

Georg Simon Ohm Hochschule Nürnberg Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik	<b>Praktikum elektrische Antriebe</b>  <b>Büstenloser Gleichstrommotor</b>	<b>Erläuterungen E 5</b>  Blatt 1 von 4 Groß 10/10
---	--	---

	Blatt	Ausgabe
0 Inhaltsverzeichnis	1	Okt. '10
1 Kurzbeschreibung	2	März '10
2 Schwierigkeiten der Messtechnik	3	März '10
3 Anwendungsbereiche	4	März '10

In diesen Erläuterungen sind ergänzende Informationen zu den Arbeitsblättern A 5 enthalten. Erklärungen während des Praktikums, die von allgemeinem Interesse sind, sind in E 0.1 erläutert.

## 1 Kurzbeschreibung

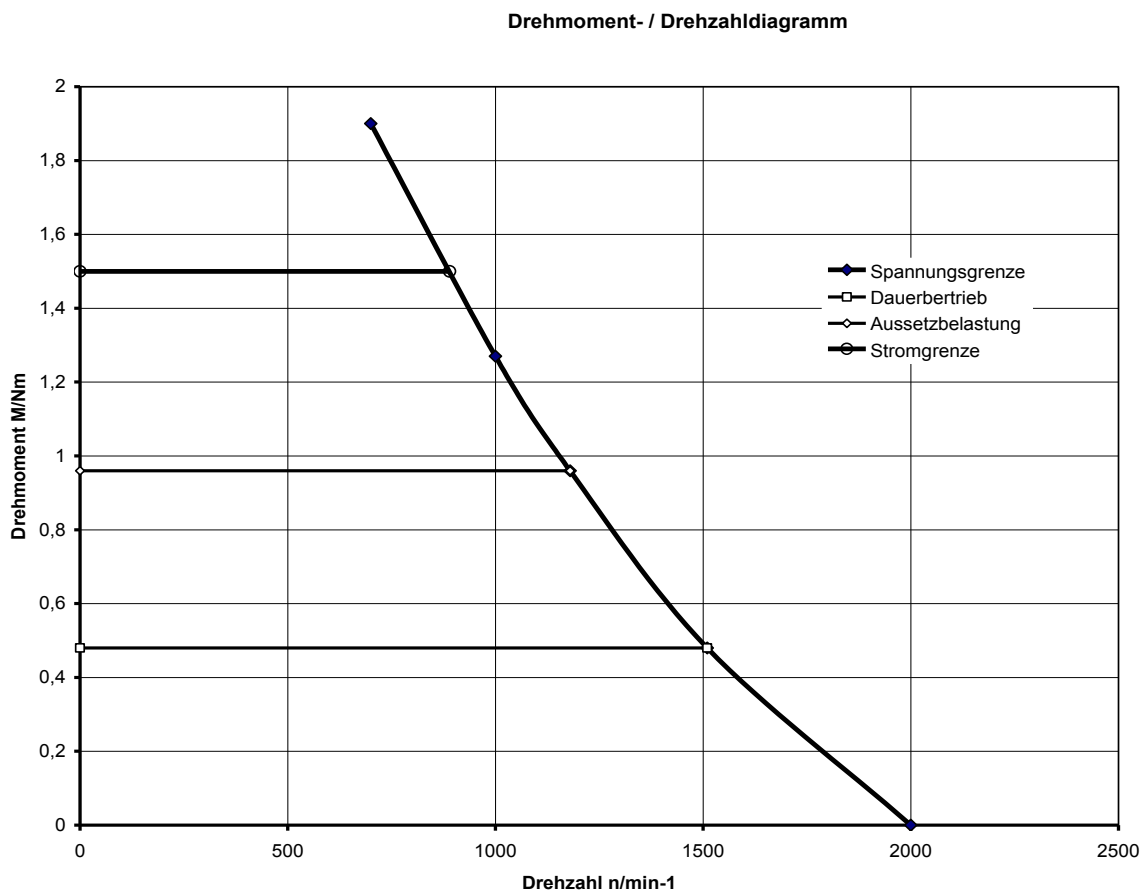
Der SIMODRIVE POSMO A ist ein intelligenter, dezentraler Positionierantrieb als Teilnehmer am Feldbus PROFIBUS-DP. Alle Daten für Inbetriebnahme, Betrieb und Fehleranzeigen des Antriebs werden über den Bus zwischen Motor und SPS und weiter über eine Schnittstelle von der SPS zum PC bzw. umgekehrt übertragen.

Der vorhandene POSMO A hat folgende technische Daten, er wird im Versuch mit 24 V Gleichspannung versorgt:

Büstenloser Gleichstrom-Servomotor, Basis 1FK6, 3-strängige Wicklung.

Dauerbetrieb S1:	$1\,500\text{ min}^{-1}$ , 0,48 Nm, 75 W, 5,25 A.
Kurzzeitbetrieb S3, 25% ED, bei 4 min Spieldauer:	$1\,200\text{ min}^{-1}$ , 0,95 Nm, 120 W, 10,5 A.

Die als Servomotoren eingesetzten bürstenlosen Gleichstrommotoren sind für kurzzeitige Überlastungen zum Beschleunigen ausgelegt. Üblich sind Überlastdrehmomente vom 2–3fachen Dauerdrehmoment. Beim POSMO A-Motor ist dieser Überlastbereich im Aussetzbetrieb S3 mit 25% Einschaltdauer bei einem 4 min Schaltspiel zulässig (siehe Bild 1).



**Bild 1**  $M_M(n_M)$ -Diagramm des POSMO A-Motors an 24 V Gleichspannung

Aussetzbelastung S3, 25% ED, 4 min:	0,95 Nm, 120 W bei $1\,200\text{ min}^{-1}$ .
Dauerbetrieb S1:	0,48 Nm, 75 W bei $1\,500\text{ min}^{-1}$ .

Georg Simon Ohm Hochschule Nürnberg Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik	<b>Praktikum elektrische Antriebe</b>  <b>Büstenloser Gleichstrommotor</b>	<b>Erläuterungen E 5</b>  Blatt 3 von 4 Groß 03/10
---	--	---

Begrenzt wird das  $M_M = f(n_M)$ -Diagramm durch eine Strom- und eine Spannungsgrenze. Die Stromgrenze wird durch die Transistoren bestimmt. Die Spannungsgrenze ist die Verbindungslinie der Punkte, wo die Summe aus induzierter Gegenspannung  $\bar{e}_M$  und ohmschem Spannungsabfall  $R_A \cdot \bar{i}_A$  so groß wird wie die Zwischenkreis-Gleichspannung. Bei weiterer Belastung fällt die Drehzahl ab. Der Stromrichter schaltet hier die Spannung ohne Pulsweitenmodulation als Spannungsblock auf die Motorwicklungen. Betriebspunkte mit kleinerer Drehzahl werden mit einer pulsweitenmodulierten Spannung betrieben (der Mittelwert wird kleiner).

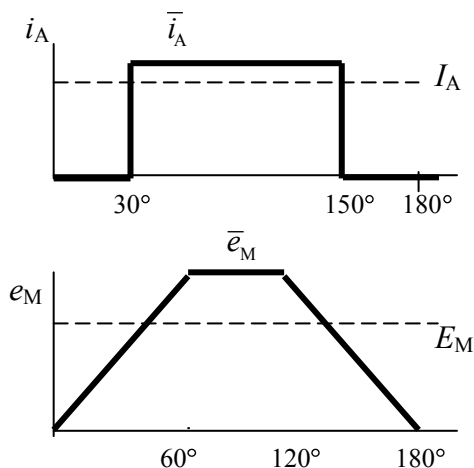
Der bürstenlose Gleichstrommotor wird normalerweise wegen seinem permanenterregten Magnetfeld ohne Feldschwächung betrieben. Er arbeitet im Ankerstellbereich mit einer drehzahlunabhängigen Drehmomentcharakteristik ( $M_M = f(n_M) = \text{konst.}$ ). Er ist somit für Maschinen geeignet, die ein drehzahlunabhängiges Lastdrehmoment aufweisen. Das sind insbesondere Vorschubantriebe an Werkzeugmaschinen und viele Stellantriebe an Be- und Verarbeitungsmaschinen. Er wird wegen seiner Robustheit zunehmend auch in Kraftfahrzeugen eingesetzt.

## 2 Schwierigkeiten der Messtechnik

Der bürstenlose Gleichstrommotor wird mit 2-, 3-, 4-, usw. Wicklungssträngen gebaut. Durchgesetzt haben sich 3-strängige Wicklungen, weshalb er mit einem Drehstrommotor verwechselt werden kann. Es ist aber ein Gleichstrommotor mit der Ankerwicklung im Ständer und dem permanenterregten Erregerfeld im Läufer. Der zugehörige Stromrichter ist der externe Kommutator und kein Wechselrichter. Er wird von einem Rotorlagegeber gesteuert, der sicherstellt, dass je nach Lage der Läufermagnetpole die richtigen Ständerwicklungen Strom führen. Wie beim Gleichstrommotor sind dann Erregerfeld und Ankerfeld  $90^\circ$  elektr. gegeneinander versetzt.

Wie die im Manuskript, Abschnitt 4, dargestellte Wirkungsweise zeigt, werden immer 2 in Reihe geschaltete Wicklungen an die Spannung des Zwischenkreises geschaltet. Die Spannungshöhe wird mittels einer Pulsweitenmodulation von 0 bis zur max. Spannung gesteuert, und dadurch die Drehzahl bestimmt.

Spannung und Strom sind variable Gleichgrößen. Sie werden mit kleinen Buchstaben angegeben. Maßgebend für die innere Leistung und das Drehmoment sind die mit einem Querstrich gekennzeichneten Dachwerte. Die üblichen Vielfachmessgeräte messen Effektivwerte, die mit großen Buchstaben dargestellt werden. Die theoretisch abgeleiteten Zusammenhänge zeigt Bild 2:



Blockförmiger Strom mit  $120^\circ$  elektr. Stromflussdauer:

$$\text{Effektivwert } I_A = 0,817 \cdot \bar{i}_A$$

$$\text{Dachwert } \bar{i}_A = 1,22 \cdot I_A$$

Trapezförmige Spannung mit  $60^\circ$  elektr. Flanken:

$$\text{Effektivwert } E_M = 0,746 \cdot \bar{e}_M$$

$$\text{Dachwert } \bar{e}_M = 1,34 \cdot E_M$$

**Bild 2** Größen beim blockförmigen Strom und der trapezförmigen induzierten Gegenspannung

Georg Simon Ohm Hochschule Nürnberg Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik	<b>Praktikum elektrische Antriebe</b>  <b>Büstenloser Gleichstrommotor</b>	<b>Erläuterungen E 5</b>  Blatt 4 von 4 Groß 03/10
---	--	---

Wenn mit dem Vielfachinstrument an den 3 Leitungen zum büstenlosen Gleichstrommotor eine Effektivwertmessung scheinbarer Drehstromgrößen durchgeführt wird, so macht man folgende Fehler:

- Gemäß der Wirkungsweise des büstenlosen Gleichstrommotors sind immer nur 2 Stränge stromführend. Die bei symmetrischer Belastung eines Drehstromsystems zulässige Messung eines Stroms und der verketteten Spannung der beiden anderen Phasen zu Ermittlung der Gesamtleistung ist hier somit völlig falsch.
- Die gemessenen Effektivwerte sind abhängig von der Ein- und Ausschaltzeit der Pulsweitenmodulation, also von der Drehzahl.
- Die Effektivwerte geben nicht die für die innere Leistung maßgebenden Dachwerte an.

Somit sind die Effektivwerte hier nicht brauchbar, sondern es sind die, mit dem Oszilloskop zu ermittelnden Dachwerte, die richtigen Größen für die Leistung und das Drehmoment des büstenlosen Gleichstrommotors. Durch die Drehzahlabhängigkeit und die vorhandenen Oberschwingungen, sowohl im Strom als auch in der Spannung, werden die genannten theoretischen Faktoren aus der Messung jedoch nicht exakt ermittelbar sein.

Die Weiterentwicklung dieser Antriebsart ist der Synchron-Servomotor. Hier wird durch Polform und Wicklung eine sinusförmige induzierte Gegenspannung erreicht und der Strom ebenfalls sinusförmig durch entspr. Modulation der Spannung vorgegeben. Die Rotorlage muss dann genauer erfasst werden. Dieser hochauflösenden Geber wird gleichzeitig zur Drehzahl- und Lageistwerterfassung für den Drehzahl- und einen übergeordneten Lageregelkreis genutzt. Obwohl hier alle 3 Stränge gleichzeitig Strom führen, ist der Stromrichter auch hier prinzipiell ein externer Kommutator für den Strom in der Ankerwicklung und kein Wechselrichter wie bei den frequenzgesteuerten Antrieben. Da aber sinusförmige Größen vorliegen, können Spannung, Strom und Leistung mit den normalen Effektivwertmessgeräten gemessen werden, sofern deren Messfähigkeit für die Taktfrequenz der Pulsweitenmodulation geeignet ist.

Aufbau und Wirkungsweise eines büstenlosen Gleichstrommotors sind im Manuskript von H. Prof. Dr. Zägelein in Abschnitt 4 ausführlich beschrieben.

### 3 Anwendungsbereiche

Büstenlose Servomotoren sind mit einer Ansteuerung über Stromrichtergeräte, die mit einfachen analogen Bauteilen oder mit hochintegrierten digitalen Schaltungen und entsprechender Software aufgebaut sind, als Servoantriebe weit verbreitet. Bei Werkzeugmaschinen sind Vorschubantriebe an Dreh- und Fräsmaschinen für die Produktion das bevorzugte Einsatzgebiet. Auch im Sondermaschinenbau und bei Transferstraßen finden sie vielfältigen Einsatz. Bei Handhabungsgeräten, Robotern, Zuführungseinrichtungen, wo es auf schnelles Positionieren ankommt, sind diese Antriebe sehr stark vertreten. Auch bei Antrieben in der allgemeinen be- und verarbeitenden Industrie finden sie vielfältige Anwendungsbereiche. Hinzu kommen Motoren für Lüfter und für viele Kleinantriebe in Geräten, Kraftfahrzeugen und Maschinen, bei denen die Drehzahlveränderbarkeit und Wartungsfreiheit eine Rolle spielt.

Neuere Motorentwicklungen, wie der im Versuch gemessene POSMO-A, integrieren die Ansteuerelektronik in den Motor. Die Leistungsversorgung erfolgt über eine zentrale Gleichspannungsschiene. Eine Busanbindung erlaubt die ständige Überwachung durch Daten-Ein- und Auslesen.