



Bild 1: Schwimmender Roboter.



Bild 2: Fahrender Roboter.



Bild 3: Ein Roboter für – fast – jedes Gelände.

DC-Motorantriebe

Ein Roboter im Dienste der Umwelt

Auf hügeligem Terrain, in verwinkelten Gewässern, im schlammigen Sumpf. „Chico Mendes“ fühlt sich in jeder noch so ungemütlichen Umgebung pudelwohl. Mit einer Größe von 1,20 m, seinen vier wendigen Beinen und einem ausgeprägten analytischen Spürsinn ist er für das Leben im 370 Quadratkilometer großen Regenwald des Amazonas optimal gewapnet.

Nein, wir sprechen hier nicht von einem exotischen Tier, sondern vom neusten Umweltroboter des brasilianischen Energiekonzerns Petrobras. Der Roboter wurde mit Hilfe der neusten U-Boot- und Antriebstechnologie in einem Gemeinschaftsprojekt zwischen der sozio-ökologischen Forschungsinstitution Piatam (Potential Impacts and Environmental Risks of the Petroleum and Gas Industry in the Amazon), der staatlichen brasilianischen Universität und Petrobras entwickelt.

„Chico Mendes“, der nach dem gleichnamigen, im Jahre 1988 getöteten Regenwaldschützer getauft wurde, hat vier Zwinglingsbrüder. Zusammen mit ihnen wird er ab Mitte 2008 die Qualität von Land und Wasser entlang der neuen, 420 km langen Gas Pipeline am Solimões und Negro untersuchen. Die Ufer der beiden amazonischen Flüsse gehören weltweit zu den größten und geheimnisvollsten Ökosystemen überhaupt. Die fünf Umweltroboter sind ausgerüstet, um phy-

siochemische Parameter wie Sauerstoffgehalt oder PH-Wert der Gewässer zu analysieren. Zudem haben sie die Ausrüstung an Board, um Moskitolarven hochauflösend zu fotografieren oder Urwald- und Flussbettgeräusche originalgetreu aufzunehmen. Von all diesen Daten, die fortlaufend elektronisch übermittelt werden, verspricht sich Piatam ein representatives Bild des ökologischen Zustands rund um die neue Pipeline.

Bei der Entwicklung von „Chico Mendes“ hat man besonders darauf geachtet, dass sich der hybride Umweltroboter optimal an die Regenwaldlandschaft anpassen kann. So darf er im Dienste der Natur diese selbst auf keinen Fall beschädigen. Diese Spezifikationen stellten unter anderem eine besondere Herausforderung für die Antriebstechnik dar.

„Chico Mendes“ kämpft sich mit der Hilfe von elektrischen Mikroantrieben aus der Schweiz durch Schlamm, Wasser und Sumpf: Zum Einsatz kommen acht Gleichstrommotoren von maxon motor. Diese erbringen viel Leis-

tung auf kleinstem Raum und zeichnen sich besonders durch ihre lange Lebensdauer aus. Neben den beschriebenen Eigenschaften war der geringe Energieverbrauch sicher ein weiterer wesentlicher Punkt, weshalb man sich im Rahmen des Piatam Projects für DC-Motoren von maxon entschieden hat. So werden die Umweltroboter in einer ersten Phase mit Solarenergie angetrieben. Mit einem Wirkungsgrad von über 90 % sind die Mikromotoren von maxon ideal für eine solche Anwendung geeignet.

maxon RE 40-Motoren kommen in allen vier Rädern des Roboters zum Einsatz. Die Räder bestehen aus Glas-



▶ AUTOR

Ney Robinson, PETROBRAS Petróleo Brasileiro S.A. und Albert Bucheli, Dipl. Ing. HTL/STV, Leiter Marketingsupport, maxon motor ag, CH-6072 Sachseln

fasern und haben einen Durchmesser von 66 cm. Weiter sind vier maxon RE 35-Motoren in der adaptiven Federung untergebracht, welche sich je nach Terrain und Wassergegebenheiten automatisch an die Bedingungen im Regenwald anpasst. Für genügend Drehmoment des 1,50 m langen, 2,20 m breiten und 1,20 m hohen Gefährts sorgen zwei Planetengetriebe mit 42 bzw. 52 mm Durchmesser.

Die hohe Dynamik des Umweltroboters erfordert ebenso eine dynamische Elektronik zur Steuerung der Gleichstrommotoren. Mit der digitalen maxon motor-Positioniersteuerung EPOS 70/10 können alle operierenden DC-Motoren präzise gesteuert werden. Die Abkürzung EPOS steht für „Easy-to-use Positioning“. Alle EPOS-Steuerungen können nach CANopen-Standards vernetzt werden. Die Programmierung der Antriebe erfolgt nach IEC 61131-3 Standard über ein einfach aufgebautes Software-Tool mit grafischem Benutzer-Interface.

Schlüsselstellung Gleichstrommotorantrieb

Von der Servo-, Roboter- und Handhabungstechnik, dem Automobilbau, der Medizin und Chirurgie, vom Geldscheinautomaten bis zur Computerindustrie kommt die Forderung nach High Tech Antrieben. Die Systeme müssen platzsparend, reaktionsschnell und regelbar sein und den hohen Lebensdauerforderungen entsprechen. Maxon motor nimmt dank innovativen und praxisgerechten Lösungen sowie einem umfangreichen Angebot eine dominierende Stellung ein. Das Schweizer Unternehmen entwickelt, produziert und vertreibt unter dem Markennamen maxon motor hochwertige Antriebskomponenten und -Systeme.

Die Gleichstrommotoren dieses Herstellers kommen in vermehrter Masse im Maschinen- und Gerätebau zum Einsatz. Dazu tragen unter anderem bei:

- ▶ kleinere und stärkere Motoren – der kleinste Motor misst gerade 6 mm im Durchmesser und leistet problemlos 1,2 W. Der zehnmal größere 60 mm EC-Motor bringt 400 W.
- ▶ Das Baukastensystem mit Tacho, Encoder und Steuerung sowie die Flexibilität bei spezifischen Wünschen.

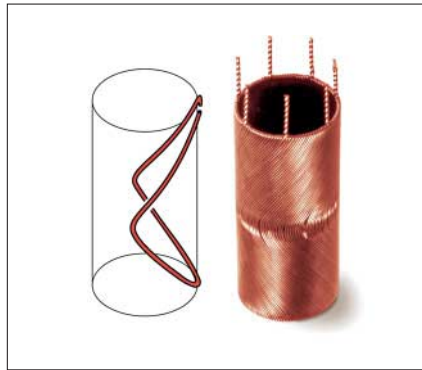


Bild 4: Die eisenlose Wicklung maxon.

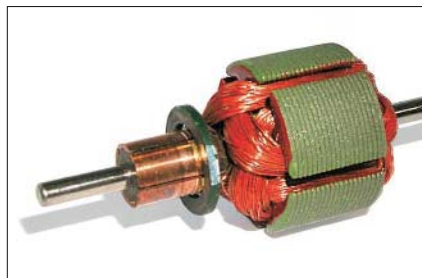


Bild 5: Rotor eines konventionellen Gleichstrommotors.

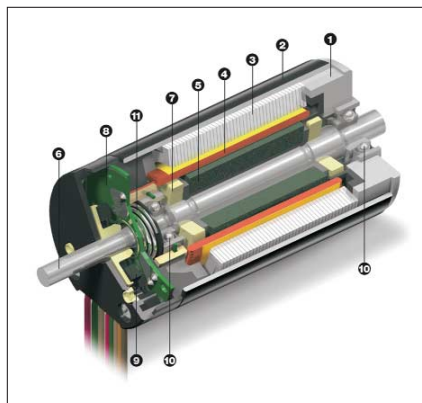


Bild 6: Elektronisch kommutierter maxon EC motor: 1 Flansch, 2 Gehäuse, 3 Statorpaket, 4 Wicklung, 5 Permanentmagnet, 6 Welle, 7 Auswuchscheiben, 8 Print mit Hall-Sensoren, 9 Steuermagnet, 10 Kugellager, 11 Vorspannung.

- ▶ Die heutige Tendenz zur Dezentralisierung der Antriebe und die universelle Einsatzmöglichkeiten.
- ▶ Die spezielle Motoren-Technologie mit den damit verbundenen Vorteilen.

Das „Herzstück“ der im folgenden beschriebenen Gleichstrommotoren ist die weltweit patentierte eisenlose Wicklung, System maxon (Bild 4). Zum Vergleich: Der Rotor eines konventionellen Gleichstrommotors besteht aus einem Eisenzylinder (Eisenkern oder Ankereisen) mit eingelegten

Spulensegmenten (Bild 5). Diesem Rotor lasten an, ein großes Massenträgheitsmoment, hohe Induktivität und daher eine lange Anlaufzeit. Demgegenüber rotiert beim maxon DC motor eine reine Kupferwicklung im Magnetfeld. Durch die spezielle Formgebung wird die Wicklung selbsttragend, auch Käfigläufer genannt. Zu jedem Motortyp stehen zahlreiche Wicklungen für optimale Anpassung an die jeweiligen Nennspannungen zur Verfügung. Erreicht wird diese Differenzierung durch den Drahtquerschnitt und die Windungszahl. Ergebnis daraus sind unterschiedliche Anschlusswiderstände der Motoren. Einige technische Vorteile:

- ▶ kein magnetisches Rastmoment, das Ankereisen fehlt. Der Rotor hält in jeder beliebigen Position an
- ▶ hohe Beschleunigung dank kleinem Massenträgheitsmoment
- ▶ kleine Induktivität
- ▶ hoher Wirkungsgrad – mit bis zu 90 % wesentlich höher als bei konventionellen Motoren
- ▶ Linearität zwischen Spannung und Drehzahl sowie zwischen Belastung und Drehzahl
- ▶ kleine Abmessungen dank kompakter Bauweise.

Kommutierung

Edelmetallbürsten und -kollektoren garantieren hohe Konstanz des niedrigen Übergangswiderstandes auch nach längerem Stillstand. Kleinste Anlaufspannungen und geringe elektrische Störungen sind weitere Vorteile. Der Einsatz des CLL-Systemes (Capacitor Long Life) unterdrückt die Funkenbildung und erhöht deutlich die Lebensdauer des Kommutierungssystems. Die Motoren sind in hohem Masse prädestiniert für High Tech Anwendungen in batteriebetriebenen Geräten.

Graphitbürsten eignen sich in Verbindung mit Kupferkollektoren für den harten Einsatz im Umkehr- und Start-Stop-Betrieb. Mehrere 10 Mio. Zyklen sind durchaus erreichbar.

Elektronisch kommutierte DC-Servomotoren

Die elektronisch kommutierten DC-Servomotoren zeichnen sich speziell aus ▶



Bild 7: Planetengetriebe.

durch ein günstiges Drehmomentverhalten, hohe Dynamik, einen extrem großen Drehzahlbereich und selbstverständlich durch die Lebensdauer. Die Wicklungstechnologie erlaubt zusammen mit dem Beschaltungsverfahren „Stern“ und „Dreieck“ eine Vielzahl von Motorausführungen. Das Konzept den Steuermagneten vom Hauptmagneten zu trennen, hat sich bewährt. Somit sind die Hall-Sensoren der elektronischen Kommutierung vor Störungseinflüssen des Magneten und der hohen Wicklungsströme geschützt (Bild 6). Einige spezielle technische Vorteile der maxon EC motoren sind:

- ▶ keine mechanische Kommutierung
- ▶ Lebensdauer nur durch die Kugellager begrenzt
- ▶ ohne Rastmoment
- ▶ hervorragende Regeleigenschaften
- ▶ hoher Wirkungsgrad.

Getriebe

Wenn die Leistung bei stark erhöhtem Drehmoment und entsprechend reduzierter Drehzahl erbracht werden soll, so ist die Verwendung eines Getriebes notwendig. Am häufigsten werden Stirnrad- und Planetengetriebe eingesetzt. Stirnradgetriebe sind preisgünstig. Planetengetriebe eignen sich besonders zur Übertragung hoher Drehmomente (Bild 7). Der innovative Einsatz von High-Tech Bauteilen aus Keramik führt zu einer markanten Leistungssteigerung der Getriebe. Heute werden nebst Achsen auch Planetenträger, ja sogar Verzahnungsteile aus High-Tech Keramikwerkstoffen hergestellt. Für maxon ist das Keramikpulver-Spritzgießen ein Kernprozess, der an Bedeutung gewinnt.

Tacho / Encoder

Grundsätzlich ist jeder maxon DC motor als Gleichstromtacho verwendbar. Ein

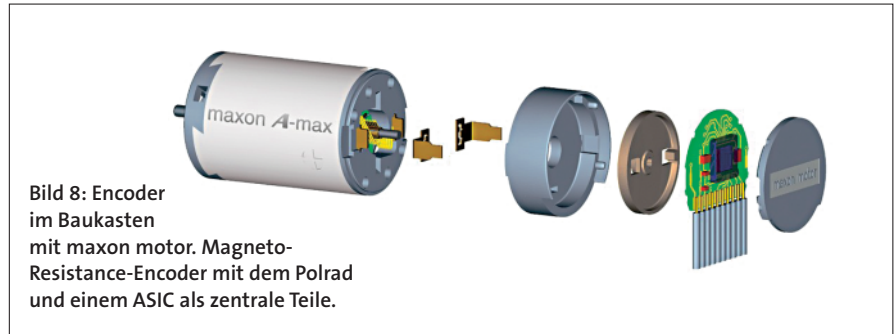


Bild 8: Encoder im Baukasten mit maxon motor. Magneto-Resistance-Encoder mit dem Polrad und einem ASIC als zentrale Teile.

Gleichstromtacho wird vorzugsweise zur Drehzahlregelung eingesetzt, da die abgegebene Spannung praktisch proportional der Drehzahl ist. Der ideale Gleichstromtacho hätte a) einen unendlich kleinen Innenwiderstand, b) eine sehr hohe spezifische Spannung, c) keinen Ripple, d) keine Temperaturabhängigkeit, e) keinen Linearitätsfehler und f) keinen Reversierfehler. Da diese Forderungen zum Teil gegenläufig sind, muss sich jeder Anbieter auf einen Kompromiss beschränken und seine Prioritäten bezüglich einzelner Parameter (z. B. Abmessungen, Temperaturabhängigkeit und Massenträgheit) setzen. Maxon offeriert einen Gleichstromtacho mit eisenlosem Rotor, AlNiCo Permanentmagnet und 22 mm Gehäusedurchmesser. Hierdurch wird

größte Linearität zwischen Drehzahl und Abgabespannung erzielt. Der Tachorotor ist aus Resonanzgründen starr mit der Motorwelle verbunden.

Für Positionierungen bieten sich Encoder an (Bild 8). Das Ausgangssignal ist periodisch von der Rotorwinkelposition abhängig und hat einen rechteckförmigen Verlauf. Beim optischen Prinzip der Gabellichtschranke sendet ein LED-Licht durch eine feingerasterte Impulsscheibe, die an der Motorwelle starr befestigt ist. Der Empfänger (Fototransistor) wandelt die Hell-Dunkel-Signale in entsprechende elektrische Impulse um, die in der dazugehörigen Elektronik verstärkt und aufbereitet werden. Neue Systeme arbeiten nach dem magnetischen System. Wesentliche Vorteile sind die Miniaturisierung, die hohe Auflösung und der günstige Preis. Eine Besonderheit ist die Kombination von Gleichstromtacho und Encoder. Das drehzahlproportionale Gleichspannungssignal erlaubt mit einfachen Mitteln eine Geschwindigkeitsregelung sowie das Erkennen der Drehrichtung. Die inkrementalen Encodersignale gestatten eine genaue Positionierung.

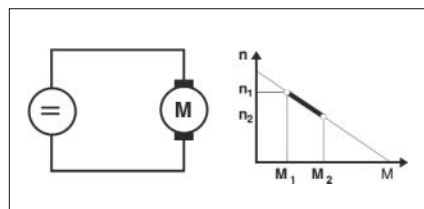


Bild 9: Drehzahl/Drehmoment-Kennlinie, eine motorspezifische Konstante.

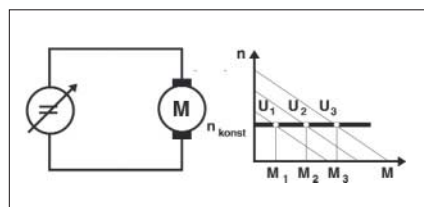


Bild 10: Variable Spannung.

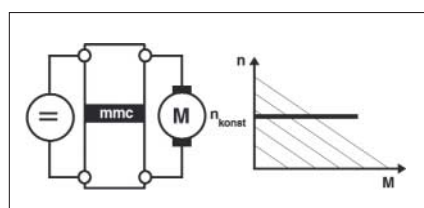


Bild 11: Elektronische Regelung.

Steuerung und Regelung

Ist ein Gleichstrommotor an eine feste Spannung angeschlossen, dann folgt die Drehzahl bei jeder Belastungsänderung der Drehzahl/Drehmoment-Kennlinie (Bild 9). Ergibt sich in einer Anwendung unter verschiedenen Belastungen eine zu große Drehzahländerung, so muss entweder ein stärkerer Motor eingesetzt oder die Betriebsspannung verändert werden (U1..2..3). Die Drehzahl bleibt konstant. Die Kennlinie verschiebt sich parallel (Bild 10). Das Verschieben der Kennlinie kann mit elektronischen Mitteln automatisiert werden. Der elektronische Regler

passt die Spannung dem jeweiligen Belastungszustand des Motors an. Das Gesamtsystem aus Regler und Motor erscheint nun mit einer flachen Kennlinie (**Bild 11**). Der Regler benötigt zur Drehzahlanpassung zwei Informationen: Welche Drehzahl soll geregelt werden (Sollwert) und welche Drehzahl ist bereits vorhanden (Istwert)? Der Vergleich dieser beiden Werte ergibt eine positive oder negative Abweichung. Der Regler ändert nun die Motorspannung solange, bis die Abweichung Null ist.

Die Servoverstärker von maxon arbeiten nach einem der beiden folgenden Prinzipien zur Ansteuerung der Endstufentransistoren:

a) Linear. Die Betriebsspannung wird aufgeteilt zwischen Motor und Endstufe. Der

Regler verändert die Spannung am Motor (UM) proportional (linear). Die an der Endstufe abfallende Spannung (UT) verursacht Verlustleistung. Vorteilhaft ist der einfache und preisgünstige Aufbau der Endstufe. Nachteilig ist die Verlustleistung, hervorgerufen durch kleine Motorspannungen und hohe Ströme. Der Linear Servo Control LSC ist zur Ansteuerung von Gleichstrommotoren bis 50 W geeignet.

b) Pulssteuerung. Der Regler schaltet in kurzen Intervallen (Pulse/Takte) den Motor EIN und AUS. Wird der AUS-Intervall länger, verlangsamt der Motor die Geschwindigkeit. Der massgebliche Mittelwert der Spannung ändert im Verhältnis der EIN zur AUS-Zeit. Nur wenig Energie wird in Wärme umgewandelt. Die puls-

weitenmodulierten Servo Controller PSC ist im Modulsystem für vier verschiedene Betriebsarten und Gleichstrommotoren bis 150 W ausgelegt.

Die elektronisch kommutierten EC-Motoren verlangen eine spezielle Steuerung. Einfache Drehzahlregelungen sind mit oder ohne Hallsensoren (im Motor) möglich. Für hochwertige Regelungen wird die Drehzahl mittels Encodersignalen erfasst. Man unterscheidet den unregelmäßigen Antrieb und den geregelten Antrieb – geschlossener Regelkreis. (jj)

	infoDIRECT	505ei0408
	www.elektronik-industrie.de	
	▶ Link zu Maxon	