

今月の

新技術

1

インバータ内蔵PMモータ

株式会社荏原製作所
 建築・産業カンパニー 開発統括部
 モータ事業ビジネスユニット部 開発設計課

西村 和馬

1. 持続可能な社会に向けて

荏原製作所（以下 荏原）は今年、10年後を見据えた新たな長期ビジョン「E-Vision2035」を掲げた。荏原は、「グローバルエクセレントカンパニーとして、持続可能な社会の実現に欠かせない企業」となることをありたい姿として定めている。特に「脱炭素社会」の実現に向けては、CO₂約2.5億トン相当のGHG（温室効果ガス）を削減し、社会課題の解決に貢献することを目標としている。この目標達成において、産業分野における製品の省エネルギー化は不可欠な要素である。そこで荏原は、主力製品であるポンプの更なる省エネルギー化に向けた新製品となるIVM（Intelligent Variable-speed Motor／インバータ内蔵PMモータ）搭載ポンプを開発し、市場へリリースした。今回はその製品と、今後の試みについて紹介する。

2. ポンプの省エネルギー化

経済産業省によると、日本国内の全電力消費量のうち、55%程度がモータによるものである。産業用モータの用途としては、ポンプや圧縮機、送風機用が、全体の70%程度を占めるとされている。これらの機器は生活用水や工業用水の送水・排水、空調設備など人々の生活基盤を支える役割を担うため、年間を通して稼働し続けているものもあり、年間の消費電力の総量は大きなものとなる。したがって、これらの機器の消費電力を削減することができれば、社会全体の環境負荷低減に大きく貢献することが可能である。

稼働時間が長い機器の例として、冷水や温水の循環システムのポンプが挙げられる。これらの用途では、通常必要な流量に対して、出力に余裕のあるポンプ（モータ）が選定されることが多い。この場合、吐き出し側のバルブを絞る

ことによって流量を調整するため、エネルギーロスが生じる。

このようなポンプの省エネルギー手法の一つとして、インバータによる回転速度制御が一般的である。特にポンプの流量は回転速度に比例し、圧力は回転速度の2乗に比例する。必要な流量に対して、出力に余裕のあるポンプが選定されているケースにおいては、回転速度を制御し、流量を調整する余地が存在する。流量を下げることであれば、配管の損失を軽減することも可能である。ポンプの消費電力は回転速度の3乗に比例するため、最適な流量の調整は、結果として消費電力の低減につながる。施工状況にもよるが、循環系では平均35%の省エネルギーが見込める。

3. ポンプ省エネルギー化の課題

インバータによる回転速度制御が有効であるにもかかわらず、実際の現場においてポンプの省エネルギー化が期待どおりに進まないケースも少なくない。その主な理由として、以下の3点が挙げられる。

(1) 設備更新の壁：

既存設備である定速ポンプは耐用年数が比較的長く、「完全に故障して動かなくなるまで使い続ける」という文化が根付いている。そのため、省エネルギー効果が見込める場合であっても、稼働中のポンプを計画的に更新する動機付けが働きにくい。

(2) 設置スペースの制約：

従来、インバータの後付け等によって省エネルギー化を図る場合、追加の制御盤を設置するためのスペースが必要となる。しかし、既存の機械室や設備環境では物理的な余裕がなく、導入が困難なケースが多かった。

(3) 初期投資への懸念：

高効率モータやインバータ機器への更新には、従来機と比較して初期投資の増大が伴う。さらに、導入による省エネルギー効果やコスト回収期間の可視化が不足していることが、ユーザーが設備更新に踏み切れない大きな障壁となっている。

4. IVMの開発

これらの課題を打破し、既存設備におけるポンプの省エネルギー化を推進するために向けて、荏原ではIVMを開発した(図1)。



図1 モータ構造コンセプト

モータ部には永久磁石 (PM) モータを採用し、高効率化を図った。効率値はIE5相当以上である。

(効率値はIEC/TS60034-30-2 Ed1 に則り、速度90%、負荷トルク100%時の値 図2)

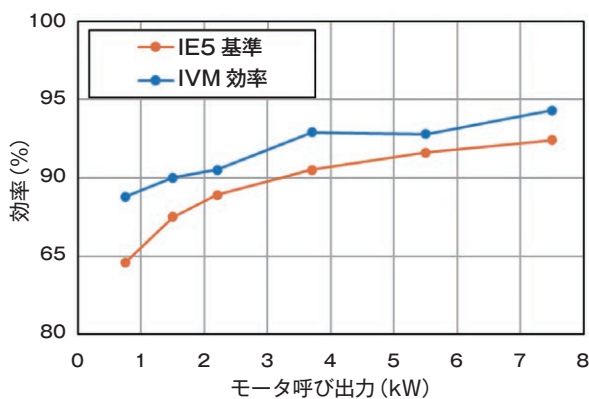


図2 効率比較 (1.5~7.5kW)

例えば3.7kW機種の場合、IE5効率は90.5%である。これに対しIVMは約92%の効率を達成している。他の出力帯でもIE5基準に対して効率は上回っており、省エネルギー化に大きく貢献可能な性能を有している。

また、独自に設計した永久磁石モータとインバータによる小型化を実現することで、従来の誘導モータとほぼ同等の寸法を実現しつつ、軽量化に成功している。

国内ポンプは取替需要が多く、従来機との寸法互換性が重要である。従来の誘導モータと同程度の寸法でありながらインバータを内蔵することで、取替需要を取り込みつつ、省スペースでインバータ駆動モータをユーザーに提供することができる。追加スペースの確保や電源盤設置を伴うような大掛かりな工事は不要なため、既存のポンプと同様な感覚で容易にインバータ駆動モータの設置・更新を行うことができる。これらの特長は、前述した「設置スペースの制約」や「初期投資や工期への懸念」といった、現場においてポンプの省エネルギー化が期待どおりに進まない状況に対する解決策となる。

一般的な別置きインバータは、自身の冷却のためにファンモータを搭載しているが、故障するとインバータの過熱によりポンプが停止するため、定期的な交換が必要となる。一方、IVMはモータ軸端のファンによって、インバータとモータを同時冷却する構造とした(図3)。従来のモータと異なり、1つの冷却ファンでモータとインバータの両方を冷却する必要があるが、大型の冷却ファンにすると騒音が大きくなる問題があった。そこで、荏原の熱流体解析技術を駆使し、騒音値を抑えつつ十分な冷却性能を有する小型の冷却ファンを新たに開発した。これにより、ファンの故障リスクを低減するとともに定期交換も不要となり、安定した給水が可能となった。

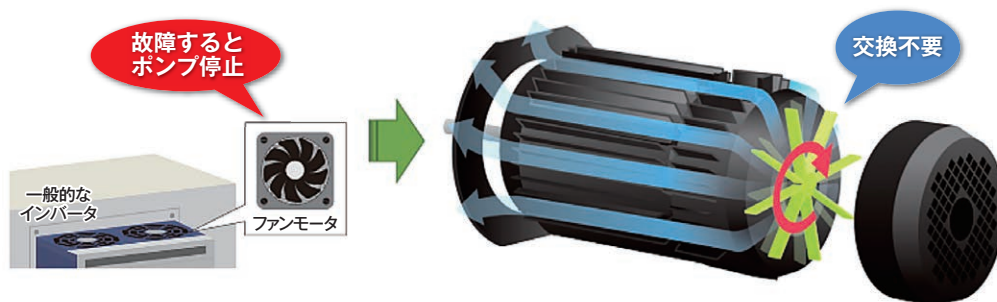


図3 冷却ファン構造

5. IVM搭載ポンプ製品

荏原では、主力となるポンプ製品群にIVM搭載タイプを追加し、2024年より順次販売を開始した(図4・図5・表1)。

これらの製品は、従来のポンプの取り付け寸法を維持しており、取替互換性を確保しつつ可変速制御による省エネルギー運転を実現している(図6)。



図4 LPDV型



図5 FSDV型

表1 製品ラインアップ

	機種名	出力
電動機直動型	LPDV型	0.75-7.5kW
	LPSV型	0.75-2.2kW
	FSDV型	0.75-7.5kW
	FSDNV型	0.75-7.5kW
	FDPV型	0.75-5.5kW
電動機直結型	FSV型	0.75-7.5kW
	FSSV型	0.75-7.5kW
	FSWV型	0.75-7.5kW

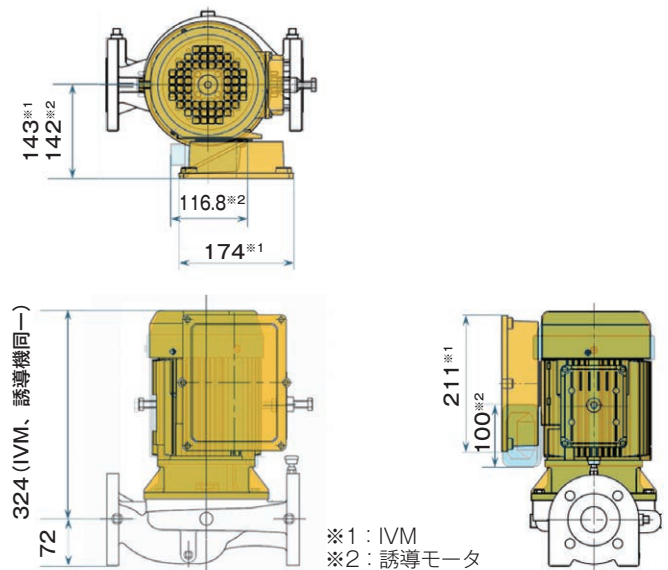


図6 従来誘導モータ搭載機との寸法比較

6. LPDV型^{※3} 40LPDV61.5A (IVM搭載機) 対 LPD型^{※3} 40LPD61.5E (誘導モータ搭載機)

一般的な汎用インバータでは、接続する機器ごとに個別の設定が必要であり、それがユーザーにとって導入の障壁となる場合があった。一方、IVMでは、各ポンプに最適な設定が出荷時にあらかじめ施されているため、ユーザーは配線を接続するだけで省エネルギー運転を開始できる。

操作面においても簡易化を図るため、荏原はスマートフォンアプリ「EBANAVI」を2024年にリリースした(図7)。本アプリはAndroid及びiOSに対応し、Bluetooth[®]通信を利用して、IVMの運転・停止、回転速度の調整、エラー情報の確認などをスマートフォンから簡単に行える(図8)。直感的な操作性と視認性の高いインターフェースにより、現場での作業効率を向上させ、保守点検やトラブル対応の迅速化にも貢献する。

※3: 文中の「〇〇〇型」の表示は当社の機種記号です。



図7 EBANAVI操作画面例

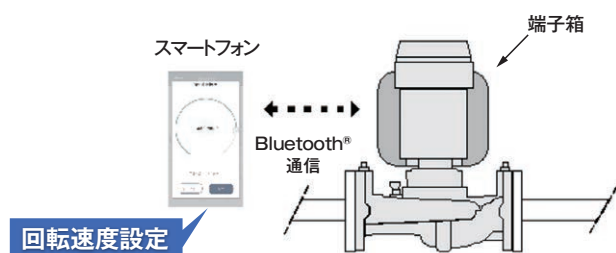


図8 アプリ操作イメージ

また、アナログ入力、デジタル入出力、RS485通信用のポートを備えており、温度や圧力に応じたポンプの回転数制御、外部信号による運転指令、運転エラーの外部発報、ユーザーの操作端末に応じた制御など、外部環境に応じた柔軟な通信設定が可能である。これらの設定は、前述の「EBANAVI」を通じて行うことができ、ユーザーはアプリ上のガイドや取扱説明書に従うことで、専門的な知識がなくても容易に設定ができる(図9)。

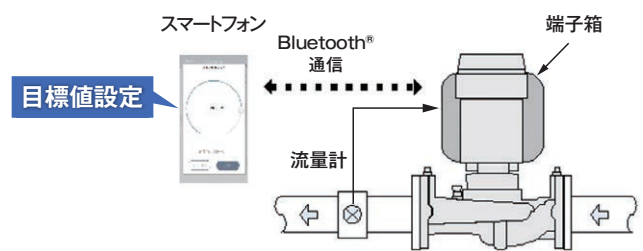


図9 アナログ通信設定イメージ

このようにスマートフォンアプリとの連携による簡便な操作を提供する一方で、セキュリティ上の規定により、スマートフォンなどの通信機器の持ち込みが制限されている現場も存在する。荏原では、そのような通信機器の持ち込みが難しい現場環境に応じた仕様として、直接操作が可能な「操作パネル仕様」を今年展開予定。これにより、専用のアプリや端末を使用できない環境下においても、機器本体のみで確実な運転操作やパラメータ設定に対応することができる(写真1)。



写真1 操作パネル仕様

操作パネルは液晶画面、物理ボタン及びLEDによるシンプルな構成ではあるが、スマートフォンアプリと同様の操作が可能である(図10)。

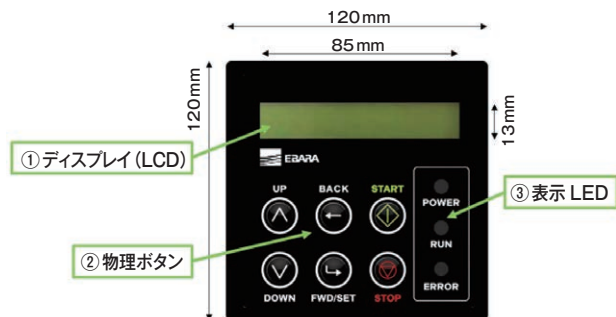


図10 操作パネル本体

操作パネルはモータの端子箱の蓋に取り付ける構造となっている。操作パネルの取り付け方向は回転させることができるため、モータの設置方向によらず、正面から製品を見た時に操作パネルを正対させることができる(図11)。

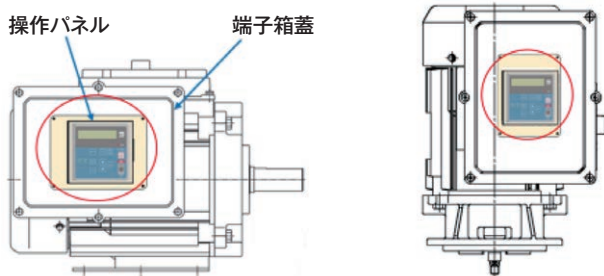


図11 操作パネル設置方向

このように、従来ポンプとの取り合い互換性を確保しながら、スマートフォンアプリとの連携や操作パネル搭載による操作性の向上を行うことで、ユーザーの省エネルギー推進を強力に支援する製品群である。設置性・操作性・省エネルギー性能の全てにおいて高い水準を実現しており、現場の多様なニーズに応える柔軟性と実用性を兼ね備えている点が大きな特長である。

7. 今後の取り組み

荏原では、次世代製品の開発に向けて、IoTやセンシング技術の活用を積極的に推進している。例えば、センサによるポンプの運転状態の常時監視や、異常兆候の早期検知といった取り組みの一つで「EBARAメンテナンスクラウド(EMC)」^{※4}の設置を進めている。EMCにより機器の故障予知や適切なメンテナンス時期の通知が可能となる。こうした機能は、ポンプの維持管理にかかる手間や人手を削減し、より効率的で安定した運用を支援するものである。

IVMは、モータと制御機器を一体化した構造を有することから、これらの機能との親和性が非常に高いと考えている。今後は、スマートフォンとの連携機能に加え、各種センサやクラウドとの接続といった「つながる機能」を備えたスマートデバイスとしての進化を目指していく。

これが実現すれば、従来モータとの形状互換性という特長を活かし、既存設備においてもモータを入れ替えるだけでポンプのIoT化が可能となり、設備の更新コストを抑えつつ、デジタル化・スマート化を段階的に推進することができる。

これまで、多くの現場で省エネルギー化や省力化が停滞していた背景には、既存設備の改修コストや設置スペースの制約といった高いハードルが存在していた。荏原は、IVMをはじめとする技術開発により、ユーザーの抱える課題を一つずつ解消し、持続可能な社会のインフラをこれからも支えていく。

※4: EBARAメンテナンスクラウド(EMC): ポンプ、送風機、冷凍機といった機器に取り付け、リアルタイムで監視することができる遠隔監視システム。センサによる遠隔監視とクラウド上での管理で設備の保守を効率化する。