

熱源送水ポンプ省エネシステム「エコノパイロット HSP」

- 送水ポンプ消費電力の大幅削減と CO₂ 排出量の削減 -

Econo-Pilot HSP Energy-saving System for Heat Water Source Pumps

- Reducing Electricity Consumption and CO₂ Emission in the Pump -

大西 哲史 *1

三浦 秀樹 *1

小林 賢志 *2

ONISHI Tetsushi

MIURA Hideki

KOBAYASHI Satoshi

横河電機は、空調 2 次ポンプを制御する“送水ポンプ省エネ制御システム「エコノパイロット」”のラインナップとして、熱源の 1 次ポンプおよび冷却水ポンプを制御する“熱源送水ポンプ省エネシステム「エコノパイロット HSP」”を開発した。本稿では「エコノパイロット HSP」の機能や省エネ効果等を紹介する。

In the lineup of Econo-Pilot energy-saving systems for secondary water pumps, Yokogawa Electric Corporation has released Econo-Pilot HSP for heat water source pumps. This paper introduces its functions, energy-saving effect, and so on.

1. はじめに

世界の温室効果ガス削減への動きと共に、日本国内では、2009 年度の「改正省エネ法」施行、2010 年度「東京都環境確保条例」の改正、クレジット制度導入などの動きがある。それらを受けて産業界（企業）においても、さらに踏み込んだ温室効果ガス削減が求められ、削減とその報告の義務化がされようとしている。

このような情勢の中、各企業は短期的な視点と中長期視点両面での省エネルギーターゲットを探している。短期的な視点では、個別の設備機器に対する即効性のある省エネアイテムが求められ、中長期的な視点では、エネルギーの見える化とそれを利用した永続的な運用改善が省エネアイテムとなっている。

図 1 に財団法人 省エネルギーセンターの「オフィスビルの省エネルギー」で報告されているオフィスビルの用途別エネルギー消費を示す。⁽¹⁾ 熱源、熱源搬送関連が消費全体の半分近くを占めており、その部分が持つ省エネポテンシャルは極めて大きい。横河電機では、この中でも空調ポンプに着目し、「エコノパイロット」を開発・販売した。⁽²⁾ 省エネの制御手法としては優れた製品であるが、制御対象が 2 次ポンプのみであったため適用箇所が限定されていた。そこで、2 次ポンプの無い系統も含め更に適用範囲を広げるべく、熱源廻りのポンプの制御を対象とする“熱源送水ポンプ省エネシステム「エコノパイロット HSP (Heat water Source Pumps)」”を開発した。

セントラルヒーティング方式の空調などの送水システムで、熱源の 1 次ポンプおよび冷却水ポンプを省エネ制御がすることができ、「エコノパイロット」と合わせて、送水系全体の省エネ制御が可能になった。また工場の生産冷却水の送水ポンプにも適用できるため、適用範囲がビル・建物等から生産系の分野にまで広がった。

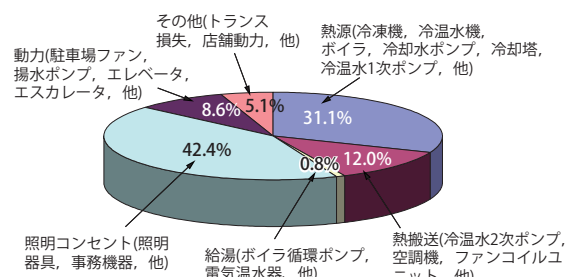


図 1 オフィスビルの用途別エネルギー消費

本稿では、今回開発した「エコノパイロット HSP」の概要を紹介する。図 2 にその外観を示す。



図 2 エコノパイロット HSP 外観

*1 IA 事業部グリーンファクトリーソリューション本部
省エネソリューションセンター

*2 IA 事業部システム事業センター

2. 対象とする送水系統と制御対象

図3, 図4に典型的な冷水系の送水系統を示す。温水系には、通常、冷却水ポンプと冷却塔はない。「エコノパイロット HSP」は、冷水系・温水系共に制御可能であるが、ここでは冷水系の場合を説明する。

この様な系統では、熱源で作られた冷水を生産設備や空調機等の熱交換器で利用する事を目的としている。熱源で作られた冷水はポンプで送水され、送られた冷水は熱交換器で利用されることで、温められ熱源に戻ってくる。それを再度熱源で冷却して送水し循環させている。この循環に2次ポンプを用いる系統を「2次ポンプ方式」、用いない系統を「1次ポンプ方式」と呼ぶ。

一方、熱源での冷水の冷却は、熱源のタイプにもよるが、冷水の熱を冷却水と熱交換することで実現している。熱交換され温められた冷却水は冷却塔に送られて、大気と熱交換して温度を下げ戻ってくる。この熱の循環がこれらの系統の特徴である。

これらの冷水、冷却水を循環させているポンプが各々「1次ポンプ」と「冷却水ポンプ」である。「エコノパイロット HSP」は、これらのポンプを制御対象としている。

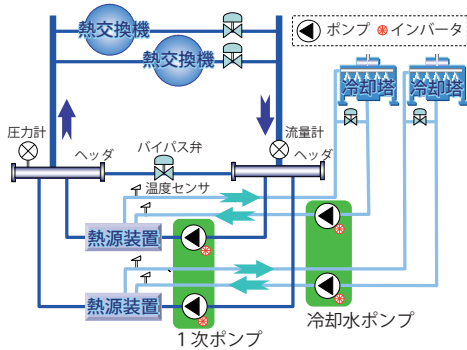


図3 1次ポンプ方式送水系統

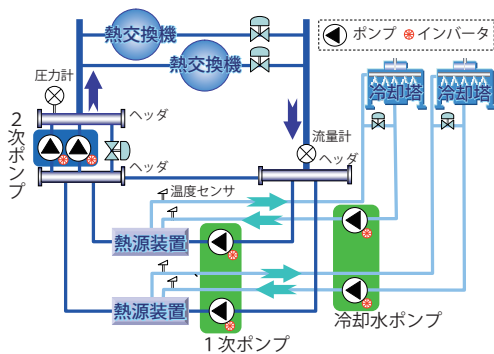


図4 2次ポンプ方式送水系統

「エコノパイロット HSP」は熱源の種類を選ばないので、工場、病院、一般ビルなど様々なお客様に、最適な形で省エネソリューションの提供が可能である。従来の「エ

コノパイロット」では制御対象が2次ポンプであるため、送水系に2次ポンプがあることが必須であったが、今回2次ポンプが無いお客様へも省エネ制御の対応が可能となった。

表1に「エコノパイロット HSP」の制御対象および主な制御方式を示す。

表1「エコノパイロット HSP」の制御対象および制御方式

送水系統	ポンプの種類	制御対象	管路抵抗予測制御	熱源保護制御	最適温度制御
1次ポンプ方式	1次ポンプ	○	○	○	
	冷却水ポンプ	○		○	○
2次ポンプ方式	1次ポンプ	○		○	
	2次ポンプ	△注	△注		
	冷却水ポンプ	○		○	○

注：「エコノパイロット」で制御

3. 「エコノパイロット HSP」の特長

「エコノパイロット HSP」は「エコノパイロット」のシリーズ製品であり、エコノパイロットで定評のある特長を踏襲しているが、熱源廻りのポンプで特徴的な制御に必要な機能も備えている。

■ 高い省エネ効果

「エコノパイロット」で定評の有る、管路抵抗予測制御をベースとした、必要送水量に合せた制御方式を用いることによって、消費電力量、CO₂排出量を大きく削減する。

■ 簡単導入

設備を最新の設備に置き換えることによる省エネの実現には、膨大なコストや工事に伴う操業停止期間などが問題となる。「エコノパイロット HSP」は、既存の設備をそのまま利用し、省エネ制御装置をアドオンする構成になっているため、少ないコストで短期間工事での導入が可能である。

■ 目に見える削減効果

省エネ運転時の実消費電力データと共に、実際の運転状況からシミュレートした消費電力データを長期に保存している。これによりエネルギーやCO₂排出量の削減効果量を正確に把握できる。削減効果の確認は、ネットワーク経由で汎用パソコンにて簡単に行える。

■ 熱源保護機能

「エコノパイロット」と異なり、制御対象は熱源廻りのポンプである。必要最低流量より少ない水量になると、熱源装置が停止したり故障したりする可能性がある。そのため、流量下限や流量変化率の制限が必要となる。また、冷温水を止めて操業に影響が出る事態も避けなくてはならない。「エコノパイロット HSP」では熱源装置の安定運転に必要な、これらの条件に対応したポンプ制御を実現している。

4. 「エコノパイロット HSP」の省エネ原理と制御方式

ここでは、「エコノパイロット HSP」の省エネ原理と表 1 に示した制御方式について説明する。

4.1 省エネ原理

ポンプはモータ回転数の 3 乗に比例して電力を消費するという原理がある。送水する流量を定格の 60% とした場合、モータの回転数は流量に比例するので 60% に抑えることができる。結果として消費電力は、60% の 3 乗の 21.6% に抑えられる。したがって約 78% の省エネ率の実現が可能となる。エコノパイロットシリーズは、従来の送水用のポンプの制御ではあまり踏み込まれていなかった制御手法を用いて、この原理でポンプの消費電力の省エネを実現している。

4.2 管路抵抗予測制御

1 次ポンプ方式の 1 次ポンプの制御では「エコノパイロット」と同様、「管路抵抗予測制御」を適用している。

配管に流れる水には圧力損失が発生する。この圧力損失は流速、すなわち流れている水量の 2 乗に比例する。この圧力損失と比較し、わずかに上回る送水圧力をかける事により効率的に送水することができる。ポンプ性能で決まる圧力 - 流量の管路抵抗曲線をわずかに上回る圧力をかける方式で省エネ制御を実現するのが、管路抵抗予測制御の原理である。図 5 に従来方式との比較を示す。送水に必要なエネルギーは、運転ポイントと原点を対角線とする長方形の面積（流量の 2 乗に比例する圧力に流量を掛けたもので流量の 3 乗に比例）であり、消費電力はそのエネルギーに比例する。管路抵抗予測制御により大幅な省エネが実現できることがわかる。

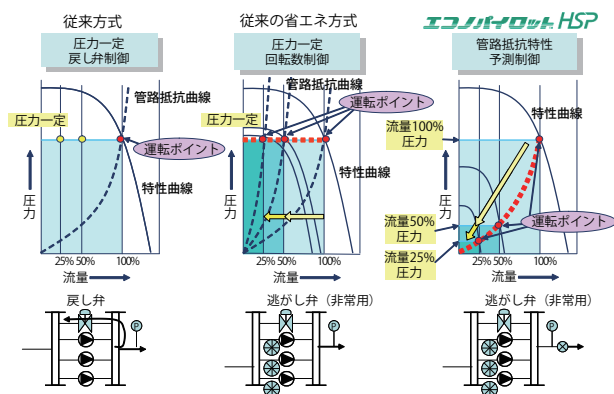


図 5 管路抵抗予測制御方式と他の制御方式との比較

熱源廻りでの省エネ手法として、「台数制御」が行われてきた。これは熱源とポンプを最大限に必要な台数を用意し、必要に応じて運転台数の切替えを行うものである。それによって熱源の燃費改善とポンプの搬送電力代を節

約する。図 6 に、台数制御を各制御方式と併用した場合の電力消費量を示す。「エコノパイロット HSP」では、従来の台数制御をそのまま活用し、さらにポンプ制御と組み合わせる事で省エネを実現した。この組み合わせにより、より効率的な省エネを可能とした。

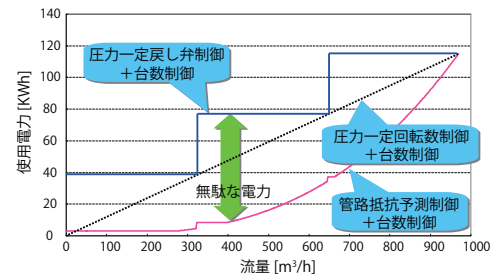


図 6 台数制御と各制御方式の電力消費量

4.3 冷却水ポンプの制御

冷却水ポンプでは、冷水側との熱交換に必要な流量を熱源装置に供給できるように制御を行なう。「エコノパイロット HSP」では、熱源装置から見た往水温度が一定となるように、往水の温度情報だけでなく、往還水の温度差情報も考慮して応答性のよい制御を実現している。

4.4 熱源保護制御

「エコノパイロット HSP」の特長の項で説明したように、熱源の最低流量や変化率制限の制約に対応する制御を行う。水温状態によって運転条件を自動切替えする機能も有する。熱源による制約内で、より効率的な省エネ制御を実現した。

操業運転中でも、切替スイッチ 1 つでポンプを止めることなく、簡単に既設制御の状態に戻せる。また、「エコノパイロット HSP」自体に異常が発生しても、熱源廻りの送水に影響を出させないフェールセーフ機能も標準で備えている。

5. 「エコノパイロット HSP」による省エネ効果

今回制御対象とする熱源廻りのポンプでは、熱源保護のために、1 次ポンプ、冷却水ポンプ共に最低流量制限が存在する。その流量下限は、熱源のタイプにもよるが 50% ~ 75% の範囲となる事が多い。この場合の省エネ効果を図 7 に示す。流量下限値 50% で制御した場合、実際の運用を加味して、年間平均流量が 60% 程度の場合には理論上、消費電力 78% の省エネ率が実現可能となる。

「エコノパイロット HSP」の適用で、大きな削減効果が見られる条件の一つは「稼働時間が長い」ことである。削減率が同じでも、稼働時間が長いとそれだけ大きな削減量（電力量、CO₂ 発生量）が見られる事になり、投資対効果が大きくなる。同様に「ポンプ消費電力」が大きいほど同効果が大きくなる。

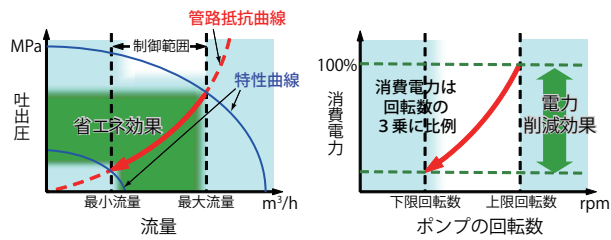


図7 省エネ効果

6. 「エコノパイロット HSP」のシステム構成と機能

第4項で説明した制御を行うためのコアコントローラとして当社の STARDOM の FCN を採用した。STARDOM の持つ基本機能を利用する事により、効率的な開発を実現できた。図8に「エコノパイロット HSP」の基本構成と上位システム（この図では CENTUM の例）との接続を示す。また、図9には、制御信号の接続を示す。

1) 遠隔操作機能

STARDOM の Web アプリケーション機能で、イントラネット経由 Web ブラウザで、状態の確認、制御変更、削減データの確認が行える。そのため、現場に行かなくとも状況確認が可能である。

2) 削減データ収集機能

STARDOM のロギング機能で収集された各種データを、帳票ツールで日報、月報、年報などの報告データに加工できる。エネルギーや CO₂ 排出量の削減量は実際の運転状態からシミュレートされている。従来から行なわれていた、装置導入前と導入後のデータ比較をするという運転状況に左右される削減量試算より、正確な削減量報告が可能となる。

3) 現場操作機能

「エコノパイロット HSP」の筐体前面に、小型タッチパネルを標準で装備している。そこで簡単な状態確認、運転確認、運転変更を現場でも行えるようにした。タッチパネルだけでなく、パネル組み込み PC も利用可能であり、さらに高度な操作も可能となる。

4) 上位通信

上位通信として、イーサネット上での Modbus 通信プロトコルをサポートした。これを用いて CENTUM からの制御や、CENTUM への状態やデータの通信が行なえる。上位システムと連携することにより、より高度な省エネ制御の実現に繋げることが可能となる。

5) 設置形態

「エコノパイロット HSP」は、図9に示すように、制御に必要な流量、圧力、温度情報を取り込み、各ポンプを制御する。既設設備へ「エコノパイロット HSP」と必要機器とインバータ盤をアドオンするのみで簡単に導入できる。

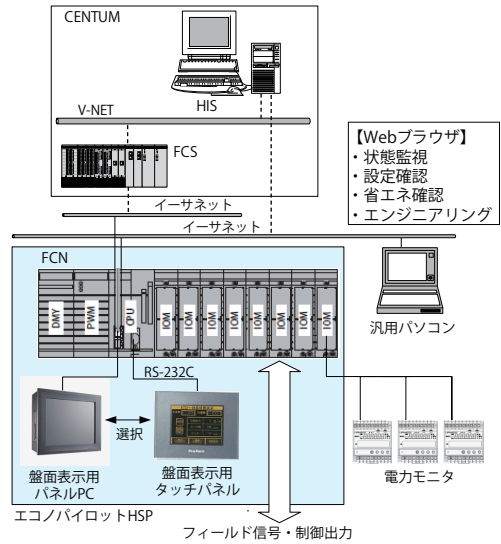


図8 エコノパイロット HSP の基本構成と上位システムとの接続

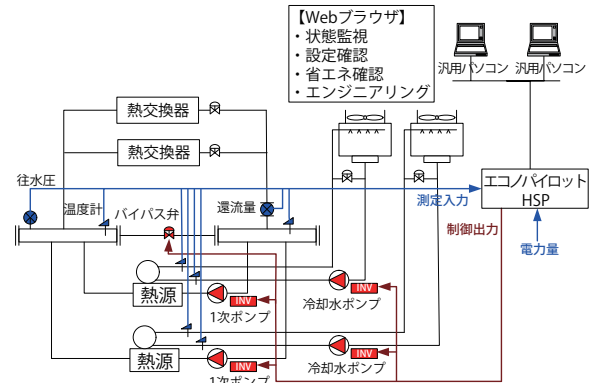


図9 「エコノパイロット HSP」の制御信号

7. おわりに

省エネの導入は、節約による経営改善だけではなく、環境問題の改善も同時に実現できるものである。

今回の「エコノパイロット HSP」の開発で、送水系の省エネのトータルソリューションの提案が可能となった。今後「エコノパイロット Comp」と共に、エコノパイロットシリーズ全体で、ビルのみではなく生産系工場へも省エネ提案を行い、お客様のコスト削減、環境負荷低減への貢献ができれば幸いである。

参考文献

- (1) 財団法人／省エネルギーセンター，“オフィスビルの省エネルギー”，http://www.eccj.or.jp/office_bldg/index.html
- (2) 澤井恒治, 高橋洋, 井上賢一, “送水ポンプ省エネ制御システム‘エコノパイロット’”, 横河技報, Vol. 47, No. 2, 2003, p. 67-70
- (3) 井上宇市, 空調調和ハンドブック, 丸善株式会社, 1994

* エコノパイロット, CENTUM, STARDOM は, 横河電機(株)の登録商標または商標です。

* Modbus は Modicon 社が PLC 向けに策定したシリアル通信プロトコルで, 同社の登録商標です。