

タイトル：PLC 計装による空調熱源の制御

1. はじめに

計装技術の活用場として「空調」と「プロセス」はその大半を占める。しかし計装士の試験ですら区別される様に、それぞれには似て非なる要素が多く有り、市場だけでなく技術（製品・サービス）を供給する側も個別に形成されている。

このところ計装分野での利用が目立つ PLC についても「空調」と「プロセス」それぞれにおける市場での要求課題に適応しながら、その用途を拡大している。

さらに「工場における空調」に限って見れば、その要求課題は「空調」と「プロセス」の両方の要素を併せ持っている為、工業用途に起源をもった PLC が積極的に利用される場面も少なくない。

これは PLC が単に高い信頼性とコストパフォーマンスの良さを持っているからだけでなく、多彩な FA 用ネットワークのプラットフォームとして機能する事や、現場環境で使用可能なタッチパネルと中央監視用のパソコンシステムのいずれに対しても親和性を備えていることを考えると当然の事であろう。

ここでは、その工場空調に用いられる PLC 計装システムの中でも、大きなエネルギーを扱うことから最も利用価値が有ると思われる熱源設備制御への導入について紹介する。

2. 熱源設備の制御

熱源設備とは空調設備で使用する冷水及び温水の供給源であり、この設備の制御とは冷水及び温水を規定された温度で空調設備へ不足無く供給するにあたり、最少のエネルギーでそれが行える様に各所の弁開度や機器出力ないしは機器の運転台数を加減するものである。主な制御対象は供給する冷水や温水を規定温度にする為の冷凍機（冷水 1 次ポンプ）と温水 1 次ポンプ、空調設備へ冷水及び温水を必要量供給する為の冷水 2 次ポンプと温水 2 次ポンプ、さらには冷凍機自体の冷却を目的とした冷却塔（冷却ファン）と冷却水ポンプである。

計測した水量や水温及び熱負荷量を用いた制御により、これらの機器に対してインバータ駆動の出力調整や運転台数の増減を自動的に行いながら使用エネルギーの最小化を図っている。

3. 制御システムへのニーズ

従来の専用パッケージ化された熱源制御システムではなく PLC 計装システムを使用する場合の動機は、コストの高低によるよりも、むしろ規模や特殊な要求機能への対応の容易さであり、専用パッケージの枠を越えた熱源設備への利用にこそ最も強いものが有ると考えている。

その特殊な要求の中で、まず工場空調熱源の制御で重要なのは設備を止める事ができない

点であろう。最近の精密な加工を要する製品の製造ラインでは、その設置された空調環境の良否そのものが製品品質に少なからず影響を及ぼす事となる。従って、その空調設備の元となる熱源設備の運転は工場全体の製造ラインへ影響し、365日24時間止められない設備となっている。この高い信頼性要求に対して PLC には 2 重化機能を有したものが用意されており、この要求を満たす事が可能である。

次に、冷却塔など屋外設置されるものも多い熱源設備において省配線を目的としたリモート I/O ユニットの利用は非常に魅力的である。しかし ON/OFF 情報だけでなく冷却塔廻りの温度測定値等アナログ情報の伝送も行う事ができ、冷却塔ファンの台数制御が実行可能な高速で信頼性のあるネットワークで無ければならない。これについても PLC ではいくつかの実績有る FA 用ネットワークの中から目的に沿ったものを選択できる。

また、規模の大きな熱源設備では HMI を用いた中央監視システムは不可欠であるが、これと合わせて設備の運転状況の確認や機器操作は現場近くで行いたいとの要望も有る。タッチパネルの接続が容易な PLC では、中央監視システムと同様の運転状況表示（設備フロー・警報一覧・トレンド）はもちろんの事、盤面でのスイッチ操作に代わる操作パネルの表示や高度な制御を行うに当たっての制御パラメータの設定をもタッチパネルの画面として組み込む事ができる。

さらに、当然の事ながら容易にループ制御が構築可能で、設備の使用方法に合わせた制御ロジックについても十分な内容を盛り込める事が必要であり、特に様々な条件による起動・停止の判断を要する台数制御ロジックについては素早い動作が要求される。計装 PLC ではループコントロール機能によるプロセス制御と通常のラダープログラムによる高速シーケンス制御との併用が可能であり、それぞれの得意を生かした制御プログラムの構築を行う事ができる。

4. ハードウェア構成

まず構成ハードウェアについて、制御の中心となる PLC には計装制御を計器ブロック方式でプログラミングできるループコントロール機能を搭載し、さらに前述の「止められない設備」であることを考慮して 2 重化プロセス CPU である「CS1D-CPU65P」を使用した。これは、ホットスタンバイ方式によりマスターとスレーブの CPU ユニット（ループコントロール機能を含めて）を運転継続しながら瞬時に切り替える事ができる。この PLC のベースには 2 重化された電源ユニットとプロセス信号を取り込む絶縁型プロセス入出力ユニット（測温抵抗体用・2 線式発信器用等）や接点入出力ユニットを必要数装着している。また、これら I/O ユニットのオンライン交換も可能となっている。

屋外設置された冷却塔設備の信号はリモート I/O ユニット経由で CPU に接続される。これには ON/OFF 情報と温度・水量等のアナログ情報が共に伝送可能な DeviceNet を使用し、マスターユニットを設置系統毎に分けて複数使用する事により設備増設のし易さと通信異常時の影響範囲を最小化する事を図っている。

また、他設備間や中央監視システムとのエリア管理を目的としたデータリンク通信を行う Controller Link ユニット、さらに現場監視操作用のタッチパネルを接続する Ethernet ユニット（100BASE-TX）が付加されている。

タッチパネルは現場でも設備全体の運転状況が容易に把握できるように大型の 15 インチサイズのタッチパネルを採用している。また、これを複数配置することにより冗長性を持たせ、代わりに本来盤面に多数取り付けられるはずの機器個別の手動操作スイッチや表示ランプの機能を全てタッチパネルに取込み、ハード部品の盤面配置を省略している。

5. 制御のポイント

制御機能（ソフトウェア）には、計器ブロック方式による計装制御と高速で自由度の高いラダープログラミング方式とを併用し、主に次の様なものを組み込んでいる。

① 計測センサーの 2 重化機能

「止められない設備」の為に PLC の 2 重化のみならず重要箇所である還流量や往還温度に使用される計測センサーの 2 重化も必要となる。これは計器ブロックに取り込まれる前にラダープログラムを使用し、2 点のセンサー計測値データをそのセンサーの状態信号により自動的に加算（加重平均）または選択の処理を行っている。さらにセンサーの異常発生時や復帰時の操作支援をタッチパネルで行える様になっている。

② 算術演算機能

この制御では「熱負荷量」、「COP 値」、「湿球温度」の様に複数の計測値を用いて演算加工を行う事により得られる監視値が有る。また台数制御ではこれら監視値のある期間での傾向により機器の発停が判断される。この計測値の加工演算と時間要素の演算にはループコントロール機能の計器ブロックが非常に有効であり、特に工業単位のまま計算式を記述し実行できる「算術演算ブロック」やオンラインでサンプリング時間を変更可能な「移動平均ブロック」は、大変、重宝である。

③ 台数制御

季節差や時間帯による必要熱量の変動だけでなく、生産設備の稼働状況による変動が加わる工場空調においても、機器の能力の大小やインバータ・再熱利用の機構の有無等の条件の異なった多数の熱源機器を、必要熱量を作り出すのに最も効率の良い組合せで運転しなければならない。さらに熱源から供給する冷温水が規定温度で有る事は最優先される。また保守の面からは機器の使用時間はできるだけ平均化させたい。これらの要求条件を細やかに、かつ高速に判定し機器を増減させるロジックはプログラムが肥大化するのを避けてサブルーチンや間接参照等のテクニックが使用できるラダープログラミングを用いている。

④ 冷暖判定

長期間での湿球温度の変化を判断して冷房モード・暖房モードの切換を行う機能も計器ブロックによる演算機能とラダープログラミングとの組み合わせで行っている。2 重化された温・湿度センサーから湿球温度の算出を行い、その値が判定基準を超えた時間の累積値

と基準を超えた状態が中断なく継続した時間の両方を監視し先行して判定点に到達した方を切換トリガとして用いている。また長期変化だけでなく短期に急激な湿球温度の変化があった場合の判定なども付加している。前項の台数制御の動作条件についても空調設備が冷房モードか暖房モードかによって自動的に変更が行われる。

6. PLC利用のメリット

機能面でのメリットは前述して来た通りである。

他に、産業市場全体で広く使用されている PLC とタッチパネルのみで構成した事により、入手の容易さや長期供給が期待できる。保守部門にとっても他の製造設備で使用されているのと同じ PLC で構成される事はツールの共用や予備品・消耗品の共通化等の利点も大きいと考えられる。

また、ソフトウェアについても計器ブロック方式やラダープログラミングはオープン性に富んでおり、多くの制御エンジニアが理解して扱う事が可能なものであり、将来的に考えられる設備の増設や機能の改善時における人的リスクを大きく低減している。

さらに、海外において国内同様の設備を計画する場合、グローバルに使用されている PLC は主要な海外地域で製品の供給拠点を有しており、安心してソフトウェアを含んだ既存技術の転用が考えられるのでは無いだろうか。

7. 進展の方向

Ethernet/IP に代表される産業用（工業用）イーサネットが普及し、異なった設備間での密接な情報の受け渡しを実現する事で、さらに効率的な工場運営を行おうとする時に、大きなエネルギーコストを任されている空調設備のみが分離されているとは考えにくい。また、運転情報を中央監視へ発信するだけのネットワーク機能ではなく積極的に生産設備や他のユーティリティ設備からの情報を取り込み、より効率的な運転を行う事を求められるのでは無いだろうか。これにはオープンなネットワークへの自由度の高いアクセス機能を持ち、得られた情報を有効に利用できる制御機能を持った PLC が有効なプラットフォームになると考えられる。

また一方で、PLC 計装の広がりがある様に、より小規模の空調設備へも細やかな運転を実現する為に利用される機会が増えるのでは無いだろうか。これには PLC の利用技術を空調制御の有用な武器として身につけた空調計装エンジニアが不可欠である。PLC のサプライヤがこれら空調計装の専門家達とコミュニケーションを取り「プロセス」用途とは異なった要求課題（例えば空調計装で有用な機能をファンクションブロック化する等）を取込み、これを実現する事も当然必要となろう。

以上、本文