


DIE PRÄZISION DER BEWEGUNGSLÖSUNG IST FÜR CHIRURGISCHE ROBOTER ENTSCHEIDEND



Wie erfolgreich eine Operation, die von einem Roboter durchgeführt wird, für den Patienten ist, hängt von der Steuergenauigkeit seiner Endeffektoren ab. Ausschlaggebend für dieses Ergebnis ist die Bewegungsleistung, die durch das Miniaturmotorsystem des Roboters erzielt wird. Innovationen bei der Präzision der Bewegungssteuerung haben das Potenzial, die Bandbreite der chirurgischen Eingriffe, die von Robotern durchgeführt werden können, zu erweitern. Bei aktuellen robotergestützten chirurgischen Anwendungen bedeutet eine verbesserte Steuerungspräzision eine verbesserte Genesung des Patienten. Welche Schritte sollten Entwickler von chirurgischen Robotern bei der Spezifikation eines Bewegungssystems befolgen?

Die Verbesserung der Präzision bei chirurgischen Eingriffen steigert nicht nur die chirurgische Wirksamkeit, sondern eröffnet auch neue Möglichkeiten für Eingriffe, die zuvor als hochrisikoreich angesehen wurden, und reduziert die Schädigung lebenswichtiger Organe und von benachbartem Gewebe erheblich. Dieser Paradigmenwechsel in der Präzision, vorangetrieben von Bewegungssystemen, die in chirurgischen Robotern eingesetzt werden, verspricht minimalinvasive Techniken und eine schnellere Genesung der Patienten.

Im Mittelpunkt dieser Entwicklung steht die Kernkomponente des Bewegungssystems: der Elektromotor. Seine bürstenlose DC-Konstruktion und die nutenlose Struktur ohne Rastmoment sorgen für eine unübertroffene Kontrolle und Reaktionsfähigkeit, die in der Roboterchirurgie von entscheidender Bedeutung sind. In Kombination mit Überlegungen zur Leistungsdichte, Encoderleistung, autoklavierbaren Funktionen und kundenspezifischen Anpassungen werden die Standards für Präzision und Leistung in der Roboterchirurgie neu definiert.

PRÄZISION VERBESSERT DIE BEHANDLUNGSERGEBNISSE

Der Durchbruch bei der chirurgischen Präzision verbessert die chirurgischen Ergebnisse für Patienten in allen Bereichen und hat nicht nur das Potenzial, die Effektivität der Operation zu erhöhen, sondern könnte auch Eingriffe ermöglichen, die zuvor als zu risikoreich eingestuft wurden. In Zukunft könnte die Verbesserung der Instrumentensteuerung die Wahrscheinlichkeit einer Schädigung von Organen und Arterien im Bereich des chirurgischen Eingriffs minimieren.

Ebenso verringert eine kleinere Inzision die Schädigung des gesunden Gewebes. Selbst bei robotergestützten chirurgischen Eingriffen, die bereits als „Standard“ gelten, bedeutet eine verbesserte Präzision eine verbesserte Genesung des Patienten. Je weniger invasiv die Operation ist, desto schneller ist die Heilung, und eine reduzierte Narbenbildung durch eine kleinere Inzision kann auch das Potenzial für zukünftige Komplikationen für den Patienten minimieren.

Die zentrale Rolle des Bewegungssystems

Die ständige Suche nach mehr Präzision ist der Trend bei allen Arten der Entwicklung chirurgischer Roboter. Das bedeutet, dass die exakte Steuerung der Endeffektoren des Roboters, der Halte- und Operationsinstrumente wie Messer oder Schleifer, von entscheidender Bedeutung ist. Im Mittelpunkt dieser Fähigkeit steht das Bewegungssystem, das die Endeffektoren antreibt und steuert.

Die Hauptkomponente des Bewegungssystems ist der Elektromotor, dessen Drehung die Lage und Geschwindigkeit der Bewegung des Endeffektors steuert. Eine gleichmäßige Drehmomentabgabe ist unerlässlich, um Präzision zu gewährleisten. Um dies zu erreichen, muss der Motor ein Phänomen überwinden, das als Rastmoment bezeichnet wird, d. h. die periodische Schwankung des Drehmoments während der Drehung.

Das Rastmoment kann nicht nur ruckartige Bewegungen hervorrufen, sondern auch die Reaktionsfähigkeit des Motors auf Steuerbefehle verringern. Verzögerungen beim Erreichen der gewünschten Position oder des Wegs des Endeffektors hemmen das haptische Feedback und verringern die chirurgische Kontrolle, wenn Echtzeit-Ansprechbarkeit unerlässlich ist. Daher ist ein Motor, der ein Rastmoment so nahe wie möglich auf Null bringen kann, von entscheidender Bedeutung, um die Präzision in der Roboterchirurgie zu optimieren.

Kein Rastmoment

Um eine gleichmäßige Drehmomentabgabe zu erreichen, wird ein bürstenloser Gleichstrommotor (BLDC) bevorzugt. Ein BLDC-Motor verwendet Elektronik zur Kommutierung, d. h. den Prozess der Umkehrung der Richtung des Stromflusses in den Spulen des Motors, um die kontinuierliche Drehung des Rotors aufrechtzuerhalten. Die elektronische Kommutierung kann auch integrierte Hallsensoren umfassen, um die Rückmeldung und Steuerung des elektromagnetischen Stromkreises zu optimieren. Diese Konstruktion ist in der Regel ruhiger als die mechanische Methode eines Bürsten-Gleichstrommotors, bei der die Bürsten physischen Kontakt mit einem rotierenden Kommutator haben.

In Kombination mit einem nutenlosen Design wird das Rastmoment minimiert. In herkömmlichen Modellen ist der Stator, der für die Erzeugung des elektromagnetischen Feldes des Motors verantwortlich ist, mit Nuten ausgestattet, die die Kupferwicklungen aufnehmen und einen Weg für den magnetischen Fluss bieten. Alternativ können die Wicklungen bei einer nutenlosen BLDC-Bauweise gleichmäßig verteilt werden, was eine symmetrischere und durchgehende Struktur ermöglicht. Dadurch wird die Gleichmäßigkeit der magnetischen Kraftverteilung verbessert und ein ruhigerer Motorlauf erreicht. Durch die Optimierung dieses Designs kann quasi ein Null-Rastmoment erreicht werden.



Abbildung 1: Nahaufnahme eines chirurgischen Roboter-Endeffektors



Abbildung 2: Portescap 35ECS80 Ultra EC™ bürsten- und nutenloser Motor

Leistungsdichte

Die kompakte Bauweise eines Endeffektors auf einem chirurgischen Roboter bedeutet, dass ein kleines Bewegungssystem unerlässlich ist, das aber dennoch das erforderliche Drehmoment für die Operation liefern muss. Die Optimierung des Drehmoment-Massen-Verhältnisses trägt auch dazu bei, dass der Motor ausreichend Drehkraft bereitstellen kann, um die Verzögerungswirkung zu überwinden, die durch eine eventuelle Restverzahnung verursacht wird.

In Kombination kann die Minimierung der Trägheit eines Motors oder seines Widerstands gegen Bewegungsänderungen auch die Ansprechgeschwindigkeit verbessern. Die Optimierung der Dynamik eines Motors trägt zu einer verbesserten Präzision bei und hilft auch bei der Echtzeitsteuerung. Konstruktion und Materialien, die die Masse des Rotors reduzieren können, sind wichtige Überlegungen. Gleichzeitig können effektive Motorkühltechniken den hitzeinduzierten Widerstand minimieren, der ansonsten zu einer Erhöhung der Trägheit führen würde.

In Kombination mit einem BLDC-Design ist die Leistung eines Encoders entscheidend für die optimale Steuerung von Position und Drehzahl des Motors. Der Encoder gibt der Steuerung Rückmeldung über die tatsächliche Drehcharakteristik des Motors, um eine präzise Steuerung zu gewährleisten. Diese Leistung kann durch eine hohe Auflösung noch weiter verbessert werden.

Das bevorzugte Rückmelde-Design für chirurgische Roboteranwendungen ist ein magnetischer Encoder. Ein magnetischer Encoder stützt sich auf die Erkennung der Magnetfelder des Motors, um Position und Drehzahl zu identifizieren, und bietet eine höhere Betriebszuverlässigkeit in einem Operationssaal als bei einem optischen Design, bei dem Spritzer und eindringende Fremdkörper den Sensor verschmutzen können.

Autoklav

Der Endeffektor eines chirurgischen Roboters kann während chirurgischer Eingriffe entweder innerhalb oder in extremer Nähe einer Inzision arbeiten. Daher müssen sowohl der Endeffektor als auch das Bewegungssystem, das ihn antreibt, steril sein, um die Sicherheit und das Wohlbefinden des Patienten zu gewährleisten. Diese Sterilisation erfolgt durch einen Autoklaven, der Bakterien und Mikroorganismen durch gesättigten Hochdruckdampf beseitigt.

Es ist von entscheidender Bedeutung, dass das Mikrobewegungssystem dem Sterilisationsprozess vollständig standhalten kann. Entscheiden Sie sich für Portescap, das mit seinen bürstenlosen DC-Nutenmotoren und Steuerungen, die für mindestens 1.000 Autoklaviervorgänge garantiert sind, an der Spitze der Innovation von autoklavierbaren Bewegungslösungen steht. Autoklavierbare Encoder von Portescap sind so konzipiert, dass sie mindestens 2.000 Autoklavierzyklen standhalten, während die Getriebeköpfe streng getestet werden, um 3.000 Zyklen oder mehr standzuhalten. Die Konstruktions- und Dichtungsmethode mit hoher IP-Schutzart sowie kontinuierliche Innovationen bei der Materialentwicklung gewährleisten die Langlebigkeit dieser Komponenten.



*Abbildung 3: M-Sense12A
autoklavierbarer Magnetencoder
von Portescap*

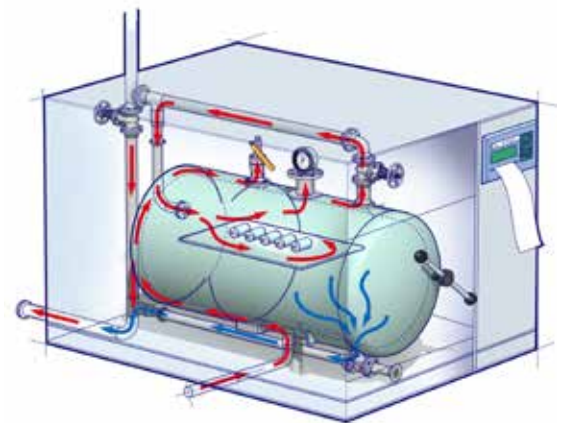


Abbildung 4: Wiedergabe eines Autoklaven

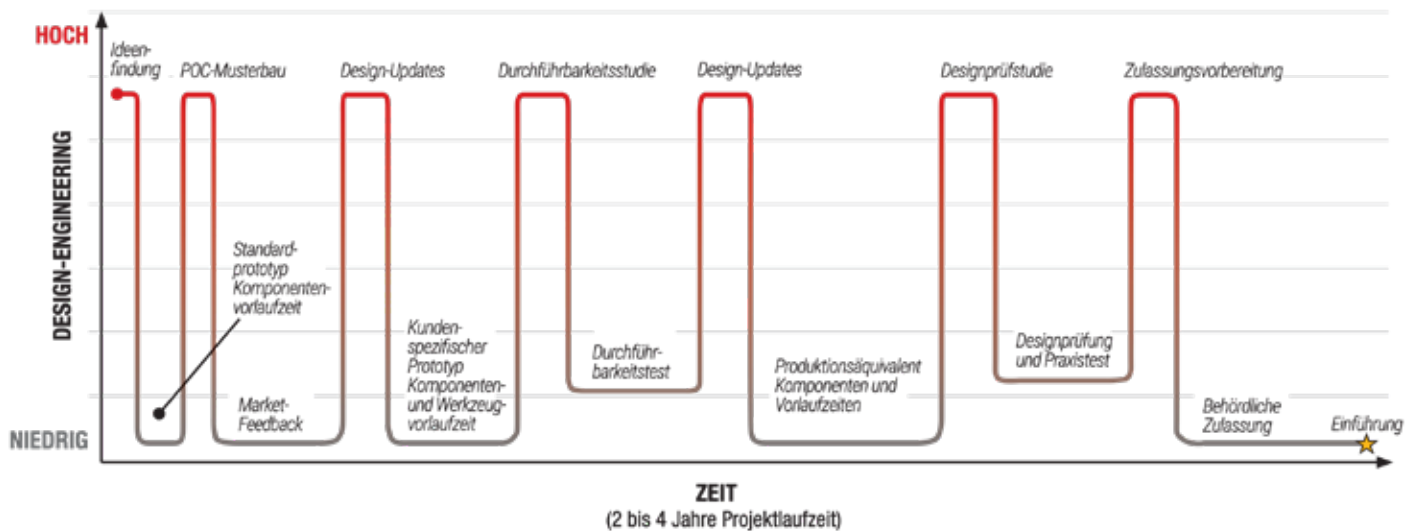


Abbildung 5: Idealer Zeitplan für die Projektplanung

Individuelle Anpassung

Obwohl der Bedarf an Steuerungspräzision und Haltbarkeit bei der Sterilisation bei allen Bewegungssystemen, die für chirurgische Roboter spezifiziert sind, üblich ist, hat jeder OEM in der Regel spezifische Designanforderungen. Dabei handelt es sich oft um spezifische Drehmoment- und Drehzahlprofile sowie Regeleigenschaften. Die Form des Host-Roboters kann außerdem eine spezifische mechanische Integration erfordern, die eine kundenspezifische Größe oder sogar ein rahmenloses Motordesign umfassen kann. Aufgrund dieser spezifischen Anforderungen werden rund 80 % der Bewegungssysteme von Portescap für kundenspezifische Anwendungen entwickelt.

Um die Vorteile des Anpassungsansatzes zu maximieren, ist es von Vorteil, das Bewegungsteam frühzeitig in die Roboterkonstruktion einzubeziehen. Vollständige Transparenz der Anforderungen von Anfang an kann die Entwicklung beschleunigen und den Bedarf an Nacharbeiten oder Anpassungen in einer späteren Projektphase minimieren. Dieser Ansatz stellt auch die Wahrnehmung in Frage, dass ein serienmäßig gefertigtes Motordesign die Markteinführungszeit verkürzen kann. Wenngleich ein aus dem Katalog ausgewählter Motor anfangs Zeit sparen kann, können die erforderlichen Konstruktionsanpassungen die Projektlänge über den kundenspezifischen Ansatz hinaus verlängern.

Stattdessen macht ein Bewegungssystem, das auf die spezifischen Betriebsparameter des chirurgischen Roboters zugeschnitten ist, Kompromisse überflüssig. Ein kundenspezifischer Ansatz erzielt eine optimale Balance der Bewegungsleistung in Kombination mit einer einfachen und schnellen Designintegration. **P**

WEITERE INFORMATIONEN ERHALTEN SIE HIER:

110 Westtown Road
 West Chester, PA 19382
 T: +1 610 235 5499
 F: +1 610 696 4598
portescap.sales.america@regalrexnord.com
www.portescap.com

TECHNISCHER SUPPORT:
www.portescap.com/en/contact-portescap

Paul Schonhoff
 Business Development Manager

Portescap

A REGAL REXNORD BRAND