

Getriebeprüfstand mit HeavyDuty-Drehgebern zur hochgenauen, dynamischen Drehzahlregelung

Hart zur Sache

Robuste Drehgeber im Einsatz an Getriebeprüfständen

Ralf Schenk, Bernhard Hiller

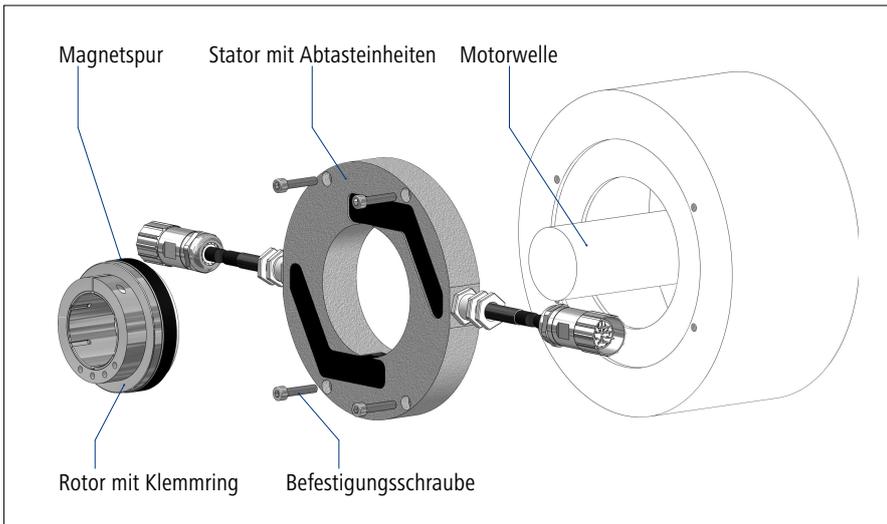
Fahrzeugkomponenten werden strengen Betriebsfestigkeitsprüfungen unterzogen, bevor die Freigabe für einen Serieneinsatz erfolgt. Handelt es sich um Komponenten des Antriebsstrangs, fallen die Prüfungen besonders hart aus. Die dafür speziell konstruierten Prüfstände müssen entsprechend ausgelegt und mit zugleich robusten wie präzisen Messaufnehmern ausgestattet sein. Im folgenden wird beschrieben, welche Vorzüge neuartige magnetische Drehgeber, wie sie beispielsweise an Getriebeprüfständen im Einsatz sind, dem Anwender bieten.

In den Anfängen der Prüftechnik war es üblich, die Betriebsfestigkeit einzelner Fahrzeugkomponenten zunächst mittels rein synthetisch generierter Lastprofile zu testen. Synthetisch in diesem Zusammenhang heißt, dass man den Prüfling mit einem ausschließlich im Testlabor generierten Belastungsprofil beaufschlagte, von dem man durchaus wusste, dass es die während des realen Betriebs auftretenden Belastungen nur grob wiedergab, man sich aber doch eine - zumindest annähernde - Aussage über die zu erwartende Lebensdauer der Komponente versprach. Auch Konstruktionsschwächen ließen sich so noch im Vorfeld aufdecken. Dank kontinuierlicher Fortschritte auf den Gebieten der Mess- und Regeltechnik ist es mittlerweile möglich, Fahrzeugkomponenten mit Lastprofilen zu beaufschlagen, die die zuvor am Ort der Einwirkung gemessenen, realen Kräfte und Beschleunigungen nahezu exakt nachbilden. Die heutigen Testprofile (Kraft- und/oder Momentenbeaufschlagung) sind also nicht mehr synthetisch generiert, vielmehr wird die zuvor bei der

Straßenfahrt gemessenen Belastungen mittels adaptiver Regelverfahren auf den Prüfstand übertragen. Anders gesagt: die während der Fahrt auftretenden Belastungen können heute praktisch ohne Abstriche im Testlabor simuliert werden. Dazu unterzieht man die als Basis dienenden Messdaten, bevor sie als Sollvorgabe auf den Prüfstandsregler eingespielt werden, einer Schädigungsanalyse und editiert sie derart, dass die schädigenden Anteile gestrafft und die unterschiedlichen Belastungssituationen „repräsentativ“ vertreten sind. Für die Prüfung eines Stoßdämpfers bedeutet dies beispielsweise: die bei einer Straßenfahrt beim eher seltenen Passieren eines Schlaglochs gemessenen extremen Kräfteinwirkungen werden auf dem Prüfstand alle zehn Meter wiederholt. Durch einen entsprechend angelegten Dauerversuch lässt sich dann im Testlabor

Die Autoren:

Ralf Schenk ist Leiter Marketing, Bernhard Hiller Entwicklungsleiter bei der Baumer Hübner GmbH, Berlin



1: Magnetgeber bestehend aus Stator und einem Rotor, der mit Klemmring auf der Antriebswelle montiert wird.

schon in kurzer Zeit - und noch dazu unter absolut reproduzierbaren Bedingungen - exakt simulieren, in welchem Zustand sich der Stoßdämpfer nach zum Beispiel 200.000 km realer Straßenfahrt befinden wird. Für den Test eines Getriebes bedeutet es, dass die auf den Antriebsstrang wirkenden, höchst unterschiedlichen Belastungssituationen gleichermaßen simuliert werden müssen: Vorwärtsfahrt mit maximal zulässiger Geschwindigkeit, Vollbremsung mit extremer (negativer) Beschleunigung - und Rückwärtsfahrt mit sehr geringer Geschwindigkeit, aber hohem Drehmoment, wie sie etwa beim Rückwärts-Einparken über eine Bordsteinkante auftritt.

Weiter, einstellbarer Messbereich

Herkömmliche Inkrementalgeber stoßen bereits an ihre Grenzen, wenn es darum geht, einen wie hier geforderten weiten Drehzahlmessbereich zuverlässig abzudecken. Einerseits müsste der Inkrementalgeber mit extrem hoher Auslösung versehen sein, damit auch bei sehr geringen Drehzahlen noch eine ausreichende Zahl pro Zeiteinheit überstrichener Inkremente zur Ableitung der Geschwindigkeitsinformation zur Verfügung steht. Andererseits wäre das Ausgangssignal eines entsprechend hochauflösenden Inkrementalgebers bei höheren Drehzahlen nicht mehr verwendbar. Allein die Ausgabefrequenz wäre so hoch, dass Rechtecksignale als solches nicht mehr zuverlässig über Leitungen übertragen und ausgewertet werden könnten. Dabei ist noch nicht berücksichtigt, dass es sich bei HeavyDuty-Applikationen in der Regel nicht vermeiden lässt, Mess- und Signalleitungen in elektromagnetisch problematischem Umfeld zu installieren, beispielsweise in unmittelbarer Nähe

von Kabeln, die von starken, getakteten Motorströmen durchflossen werden. Dies schränkt die Toleranzschwelle hinsichtlich der maximalen Frequenz, bei der Rechtecksignale noch fehlerfrei übertragen werden können, zusätzlich ein. Und abgesehen von der Übertragungsproblematik sind gängige Umrichtertypen ohnehin begrenzt in der zulässigen (will heißen: noch verarbeitbaren) Frequenz eingehender Messsignale.

Baumer Hübner geht mit seinen robusten Magnetgebern einen neuen Weg: Hier werden durch magnetische Abtastung generierte sin/cos-Signale dank komplexer, programmierbarer Signalverarbeitungs- und Auswerte-Elektroniken so aufbereitet, dass sie sich an die Anforderungen der Messaufgabe optimal anpassen lassen. Für die Drehzahlregelung des Getriebeprüfstands heißt das unter anderem: kleinste Geschwindigkeiten bei der Prüfsequenz „Einparken“ werden genauso zuverlässig und präzise erfasst wie der Modus „Autobahnfahrt“, wo der den Fahrzeugantrieb emulierende Synchron- oder Asynchronmotor mit bis zu 10.000 U/min rotiert.

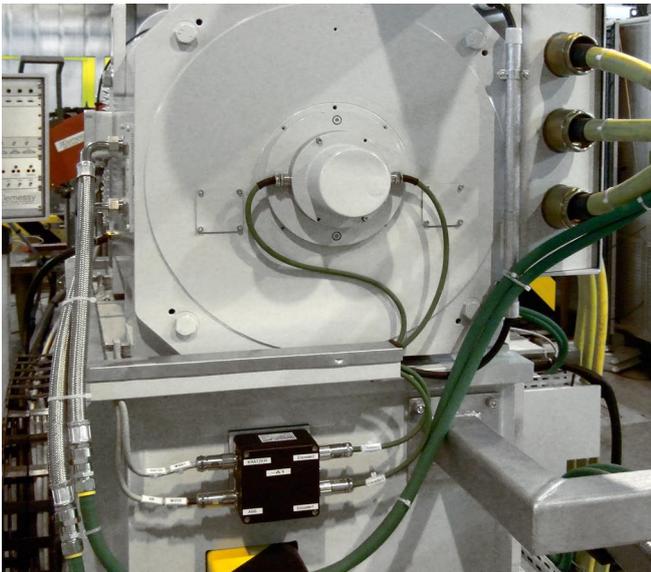
2: Redundante magnetische Abtastung am Geber, Signalaufbereitung in externer Signalverarbeitungsbox



Die neuen Geber bestehen aus einem direkt auf der Antriebswelle zu montierendem Rotor mit Hohlwelle, auf dessen Außenseite eine Spur mit magnetischen Maßverkörperungen aufgebracht ist. Der Rotor wird mittels eines Klemmrings auf der Welle fixiert (Bild 1). Zwei im Stator eingelassene, voll vergossene Abtastköpfe werten das Magnetfeld des Rotors aus und generieren die sin/cos-Signale. Da die beiden Abtastköpfe um 180° versetzt angeordnet sind, stellen sie nicht nur eine Redundanz in der Signalerfassung sicher, sondern ermöglichen es darüber hinaus, durch Rundlaufabweichungen verursachte Messfehler zu erkennen und zu kompensieren. Zwar ist die Auflösung der originären sin/cos-Signale prinzipbedingt niedriger als die mittels vergleichbarer optischer Geber realisierbare, aber die sin/cos-Signale verfügen - und das ist entscheidend - über eine sehr gute harmonische Qualität. Sie ist Basis dafür, dass sich mittels anschließender Interpolation auch sehr hohe Strichzahlen zuverlässig ableiten lassen.

Höchste Schwingungs- und Schockfestigkeit

Im Falle des Getriebeprüfstands sind die Abtastköpfe passiv, das heißt, die darin befindlichen magneto-resistiven Aufnehmer (MR-Sensoren) werden aus einer separaten, wengleich in räumlicher Nähe angebrachten Box gespeist, in der sich die eigentliche Signalverarbeitungselektronik befindet (Bild 2). Je nach Anwendungsfall ist es allerdings genauso denkbar, die Elektronik komplett im Abtastkopf zu integrieren. Jede einzelne der drei Komponenten - Rotor, Stator und auch die gegebenenfalls separat ausgeführte Signalverarbeitungsbox - verfügt über einen hohen IP-Schutz und trotz höchsten Schock- und Vibrationsbelastungen. Man vergegenwärtige sich, dass die in den Getriebeprüfständen eingebauten hochdynamischen Synchron- oder Asynchronmotoren den



3: Drehgeber mit Schutzverkleidung (Berührschutz) am Antriebsmotor des Prüfstands

Antriebsstrang mit teilweise mehr als 50.000 U/min pro Sekunde beschleunigen. Eine Drehzahl-Messfassung ist bei derartigen Beschleunigungen ohnehin nur durch einen wie hier gegebenen, völlig torsionssteifen Anbau des Gebers möglich, konventionelle Rotor- oder Statorkupplungen wären dafür nicht geeignet.

Komplexe Signalverarbeitungselektronik

Die Signalverarbeitungselektronik tastet die sin/cos-Signale mit bis zu 30 MHz ab, digitalisiert sie und unterzieht sie einer digitalen Vorfilterung. Durch Einsatz von Offset- und Amplitudenregelverfahren zusammen mit einem nachgeschalteten Oversampling-Filter wird so sogar bei verauschten oder mit Störpeaks versehenen Eingangssignalen noch eine hohe Signalgüte am Ausgang erreicht. Dort stehen zunächst - je nach Anforderung - sowohl

TTL- als auch HTL- und/oder regenerierte sin/cos-Signale zur Verfügung. Es ist also eine Mehrfachauswertung des Drehzahl-Istwertsignals möglich, wobei sich die sogenannten Interpolationsfaktoren unabhängig voneinander für jeden Ausgang einzeln wählen lassen. Bei den Faktoren kann es sich wahlweise um Teilungs- oder Vervielfachungsfaktoren handeln, das heißt die Periodenzahl des Ausgangssignals kann - bezogen auf die Periodenzahl des Eingangssignals - entsprechend erniedrigt oder erhöht werden. Auch nicht-binäre Zwischenwerte sind realisierbar. Dies alles erlaubt eine nahezu beliebige Anpassung des Messsignals an nachfolgende Regler und Auswerte-Elektroniken.

Frequenzmoduliertes Ausgangssignal

Die beispielsweise im Getriebeprüfstand eingesetzte Signalverarbeitungselektronik

geht noch einen Schritt weiter: Während sie den Umrichter, der einen zur gezielten Momentenbeaufschlagung eingesetzten Motor ansteuert, mit einem HTL-Signal versorgt, erfolgt die Drehzahlregelung nicht über das ansonsten übliche TTL-, sondern über ein frequenzmoduliertes Signal. Der zu erfassende sehr weite Drehzahlbereich von ± 10.000 U/min (vergleiche die zuvor beschriebene Problematik) wird dazu in ein kontinuierliches Frequenzband von 25 kHz bis 175 kHz abgebildet. Insbesondere kleine Drehzahlen und die beim Reversieren auftretenden Drehzahl null sind dann durch eindeutig zugeordnete Frequenzen (Drehzahl null entspricht somit 100 kHz) genau detektierbar. Die Drehzahlinformation steht nicht nur äußerst präzise, sondern praktisch verzögerungsfrei zur Verfügung, was bei einer Auswertung von klassischen Rechteckimpulsen nicht der Fall wäre. Um dies zu realisieren, werden in der Signalverarbeitungselektronik neben den bereits beschriebenen Techniken zusätzlich Frequenzsynthese-Algorithmen eingesetzt, die eine Zeitquantelung von 7 Nano(!)sekunden ermöglichen.

Mehrere Zustandsgrößen erfassbar

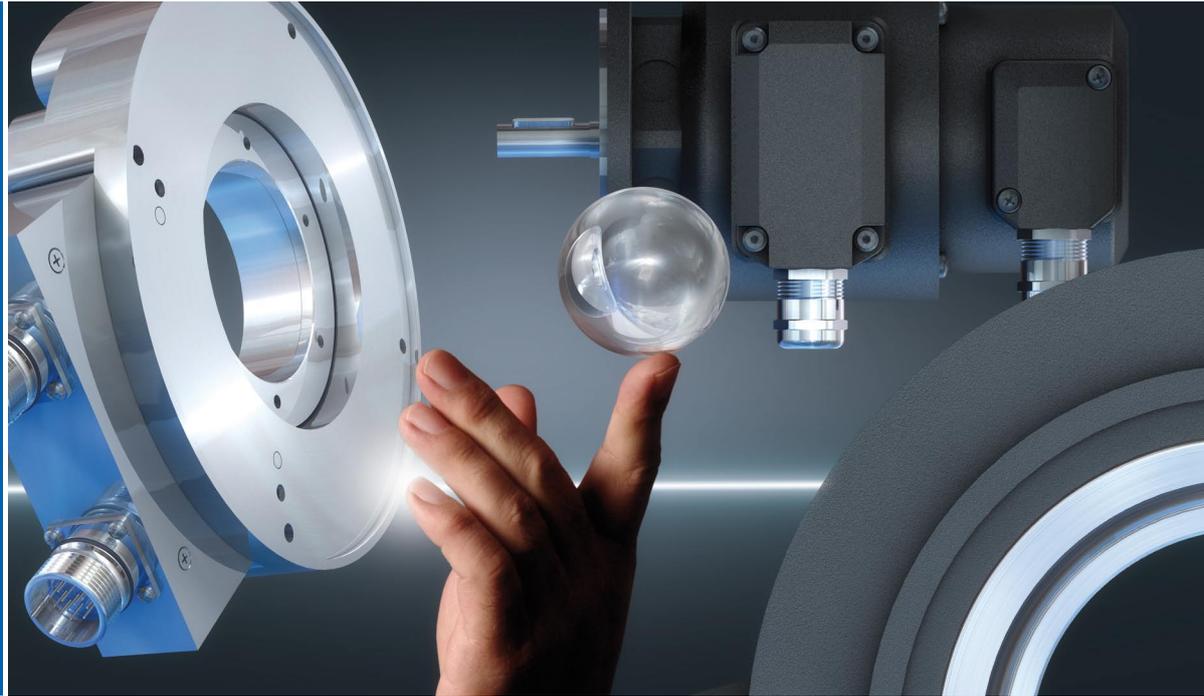
Außer der Drehzahl müssen - gerade bei hochdynamischen Prüfständen - häufig auch Winkelposition und Beschleunigung als Zustandsgrößen erfasst werden. Dies ist mit den Signalverarbeitungselektroniken von Baumer Hübner ebenfalls möglich. Die Messgrößen können zudem digital übertragen werden, beispielsweise mittels einer leicht zu implementierenden SSI-Schnittstelle oder über ethernetbasierte Echtzeit-Schnittstellen wie EtherCAT. Auf Wunsch stehen auch Profibus- oder CANopen-Anbindungen zur Verfügung, darüber hinaus lassen sich Status- und Fehlermeldungen bei Bedarf über die Schnittstellen oder speziell zugeordnete Ausgänge übertragen. Zusammenfassend lässt sich feststellen: Durch die Kombination aus magnetischer Abtastung und komplexer Signalauswertung gelingt es mit den neuen Magnetgebern mehrere - aus technischer Sicht bisher oft widerstreitende - Forderungen gleichzeitig zu erfüllen und sich zudem den Anforderungen der jeweiligen Messaufgabe leicht individuell anzupassen.

Erweiterter Sonderdruck aus
antriebstechnik 9/2007

Features der magnetischen Inkrementalgeber auf einen Blick:

- sehr robust und verschleißfrei, weil ohne eigene Lagerung und mit komplett vergossener Elektronik im Abstastkopf
- höchste Schwingungs- und Schockfestigkeit
- weiter Einsatztemperaturbereich
- verschmutzungsunempfindlich bei hoher IP-Schutzart
- äußerst kompakte Abmessung, axial sehr kurzbauend
- großer zulässiger Axial Schub
- geeignet für sehr große Wellendurchmesser
- einfache und schnelle Montage, leichte Adaption an bestehende Aufbauten
- Signalverarbeitung individuell anpassbar an die Messaufgabe, Mehrfachauswertungen möglich
- präzise, hochauflösende Drehzahlerfassung über einen sehr weiten, einstellbaren Messbereich

HeavyDuty-Sensoren für die Antriebstechnik



Motion Control

Sensoren von Baumer Hübner haben ihren festen Platz, wo Bewegungsabläufe geregelt werden. Besonders im rauen Betrieb, bei extremen Umgebungsbedingungen beweisen sich die Stärken von Messwertaufnehmern, die von vornherein für den harten industriellen Einsatz konzipiert wurden. HeavyDuty-Technik von Baumer Hübner trägt wesentlich zur Qualität und Zuverlässigkeit von Maschinen und Anlagen bei – und das weltweit, seit Jahrzehnten. [Sprechen wir über Ihre Antriebsaufgabe.](#)

- 2006 Absolutgeber ohne Getriebe und ohne Batterie, programmierbare digitale Drehzahlschalter
- 2005 Prüfgerät für Drehgeber
- 2004 Präzisions-Interpolatoren
- 2002 Magnetische Geber mit Hohlwelle bis \varnothing 690 mm
- 2001 Absolutgeber in HeavyDuty-Technik
- 1998 Ferraris-Beschleunigungssensoren: linear/rotativ in patentierter Technik
- 1995 Sinusgeber: Sinussignale mit besonders geringem Oberwellenanteil – der Maßstab an Präzision
- 1989 Geräte in Ex-Schutz: Kennzeichen »II 2 G EEx de IIC T6 bzw. T5« (ATEX 95)
- 1982 Kombinationen: Drehimpulsgeber, Analog-Tachos, und/oder Drehzahlschalter in einem einzigen Gerät mit gemeinsamer Welle
- 1978 Drehimpulsgeber in HeavyDuty-Technik: robuste elektrische und mechanische Konstruktion
- 1970 Drehzahlschalter: mechanisch (Fliehkraft) oder elektronisch mit eigener oder fremder Spannungsversorgung
- 1955 Analog-Tachos: Die robuste Konstruktion legt die Basis für die HeavyDuty-Technik
- 1934 Gründung des Unternehmens in Berlin

BaumerHübner