

Übungen mit dem maxon Selection Program

<http://www.maxonmotor.ch/maxon/view/msp>

Zweck und Ziele

Die Teilnehmer ...

- lernen, wie man die das maxon Selection Program bedient.
- wählen Motor-Getriebe-Kombinationen für Dauerbetrieb und intermittierenden Betrieb.
- wählen eine komplette Antriebslösung für eine Positionieranwendung.

Teil 1: SUCHE – Einfache Spezifikation mit wenigen Parametern

Die einfache SUCHE-Funktion bietet einen schnellen Weg um Motor-Getriebe-Kombinationen für einen festen Arbeitspunkt zu finden. Man braucht nur eine Drehzahl, ein Drehmoment und eine Versorgungsspannung zu spezifizieren. Optional kann man den Durchmesser einschränken oder einen zusätzlichen Istwertgeber (Encoder oder Tacho) auswählen.

Übung 1: Auswahl für Dauerbetrieb

Ziele: Lernen wie das MSP funktioniert.

- einfachen SUCHE-Funktion benutzen.
- Lösungen in der Resultatliste auswählen.
- Details einer spezifischen Lösung anschauen.

Gerät zum Scannen



Für einen medizinischen Scanner wird eine Motor-Getriebe-Kombination benötigt, die typisch bei 200 min^{-1} und einem Drehmoment von 150 mNm läuft. Die maximale Spannung des Netzgeräts ist 18 VDC .

Der Durchmesser ist auf 24 mm eingeschränkt und für die Drehzahlregelung braucht der Motor einen Encoder.

-
1. Wählen sie den Reiter SUCHE.

Geben Sie die Parameter gemäss den Anforderungen der Anwendung ein. Da ein Encoder benötigt wird, vergessen sie nicht *mit Sensor* anzuwählen.

SUCHE		ERWEITERTE SUCHE	
Einfache Spezifikation der Anforderungen mit wenigen Parametern.			Details verbergen 
Versorgungsspannung	18	V	Suche Lösungen: <input checked="" type="radio"/> mit Sensor <input type="radio"/> ohne Sensor
Max. Lastdrehzahl	200	min-1	
rms Lastmoment	0,15	Nm	
Max. Durchmesser	24	mm	

Hinweis: Die Parametereingabe funktioniert als Einheitenrechner. Die Parameterwerte werden umgerechnet, wenn die Einheit geändert wird. Um einen bestimmten Wert einzugeben ist es sinnvoll zuerst die Einheit zu wählen.

2. Resultatliste.

Klicken sie auf *Ergebnisse anzeigen* unten rechts.

Sie erhalten eine Liste mit 10 Vorschlägen, die kurz mit den Komponenten beschrieben sind: Motortyp, Getriebetyp und Sensortyp.

Standardmässig ist die Liste nach dem *Technischen Optimum* sortiert, d.h. Lösungen werden bevorzugt, welche die vorhandene Spannung und das erzeugte Drehmoment gut ausnützen (aber immer mit einer gewissen Reserve) sowie Encoder mit 500 Impulsen pro Umdrehung. Es ist instruktiv auch andere Priorisierungen anzuwenden, wie den kleinsten Durchmesser, kürzeste Länge oder tiefster Preis. Mit diesen anderen Filtern kann man das Lösungsspektrum weiter erforschen. Es werden immer die 10 besten Lösungen gezeigt.

// Ergebnisse Technisches Optimum						
Produkte	Technische Daten				Preis	
	∅ [mm]	Länge [mm]	Last [%]	Strom [A]		
 Motor EC-max 16 Getriebe GP 16 C, 29:1 Encoder MR, 512 imp, LD, 3K	16	56,5	81	0,51	CHF 440,50	Details
 Konfigurierbar Motor DCX 22 GB Getriebe GPX 22, 16:1 Encoder ENC 30 HEDL, 500 imp, LD, 3K	22	65,8	82	0,47	CHF 344,60	Details
 Konfigurierbar Motor DCX 22 GB Getriebe GPX 22, 16:1 Encoder ENC 30 HEDL, 500 imp, LD, 3K	22	59,3	82	0,47	CHF 344,60	Details
 Motor EC-max 22 Getriebe GP 22 C, 24:1	22	64,3	82	0,78	CHF 370,60	Details

3. Ähnliche Lösungen.

Oft gibt es Lösungen, die sich nur geringfügig unterscheiden (z.B. mit demselben Motortyp und Getriebetyp). In diesen Fällen zeigt das MSP nur die beste Lösung. Die Alternativen kann man über das Dreieckssymbol/Pfeil links erschliessen. Typischerweise enthalten die *Ähnlichen Lösungen* Einheiten mit anderer Motorwicklung, Getriebeuntersetzungen, unterschiedlicher Stromaufnahme oder Encoder-Impulszahl.

// Ergebnisse Technisches Optimum							
Produkte	Technische Daten				Preis		
	∅ [mm]	Länge [mm]	Last [%]	Strom [A]			
 Motor EC-max 16 Getriebe GP 16 C, 29:1 Encoder MR, 512 imp, LD, 3K	16	56,5	81	0,51	CHF 440,50	Details	
Ähnliche Lösungen Details verbergen 							
Motor EC-max 16 Getriebe GP 16 C, 29:1 Encoder MR, 512 imp, LD, 2K	16	56,5	81	0,51	CHF 426,60	Details	
Motor EC-max 16 Getriebe GP 16 C, 29:1 Encoder MR, 256 imp, LD, 3K	16	56,5	81	0,51	CHF 440,50	Details	
Motor EC-max 16 Getriebe GP 16 C, 29:1 Encoder MR, 256 imp, LD, 2K	16	56,5	81	0,51	CHF 426,60	Details	

4. Schaltfläche *Details*.

Wählen sie eine der Lösungen und finden Sie heraus, was sich hinter den *Details* verbirgt.

- Benützen sie die Schaltfläche *Produktdetail drucken*.
- Vergleichen sie mit dem Reiter *Spezifikation* (unten).
- Schauen sie sich das *Betriebsbereiches Diagramm* der Kombination an.
- Was verbirgt sich im Reiter *Downloads*?

[Details verbergen](#) 

Produkt besteht aus:

283834 - EC-max 16 Ø16 mm, bürstenlos, 8 Watt

416428 - Planetengetriebe GP 16 C Ø16 mm, 0.2 - 0.6 Nm 29:1

201940 - Encoder MR, Typ ML, 512 Impulse, 3 Kanal, mit Line Driver

 [Auf den Merkzettel](#)

 [Anfrage stellen](#)

 [Produktdetail drucken](#)

Preisstaffeln		
Stückpreis	1-4	CHF 440,50
	5-19	CHF 357,80
	20-49	CHF 284,90

Preise ohne Mehrwertsteuer

Bestellmenge [Bestellen](#)

Beschreibung
Spezifikation
Downloads
Antriebsauslegung

Hinweis: Die grüne *Bestellen* Schaltfläche führt direkt zum Online-Shop von maxon.

Teil 2: ERWEITERTE SUCHE – Antriebsspezifikation mit Präzision.

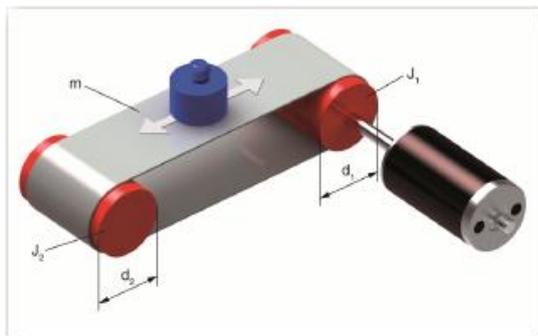
Die ERWEITERTE SUCHE bietet die Möglichkeit Ihre Anwendung genau zu spezifizieren. Sie können eine mechanische Antriebsauslegung und Drehzahl- und Drehmomentanforderungen genauer eingeben. Weiter können Sie die gewünschte Regelung und den Istwertgeber angeben. Gleichzeitig, können sie auch Filter setzen für Produkte, die Sie in der Suche ein- und ausgeschlossen haben möchten.

Übung 2: Auswahl für Dauerbetrieb

Ziele: Lernen wie die ERWEITERTE SUCHE funktioniert.

- Eine mechanische Antriebsauslegung definieren.
- Eine Last für Dauerbetrieb eingeben.
- Drehzahlregelung mit Encoder auswählen.

Förderbandantrieb



Eine Motor-Getriebe-Kombination wird für ein Förderband benötigt. Das Netzgerät liefert 24 VDC und 5 A. In erster Näherung wird angenommen, dass das Förderband dauernd läuft mit einer maximalen Geschwindigkeit von 0.5 m/s. Die Reibung des leeren Bandes betrage 40 N. Mit zusätzlicher Last (max. 3 kg) erhöht sich die Reibung um 9 N zu total 49 N. Das Band ist drehzahl geregelt, allerdings ist die Drehzahlkonstanz nicht sehr hoch. Die verlangte Lebensdauer ist sehr hoch (einige 10'000 Stunden), was einen bürstenlosen Motor erfordert.

1. Wählen Sie ERWEITERTE SUCHE.

Das MSP führt Sie durch die Eingaben und Filtereinstellungen (Schaltflächen *Weiter* und *Zurück* unten). Es wird empfohlen, diese Eingabereihenfolge zu verwenden.

Option: Sie können jederzeit auf die Symbole im Diagramm oben klicken. Sie springen dann direkt zum entsprechenden Eingabefeld dieser Antriebskomponente (wird im Diagramm hervorgehoben).

2. Mechanische Antriebsauslegung.

Die Definition der Anforderungen beginnt mit der mechanischen Antriebsauslegung. Wählen sie *Förderband* als Antrieb aus dem Auswahlmenü.

Der Einfachheit halber betrachten wir nur den Dauerbetrieb und ignorieren den Startvorgang. Man braucht nur die Durchmesser der Pulleys anzugeben und kann die Massenträgheiten vernachlässigen. Das Antriebspulley habe einen Durchmesser von 10 cm.

Da die Reibung explizit bekannt ist, können wir sie zur Förderkraft schlagen und den Wirkungsgrad auf 100% setzen.

IHR ANTRIEBSSYSTEM

LAST

ANTRIEB

GETRIEBE

MOTOR

SENSOR

REGELUNG

ELEKTRISCHE VERSORGUNG

SUCHE | ERWEITERTE SUCHE | ÜBERSICHT

ANTRIEB - Spezifizieren Sie den mechanischen Antrieb mit diesen Parametern. Details verbergen

Antriebsauslegung wählen i

Förderband v

Durchmesser Motorpulley	d1	100	mm	v
Durchmesser Pulley	d2	100	mm	v
Wirkungsgrad		100.0	%	v
Trägheit Motorpulley	J1	0	gcm ²	v
Trägheit Pulley	J2	0	gcm ²	v
Masse Förderband	m	0	g	v

Zurücksetzen | ← Zurück | Weiter → | Ergebnisse anzeigen

3. Lasteingabe.

Klicken sie auf *Weiter*. Das Fenster zur Lasteingabe erscheint.

Für Dauerbetrieb sind die Eingaben selbsterklärend. Geben sie die benötigte Lastgeschwindigkeit und Förderkraft ein (in unserem Beispiel 0.5 m/s und 49 N). (Komplexere Lastsituationen werden weiter unten behandelt.)

LAST - Spezifizieren Sie hier die Anforderungen der Last. Details verbergen

Betriebsart auswählen i

Dauerbetrieb v

Max. Lastgeschwindigkeit	Vmax	0,5	m/s	v
rms Last-Förderkraft	Frms	49	N	v

4. Getriebe- und Motorfilter.

Klicken sie auf *Weiter*. Geben Sie an, ob die Lösung ein maxon Getriebe enthalten soll oder nicht. Für unsere Anwendungen schränken wir dies nicht und lassen die Auswahl auf *mit oder ohne maxon Getriebe*.

Klicken sie auf *Weiter*. Geben Sie an, ob die Lösung einen maxon DC Motor mit Bürsten oder einen bürstenlosen maxon EC Motor enthalten soll. Da eine hohe Lebensdauer benötigt wird, wählen Sie *mit bürstenlosen Motoren (= maxon EC)*.

5. Rand- und Umgebungsbedingungen.

Klicken sie auf *Weiter*. In unserem Fall sind keine speziellen rand- und Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen; somit nochmals auf *Weiter*.

6. Regelung und Sensor.

Wählen sie *Drehzahlregelung* als *Hauptregelparameter*, da das Förderband ja mit konstanter Geschwindigkeit laufen soll. Es wird nur eine tiefe Regelgenauigkeit und Dynamik gefordert und ein Encoder soll als Drehzahl-Istwertgeber dienen.

REGELUNG & SENSOR - Spezifizieren Sie Regelung und Feedback. Details verbergen

Hauptregelparameter	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">Drehzahlregelung</div> ▼ ⓘ
Drehzahlgenauigkeit	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">Tiefe Genauigkeit oder Dynamik (1Q)</div> ▼ ⓘ
Sensortyp, Feedback	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">Encoder</div> ▼ ⓘ
	<input type="checkbox"/> mit Indexkanal <input type="checkbox"/> mit Line Driver

7. Netzgerät.

Klicken sie auf *Weiter*. Das vorhandene Netzgerät gibt gerade 24 VDC und 5 A elektrische Leistung, was gerade den Voreinstellungen im MSP entspricht. Somit muss nichts geändert werden.

8. Resultatliste.

Klicken sie auf *Ergebnisse anzeigen* unten rechts.

Die vorgeschlagenen Lösungen enthalten nun ebenfalls den Regler. Analysieren Sie die Lösungliste und inspizieren sie die Details wie in Übung 1.

Beachten sie wie die Resultatliste sich verändert, wenn Eingaben angepasst werden: z.B. Motoren mit Bürsten gewählt werden oder Drehzahlregelung mit hoher Genauigkeit.

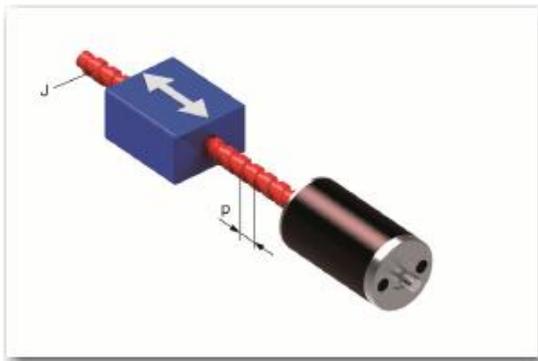
Bemerkung: Die *Ähnlichen Lösungen* enthalten nun primär alternative Regler und Sensoren, die zur gewählten Regelauslegung passen. Alternative Motoren und Getriebe werden nicht mehr angezeigt.

Übung 3: Auswahl für Arbeitszyklen mit Positionierung

Ziele: Lernen wie *Zyklusbetrieb*, *intermittierender Betrieb* funktioniert.

- eine Spindel als mechanischen Antrieb definieren.
- einen Lastzyklus eingeben.
- Positionsregelung mit Encoder auswählen.

Positionierung mit Spindelantrieb



Eine Präzisionsspindel mit 2mm Steigung wird benötigt, um eine Hin- und Herbewegung in einer Produktionsanlage zu realisieren. Die Pausen zwischen den Bewegungen sind kurz. Der Effektivwert der Kraft (rms) betrage 23 N. Die Maximalkraft ist 44 N und sie liegt während der 0.3 s Beschleunigung an. Die maximale Geschwindigkeit ist 100 mm/s.

Das Netzgerät liefert eine Spannung von 48 VDC bei einem Dauerstrom von 1 A. Kurzzeitig (ca. 1s) sind 2 A möglich. Aufgrund der geforderten Lebensdauer soll ein bürstenloser Motor und ein Positionsregler eingesetzt werden. Ein Getriebe ist nicht zulässig (Getriebeispiel) damit die verlangte Positioniergenauigkeit (Wiederholbarkeit) von 0.01 mm erreicht werden kann.

1. Wählen sie ERWEITERTE SUCHE. Drücken Sie unten die *Zurücksetzen*-Schaltfläche.

2. Mechanische Antriebsauswahl.

Wählen Sie *Spindelantrieb* als mechanischen Antrieb.

Definieren Sie die Steigung zu 2 mm und geben Sie den Wirkungsgrad ein. Kugelumlaufspindeln haben typischerweise einen Wirkungsgrad von 90% und höher.

Für eine erste Auswahl vernachlässigen Sie die Massenträgheiten von Spindel und Mutter.

Klicken sie auf *Weiter*.

ANTRIEB - Spezifizieren Sie den mechanischen Antrieb mit diesen Parametern. Details verbergen

Antriebsauslegung wählen

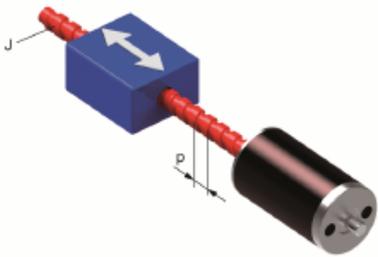
Spindelantrieb ▼

Spindelsteigung (Lead) p mm ▼

Wirkungsgrad % ▼

Trägheit Spindel J gcm² ▼

Masse Mutter g ▼



3. Lasteingabe

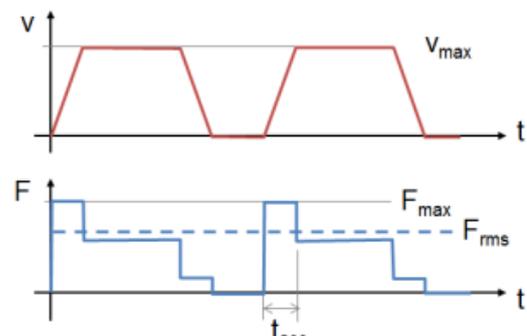
Wählen Sie *Zyklischer Betrieb*, *intermittierender Betrieb* aus dem Auswahlménü. Dann geben Sie die Eingaben gemäss den Anforderungen der Anwendung ein.

Details verbergen

LAST - Spezifizieren Sie hier die Anforderungen der Last.

Betriebsart auswählen

Zyklusbetrieb, intermittierender Betrieb ▼

Max. Lastgeschwindigkeit	Vmax	0,1	m/s	▼	 <p>The top diagram shows velocity (v) vs time (t) with a trapezoidal profile reaching a maximum velocity v_{max}. The bottom diagram shows force (F) vs time (t) with a step-like profile. It indicates maximum force F_{max}, root mean square force F_{rms}, and acceleration time t_{acc}.</p>
rms Last-Förderkraft	Frms	23	N	▼	
Max. Last-Förderkraft	Fmax	44	N	▼	
Beschleunigungszeit	tacc	0,2	s	▼	
Positioniergenauigkeit		0.01	mm	▼	

Klicken sie auf *Weiter*.

4. Getriebe- und Motorfilter.

Spezifizieren Sie, dass nur Lösungen ohne Getriebe und nur mit bürstenlosen Motoren von Interesse sind.

Klicken sie auf *Weiter*.

5. Randbedingungen.

Da keine speziellen Rand- und Umgebungsbedingungen zu spezifizieren sind, klicken Sie ein weiteres Mal auf *Weiter*.

6. Regelung und Sensor.

Wählen sie *Positionsregelung* als Hauptregelparameter.

Die verlangte Genauigkeit ist etwa $0.01\text{mm}/2\text{mm} = 1/200$ Motorumdrehung (oder 1.8°). Somit benötigen wir einen Positionssensor (Encoder) mit mindestens 200 Impulsen pro Umdrehung. Das ist noch immer nur mittlere Genauigkeit. Der Encoder sollte aber einen Line Driver für zuverlässige Signalübertragung und einen Indexkanal zur präzisen Bestimmung der Referenzposition aufweisen.

Details verbergen

REGELUNG & SENSOR - Spezifizieren Sie Regelung und Feedback.

Hauptregelparameter	Positionsregelung	▼	
Positioniergenauigkeit	Mittlere Genauigkeit ($1^\circ \dots 10^\circ$)	▼	
Sensortyp, Feedback	Encoder	▼	
	<input checked="" type="checkbox"/> mit Indexkanal		
	<input checked="" type="checkbox"/> mit Line Driver		

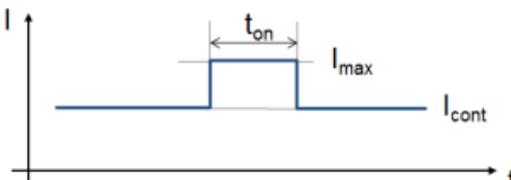
7. Netzgerät.

Klicken sie auf *Weiter*. Passen sie die Parameter gemäss dem vorhandenen Netzgerät an.

Details verbergen

ELEKTRISCHE VERSORGUNG - Spezifizieren Sie.

Versorgungsspannung		48	V	
Dauerstrom	ICont	1	A	
Max. Strom	I _{max}	2	A	
Dauer des max. Stroms	t _{on}	1	s	



8. Übersicht.

Klicken sie auf den *ÜBERSICHT*-Reiter oben rechts und überprüfen Sie Ihre eingaben. Im Abschnitt Schlüsselparameter sind die Anforderungen an den zu wählenden antrieb zusammengefasst. Merken Sie sich die Werte für Drehmoment und Trägheitsmoment. Klicken sie auf das *ANTRIEB*-Symbol im Diagramm und ändern Sie die Massenträgheit der Spindel auf 3 gcm² und die Masse der Mutter auf 1000 g (hier inklusive Lastmasse). Beobachte sie in der *ÜBERSICHT*, wie die Werte für Drehmoment und Trägheitsmoment geändert haben.

Details verbergen

ÜBERSICHT - Ihre Eingaben und Schlüsselparameter für die Auswahl sind:

<p>→ Last - Zyklusbetrieb, intermittierender Betrieb</p> <p>Max. Lastgeschwindigkeit 0.1 m/s rms Last-Förderkraft 23 N Max. Last-Förderkraft 44 N Beschleunigungszeit 0.2 s Positioniergenauigkeit 0.01 mm</p> <p>→ Antrieb - Spindelantrieb</p> <p>Spindelsteigung (Lead) 2 mm Wirkungsgrad 90 % Trägheit Spindel 3 gcm² Masse Mutter 1000 g</p> <p>→ Getriebe</p> <p>ohne maxon Getriebe</p> <p>→ Motor</p> <p>mit bürstenlosen Motoren (= maxon EC)</p>	<p>→ Regelung - Positionsregelung</p> <p>Positioniergenauigkeit Mittlere Genauigkeit (1°... Sensortyp, Feedback Encoder mit Indexkanal Ja mit Line Driver Ja</p> <p>→ Elektrische Versorgung</p> <p>Versorgungsspannung 48 V Dauerstrom 1 A Max. Strom 2 A Dauer des max. Stroms 1 s</p> <p>→ Rand- & Umgebungsbedingungen</p> <p>Max. Umgebungstemperatur 25 °C Min. Umgebungstemperatur 0 °C Max. mögliche Einbaulänge beliebige Länge Max. Durchmesser beliebiger Durchmesser Sterilisierbar/autoklavierbar Nein</p> <p>Schlüsselparameter</p> <p>Max. Drehzahl 3000 min⁻¹ Effektives (rms) Drehmoment 8.13 mNm Max. Drehmoment 16.2 mNm Dauer der maximalen Belastung 0.2 s Massenträgheitsmoment 4.13 gcm² Positioniergenauigkeit 1.8 grad</p>
--	--

9. Resultatliste.

Klicken sie auf *Ergebnisse anzeigen* unten rechts.

Die vorgeschlagenen Lösungen enthalten nun Positionsregler. Analysieren Sie die Lösungsliste und inspizieren sie die Details wie in Übung 1 und 2.

Übung 4: Auswahl für Kurzzeitbetrieb

Ziele: Lernen wie *Kurzzeitbetrieb* im MSP funktioniert.

- Einen Direktantrieb definieren.
- Eine einmalige, kurzzeitige Last eingeben.
- Drehzahlregelung mit Encoder auswählen

Beschleunigung eines Schwungrades



Ein Schwungrad soll in 7 s auf $17'000 \text{ min}^{-1}$ beschleunigt werden. Dazu wird ein Drehmoment von 60 mNm benötigt. Die vorhandene Spannung ist 24V.

Der Bauraum ist eingeschränkt: Der maximale Durchmesser beträgt 1 Zoll und die Länge soll so kurz wie möglich sein (maximal 2 Zoll).

Benötigte Antriebseinheiten: Motor mit Feedback und Drehzahlregler.

1. Wählen Sie ERWEITERTE SUCHE.

Drücken Sie unten die *Zurücksetzen*-Schaltfläche.

Direktantrieb: es muss keine mechanische Antriebsauslegung gewählt werden.

2. Lasteingabe.

Wählen Sie *Kurzzeitbetrieb* aus dem Auswahlmenü. Dann geben Sie die Eingaben gemäss den Anforderungen der Anwendung ein.

LAST - Spezifizieren Sie hier die Anforderungen der Last. Details verbergen

Betriebsart auswählen

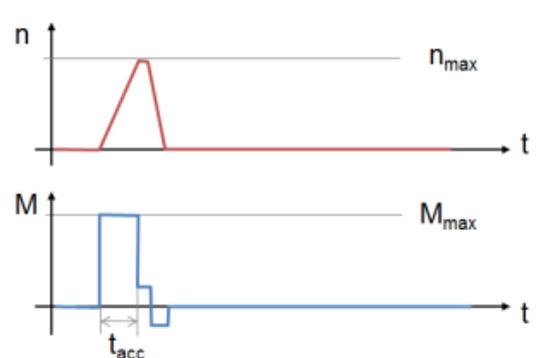
Kurzzeitbetrieb ▼

Max. Lastdrehzahl n_{max} min-1 ▼

Max. Lastmoment M_{max} mNm ▼

Beschleunigungszeit t_{acc} s ▼

Positioniergenauigkeit grad ▼



3. Spezifizieren sie die Getriebe- und Motorfilter.
Bemerkung: Die hohe Drehzahl macht es unwahrscheinlich, dass Lösungen mit Getrieben oder Motoren mit Bürsten ausgewählt werden.
4. Randbedingungen.
Schränken sie den maximalen Durchmesser auf 2 Zoll und die maximale Länge auf 3 Zoll ein.
5. Regler und Sensor.
Wählen sie *Drehzahlregelung* mit hoher Dynamik.
6. Netzgerät.
Versuchen Sie zuerst mit den Werten der Voreinstellungen. Die Leistung ist zwar ziemlich knapp, wie man aus einer Leitungsabschätzung schnell erkennt:
 - Benötigte mechanische Leistung: ca. $100 \text{ W} (= \pi/30 * 17 \text{ kmin}^{-1} * 60 \text{ mNm})$
 - Vorhandene elektrische Leistung (> 7 s) ca. $120 \text{ W} (= 24 \text{ V} * 5 \text{ A})$
7. Resultatliste.
Wie vermutet, reicht die Leistung nicht und es werden keine Lösungen gefunden. Klicken Sie auf *NETZGERÄT* im Diagramm und erlauben sie einen höheren Dauerstrom oder eine höhere Versorgungsspannung.
Empfehlung: Verdoppeln Sie die Spannung (In diesem Fall ist dies die stärkste Einschränkung).

Analysieren Sie die Lösungsliste und inspizieren sie die Details wie zuvor.