

Schritt- und Servomotor: Technologien im Vergleich

Welche Motortechnologie eingesetzt wird, ist häufig von individuellen Einschätzungen oder Vorlieben geprägt. Betrachtet man jedoch neben wirtschaftlichen Aspekten auch technologische Eigenschaften, so kann dies zum Vorteil der jeweiligen Applikation genutzt werden. Jede Technologie hat spezifische Eigenschaften und ist daher für unterschiedliche Anwendungszwecke prädestiniert.

Betrachtet man nun die Technologien der Schritt- oder Servomotoren genauer, stellt man sehr schnell fest, dass die Unterschiede die Gemeinsamkeiten überwiegen. Technologisch gesehen handelt es sich bei beiden um Sonderbauformen von Synchronmaschinen. Dennoch lohnt sich aus wirtschaftlicher aber auch aus technischer Sicht ein genauerer Vergleich der beiden Antriebstechnologien.

Antriebs-Klassiker

Schrittmotoren sind bekannt als kostenoptimale, robuste Antriebe und werden in den verschiedensten Maschinen und Geräten eingesetzt. Die Anwendungen reichen hier von der einfachen Punkt-zu-Punkt-Positionierung im Bereich Handling und Automation, über schnelle Kurzzeitbewegungen in der Textilbranche bis hin zu Präzisions-Gleichlaufbewegungen bei der Druckvorlagenaufbereitung. Der Anwender schätzt insbesondere den unkomplizierten Aufbau (in der Regel ohne Rückmeldeeinrichtung), den wartungsfreien Betrieb und die einfache, schnelle Inbetriebnahme des Antriebs ohne mühseliges Einstellen von Regelparametern, relativ unabhängig von der Belastung und den trägen Massen. Betrachtet man die natürlichen Schrittmotoreigenschaften ergibt sich nachfolgend aufgezeichnetes Bild: Im Stillstand wird der Stator des Schrittmotors mit einem konstanten Strom- bzw. Flussvektor bestromt. Der Rotor stellt sich entsprechend den Lastbedingungen ein. Im Gegensatz zum geregelten Servomotor müssen über die Rückführung keine Positionsabweichungen ausgeregelt werden. Das Schrittmotorsystem regt im Stillstand keine Frequenzen an, damit weisen einfachste Schrittmotorsysteme einen völlig vibrationsfreien Stillstand auf. Dies kann bei Servomotoren nur mit sehr hochauflösenden Gebersystemen erreicht werden.

Gleichlaufverhalten

Der Rotor des Schrittmotors wird mit einem konstant hohen Strom- bzw. Flussvektor angetrieben und hat damit ein gleich bleibend günstiges Verhältnis zu den momentbildenden Störgrößen Rastmoment, Offset- und Amplitudenfehler.

Ein vektorgeregelter Servomotor muss über die Rückführung vorhandene Fehler ausregeln. Dies ist naturgemäß abhängig von der Auflösung des Positionsmesssystems und der Qualität der Regelung. Bei niedrigen Frequenzen verursacht die Quantisierung der Position Störungen im Gleichlaufverhalten. Jede Regelung hat eine obere Bandgrenze, ab der eine Kompensation von Gleichlauf Fehlern nicht mehr möglich ist. Hohe Gleichlaufanforderungen können daher mit einem Schrittmotorsystem mit geringem Aufwand abgedeckt werden.

Steifigkeit

Ein Schrittmotor hat eine, durch die Geometrie des Luftspalts vorgegebene, Abhängigkeit der Positionsabweichung von der Last. Die Steifigkeit eines Schrittmotors kann durch differenzieren aus dem statischen Drehmomentverlauf abgeleitet werden und ist unabhängig von der Last. Bei einem Servomotor ist die Steifigkeit durch die Verstärkung des Regelkreises

bestimmt. Aufgrund dynamischer Begrenzungen kann in einem geregelten System keine beliebig große Verstärkung eingestellt werden. In Systemen mit großer Totzeit oder komplexen Vielmassenschwingern, wie zum Beispiel Linearachsen mit Zahnriemen, kann häufig die Steifigkeit des Schrittmotors nicht erreicht werden.

Differenzierung

Erreichbare Drehzahlen und das Drehmomentverhalten gehören zu den wesentlichen Unterscheidungsmerkmalen der beiden Antriebsvarianten. Die maximalen Drehzahlen von Schrittmotoren reichen üblicherweise bis etwa 3600 min⁻¹, wobei sich das Drehmoment über die Drehzahl abbaut. Servomotoren hingegen erlauben eine Verstellung der Drehzahl in einem großen Bereich mit konstanter Leistungsabgabe. Je nach konstruktivem Motoraufbau werden heute Drehzahlen bis 14 000 min⁻¹ realisiert.

Auf Grund dieser Konstellationen ist der Schrittmotor in Anwendungen mit kurzen Distanzen und früher Drehmomentanforderung, nicht zuletzt wegen seiner geringeren Eigenträgheit, klar im Vorteil. Für lange Hübe mit hohen Geschwindigkeiten und Massen bietet sich der Servomotor durch seine hohen Drehmomente und Drehzahlen an. Durch entsprechende Getriebevorschaltungen lassen sich diese Drehmomente in großer Bandbreite weiter erhöhen und variieren.

Ein deutlicher Unterschied der beiden Antriebsvarianten liegt auch in der Auflösung der Schritte pro 360°. Während die Schrittmotortechnologie bei etwa 40 000 Incremente an ihre Grenzen stößt, erlauben Servomotoren Auflösungen bis 4 Mio. Schritte. Ein Vorteil, der in Anwendungen mit allerhöchsten Anforderungen an die Positioniergenauigkeit zum Tragen kommt. Um dies zu nutzen, ist auf Grund der hohen Frequenzen eine ausreichend leistungsfähige Regelelektronik notwendig.

In der Handhabung jedoch hat der Schrittmotor eindeutig die Nase vorne. Er zeichnet sich vor allem durch einfache Inbetriebnahmeigenschaften aus. Vom Verdrahtungsaufwand bis hin zur Motorabstimmung sind hier die Servos deutlich anspruchsvoller.

Haltemoment

Typisch für den Schrittmotor ist sein hohes Haltemoment, selbst wenn er spannungslos ist. Beim Abschalten des Ständerstroms tritt wegen der Wirkung des Läufermagneten eine feste Läuferstellung (Rastmoment) ein. Dies ist einer der Gründe, warum Schrittmotoren für Handhabung, Pick and Place oder etwa Formatverstellungen, Zuführungen usw. ideal sind. Mit hoher Dynamik, großer Drehmoment- und Drehzahlbandbreite sowie regelbarer Positioniergenauigkeit erfüllen Servoantriebe die im Maschinenbau zunehmenden Anforderungen, viel Masse mit hoher Geschwindigkeit bei großem Hub sicher und exakt zu positionieren. Sie eignen sich daher besonders für Roboter oder Vorschubachsen in NC-Maschinen. Andere, durch schnelle Bewegungen gekennzeichnete und damit prädestinierte, Einsatzgebiete finden sich etwa in Verpackungsmaschinen, der Laserbearbeitung oder der Fördertechnik.

Auch ist die Schrittmotortechnik noch nicht am Ende ihrer Entwicklung angelangt. Sie bietet immer noch Potenziale, die durch die heutigen Möglichkeiten in der Elektronik erst realisierbar sind.