



＜ソレノイドの高速駆動＞

ソレノイドは、

- 構造がシンプルである。
- 駆動が簡単である。
- 動作が高速である。

などが他のアクチュエータと異なる点です。

簡単な構造で、高速な動作が得られるというのはアプリケーションにとっては大きなメリットとなります。ただし、一定レベル以上の作動速度を得ようとすると、多少工夫を加える必要がでてきます。

今回は高速動作を実現するための方法をご紹介します。

■ 高速動作の要求レベル

高速動作と言いつても、アプリケーションによってその期待されるレベルはさまざまです。

- ◎ 内燃機関に用いられる燃料のインジェクタなどの作動時間 $100\mu\text{s}$ クラスの超高速型。
- ◎ プリンタの印字用ハンマ駆動などの2～3ms程度の高速型。
- ◎ 一般的な産業機械に使用されているもので、作動時間の数十msを縮めたい。あるいは、復帰速度のみ速くしたい、といった現状改善型。

この辺が代表的なものでしょう。超高速型は、磁極の形状の最適化や高性能磁性材料などの先端技術を惜しみなく投入し、関係各社が開発を行っています。プリンタハンマなど高速型は可動部の軽量化などそれなりの構造を必要としますが、駆動側の工夫を加えることで従来技術の延長上で実現可能な領域です。速度改善型については一般的な形状のソレノイドであって、駆動側の工夫で実現できる範囲のものです。高速型の駆動テクニックは一般型にも適用が可能なものですから、この周辺技術を見てみます。

■ 高速動作に必要な条件

高速動作に必要な条件は、可動部の軽量化など構造的な対策と、発生した駆動力を効率よく使用する機械的な配慮が必要なことはすぐに分かりますが、これに加えて、推力を如何に早く立ち上げるか、ということが条件となります。これには駆動側の工夫が必要になってきます。ソレノイドの発生する推力はコイルの巻き回数とそこに流れる電流の

積に比例します。ソレノイドのコイルはインダクタンスを持ち、これは電流の変化を妨げるように作用します。このためにコイルに電圧を印加したときに、電流は緩やかに上昇します。従って電圧印可後、推力は電流の増加に沿うように徐々に立ち上がります。このような特性を有するインダクタンスは巻き数の2乗に比例します。

整理すれば、

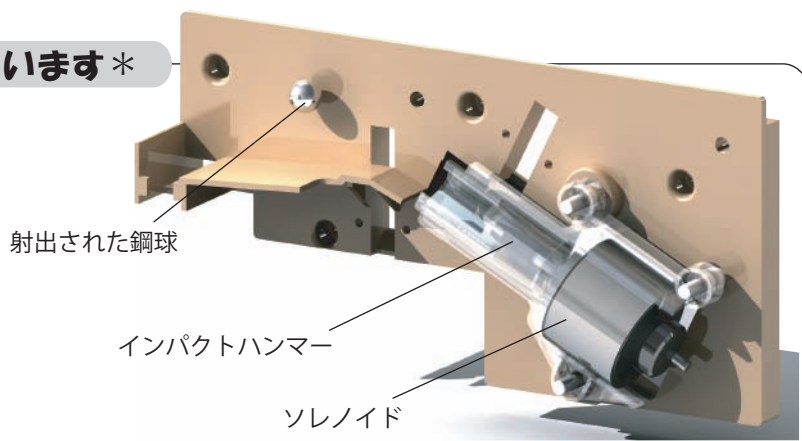
- ソレノイドを高速で動作させたい場合、推力を速やかに立ち上げる必要がある。
- 推力は電流に比例するから、電流を早く立ち上げたい。
- とこがインダクタンスの影響で電流の変化は緩やかなものになる。
- 小さな電流でより大きな推力を得ようと巻数を増せば、
インダクタンスが増え電流の変化はさらに緩やかになる。
- さらに、直流抵抗の増加で電流が流れにくくなる。このため推力が増えない。

となり、インダクタンスと電流とでジレンマに陥ることになります。

裏面に続く

* ソレノイドはこんな所に使われています *

鋼球の射出機構にソレノイドによるダイレクトインパクト機構を採用したものです。回転型モータによりばねを巻き上げて射出する機構が一般的ですが、このようなソレノイドシャフトで直接射出すると、機構が単純化され、通電電流や通電時間で射出力の制御が可能となります。



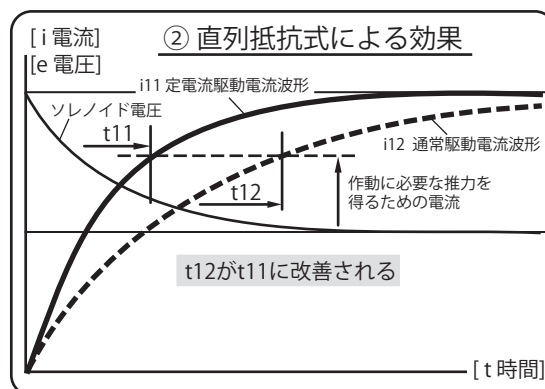
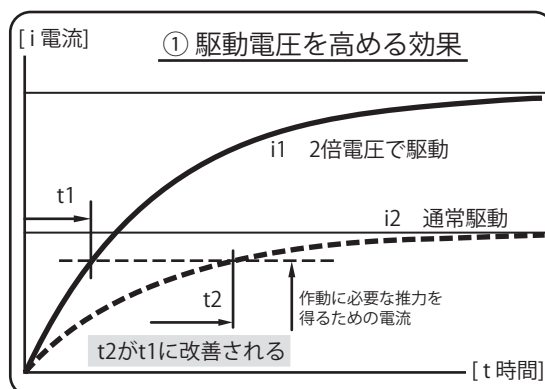
< ソレノイドの高速駆動 >

■ 高速動作のための駆動手法

大きな推力を得るにはコイルの巻き回数を増やす必要がありますが、巻数を増やすと、コイルの直流抵抗とインダクタンスの増加を招き、電流は流れにくい方向になります。結果として推力の上昇は早められず適切ではありません。従って、コイルの仕様は巻き回数を減らす方向の低電圧仕様を選択し、推力は電流を増すことで確保します。具体的には低電圧仕様のコイルに高電圧を印加し、電流を速やかに立ち上げます。(グラフ①) ただし、このままでは電力損失は確実に増加し、コイルが焼損に至りますので何らかの制限が必要です。

最も簡単な方法は直列に制限抵抗を挿入する直列抵抗式です。簡単な構成ながら確実な効果が得られます。(グラフ②) これまでもっともポピュラーな方法として広く用いられてきました。パルスモータの駆動コイルや自動車の点火コイルの駆動も同じ方法が使用されています。

直列抵抗と、コンデンサを併用したタイプも有効です。休止期間中にコンデンサに充電した電荷を一気に放電し、保持時の電力は抵抗器で制限します。この方法は電源の容量が小さくて済みます。これらの方法はそれぞれ有効ですが、挿入した抵抗器での損失が大きく、電力利用効率に問題があるでしょう。今の時代これは許されません。損失を抑えながら、同様の効果を得る方法に PWM 型定電流方式があります。設定した目標電流を得るために、通電率を制御する電子回路です。回路的には複雑になりますが、損失を抑え、効率の向上が可能です。一定電流を目標値として制御しますが、簡易的には初期通電率と保持時通電率の 2 段階制御で同様の結果が得られます。この場合には単純なオーバードライブとなり、過渡期間の電力の利用効率は若干下がります。仕様の決定に当たっては、どの程度の高速度が要求されるかでオーバードライブの程度を決定します。当社カタログ記載の通電率で $f=1/10$ の電力がオーバドラ



イブの上限の目安と考えてください。これ以上が不可能ではありませんが、推力の上昇が頭打ちになり、効率が下がります。オーバードライブの時間は、推定される作動終了時間と、ソレノイドに通電可能な電力、及び作動の頻度で決まってきます。必要最小限に抑えることが、電力効率だけでなく、復帰時の速度に対しても有効です。ただし、負荷の性質によっては作動完了後にバウンドすることもあり、この押さえ込み時間の必要な場合もあります。さらに平均電力が、連続使用可能電力以内に収まっていることが絶対条件になります。この電力の求め方は“めかとり通信”の第 10 号に記載されていますので、興味のある方はご覧ください。電源の仕様によっても制約を受けますので、総合的に判断します。

■ 最後に

ここでは電気的な条件だけを述べましたが、当然ながら機械的に可動部の軽量化、損失の低下などに注意を払う必要があります。往復で速度を上げるためには復帰ばねの強

化が必要です。重要なポイントはアプリケーションごとに異なります。局所的な対策では効果が限定的になることも理解しておく必要があります。

■この資料の内容は改良の為、お断り無く変更することがありますのでご了承ください

「めかとり通信」に関するお問い合わせは

2010 年 1 月現在

新電元メカトロニクス株式会社

<http://www.shindengen.co.jp/smt/>

本社 〒357-0037 埼玉県飯能市稲荷町 11 番 8 号 TEL 042(971)6212 FAX 042(971)6218
大阪営業所 〒542-0081 大阪市中央区南船場 2-3-2 南船場Aビル TEL 06(6271)5008 FAX 06(4964)0725
名古屋営業所 〒460-0003 名古屋市中区錦 1-19-24 名古屋第一ビル TEL 052(219)9711 FAX 052(201)4780

新電元メカトロニクスのソレノイドのご用命は

Shindengen Mechatronics Co., Ltd.

新電元メカトロニクス