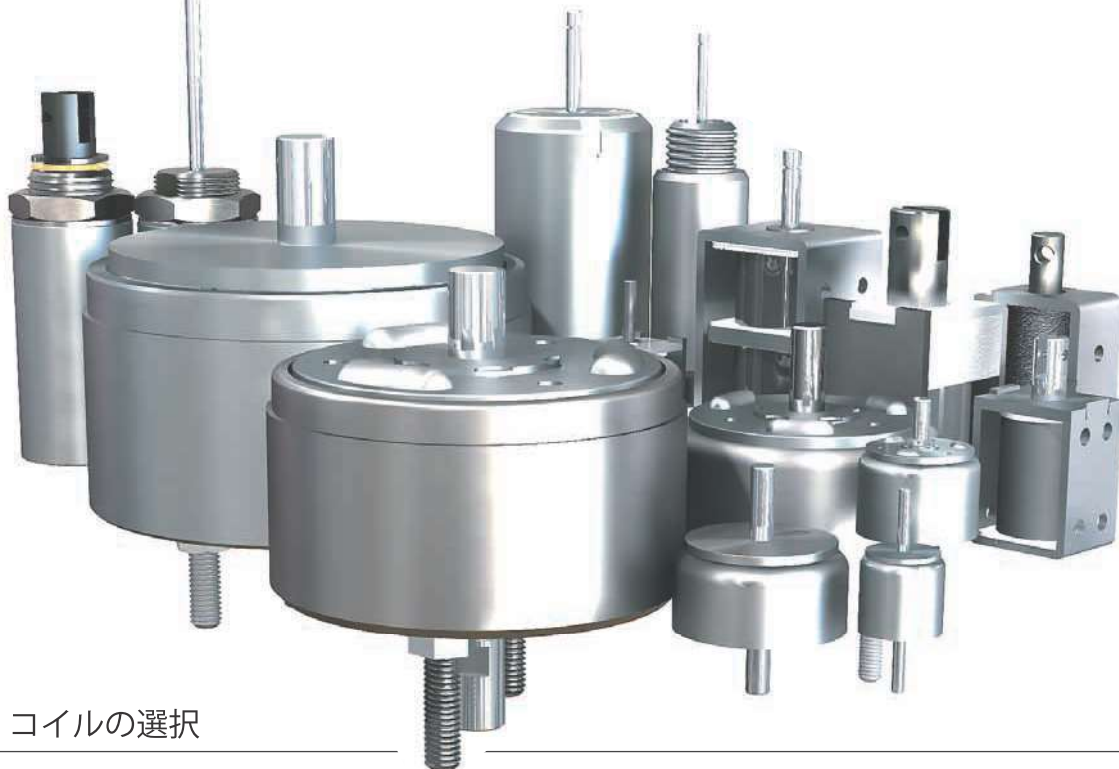


めかろ通信

< 通電率のはなし >

当社の標準ソレノイドは多くのコイル仕様が用意されています。カタログをご覧いただくと大きなコイルの定格表が目にはいります。一般的な電機部品では、定格電圧を定めて使用する際にはその電圧で通電するのが一般的です。たとえばリレーやランプなど、12V用、24V用などと定められ、その電圧以外で使用すると十分

に機能しなかったり、壊れたりするでしょう。ところが当社の標準ソレノイドにはこれを定めていません。電圧の表記はありますが、同一のコイルでも他の電圧と併記されています。このため選定は少々面倒ですが、その理由と、得られるメリットもありますので、この辺について説明してみたいと思います。



■1. コイルの選択

ソレノイドはそのコイルに通電すると吸引力を発生します。と同時に電力を消費し、その分のジュール熱を生じます。発生した熱は大気中に放散されますが、コイルからケース、取付板などを經由する大気までの熱流ルートは使用する取付環境によって様々です。このため、標準放熱板(*)を定め、このときに印加可能な最大電力を決めています。これが連続定格です。そしてこれを作動周期 100% とし、通電時間を制限した、間欠通電における印加可能電圧を併記しています。間欠通電の際の作動周期は記載されている式 1 で算出されます。この式は一周期における ON 時間の比を求めます。一周期中の通電率と考えてください。この説明中では以後「通電率」で統一します。

$$\text{作動周期} = \frac{\text{ON 時間}}{\text{ON 時間} + \text{OFF 時間}} \times 100 [\%] \quad \text{式 1}$$

(※) 型式によって異なり、カタログに記載されています。

$$\text{通電可能電圧} = \text{連続電圧} \times \frac{1}{\sqrt{\frac{\text{実通電率}}{100}}} \quad [\text{V}] \quad \text{式 2}$$

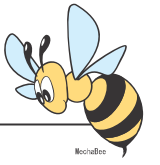
連続電圧：カタログ記載の連続欄の電圧 (V)

実通電率：実際の使用時における通電率 (%)

カタログには、間欠時の通電率として、50%、25%、10% を代表値として掲載しています。実際には、この中に納まらない通電率のことも多いと思います。その際には式 2 で通電可能電圧を算出してください。

例えば、4EC 型ソレノイドの AWG28 は、100% (連続) で 13V と記載があります。これを 33% の通電率で使用した場合の電圧を式 2 から求めると次のようになります。

$$13[\text{V}] \times \frac{1}{\sqrt{\frac{33[\%]}{100}}} = 22.6[\text{V}] \quad \text{式 3}$$



< 通電率のはなし >

■2. 通電率と得られる出力

4EC プッシュ/プルソレノイド

コイルデータ

標準放熱板 : 160×160×3 mm アルミニウム

作動周期 (%)		100%	50%	25%	10%	
作動周期 = ON時間/(ON時間+OFF時間)×100		連続		間欠		
最大ON時間 (秒)		∞	100	36	9	
20°Cにおける電力 (W)		12.5	25	50	125	
20°Cにおけるアンペア・ターン		714	1000	1425	2250	
AWG.No.	20°Cにおける抵抗(Ω)±10%	コイル巻数	電圧[VDC]			
25	3.5	384	6.6	9.5	13	21
26	5.67	486	8.4	12	17	27
27	8.76	600	11	16	22	35
28	13.8	748	13	18	26	42
29	22.6	975	17	23	33	52
30	34.8	1190	21	30	42	67
31	56.7	1520	27	38	54	85
32	88.3	1908	35	49	70	110
33	138	2360	43	60	86	138
34	216	2904	53	75	106	168
35	351	3725	67	95	132	213
36	480	4000	85	119	169	268
37	720	4950	105	147	210	332

図表 1 4EC コイルデータ (部分)

このコイルには 33% の通電率であれば、22.6V で通電できます。こうして通電可能な電圧が求められますが、その時に得られる吸引力はどのくらいになるのでしょうか。ソレノイドの吸引力はストロークに大きく依存します。カタログには代表通電率の際に得られる吸引力を記載しています。図表4「ストローク吸引力」グラフがそれで、図中の 10%、25%、50%、100% が通電率になります。先ほどの例とした 33% は記載がありませんが、次の手順で求めることが出来ます。例としてストローク 3mm で得られる吸引力を求めるには、図表 2 「アンペア・ターン - 吸引力」グラフから以下の手順で読み取ります。

① 電流を求める

$$\text{電流} = \frac{\text{電圧}}{\text{コイル抵抗}} = \frac{22.6\text{V}}{13.8\Omega} = 1.64[\text{A}]$$

コイル抵抗：カタログのコイル定格表から
AWG28 の欄の値を使用 式 4

② アンペア・ターンを求める

$$\text{アンペア・ターン} = \text{電流} \times \text{コイル巻数} = 1.64\text{A} \times 748 \text{ ターン} = 1225[\text{AT}]$$

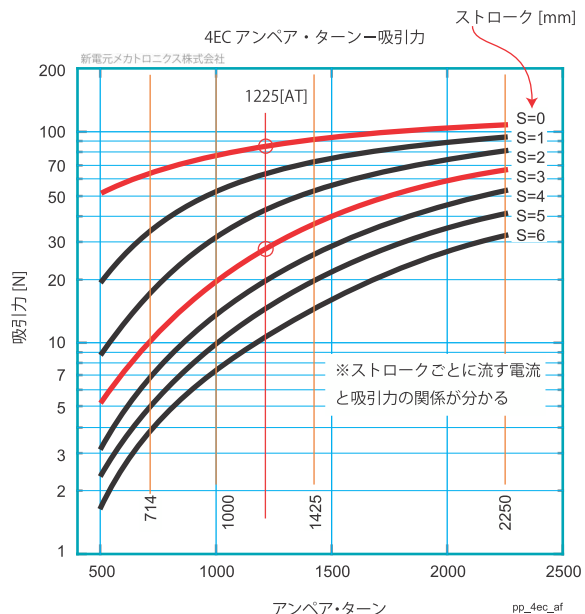
コイル巻数：カタログのコイル定格表から
AWG28 の欄の値を使用 式 5

③ 吸引力を求める

「アンペア・ターン - 吸引力」グラフから、求めたいストロークである S=3 のラインと 1225[AT] の交点から約 28[N] が求められます。同時に吸着後は S=0 のラインから、約 85[N] が得られることが分かります。

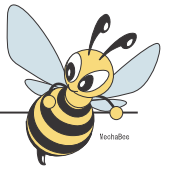
このように手順を踏む必要がありますが、実環境の通電条件から発生する吸引力を求めることが出来ます。コイルの種類が多さから、広範囲の条件に最適値を合致させることが出来ます。もし、求める推力が得られない、電圧が用意した電源と合わないといった場合にはコイルの AWG 番号を変更して式 2 から再計算してください。

なお、前記のように、ここで使用した連続通電可能な電力は標準放熱板に取付けた際のもので、これと放熱条件が異なる場合には見直しが必要となりますのでご注意ください。また型式によっては「放熱板なし」を標準状態としているものもあります。



図表 2 4EC アンペア・ターン-吸引力





< 通電率のはなし >

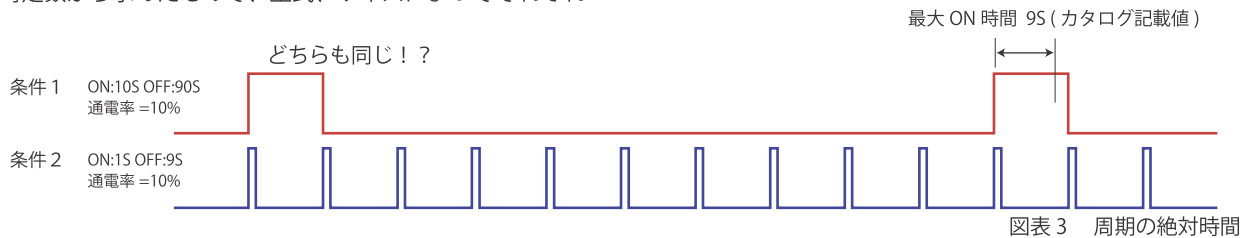
■3. 最大ON時間

カタログに記載された通電率の算出式は一周期の絶対時間を決めていません。一周期が 10 秒で通電時間が 1 秒のときには通電率 10% です。また 100 秒の周期中で通電時間が 10 秒でも同様に 10% となります。このとき例に挙げている 4EC 型で、コイル定格表の 10% の電圧を適用すると、コイルは焼損する可能性があります。なぜでしょうか。コイルの定格表には最大ON時間という欄があります。4EC 型 10% では 9 秒と規定されています。この条件から逸脱してしまうことになるのです。一周期が 10 秒の場合には、ON時間は 1 秒ですから問題ありません。この時間は各ソレノイドの持つ熱時定数から求めたもので、型式、サイズによってそれぞれ

異なります。通電率を算出する際に、目的のソレノイドの定格表で通電時間がこの値以下に収まっていることを確認してください。この例では 10 秒の通電時間が可能なのは 25% になるので、ここに定義されている 26V までになります。当然、吸引力が 25% に記載されている値になりますから、これで不足する場合にはサイズの変更が必要となります。

通電率の計算の際には、通電の時間制限にご注意ください。

また、繰り返しの時間が不定の場合には通電率の計算が難しい場合もあります。この際にもこの時間制限を守ってください。



■4. 通電電力の最適化

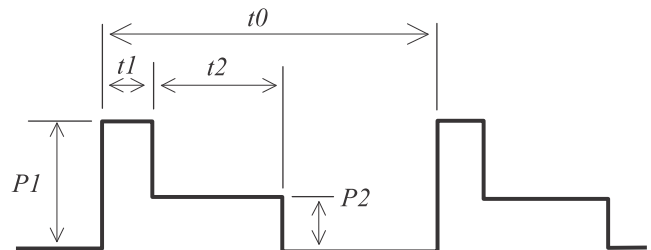
アプリケーションによっては、かなり長時間の保持が必要な場合があります。この場合には、保持に必要な電力を通電し続ける必要があります。ソレノイドの発生する吸引力は磁極の形状と磁気ギャップに大きく依存します。磁気ギャップの大きな作動初期よりも作動終了後のギャップの小さくなったときに大きな値を示します。この傾向は円錐型の磁極形状のコニカル型よりも、平坦な磁極を持つフラット型の方が大きく変化します。この辺の様子は「めかとり通信」27 号に詳しく記載されています。このように長時間の保持を行う際には保持の際に電圧を下げることで、駆動電力を大幅に減ら

すことが可能です。逆に、駆動時のみに高電圧を加えるオーバドライブを行う場合もあります。ギャップの大きな領域で吸引力の得にくいときのみ大きな電圧で動作を補助します。これらの駆動方法においては、一駆動周期中に電圧が変化しますので、カタログに記載の算出式ですと通電率に誤差を生じます。この際には下式のような考え方で判断してください。

● on 電圧が変化する場合

$$\text{平均電力} = P1 \frac{t1}{t0} + P2 \frac{t2}{t0} \leq Pcont \quad \text{式 6}$$

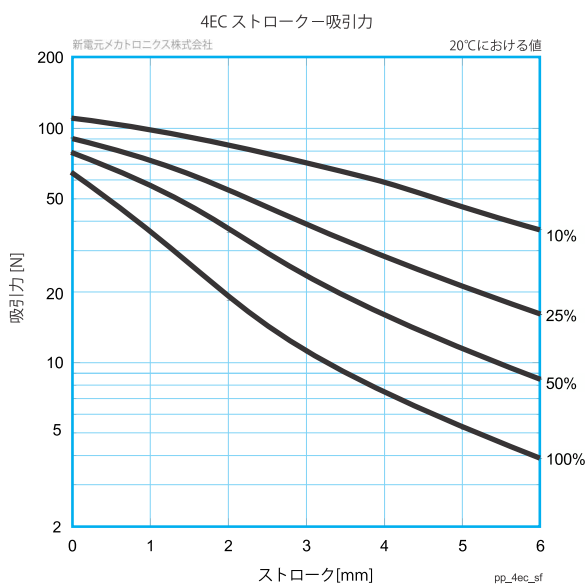
- $Pcont$: 連続通電可能電力 (カタログ記載値 100%)
- $t0$: 一周期時間 (on+off 時間)
- $t1$: on 時間
- $t2$: off 時間
- $P1$: オーバドライブ時の電力 (または通電初期の電力)
- $P2$: 保持時の電力



なおこれは電力ですから、電圧への変換は下式で算出します。

$$\text{電圧} = \sqrt{\text{電力} \times \text{コイル抵抗}} \quad \text{式 7}$$

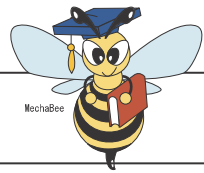
コイル抵抗: カatalog記載の「20℃における抵抗 (Ω)」



※ストロークと吸引力の関係を示すソレノイドの基本特性を表すグラフ。ストローク 0 が作動終了点となる。

図表 4 4EC ストローク吸引力

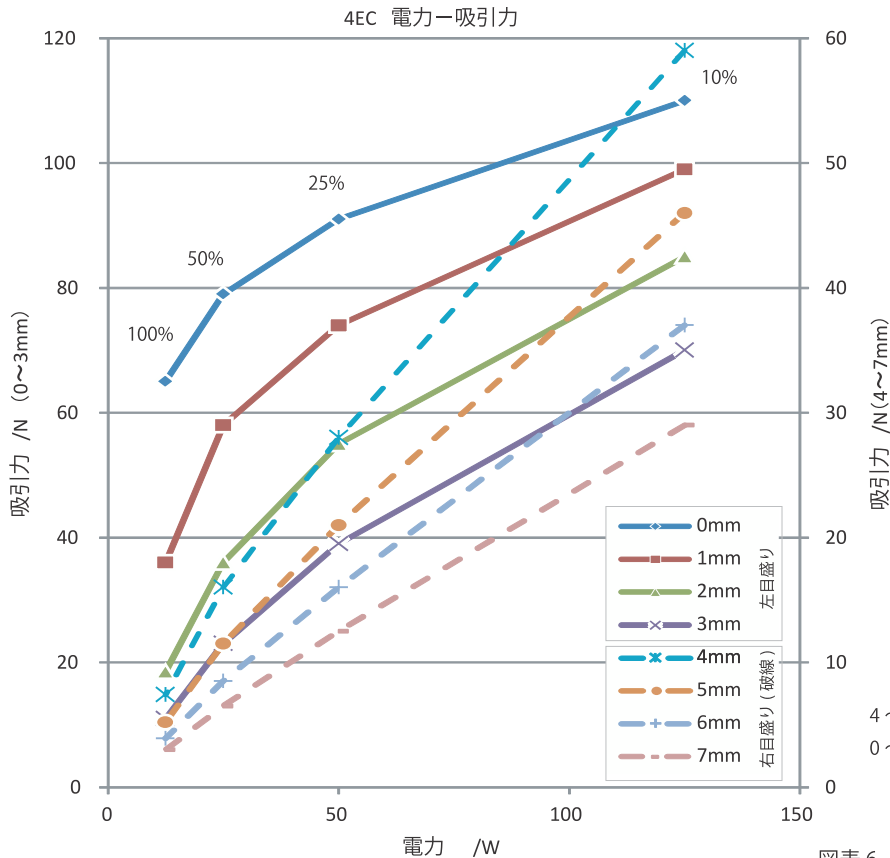




■5.磁気飽和

ソレノイドの発生する吸引力は、コイルに通電する電流による起磁力に比例します。ただし、これは磁路中を通過する磁束の量がある量を越えると次第に飽和を生じます。従って比例関係が無くなります。この様子を次のグラフに示します。磁気ギャップが大きい、ストロークの長い領域は直線的ですが、ギャップの小さい領域は飽和傾向を示していることが分かります。ギャップが小さいと、磁気抵抗が減少するために同じ電流による起磁力でも磁束の量が多

くなり、磁極が磁気飽和を生じるためです。これは、駆動時に大きな電力を加えても得られる吸引力が印加する電力に比例して得られなくなることを示しています。作動開始時のオーバードライブによる補助も効果が得にくいことにもなります。カタログに記載されている最大電力は通電率10%時ですが、これを上回ると飽和が顕著となり、効率が著しく低下します。通電率5%程度で算出される電力が実用的な上限と考えてください。



図表6 4EC 電力-吸引力 特性

■6. 終わりに

「通電率」は普通に使用される用語だと思います。それほど深く考えることもないかと思いますが、ソレノイドの定格を考える上では欠かせない概念です。ただ、当社のカタログを読みにくくしているのも確かで、見直しを求める声も上がっています。ソレノイドを使用していただい

るお客様の使用条件は様々で、すべては無理としてもできるだけ多くの条件に合致させたいと考え、幅を持たせた種類の管理は必要なのだろうと思います。読みやすく、必要な条件に確実に合致した選択が可能な資料を目指します。

■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

2020年11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 <https://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命は

KYORITSU
協立電業株式会社

〒190-0023 東京都立川市柴崎町3-9-5
 TEL: 042-548-8881(代)
 FAX: 042-548-9101(代)

