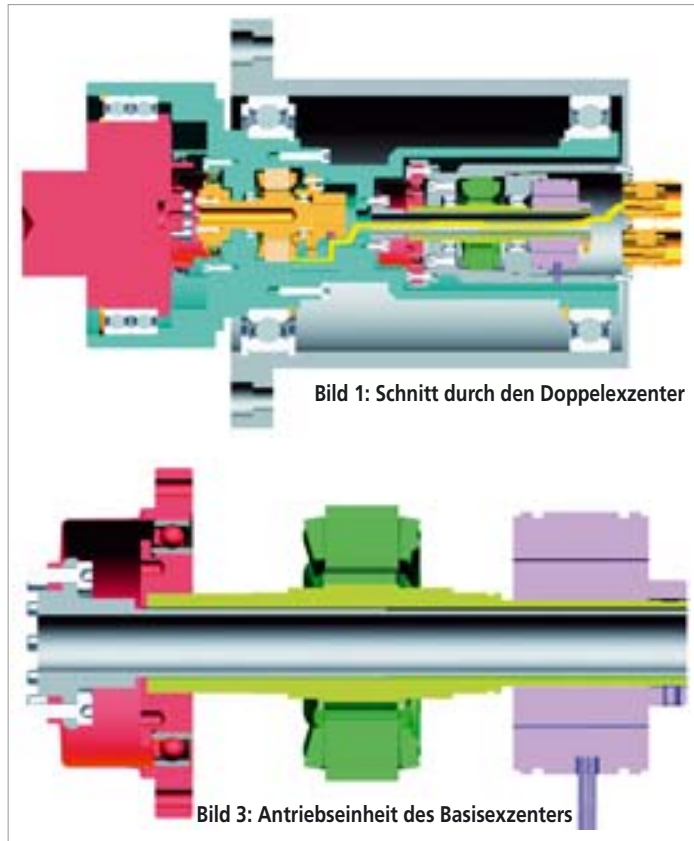


Doppel-Exzenterantrieb zur zweidimensionalen Zustellung im Mikrometer-Bereich

Unteretzte „Gestalten“

Auch wenn die Wurzeln des Herstellers in Getriebe-Einbausätzen liegen, hat sich das Unternehmen im Laufe der Jahre zu einem Lösungsanbieter für komplette Antriebssysteme weiter entwickelt. Die Systemgrenze ist dabei nicht zwingend auf die Elektromechanik begrenzt, sondern umfasst auch die Steuerungstechnik für Test und Qualifikation.

Das Harmonic Drive-Getriebe steht für kompakte, spielfreie Getriebe mit einstufigen Unteretzungen zwischen 30 und 320 sowie Drehmomenten bis 15 000 Nm. Optional können auch koaxiale Hohlwellen realisiert werden. Diese Vorzüge werden übergreifend in vielen Branchen wie Werkzeugmaschinenbau, Robotik und Handling, Halbleiterfertigung, Medizintechnik sowie der Luft- und Raumfahrt genutzt. Derzeit hat das Unternehmen fünf Produktlinien verfügbar, und zwar sowohl rein mechanische Komponenten als auch elektromechanische Aktuatoren, aus denen der Kunde seinen konkreten Bedarf auswählen kann. Die rein mechanischen Komponenten, basierend auf dem Harmonic Drive-Getriebe-Prinzip, werden in unterschiedlichen Konfigurationen angeboten. Einbausätze beinhalten die Kernkomponenten „Circular Spline“, „Flexpline“ und „Wave Generator“. Bei den Units bildet der Cir-



cular Spline gemeinsam mit dem integrierten Abtriebslager das Gehäuse, was die Systemintegration deutlich erleichtert. Getriebeboxen mit Abtriebswelle sind für die kleineren Baugrößen bis 15 Nm lieferbar, entweder vorbereitet für Motoranbau oder mit einer gelagerten Eingangswelle.

Unteretzungen 3 bis 45

Der Unteretzungsbereich zwischen 3 und 45 wird durch Harmonic Drive-Planetengetriebe abgedeckt. Hierbei ist es gelungen, die Flexspline-Technologie auf das Hohlrad des Planetengetriebes zu adaptieren, also ein flexibles Hohlrad zu entwickeln, das verschleiß- und spielkompensierend wirkt. Dies gewährleistet eine Begrenzung des Verdrehspiels auf kleiner eine Winkelminute, dauerhaft über die gesamte Lebensdauer des Getriebes.

In Kombination mit Servomotoren und integrierten Messsystemen sind alle diese Produkte auch als Servoaktuatoren verfügbar. Durch die optimierte Integration von Motor und Getriebe sind diese Lösungen extrem kompakt. Oftmals werden so die entscheidenden Millimeter Bauraum eingespart. Highlight dieser Produktlinie sind die Hohlwellenantriebe wie die CHA-Baureihe. Hier wird optimierte Getriebetechnologie mit den Motoren kombiniert. Diese Motoren wurden durch Harmonic Drive selbst entwickelt, um eine optimale Abstimmung auf die Getriebeperformance zu realisieren.

Innerhalb der Produktgruppen hat der Konstrukteur weiterhin die Auswahl aus verschiedenen Typen, die sich in Drehmomentkapazität, Leistungsdichte, Unteretzung und anderen Aspekten unterscheiden. Somit steht

jetzt ein Baukasten mit Standardkomponenten zur Verfügung, um auf unterschiedlichste Kundenanforderungen zu reagieren. Da in den vergangenen Jahren allerdings auch immer wieder Sonderlösungen entwickelt worden sind, ist darüber hinaus das Know-how vorhanden, um Lösungen zu entwickeln, die exakt zu kundenspezifischen Anforderungen passen.

Kundenspezifische Lösungen

Dieser Trend zu kundenspezifischen Sonderlösungen wird von dem Antriebsspezialisten aktiv unterstützt. Das nachfolgend beschriebene Antriebssystem dient zur zweidimensionalen Positionierung. Ähnliches leistet beispielsweise auch ein X-Y-Tisch, bestehend aus zwei Linearachsen, oder der für Pick-and-Place-Anwendungen bekannte Scara-Roboter, der quasi einen menschlichen Ober- und Unterarm nachbildet. Dabei sind die Gelenke allerdings reine Drehgelenke und keine Kugelgelenke.

Was beim Scara-Roboter die Ober- und Unterarmlänge ist, ist beim Doppelsexcenter die Exzentrizität der beiden Achsen, die kinematisch in Reihe geschaltet sind. Dabei ist der raumfeste Oberarm des Roboters vergleichbar dem Basisexcenter des Doppelsexcenters. Und ähnlich zum Unterarm, der den Greifer im Abstand der Armlänge um eine Drehachse bewegt, dreht der nachgeschaltete Exzenter, nachfolgend Aufnahmeexzenter genannt, das Werkzeug oder Werkstück exzentrisch zu seinem Drehpunkt. Idealerweise sind die Exzentradien von Basisexzenter und Aufnahmeexzenter gleich groß. Dann lässt sich das Werkzeug oder Werkstück frei innerhalb eines kreisförmigen Arbeitsbereiches mit dem doppelten Exzentradius positionieren, der konzentrisch zur Drehachse des Basisexcenters liegt. Um die hier geforderten hohen Stellkräfte auf kleinem Bauraum

EXKLUSIV IN KEM

Der Autor Peter Hastrich ist Projektleiter bei der Harmonic Drive AG, Limburg a. Lahn

bei moderaten Stellgeschwindigkeiten zu realisieren, ist ein Getriebe unverzichtbar. Ist darüber hinaus gleichbleibende und hohe Positionier- und Wiederholgenauigkeit sowie Zuverlässigkeit und Wartungsfreiheit gefordert, deutet dies schon auf den Einsatz eines spielfreien Getriebes nach dem Harmonic Drive-Prinzip hin. Unterstrichen wird diese Vorauswahl, wenn ein Hohlwellengetriebe inklusive Hohlwellenmotor die Umsetzung der Idee erst möglich macht.

Kernkomponenten der beiden Achsen des Doppelsexentersystems sind jeweils ein Harmonic Drive-Getriebeeinbausatz aus der „CPL“ (Compact-Precision- Lightweight)-Baureihe in Baugröße 20 (Bild 4) mit einer einstufigen Untersetzung von $i=160$ sowie ein bürstenloser Kleinspannungsbaukastenmotor. Die CPL sind eine Weiterentwicklung der bereits bewährten „HFUC“-Baureihe. Ausschlaggebend für den Einsatz war aber nicht das im Vergleich zu HFUC nahezu halbierte Gewicht und reduzierte Massenträgheitsmoment, sondern die Hohlwelle von 21 mm bei einem Getriebeaußendurchmesser von nur 70 mm. Basierend auf der „CHM“-Baureihe (Compact-Hollowshaft-Motor), verfügbar in den Baugrößen 20 bis 58, wurde der hier verwendete Baukastenmotor kundenspezifisch als „kleiner Bruder“ des CHM-20 entwickelt und gefertigt (Bild 5). Damit ist ein optimales Schnittstellendesign dieser beiden Komponenten zu der umgebenden

Konstruktion ebenso sichergestellt wie eine bestmögliche Anpassung an die geforderten Leistungskenndaten Drehmoment und Drehzahl. Die einzigen Kaufteile, neben Normteilen wie Schrauben, Lager und Dichtungen, sind jeweils die Resolver. Sie sind notwendig zur Kommutierung und Positionsermittlung. Für Sonderantriebssysteme, wie das hier vorgestellte, die im Großanlagenbau eingesetzt werden sollen, ist damit eine jahrzehntelange Verfügbarkeit bezüglich Reparatur und Ersatz sichergestellt.

Basisexzenterantrieb

Der nun entstandene „Basisexzenterantrieb“ mit dem CPL (rot), dem CHM (grün) sowie dem Resolver (lila) ist in Bild 3 dargestellt. Diese Einheit hat einen Durchmesser von 70 mm bei einer Länge von 130 mm. Den konstruktiven Aufbau des Gesamtaktuators zeigt der Schnitt in Bild 1. Hier ist die konzentrische oder neutrale Position sichtbar, in der die Gesamtauslenkung 0 mm ist. Die beiden Antriebseinheiten (orange, rot/grün/lila) sind fast inline angeordnet, abgesehen von den oben beschriebenen Exzentrizitäten, die in dieser Konstruktion bis 7 mm betragen können. Die in gelb angedeuteten Anschlusskabel für Wicklung und Resolver der Antriebseinheit des Aufnahmeexzenters, werden durch die Hohlwelle der Antriebseinheit des Basisexzenters geführt. Der Aufnahmeexzenter für die Werkzeug- und Werkstückaufnahme

Bild 5: CHM-Servomotor



Bild 4: Leichteinbausatz



den (grün). Das Bedienen und Beobachten der Doppelsexter auf Systemebene, also im zweidimensionalen Koordinatensystem, ermöglichen die Elemente im blau markierten Bereich. Der gelb markierte Bereich zeigt die Steuerungsmöglichkeiten für die einzelnen Achsen (Getriebe-Motoreinheit). Positionsfestsollwerte können den Buttons im rot markierten Bereich zugeordnet werden. Zur anschaulicheren Darstellung sind auch Zeigerdiagramme implementiert worden. Die vorgewählte nächste Sollposition ist dünn-dunkelblau dargestellt. Die aktuelle Position des Basisexzenters ist dick-hellblau dargestellt, die des Aufnahmeexzenters dick-rot. Schließlich zeigt der rote Endpunkt die Position des Werkstücks an, bezogen auf die Drehmomentstütze, die als schwarzer Punkt dargestellt ist.

ist rot dargestellt. Er ist im blau markierten Basisexzenter integriert. Die Initiatoren zur Referenzierung sind ebenfalls vorgesehen, hier aber nicht dargestellt.

Eigens erstellte Prüfeinheit

Die Stellkräfte und Positioniergenauigkeit bezogen auf ein X-Y-Koordinatensystem wurden in einer eigens erstellten Prüfeinheit nachgewiesen. Das Steuerungskonzept auf Basis von CANopen wurde bei HDAG erarbeitet und umgesetzt. Dazu wurde eine PC-basierte Bedienoberfläche unter Matlab entwickelt, die das Monitoring von zwei Doppelsextern ermöglicht. (Bild 2). Dies war erforderlich, weil in der Kundenanwendung zwei Doppelsexter synchron auf ein Werkstück arbeiteten. Über diese Oberfläche kann die CANopen-Kommunikation initialisiert und bis auf Telegrammebene analysiert sowie die Operating-Modus der Regler ausgewählt wer-

den (grün). Das Bedienen und Beobachten der Doppelsexter auf Systemebene, also im zweidimensionalen Koordinatensystem, ermöglichen die Elemente im blau markierten Bereich. Der gelb markierte Bereich zeigt die Steuerungsmöglichkeiten für die einzelnen Achsen (Getriebe-Motoreinheit). Positionsfestsollwerte können den Buttons im rot markierten Bereich zugeordnet werden. Zur anschaulicheren Darstellung sind auch Zeigerdiagramme implementiert worden. Die vorgewählte nächste Sollposition ist dünn-dunkelblau dargestellt. Die aktuelle Position des Basisexzenters ist dick-hellblau dargestellt, die des Aufnahmeexzenters dick-rot. Schließlich zeigt der rote Endpunkt die Position des Werkstücks an, bezogen auf die Drehmomentstütze, die als schwarzer Punkt dargestellt ist.

Ergebnisse des Tests

Zusammenfassend konnten folgende Ergebnisse im Test verifiziert werden. Das Werkzeug oder Werkstück lässt sich innerhalb eines Radius von null bis 14 mm und einem Winkel von 0° bis 360° mit einer Geschwindigkeit von etwa 90°/s um die Drehachse des Basisexzenters positionieren. Aufgrund der hohen einstufigen Getriebeuntersetzung des Harmonic Drive-Getriebes werden Stellkräfte bis 5000 N erreicht. Dabei liegt die aufgenommene elektrische Leistung je Achse im Bereich 0,1 bis 0,2 kW. Die Länge des Aktuators beträgt 320 mm bei einem Durchmesser von 170 mm. Die ermittelte Wiederholgenauigkeit liegt im Bereich kleiner $\pm 10 \mu\text{m}$.

Halle 6, Stand K15

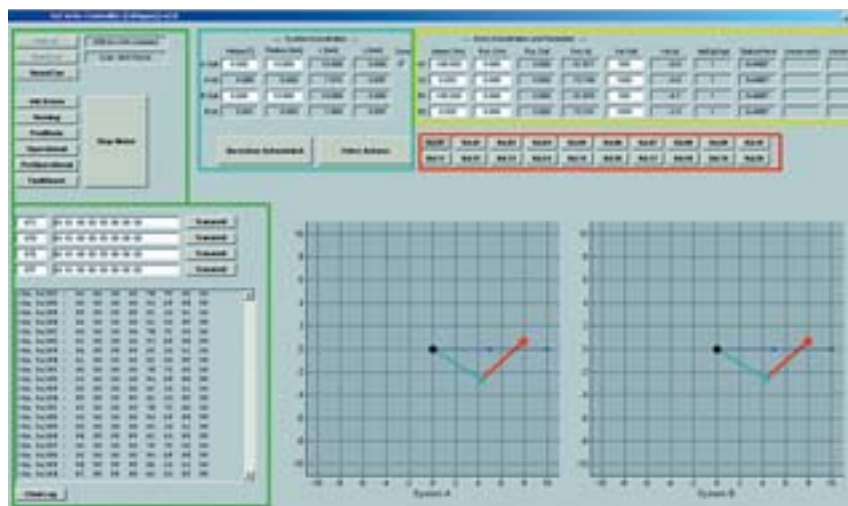


Bild 2: PC-basierte Bedienoberfläche zum Test des Doppelsexzenters

Online-Info
www.kem.de/0410419