

27.07.2005

Lineare und rotative Wegaufnehmer in der Transporttechnik: Für jede Positionserfassung der passende Sensor

Für die Erfassung exakter Positionierungsdaten lassen sich unterschiedliche physikalische Prinzipien nutzen. Dabei zeigt sich, dass es heute in etlichen Anwendungen sinnvoll ist, kontaktlose und damit verschleißlose Verfahren den weit verbreiteten Potentiometern auf Leitplastikbasis vorzuziehen, keineswegs jedoch in allen Applikationen. Denn gefragt sind immer Sensoren, die exakt das leisten, was die jeweilige Messaufgabe und die zu erwartenden Betriebsbedingungen erfordern. Dazu kommt noch der Anwenderwunsch nach bezahlbarer Technik. In der beschriebenen Anwendung aus dem Bereich der Transporttechnik sind deshalb für unterschiedliche Positionsbestimmungen sowohl klassische Leitplastikpotentiometer als auch kontaktlose, magnetostriktive Wegaufnehmer eingesetzt.

Beim Bau des Großraumflugzeugs Airbus A380 ist Transporttechnik ein wichtiges Thema. Denn die vielen unterschiedlichen Baugruppen müssen aus verschiedenen Entwicklungs- und Fertigungsstätten in England, Spanien, Frankreich und Deutschland zur Endproduktion nach Hamburg bzw. Toulouse gebracht werden. Der Transport der oft sehr großen Bauteile ist anspruchsvoll: Die Airbusflügel beispielsweise, die im englischen Werk Broughton gefertigt werden, sind über 45 m lang, mehr als 11 m breit und an der Befestigungsseite über 3 m dick. Trotz modernster Leichtbauweise bringt jeder Flügel ein Gewicht von über 38 t auf die Waage. Nur mit durchdachten Transporteinrichtungen lassen sie sich für die Endproduktion über den Land- und Wasserweg ins französische Toulouse bringen.

Transportgestell mit Schwenkvorrichtung für Flugzeugflügel

Die Spezialisten der Firma Claas Fertigungstechnik in Beelen in der Nähe von Gütersloh entwickelten zu diesem Zweck ein maßgeschneidertes Transport-Jig (Bild 1): Die beeindruckende Stahlkonstruktion ist 20,5 lang, 6,7 m breit und hat unbeladen eine Höhe von knapp 11 m. Bewegen lässt sie sich mithilfe eines 96rädigen Spezialfahrzeugs, das auf kurzen Strecken mit eigenem Antrieb fährt und über weitere Distanzen von einer Zugmaschine gezogen wird (Bild 2). Am Ziel wird das modular aufgebaute Jig zerlegt, auf Lkws verladen und zurück nach Broughton gefahren, wo es für den nächsten Transport wieder zusammengebaut wird.

Um den unterschiedlichen Anforderungen beim Transport über Wasserwege und Straßen zu genügen, müssen sich die Flugzeugflügel auf ihrer mehrtägigen Reise sowohl liegend als auch aufrecht transportieren lassen (Bild 3). Dazu wurde das Jig mit einer Spezialaufhängung ausgestattet: Der Flügel ist an zwei beweglichen Schwenkarmen befestigt, die sich über einen Spindeltrieb neigen lassen. Damit sich der Schwerpunkt des Flügels dabei nur in der Senkrechten verschiebt, wird die untere Lagerung neigungsabhängig seitwärts bewegt. Um den Gleichlauf der entsprechenden Antriebe (30 kW und 18,5 kW) zu überwachen und in den Endlagen abzuschalten, muss sowohl der Neigungswinkel als auch der seitliche Verfahrensweg mit Messsystemen erfasst werden. Dabei fiel die Wahl in beiden Fällen auf Wegaufnehmer aus dem Hause Novotechnik.

Magnetostruktive Linearsensoren: robust, genau und einfach zu integrieren

Der seitliche Verfahrensweg wird mit magnetostruktiven Wegaufnehmern der Serie TLM gemessen (Bild 4). Die robusten Aufnehmer erfüllen serienmäßig die Anforderungen der Schutzart IP67. Da sie die Messwerte mit hoher Geschwindigkeit auch unter extremen Bedingungen erfassen und verschleißfrei arbeiten, lieferten sie für das Präzisionshandling beim Transport der Flugzeugflügel gute Voraussetzungen. Sie haben

nicht nur die Überwachung und Linearisierung der Messwerte bereits integriert, sondern garantieren ein Höchstmaß an Sicherheit und Dynamik bei der Datenübertragung. Die Auflösung beträgt (unabhängig von der Messlänge) 5 µm. Außerdem ließen sich die Aufnehmer gut in die Anwendung integrieren. In der Stahlkonstruktion des Jig konnte man die Aufnehmer mit einer Nutzlänge von 3,50 m direkt im bewegten Teil der seitlichen Verfahreinrichtung einbauen (Bild 5). Für die mechanische Justierung reicht dank der überbrückenden Wirkung des Magnetfelds fast schon das Augenmaß aus, da die Montagetoleranz mit +/- 2 mm recht groß ist.

Die Wegaufnehmer, die mit Nutzlängen von 100 bis 4500 mm angeboten werden, arbeiten nach dem Novostriktive-Verfahren, das das Prinzip der Magnetostriktion mit einer speziellen Auswertung kombiniert. Im Wesentlichen bestehen die Wegaufnehmer aus drei Einheiten: dem Wellenleiter, der Auswerteelektronik und dem Positionsgeber. Der Messvorgang wird durch einen kurzen Stromimpuls ausgelöst. Der Stromimpuls erzeugt um den Wellenleiter ein zirkulares Magnetfeld. Senkrecht dazu verlaufen die Feldlinien des Positionsgebers, der im Wellenleiter die Messposition markiert. An der Überlagerungsstelle der beiden Magnetfelder entsteht im Wellenleiter eine elastische Verformung, die Magnetostriktion. Die reversible Dimensionsänderung löst einen mechanischen Impuls aus, der sich im Wellenleiter als Torsionswelle mit einer Geschwindigkeit von etwa 2800 m/s fortpflanzt. An einem Ende des Wellenleiters wird die Torsionswelle in ein elektrisches Signal umgesetzt. Die Laufzeit vom Entstehungsort bis zum Signalwandler ist direkt proportional zum Abstand zwischen Positionsgeber und Signalwandler. Die Messzeit ist zwischen dem Messauslösungsimpuls und dem elektrischen Signal der Torsionswelle definiert.

Unterschiedliche Schnittstellen für eine einfache Integration

Besonderer Wert wurde bei den Wegaufnehmern auf die Sicherheit der internen Messwertaufbereitung sowie auf die Datenausgabe mit einer

Wiederholrate von 16 kHz gelegt. Die Positionswerte werden unabhängig von der Schnittstelle auf Plausibilität überprüft und die materialbedingte Nichtlinearität korrigiert. Ein hochintegrierter digitaler Schaltkreis (ASIC) bereitet die Positionswerte auf und formatiert sie für die Datenausgabe mit einer Zykluszeit von 62,5 μ s bzw. einer Taktzeit 16 kHz. Als Ausgabewert stellt die integrierte Elektronik standardisierte Signale für Start-/Stopp-, SSI- oder die DyMoS-Schnittstelle zur Verfügung. Dadurch werden die Wegaufnehmer zu Plug-and-Play-Geräten. Kalibrierungsarbeiten vor Ort sind nicht mehr notwendig.

Bei dem Transport-Jig sind die magnetostriktiven Wegaufnehmer über die SSI-Schnittstelle an der übergeordneten Steuerung „angedockt„. Die Positionswerte werden digital mit 25 Bit übertragen. Dadurch ist gewährleistet, dass - im Gegensatz zur einfachen Start-Stopp-Schnittstelle - beim Empfänger keine Wandlungsfehler auftreten, wenn die Wegaufnehmer in den Fertigungshallen, während der Reise und bei der Endmontage mit unterschiedlichen Steuerungen kommunizieren.

Bewährtes Industriepotentiometer mit günstigem Preis-/Leistungs-Verhältnis

Um den Flugzeugflügel in Abhängigkeit von seiner Lage optimal über dem Jig zu positionieren, muss zusätzlich der jeweilige Neigungswinkel der Schwenkvorrichtung erfasst werden. Die Wahl fiel auf das Industriepotentiometer IPE6501, das vor allem durch seine Robustheit und sein günstiges Preis-/Leistungs-Verhältnis überzeugte (Bild 6). Für eine optimale Auflösung wird der Drehwinkel der Schwenkeinrichtung von maximal 70 Grad auf den maximalen Messbereich des Potentiometers umgesetzt, der 90 Grad beträgt. Daraus ergibt sich eine Auflösung von ca. 12 Bit über den Arbeitsbereich von 90 Grad. Den aktuellen Messwert stellt das Potentiometer am Ausgang als 4 ... 20 mA-Signal zur Verfügung. Das garantiert eine hohe Störsicherheit der Signalübertragung auch bei ungünstigen Umgebungsbedingungen im mobilen Außeneinsatz.

Obwohl das Potentiometer bei der Montage am Jig Temperaturschwankungen

und der Luftfeuchtigkeit recht ungeschützt ausgesetzt ist, arbeitet es beim Messen mit einer Wiederholgenauigkeit von $0,007^\circ$. Temperatur- und Feuchteänderungen durch die klimatischen Schwankungen haben praktisch keinen Einfluss auf das Messergebnis, denn durch das Spannungsteiler-Prinzip ändert sich bei Temperaturschwankungen der Potentiometerwiderstand vor und nach der Abgriffstelle in gleichem Maß. Die abgegriffene Spannung bleibt davon unberührt, da hier nur der Temperaturkoeffizient des Spannungsteilerverhältnisses eingeht. Für Feuchteeinwirkungen gilt sinngemäß das Gleiche. Der zulässige Temperaturbereich für den potentiometrischen Aufnehmer liegt zwischen -25 und $+70$ Grad.

Der Winkelaufnehmer ist in einem robusten Aluminiumgehäuse untergebracht und erfüllt serienmäßig die Anforderungen der Schutzart IP65. Den elektrischen Anschluss vereinfacht ein wassergeschützter Industriestecker. Die Wellendurchführung ist abgedichtet. Die Präzisionskugellagerung ist für hohe mechanische Beanspruchung ausgelegt. Durch den weiten Eingangsspannungsbereich von 18 bis 30 V ist der Aufnehmer für Batterieversorgung im mobilen Einsatz gut geeignet.

Auch in puncto Lebenserwartung überzeugt der potentiometrische Aufnehmer: Er erreicht selbst unter ungünstigen Umgebungsbedingungen eine Lebensdauer von hundert Millionen Umdrehungen. Auch für viele industrielle Anwendungen sind die Winkelaufnehmer daher eine nahezu ideale Lösung, z.B. an langen Transferstraßen, wo die Signale über weite Strecken übertragen werden müssen, oder überall dort, wo man analogen Absolutwertgebern den Vorzug gibt. Typische Einsatzbereiche für die robusten und zuverlässigen potentiometrischen Aufnehmer finden sich aber auch bei Positionsregelkreisen in Kunststoffspritzgießmaschinen, Werkzeugmaschinen, Handhabungsautomaten, in der Kfz-Technik oder im Prüfstandsbau.