

Kompakter Drehzahlsensor für die Antriebstechnik

„LowHarmonics“-Sinusgeber mit Kommutierungsspur

Servoantriebe mit hochdynamischem Regelverhalten benötigen die Zustandsgrößen „Geschwindigkeit“ (Linearantriebe) beziehungsweise „Drehzahl“ (rotierende Antriebe) der Regelstrecke. Diese Größen werden für ein quasi-stetiges Regelverhalten von modernen digitalen Regelgeräten mit Zykluszeiten um 100 μ s verarbeitet.

Dem Regelgerät müssen je Sekunde 10.000 Meßwerte zur Verfügung gestellt werden, damit aus der Differenz je Zeiteinheit die Geschwindigkeit beziehungsweise Drehzahl abgeleitet werden kann. Ein inkrementaler Drehimpulsgeber mit 2.500 Impulsen/Umdrehung und einer Impulsvervierfachung durch Auswerten der Impulsflanken liefert zwar mit jeder Umdrehung diese 10.000 Signale - jedoch ist damit auch die minimale Drehzahl mit gutem Gleichlauf auf 60 min^{-1} begrenzt. Niedrigere Drehzahlen können durch unrunder Lauf gekennzeichnet sein, was sich als

Vibration (Micro-Stepping) der Antriebswelle äußert. Resolver scheiden für Präzisionsantriebe aus, da ihre Auflösung üblicherweise deutlich unter 10.000 unterscheidbaren Meßwerten je Umdrehung liegt. Außerdem ist es regelungstechnisch ungünstig, daß bei schnellen Drehzahländerungen eine Totzeit auftritt, da die Rotorlage zuerst mit einer Trägerfrequenz abgetastet und die so gewonnene Amplitudenmodulation anschließend mit einem R/D-Wandler ausgewertet wird.

Sinusgeber für hochdynamische Antriebe

Drehzahlen unter 1 min^{-1} (Schleichgang) erfordern mehr als 1 Million Meßwerte je Umdrehung. Dies kann nur mit präzisen Sinusgebern erreicht werden. Deren zwei um 90° gegeneinander phasenverschobene Sinussignale enthalten eine winkelabhängige Amplitudeninformation, aus der sich mit entsprechenden Interpolationsschaltungen eine Lage-Information mit viel höherer Auflösung ableiten läßt, als es der Anzahl der Nulldurchgänge der Sinussignale entspricht. Bild 1 zeigt das Prinzip der im Gemeinschaftsprojekt „VeCon“ realisierten hochauflösenden Meßwertgewinnung: die Groblage wird, analog zur Auswertung bei Inkrementalgebern, aus den Nulldurchgängen des Sinus- und Cosinussignals gewonnen, während die Feinlage aus dem Arcustangens der A/D-gewandelten Signale berechnet wird. Beim Zusammenfügen der Grob- und Feinlage zum hochaufgelösten Signal wird auf die Logikzustände der Komparatoren zur Festlegung des richtigen Quadranten zurückgegriffen.

Die Genauigkeit dieser Interpolation hängt entscheidend von der Präzision der Sinussignale ab. Die besten Voraussetzungen, die Genauigkeitsanforderungen zu erfüllen, bietet das opto-elektronische Abtastprinzip. Bei der Herstellung der Abtastscheibe

und der Maske Präzisionstechnologien zum Einsatz kommen, die mit der Halbleiterherstellung verwandt sind. Von Vorteil ist außerdem die große Bandbreite der opto-elektronischen Abtastung, so daß die Antwortzeit auf eine sprunghafte Drehzahländerung als nahezu verzögerungsfrei angesehen werden kann - eine wichtige Voraussetzung für ein hochdynamisches Regelverhalten.

LowHarmonics-Technik

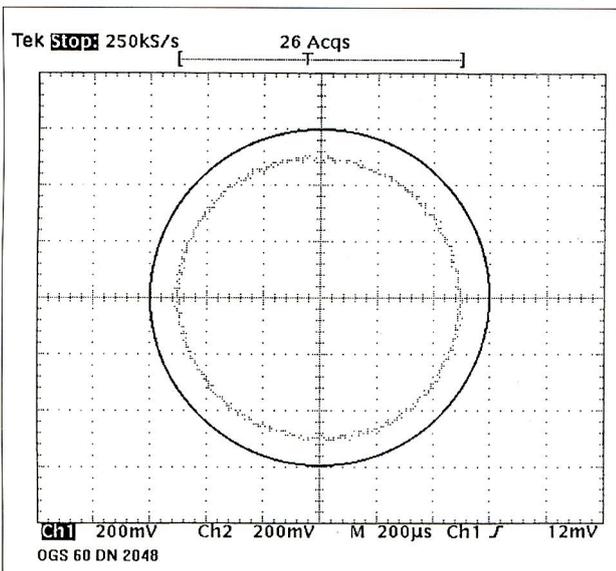
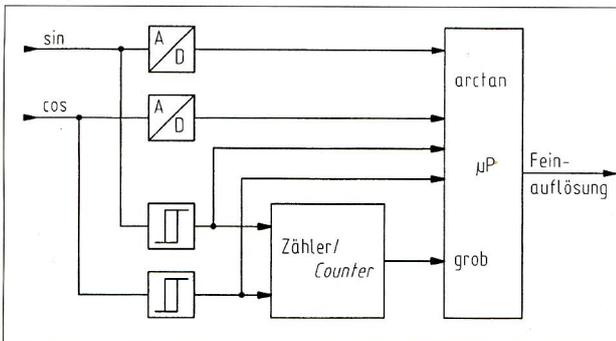
Bei den bisher verfügbaren Sinusgebern wird versucht, das (beim Vorbeilaufen der Schlitze der Inkrementalscheibe an denjenigen der Maske entstehende) dreieckförmige Signal in ein sinusähnliches Signal umzuformen, indem das Licht nicht proportional zum Drehwinkel, sondern zeitlich abgeändert zunimmt. Diese Verfahren erzeugen ein sinusähnliches Signal, dem insbesondere Oberwellen der 2. und 3. Ordnung überlagert sind. Aus diesen physikalischen Gegebenheiten wurde die Erkenntnis gezogen:

- Die Schlitze erzeugen nicht vermeidbare oberwellenhaltige Signale, deren Amplitude und spektrale Zusammensetzung jedoch untereinander gleich ist.
- Die Oberwellen lassen sich beseitigen, wenn die Schlitze so auf der Maske angeordnet werden, daß die Oberwellen gegenphasig zueinander sind (sie sich also bei der Überlagerung im Fotoempfänger durch Interferenz auslöschen).

Diese Aufgabe kann mit einer patentierten Maskenstruktur gelöst werden, bei der die Schlitze gezielt eine von der jeweils zur beseitigenden Oberwelle abhängende Lage auf der Maske haben. Die Oberwellen werden auf weniger als -50 dB reduziert, so daß ihr Rest im Rauschen untergeht. Die LowHarmonics-Technik bietet vom Abtastprinzip her das Optimum an Oberwellenarmut.

Bild 1 | Prinzip der hochauflösenden Meßwertgewinnung mit dem „VeCon“-Chip-Satz.

Bild 2 | Auf einem x/y-Sampling-Oszilloskopzeichnen sich die LowHarmonics-Sinus-/Cosinussignale durch eine gute Kreisform innerhalb eines Kontrollkreises aus.



Andere Fehlerquellen vermeiden

Einen ersten Überblick über die Genauigkeit der Sinussignale bietet die Abbildung auf einem x-y-Oszilloskop, **Bild 2**:

- Ist die Lissajous-Figur ein Kreis? (Hinweis auf Amplituden-Gleichlauf, 90°-Phasenversatz, Oberwellengehalt, Rauschen).
- Stimmt der Kreismittelpunkt? (Hinweis auf DC-Offset).

Die Qualität der Sinussignale darf bei der Übertragung zum Regelgerät durch Störeinflüsse (insbesondere die getakteten Stromimpulse zum Antrieb) nicht beeinträchtigt werden.

In Analogie zur Übertragung von TTL-Signalen nach der Schnittstellennorm RS-422 werden die beiden Sinussignale K1, K2 und K0 sowie die invertierten Signale $\bar{K}1$, $\bar{K}2$ und $\bar{K}0$ in Differenztechnik übertragen. Die Eingangs-Differenzverstärker liefern dann die volle Wechselspannung mit $1 V_{ss}$.

Kommutierungssignale als Option

Servomotoren mit Permanentmagnet-Erregung benötigen zum Starten eine Information über die Rotorlage. Dafür geeignete Sinusgeber liefern neben den hochauflösenden Sinussignalen zusätzliche Sinus-/Cosinus-Kommutierungssignale, aus denen mit dem Arcustangens die Rotorposition errechnet werden kann. Hierfür sind üblicherweise zusätzliche Leitungsadern erforderlich. Einen anderen, kostensparenden Weg zeigt **Bild 3**: zum Starten des Antriebs legt die Steuerelektronik mit dem Buffer die Nullimpulsleitung K0 auf Masse. Dies wird im Sinusgeber vom Komparator detektiert, der den MUX umschaltet. Jetzt werden die Sinus-/Cosinus-Absolutsignale über die normalen Leitungstreiber und Kabeladern zur Steuerelektronik übertra-

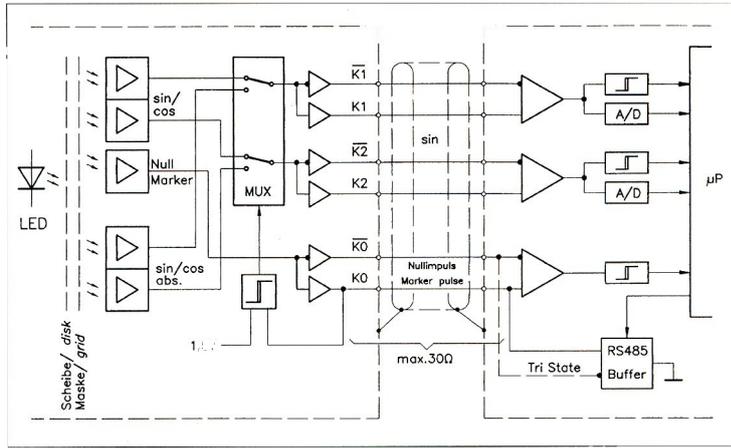
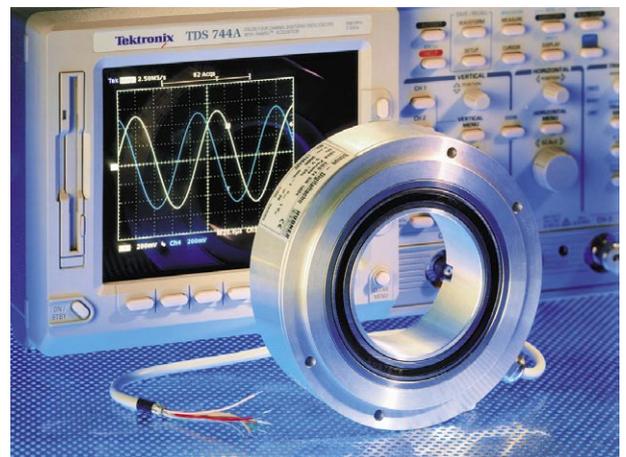


Bild 3 | Beim Start des Antriebs gestattet der MUX eine kostengünstige Übertragung der Kommutierungssignale über die normalen Signalleitungen.

gen. Nach Auswertung der Rotorposition wird der Buffer in den Tri-State-Zustand zurückgesetzt und damit der MUX für die Übertragung der hochauflösenden Sinus-/Cosinus-Signale umgeschaltet. Die weiteren Kommutierungssignale werden dann aus den hochauflösenden Sinussignalen mit Nullimpuls abgeleitet.

Einen von der Firmengruppe Hübner, Berlin, und Thalheim, Eschwege, gemeinsam entwickelten, kompakten Sinusgeber mit 1.024 Sinus-/Cosinusperioden je Umdrehung und zusätzlich drei Sinus-/Cosinus-Kommutierungsperioden zum Ansteuern eines 6-poligen Permanentmagnet-erregten Servomotors zeigt **Bild 4**. Das Gerät mit einem Gehäuse-Durchmesser vom 58 mm und einer durchgehenden Hohlwelle von 14 mm ist zum direkten Einbau auf der B-Seite des Servo-Motors vorgesehen.

Der Anschluß kann über ein kostengünstiges Flachbandkabel oder optional mit einem in axialer oder radialer Richtung angeordneten Kabel durchgeführt werden. Der große „Bruder“ für langsam laufende Direktantriebe von Aufzugsmotoren ist in **Bild 5** zu sehen. Die Vorteile der LowHarmonics-Technik wirken sich hierbei besonders aus: der gezeigte Sinusgeber mit 70 mm Hohlwelle hat bei 1.024 Sinus-/Cosinusperioden je Umdrehung eine verhältnismäßig „grobe“ Strichstruktur auf der Impulsscheibe. Bei gegebener Fläche der opto-elektronischen



Abtastung stehen nur wenige Strichperioden zur Abtastung zur Verfügung. Da die LowHarmonics-Technik jedoch bereits mit nur wenigen Strichen einwandfrei arbeitet, stellt dies keine Einschränkung dar.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die patentierte LowHarmonics-Technik einen neuen Qualitätsstandard in der digitalen Antriebstechnik setzt.

Bild 4 | Kompakter LowHarmonics-Sinusgeber mit zusätzlichen Kommutierungssignalen und durchgehende Hohlwelle zum direkten Einbau in Servomotoren.

Bild 5 | Die LowHarmonics-Technik läßt auch den Bau von großen Sinusgebern zu - zum Beispiel für langsam laufende Antriebe von Aufzugsmotoren.