

“MELSEC-Lシリーズ” 温度調節ユニット

矢木孝浩*
田中徹哉*

Temperature Control Module of "MELSEC-L Series"

Takahiro Yagi, Tetsuya Tanaka

要 旨

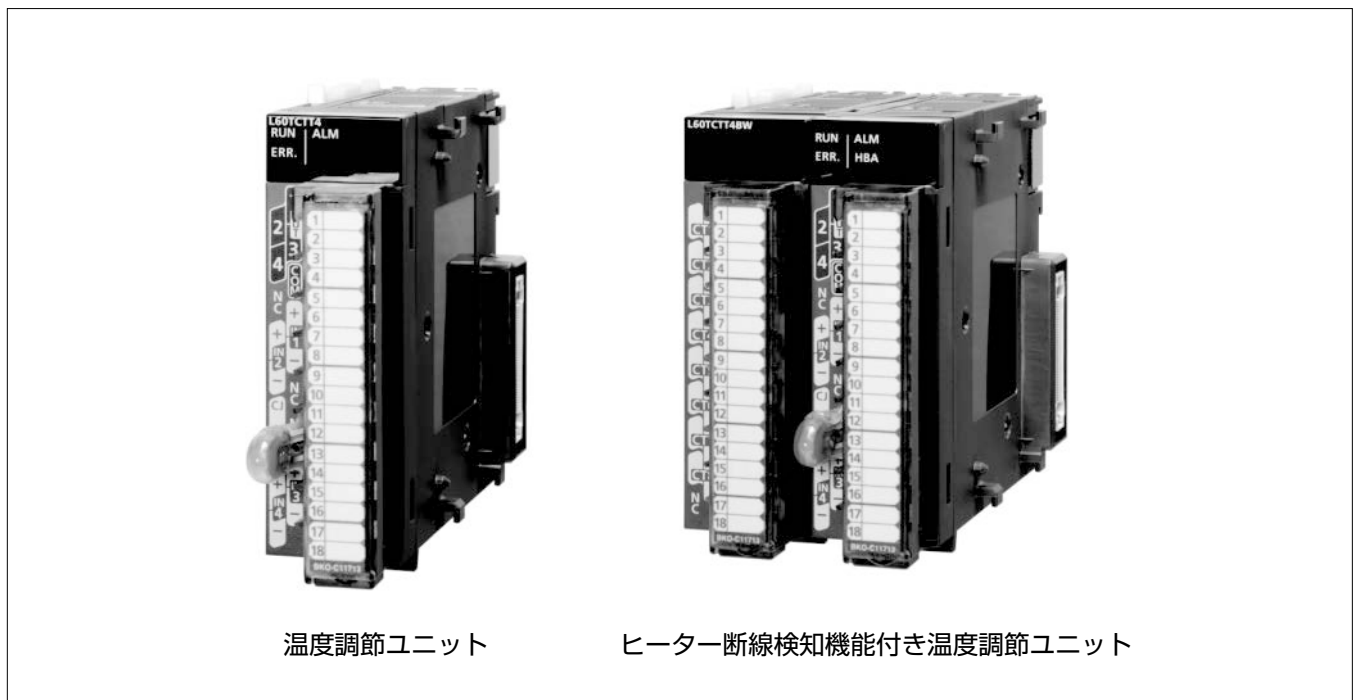
シーケンサシステムは、一般機械の制御から工場内の自動化まで幅広く用いられており、これまでの産業界の発展に大きく寄与してきた。近年はコストダウンや高付加価値化に対する顧客のニーズが高まっている。このような中、三菱電機は小規模制御装置ユーザーを中心とした“機能”“性能”“コスト”“操作性”への要求に応えるため、コストパフォーマンスとユーザビリティを追求したスタンダードモデルとして、2009年に“MELSEC-Lシリーズ”シーケンサを発売した。

その後、顧客の適用範囲の拡大に伴い、食品機械、プラスチック成形等、温度監視・管理が必要な機械メーカーを中心に、温度調節ユニット(以下“温調ユニット”という。)や温度入力ユニットの品ぞろえを求める声が高まっている。今回の開発ではこのような要望に応えるため、温度入力ユニットとしても兼用できるよう、必要な機能を盛り込んだ

Lシリーズ温調ユニット4機種(熱電対入力2機種、測温抵抗対入力2機種)を製品化した。主な機能は次のとおりである。

- (1) 加熱冷却制御：加熱制御のほか、冷却制御による急激な冷却が可能となりタクトタイム削減に貢献
- (2) ピーク電流抑制機能：出力を同時にONせずに制御することでヒーター電流を抑制し、ランニングコストを低減
- (3) 同時昇温機能：各チャンネルの昇温時間を合わせることで温度維持のための無駄エネルギー削減による省エネルギー効果と均一温度制御による品質向上を実現
- (4) 温度入力モード：簡易な設定で温度入力ユニットとしても使用可能

本稿では、温調ユニットの特長や機能、及び適用事例について述べる。



“MELSEC-Lシリーズ” 温度調節ユニット

MELSEC-Lシリーズシーケンサの品ぞろえの一環として、一般機械制御で要求の高い温調ユニットをラインアップに取り入れた。加熱冷却制御、ピーク電流抑制機能、同時昇温機能等、機能を充実させた。

1. ま え が き

当社シーケンサシステムは、一般機械の制御から工場内の自動化など、広範囲にわたる産業分野で用いられており、これまで産業界の発展に貢献してきた。近年はコストダウンや高付加価値化への顧客のニーズが高く、これらのニーズに応えるためコストパフォーマンスとユーザビリティを追求したスタンダードモデルとして、当社は2009年12月にMELSEC-Lシリーズシーケンサ(以下、“Lシリーズ”という。)を発売した。

Lシリーズ発売後、顧客の適用範囲の拡大に伴い、製品の品揃えに対する要求も高まっている。特に、ワイヤ溶接、食品機械、フィルム・食品容器・ポリ袋製造といった、温度監視・管理が必要な機械メーカーから温調ユニットや温度入力ユニットを求める声が多い。そこで、今回このような要望に応えるため温度入力ユニットとして兼用できるよう、必要な機能を盛り込んだLシリーズ温調ユニットを開発した。

本稿では、温調ユニットの特長や機能とともに、技術や適用事例等について述べる。

2. 製品の性能と特長

2.1 性能

表1に今回開発した4種類の製品の性能を示す。

今回開発した製品では、外部配線や外部入出力仕様等で、MELSEC-Qシリーズシーケンサの上位互換となる性能/機能を持たせており、サンプリング周期では500ms/4チャンネルに加え、250ms/4チャンネルを実現することで、高速な温度センサを使用したシステムにも対応できるようにした。

2.2 特長

2.2.1 加熱冷却機能

従来の標準制御では、制御手段がヒーターなどの加熱のみである場合、冷却は単に加熱手段をOFF(自然放熱)することによって制御していた。今回開発した製品の加熱冷却制御では、ヒーターなどの加熱と、冷却水などの冷却の両方の制御手段を用いて、きめ細かな制御を実現した。

2.2.2 ピーク電流抑制機能

従来、加熱制御時の制御出力は上限出力リミッタの設定によって、各チャンネルの最大出力を制限していたが、各チ

ャネルの制御出力が同時にONした場合、トランジスタ出力が同時にONすることによるピーク電流が大きくなっていった。

今回開発したユニットでは、各チャンネルのトランジスタ出力のタイミングを分割して制御を行うことで、ピーク電流を抑制し、設備の電源容量の削減に貢献した。

2.2.3 同時昇温機能

従来、複数ループの昇温を実行した場合、制御対象によって昇温到達時間のばらつきが発生し、制御対象の部分焼けや、部分的な熱膨張が発生していた。

同時昇温機能では、昇温到達時間をそろえることによって、先に目標値に到達したチャンネルの保温期間がなくなることによる省エネルギーを実現した。

2.2.4 サンプリング周期切替え機能

従来、温度センサのサンプリング周期は500ms/4チャンネル固定であったが、幅広いシステムに対応するために、250ms/4チャンネルのサンプリング周期を加え、いずれかの選択を可能にした。

2.2.5 温度入力

温調ユニットを温度入力ユニットとしても代用できるよう必要な機能を盛り込んだ。スイッチ設定で簡単に入力モードを変更可能にした。

2.2.6 構造

従来のLシリーズと同様に、ユニット同士をコネクタで接続するベースレス構造を踏襲した。“L60TCTT4”“L60TCRT4”は2枚基板構成で1スロット幅サイズ(横幅28.5mm)、“L60TCTT4BW”“L60TCRT4BW”は3枚基板構成で2スロット幅サイズ(横幅57.0mm)である。また、L60TCTT4BW、L60TCRT4BWは、従来にない“1スロット幅ユニット2個連結構造”を採用した。

3. 技術及び適用事例

3.1 加熱冷却機能

加熱冷却制御のPID(Proportional, Integral, Derivative)演算では、従来の加熱動作時に用いる“逆動作”と、冷却動作時に用いる“正動作”の処理を組み合わせ、2系統の出力を制御する演算アルゴリズムを追加し、加熱と冷却の両方の制御が必要なシステムを1台のユニットで実現した。

逆動作：センサの温度測定値が増加した場合に制御出力が減少する制御動作処理。

正動作：センサの温度測定値が増加した場合に制御出力も増加する制御動作処理。

これによって、車載プラスチック部品、プラスチックケース、ゴムパッキン等、特定形状のプラスチック製品やゴム製品を断続的に造る射出成形機(図1)で、金型に高温の樹脂を断続的に注入しても、金型内部の温度を一定に保つ

表1. 今回開発した製品の性能

形名	L60TCTT4/ L60TCTT4BW	L60TCRT4/ L60TCRT4BW
制御出力	トランジスタ出力	
温度入力点数	4チャンネル	
使用可能なセンサ	熱電対	测温抵抗体
サンプリング周期	250ms/4チャンネル 500ms/4チャンネル	
ヒーター断線検知	あり(L60TCTT4BW/L60TCRT4BWのみ)	

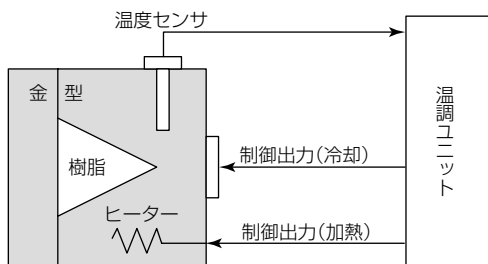


図1. 金型の加熱冷却制御

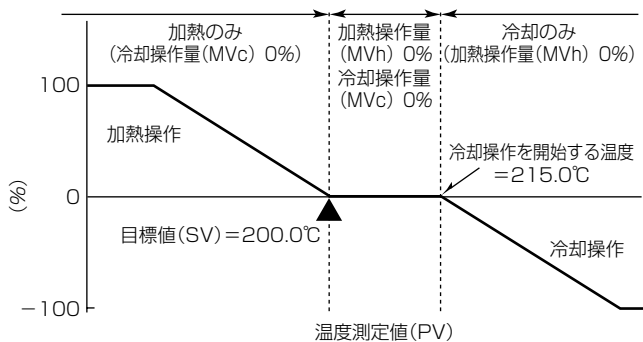


図2. 制御出力を出さない温度域(200~215°C)

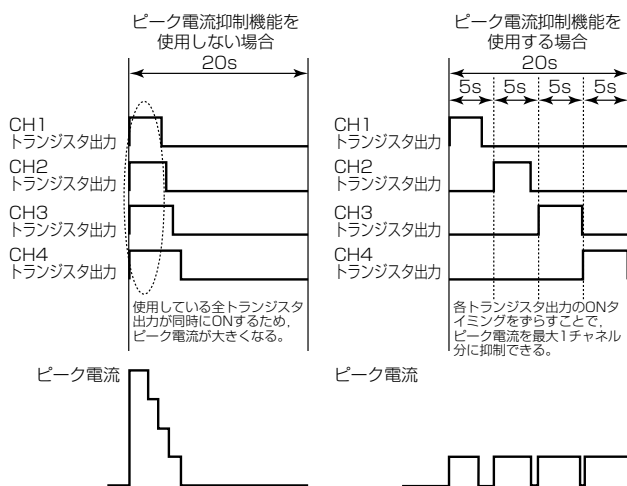


図3. トランジスタ出力のONタイミング

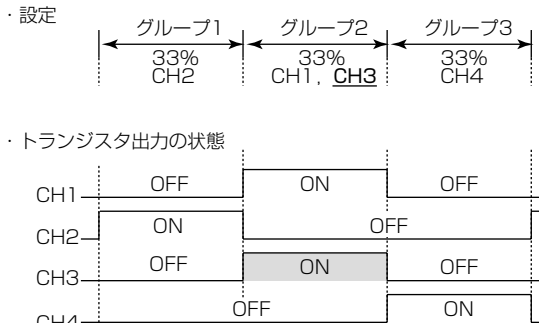
ことが可能となる。

しかし、加熱冷却制御を使用した場合、制御対象の自己発熱と自然冷却が釣り合っている状態となるシステムでは、わずかな加熱又は冷却の制御出力によって温度測定値が大きく変化するため、必要以上の制御出力を出してしまうことがあった。これを解決するため、冷却の制御出力を始めるポイントをずらして、加熱と冷却のどちらの制御出力も出さない温度域(図2)を設けることで、若干の温度変化に対して制御が変わらなくなり、省エネルギーを実現した。

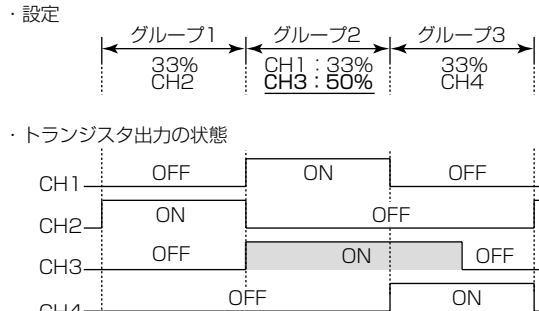
3.2 ピーク電流抑制機能

従来、トランジスタ出力がONするタイミングは、チャンネルごとにPID演算で算出した操作量によって決めていたが、各チャンネルの上限出力リミッタの値を自動で変更し、

例1: 3分割設定で制御を行った場合 (操作量(MV)が出力リミッタ上限値の場合)



例2: 3分割設定後、チャンネル3の上限出力リミッタ設定を50%に変更して制御を行った場合 (操作量(MV)が出力リミッタ上限値の場合)



上限出力リミッタ設定値を変更したチャンネル3は、グループ2に割り付けられているので出力開始点は同一グループのチャンネル1と同じになる。

図4. ピーク電流抑制機能を3分割で制御した場合

トランジスタ出力のタイミングを制御することで、ピーク電流の抑制を実現した(図3)。

各チャンネルのトランジスタ出力が同時にONする頻度が高いシステムで、ピーク電流を抑制する場合、トランジスタ出力がONするタイミングが遅れ、温度制御の安定度が低くなるケースが想定された。そのため、ピーク電流を抑制するグループを複数に分割して、それぞれの上限出力リミッタを設定できるようにし、安定度を優先する分割グループのトランジスタ出力への影響を少なくした(図4)。

3.3 同時昇温機能

各チャンネルの目標値までの昇温を同時に実行した場合、制御対象によって目標値に到達する時間のばらつきが発生し、先に目標値に到達したチャンネルが、最も遅いチャンネルの昇温到達までの間、目標値に保温するエネルギーが無駄となっていた(図5)。そのため、同時昇温開始時に、昇温到達時間が最も遅いチャンネルを基準とし、ほかのチャンネルを基準チャンネルに追従するように制御することによって、昇温が完了する時間をあわせることが可能となった(図6)。

これによって、半導体製造(ウェーハ加熱)工程での温度調節(図7)で、部分焼けや、部分的な熱膨張のない均一な温度制御が可能となる。

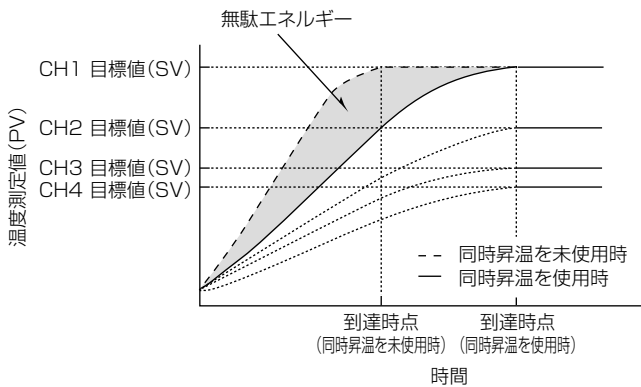


図 5. CH1における同時昇温未使用時と使用時の比較

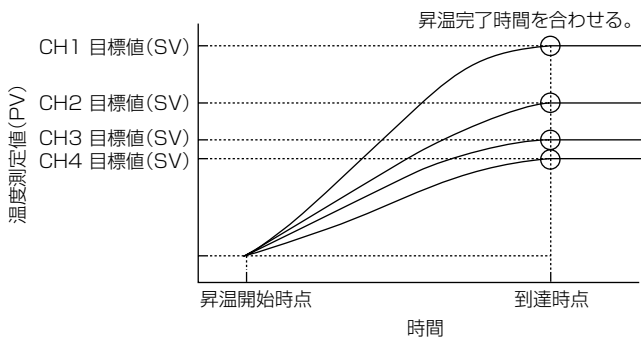


図 6. CH4を基準チャンネルとした場合の同時昇温

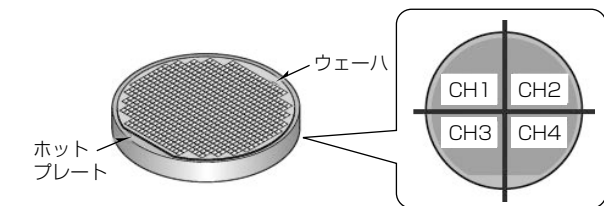


図 7. 半導体製造装置(ウェーハ加熱)工程での温度調節

3.4 サンプル周期切替え機能

温度センサは応答速度が0.25~4.2sの幅で品ぞろえされており、幅広いシステムに対応するために、250ms/4チャンネルのサンプリング周期が必要であった。

サンプリング周期を250ms/4チャンネルにすると、ゆるやかに昇温する温度を測定した場合に、500ms/4チャンネル時に比べて温度センサの測定値の変化(前回測定値と今回測定値の差分)が小さくなるため、温度制御の応答性向上につながらないという課題があった。このため、温度センサのアナログ値をデジタル値に変換する回路のゲインを調整して、測定値の分解能を向上させた。また、測定値の範囲が広がっても演算時にけたあふれや切捨て誤差が発生しないよう、演算式が扱う値の範囲を再設計した。

3.5 温度入力

温調ユニットで温度入力ユニットの機能を兼ねるために、次の機能を追加した。

- ①サンプリング周期切替え機能(3.4節)
- ②レートアラーム機能：温度測定値に関して、前回から

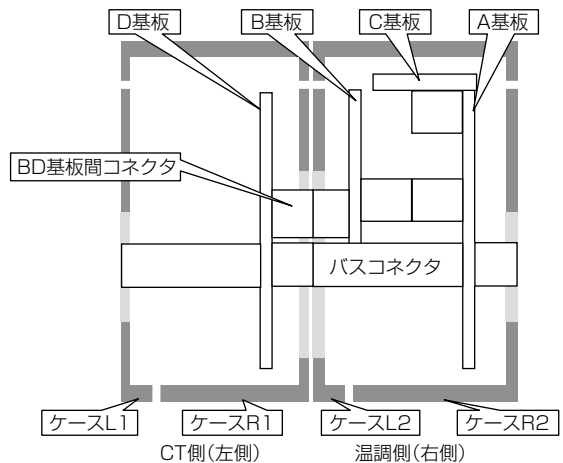


図 8. 基板構成(ユニット断面図)

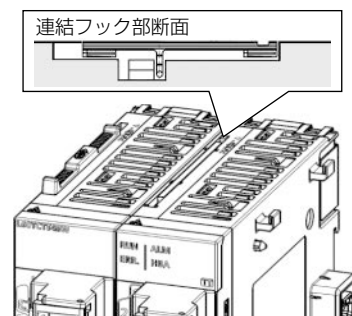


図 9. 連結フックの形状

の変化分が設定値以上、又は設定値以下の変化であった場合に警報を出力する機能。

3.6 構造(連結部)

L60TCTT4BW, L60TCRT4BWは、従来にない“1スロット幅ユニット2個連結構造”を採用した。

この構造実現のため実施した検討項目を次に示す。

- (1) BD基板間コネクタ接続(図8)

- ①最悪公差時に有効嵌合(かんごう)長を確保可能とする ケース寸法・つめ形状・コネクタ仕様の策定
- ②基板相互の位置ずれを考慮したBD基板間コネクタの フローティング量要求仕様策定

- (2) 連結フック(図9)

ユニットとしての一体感確保(easy to use)・誤分解防止・組立て性up(easy to make)のため、顧客の誤操作を防止するフラット形状(治具で操作する)、及びダークグレー色(ケースと同色)を採用した。

4. む す び

今回、温度監視・管理が必要な機械メーカーを中心とした温調ユニットへの要求に応えるMELSEC-Lシリーズの品ぞろえの一環として温調ユニットを開発した。今後も顧客のニーズに応えるため、コストパフォーマンスとユーザビリティを追求した製品開発を推進していく所存である。