が上下限值超過やセットポイントから偏差が過大な時などに出力)
- ④タイマー / イベント表示器 (イベントの終了 / 開始時間や経過時間を記録)
- ⑤リレーまたはトライアック出力 (SSR やコンタクタを使用して 75A までの大容量出力を制御)

PID 制御

3 番目のコントローラーのタイプは PID と呼ばれる、比例制御、積分制御、微分制御ができるタイプです。このコントローラーは比例制御に、システム内の変化を自動的に補償する 2 つの調整機能を組み合わせたものです。この積分と微分の調整は時



間の単位で表現され、それぞれの逆数であるリセットとレートとも表現されます。

比例、積分、微分のパラメータは、各システムに合わせて、トライアンドエラー方式で調整されます。この制御方式は、上記の 3 つのタイプの中で最も正確で安定した制御が行えるので、プロセスへの投入エネルギーの変化に敏感な比較的小容量のシステムに使用されます。この方式は、負荷が頻繁に変化するため、セットポイントの調整や使用可能なエネルギーの量、または、制御対象の容量の変化などを、自動的に補償する必要がある場合に適しています。

レートとリセットの目的と動作原理

レートとリセットは温度のオフセットやシフトを補償するために使用されます。比例制御では、原理上セットポイントに温度を厳密に一致させることができません。

温度はセットポイントの近くで、安定した温度に達します。この安定した温度とセットポイントの差がオフセットです。オフセットは手動または自動で補正ができます。手動リセットを使って比例帯をシフトすれば、プロセスはセットポイントの温度で安定します。自動リセット (積分としても知られている) では、時間に対して偏差信号を積分し、積分された偏差信号の分だけ比例帯をシフトします。これにより、プロセス温度をセットポイントの温度に持ってくるように、出力パワーが自動的に増減します。

急激な温度の変化に対しては、レート (微分) によって補償するように、比例帯をシフトします。シフトの量は温度の変化の速度に比例します。

PID (3 モードコントローラー) は比例と積分 (リセット) および微分 (レート) の 3 要素を組合せており、制御の難しいプロセスには最適な制御方式です。このコントローラーには、2 つの比例出力 (加熱と冷却) を使用するタイプもあります。このタイプは立ち上げ時には加熱だけを使用するが、運転中に過剰な熱が発生し冷却を必要とするプロセスに使用されます。

コントローラーの出力の種類

コントローラーの出力はいくつかある中の 1 つを使用します。最も一般的なものは時間比例とアナログ比例です。時間比例出力は、ある固定したサイクルタイムのパーセントで負荷を与えます。例えば、10 秒のサイクルタイムの場合、コントローラー出力が 60% に設定されると、リレーは 6 秒間閉じてエネルギーを供給し、4 秒間開いてエネルギーを止めます。時間比例出力のタイプは 3 つあり、リレー、トライアックまたは AC ソリッドステートリレーです。機械式リレーが最も経済的なタイプで、サイクルタイムが 10 秒以上で、負荷が比較的小さいシステムに採用されます。

AC ソリッドステートリレーまたは DC パルスは、可動部品がないので、高い信頼性が必要な時に採用されます。

短いサイクルタイムのプロセスにおすすめですが、ヒーターの大電流用に外付リレーが必要です。この外付ソリッドステートリレーは通常 AC ソリッドステートリレー出力コントローラー用の AC コントロール信号、または DC パルス出力コントローラー用の DC コントロール信号と一緒に使われます。

アナログ比例出力は通常アナログ電圧 (05Vdc) または電流 (420mA) です。この出力タイプの出力レベルはコントローラーで設定することができます。出力が 60% に設定されると、出力レベルは 5V の 60% すなわち 3V です。420mA (16mA スパン) 出力の場合、60% は $(0.6 \times 16) + 4$ すなわち 13.6mA です。このタイプのコントローラーは比例バルブや電源コントローラーに使われます。

コントローラーの選定について考慮すべき事

コントローラーを選定するとき、主に考慮すべきことは必要なコントロールの精度と、プロセスの制御の難易度です。一番単純な調整と最小コストを目指すには、目的に合う中で一番単純なコントローラーを選択することです。

プロセスが単純で、その容量にあった丁度良い (大きすぎず、小さすぎず) ヒーターが使用でき、変動の周期が早くない場合は、オン / オフ制御が使用できます。変動の周期が早い、または、ヒーターのサイズが合っていない (過大、過小) 場合は比例制御が必要です。