



© turbowerner | Fotolia

Universeller Prüfstand mit Oszilloskop

Charakterisierung von Drehzahlsensoren

Um die elektrischen Antriebsmotoren in Elektrofahrzeugen effizient steuern zu können, benötigt die Motorsteuerung entsprechende Sensoren, die beispielsweise die Winkelposition und Drehzahl des Motors mit hoher Auflösung erfassen können. Speziell für die Vermessung und Charakterisierung von Drehzahlsensoren hat die Firma ONRASens einen universellen Prüfstand realisiert.

Arno Erzberger

Derartige Prüfstände werden beispielsweise benötigt, um das Verhalten von Hall-Sensoren zu untersuchen oder einen Bezug zwischen Geberradmechanik und dem elektrischen Sensorsignal herzustellen. Früher war dieser Zusammenhang bei der Auslegung von Kurbelwellen- und Nockenwellensensoren erforderlich, heute betrifft dies hauptsächlich elektrische Hochleistungsantriebe und Drehmomentsensoren auf Basis von magnetischen Drehzahlsensoren. Mit dem richtigen Ansatz lässt sich diese Messaufgabe mit überschaubarem Aufwand und einem Oszilloskop mit einer speziellen Triggerfunktion erfüllen.

Als Basis für den hier beschriebenen Drehzahlsensorprüfstand wurde ein bereits bestehender Aufbau verwendet. Dieser existiert zwar schon seit rund 50 Jahren, zeichnet sich aber durch eine solide Mechanik aus. Ursprünglich wurde der Prüfstand für die Vermessung von magnetisch-induktiven



Bild 1: Der Prüfstand bei ONRASens © ONRASens

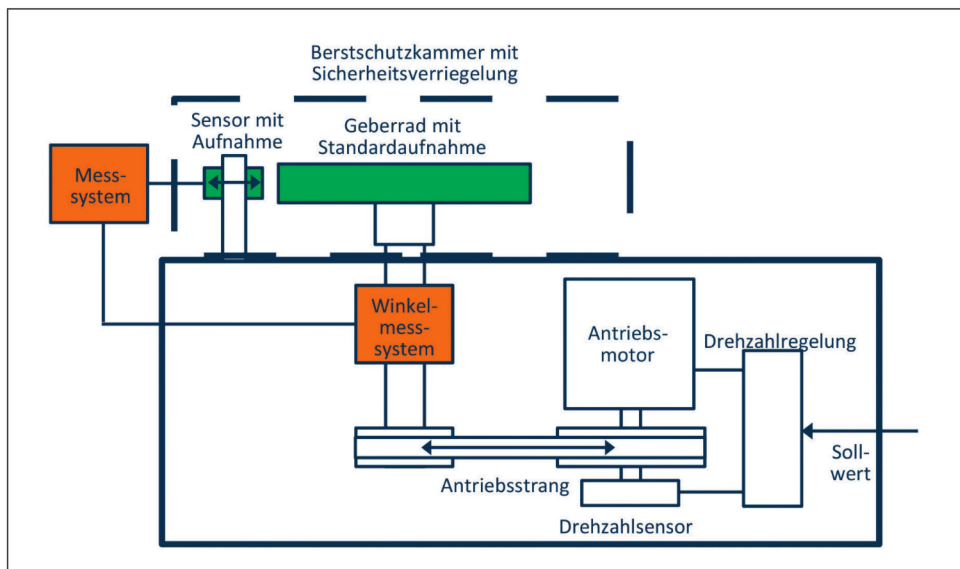


Bild 2: Prinzipaufbau des Drehzahl-sensorprüfstandes (grün: Prüflinge, orange: Oszilloskop DLM3000 mit Peripherie. © ONRAsens

Drehzahlsensoren an der Kurbelwelle für mechanische Unterbrecherzündungen gebaut und wurde später auch für kontaktlose Zündungen mit AMR- und Hall-Sensoren genutzt. Jahre später fand eine Anpassung des Prüfstands für die Vermessung von Drehzahl- und Drehrichtungssensoren in Automatikgetrieben statt, und um grundlegende Untersuchungen für GMR-Sensoren durchzuführen. Nach der Außerbetriebnahme im industriellen Bereich wurde der Prüfstand in der Forschung an der Hochschule Karlsruhe eingesetzt. Nach einem weiteren Umbau dient der Prüfstand nun bei ONRAsens dazu wichtige Kennwerte und Parameter für neue Drehzahlsensorkonzepte so realitätsnah wie möglich nachzustellen, sowie vielfältige Messungen für die Auslegung durchzuführen.

Aufbau des Prüfstands

Der Prüfstand enthält einen DC-Motor mit 2,5 kW Leistung, der über einen Antriebsstrang eine Spindel mit einer mechanischen Universalaufnahme antreibt (**Bild 1 und 2**). Die Regelung des Motors erfolgt über eine direkte Messung der Drehzahl an der Motorantriebswelle. Auf der Spindel ist das optische Winkelmesssystem mit physikalischen 3600 Inkrementen und Referenzimpuls angebracht. Die Inkremente und der Referenzimpuls werden über RS422 an das Messsystem und ein Oszilloskop übertragen. Ebenso das Ausgangssignal des Prüflings (Sensor-Geberrad-Paarung). Hierbei wurde das System auf schnelle Flankenanstiegs- und Abfallzeiten und sehr geringe Totzeiten optimiert. Zur Messung kann die Drehzahl, die Drehrichtung, die Lage des Prüflings und der Luftspalt eingestellt werden. Der komplette bewegte Aufbau ist durch eine Berstschutzkammer mit Sicherheitsverriegelung geschützt.

Der Prüfstand unterstützt Geberraddurchmesser von bis zu 250 mm sowie einen Frequenzbereich der Geberradverzahnung bis 20 kHz. Durch die Erstellung von Geberrädern mit geeigneter Zahngeometrie und mehr Zähnen auf größerem Durchmesser können sogar Turboladersensoren bis zur maximalen Drehzahl von 300.000 Umdrehungen pro Minute vollständig spezifiziert werden.

Das Messsystem

Als Messgerät wurde ein Oszilloskop der Serie DLM3000 von Yokogawa ausgewählt, mit dem sich alle notwendigen Messaufgaben durchführen lassen. Der vollständige Messaufbau besteht nur aus: DLM3000, Inkrementgeber mit BNC-Verteiler und Sensorprüfling. Den Ausschlag für diese

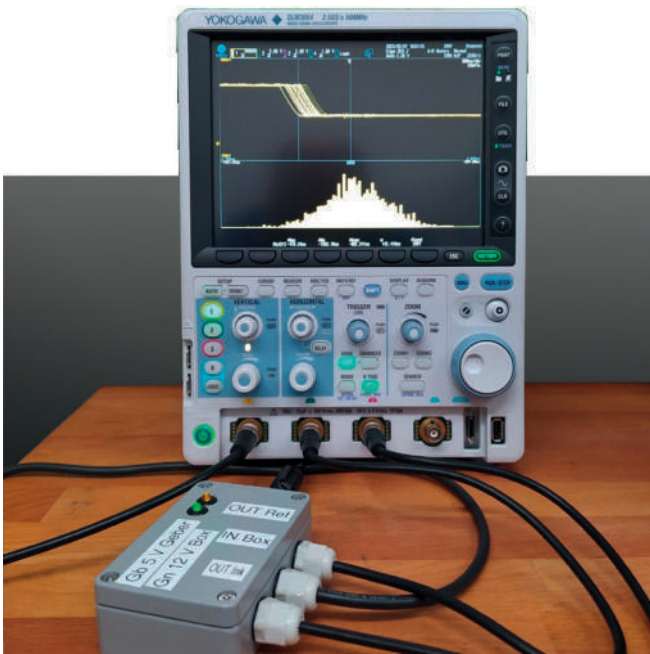
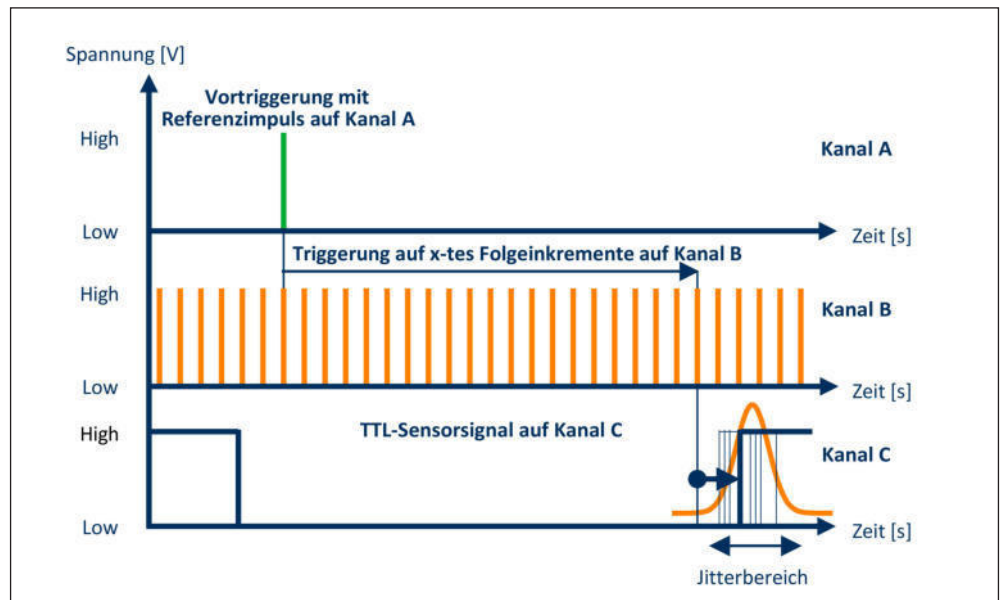


Bild 3: Signalverschaltung am Oszilloskop © ONRA Sens

einer zusätzlichen statistischen Auswertung wird die zeitliche Verteilung des Jitters dargestellt und führt sogar so weit, dass kleine Phasensprünge der Flanken erkannt werden. Die Sprünge können z. B. durch eine Umschaltung eines Verstärkungsfaktors oder eine Änderung einer internen Schaltschwelle im Sensorchip ausgelöst werden. Diese Effekte treten häufig bei großen Luftspalten, Temperaturerhöhungen oder Einflüssen durch Fremdmagnetfelder auf und können beispielsweise zu falschen Einspritz- und Zündzeitpunkten oder falschen Phasenströmen führen. Ohne die direkte Nähe des physikalischen Triggerimpulses würde z. B. eine Drehungleichförmigkeit auf die zeitliche Impulsmessung unvorhersehbaren Einfluss haben, der oft viel größer ist als der real zu messende Effekt.

Die Durchführung einer Flankenjittermessung lässt sich am Beispiel eines magnetischen Differenz-Hall-Sensors mit Back-Bias Magnet und 2-Draht-Stromschnittstelle und mit einem Stahlgeberrad mit ausgestanzten Lücken von 4 mm Länge über den Umfang und 8 mm Höhe erläutern. Die Sensorausgangsspannung wird über einen Serienwiderstand mit 150 Ω abgegriffen und dem Oszilloskop zugeführt (Bild 3). Der Flankenjitter wird als Standardabweichung der Delay-

Bild 4: Prinzipdarstellung der Jittermessung mit der „A nach B“-Triggerfunktion © ONRA Sens



Entscheidung gab letztendlich die „A nach B“-Triggerfunktion. Diese ermöglicht es, ausgehend von dem Referenzimpuls des Drehgebers auf Kanal A (Flankentrigger), die Triggerung durch die Inkrementensignale auf Kanal B um eine beliebig einstellbare Anzahl von Inkrementen zu verschieben. Somit kann der Trigger, auf Hardwarebasis, auf jedes beliebige Inkrement auf dem Inkrementgeber und somit auf jede beliebige Stelle des Geberrads verschoben werden. Dadurch lässt sich der Trigger sehr nahe an das zu messende Ereignis setzen und somit der Einfluss von Drehzahlschwankungen und anderen Einflüssen auf ein Minimum reduzieren.

Durchführung einer Flankenjittermessung

Mit dem DLM3000 lässt sich somit beispielsweise eine Flankenjittermessung des Drehzahlsensors durchführen. Mit

Messung, bezogen auf die Triggerposition zur fallenden Flanke, ermittelt (Bild 4). Mit der „A nach B“ Triggerfunktion wurde das Triggerereignis direkt an das Schaltereignis gesetzt (Bild 5). Als Ergebnis der hier durchgeführten ca. 2000 Einzelmessungen bei einer Drehzahl von 2800 pro Minute und einem Sensorluftspalt von 0,5 mm liefert das Oszilloskop eine Histogramm-Darstellung des Flankenjitters (Bild 6).

Die Vorgehensweise hat gezeigt, dass es möglich ist, hochpräzise Messungen mit einem einfachen und kostengünstigen Aufbau zu verwirklichen. Einfachheit im Messsystem vereint mit guter Abstimmung (Impedanz, Zeitverhalten...) und geeignetem Masse- und Schirmkonzept erhöht die Zuverlässigkeit und die Genauigkeit bei deutlich reduzierten Kosten und schneller Verfügbarkeit.

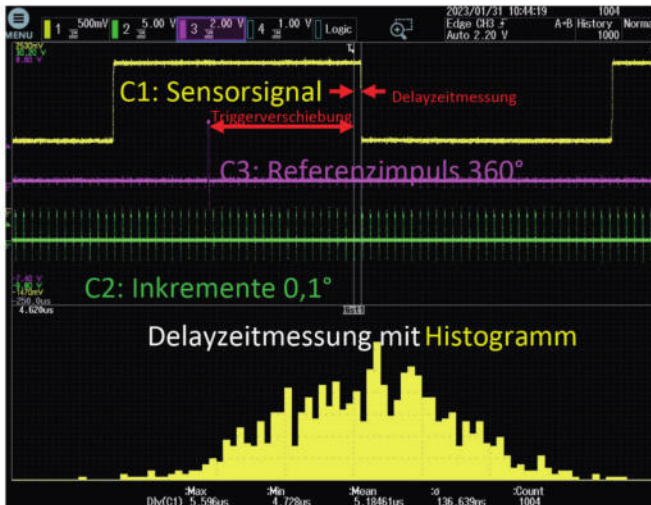


Bild 5: Messkonfiguration des Oszilloskops © ONRASens

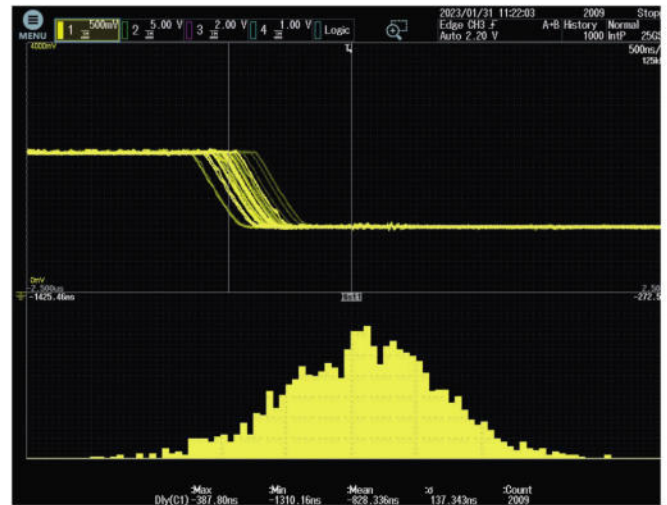


Bild 6: Histogramm der Flankenjittermessung bei 0,5 mm Luftspalt

© ONRASens

Hieraus lassen sich die folgenden Empfehlungen für den Aufbau des Prüfstands ableiten:

- Die Mechanik und deren Kinematik ist so auszulegen, dass sich möglichst wenig Einflüsse direkt auf das Messergebnis auswirken.
- Für die wesentlichen mechanischen Messgrößen sollten wenig und geeignete Sensoren an den richtigen Stellen verwendet werden.
- Die Messauswertung sollte möglichst direkt erfolgen und die Ergebnisse aufeinander abgestimmt ermittelt werden.
- Elektrische und mechanische Schnittstellen möglichst minimieren.
- Mechanik, Antrieb, Sensorik und Auswertung mit einem durchgängigen Masse- und Schirmkonzept versehen.
- Den Gesamtaufbau so wählen, dass eine Messfähigkeits-

untersuchung des gesamten Aufbaus möglich ist.

- Kalibrierbare Sensoren und Messsysteme verwenden, die nach Möglichkeit direkt die gesuchte Größe messen.

Nun steht natürlich nicht für jeden Prüfaufbau eine vorhandene Mechanik zur Verfügung und nicht jede Messaufgabe kann direkt mit einem Universalmessgerät erfüllt werden. Werden bei der Neuentwicklung von Prüfaufbauten die beschriebenen Empfehlungen berücksichtigt, lassen sich viele Messprobleme von Anfang an vermeiden. ■ (hh)

www.onrasens.com



Arno Erzberger ist Inhaber der ONRASens in Amberg. © ONRASens