

## Häufig gestellte Fragen



### Warum läuft der Schrittmotor nicht hoch, wenn er unbefestigt betrieben wird ?

Ein Schrittmotor gehört zu den Synchronmotoren. Der Rotor folgt also dem Erregerfeld in engen Grenzen, bedingt durch die sehr hohe Steifigkeit. (Kraftentwicklung bei kleinen Abweichungen) Diese beim Schrittmotor gewünschte hohe Steifigkeit ist die Ursache zur Schwingneigung mit der Eigenresonanzfrequenz (meist unter 100Hz) Wird nun der Schrittmotor in der Nähe dieser Eigenresonanzfrequenz betrieben, kann es zum Aufschwingen kommen und der Schrittmotor gerät außer Tritt.

Deshalb soll ein Schrittmotor nur mit Last und im angeflanschten Zustand betrieben werden. Diese Grunddämpfung reicht in der Regel schon aus, um ein sauberes Hochlaufen der Rampe zu ermöglichen.

### Wie kann ich Resonanzerscheinungen unterdrücken ?

Phasenstrom niedriger einstellen.

Das verringert zwar die Steifigkeit, aber auch die Schwingneigung des Systems.

Erhöhung der Schrittauflösung.

Halbschritt ist dabei besser als Vollschritt. Der 2-Ph-SM zeigt bei Halbschritt generell gute Laufeigenschaften. Oft liegt die Betriebsfrequenz in der Nähe der Resonanzfrequenz oder einem Vielfachen davon. Geringe Abweichungen von der „kritischen“ Schrittfrequenz zeigen meist gute Resultate

Die Beschleunigungsrampe steiler machen

Dadurch wird der Schrittmotor schnell durch kritische Bereiche „gezogen“

Erhöhung der Reibung

Reibung wirkt dämpfend auf das Gesamtsystem, Nutzdrehmoment geht aber dabei verloren

Anbau eines Dämpfers

Diese können in der Regel vom Motorlieferant als Zubehör bezogen werden. Ihr Wirkungsprinzip ist, dass ein äußerer Ring über ein viskoses/federndes Medium verzögert mitbeschleunigt werden muss.

### Hat der Schrittmotor im Halbschrittbetrieb weniger Drehmoment als im Vollschrittbetrieb ?

Zur Beantwortung dieser Frage muss erst einmal zwischen 2- und 5-Phasen-Motor unterschieden werden:

2-Phasen-Schrittmotor

In einer sogenannten Halbschrittstellung ist beim 2-Phasen-Motor immer nur eine Phase bestromt, die zweite Motorphase ist völlig stromlos. Da nun beim Schrittmotor die Phasenströme geometrisch (Vektor  $I_{ph1}, I_{ph2}$ ) addiert werden, bildet sich der für das Drehmoment verantwortliche Summenstrom aus der Funktion

$$I_{Motor} = \sqrt{I_{ph1}^2 + I_{ph2}^2}$$

also nur ca. 70% gegenüber einer Vollschrittstellung. Die Leistungsteile der Serie smdxxx haben jedoch eine sogenannte Drehmomenthomogenisierung, d.h. der Phasenstrom in der Halbschrittstellung wird etwa um den Faktor 1,4 angehoben, um diese Drehmomentvariation nahezu auszugleichen.

5-Phasen-Schrittmotor

Hier verhält es sich gegenüber dem 2-Phasen-Motor gerade umgekehrt. In einer Halbschrittstellung wird eine fünfte Phase hinzu geschaltet. Das Summendrehmoment wird dadurch geringfügig erhöht, eine Korrektur wird in der Regel nicht vorgenommen.

### Warum nimmt die Stromaufnahme aus dem Netzteil zu, bei abnehmender Versorgungsspannung ?

Nun, vom Wirkungsgrad mal abgesehen gilt auch hier der Energieerhaltungssatz:

$$\begin{aligned} \text{Eingangsleistung} &= \text{Ausgangsleistung} \\ U_{\text{Netz}} \times I_{\text{Netz}} &= P_{\text{Bewegung}} + P_{\text{Verlust}} \end{aligned}$$

Da es sich um eine Kontinuitätsgleichung handelt, muss bei abfallender Netzspannung der Strom proportional ansteigen

### Was bringt mir eigentlich die „BOOST-Funktion“ ?

Einige auf dem Markt erhältliche Leistungsteile bieten diese Funktion an. Aus nachfolgenden Gründen ist der Nutzen jedoch umstritten:

Die Motorinduktivität (> Drehzahl) ist bereits dominant, der Strom kann sowieso nicht mehr gesteigert werden. Das Magnetmaterial des Motors zeigt bereits Sättigungseffekte, d.h. es ist kein Drehmomentgewinn erzielbar. Besser ist, den Motor generell mit Nennstrom und aktivierter Stromabsenkung zu betreiben.

### Welchen Nutzen habe ich von der Stromabsenkung ?

Im Stillstand wird nur noch ein Haltemoment benötigt. Dies erzeugt der Schrittmotor meist schon ausreichend mit geringem Strom. Da die Verlustleistung quadratisch zum Strom eingeht ( $I^2 \times R$ ), reduziert sich die Verlustleistung bei einer Stromabsenkung von nur 25% bereits auf die Hälfte.

### Muss man bei kompletter galvanischer Trennung (Optokoppler) trotzdem für Potentialausgleich sorgen ?

Ja, denn auch ein Optokoppler hat seine absolute Grenze in der Spannungsfestigkeit, meist 2500V. In einer Applikation mit Reibflächen (Gummi, Nylon, usw. mit Metall) ist dieser Wert sehr schnell erreicht und führt zu Fehlfunktionen. Abhilfe schafft ein einfacher Ableitwiderstand  $>100\text{kohm}$  gegenüber den Bezugspotentialen.

### Warum nimmt die Wärmeentwicklung beim Schrittmotor mit steigenden Drehzahlen zu ?

Neben den ohmschen Wirkverlusten durch den Wicklungswiderstand treten auch im magnetischen Kreis Umpolungsverluste im Magnetmaterial auf. Diese nehmen mit steigender Drehzahl zu, da ja immer häufiger das Magnetfeld umgepolt werden muss.

### Auf dem Motorschild steht zB. 6V, betrieben wird er aber mit einer weit höheren Spannung ?

Diese Aussage stammt noch aus der ganz frühen Zeit des Konstantspannungsbetriebes und ist heute eigentlich nicht mehr von Bedeutung. Beim Anlegen dieser Spannung stellte sich dann auch nach endlicher Zeit der Nennstrom ein. ( $I = U/R$ ) Heutige Schrittmotoren werden mit hohen Spannungen und geregelterm Strom betrieben, um die Effekte der Induktivität zu reduzieren. Dadurch kann wesentlich dynamischer positioniert werden.

### Welche Start/Stop-Frequenz ist eigentlich sinnvoll ?

Das ist sehr stark von der Last abhängig und wie die externe Trägheit mechanisch an den Motor gekoppelt ist. Auf jeden Fall darf sie nicht zu hoch sein, da sonst der Motor der sofortigen Geschwindigkeitsaufschaltung nicht folgen kann oder zu Beginn der Bewegung unerwünschte Pendelbewegungen entstehen können. Zu niedrige Startfrequenzen können das mechanische System zu Resonanzen anregen oder verhindern ganz einfach schnelle aufeinander folgende Positionierzyklen. Einen Anhaltspunkt ist vielleicht eine Startgeschwindigkeit von ca. 1U/sekunde

### Was wäre eigentlich die ideale Hochlauframpe zum Erreichen sehr hoher Drehzahlen unter Last ?

Dazu muss man erst einmal die Motorkennlinie (Drehmoment =  $f(\text{Drehzahl})$ ) genauer betrachten. Diese werden vom Hersteller für jeden Motor in einem Diagramm angegeben. Zeichnet man mal entgegen der Herstellerkurve die Drehzahl nicht logarithmisch, sondern linear auf, so kann man an einem Beispielmotor den Drehmomentverlauf in mindestens fünf Zonen einteilen wie folgt:

- |    |                                             |              |                        |
|----|---------------------------------------------|--------------|------------------------|
| a. | keine Drehmomentreduktion                   | 0Hz...500Hz  | Angaben in Vollschritt |
| b. | starke Drehmomentreduktion                  | 500Hz...1kHz |                        |
| c. | abnehmende Drehmomentreduktion              | 1kHz...2kHz  |                        |
| d. | lineare Drehmomentreduktion                 | 2kHz...4kHz  |                        |
| e. | asymptotisch abnehmende Drehmomentreduktion | 4kHz....     |                        |

Diesem Verlauf kommt eine exponentielle Beschleunigungsrampe am nächsten, mit einem anfänglich hohen und dann allmählich asymptotisch gegen null auslaufende Beschleunigungswert. Nun ist dies in der Praxis nicht gerade einfach zu realisieren oder die anfänglich hohen Beschleunigungen sind auch gar nicht immer so erwünscht. Deshalb verwendet man meist eine einfache lineare Rampe, die die Zone d oder e noch souverän abdeckt. Die Dynamik wird dadurch nicht wesentlich beeinträchtigt.

### Wohin geht eigentlich die kinetische Bewegungsenergie beim Abbremsen eines Schrittmotors ?

Zunächst einmal geht der Motor in den generatorischen Betrieb. Das bedeutet, er gibt Energie an das Netzteil ab. Dies resultiert in der Form, dass die Netzteilspannung ansteigt.

**Vorsicht: Das kann zu unerlaubt hohen Betriebsspannungen führen und das Leistungsteil kann Schaden nehmen.**

Deshalb muss der Ladekondensator beim Netzteil ausreichend groß dimensioniert sein, genügend Abstand vom absoluten Spannungsgrenzwert vorhanden sein oder eine sogenannte aktive Ballastschaltung zugeschaltet werden, die die überschüssige Energie in Wärme ableitet.

### **Wie verhält sich denn ein Schrittmotor, wenn er der Schrittfolge nicht nachkommen kann ?**

Er rastet aus, der Rotor verliert die Synchronität zum Drehfeld. Dabei geht auch ein starker Drehmomentverlust einher und bleibt dann meist nach endlicher Zeit stehen. Einmal ausgerastet, fängt er sich in der Regel nicht wieder. Am Ende verliert er nicht einen Schritt oder beliebige, sondern immer auf die Polpaarzahl des Motors bezogene Schrittzahlen.

Beispiel: 50pol. 2-Phasenschrittmotor mit 400 Halbschritten/Umdrehung macht 8 Halb- oder 4 Vollschritte oder ein Vielfaches davon. Analog beim 5-Phasenmotor mit 1000 Halbschritten/Umdrehung macht 20 Halb- oder 10 Vollschritte oder ein vielfaches davon.

### **Wann ist eine zusätzliche Drehüberwachung sinnvoll ?**

Eigentlich nur, wenn sehr teure Werkzeuge oder Personenschutz im Spiel sind und ein entsprechender Schutz über Redundanz und Diversität gefordert wird

**Ist der Schrittmotorantrieb richtig dimensioniert, bietet er ein absolut zuverlässiges Antriebsselement.**

### **In welchen Anwendungen bietet mir der Schrittmotor nutzbare Vorteile ?**

- bei kurzen, sehr schnellen Bewegungsanforderungen
- durch sein hohes Haltemoment ideal geeignet für autom. Maschinenverstellungen (Format, Anschlag, ...)
- Sicherheit bei TÜV-Anforderungen im Bereich des Personenschutzes, da bei Überlast das Drehmoment sofort nachlässt und nicht „nachgeschoben“ wird.
- sehr einfach in der Handhabung
- geringer Platzbedarf, bezogen auf Kraftanforderung
- Preisvorteile

### **Welchen Motortyp setze ich am geeignetsten ein: 2-, 3- oder 5-Phasen ?**

Im Prinzip nur eine Frage des Preises und der Philosophie, die man gerade vertritt. Sicher ist, dass der 2-Phasen-Schrittmotor der am weit verbreitetste und wohl preisgünstigste auf dem Markt ist. Ist man auf eine hohe und auch sehr genaue Schrittzahl pro Umdrehung angewiesen, sollte man die „natürliche“ Schrittauflösung des Motors betrachten. Diese liegt bekanntlich beim 5-Phasenmotor höher als beim 2-Phasenmotor. Eine elektronische Schrittunterteilung lässt zwar prinzipiell jede erdenkliche Auflösung (mit vertretbarem Aufwand) erreichen, nicht aber die sehr gute Steifigkeit des Haltemomentes und in der Regel auch nicht die natürliche Schrittwinkelgenauigkeit des Motors.

### **Was ist der Unterschied zwischen unipolarer und bipolarer Ansteuerung des Schrittmotors ?**

#### Unipolare Ansteuerung

Diese Leistungsteile sind für einfachste und preisgünstigste Applikationen gedacht, bei denen es nicht auf Bewegungsdynamik ankommt, sondern nur auf Verstellung in endlicher Zeit. Dazu muss ein Motor mit 6 Litzen verwendet werden, für jede Phase A und B eine Wicklung mit Mittelanzapf. Dieser Mittelanzapf wird an die positive Versorgungsspannung angelegt. Je nach Stromrichtung der Motorphase braucht dann nur eine der zwei Wicklungsenden auf Masse gelegt werden. Verwendet man Schrittmotoren mit relativ hohem Wicklungswiderstand, so wird der Phasenstrom einfach über die Beziehung  $I = U/R$  begrenzt. Als Schalter können einfache Transistoren verwendet werden.

#### Bipolare Ansteuerung

Bei Bipolarbetrieb wird jedes Wicklungsende direkt in den Diagonalkreis einer sogenannten H-Brücke geschaltet. (vier Transistoren, die die Motorphase immer diagonal links/recht an die Versorgung legen) Da in der Regel mit relativ hohen Spannungen gearbeitet wird, muss der Motorstrom begrenzt bzw. geregelt werden. Im Zusammenhang mit niederohmigen Hybridschrittmotoren sind sehr hohe Positionierdynamiken möglich.

### **Wozu eigentlich 2-Phasen Schrittmotoren mit 8 Litzen ?**

Bei 8-litzigen Schrittmotoren besteht jede Phase aus zwei getrennten Einzelphasen. Damit besteht die Möglichkeit, die Teilphasen in Serie oder Parallel zu schalten.

#### Serienschaltung

Wird angewendet, wenn das Leistungsteil nicht genügend Strom steuern kann und man trotzdem ein hohes Drehmoment benötigt. Wegen der Erhöhung der Wicklungsinduktivität nur für kleine Drehzahlen geeignet.

#### Parallelschaltung Standard

Wird angewendet, wenn das Leistungsteil genügend Strom steuern kann. Wegen der kleineren Wicklungsinduktivität für höhere Drehzahlen geeignet.