

ペイントサーキュレーションポンプ に最適なモーターの選択



ホワイトペーパー

エアポンプ

エアポンプは、正当な理由により、長年にわたってペイントサーキュレーション分野の主力でした。エアポンプはシンプルで信頼性が高く、低速な往復運動により、求心ポンプや他のロータリーポンプテクノロジーのように、塗料を損なうことがありません。これらすべての特長が有益ですが、エアポンプを使用する最大の利点は、危険な場所用として本質的に安全であることです。

多くの塗料は溶剤ベースであるか、または溶剤成分を含んでいるため、塗装作業場は通常危険な場所と考えられます。アメリカ電気工事基準（NEC）によれば、危険な場所とは「可燃性ガスまたは蒸気、可燃性液体、可燃性粉塵、引火性繊維または浮遊物による、火災または爆発の危険が存在する可能性がある」場所と定義されます。このことは、このような場所で使用するために製造された特定の機器を要求します。エアポンプはエアによって作動し、電力を使用しないため、電気点火の発生源がありません。

その上、エアポンプは、危険な場所で使用するポンプとして比較的安価なソリューションです。電気モーターを使用する場合には、より多くの配線や防爆コンジットに加えて、第三者承認（UL など）が必要なため、通常はコストが上がります。

エアポンプの欠点

エアポンプにはいくつかの利点がある一方、多少の欠点もあり、中でもエネルギー消費が最大の欠点です。エアモーターは、その本質として、せいぜい約 10 パーセントの効率しかありません。エアポンプは、圧縮空気により作動するため、コンプレッサーを使用する必要がありますが、このことが非常に非効率です。この効率で運転すれば、週 7 日 24 時間ではエネルギー費が間違いなく嵩みます。このことは、キロワット時のコストがほんの 6~8 セントであるアメリカ合衆国に比べて 30 セントにも上る、エネルギーコストが高い国々ではより明白です。

非効率に加えて、エアポンプには着氷のリスクもあります。空気中に湿気があると、排気管で急速に膨張し、水を冷却して凍らせる可能性があります。このことは、ルイジアナや韓国のように湿気、湿度、冷気のある場所では、特にリスクとなります。この種の環境では、エアポンプが凍り付いて作業を止める場合があります。さらに、エアポンプは運転中の騒音が非常に大きいです。多くの作業者は、エアポンプの近くで作業する際には聴力を損なうことを防ぐために、耳栓を必要とします。

電気ポンプへの移行

エアポンプの非効率のため、市場は、電気駆動レシプロポンプなど、他のソリューションに移行してきました。電気ポンプにはいくつかの利点がある中で、第一となるのはその効率です。電気ポンプは、エアポンプの 4~7 倍の効率を達成します。このことにより、特に 1 日 24 時間運転されるより大型のサーキュレーションポンプでは、エネルギーとコストの節約はかなりの金額に達する可能性があります。効率に加えて、電気ポンプはより静かであり、速度や圧力を含む機能をより良く制御することを可能にします。例えば、システムの構成部品が故障した場合、電気モーターなら作業員がこのことを監視して、システムを停止することを可能にします。

電気ポンプには、電力をポンプを駆動する機械動力に変換する、何らかの電気モーターが必要です。産業用に使用される電気モーターにはいくつかの種類がありますが、交流誘導モーターとブラシレス直流モーター（BLDC）が最も一般的です。

最も一般的な産業用アプリケーションでは、交流誘導モーターが最もよく選ばれます。交流誘導モーターはシンプルでコスト効率がが高く、速度制御の必要がなければ、どのような制御も必要ありません（通常、可変周波数駆動-VFD、または、インバーターと呼ばれます）。一方、BLDC モーターはコントローラーを必要とし、低コストのパワーエレクトロニクスが利用できるようになった 1970 年代後半から、初めて一般的になりました。

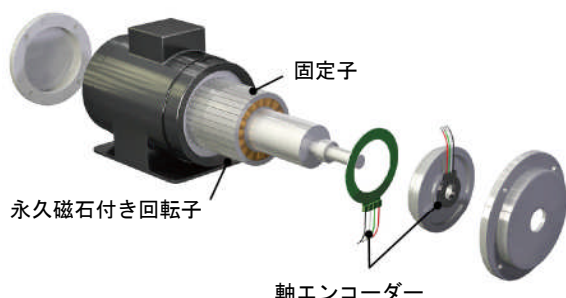
交流モーターと BLDC モーターの違いの識別

交流誘導モーターと BLDC モーターは非常に似ています。主な違いは、回転子の構造です。

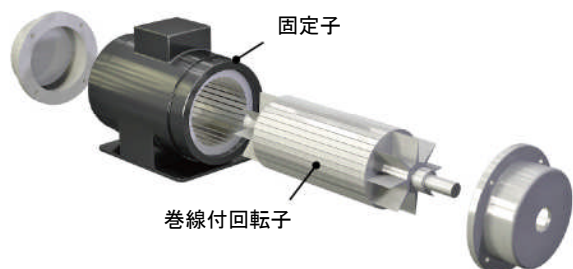
交流誘導モーターでは、回転子には磁石はありません。その代わりに 1 組の積層板と巻線があります。三相電源がモーターの固定子に印加されると、回転磁界が発生します。回転磁界が誘導によって回転子に電流フローを生成します。回転子の電流はそれ自体の磁気を生成し、固定子の磁界との相互作用によってトルクを産み出します。ほとんどの交流誘導モーターは、コントローラーなしで、交流電源により直接回転させることができますが、可変回転数が必要な場合 - 多くのポンプ用アプリケーションのように - 交流電源とモーターの間に VFD を設置することが必要となり、この利点は消去されます。

VFD は、モーターに供給される電源の周波数を変更することにより、モーターの回転数を変化させます。例えば、60Hz で 1800rpm の定格を持つモーターは、30Hz で回転させると 900rpm に低速化できます。

BLDC モーターの構成部品



交流モーターの構成部品



たとえ VFD を使用しても、産業用交流誘導モーターには定格回転数の約 30~130 パーセントという回転数範囲の制限があります。交流誘導モーターは、非常な低速時または失速時に定格トルクを供給するには最適ではありません。

一方、BLDC モーターでは、回転子の巻線が一連の永久磁石に置き換えられます。これらの磁石が磁界を生成し、固定子の磁界と相互作用によりトルクを発生させます。ただし、回転磁界の生成を単に三相電源に頼るのではなく、BLDC モーターは固定子の磁界を精密に制御し、回転子の位置及び固定された磁石と位置合わせをする必要があります。固定子の磁界は、1 つの追加入力があることを除けば、交流誘導モーターに使用される VFD と同じ装置により制御されます。モーターコントローラーが回転子と固定子の磁界の適切な位置関係を保つための一助として、回転子に取り付けられる軸エンコーダーが必要です。固定子の磁界の精密な制御により、回転数、トルク、加速を含むモーターの完全な制御が可能になります。BLDC モーターは、零速でも完全なトルクを発生させることができます。モーターは、通常、どのような出力レベルでもより小型であり、永久磁石を使用する回転子は、相当する誘導モーターより軽量です。これらの特長の両方は、BLDC モーターが、変化する負荷条件により早く応答することを可能にします。

交流モーター vs BLDC モーター

交流誘導モーターの方がより一般的であり、BLDC モーターより低コストとなる可能性を秘めているのに、ポンプ用アプリケーションには、作業者が BLDC モーターを選択するのは何故でしょうか? BLDC モーターにしか提供できない、次のようないくつかの利点や特徴があります：

- **高効率**：BLDC モーターは電力消費と熱発生を削減します。
- **トルクと回転数の精密な制御**：ポンプは、システムが必要とする変化に迅速に反応できます。ポンプには「停止」する機能もあり、このことは、モーターが零速でも完全なトルクを発生させることを可能にします。さらに、モーターは一定トルクを発生させることができます。このことは、一定圧力を生成させるためにモーターを制御することを可能にし、エアポンプと同様にサーキュレーションシステムの変化に反応します。

- **より低い回転子の慣性**：このことは、システム圧力の変化に対して、同様の出力の交流誘導モーターに比べ、かなり早いポンプの応答をもたらします。
- **より小型化**：どのような出力でも、BLDC モーターは交流モーターより概ね小型であり、ポンプを小型化することを可能にします。

BLDC モーターの効率改善を以下のグラフで見ることができます。グラフ 1 は交流誘導モーターと BLDC モーターの比較です。グラフ 2 は、さまざまなサーキュレーションポンプの電気エネルギーから機械エネルギーへの合計変換効率を示します。

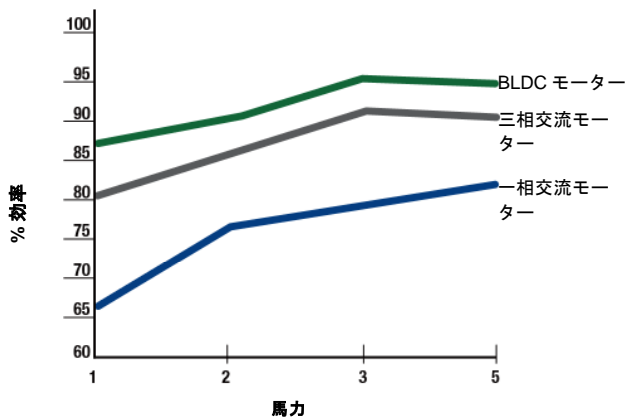
何故、よりシンプルの方がベターなのでしょう

より低い慣性とより優れたトルク制御 - このことは、ポンプが要求の変化により迅速に応答すること、精密な圧力制御、圧力を維持したままポンプを「停止」させることを可能にする - に加えて、BLDC モーターの本質的な高速応答が、機械的接続を大幅に単純化させることを可能にします。

どちらの種類のもーターも、もーターの回転運動を、容積型ピストンポンプの直線往復運動に変換させる方法が必要です。交流誘導モーターはの定速作動と遅い動応答は、このことを達成するために複雑な機械的機構を必要とします。例えば、カムまたはヨークの配列が使用されます。多くの場合、このような装置は実際のモーターより 2~3 倍大きくなります。これらの装置には摩耗部分や、壊れ易く摩耗し易いベアリングがあり、コストのかかるメンテナンスまたは交換が必要です。

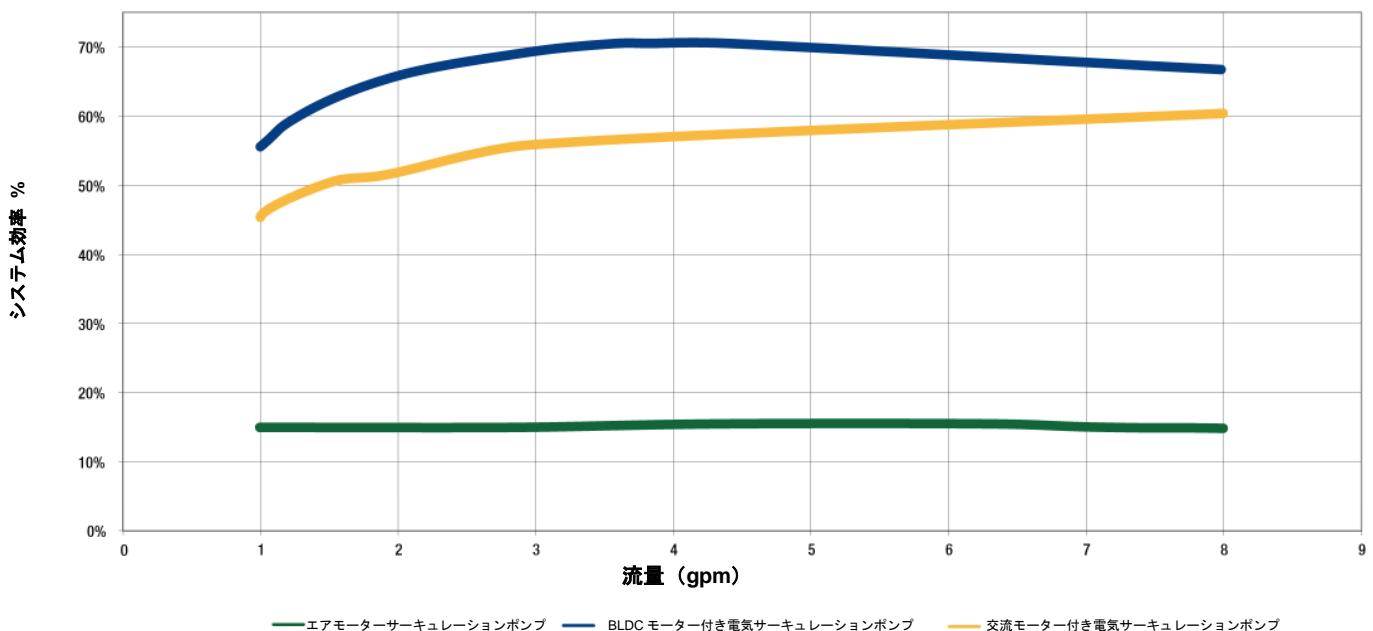
グラフ 1：効率

利用可能な最高効率

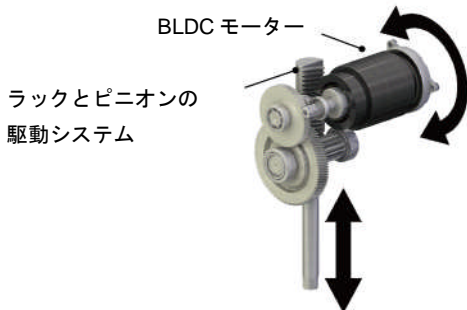
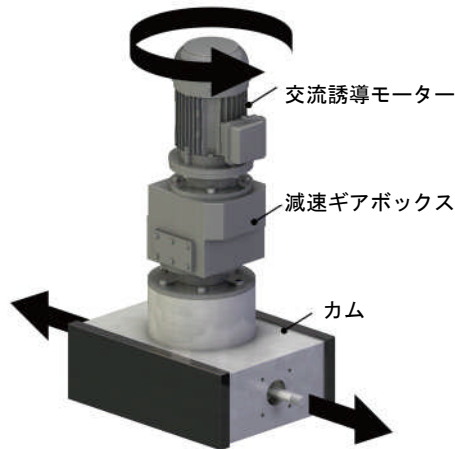


グラフ 2：効率の要点比較

70psi の空気または 10 wt オイルと同等の負荷時の合計システム効率



モーターによるサーキュレーション



BLDC モーターには機構部は必要ありません

左の図は、交流誘導モーター駆動ポンプの例です。交流モーター、ギアボックス、かなり大型のカム駆動システムがすべて別々であることに注意してください。これらすべては回転運動を直線運動に変換するために必要です。カム駆動システムには多数の部品があり、すべてが絶えず摩耗に曝されます。

一方、ペイントサーキュレーションポンプシステムは、小型 BLDC、2 段のギア減速、回転運動を直線運動に変換する単純なラックとピニオンの駆動システムを使用することができます。

往復動作を生成するために、BLDC モーターの回転方向は簡単に逆転します。低い慣性と精密なトルク制御によって、BLDC モーターはこのことをシンプルで効率的にします。ポンプに加えて、この種のソリューションは、超高精度高速 CNC 工作機械など、他のオートメーション機器にも一般的に使用されます。

結論

ペイントサーキュレーションシステムに BLDC 電気ポンプを装備することは、作業者が最適な効率、制御、そして性能を達成することを可能にします。その上、簡単な接続機能と静かな運転により、BLDC 電気ポンプは作業環境を改善し、作業者がポンプの近くに留まって連続的な作業を行うことを可能にします。

著者

TIM ROMAN

Tim Roman は、グラコ社の産業用製品部門の機構エンジニア長です。Tim には 18 年以上のエンジニア経験があり、グラコには 10 年以上勤務して、ペイントサーキュレーション用エアポンプや電気ポンプを含むポンプテクノロジーを開発しています。

詳細は弊社宛お問い合わせください。電話：1-877-844-7226 または E メール：info@graco.com。弊社ホームページをご覧ください：www.graco.com