

## 電動膨張弁のモーションソリューション

### ステッピングモータが電動膨張弁にパフォーマンスをもたらす

膨張弁はどんな冷却システムにもある流量制限装置です。膨張弁のニードルは動作の定常状態では開いたままになっています。開口サイズあるいはニードルの位置は蒸発器の圧力と温度に関係します。膨張弁が正確に設定され制御されていれば、動作中の蒸発器をアクティブに保ちます。

膨張弁技術にはさまざまな種類があり、市場で一般的なものには以下のようなものがあります。

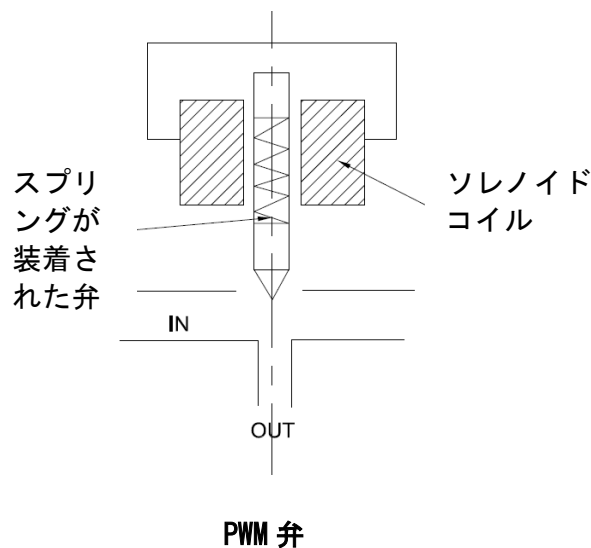
- 温度検出バルブを使用した非電動式ソリューション
  - 以下を使用した電動式ソリューション
    - パルス幅変調（PWM）で駆動するシンプルなソレノイド
    - ほとんどの場合、ステッピングモータと送りネジの組み合わせ

### パルス幅変調膨張弁（PWM）

パルス幅変調膨張弁は、シンプルなソレノイド弁回路を使用して冷媒の流れを制御します。この弁は制御装置から受け取った信号に従って、設定した時間で完全に開閉します。例えば、PWM膨張弁は最初の5秒間開き続け次の5秒間は閉じたままにすることで、10秒間で50%の流量を達成します。

こうした弁は、数ミリ秒の間に完全に閉じた状態から完全に開いた状態へ、またはその反対に動くことで負荷の変化に対応可能なことから、マルチ回路の蒸発器で使用されています。

パルス幅変調弁の大きな難点は、電力消費量です。弁は切り替えが必要となるときのみ動きますが、完全に開く際にソレノイドの保持力を使い切ってしまう場合があります。これは単回路の低いトン数のシステムを使用している場合、起動時に過度な動きを生じさせてしまう場合があります。

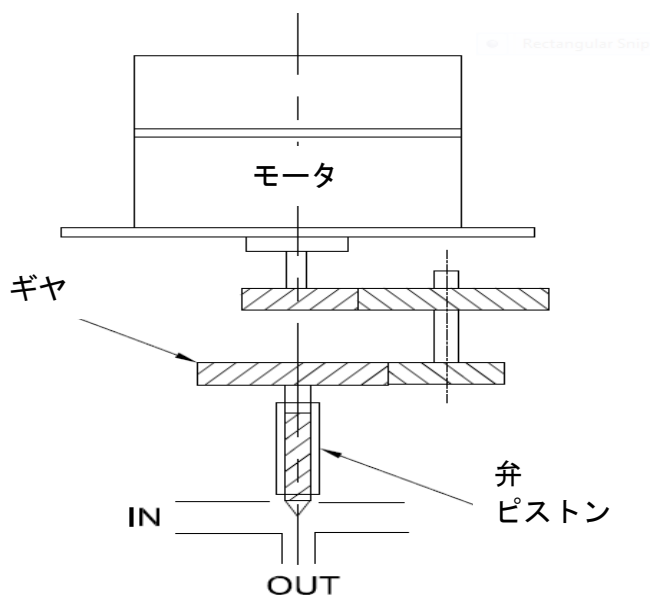


## ステッピングモータで駆動する膨張弁

電力が供給されている限り回転し続ける PMDC モータとは対照的に、ステッピングモータは磁場を使用して個別のステップで回転し、一定の増分で動きます。ステッピングモータは、モータのステップサイズと制御装置のステップパターンにより、極めて精確な位置決めを達成できます。

## 適切なステッピングモータの選択

従来のステッピングモータは、回転動作を小さなステップで行います。これは医療用途などいくつかの業界で使用されています。一方、電動膨張弁の場合、直線運動が必要となるだけでなく、高いシステム圧力に対してポートを閉じる為には大きな直進力も必要です。



ステッピングモータベースのEEV

弁に使用するステッピングモータを選ぶ際は、次のような複数の要因が影響します。

- 出力トルク/出力
- 速度
- ステップ分解能
- 駆動システム

## 出力トルク/出力

ステッピングモータの出力トルクまたは出力は、モータのサイズ、負荷サイクル、モータ巻線、及び使用されているドライバの種類に関係します。メーカーのデータシートでは、プルイン及びプルアウトトルクは、様々なモータとドライバの組み合わせの為にステップレートの機能として規定されています。

このプルイントルク曲線は、モータがどのステップも欠落することなく、さまざまなステップレートで始動可能な最大負荷トルクを示しています。このプルアウト曲線は、モータが所定のステップレートにより一定速度で作動しているときに利用可能な合計トルクを示しています。

弁は大きな背圧に対してさまざまな負荷条件の下で動いているため、正確な出力要件を把握することは難しい場合があります。設計者の多くは、いずれの所定速度においても上記適用トルクの少なくとも、50%の安全率を維持したいと考えます。

## モータ選択例

いずれの回転ステッピングモータのデータシートにもプルイン及びプルアウトトルク対速度曲線が記載されています。用途の負荷パターンに応じて、計算のためいずれかのトルクを選択する必要があります。最初からモータを加速する必要があったり負荷をかけたりするような一般的な膨張弁の場合は、プルイントルクを検討すべきでしょう。

以下の例は、所定の弁の力と速度でモータを選択する際に考慮することができます。

### 例：

- 弁によって達成される最小の力                    150 N
- 必要な直線動作速度：                                0.4 mm/sec
- 弁の直線分解能：                                        0.002 mm/step
- 電圧：    12 VDC

この弁は精密な直線分解能を必要とするため、回転ごとに多数のステップがあるモータが理想的な選択です。ポルテスキューブは、ほとんどの膨張弁の用途に適した100ステップ/回転の42mmのモータを提供しています。

減速比が12.25：1のギヤシステムを使用すると、モータは直線動作に利用可能なトルクが改善されます。より高い力で安全に動作を行うことができる直線動作のため適切な送りネジが選択されており、より優れた伝動効率と望ましい直線分解能を提供しています。この場合のネジのリードは2.45mmです。

このデータシートにはトルク対速度曲線が記載されています。モータの動作点を決定するには、望ましい直線速度の達成に必要なPPS（入力周波数）を計算する必要があります。

モータの回転当たりのステップ数	= 100	
ギヤ減速比	= 12.25	
弁の直線速度 (mm/s)	= 0.4	
ネジのリード (mm)	= 2.45	
モータのPPS (フルステップ/秒)	$\frac{100 * 12.25 * 0.4}{2.45}$	= 200

ポルテスキャップ 42M100D2Bモータのデータシートから、利用可能なプルイントルクは0.024 N-mです。

ギヤの伝動効率率は90%、送りネジは50%と想定します。

送りネジで利用可能なトルク  $= 0.024 \times 12.25 \times 0.9 = 0.265 \text{ N-m}$

$$\text{弁の出力 (N)} = \frac{0.265 * 2\pi * 0.5}{2.45 * 10^{-3}} = 340$$

上記の例から、望ましい速度で望ましい力に達するためのモータの最小安全率は3だということがわかります。

ほとんどの低容量住宅システムでは、ネジ山付ローターと一体型送りネジが付いたキャンスタック型ステッピングモータで構成された直動リニアアクチュエーターを使用することができ、より小さなパッケージで直接直線動作が行えます。しかし、大きな力を要件される高い容量トン数のシステムでは、特別に設計されたギヤシステムがさらに必要となる場合があります。

## ステップ分解能

大きな負荷条件において冷媒の流れを精密に制御するため、弁内のステッピングモータはより小さなステップで弁ニードルの直線運動が可能となるよう設計されています。

ステッピングモータシステムの分解能はいくつかの要因に影響を受けます。

- ステッピングモータのフルステップの長さ、つまりモータのステップ角
- 選択したドライバモード（フルステップ、ハーフステップ、マイクロステップ）
- ギヤ減速比
- 送りネジピッチ

従って、望ましい分解能を得るために利用できる組み合わせがいくつか存在します。ステッピングモータ弁は、何百ものステップを持つことができるため、冷媒の流れを極めて精密に制御しスムーズに適応させることができます。これらの弁は負荷条件の変化に正確に対応することができるため、パルス幅変調弁よりもさらに効果的です。

## 駆動システム

ステッピングモータでは、通常3つの励磁モードが使用されています。フルステップ、ハーフステップ、マイクロステップです。

### フルステップ

フルステップでは、モータは基本のステップ角で移動します。例えばステップ角が7.5度のステッピングモータは、モータ回転当たり48のステップを持ちます。

### ハーフステップ

ハーフステップは、基本ステップ角の半分のステップになります。ステップの動きが小さくなるため、2倍の分解能とよりなめらかな動作が可能になります。なめらかな動作と位置に関わらずトルクの一貫性を維持するためには、ジュール効果によって一定の力が放散される電流供給源でモータを駆動させることが重要です。もし1相ONの位置で電流がXアンペアの場合、各位相の電流は2相ONの位置では $X/\sqrt{2}$ になります。

### マイクロステップ

低速でよりなめらかな解像度を必要とする用途では、フルステップでは必要な分解能を提供できない場合があります。その場合はマイクロステップコントローラを使用します。

マイクロステップコントローラは、なめらかな回転のため最適な波形でパルスを送るドライバです。電流を正弦波の形で送るドライバのためのアイデアです。位相から90度ずれた2つの正弦波は、なめらかなモータに最適なドライバとなります。2つのステップコイルがこれらの正弦波を追跡することで、検出可能な「ステップ」がない、極めて静かでなめらかなモータが実現できます。

今日のほとんどの電動膨張弁は、超精細マイクロステップを使用して騒音や反響問題を解決し、ステップの精度と分解能を高めています。システムの重要性に目を向けると、ドライバは、蒸発器の上流に配置された、温度と圧力センサーからの入力を受け入れる洗練された制御装置に統合されて、最適なシステムバランスを保っています。

## 結論

電動膨張弁を使用する主な理由は、過熱（SH）を最小限に抑えることでシステム効率を上げ、容量要件の変化にすばやく対応するためです。どちらの弁技術も、これら要件を満たすことが可能ですが、ステッピングモータ弁は適切に設計されれば、ほんの数%の容量で安定性を維持することにより、低い負荷条件でさらに効率的に動作することができます。ステッピングモータの設計は、ランニングコストの削減、設計の簡素化、負荷条件の変化にすばやく対応する能力などユニークな利点を提供できることから、システム設計者に最も選ばれる製品となっています。

## ポルテスキャップの特長

ポルテスキャップは、ギヤ付きキャンスタック型や、目的に合わせた部分組立機能を持つ直接駆動リニアアクチュエータソリューションを提供し、冷媒の精密な流量制御をもたらす、弁本体への合理的統合を可能にします。

カスタム弁のソリューションにおける当社の長年の経験、および冷媒コントロールに関する知識により、環境にも優しく空間効率も良い、コスト効率の高い革新的システムをお客様に提供することができます。

## 利点

- 優れたコスト効率—コンパクトな設計、低い統合コスト
- メンテナンスフリー — ブラシの摩耗がない
- キャンスタック型リニア技術 — アプリケーションスペースを最適化
- 複数のリードスクリュウピッチオプション
- 機械部品数の低減
- 複数のソリューションを提供する技術的専門知識

## カスタマイズオプション

- コイル最適化 — 特定の電流向けに抵抗とインダクタンスを調整
- 特殊ケーブル — リードの長さ、絶縁、コネクタ、収縮チューブ

- リードスクリューの長さ
- カスタムシャフト – フラット、ローレット加工、長さ
- 直進力を増加させるギヤオプション
- 特別な取り付け用フランジ
- 磁石 – 高いトルクを実現、またはディテントトルクレベルを削減

Anant Bhalerao, Associate Product Line Manager  
Navadeep Mettem, Deputy Manager - Stepper R&D

ポルテスキャップ

<http://www.danahermotion.co.jp>