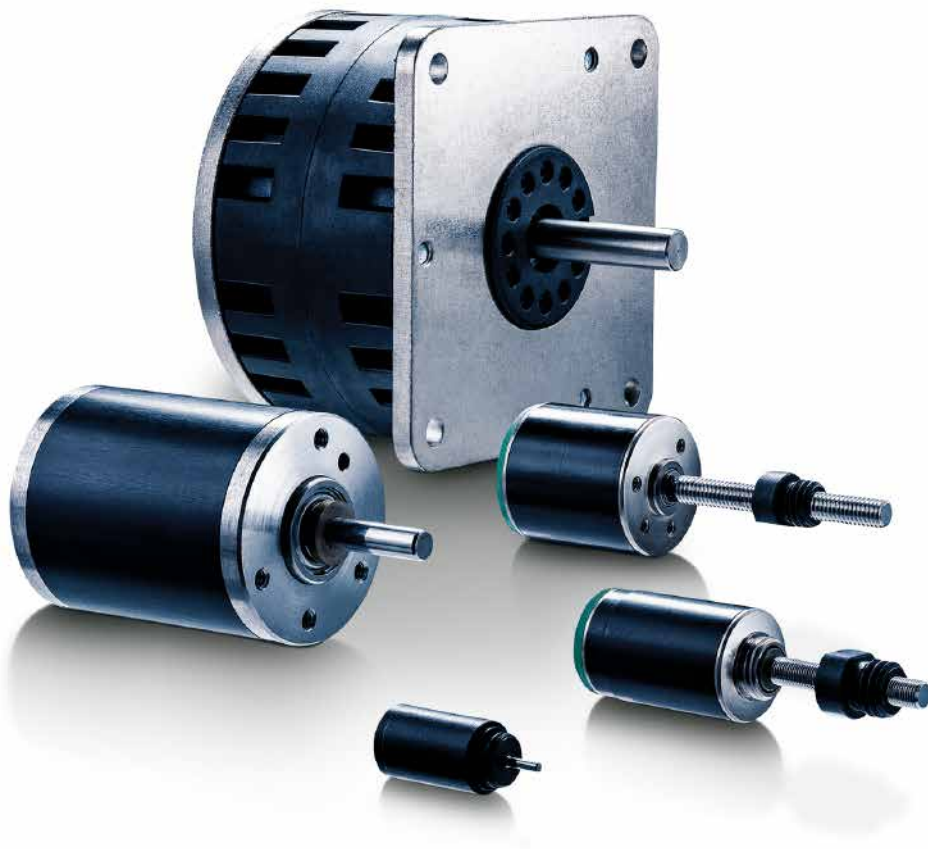


FAULHABER Whitepaper

Schrittverluste verhindern bei Schrittmotoren



Schrittverluste verhindern bei Schrittmotoren

Der Einsatz von Schrittmotoren ist eine ausgezeichnete Entscheidung. Allerdings stellen dabei Schrittverluste ein Problem dar. In den meisten Fällen können Schrittverluste vermieden oder korrigiert werden.

Schrittmotoren werden im offenen Regelkreis betrieben. Wenn ein Schrittmotor in bestimmten Situationen nicht ordnungsgemäß arbeitet, geht man davon aus, dass entweder der Motor oder die Steuerelektronik defekt ist. Die sorgfältige Auswahl von Motor und Controller ist ausschlaggebend. Allerdings tragen auch andere Faktoren zu Schrittverlusten bei.

Bei vielen Anwendungen hilft die Betrachtung folgender Punkte, um die Ursachen für Schrittverluste oder Stillstand des Motors methodisch zu ermitteln.

Herausgeber / Editor:

DR. FRITZ FAULHABER GMBH & CO. KG

Schönaich · Deutschland

Email: info@faulhaber.de

www.faulhaber.com

A. Auswahl des Schrittmotors

Zuerst muss der richtige Motor für die jeweilige Anwendung gefunden werden. Für ein optimales Ergebnis sollten Sie dabei folgende grundlegende theoretische Regeln befolgen:

- 1. Legen Sie bei der Motorauswahl denjenigen Betriebspunkt zugrunde, an dem die Applikation die höchsten Werte für Drehmoment/ Drehzahl erfordert (Worst-Case Szenario)**
- 2. Verwenden Sie einen Sicherheitsaufschlag von 30% auf die veröffentlichte Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie (Kippmoment)**
- 3. Stellen Sie sicher, dass externe Ereignisse die Anwendung nicht blockieren können**

Es ist wichtig, daran zu denken, dass ein Schrittmotor sich nicht wie ein DC-Motor verhält. Es gibt keinen Arbeitspunkt-Abgleich und der Phasenstrom steigt bei Laständerungen nicht an. Solange die von der Anwendung geforderten Drehmomente bei den jeweiligen Drehzahlen den Motorspezifikationen entsprechen, sind keine Probleme zu erwarten. Fordert die Anwendung höhere Werte, bleibt der Motor einfach stehen (EIN/AUS-Betrieb). Auf jeden Fall passt sich der Strom in den Phasen nicht von selbst an die Situation an, sondern bleibt konstant.

Als Nächstes sollte der Motor praktischen Tests unterzogen werden, um zu prüfen, ob im Betrieb Schrittverluste auftreten. Konstruktionsbedingt kann ein Schrittmotor nicht nur einen einzigen Schritt verlieren. Bei geringen Drehzahlen verliert er ein Vielfaches von 4 Schritten (8, 12, 16 ... Schritte) und bei hohen Drehzahlen bleibt er stehen. Wenn er 4 Schritte verliert, ist die Ursache in der Kommutierung zu suchen.

Fehlerursachen zu finden ist meist nicht ganz leicht, da der Motor normalerweise über kein Gerät verfügt, das Rückmeldungen zum Betriebsverhalten gibt und der Motorstrom als Kenngröße unbrauchbar ist.

Der nächste Abschnitt erläutert mögliche Ursachen, falls der Motor bei den praktischen Tests versagt.

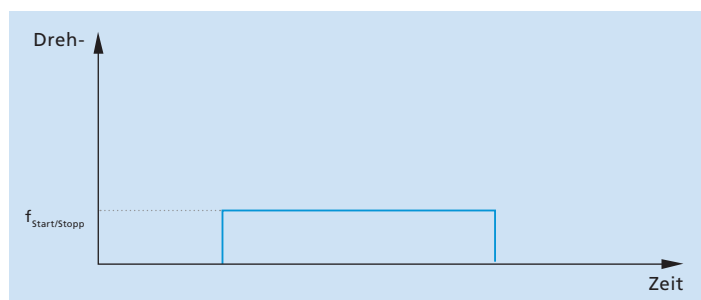
B. Betriebsart

Je nach Bewegungsprofil muss man unterschiedliche Schlüsse ziehen

B1. Start-Stopp Betrieb

In dieser Betriebsart ist der Motor fest mit der Last verbunden und wird mit konstanter Drehzahl betrieben. Der Motor muss die Last (Trägheit und Reibung) innerhalb des ersten Schritts auf die vorgegebene Frequenz beschleunigen.

Abb1. Start-Stopp Frequenz



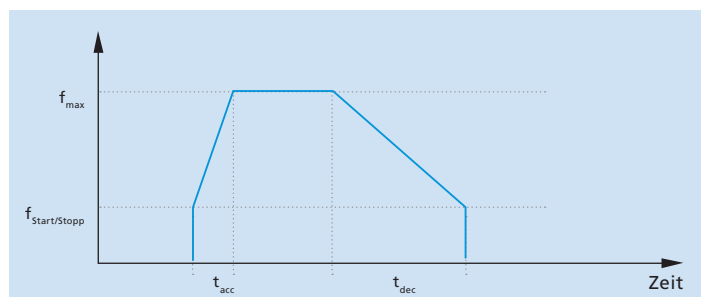
Fehlerbild: Motor läuft nicht an

| Ursachen | Lösungen |
|---|--|
| Last zu hoch | Falscher Motor, größeren Motor wählen |
| Frequenz zu hoch | Reduzieren |
| Pendelt der Motor von Links nach Rechts, könnte eine Phase unterbrochen oder nicht angeschlossen sein | Reparieren |
| Phasenstrom passt nicht | Phasenstrom erhöhen, zumindest für die ersten Schritte |

B2. Beschleunigung und Rampenprofil (trapezförmig)

In diesem Beispiel kann der Motor mit einer im Controller vorgegebenen Beschleunigungsrate bis auf Maximalfrequenz beschleunigen.

Abb2. Trapezförmiges Geschwindigkeitsprofil



Fehlerbild: Motor läuft nicht an

Ursachen und deren Lösung siehe B1 „Start-Stopp Betrieb“.

Fehlerbild: Motor beendet die Beschleunigungsrampe nicht.

| Ursachen | Lösungen |
|--|---|
| Motor bleibt bei Resonanzfrequenz hängen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Beschleunigung erhöhen, um die Resonanzfrequenz schneller zu durchlaufen ■ Start-Stopp Frequenz über dem Resonanzpunkt wählen ■ Halbschritt- oder Mikroschrittbetrieb verwenden ■ Mechanische Dämpfung vorsehen, z.B. in Form einer Trägheitsscheibe am hinteren Wellenende. |
| Falsche Einstellung von Versorgungsspannung oder -strom (zu gering) | <ul style="list-style-type: none"> ■ Spannung oder Strom erhöhen (kurzzeitige Verwendung höherer Werte ist zulässig) ■ Motor mit geringerer Impedanz testen ■ Stromregelung verwenden (falls aktuell Spannungsregelung verwendet wird) |
| Maximaldrehzahl zu hoch | <ul style="list-style-type: none"> ■ Maximaldrehzahl reduzieren ■ Beschleunigungsrampe abflachen, z.B. indem man eine Start-Drehzahl wählt, bei der das Lastmoment kleiner als das Anlaufmoment ist |
| Schlechte Vorgabe der Beschleunigungsrampe durch die Elektronik (kommt bei digitalen Rampen vor) | <ul style="list-style-type: none"> ■ Anderen Controller ausprobieren |

Fehlerbild: Motor beschleunigt bis zur Enddrehzahl und bleibt stehen, sobald eine konstante Drehzahl erreicht ist.

| Ursachen | Lösungen |
|--|--|
| Der Motor wird an seiner Leistungsgrenze betrieben und bleibt stehen aufgrund zu hoher Beschleunigung. Die Zieldrehzahl wird überschritten, was zu Vibrationen und Instabilität führt. | <ul style="list-style-type: none"> ■ Ruckeln verringern, d.h. entweder geringere Beschleunigungsrate verwenden, oder zwei unterschiedliche Beschleunigungsrampen, anfangs steil und dann vor Erreichen der Maximaldrehzahl flacher. ■ Drehmoment erhöhen. ■ Motor im Mikroschrittbetrieb betreiben ■ Mechanische Dämpfung vorsehen, z.B. in Form einer Trägheitsscheibe am hinteren Wellenende. Beachten Sie, dass durch diese Maßnahme die Massenträgheit erhöht wird und das Problem nicht immer behoben wird, wenn die Maximaldrehzahl an der Leistungsgrenze des Motors liegt. |

C. Externe Kommutierungsfehler

Wie bereits erwähnt, verliert der Motor konstruktionsbedingt ein Vielfaches von 4 Schritten (8, 12, 16 ... Schritte). Bei hoher Drehzahl führen Schrittverluste zum Verlust der Synchronität. Der Motor bleibt stehen. Beträgt die Anzahl verlorener Schritte kein Vielfaches von 4 Schritten, ist der Motor in Ordnung und man sollte die Kommutierungsfolge untersuchen, die von der Elektronik geliefert wird.

Die Typ der dargestellten Treiberschaltung kann ohne zusätzliches Steuerelement direkt mit einem 4-Bit Wort angesteuert werden.

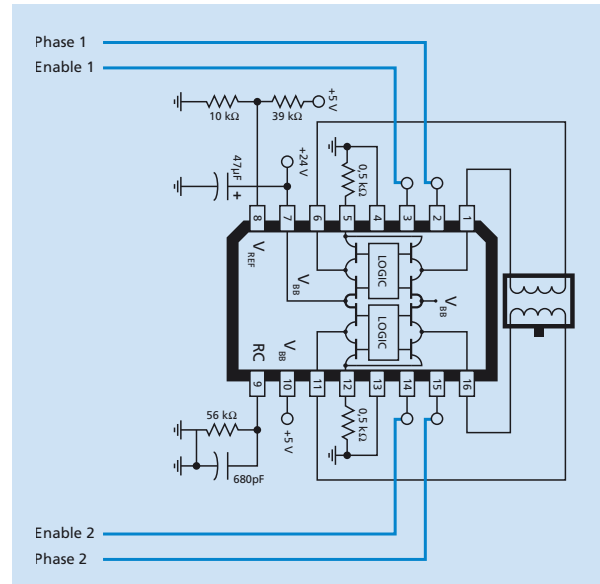


Abb4. Typische Treiberschaltung

Die Kommutierung läuft nach folgendem Schema ab (Betrieb mit einer Phase EIN):

| Phase 1 | Enable 1 | Phase 2 | Enable 2 | Strom Phase A | Strom Phase B |
|---------|----------|---------|----------|---------------|---------------|
| X | H | X | H | OFF | OFF |
| H | L | X | H | POS | OFF |
| X | H | H | L | OFF | POS |
| L | L | X | H | NEG | OFF |
| X | H | L | L | OFF | NEG |

Tabelle 1: Kommutierung mit einer Phase EIN - typische Treiberschaltung

Die dargestellte Folge ist normalerweise keine Ursache für Fehler oder Schrittverluste im Normalbetrieb, sofern die Phasen mit Strom versorgt werden. Das ändert sich, wenn die Stromversorgung abgeschaltet wird. Abschalten der Stromversorgung des Controllers, der die 4 Bits im obigen Beispiel bereitstellt (4 Bits für Phase 1, Phase 2, Enable 1, Enable 2) führt zum Verlust des Zählerstands, der erforderlich ist, um eine ununterbrochene Schrittfolge nach obiger Tabelle zu gewährleisten.

Nach Wiederherstellen der Stromversorgung ist damit nicht sichergestellt, dass der Zähler die Position finden

wird, die er vor dem Abschalten hatte. Stimmen Zählerposition und tatsächliche Position des Rotors nicht überein, führt der Motor unkontrollierte Schritte aus. Der maximale Fehler beträgt dabei 2 Schritte im oder gegen den Uhrzeigersinn.

Lösung

Vor Abschalten der Stromversorgung das 4-Bit Wort (oder mehr für komplexere Antriebe) speichern, um es zur Zählerinitialisierung aus dem Speicher laden zu können. Beim Wiedereinschalten diese Position vor Fortsetzung der Kommutierung laden.

D. Externe Ereignisse

D1. Lastrückkopplung

Manchmal wird der vom Motor angetriebene Mechanismus/Last während der Bewegung „aufgezogen“ und gibt diese Energie wieder an den Motor zurück, wenn die Ströme ausgeschaltet werden. Der Mechanismus könnte z.B. ein Untersetzungsgetriebe sein.

Wenn der Mechanismus Energie an den Motor zurückgibt, kann es passieren, dass die Motorwelle zurückgedreht wird. Wird die Welle um einen Winkel zurückgedreht, der mehr als einem Schritt entspricht und der Strom für die nächste Bewegung eingeschaltet, kann es passieren, dass der Motor kein ausreichendes Drehmoment entwickelt, um den ersten Schritt auszuführen. Der Motor läuft entweder nicht an, oder erst nach 4 Vollschritten.

Diese Art von Fehlern führt also auch mindestens zum Verlust einer kompletten Kommutierungsfolge mit 4 Schritten.

Diese Fehlerart kann nur in Anwendungen auftreten, bei denen die Motorströme nach der Bewegung deutlich reduziert oder abgeschaltet werden.

Lösungen

- Programmieren Sie die Kommutierung so, dass Wert und Polarität der Motorströme vor dem Abschalten gespeichert werden. Die gespeicherten Werte müssen beim Wiedereinschalten der Motorströme verwendet werden.
- Statt die Ströme abzuschalten, sollten Sie bei Motorstillstand einen reduzierten Stand-By Strom aufrechterhalten.

D2. Erhöhung der Nutzlast im Laufe der Zeit

Manchmal läuft der Motor für eine lange Zeit störungsfrei und viel später treten die ersten Schrittverluste auf. In diesem Fall ist es sehr wahrscheinlich, dass die Last, die der Motor „sieht“, sich geändert hat. Das kann auf Verschleiß der Motorlager oder ein externes Ereignis zurückzuführen sein.

Lösungen

- Prüfen Sie, ob ein externes Ereignis vorliegt: Hat sich der vom Motor angetriebene Mechanismus verändert?
- Prüfen Sie den Lagerverschleiß: Verwenden Sie Kugellager anstelle von gesinterten Hülsenlagern, um die Lebensdauer des Motors zu verlängern.
- Prüfen Sie, ob sich die Umgebungstemperatur geändert hat. Bei Kleinstmotoren ist deren Einfluss auf Viskosität der Lagerschmierung nicht zu vernachlässigen. Verwenden Sie Schmiermittel, die für sämtliche Betriebstemperaturen geeignet sind. FAULHABER Schrittmotoren sind mit einer breiten Schmiermittelpalette erhältlich.