

めかとり通信

Shindengen Mechatronics Co.,Ltd.



<ソレノイド用語解説>

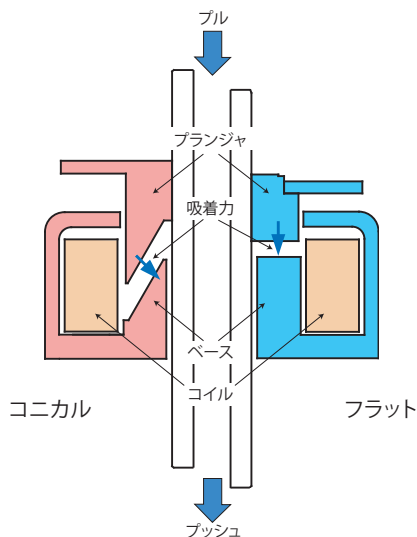
当社は「ソレノイド」を主力製品としています。当然お客様とはソレノイドを中心とした情報の交換が行われるわけですが、ソレノイドを応用していただく工業製品の分野は大変広くそれぞれの分野で使われる用語にはかなり「方言」ともいべき表現上の差が感じられることがあります。これを暗黙の了解で済ませてしまうと思わぬトラブルにもつながりかねません。実際、「これは、こうだと思っていたのに」という

ことを聞く場合があります。そこで、当社の製品の説明に使われる用語を集めて、その意味するところを一覧にしてみました。ソレノイド周辺の「用語辞典」としてご活用ください。ただし、この内容は当社内での解釈、用法であり、JIS等の規定とは一致しない部分もありますのでご承知おきください。

■ 1. ソレノイド形式

【直流ソレノイド (DC ソレノイド)】直流で駆動する最も基本的な構造のソレノイド。プル型とプッシュ型に加えて回転型もあり、サイズも豊富である。

【交流ソレノイド (AC ソレノイド)】交流で駆動するソレノイドで、作動初期の吸着力が大きくストロークが大きく取れる利点がある一方、突入電流を生じ、作動音が大きく、作動後にうなり音を生じるという問題がある。また、作動ストロークの途中で機械的にロックしたような場合にはコイル焼損に至る可能性が高く、安全性が問題となる用途には慎重な検討が必要となる。直流ソレノイドに整流素子を内蔵し、交流電源を直接接続できるようにしたものも交流ソレノイドと呼ぶことがある。



【コニカル型・フラット型】ソレノイドは、磁極の形状によるストロークと吸着力の関係で様々なバリエーションの設定が可能になる。その最も基本的な形状が、平坦な端面を有するフラット型と、円錐型の組み合わせになるコニカル型である。コニカル型は円錐の角度とその高さによって特性が変化する。

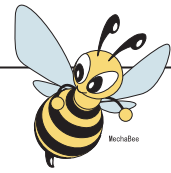
【プッシュ型・プル型】ソレノイドはその作動力を固定磁極と可動磁極の吸着力で得る。従って力を直接取り出すとプル型となるが、駆動シャフトを貫通し反転させるとプッシュ型になる。

【クラッパー型】リレーのような形状を持ち、接点の代わりにレバーを用いて負荷を駆動するもの。ローコストに構成できる。

Magnetic Technology & Quality

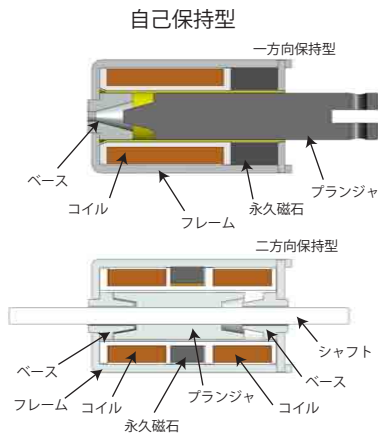
柔軟で独自の発想と豊富な実績で幅広い要求にお応えします。





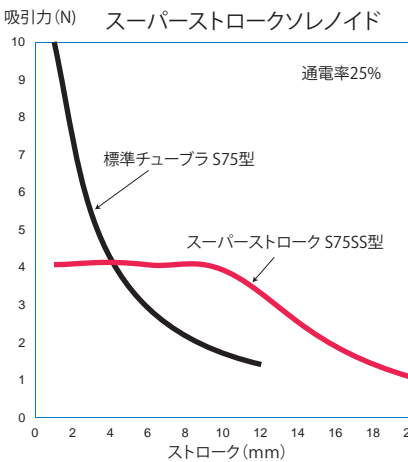
【静音型】交流ソレノイドは作動終了時に固定磁極と可動磁極を接触させることが必要なため、大きな作動音が生じてしまう。これに対して直流ソレノイドは両者の間にワッシャを挟むことが可能で、これに衝撃を吸収する素材を用いることで作動音の低減が可能となる。また、固定磁極と可動磁極の対向面を無くしたのもあり、これは接触点が存在しないので作動音を生じない。このような形式が「無音ソレノイド」または「静音型」と呼ばれる。ただし、吸引力は大きく劣り、応用は限定的になる。

【自己保持型】ソレノイドの吸引力を発生する固定磁極から可動磁極に至る磁気回路中に永久磁石を配置し、無電力で保持力を得られるようにしたもの。作動前、作動後の両方向で保持が可能な二方向型と、作動後のみ保持が可能な一方向型がある。作動時、および復帰時のみの通電で使用可能であり、極めて省電力が実現できる。



【両方向ロータリソレノイド】回転子に永久磁石を用いて、外側に置いたコイルに通電することで発生する磁束と永久磁石との相互作用で回転力を得る形式のロータリソレノイド。通電極性を変えることで両方向に回転する。

【スーパーストロークソレノイド】比較的に長いストロークが得られる形式として漏えい磁束型があり、当社のチューブラソレノイドはこれに近い構造を有している。スーパーストロークソレノイドはこのチューブラソレノイドをベースに当社独自の磁極構造で

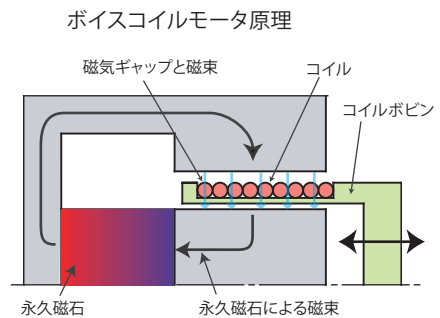


さらに長いストロークを駆動可能にしている。

【3ポジションソレノイド】一般的なソレノイドは通電時と無通電時の2か所の位置で静止する。これに対して3ポジションソレノイドは2つのコイルを持ち、無通電時は中央で待機し、どちらかのコイルに通電すると通電した側に動作する。このように中央に加えて両端の3か所で静止できるようにしたものが3ポジションソレノイドである。

【VCM】(ボイスコイルモータ)永久磁石によって作られた磁界中にコイルを配置し、このコイルに通電した際に生じるローレンツ力を駆動力として利用するアクチュエータ。ソレノイドは鉄系の磁性体で作られた可動磁極に力が生じるのに対して、VCMはコイルに生じる力を利用するため、可動部に磁性体を持たず、軽量に仕上げることが出来る。このため、高速動作が可能となる。半面、コイルで発生した熱を外部に逃がすのが難しく、大出力は得にくい。スピーカの駆動用として広く利用されたため、このように呼ばれている。

【ムービングコイル型】⇒VCM



■2. 定格

【コイル抵抗】直流抵抗を表す。巻線は銅線を使用しているため、抵抗値は銅の温度係数により温度に依存して変化する。

【絶縁階級】(耐熱クラス)ソレノイドのコイルの耐熱温度を絶縁階級で表し、各絶縁階級で最高許容温度が決められている。

- A種・・・105℃
- E種・・・120℃
- B種・・・130℃
- F種・・・155℃
- H種・・・180℃

【AWG】AMERICAN WIRE GAUGEの略称で、アメリカで制定された電線の規格。導体の直径寸法等が定められている。コイルワイヤサイズの指定に用いられ、数値が小さいほど太く、大きいほど細くなる。

【温度】特に指定しない限り、コイル温度は巻線全体の平均温度を指す。コイル表面温度

とはかなり差を生じることがあるので注意が必要。計測には抵抗法が用いられることが多い。

【抵抗法】コイル温度の計測方法。コイルの直流抵抗を計測し、銅の温度係数からコイル温度を算出する方法。コイル全体の平均温度が求められる。カタログには20℃の抵抗値を記載している。

【定格電圧】ソレノイドはその通電周期によって印加可能な電力が定まり、定格電圧が定

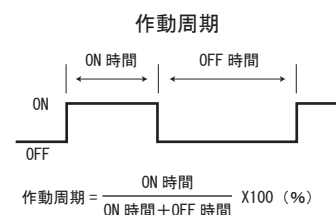
まる。従って、同じソレノイドでも、連続通電される場合と、間欠通電される場合では定格電圧が異なる。

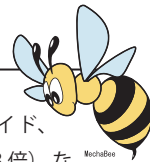
【作動周期】(デューティ)ソレノイドに通電する時間と通電しない時間の比で、通電時間を通電周期で除したものとなる。休止期間の無い、連続で通電される場合には1(100%)で最大となる。周期的な繰り返しで使用されない場合には、最も大きくなる条件を用いる。百分率 [%] または分数形式で表記される。

抵抗法による温度上昇の計算

$$t = \frac{R2-R1}{R1} (234.5+t1)+(t1-t2)$$

- t : 温度上昇 (℃)
- t1 : 周囲温度 [上昇前] (℃)
- t2 : 周囲温度 [上昇後] (℃)
- R1 : コイル抵抗 [t1] (Ω)
- R2 : コイル抵抗 [t2] (Ω)





【最大 ON 時間】ソレノイドを間欠通電する場合、その作動周期によって通電可能電力が定まるとともに、その電力を通電できる最長時間が定められている。この時間を越えて通電するとコイルが焼損する場合がある。

【短時間定格】ソレノイドを使用する際、連続で駆動する場合と間欠の場合とがある。ソレノイドには通電できる最大電力が定められており、これ以下であれば連続で通電できる。これを越える場合には休止期間を設けて平均電力を下げる必要があり、この場合の通電条件を短時間定格とする。カタログには連続定格と複数種類の短時間定格が定義されている。

【アンペア・ターン】(AT) 起磁力の単位。磁力を発生させる大きさを、コイルに流れる電流(アンペア)とコイルの巻数(ターン)の積をいう。ソレノイドの機械的出力はアンペア・ターンに比例し、アンペア・ターンが大きい程出力は大きくなる。ただし、コイル温度上昇や磁気飽和の関係で、作動周期 10%($f=1/10$) を超えるアンペア・ターンでの使用は一般的ではない。

$$\text{アンペア・ターン (AT)} = \text{アンペア (A)} \times \text{ターン (T)}$$

【温度上昇】ソレノイドはコイルに通電するとその電力に依存して温度が上昇する。当社のカatalog標準品はこの上昇分を 85℃として定格が定められている。初期温度は 20℃として設定している。

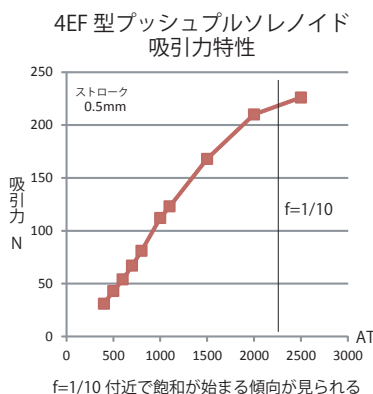
【安全率】ソレノイドは通電時にコイルの発熱によって抵抗値が上昇し、流れる電流が低下する。電流低下により、アンペア・ターンが減少し、ソレノイドの出力は低下する。この現象を避けることは出来ない。あらかじめこの出力低下を見込んで、負荷を駆動するのに必要な出力の 1.5 倍の能力を有するものを選択することで確実に作動できる

(オープンフレームソレノイド、自己保持型ソレノイドは 1.3 倍)。なお、この値は使用条件によっては小さく設定することも可能となるが、コイルの発熱や放熱条件、電圧変動範囲を考慮して決める必要がある。

【標準放熱板】ソレノイドのコイルは通電により発熱する。この熱は本体に取り付けられた取付板等の固定部材を経由して放熱する。弊社では各ソレノイドに対して放熱板の面積を定め、これを標準放熱板と定義している。カタログには標準放熱板を使用したときの電圧・出力を掲載している。一般的には固定部材が放熱板として使用される。この固定部材の放熱能力は、材質や周囲環境により変化し、標準放熱板使用時と条件が異なるので、定格表と条件が異なることになる。このため、最終的には実機にて発熱量を確認する必要がある。

【電力】(ワット) 電力は、電気エネルギーの消費量を表す。ワット (W) という単位で大きさを表し、電圧 (V) と電流 (A) の積であり、次式で算出される。

$$\text{電力 (W)} = \text{電圧 (V)} \times \text{電流 (A)}$$



■3. 特性

【吸引力】ソレノイドがコイルへの通電により発生する力で、固定磁極に対して可動磁極が吸引される力。これを外部に取り出して負荷を駆動するために使う。ソレノイドは基本的には吸引方向に力を発生するので、「プッシュ型」は貫通シャフトにより反対方向の力を得ている。このため、「プッシュ型」でも吸引力と呼んでいる。

【吸着力】⇒吸引力

【推力】⇒吸引力

【残留吸着力】ソレノイドは磁極の構成部品に鉄系の磁性体を使用している。磁性体の磁氣的材質によってはソレノイドの通電を遮断した後、多少の磁束が残留することがあり、これを「残留磁気」という。この残留磁気により生じる吸着力は復帰不良の原因となることがある。新電元ソレノイドは吸着時にエアギャップを設けることで残留磁気による影響を軽減するように設計されている。

【残留磁気】⇒残留吸着力

【保持力】ソレノイドの基本動作の一つが「押さえる」という動作。このときの押さえる力を「保持力」という。保持力は磁極の形状によって大きく変化し、フラット面の広

いものが大きな値を示す。また、磁気ギャップによっても影響を受け、ギャップワッシャを薄くしてギャップを狭くしたものは保持力が大きくなるが、電流遮断時の残留吸着力に注意が必要である。

⇒「めかとり通信」第 27 号参照。

【保持電流】負荷の駆動後にその位置を保持するような動作を行わせるとき、その保持動作を継続するために必要な電流。ソレノイドは作動開始時より作動終了点の方が大きな力を発生することが出来るために、作動後の保持位置においては駆動電流を減じることが可能な場合があり、駆動電力を削減できる。フラット型は作動終了時の力が大きいので、この効果が大きい。

【最小総トルク】カタログに記載された出力トルクには復帰ばねトルクが含まれていない。従って、出力トルクは、復帰ばねトルクを減じたものとなり、これを最小総トルクという。また、出力トルクは回転に伴って変動するため、起動時のトルクと定めている。

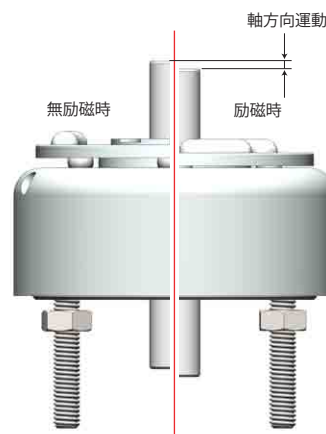
【ストローク】ソレノイドに通電して作動する距離を表す。負荷を設置しない状態で通電したときに可動磁極と固定磁極が接触し

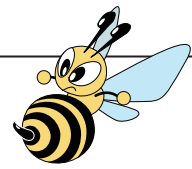
た状態をストローク 0mm と定義していることに注意。負荷を設置した場合で作動前の位置が最大ストロークとなる。

【回転方向】回転子側から見て右回転を R 型、左回転を L 型と定義している。

【軸方向運動】(アキシャルストローク) ヘリカル型のロータリソレノイドは、回転時に若干の軸方向の移動を生じる。ソレノイド内部で発生した吸着力をこの動きによって回転運動に変換している。このため、負荷の取付によってこの動きを阻害しないようにすることが必要である。

ロータリソレノイドの軸方向運動





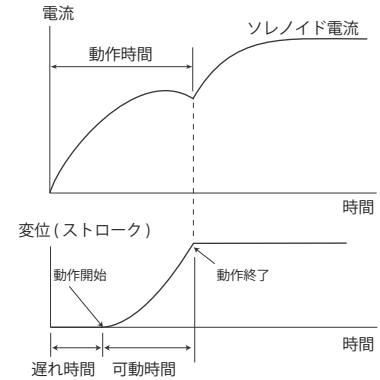
【応答時間】(応答速度)ソレノイドを使用するとき、通電開始から作動終了までの時間を応答時間としている。「応答速度」と呼称する場合もあるが、計測単位はほとんどのケースで「時間」となるため、「応答時間」が正しい。ソレノイドはインダクタンスを有するために、通電を開始してから作動開始に必要な推力が得られるまでの時間に遅れを生じる。このため、応答時間は、電流の立ち上がり遅れによる「遅れ時間」と「可動時間」に分けられる。

【復帰時間】(復帰速度)電流を遮断してから初期位置に戻るまでの時間を「復帰時間」としている。「復帰速度」と呼称する場合もあるが、ほとんどの場合に計測単位は「時間」であることから「復帰時間」が正しい。ソレノイドのコイルはインダクタンスを有し、電流遮断時の逆電圧対策を施して使用される。この対策方法によって異なるが、電圧の遮断から電流が0に向かって垂下するのに一定の時間を必要とする。ソレノイドは

保持電流以上の値の電流が流れている間は復帰動作を開始せず、これを下回ったところから復帰動作を行い、待機位置まで復帰する。このため、「復帰時間」は復帰動作を開始するまでの「遅れ時間」と、実際に待機位置まで移動する「可動時間」に分けられる。

【応答時間計測】応答時間および復帰時間の計測はシャフトまたはプランジャの位置を変位計によって計測する。また、駆動時の電流変化を観測することで作動の終了時間を計測することも可能である。この方法は極めて簡便ながら正確であるために一般的に用いられている。可動磁極が移動することでインダクタンスに変化を生じ、これが電流の変化率に現れる。作動の開始点は不明瞭ながら、終了点は明確に判別できる。応答時間はほぼすべての場合に有効ながら、復帰時間に関しては計測できる場合は限られる。

ソレノイド電流波形による応答時間の計測



■4. 取付

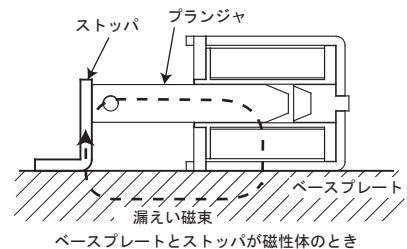
【マウンティングねじ】ソレノイドを固定するための機構で、スタッドネジがソレノイドに固定されていて、対象にナットで固定する。

【タップ】(ベースタップ)ソレノイドを固定するための機構で、ケースまたは構成フレームにタップネジが切られているもの。対象に取り付けビスで固定される。ソレノイドはケース内にコイルを格納しており、この格納ケースにタップ穴を用意している。このため、長いビスをねじ込むとコイルに到達して絶縁耐圧を低下させたり、断線を生じさせたりと致命的な状態となるため、ビス長の選定は慎重に行う必要がある。

【磁気漏えい】(磁気ショート)ソレノイドは固定磁極と可動磁極の間に磁束を供給して両者間の吸引力を推力として利用する。外部に可動磁極が露出している型式において、ソレノイドを磁性体である鉄系の基部に設置し、ここに取り付けられたストローク設定用のストッパで可動磁極の作動範囲を決めるような場合は注意が必要である。このストッパが磁性体であると、外部にこのストッパを経由する磁束の通過経路が発生し、本来可動磁極から固定磁極に向かう磁束が外部に漏出することで吸引力が低下、作動不良に陥ることがある。ストッパに非磁性体を用いるか、シャフトなどの非磁性体部

で動作範囲を設定することが必要となる。

漏えい磁束による作動不良



■5. 寿命

【期待寿命】ソレノイドの寿命はその負荷や使用頻度によって大きく変化するために定義しにくく、当社で定めた環境における寿命を「期待寿命」と定めている。実環境での寿命についてはそれぞれの環境で確認が必要となる。

【標準寿命型】当社の標準ソレノイドは、寿命の決定に大きく関わる軸受け部分や可動磁極の摺動部の処理に複数の形態を用意している。このうち標準形状を有するもの。

【準長寿命型】ロータリソレノイドに設定している寿命改善型。標準型の軸受を変更することで寿命の改善を図ったもの。

【長寿命型】軸受や可動磁極の摺動部に寿命を改善するための構造を採用したもの。製品シリーズによってその対策内容は異なる。軸受のニードルベアリング採用や、グリスだまりの設置、可動磁極へのコーティングなどが行われている。

【ロングライフ型】⇒長寿命型

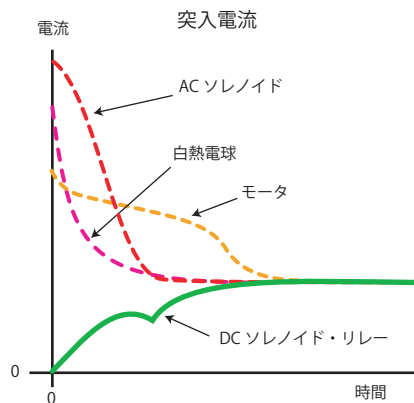




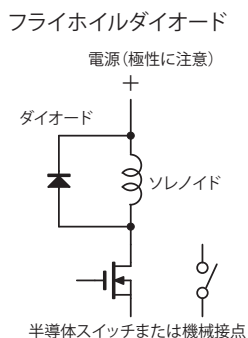
■6. 駆動

【突入電流】 AC ソレノイドは起動の際に一時的に定常時の電流値を大きく上回る電流が流れる。AC ソレノイドは交流で駆動され、コイルに流れる電流値はコイルの交流に対するインピーダンスで決まる。インピーダンスは磁気ギャップに大きく依存し、作動初期のギャップの大きな位置では極めて小さく、作動終了位置で大きくなる。このため、作動開始点で大きな電流が流れ、作動後には電流が低下して定常電流となる。この一時的な電流を「突入電流」と呼ぶ。DC ソレノイドは電流を決めるのは抵抗値と駆動電圧であり、磁気ギャップに依存しないため、突入電流は生じない。白熱電球や DC モータも突入電流を生じる。

⇒「めかとり通信」第 20 号参照



【逆起電力】 ソレノイドはそのコイルが大きなインダクタンスを有するため、通電に際していくつかの注意が必要となる。電流の遮断時には、通電電源の極性と逆方向に大きな電圧を生じる。この現象は逆起電力、又は逆起電圧と呼ぶ。これに対策を施さないと駆動用の接点に火花を生じて焼き付いたり、駆動用のトランジスタの耐圧破壊を引き起こす。

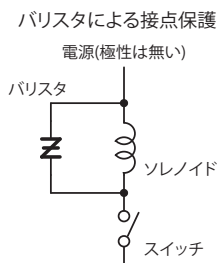


【フライホイールダイオード】 ソレノイドは、通電後にその電流を遮断する際に逆起電力を生じる。このための対策として最も効果的で確実な方法がコイルに並列にダイオードを挿入する方法で、これをフライホイールダイオードと言う。保護効果は確実に機能するが、電流の垂下が遅くなるために復帰時間に遅延を生じることがある。この対策にはバリスタやツェナーダイオードが用いられる。

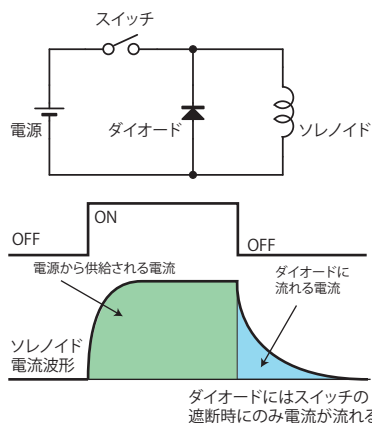
【バリスタ】 ソレノイドは、通電後にその電流を遮断する際に逆起電力を生じる。これによって駆動接点や半導体素子に問題を生じるので何らかの対策が必要となる。このためにフライホイールダイオードが用いられるが、復帰時間の遅延という問題を生じることがある。このようなときにはバリスタを用いるのが確実である。ただし、その設定電圧や、耐電力は適切に選定する必要がある。ツェナーダイオードによっても同様の効果を得られる。

⇒「めかとり通信」第 21 号参照。

【サージキラー】⇒バリスタ



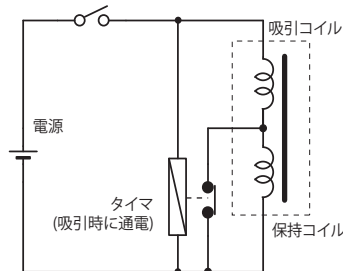
フライホイールダイオードに流れる電流



【保持回路】 ソレノイドは、作動初期のギャップの大きな位置では吸引力が小さく、作動最終点のギャップが小さい位置では大きな吸引力を発生する。この性質を利用すると、吸着位置では電流を減少させても負荷保持に必要な吸着力を確保できる。保持時間が長くなる場合には必要電力を大きく節約することができる。この機能を持つ回路を「保持回路」と呼ぶ。その手法は PWM による通電率制御で損失が少なく、多くの機構で用いられる。この考え方と逆に、作動時のみ、昇圧電源、または別電源から得た高電圧を一時的に印加し、作動後に低圧側に切り替える方法もある。

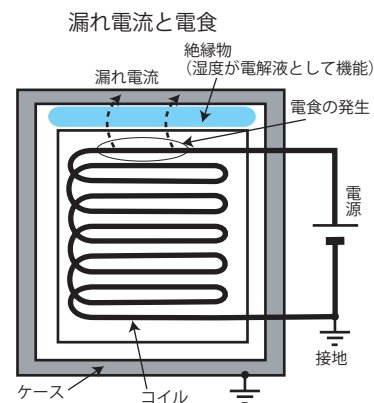
【ダブルコイル型】 大きな負荷を駆動するとき、駆動に必要な電力を加えると、保持の際に電力が過大となる為、吸引用と保持用にそれぞれ専用のコイルを持たせたもの。

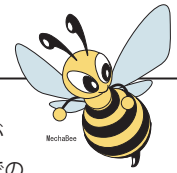
ダブルコイル型



【電食】 (電蝕) 外部の直流電源によって、金属がイオン化して溶出し、腐食する現象。ソレノイドのケースとそこに格納されたコイル、またはリード線との間で発生することがあり、腐食によって断線を生じることがある。高湿度環境に於いて生じやすく、通電の極性や、防湿構造に注意することが必要となる。

⇒「めかとり通信」第 4 号を参照。





【インダクタンス】電気回路において電磁誘導の大きさを表す定数。単位はヘンリー (H)。ソレノイドを使用する際はインダクタンスの作用で電流の立ち上がりが緩やかになったり、電流を遮断する際は起電力を生じた

り、といった現象が発生する。ソレノイドの吸引力はインダクタンスに比例し、その影響を避けることはできない。LCR メータにより容易に計測できるが、ソレノイドの使用時と計測条件が異なるので結果が一致

しないことに注意が必要。LCR メータでの計測には直流バイアスが加えられていない事が差を生じる原因となる。

■7. 構造

ソレノイド一般

【エアギャップスペース】ソレノイドの作動最終位置に於いて固定磁極と可動磁極が互いに接触しないように両者の間に挟んで配置するワッシャ。非磁性体であり、最小磁気ギャップを確保する。叩いた時に寸法変化を生じにくい強度を有するりん青銅やSUS、小出力のものでは樹脂製のものが使用される。

【プランジャ】可動磁極。ソレノイドの吸引力はこの部材と固定磁極との間に生じる。効率よく吸引力を生じるような形状とし、発生した吸引力を取り出して負荷と接続するための何らかの機構が加えられている。

【ベース】固定磁極を構成する主要部材で、可動磁極と対抗して吸引力を生じる。効率よく吸引力を発生するための形状を持ち、可動磁極の摺動をガイドする軸受を配置することが多い。

【ステータ】固定磁極の構成部品で、可動磁極とベースを含む主磁路に含まれる。ベースのように吸引力を発生する部材ではないが、プランジャの作動をガイドすることも多い。

【スリーブ】固定磁極に設置され、可動磁極をガイドする位置に配置される。主磁路を横断するように配置されるので非磁性体で作られる。

【復帰スプリング】ソレノイドはその力の発生方向が片方向であり、作動後に初期位置に復帰させるために用いるスプリングを「復帰スプリング」と呼ぶ。スプリングを内蔵可能な構造のもの、外付けの必要なものとがある。

【ボビン】銅線を巻きつけてコイルを構成するための「巻枠」。樹脂成型で作られる。

ロータリソレノイド

【ボールレース】ヘリカル型のロータリソレノイドで、ソレノイドの発生する吸引力を回転力に変換するために用いられるボールの転動溝。ソレノイドの吸引力は固定磁極と可動磁極のギャップの大きさの2乗に反比例する。このように大きく変動する吸引力から一定の回転力が得られるように、転動溝の傾斜を工夫している。固定磁極の一部であるケースと可動磁極に取り付けられた補助磁極との間で、安定性を考慮して3か所に配置されている。

【X フィーチャー】(X-feature) ロータリソレノイドの各種オプションをコード番号で表したものの。[X] に続く一桁の数字で構成されている。型式の一部に組み込まれて使用されている。

【X3】ロータリソレノイドの出力取り出し形式のひとつで、ベース側に伸ばしたシャフトを利用するもの。

【X4】ロータリソレノイドの出力取り出し形式のひとつで、アーマチュアプレート側に伸ばしたシャフトを利用するもの。

【X6】ロータリソレノイドの出力の取り出し方の一つで、アーマチュアプレートを利用するもの。アーマチュアプレートにタップ穴を用意し、負荷をねじ止めできるようにしたもの。アーマチュアプレートの下面から突出しないようにビスの長さには注意が必要。

【X8 ダストカバー】ヘリカル型ロータリソレノイドは、ボールレースで回転トルクを得ており、この部分に粉じんなど異物の侵入があると特性に影響を生じる。そのためこの部分に覆いを設けることで影響を低減する。

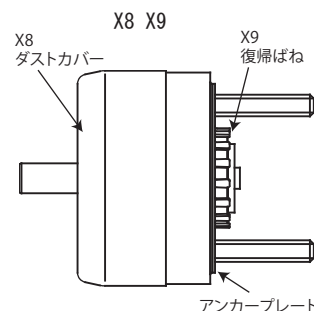
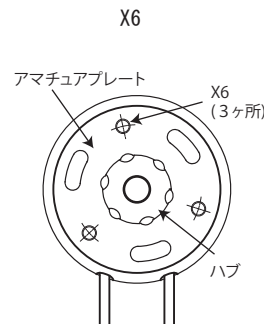
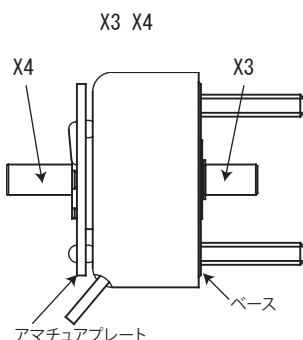
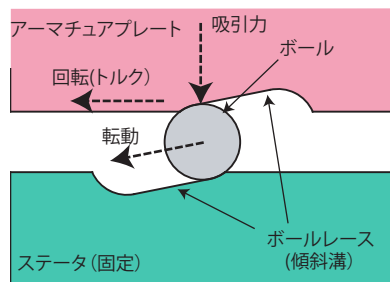
【X9 復帰スプリング】ヘリカル型ロータリソレノイドは片方向のみに回転するアクチュエータで、待機位置への復帰はばね力による。この復帰用の付加ばね。

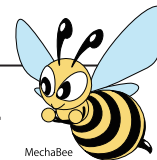
【アーマチュアプレート】ヘリカル型ロータリソレノイドの可動磁極に取り付けられた補助磁極で、ストロークの小さい領域で主磁路の一部として機能する。対向するケースと共にボールレースが配置されている。

【アンカープレート】ヘリカル型ロータリソレノイドの復帰ばね、復帰スプリングをベースに固定するための部材。復帰スプリングは中央部に置かれアンカープレートの突起にフックで係止される。

【ハブ】ヘリカル型ロータリソレノイドの可動磁極。磁極形状からはフラット型に分類される。ここで得られた吸引力が、取り付けられたアーマチュアプレートに設置されたボールレースで回転力に変換される。

ボールレースによる回転力の生成





チューブラソレノイド

【エンドキャップ】主磁路の構成部品の一つ。可動磁極をガイドするスリーブの固定部であり、プル型の場合には取付用のネジが設けられる。

【エアギャップスペーサ】(消音スペーサ) プランジャに取り付けられた E リングとエンドキャップの間に配置され、作動最終点での磁気ギャップを確保するとともに衝突音を低減するために、厚肉のウレタンゴム等で作られたワッシャ。

自己保持型ソレノイド

【復帰電流】(解放電流) 一方向型自己保持型ソレノイドにおいて、吸着状態から解放するために逆極性の電流を流したとき、吸着力が消滅する値の基準値。

【復帰抵抗】一方向型自己保持型ソレノイドにおいて、復帰電流を得るために挿入する電流制限抵抗。次式で計算される。

$$\text{抵抗} = \left(\frac{\text{電源電圧}}{\text{復帰電流}} \right) - \text{コイル抵抗}$$

電流制限抵抗の算出

【保持力】自己保持型ソレノイドは磁路中に永久磁石を配置し、無電力で位置保持力を得ている。このときの保持力を表す。

【フレーム】自己保持型ソレノイドはオープンフレーム型と同様の基本構造をもち、磁性板を折り曲げた基本骨格に構成部材を配置しており、この基本骨格をフレームと呼ぶ。

【永久磁石】自己保持型ソレノイドは、磁路中に配置した永久磁石により無電力で位置保持力を得ている。一方向保持型ではフレーム端部、二方向保持型ではフレーム中央部に配置し、可動磁極に磁束を供給する。

【通電極性】自己保持型ソレノイドは、磁路中に配置した永久磁石により無電力で位置保持力を得ている。復帰させるにはこの保持力を打ち消す方向にコイルで磁束を発生させる。このためコイルでの発生磁束には極性管理が必要になる。

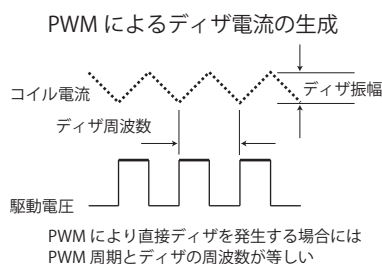
【一方向保持型】(一方向型自己保持型) オープンフレームソレノイドの磁路中に永久磁石を配置し、無通電状態においてはこの永久磁石による磁束で保持力を得るようにしたもの。解放、復帰時にはこの磁束を打ち消

すことでプランジャを復帰可能にする。このとき、復帰方向には力を生じないので復帰ばねが必要となる。吸着位置で長時間の保持が必要な場合には大きな省電力効果が得られる。

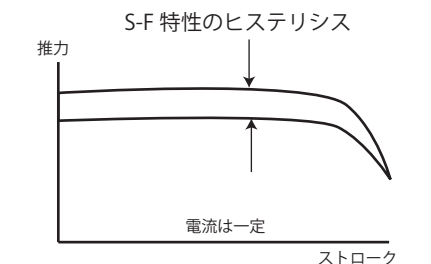
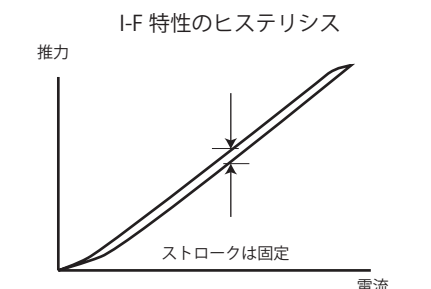
【二方向保持型】(二方向型自己保持型) 単一のフレーム中に向き合うように 2 台のソレノイドを配置し、可動磁極を共用している。中央の共通部分に永久磁石を配置することで、可動磁極を含むどちらかのソレノイドに閉磁路が生じる。そのため、この位置で保持力が生じる。このとき反対側のソレノイドを作動させると、保持力に抗して位置が反転するので、ここで電流を遮断すると反対側に閉磁路が形成されて同様に保持力を生じる。このように両端点で無通電で保持力が得られる。

■8. 比例ソレノイド

【ディザ】比例ソレノイドは通電電流に比例した推力が得られ、この特性を応用することで、推力制御、位置制御を可能としている。ただし、機械的な摩擦力や、構成磁性体の磁化特性から、上昇時と下降時にヒステリシスを生じる。この対策に効果的な手法が駆動電流に変動分を加えて微振動を加える方法で、これをディザという。



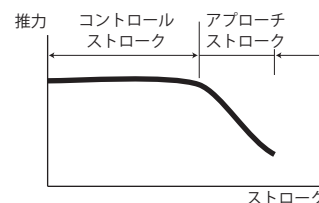
【ヒステリシス】比例ソレノイドはその通電電流を制御することで位置制御や推力制御を可能としているが、電流の上昇時と下降時に於いて同一電流で差を生じることがある。この差をヒステリシスと称している。制御対象が推力、位置のどちらでも同じように使われる。単位は定格値との比率で表すことが多いが、推力、またはストロークの値を用いることもある。



【コントロールストローク】比例ソレノイドはストロークが変化しても一定の推力を生じる特殊な構成となっている。これはフラット型とコンカル型を組み合わせることで実現しており、この合成の結果、平坦な特性の得られる範囲である「コントロールストローク」と、その領域外の合成が不十分で傾斜を有する部分が生じる。この領域は「アプローチストローク」と呼ぶ。

⇒「めかとり通信」第 28 号参照

比例ソレノイドの推力特性

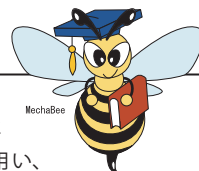


【アプローチストローク】⇒コントロールストローク参照

【ストロークー推力】(SF) 比例ソレノイドの基本特性で、ストロークを変化させた際の推力の変化を表したもの。一定の電流を流しておき、ストロークを変化させて記録する。

【電流ー推力】(IF) 比例ソレノイドの基本特性で、電流を変化させた際の推力の変化を表したもの。ストロークを固定し、電流を掃引して記録する。





【ウェット型】油圧バルブの制御で、バルブ内部に配置されたスプールなどを外部から操作するとき、内部は高圧の作動油で満たされており、操作の摺動部には高圧に耐えるシールが必要となる。ソレノイドをこの操作アクチュエータとしたとき、操作力を発生する可動磁極のみを「圧力容器」内に密封し、外部から磁界を与えることで、作動部の高圧シールを不要とすることが出来る。このような構造をもつものを「ウェット型」という。ソレノイドは比例型でもON/OFF型でも成立する。

【圧力容器】⇒ウェット型参照

【モールドコイル】ソレノイドを耐水性や耐震性を持たせた構造とするために、コイルを樹脂封止構造としたもの。

【コントローラ】比例ソレノイドを使用するにはディザを含んだ電流が望ましく、またソレノイド出力は電流に比例するためコイル抵抗の変動に影響されずに通電できる定電流機構を備えた電源が必要で、このよう

な装置を（比例）コントローラと呼ぶことがある。

⇒「めかとり通信」第29号参照

【PWM型】比例ソレノイドを駆動するためにディザを含んだ電流を生成するときに、電

流の制御手法と

してPWMを用い、

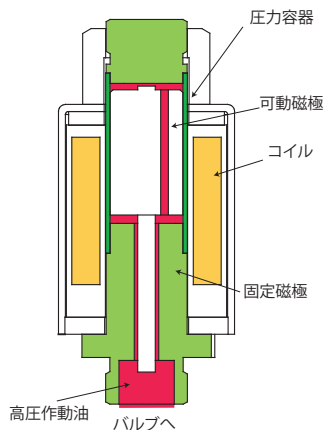
その制御周波数をディザの周波数と一致させたものを「PWM型コントローラ」という。こうすることにより、極めて簡単に比例ソレノイド用の電源を構成できるが、出力電流レベルを変化させるとディザ振幅も変動してしまう問題がある。

⇒「めかとり通信」第29号参照

【重畳型】比例ソレノイドを駆動するためにディザを含んだ電流を生成する手法の一つ。電流の制御手法はPWMが用いられる。制御周波数はソレノイドの応答しない高周波に設定される。ディザ用の波形生成機構を持ち、これを電流指示指令に重畳し、この値で電流の制御を行うことでディザを印加する。ディザの周波数、振幅共に自由に設定可能で、電流のレベルに左右されない。高性能であるが、構成は複雑になる。

⇒「めかとり通信」第29号参照

ウェット型ソレノイド

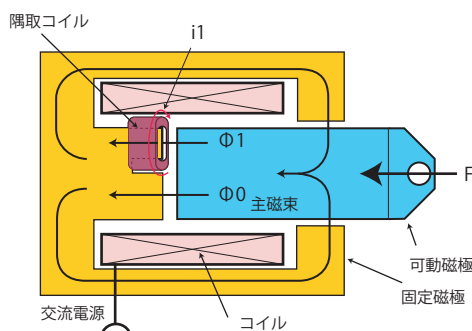


■9. 他形式

ACソレノイド

【隅取コイル】ACソレノイドは交流で駆動されるために、電流は常に変動している。この変動で発生推力も同様に変動する。これがACソレノイドの吸着時におけるうなりの原因となる。うなりを低減するためには磁極の一部に1ターンのコイルを設ける。通電時にこのコイルに誘導電流が流れ、この電流によって吸着面の磁束の変動が抑えられることで、うなり音が低減される。このコイルを隅取コイルという。

隅取コイル



隅取コイルに流れる誘導電流のためにΦ1の位相がずれることで変動分が減少する

■10. 終わりに

用語辞典、ご活用いただけるでしょうか。それぞれの項目の説明はさわりに過ぎず、十分な説明にはなっていないものも多くあります。「めかとり通信」で詳細を説明した項目もありますが、それ以外についても機会があれば、掘

り下げた説明を行っていきたいと考えています。各項目についてご意見、疑問等ございましたらご連絡ください。

■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

2019年5月現在

「めかとり通信」に関するお問い合わせは

新電元メカトロニクス株式会社 <http://smt.shindengen.co.jp>

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
西日本支店 : 〒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
茜台工場 : 〒357-0069 埼玉県飯能市茜台2丁目1番5号

新電元メカトロニクスのソレノイドのご用途は

