

**Versuchsstand für Kleinmotoren – Aufbau  
und Einrichtung eines neuen  
Praktikumsversuchs mit einer bürstenlosen  
Gleichstrommaschine und einem  
Hybrid-Schrittmotor**

Daniel Probst

16. Mai 2013, Regensburg

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Schrittmotor</b>	<b>1</b>
1.1	PM-Schrittmotor . . . . .	2
1.1.1	Funktionsweise . . . . .	2
1.2	Reluktanzschrittmotor . . . . .	3
1.3	Hybridschrittmotor . . . . .	3
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>5</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>6</b>

# 1 Schrittmotor

Schrittmotoren funktionieren vom Prinzip her ebenso wie die bürstenlosen Gleichstrommaschinen wie eine Synchronmaschine. Der Unterschied zu den BLDC-Maschinen liegt darin, dass bedingt durch den Aufbau eine Umdrehung in eine bestimmte Anzahl von Schritten unterteilt werden kann. Diese Anzahl lässt sich je nach Ansteuerungsart noch weiter unterteilen.

Durch die Kenntnis des zurückgelegten Winkels kann man hier auf eine Positionsregelung, welche eine Rückführung der Lage notwendig macht, verzichten, da man darauf vertraut, dass die gewollte Position eingenommen wird. Dies nennt man regelungstechnisch eine offene Steuerkette und ist auch der größte Vorteil gegenüber anderen Positionierantrieben, da eine aufwendige und somit auch teure Positionserkennung hinfällig ist.

Die offene Steuerkette bringt bei der Auslegung des Schrittantriebes jedoch auch gewisse Besonderheiten mit sich, die beachtet werden müssen. So ist der Antrieb im Allgemeinen für die auftretenden Lastmomente überzudimensionieren, da es sonst zu Schrittverlusten und im schlimmsten Fall zum Stillstand kommen kann. Weiterhin ist die maximale Drehzahl begrenzt, da, wie später noch gezeigt wird, das maximal aufbringbare Drehmoment ab einer gewissen Drehzahl stark abfällt. Die Frequenz, mit der ein Schrittmotor ohne Verlust losfahren kann, ist ebenfalls begrenzt.

In der Praxis haben sich Schrittmotoren vor allem bei leistungsarmen und drehzahl-niedrigen Anwendungen durchgesetzt. Als Beispiele sind hier

- Drucker
- CD-ROM-Laufwerke und Festplatten
- Positioniertische
- Kleinroboter

zu nennen.

Als Bauformen haben sich im Wesentlichen drei verschiedene durchgesetzt. Dies sind der PM-Schrittmotor, der Reluktanzschrittmotor und der Hybridschrittmotor. Der Aufbau sowie die Wirkungsweise dieser drei Arten von Schrittmotoren soll zunächst dargestellt werden, bevor auf die Ansteuerung, die Vermessung und Simulation des verwendeten Motors sowie einen konkreten Anwendungsfall eingegangen wird.

## 1.1 PM-Schrittmotor

PM-Schrittmotoren (PM steht hierbei für permanent magnet) trägt seinen Namen daher, dass der Läufer aus einem Permanentmagneten besteht. Von dieser Bauform gibt es noch einmal weitere Unterformen, genannt seien hier der Klauenpol- und der Scheibenmagnet-schrittmotor. Zunächst soll die Funktionsweise anhand eines grundsätzlichen Modells erläutert, anschließend auf die konstruktionstechnischen Besonderheiten der Unterformen eingegangen werden.

### 1.1.1 Funktionsweise

In Abbildung 1.1 ist ein zweisträngiger PM-Schrittmotor mit 2 Polen nach [2] dargestellt. Es werden die beiden Möglichkeiten für je einen erregten Strang gezeigt. So ist im linken Bild Strang A und im rechten Bild Strang B erregt. Die Positionen, die der Rotor dabei einnimmt, sind bereits gezeichnet. Zu begründen ist dies mit dem geringsten magnetischen Widerstand bei diesen Positionen. Betrachtet man das linke Bild, so erhält man unter Anwendung der Rechte-Hand-Regel im Stator oben einen Südpol und unten einen Nordpol. Der Rotor richtet sich dann danach aus. Analog verfährt man beim rechten Teilbild.

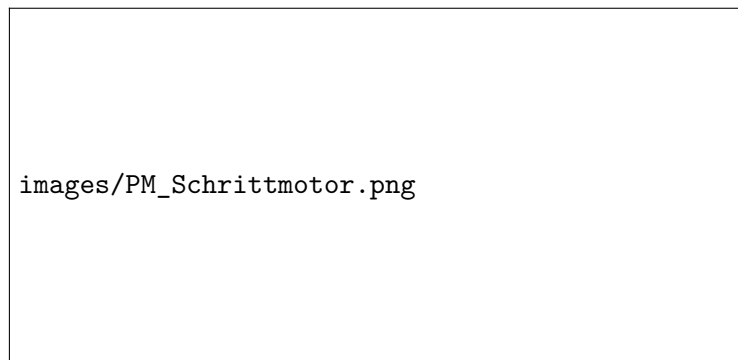


Abbildung 1.1: Prinzippild eines zweisträngigen PM-Schrittmotors

Nimmt man nun an, dass immer nur ein Strang bestromt wird, so erhält man vier mögliche Rotorlagen, je nach bestromtem Strang und Richtung des Stromes. Eine solche Rotorlage nennt man beim Schrittmotor Vollschrift. Das behandelte Modell lässt sich also in vier Vollschrift unterteilen. Generell gilt für die Anzahl der Vollschrift  $z$  Formel (1.1). Hierbei ist  $p$  die Polpaarzahl des Motors und  $m$  die Strangzahl.

$$z = 2 \cdot p \cdot m \quad (1.1)$$

Geht man davon aus, dass im Modell oben bei Strang A der Winkel  $\beta_m$   $0^\circ$  beträgt und im Uhrzeigersinn positiv gezählt wird, was eigentlich nicht üblich ist, so können die Winkel  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $270^\circ$  angefahren werden.

Bisher galt die Annahme, dass nur ein Strang bestromt werden kann. Dies muss allerdings nicht sein. Es können auch beide Stränge bestromt werden. Erregt man die beiden Stränge A und B zum Beispiel so, dass oben und rechts ein Südpol entsteht, dann wird aufgrund des geringsten magnetischen Widerstands der Rotor eine Lage von  $45^\circ$  einnehmen.

Werden nun immer zwei Stränge erregt, so erhält man wieder vier Vollschrötte, diesmal allerdings mit um  $45^\circ$  verschobenen Winkeln. Das Drehmoment ist bei zwei bestromten Strängen allerdings höher als bei nur einem erregten Strang, da sich die Magnetfelder überlagern. Geht man davon aus, dass der Betrag der beiden Ströme gleich groß ist, so erhält man aufgrund der geometrischen Addition eine Kraft, die  $\sqrt{2}$  Mal so groß ist wie bei einem erregten Strang.

Tabelle 1.1 zeigt die anfahrbaren Winkel des Modells bei Vollschröttbetrieb [2].  $n$  ist hierbei die Anzahl der stromdurchflossenen Stränge.

Tabelle 1.1: Winkel  $\beta_m$  bei Vollschröttbetrieb und unterschiedlich erregten Statorsträngen

Schrött	1	2	3	4
Winkel $\beta_m$ bei Vollschröttbetrieb und $n = 1$	$0^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$	$270^\circ$
Winkel $\beta_m$ bei Vollschröttbetrieb und $n = 2$	$45^\circ$	$135^\circ$	$225^\circ$	$315^\circ$

## 1.2 Reluktanzschrittmotor

## 1.3 Hybridschrittmotor

Aufbau  
und Wir-  
kungswei-  
se

Aufbau  
und Wir-  
kungswei-  
se

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Prinzipbild eines zweisträngigen PM-Schrittmotors . . . . .	2
-----	---	---

# Tabellenverzeichnis

1.1	Winkel $\beta_m$ bei Vollschr <tbody></tbody>	3
-----	---	---

# Literaturverzeichnis

- [1] Groß, Hans, Jens Hamann und Georg Wiegärtner: *Technik elektrischer Vorschubantriebe in der Fertigungs- und Automatisierungstechnik*. Publicis Corporate Publishing, Erlangen, 2006.
- [2] Schröder, Dierk: *Elektrische Antriebe - Grundlagen*. Springer-Verlag, Berlin, 2007.
- [3] Stölting, Hans Dieter und Eberhard Kallenbach: *Handbuch Elektrische Kleinantriebe*. Carl Hanser Verlag, München, 2001.