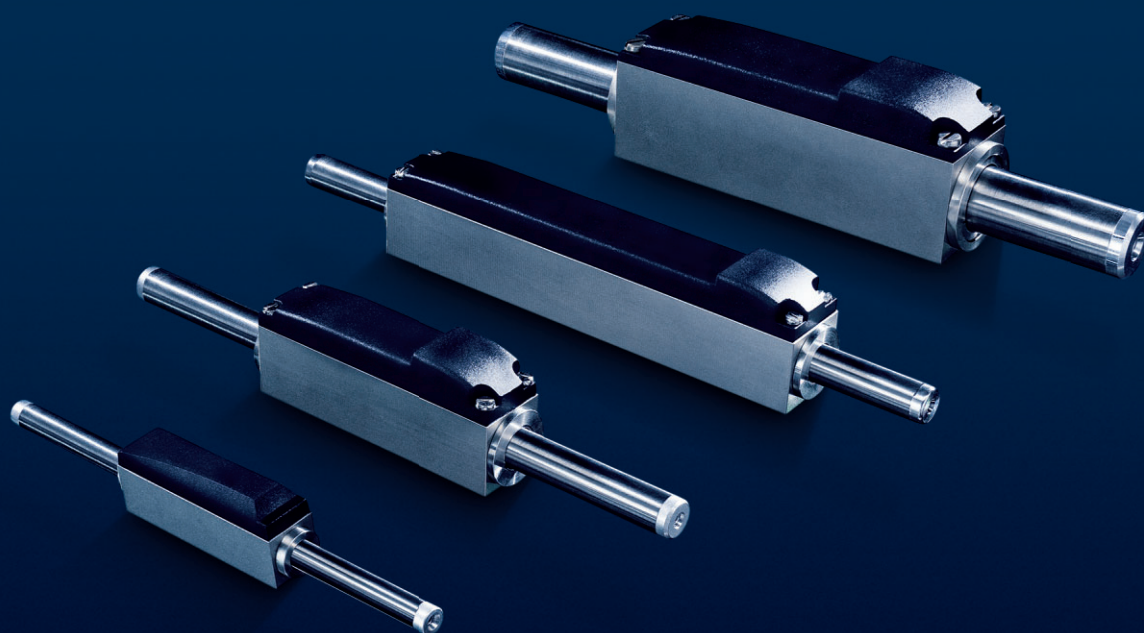
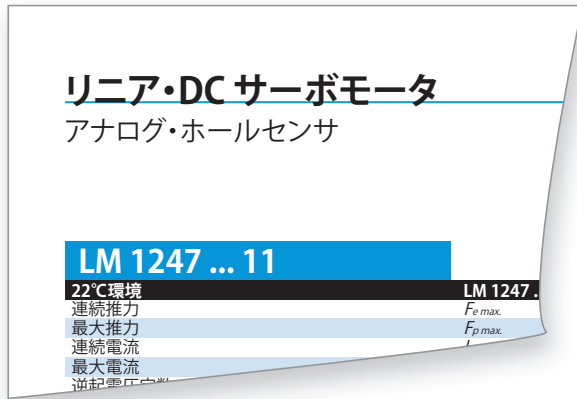


リニア DC サーボモータ 技術情報



リニアDCサーボモータ

技術情報



技術資料での注意点

全て22°Cにおける値です。

連続推力 $F_{e \max}$ [N]

連続運転時の、熱抵抗 R_{th2} を 55% 低減した状態での、限界温度におけるモータの最大推力です。

$$F_{e \max} = k_F \cdot I_{e \max}$$

最大推力 $F_{p \max}$ [N]

断続運転時(最大1秒、デューティ比10%)の、熱抵抗 R_{th2} を 55% 低減した状態での、限界温度におけるモータの最大推力です。

$$F_{p \max} = k_F \cdot I_{p \max}$$

連続電流 $I_{e \max}$ [A]

連続運転時の、熱抵抗 R_{th2} を 55% 低減した状態での、限界温度におけるモータの最大消費電流です。

$$I_{e \max} = \sqrt{\frac{T_{125} - T_{22}}{R \cdot (1 + \alpha_{22} \cdot (T_{125} - T_{22})) \cdot (R_{th1} + 0,45 \cdot R_{th2})}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

最大電流 $I_{p \max}$ [A]

断続運転時(最大1秒、デューティ比10%)の、熱抵抗 R_{th2} を 55% 低減した状態での、限界温度におけるモータの最大消費電流です。

逆起電力定数 k_E [V/m/s]

モータ位相間の誘導電圧とリニアの運動速度との関係を表す定数です。

$$k_E = \frac{2 \cdot k_F}{\sqrt{6}}$$

力定数 k_F [N/A]

モータ推力と正弦波転流を伴うモーターライン電流の関係を表す定数です。

端子間抵抗、位相間 R [Ω] $\pm 12\%$

モータの2つの位相間で測定される抵抗です。この値はコイル温度(温度係数: $\alpha_{22} = 0,0038 \text{ K}^{-1}$)の影響を直接受けます。

端子間インダクタンス、位相間 L [μH]

1 kHz 時に2つの位相間で測定されたインダクタンスです。

ストローク長さ s_{\max} [mm]

データシートのパラメータはロッドの動きがストローク長の s_{\max} の範囲内にある場合のみ有効です。ロッドとステータの軸中心を整合すると、許容される移動長さは全体のストローク長さの半分になります。

再現性 σ_r [μm]

同一条件下で同じ動作を複数回繰り返したときの一般的な測定差です。測定は FDS MC (-01, 11 バージョン) およびサードパーティー製のサイン/コサインモーション・コントローラ (-02, 12 バージョン) で行なわれます。

精度 σ_a [μm]

一般的な配置エラー。この値は設定位置とシステムの実際の測定位置の違いに対応します。測定は FDS MC (-01, 11 バージョン) およびサードパーティー製のサイン/コサインモーション・コントローラ (-02, 12 バージョン) で行なわれます。

加速度 $a_{e \max}$ [m/s^2]

連続運転時の静止状態からの無負荷での加速度の理論上の最大値です。

$$a_{e \max} = \frac{F_{e \max}}{m_m}$$

速度 $v_{e \max}$ [m/s]

三角速度プロファイルと最大ストローク長から得られる、静止状態からの理論上の最大無負荷速度です。

$$v_{e \max} = \sqrt{a_{e \max} \cdot s_{\max}}$$

熱抵抗 R_{th1} ; R_{th2} [K/W]

R_{th1} は、コイルとハウジングとの間の値です

R_{th2} はハウジングと周囲空気との間の値です 表の値は、モータが完全に空気中にある状態で測定されたものです。

R_{th2} は、ヒートシンク、または強制空冷により減少することが出来ません。

熱時定数 τ_{w1}/τ_{w2} [s]

それぞれのコイルとハウジングの熱時定数。

動作温度範囲 [$^{\circ}\text{C}$]

モータの許容動作温度の最小値と最大値。

ロッド重量 m_m [g]

一般的なロッド(磁石付きシリンダ)通常の質量。

総重量 m_t [g]

リニアDC サーボモータの一般的な総重量です。

リニアDCサーボモータ

技術情報

磁石ピッチ τ_m [mm]
2つの同一極間の距離です。

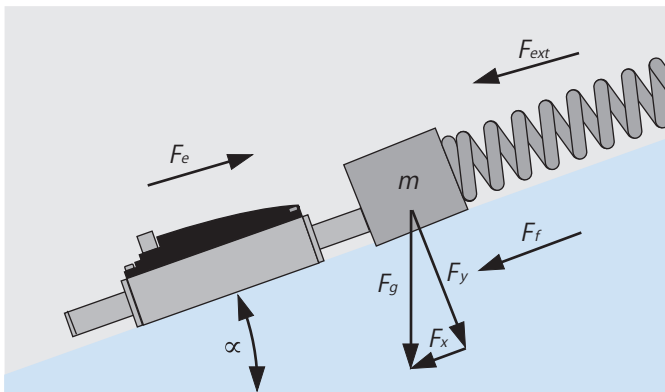
ロッドベアリング
ベアリングの材質です。

ハウジング材質
モータハウジングの材質です。

動作方向
動作方向は電子制御によって決まり、反転可能です。

力の計算

傾斜面上で物体を移動させるためには加速する力と抵抗を超える力が必要です。



上図で示された力の合計は次の式と等しくなくてはなりません。

$$\sum F = m \cdot a \quad [\text{N}]$$

この式にさまざまな力を代入すると次のようになります。

$$F_e - F_{ext} - F_f - F_x = m \cdot a \quad [\text{N}]$$

例:

F_e :	モータの連続推力	[N]
F_{ext} :	外部力	[N]
F_f :	摩擦力 $F_f = m \cdot g \cdot \mu \cdot \cos(\alpha)$	[N]
F_x :	平行力 $F_x = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$	[N]
m :	総質量 (ロッドを含む)	[kg]
g :	重力加速度	[m/s ²]
a :	加速度	[m/s ²]

スピード・プロファイル

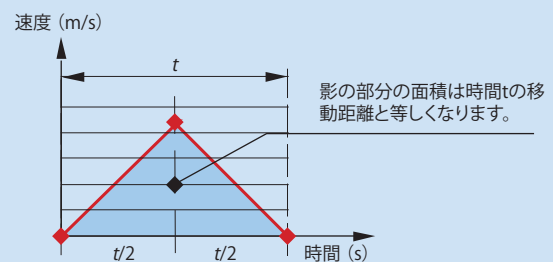
ポイント A から B への負荷移動は、常に運動学の法則に従います。

等速直線運動と等加速度運動の方程式により、さまざまな空間に対するスピード・プロファイルを定義することができます。

モータ出力の連続運転時の推力を計算する前に、さまざまな負荷移動を表すスピード・プロファイルを定義する必要があります。

三角スピード・プロファイル

三角スピード・プロファイルは加速時間と減速時間のみで表されます。



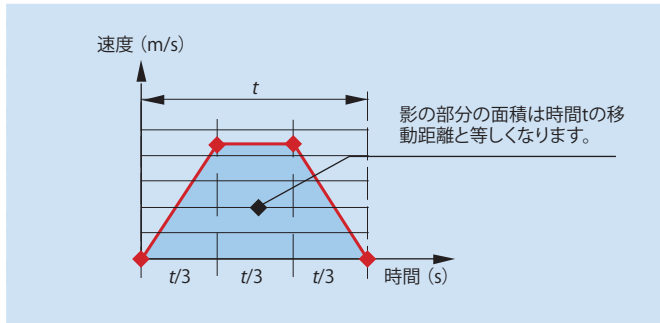
移動距離: $s = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t = \frac{1}{4} \cdot a \cdot t^2 = \frac{v^2}{a} \quad [\text{m}]$

速度: $v = 2 \cdot \frac{s}{t} = \frac{a \cdot t}{2} = \sqrt{a \cdot s} \quad [\text{m/s}]$

加速度: $a = 4 \cdot \frac{s}{t^2} = 2 \cdot \frac{v}{t} = \frac{v^2}{s} \quad [\text{m/s}^2]$

台形のスピード・プロファイル

加速一定速減速という台形スピード・プロファイルは計算が容易で、典型的な実用例を表します。



移動距離: $s = \frac{2}{3} \cdot v \cdot t = \frac{1}{4,5} \cdot a \cdot t^2 = 2 \cdot \frac{v^2}{a}$ [m]

速度: $v = 1,5 \cdot \frac{s}{t} = \frac{a \cdot t}{3} = \sqrt{\frac{a \cdot s}{2}}$ [m/s]

加速度: $a = 4,5 \cdot \frac{s}{t^2} = 3 \cdot \frac{v}{t} = 2 \cdot \frac{v^2}{s}$ [m/s²]

リニア DC サーボモータを選択する方法

この節ではリニア DC サーボモータの選定手順を順を追って解説します。

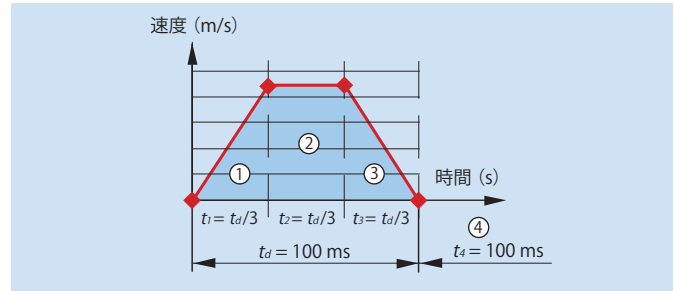
スピード・プロファイルの定義

まず、負荷移動のスピード・プロファイルを定義する必要があります。

移動特性について最初に考えなければなりません。最大速度はいくらですか? 物体の加速度はどれくらいですか? 物体に必要な移動距離はいくらですか? 静止時間はどれくらいですか?

移動パラメータが明確に定義されていない場合は、三角形または台形スピード・プロファイルを使用することを推奨します。

台形のスピード・プロファイルを使用して、合計 500 g の質量を上り角度 20° の傾斜面上で 100ms で 20 mm 移動させる必要があると仮定しましょう。



	単位	①	②	③	④
s (移動距離)	m	0.005	0.01	0.005	0
v (速度)	m/s	0 ... 0,3	0,3	0,3 ... 0	0
a (加速度)	m/s ²	9.0	0	-9.0	0
t (時間)	s	0.033	0.033	0.033	0.100

計算例

部の速度と加速度 ①

$$v_{max} = 1,5 \cdot \frac{s}{t} = 1,5 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3}} = 0,3 \text{ m/s}$$

$$a = 4,5 \cdot \frac{s}{t^2} = 4,5 \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3}}{(100 \cdot 10^{-3})^2} = 9 \text{ m/s}^2$$

力の定義

合計質量 500g、摩擦係数 0,2 の場合、次のような結果となります。

力	単位	シンボル	前方				後方			
			①	②	③	④	①	②	③	④
摩擦	N	F_f	0.94	0.94	0.94	-0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
平行力	N	F_x	1.71	1.71	1.71	1.71	-1.71	-1.71	-1.71	-1.71
加速	N	F_a	4.5	0	-4.5	0	4.5	0	-4.5	0
合計	N	F_t	7.15	2.65	-1.85	0.77	3.73	-0.77	-5.27	-0.77

計算例

部分での摩擦力と加速力 ①

$$F_f = m \cdot g \cdot \mu \cdot \cos(\alpha) = 0,5 \cdot 10 \cdot 0,2 \cdot \cos(20^\circ) = 0,94 \text{ N}$$

$$F_a = m \cdot a = 0,5 \cdot 9 = 4,5 \text{ N}$$

モータの選択

プロファイル上の3部分の値が求められたので、必要な最大推力と連続推力を各部分の時間関数で計算することができます。

最大推力は、動作サイクル中に得られる最大値です。

$$F_p = \max(|7,15|, |2,65|, |-1,85|, |0,77|, |3,73|, |-0,77|, |-5,27|, |-0,77|) = 7,15 \text{ N}$$

リニアDCサーボモータ

技術情報

連続推力は次の式で表されます。

$$F_e = \sqrt{\frac{\sum (t \cdot F_t^2)}{2 \cdot \sum t}} = \dots$$

$$F_e = \sqrt{\frac{0,033 \cdot 7,15^2 + 0,033 \cdot 2,65^2 + 0,033 \cdot (-1,85)^2 + 0,1 \cdot 0,77^2 + 0,033 \cdot 3,73^2 + 0,033 \cdot (-0,77)^2 + 0,033 \cdot (-5,27)^2 + 0,1 \cdot (-0,77)^2}{2 \cdot (0,033 + 0,033 + 0,033 + 0,1)}} = 2,98 \text{ N}$$

これら 2 つの値により、アプリケーションに適したモータを選定することが可能になりました。

リニア DC サーボモータ **LM 1247-020-11**

$F_{max} = 20 \text{ mm}$; $F_{e \text{ max}} = 3.6 \text{ N}$; $F_{p \text{ max}} = 10.7 \text{ N}$

コイル巻線温度の計算

コイルの巻線温度を求めるためには、連続モータ電流を計算する必要があります。この例では力定数 k_f が 6.43 N/A であると仮定して、次の結果が得られます。

$$I_e = \frac{F_e}{k_f} = \frac{2,98}{6,43} = 0,46 \text{ A}$$

電気抵抗 13.17Ω の場合、全熱抵抗 $23.2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ ($R_{th1} + R_{th2}$) で、熱抵抗 R_{th2} を 55% 低減すると ($0.45 \cdot R_{th2}$)、コイル温度は次のようになります。

$$T_c(I) = \frac{R \cdot (R_{th1} + 0,45 \cdot R_{th2}) \cdot (I_e \cdot \frac{\sqrt{3}}{2})^2 \cdot (1 - \alpha_{22} \cdot T_{22}) + T_{22}}{1 - \alpha_{22} \cdot R \cdot (R_{th1} + 0,45 \cdot R_{th2}) \cdot (I_e \cdot \frac{\sqrt{3}}{2})^2} = \dots$$

$$T_c(I) = \frac{13,17 \cdot (3,2 + 0,45 \cdot 20,0) \cdot (0,46 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2})^2 \cdot (1 - 0,0038 \cdot 22) + 22}{1 - 0,0038 \cdot 13,17 \cdot (3,2 + 0,45 \cdot 20,0) \cdot (0,46 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2})^2} = 85,26 \text{ }^\circ\text{C}$$

リニアDCサーボモータ

技術情報

モータの特性曲線

モーションプロファイル:

台形 (t1 = t2 = t3)、前後移動

次のパラメータ値を持つリニア DC サーボモータのモータ特性曲線は下図のようになります:

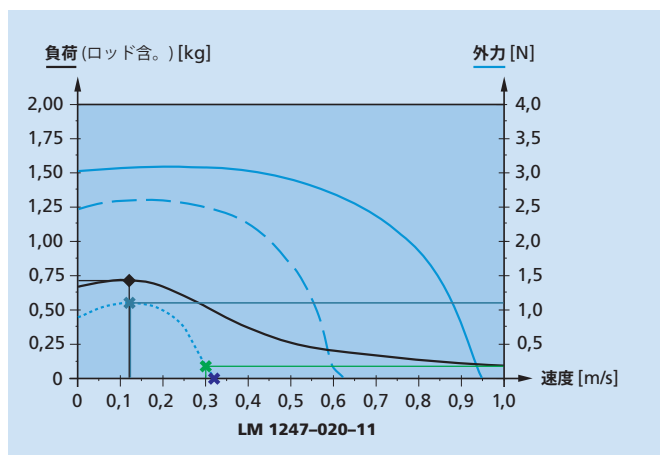
変位距離: 20 mm

摩擦係数: 0.2

傾斜角: 20°

静止時間: 0.1 s

モータ特性曲線は、運動パラメータ(速度プロファイル、変位距離、摩擦係数、傾斜角、静止時間)に依存します。結果としてそれらの入力データの1つ以上を変更することにより、それに応じてモータ特性曲線は変化します。上述の図とデータシートLM 1247-020-11で報告されている図を比較すると、同じリニアモータでも傾斜角を変更すると、異なる曲線が得られることがすぐにわかりますこの例では傾斜角20°であり、データシートでは0°です。



負荷曲線

外力が0Nの時、所定の速度に対する最大負荷(ロッドを含む)を示しています。

このグラフでは速度0.125m/sの時、最大負荷(ロッドを含む)は0.72kg(◆)までであることを示しています。

外力曲線

負荷をかけた状態で、所定の速度毎に掛けられる最大外力を示しています。

- 0.1kg (solid blue line)
 - 0.2kg (dashed blue line)
 - 0.5kg (dotted blue line)

0.5kgの曲線と考えた場合、このグラフは外力が無い状態であれば、負荷0.5kgで最大速度は0.32m/s(×)に達することを示しています。

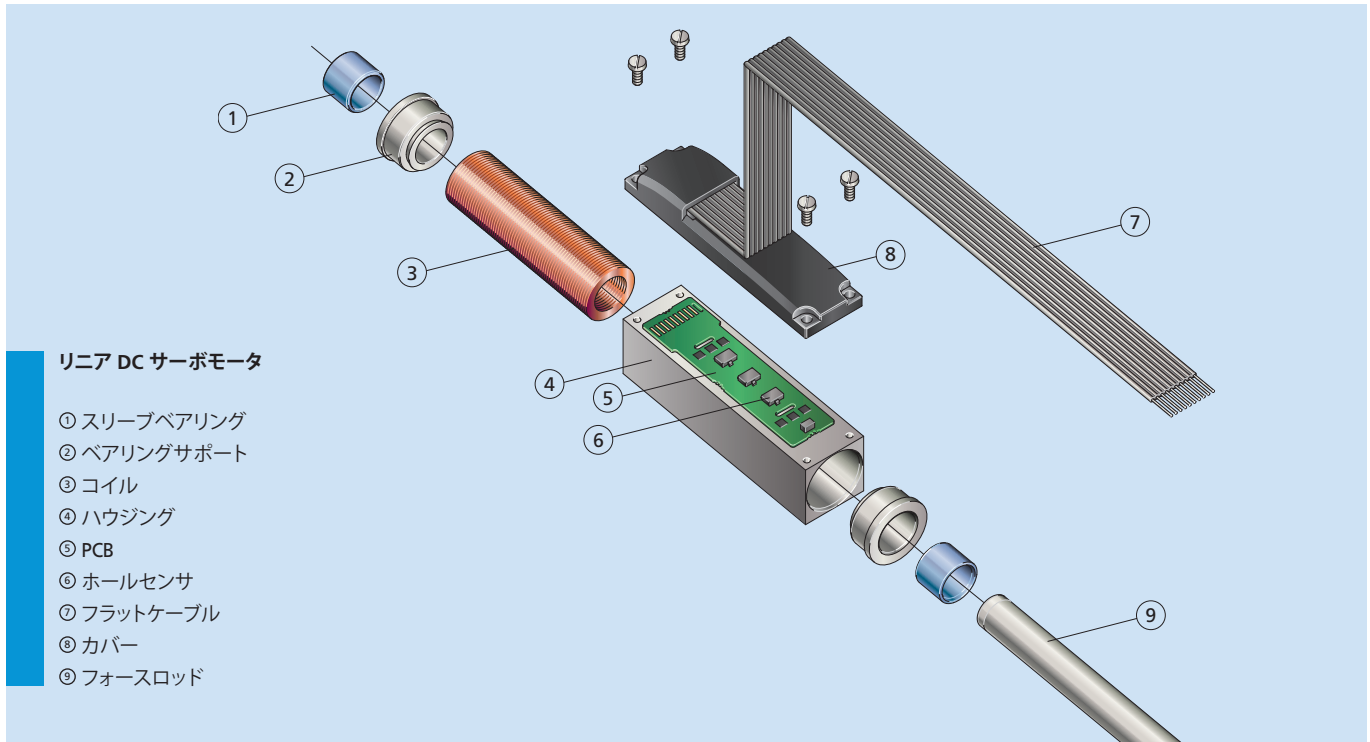
速度

0.3m/sの時に掛けられる外力の最大値は0.17N(✖)となります。

最大外力(✖)と速度

最大外力(✖)は、速度0.125m/sの時に達し、その時の掛けられる外力の最大値は1.1Nになります。

リニアDCサーボモータ



特長

ファウルハーバーテクノロジーは、空圧システムの速度と耐久性を、電気機械式リニア・モータの柔軟性および信頼性と融合させています。三相自立型コイルと非磁性鋼ハウジングという画期的な設計により、卓越した性能を備えています。

残留静止摩擦力がなく直線推力と電流の関係が最適化されているため、マイクロ単位の位置決めに理想的なモータとなっています。リニア DC サーボモータの位置制御は内蔵ホール・センサで行うことができます。

リニア DC サーボモータの寿命性能は主にスリーブ・ベアリングの摩耗度で違ってきます。この摩耗は、動作速度とシリンダ・ロッドの使用負荷によって変化します。

利点

- 高出力
- 体積に対して優れた推力をもつ
- 残力なし
- 非磁性鋼ハウジング
- 小型かつ堅牢な構造
- 潤滑不要
- 容易な設置、設定






製品コード番号



LM	リニアモータ
12	モータの幅 [mm]
47	モータの長さ [mm]
020	ストローク長さ [mm]
11	センサタイプ:リニア

LM1247-020-11

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