



Erste Schritte bei der Dimensionierung und Auswahl von Servomotoren: Gründe für eine Systemlösung

Um die Dimensionen eines Servomotors zu bestimmen und ein passendes Modell für das jeweilige Maschinendesign auszuwählen, ist zunächst ein Verständnis der grundlegenden Komponenten eines Servomotors bzw. Servoantriebssystems erforderlich. Bei Servosystemen handelt es sich um geschlossene Regelkreise, die einen Teil der angestrebten Bewegung steuern. Ein Rückführsystem tauscht permanent Feedback zwischen Motor und Servoverstärker aus, sodass die Position, die Geschwindigkeit und das Drehmoment des angetriebenen Motors präzise gesteuert werden können.

Die Dimensionierung eines Servosystems erfordert einen ganzheitlichen Ansatz, bei dem sämtliche allgemeine Parameter in Bezug auf Mechanik, Elektrik und Programmierung herangezogen werden. Die folgenden Spezifikationen sollten Sie zuerst bestimmen:

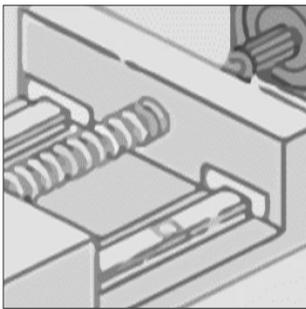
- Die mechanische Belastung
- Das Bewegungsprofil (inklusive Positionierungsanforderungen)
- Eigenschaften des Servomotors
- Die Umgebung, in der der Motor und die anderen Komponenten eingesetzt werden sollen
- Das zu verarbeitende Material und/oder den Prozess an sich



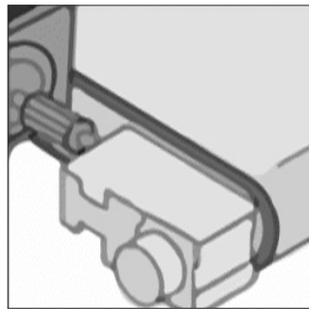
Parameter zur mechanischen Last und Bewegungsprofilen

Sehen wir uns zunächst die Auswirkungen der mechanischen Last und der Bewegungsanforderungen an. Die Grundlagen der newtonschen Physik lehren uns, dass eine Kraft (oder ein Drehmoment bei rotierenden Anwendungen) proportional zur Masse (Rotationsträgheit) mal der Beschleunigungsrate (positiv oder negativ) ist. Bei einem Servosystemdesign kommt zur Masse der Maschinenkonstruktion an sich noch die zu transportierende Last dazu. Es ist äußerst wichtig, die bewegten Massen sowie die erforderlichen Bewegungsprofile präzise zu definieren. Es gibt eine große Bandbreite an verschiedenen Mechanismen zur Umwandlung von Drehbewegungen in Linearbewegungen (Abbildung A). Welche Art zur Anwendung kommt, hängt von der notwendigen Präzision, den Lasten, der Bewegungsdynamik sowie den Umweltfaktoren ab.

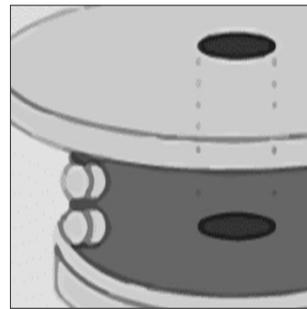
Sobald Sie sich über den verwendeten Mechanismus im Klaren sind, müssen Sie sich mit der Bewegungsdynamik auseinandersetzen, um die am besten geeignete Servomotorlösung zu identifizieren. Bewegungsprofile umfassen nicht nur die Bewegung von einem Punkt zum anderen, sondern auch die Abläufe, die während dieser Bewegung möglicherweise stattfinden – etwa Schubkräfte im Zusammenhang mit der Bearbeitung von Teilen. Beschleunigung, Verfahrswege und Verzögerung sowie Verweilzeiten und Stillstände sind im allgemeinen Bewegungsprofil des Systems berücksichtigt. Indexierbewegungen können simple Dreiecksbewegungen, variable Trapezbewegungen oder 1/3-1/3-1/3-Bewegungen (die effizienteste Bewegungsform in Bezug auf das effektive Drehmoment) umfassen.



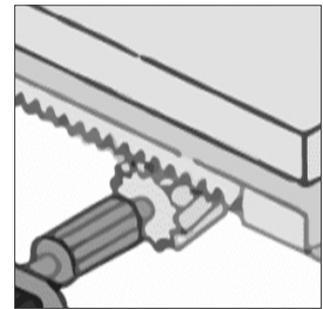
GEWINDESPINDEL



FÖRDERBAND



ROTATORISCH



ZAHNSTANGE

Abbildung A: Programme zur Anwendungsdimensionierung bieten verschiedene Vorlagen für mechanische Lösungen

Mithilfe von Tools zur Dimensionierung und Auswahl können Benutzer ein Bewegungsprofil auf Basis der Bewegungsanforderungen der Anwendung erstellen. Die meisten Software-Tools, etwa die Motioneering-Plattform von Kollmorgen, bieten mehrere Möglichkeiten zur Beschreibung einer Bewegung und zur Unterstützung der Berechnung von Beschleunigungsraten, Bewegungszeiten sowie Distanzen, Verfahrswegen und Verweilzeiten.

Abbildung B zeigt ein standardmäßiges 1/3-1/3-1/3-Profil im Motioneering-Tool von Kollmorgen mit einer zusätzlichen 50%igen Ruckbewegung für reibungslosere Beschleunigungsraten. In diesem Beispiel beträgt das Ausmaß der Bewegung 20,3 cm (8 Zoll). Es kommt eine 50%ige Ruckbewegung zur Anwendung und die Verweilzeit liegt bei zwei Sekunden. Das System hat die Bewegung zu einem Drittel auf Basis der Beschleunigungszeit, zu einem Drittel anhand der Verfahrswege und zu einem Drittel anhand

der Verzögerung berechnet. Den Berechnungen des Tools zufolge lag die Maximalgeschwindigkeit bei 720 Zoll/Minute. In der Darstellung des Profils zeigt sich eine S-Kurve (auf Basis der 50%igen Ruckbewegung).

Die Axiallast (rote Linie) für diese Bewegung wurde auf den Verfahrsweg angewandt – in Bezug auf das Bewegungsprofil findet während dieser Phase möglicherweise ein Bearbeitungsverfahren statt. Die Verweilzeit von drei Sekunden ist signifikant, da alle Parameter dieses Profils zur Berechnung des effektiven Drehmoments herangezogen werden.

Das effektive Drehmoment ist bei der Dimensionierung und Auswahl des richtigen Servomotors ausschlaggebend. Die Trägheit der beweglichen Komponenten muss summiert und auf die Motorwelle angewendet werden. Zusätzlich zur Trägheit sind externe Kräfte, Reibung und Ineffizienzen zu berücksichtigen.

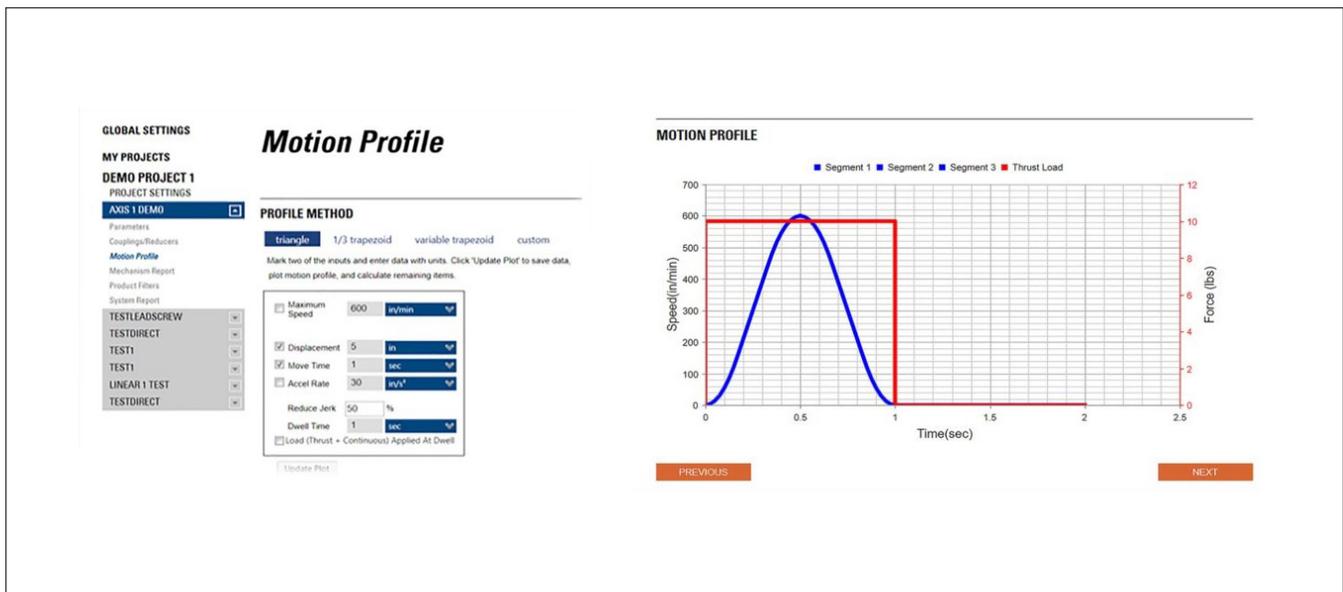


Abbildung B: Ausgegebenes Bewegungsprofil eines Programms zur Anwendungsdimensionierung

Sofern für das Design keine Motorlösung mit Direktantrieb eingesetzt werden kann, muss der Mechanismus ein oder mehrere mechanische Getriebe enthalten. Die rotatorisch-lineare Kraftübertragung (zur Umwandlung der rotierenden Motorbewegung in Achsenhöhe) kann zum Beispiel mit einem Riemen und Umlenkrollen oder einem Mechanismus auf Schraubenbasis wie einem Kugelgewindetrieb erfolgen. Mechanismen zur Umwandlung von Dreh- in Linearbewegung verwenden oft Getriebe oder riemengetriebene Untersetzungen mit Riemenscheiben unterschiedlicher Größe, die zur Reduktion der Geschwindigkeit dienen. Bei einigen Anwendungen trägt das zu bewegende Teil erheblich zur bewegten Gesamtmasse bei. Ein Spezialfall: Eine Maschinenachse muss eine variable Masse bewegen.

Dies ist etwa bei robotergestützten Systemen, die zur Abfüllung oder zu Bearbeitungszwecken eingesetzt werden, der Fall. Hierbei ist der Umfang des Gesamtlastwechsels möglicherweise ein bedeutender Faktor bei der Abstimmung des Servoantriebs.

Die Mechanik und das Bewegungsprofil sind somit wesentliche Grundlagen für die vorab zu treffenden Überlegungen zur Dimensionierung und der erforderlichen Kraft des Motors/Antriebssystems. Zudem ist es wichtig, die tatsächlichen Positionierungsanforderungen der Last hinsichtlich Auflösung, Genauigkeit und Wiederholbarkeit zu verstehen. Diese hängen direkt von der Auswahl des Rückführsystems ab; noch stärker allerdings wirken sich die Antriebsverluste im mechanischen System aufgrund von Spiel und Elastizität aus.

Überlegungen im Hinblick auf Rückführung und Eigenschaften des Servomotors

Per Definition enthalten Servosysteme Rückführeinheiten zur Messung der Geschwindigkeit, Position und anderer Systemparameter während des Betriebs. Auch wenn Herstellern nur begrenzte Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung stehen, sollten sie dennoch sorgfältige Überlegungen zu den spezifischen Anwendungsparametern anstellen. Zu diesen wesentlichen Faktoren zählen unter anderem die Stoßbelastung, die Positionsgenauigkeit und die Wiederholbarkeit.

Nachfolgend einige Beispiele zu gängigen Rückführeinheiten:

- Resolver
- Optische Geber
- Sinusgeber
- Hybride Geräte

Resolver sind besonders in rauen Umgebungen mit hohen Stoßbelastungen geeignet. Bei einem Resolver handelt es sich um einen rotierenden Transformator bestehend aus zwei um einen Kern gewickelten Drahtspulen – einmal im Rotor und einmal im Stator. Im Vergleich zu optischen Gebern, in denen häufig eine Glasscheibe verbaut ist, ermöglicht diese Konstruktion einen Betrieb bei höheren Temperaturen und hält zugleich höheren Stoßbelastungen stand.

Sinusgeber bieten eine hohe Auflösung mit bis zu 24 Bit und höher. So kann eine optimale Positionsgenauigkeit erreicht werden.

Hybride Rückföhreinheiten – in diese Kategorie fällt auch der Smart Feedback Device (SFD) von Kollmorgen – vereinen die Robustheit eines Resolvers mit einer verbesserten Auflöfung. In diesen Geräten ist ein Resolver mit einem elektrischen Element verbaut, das die Sinus- und Kosinussignale interpretiert und in ein hochauflösendes digitales Signal umwandelt. Dieses wird anschließend zur Geschwindigkeits- und Positionsrückföhhrung an den Servoantrieb weitergeleitet.

Ein weiterer anwendungsspezifischer Faktor bei der Auswahl von Rückföhhrtechnologie ist die Frage, ob ein Absolutwert- oder ein Inkrementalgeber erforderlich ist. In einem rotierenden System wird die Position nach einer vollständigen 360-Grad-Drehung mit einem Single-Turn-Gerät auf Null zurückgesetzt. Ein Multi-Turn-Absolutwertgeber ermöglicht Ihrem System eine genaue Positionsbestimmung nicht nur innerhalb der 360-Grad-Ausrichtung der Motordrehbewegung, sondern auch die Anzahl der kompletten Umdrehungen in beide Richtungen wird bis zu einer bestimmten Obergrenze erfasst. Die genaue Position ist somit immer bekannt, sogar wenn die Maschine abgeschaltet und später neu gestartet wird.

Absolute Rückföhreinheiten sind mitunter bei der Positionierung von Tools und anderen Achsen, speziell beim Hochfahren der Maschine, besonders nützlich. Der Vorteil: Der Bedarf nach Referenzfahrten entfällt und die Produktionskapazitäten steigen. Ein einfacher Inkrementalgeber wiederum erkennt die Position in einer einfachen Umdrehung. Dieser Prozess funktioniert aber erst nach einem Referenzfahrtzyklus beim Einschalten. Folglich kann nicht bestimmt werden, wie oft der Zyklus bereits durchlaufen wurde, und auch die absolute Position innerhalb der 360-Grad-Umdrehung beim Einschalten wird nicht erfasst.

Eine weitere marktübliche Technologie sind kapazitative Absolutwertgeber. Dabei wird anhand von Änderungen des Magnetfelds, die in ein digitales Signal umgewandelt werden, die Position errechnet.

Verkabelung

Servomotoren und Servoantriebe sind wichtig, aber auch die Verkabelung zwischen den beiden Systemen ist ausschlaggebend. Die Flexibilität der Kabel, d. h. der zulässige Biegeradius, spielt eine wichtige Rolle – besonders in Anwendungen, bei denen die Kabel entlang der Achse, üblicherweise längsgerichtet, bewegt werden.

Kabelparameter wie etwa Impedanz und Spannungsabfall sowie der Signaltyp bzw. die Signalstärke des Rückföhrsystems sind für die Auswahl der Länge entscheidend. Einige der neueren am Markt verfügbaren Geräte (etwa der SFD von Kollmorgen, das DSL-System von Sick, EnDat von Heidenhain oder die BiSS-Protokolle von Hengstler) übermitteln serielle Informationen mit sehr hoher Geschwindigkeit an den Antrieb. Auch hier ist die Länge – insbesondere im Hinblick auf die Impedanz und das Signal-Stör-Verhältnis – entscheidend. Die Kabel müssen so konzipiert sein, dass sie die von diesen Geräten erzeugten Signale verarbeiten können.

Ein weiterer Faktor bei der Bestimmung der Netzkabellänge des Motors ist die hohe Schaltfrequenz in modernen Antrieben mit Pulsweitenmodulation. Die Störung wirkt sich im Netzkabel des Motors aus. Bei zunehmender Kabellänge nähert sich die Frequenz einem Viertel der Wellenlänge des Signals, das über das Kabel übertragen wird. Es entsteht eine Antenne. Antennen sind auf die Übertragung und den Empfang von Informationen ausgelegt – in diesem Fall: Störungen. Übermäßige Störungen können in einer Hochleistungsanwendung wie einem Servosystem zu Problemen führen. Daher ist es wichtig, nur vom Hersteller entwickelte und getestete Kabel zu verwenden.

Genauere Positionsbestimmung selbst bei Neustart der Maschine

Ein Multi-Turn-Absolutwertgeber ermöglicht Ihrem System eine genaue Positionsbestimmung nicht nur innerhalb der 360-Grad-Ausrichtung der Motordrehbewegung, sondern auch die Anzahl der kompletten Umdrehungen in beide Richtungen wird erfasst.



Abbildung C: Die Kabelauswahl ist in jedem Fall entscheidend für die Maschinenleistung und Präzision

Umgebungsbedingungen als Faktor beim Servo-Design

Ein oft übersehener Faktor bei der Spezifizierung des Servodesigns ist die Umgebung, in der das System betrieben werden soll. Die meisten Servomotoren sind auf einen Betrieb bei einer Umgebungstemperatur von 40 °C ausgelegt – warm, aber für Fabrik- und Industrieanlagen durchaus üblich.

Die Elektronik in Antriebssystemen ist nicht besonders hitzebeständig. Obwohl die Systeme oftmals für den Betrieb bei Umgebungstemperaturen von 40 °C zertifiziert sind, kann sich die Regelung der Betriebstemperatur als Herausforderung erweisen. In vielen Fällen müssen Systeme zur forcierten Luftkühlung in Schaltschränken eingesetzt werden, damit geeignete Umgebungsbedingungen hinsichtlich Temperatur und Luftfeuchtigkeit gewahrt werden können. Motoren werden allerdings direkt an der Maschine befestigt bzw. ins System integriert und treiben so die Mechanismen zur Lasthaltung an.

Hersteller legen die Motorleistung teilweise mit Bezug auf die Umgebungstemperaturen für den Betrieb

fest. Oftmals gehen Entwickler von einer Zertifizierung für eine Umgebungstemperatur von 40 °C aus, obwohl die Motorspezifizierung bei 25 °C liegt. Gehen Sie bei der Überprüfung der Spezifikationen daher sorgfältig vor, um sich ein genaues Bild der angegebenen Umgebungsbedingungen im Hinblick auf die Zertifizierung zu verschaffen. Wenn die Umgebungstemperatur in der Betriebsstätte die Zertifizierungstemperatur überschreitet, wird der Motor nicht auf seiner Nennleistung arbeiten.

Andere Umgebungsbedingungen stellen möglicherweise ein Risiko mit Blick auf die Lackierung des Motors, Versiegelungen oder andere mechanische Komponenten dar. Faktoren wie Staub, Schmutz, Feuchtigkeit, Wascheinrichtungen, Hygienebestimmungen, explosionsgefährdete Bereiche, Vakuumumgebungen, Strahlung etc. machen spezielle Eigenschaften des Servomotors erforderlich. Die physischen Merkmale des Systems müssen auf die jeweiligen Herausforderungen und Gegebenheiten abgestimmt werden.

Collaborative Engineering trägt zu verbesserten Ergebnissen bei Antriebssystemen bei

Mithilfe eines Collaborative-Engineering-Ansatzes kann Kollmorgen Sie bei der optimalen Auswahl und Dimensionierung von Motor, Antrieb und Verkabelung Ihrer Anwendung unterstützen. Kontaktieren Sie uns, damit wir Ihre einzigartigen Anwendungsanforderungen besprechen und gemeinsam die beste Lösung entwickeln können. Probieren Sie auch unsere online verfügbaren Self-Service-Tools zur Konzipierung aus, darunter die leistungsstarke Motioneering-Software für die Dimensionierung und Auswahl. So können Sie die geeignete Spezifikation für Ihre Antriebsprodukte finden und Ihre Lösungen auf Ihre Bedürfnisse ausrichten.



Sind Sie bereit Ihr Business voranzubringen?

[Wenden Sie sich an Kollmorgen](#), um Ihre Anforderungen und Ziele mit einem Kollmorgen-Experten für Anwendungen mit Servoantrieb zu besprechen.

Wissenswertes über Kollmorgen

Kollmorgen, eine Marke von Regal Rexnord, verfügt über mehr als 100 Jahre Erfahrung in der Antriebstechnik, die sich in den leistungsstärksten und zuverlässigsten Motoren, Antrieben, FTS-Steuerungslösungen und Automatisierungsplattformen der Branche bewährt hat. Wir liefern bahnbrechende Lösungen, die in puncto Leistung, Zuverlässigkeit und Benutzerfreundlichkeit unübertroffen sind und Maschinenbauern einen unbestreitbaren Marktvorteil verschaffen.