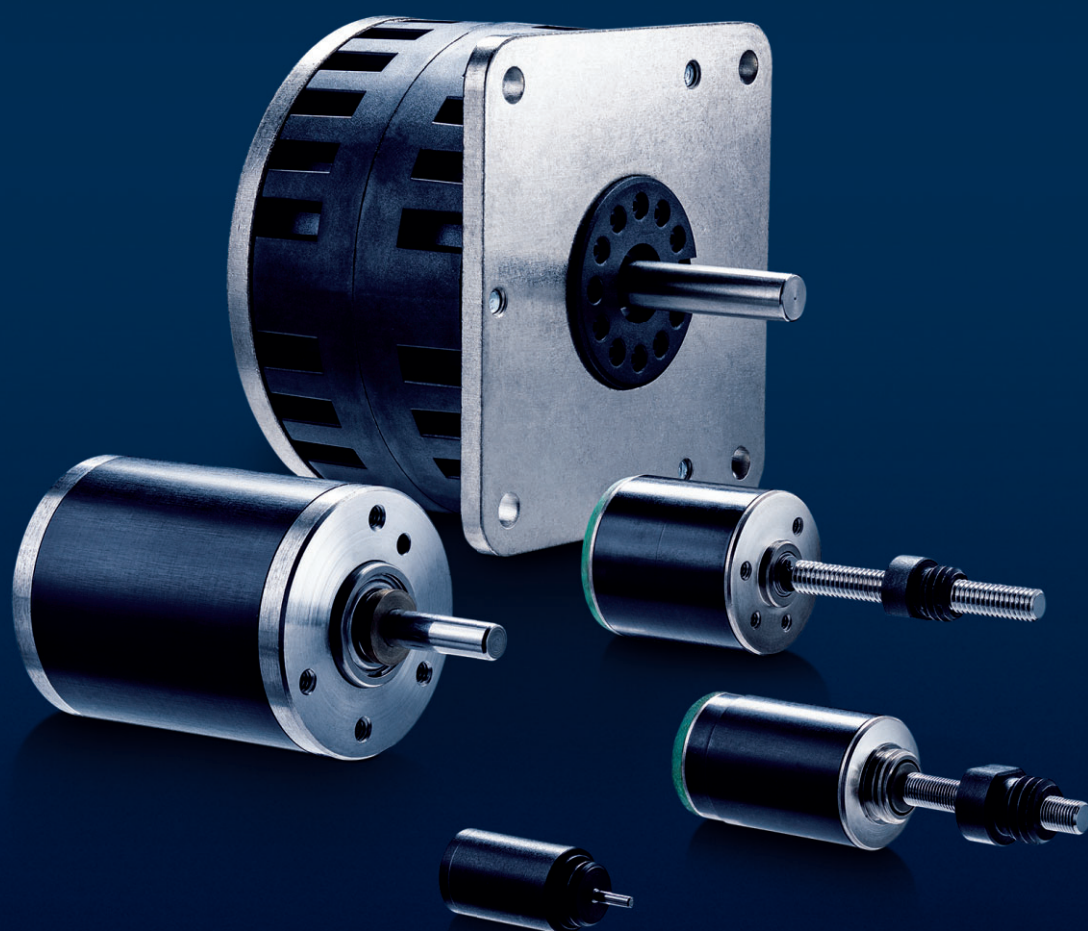
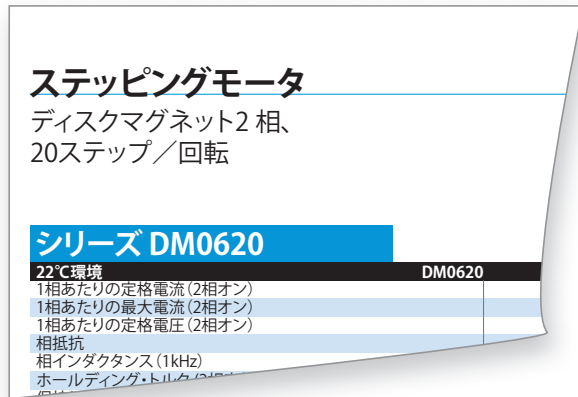


ステッピングモータ
技術情報



ステッピングモータ

技術情報



技術資料での注意点

- 1相あたりの定格電流 [A]**
周囲温度20°Cで、モータの熱限界を超過しない、モータ相に供給される電流。
- 1相あたりの最大電流 [A]**
モータの熱容量を超過することなくモータ1相に短時間でであれば供給できる最大電流。
- 1相あたりの定格電圧 [V]**
1相あたり、定格電流に到達するために必要な電圧。
- 相抵抗[Ω]**
1相あたりの巻き線抵抗。許容差+/-12% (安定状態)
- 相インダクタンス [mH]**
1kHzで測定された1相あたりのコイルインダクタンス。
- 保持トルク [mNm]**
定格電流でモータにより生成されるトルク。
- 最大電流での保持トルク [mNm]**
最大電流でモータが生成するトルク。モータの磁気回路は最大電流による影響は受けません。ただし、熱過負荷を防止するため、モータの最大電流は間欠的にのみ行うようにしてください。
- 定格残留トルク [mNm]**
モータに電流が供給されずにシャフトを回転させるためにシャフトに印加される定格トルク。残留トルクはバッテリー寿命を延ばす、もしくはモータの温度を抑えるために電流を流さずポジションを保持するのに役立ちます。
- 逆EMF強度 [V/k step/s]**
1000ステップ/sのとき計測された逆EMFの強度。
- 電氣的時定数 [ms]**
任意の動作点において、最大限可能な相電流の63%に至るまでの所要時間。

ローター慣性 [kgm²]

この値はロータ全体の慣性を表します。

ステップ角(フルステップ) [角度]

フルステップで回転した際の角度の大きさです。

ステップ角の精度 [フルステップの%]

無負荷と定格電流の状態、両相に同じ電流を流した場合の誤差の割合。この誤差は累積されません。

最大角加速度 [rad/s²]

最大電流モードで負荷がない場合に達することができる、モータの最大加速度。

$$\alpha_{max} = \frac{M_{boosted}}{J}$$

最大回転速度 [min⁻¹]

推奨される最大モータ速度。この速度を超えると、モータの完全性に影響する可能性があります。

共振周波数(無負荷時) [Hz]

無負荷時に各ステップにおいて共振が発生します。最善の結果を得るためにはモータがより高い周波数で動作させられるか、外部からパルスを入力してハーフステップ、マイクロステップさせることが必要です。

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{M}{J}}$$

熱抵抗 [K/W]

R_{th1} はコイルとハウジング間の値で、 R_{th2} はハウジングと周囲空気間の値です。 R_{th2} はヒートシンクまたは強制空冷を使用するなどして低減させる事が可能です。1つの値 R_{th} のみが提供される場合、これはコイルと空気との間の等価抵抗です。

熱的時定数 [s]

熱的時定数はハウジングに対してコイルの温度が最終定常値の63%に到達するまでの所要時間を規定します。

動作温度範囲 [°C]

コイルとマグネットにおける許容最大温度です。

巻線最大温度 [°C]

コイルとマグネットに許される最大温度。

軸受

自己潤滑するシンタースリーブベアリングもしくは予荷重されたボールベアリングが利用できます。

最大軸負荷 [N]

フロント出力軸の特定の軸径の最大荷重。ボールベアリング付モータの負荷および耐用期間は軸受メーカーの指定に基づきます。この値はリアエンドシャフトには適用されません。ボールベアリングの場合、ベアリングのプリロードを超えると、~200μmの反転可能なシャフト転移が発生する可能性があります。

ステッピングモータ

技術情報

軸の遊び(最大値) [mm]

シャフトとベアリングの間の遊び。

ハウジング材質

モータハウジングの材質です。

質量 [g]

モータのグラム単位質量。

マグネットの材質

標準モータに使用されるマグネットの材質。

ステッピングモータの選定方法

ステッピングモータを選ぶには負荷パラメータに基づいて計算されたトルクの回転数曲線を使う必要があります。

この曲線を使用しないと数値的な確認が取れなくなります。

モータを選ぶには次のパラメータが分かっている必要があります。

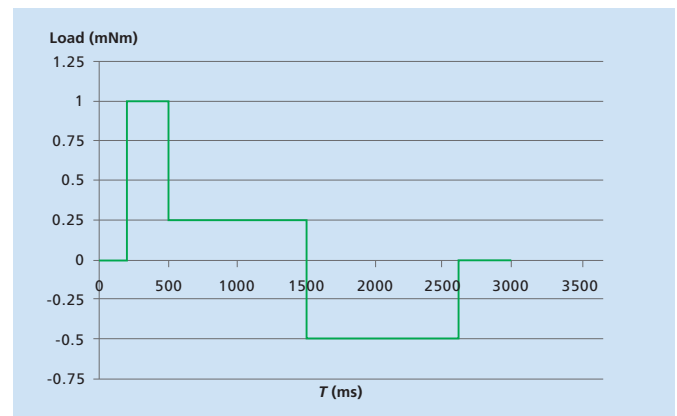
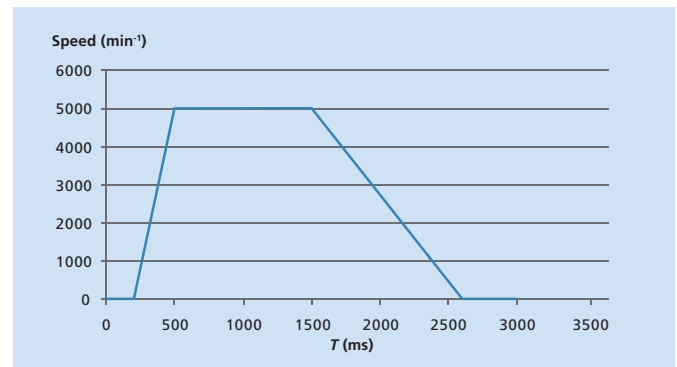
- 動作プロファイル
- 負荷摩擦と慣性
- 必要精度
- モータの外形
- 使用できる電源電圧

1. モータ軸における負荷パラメータの定義

ここでは任意の時間内に、ある角度を動かす運動プロファイルを定義し摩擦や負荷慣性などの適用負荷パラメータを使って1サイクルのモータトルクを計算することがねらいです。

以下の図で動作と負荷のプロファイル为例として示します。アプリケーションに適したモータサイズによってモータ慣性と負荷パラメータは再計算される必要があります。

この例では外形が最大15mmのモータが適切で、データはAM1524の慣性で計算されています。



ステッピングモータ

技術情報

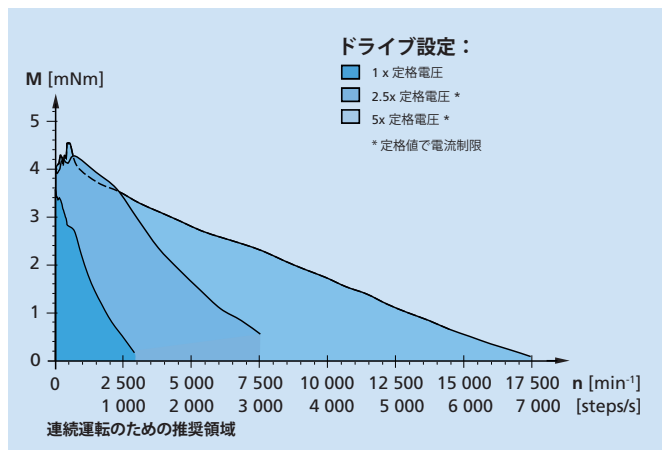
2. モータの運転検証

この用途の最高トルク/スピード点は加速終了時点で判明します。このとき最高スピード $n = 5000 \text{ min}^{-1}$ 、トルクは $M = 1 \text{ mNm}$ 。AM1524の曲線で見られるように、このパラメータを使用することでそのポイントをモータのトルク-速度曲線へと変換できます。

アプリケーション内部でモータが適切な役割を担うためには30%の設計余裕をみておくことを強く推奨します。この例はモータが要求されている使用条件を満たしているということを示しています。

高い電圧で使用する場合(普通定格電圧の2.5~5倍)はより高いトルクと回転数を得られます(トルク-速度曲線参照)。

解決方法が分からない場合には減速ギアを使用してモータの負荷パラメータを適用することができます。



3. 分解能の検証

このアプリケーションは角度 9° の分解能が必要です。

選択されたモータ AM1524 はフルステップで 15° なので、通常のフルステップモードには適していません。 7.5° のハーフステップもしくはマイクロステップであれば問題ありません。マイクロステップでは分解能を高くすることはできますが、分解能は無負荷時の誤差がモータの動作しているマイクロステップ数とは関係なく一定のため、精度は下がります。

その為、アプリケーションの要求とモータの分解能を適合させる為に最も一般的な解決方法はギアヘッドの使用と直線的動作をさせるリードスクリューを用いる事です。

4. 低速動作

全てのステッピングモータは共振現象を伴います。これらは通常100Hz以下です。ステッピングモータがこの周波数で動いている時、制御ができなくなったり、回転数や回転方向が乱れたりしてトルクが減少します。このように、もしアプリケーションが低い回転数もしくは共振周波数と同じ周波数を要求する場合には非常に細かなマイクロステップモードで動作することが推奨され、より良い結果を得られるでしょう。これで共振周波数による影響を大きく軽減できスムーズなスピードコントロールができるでしょう。

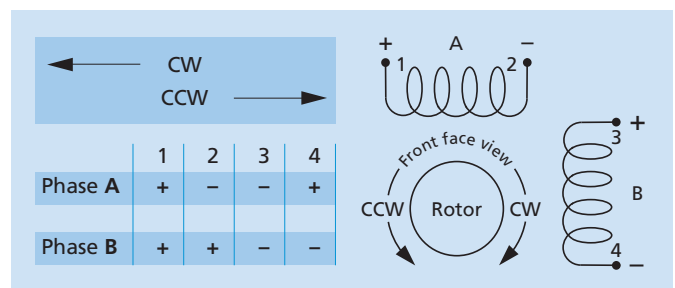
5. アプリケーションでの検証

いかなるレイアウトも最終製品は実際の設置環境で確認されなければなりません。

すべての負荷パラメータがこのテストを考慮されている事を確認して下さい。

回転方向

コミュテーションシーケンス1.A+B+ 2.A-B+ 3.A-B- 4.A+B-を使用すると、モータはすべてCCW方向に回転します。ただしAM1524だけは例外で、このコミュテーションシーケンスを使用するとCW方向に回転します。



ステッピングモータ

技術情報

一般的なアプリケーションの特色

ステッピングモータは原則的に3つのモードを動作させます。フルステップ(1相もしくは2相がオン)、ハーフステップ、マイクロステップです。

ホールディングトルクはいずれのモードでも消費電力(I^2R)とほぼ同じになります。この理論は2相で機械的、電氣的角度の等しい2極モータによく見受けられます。

- フルステップモード(1相オン)では相は以下のように連続に励起されます: 1. A+ 2. B+ 3. A- 4. B-。
- ハーフステップモードは1相オン、2相オンが交互になり、結果として電氣的に1サイクル当たり8ステップになります: 1. A+ 2. A+B+ 3. B+ 4. A-B+ 5. A- 6. A-B- 7. B- 8. A+B-。
- もし、全てのハーフステップが同じホールディングトルクをもつと、1相毎の電流は1相が励起されるごとに $\sqrt{2}$ 倍になります

マイクロステップによる2つの大きな利点は低ノイズ、高分解能が挙げられます。これらはいずれもコントローラの性能により制限され、フルステップに対するマイクロステップの数によって影響を受けます。

前述の通り、電氣的周期またはフィールドベクトル(4フルステッ

プ)は、フルステップに対するマイクロステップの数に比例して大きな個別電流値を出せるドライバを必要とします。

例えば、8マイクロステップはA相が 0° から 90° のコサイン関数の変化に従って電流も0に向かう為、8つの異なる値が必要となります。一方でB相では電流が0からサイン関数に従って増加していきます。

これらの値はチョップドライバをコントロールするプログラムによって蓄積されたり呼び出されたりします。モータの狙った位置はA相とB相の合計トルクのベクトルによって決められます。

$$M_A = k \cdot I_A = k \cdot I_0 \cdot \cos \varphi$$

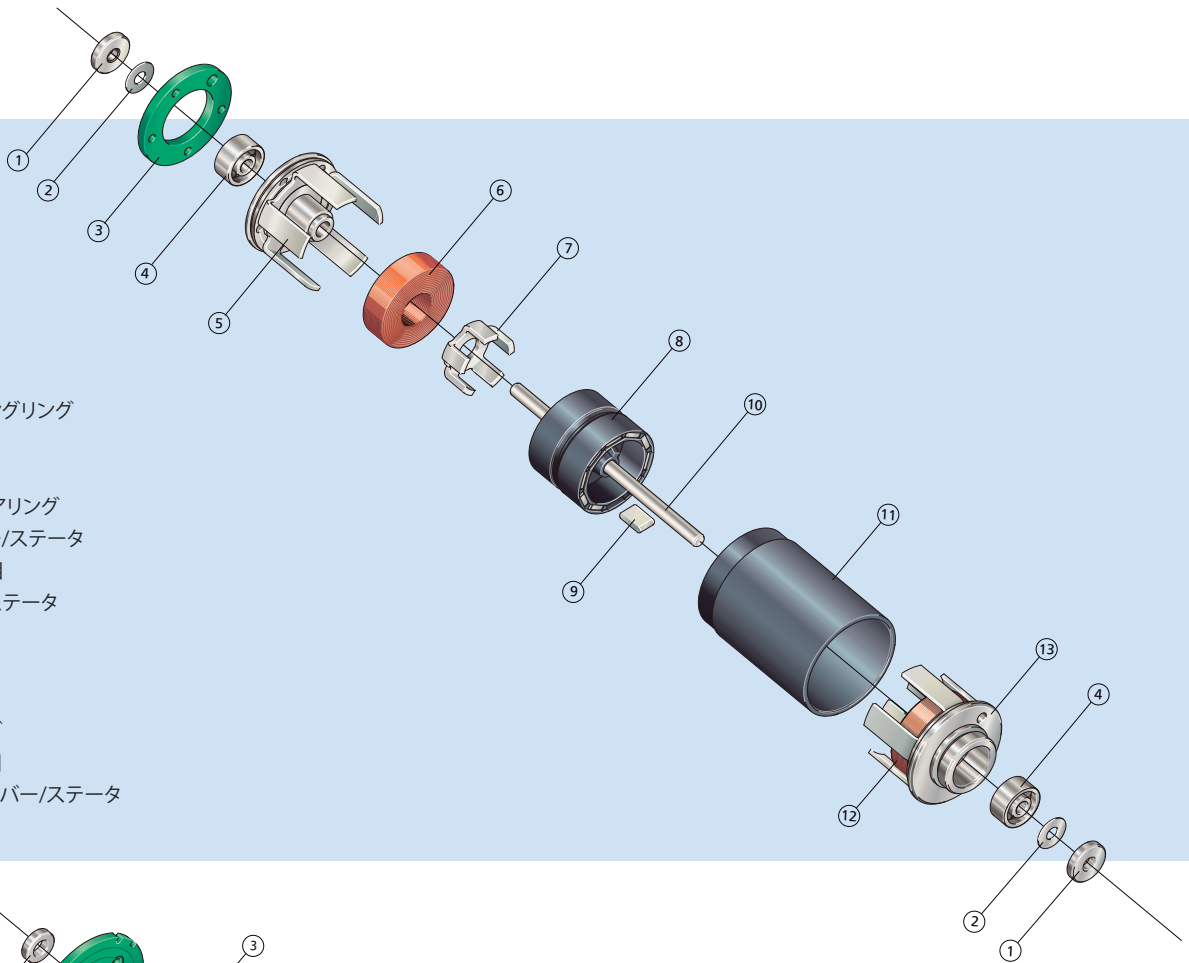
$$M_B = k \cdot I_B = k \cdot I_0 \cdot \sin \varphi$$

M はモータトルク、 k はトルク定数、 I_0 は定格の相電流を表します。

無負荷時のモータのポジション誤差はフル、ハーフ、マイクロステップとも同じで、相の電流値の精度同様、残留トルクによるモータトルク曲線の歪み若しくは構造的な問題(実際のロータの位置)に影響を受けます。

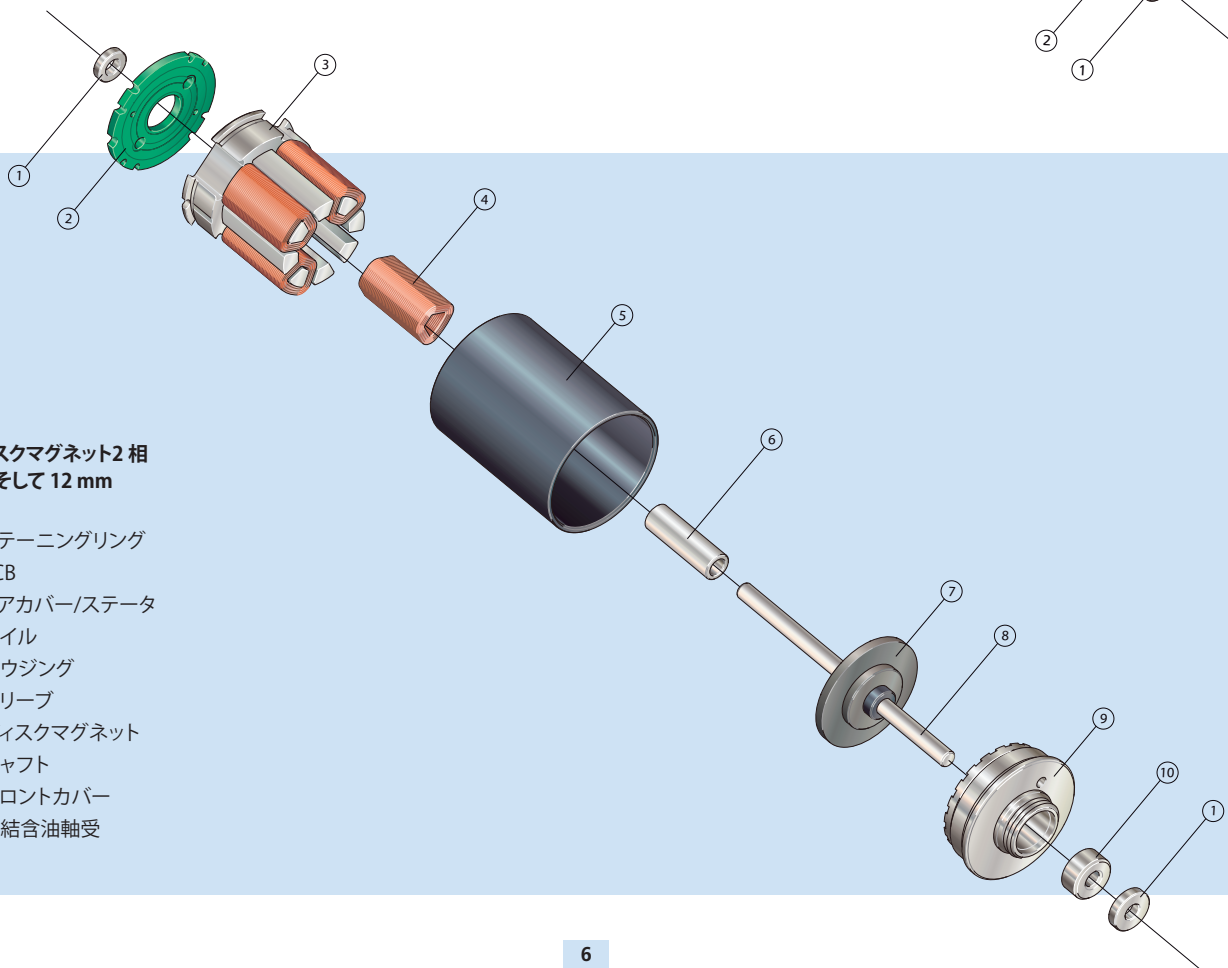
ステッピングモータ

基本構造



2相

- ① リテーニングリング
- ② ワッシャー
- ③ PCB
- ④ ボールベアリング
- ⑤ リアカバー/ステータ
- ⑥ コイルA相
- ⑦ インナーステータ
- ⑧ ローター
- ⑨ マグネット
- ⑩ シャフト
- ⑪ ハウジング
- ⑫ コイルB相
- ⑬ フロントカバー/ステータ

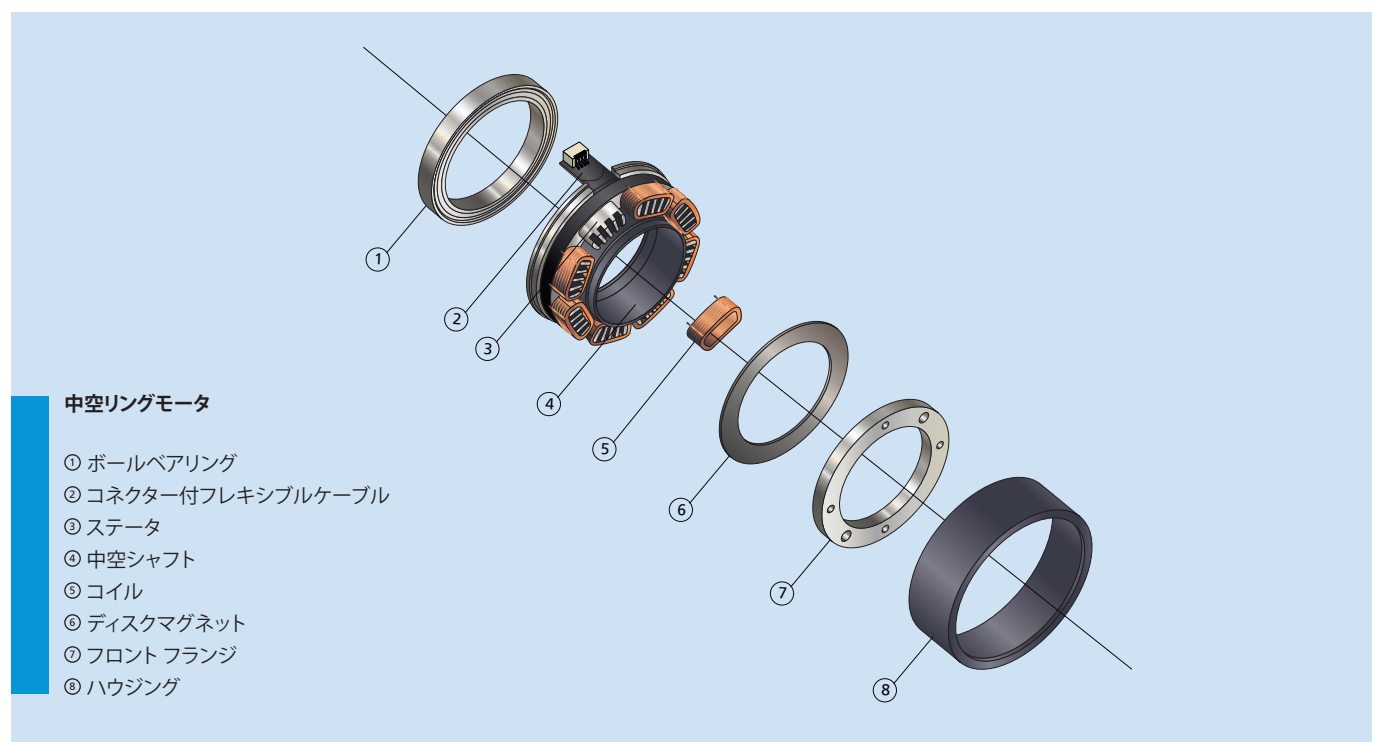
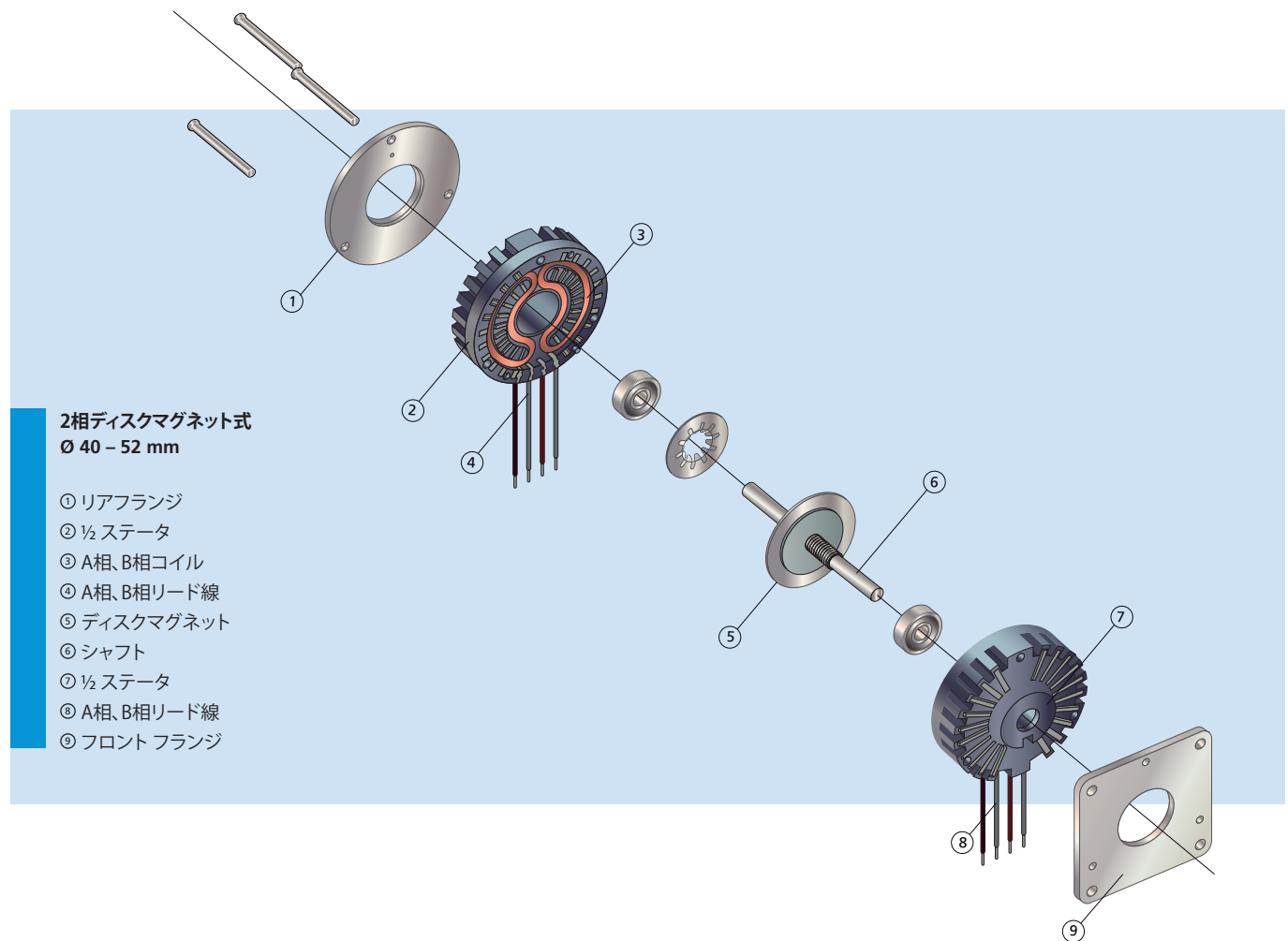


ディスクマグネット2相 Ø6そして12mm

- ① リテーニングリング
- ② PCB
- ③ リアカバー/ステータ
- ④ コイル
- ⑤ ハウジング
- ⑥ スリーブ
- ⑦ ディスクマグネット
- ⑧ シャフト
- ⑨ フロントカバー
- ⑩ 焼結含油軸受

ステッピングモータ

基本構造



ステッピングモータ - 2相 永久磁石技術

FAULHABER ステッピングモータは、永久磁石を搭載した 2 相多極モータです。レアース磁石の使用により、非常に高い容量に対する出力比が実現されています。非常に低い慣性のロータ設計により、非常に高速な加速または回転方向の転換を必要とするアプリケーションに最適です。所定の速度で最初のステップから駆動できるため、加速ランプに必要な時間をさらに削減できます。長さが短く軽量であるので、集積度が高いシステムでも使用できます。

堅牢な設計のおかげで、最も過酷な環境での利用にも選択できます。フルステップ、ハーフステップ、マイクロステップの電気回路を適用することで、高精度でオープンループの速度および位置制御を行うことができます。

FAULHABER ステッピングモータは、リードスクリューまたはギアヘッドと組み合わせることで、現在市場では他に類を見ない動作点に到達することができます。



DM 0620 2R 0080 11

WE CREATE MOTION

製品シリーズ

DM0620	AM2224R3
AM0820	DM40100R
AM1020	DM52100S
DM1220	DM52100R
AM1524	DM52100N
AM2224	DM66200H

特長

外径	6 ... 66 mm
モータ長	9.5 ... 32.6 mm
1回転の ステップ数	20 / 24 / 100 / 200
保持トルク (最大)	0.25 (0.39) ... 307 (581) mNm

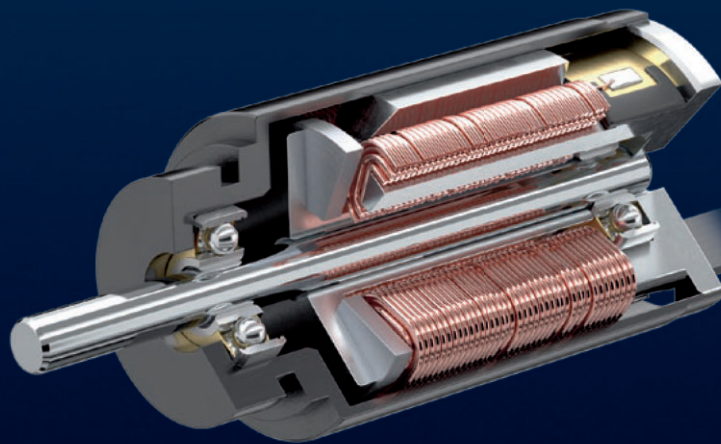
製品コード番号

DM	モータ設計
06	モータ径 [mm]
20	1回転あたりのパルス数
—	バージョン (該当する場合)
2R	軸受け
0080	コイル
11	モータバージョン






FAULHABER ステッピングモータ

本シリーズの特長

- エンコーダなしで効果的な位置決めが可能
- 高出力
- 非常に高い加速
- 超高速の向き変更機能
- 長寿命
- 広い動作温度範囲
- 電流モードドライバの使用で最高速度16,000min⁻¹
- フルステップ、ハーフステップ、マイクロステップで駆動が可能
- 極小慣性ロータ



More information

-  [faulhaber.com](https://www.faulhaber.com)
-  [faulhaber.com/facebook](https://www.faulhaber.com/facebook)
-  [faulhaber.com/youtubeEN](https://www.faulhaber.com/youtubeEN)
-  [faulhaber.com/linkedin](https://www.faulhaber.com/linkedin)
-  [faulhaber.com/instagram](https://www.faulhaber.com/instagram)

As at:
17th edition, 2022

Copyright
by Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG
Daimlerstr. 23 / 25 · 71101 Schönaich

All rights reserved, including translation rights. No part of this description may be duplicated, reproduced, stored in an information system or processed or transferred in any other form without prior express written permission of Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG.

This document has been prepared with care. Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG cannot accept any liability for any errors in this document or for the consequences of such errors. Equally, no liability can be accepted for direct or consequential damages resulting from improper use of the products.

Subject to modifications.

The respective current version of this document is available on FAULHABER's website: www.faulhaber.com