



(10) **DE 10 2010 061 955 A1** 2012.05.31

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 061 955.8**

(22) Anmeldetag: **25.11.2010**

(43) Offenlegungstag: **31.05.2012**

(51) Int Cl.: **G01D 5/20 (2006.01)**

G01P 3/488 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG, 15827,
Blankenfelde, DE**

(72) Erfinder:

Lück, Rudolf, 14558, Nuthetal, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	10 2004 027039	B3
DE	692 27 435	T2
US	60 43 645	A
US	55 28 139	A
US	54 69 052	A

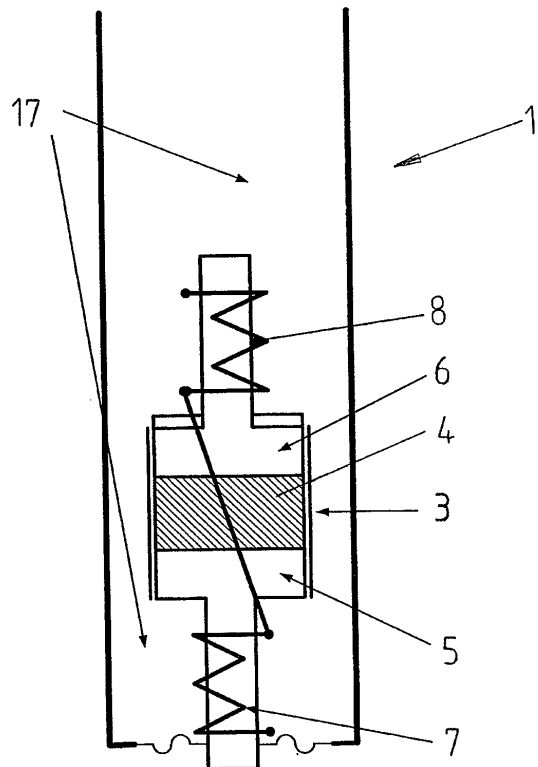
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Induktiver Sensor**

(57) Zusammenfassung: Ein mit einem rotierenden Impulsgeber/phonischen Rad zusammenwirkender induktiver Sensor (1) umfasst einen in einem Führungselement (3) geführten Permanentmagneten (4) mit einem von einer Messspule (7) umschlossenen ersten ferromagnetischen Kern (5) und einem entweder spiegelbildlich oder parallel zu diesem angeordneten, mit einer Kompensationsspule (8) versehenen zweiten ferromagnetischen Kern (6), dessen Magnetkreis von dem Impulsgeber unbeeinflusst ist. Die Mess- und die Kompensationsspule (7, 8) sind so verschaltet, dass ein an der Messspule (7) auftretendes Störsignal durch ein an der Kompensationsspule (8) erzeugtes gegenphasiges Kompensationssignal aufgehoben wird. Durch Vibration hervorgerufene magnetostruktive Effekte und damit in der Messspule induzierte Störsignale werden minimiert, so dass eine hohe Messgenauigkeit gewährleistet ist. (Fig. 2)



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen induktiven Sensor, der einen Permanentmagneten mit einem an diesen grenzenden, von einer Messspule umschlossenen ferromagnetischen Kern umfasst und der mit einem als Zahnkranz ausgebildeten rotierenden Impulsgeber zur periodischen Magnetflussänderung zusammenwirkt.

[0002] Induktive Sensoren der eingangs erwähnten Art arbeiten auf der Grundlage einer Änderung des durch ein Magnetfeld bewirkten Magnetflusses. Durch ein periodisch durch das Magnetfeld bewegtes, magnetisch leitendes oder magnetisches Objekt und einen durch die Magnetflussänderung von der im Magnetfeld befindlichen Messspule bewirkten Spannungsimpuls erfolgt eine Signalerzeugung, um beispielsweise die Drehzahl, die Torsion, das Drehmoment oder den Bruch einer Welle zu erfassen. Die bei jedem Durchgang eines Zahns des Impulsgebers durch das von dem Permanentmagneten erzeugte Magnetfeld in der Messspule induzierten Spannungsimpulse werden von einer Messeinheit erfasst, um daraus in einer Auswerteeinheit beispielsweise die Torsion einer Welle zu ermitteln. Mit einem rotierenden Impulsgeber (oder phonischem Rad) zusammenwirkende Sensoren auf induktiver Basis werden beispielsweise in der DE 10 2006 020 602 A1, der GB 13 86 035 oder der FR 22 88 313 beschrieben.

[0003] Die bekannten induktiven Sensoren sind insofern nachteilig, als Magnetflussänderungen und damit Störspannungsimpulse auch durch fremde metallische Objekte erzeugt werden können und dadurch die hochsensible Messung beeinflusst und verfälscht werden kann. Darüber hinaus kann das Messergebnis durch periodische Änderung der Luftspaltweite zwischen dem rotierenden Impulsgeber und dem induktiven Sensor infolge von Vibrationen negativ beeinflusst werden. Um die Wirkung äußerer Einflüsse auf das Magnetfeld zu beschränken, schlägt die DE 10 2006 020 602 A1 die Ausbildung eines geschlossenen, aus magnetischem Material bestehenden magnetischen Pfades mit einem in der Summe gleichbleibenden Luftspalt, in den die Zähne des rotierenden Impulsgebers eintauchen, vor.

[0004] Dennoch kommt es bei hohem Vibrationseintrag aufgrund von elektrodynamischen und magnetostriktiven Effekten zu Störsignalen auf der elektrischen Signalseite des induktiven Sensors, deren Amplituden so hoch sein können, dass es ohne Beteiligung eines Zahnes des Impulsgebers (des phonischen Rades) zu einer Signaltriggerung kommen kann.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen mit einem induktiven Impulsgeber oder phonischen Rad zusammenwirkenden induktiven Sensor

der eingangs erwähnten Art so auszubilden, dass durch Vibration hervorgerufene magnetostriktive Effekte und damit in der Messspule induzierte Störsignale minimiert werden und somit eine hohe Messgenauigkeit gewährleistet ist.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 ausgebildeten induktiven Sensor gelöst.

[0007] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0008] Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, dass an dem Permanentmagneten entweder spiegelbildlich oder parallel zu dem mit der Messspule versehenen ferromagnetischen Kern ein weiterer, mit einer Kompensationsspule versehener ferromagnetischer Kern angeordnet ist, dessen Magnetkreis von dem Impulsgeber jedoch nicht beeinflusst wird, der aber denselben Störeinflüssen infolge Vibration und äußeren Kraftwirkungen wie der ferromagnetische Kern mit der Messspule unterworfen ist. Dabei sind die Messspule und die Kompensationsspule so miteinander verschaltet, dass ein an der Messspule auftretendes Störsignal durch ein an der Kompensationsspule erzeugtes gegenphasiges Kompensationssignal aufgehoben wird und somit die durch Vibration bedingten magnetostriktiven Effekte verringert und letztlich die Messgenauigkeit verbessert wird.

[0009] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung sind die beiden ferromagnetischen Kerne sowie die zugehörige Mess- und Kompensationsspule identisch ausgebildet, so dass in Verbindung mit der übereinstimmenden Kraftwirkung an beiden Spulen tatsächlich auch Übereinstimmung zwischen dem Störsignal an der Messspule und dem gegenphasigen Kompensationssignal besteht.

[0010] In weiterer Ausbildung der Erfindung ist der Permanentmagnet mit den beiden an diesem spiegelbildlich oder parallel angebrachten ferromagnetischen Kernen innerhalb eines Gehäuses angeordnet und in einem Führungselement gelagert ist.

[0011] Bei spiegelbildlicher Anordnung der ferromagnetischen Kerne ist der an der Messseite des Sensors aus dem Gehäuse ragende erste ferromagnetische Kern in einem membranartigen Boden gehalten, um den ferromagnetischen Kern in Längsrichtung zu fixieren und die Krafteinwirkung auf diesen zu beschränken. Bei paralleler Anordnung der ferromagnetischen Kerne sind beide an der Messseite aus dem Gehäuse ragenden ferromagnetischen Kerne in einem membranartigen Boden gehalten.

[0012] In weiterer Ausbildung der Erfindung können die Sensorbauteile innerhalb des Gehäuses in einen

Füllstoff wie beispielsweise Polyetherketon oder Magnesiumoxid eingebettet sein.

[0013] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung sind die beiden ferromagnetischen Kerne jeweils als ein – einen Luftspalt frei lassendes Joch ausgebildet, so dass jeweils ein nahezu geschlossener magnetischer Kreis gebildet wird und das magnetische Feld in den ferromagnetischen Kernen weitgehend laminar verläuft.

[0014] In der Kombination des grundlegenden Erfindungsgedankens, das heißt der Aufhebung der Störsignale an der Messspule durch entsprechende Kompensationssignale, mit der Ausbildung der ferromagnetischen Kerne als nahezu geschlossener magnetischer Kreis wird ein selbstkompensierender induktiver Sensor bereitgestellt, der höchsten Ansprüchen an die Messgenauigkeit genügt.

[0015] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung, in der

[0016] [Fig. 1](#) einen in einem Gehäuse zwischen Keramikringen abgestützten selbstkompensierenden Sensor mit einem Messpfad und einem Kompensationspfad in gespiegelter (entgegengesetzt gerichteter) Anordnung;

[0017] [Fig. 2](#) einen in einem Gehäuse in einem Füllstoff gehaltenen selbstkompensierenden Sensor mit einem Messpfad und einem Kompensationspfad in gespiegelter Anordnung;

[0018] [Fig. 3](#) einen in einem Gehäuse zwischen Keramikkörpern abgestützten selbstkompensierenden induktiven Sensor mit parallel (nebeneinander) angeordnetem Mess- und Kompensationspfad; und

[0019] [Fig. 4](#) eine vereinfachte schematische Darstellung eines Mess- und eines Kompensationspfads als jeweils nahezu geschlossener magnetischer Kreis in spiegelbildlicher Anordnung; zeigt, näher erläutert.

[0020] Der in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellte selbstkompensierende induktive Sensor **1** umfasst einen innerhalb eines Gehäuses **2** in einem Führungselement **3** angeordneten Permanentmagneten **4** zur Erzeugung eines Magnetfeldes. An der Oberseite und an der Unterseite des Permanentmagneten **4** befinden sich ein erster und ein zweiter ferromagnetischer – im Querschnitt T-förmiger – Kern **5** und **6**. Die beiden ferromagnetischen Kerne **5**, **6** sind spiegelbildlich zueinander angeordnet, das heißt, deren kurzer – waagerechter – Schenkel **5a**, **6a** liegt jeweils an dem Permanentmagneten **4** an, während sich die langen – senkrechten – Schenkel **5b**, **6b** jeweils in zueinander entgegengesetzter Richtung erstrecken. Die senkrechten Schenkel **5b**, **6b** der ferromagneti-

schen Kerne **5**, **6** sind mit einer Messspule **7** bzw. einer Kompensationsspule **8** umwickelt. Die Messspule **7** befindet sich an der Messseite **9** des Sensors **1**, das heißt am ersten – durch eine Öffnung im Boden **2a** des Gehäuses **2** ragenden – ferromagnetischen Kern **5**, gegenüber welchem üblicherweise der mit Zähnen versehene rotierende Impulsgeber/das phonische Rad (nicht dargestellt) angeordnet ist.

[0021] Der Boden **2a** des Gehäuses **2** ist dünn bzw. membranartig ausgebildet und mit dem Außenumfang des ersten ferromagnetischen Kerns **5** verbunden, um auf diesen in Längsrichtung wirkende Kräfte zu verringern und letztlich die durch Vibration bedingten magnetostriktiven Störungen des an der Messspule **7** abgenommenen Signals zu minimieren.

[0022] Eine wichtige Maßnahme zur weiteren Verringerung der durch magnetostriktive Effekte bewirkten Störsignale an der am ersten ferromagnetischen Kern **5** angeordneten Messspule **7** (Messpfad) besteht jedoch in der Anordnung des zweiten ferromagnetischen Kerns **6** und der – mit der Messspule **7** verschalteten – Kompensationsspule **8** (Störungskompensationspfad), um die an der Messspule **7** erzeugten Störsignale zu kompensieren. Durch die an dem rotierenden Impulsgeber (phonisches Rad) angeordneten Zähne wird jedoch hauptsächlich der über den ersten ferromagnetischen Kern **5** verlaufende Magnetkreis zur Auslösung der Messsignale beeinflusst. Auf den über den zweiten ferromagnetischen Kern **6** verlaufenden magnetischen Kreis haben die Zähne des phonischen Rades keine wesentliche Wirkung. Voraussetzung für die Kompensation der Störsignale an der Messspule ist, dass zum einen die Kraftwirkungen und Vibrationen im Messpfad und im Störungskompensationspfad gleichartig sind, was durch die gemeinsame Führung des Permanentmagneten und der ferromagnetischen Kerne **5**, **6** in bzw. an dem Führungselement **3** gewährleistet ist, und dass die Messspule **7** mit der Kompensationsspule **8** so verschaltet ist, dass an der Messspule **7** und an der Kompensationsspule **8** jeweils ein gegenphasiges Störsignal erzeugt wird und somit ein an der Messspule **7** erzeugtes Störsignal durch das gleichzeitig an der Kompensationsspule **8** induzierte Störsignal aufgehoben (kompensiert) wird. Zur möglichst vollständigen Kompensation des Störsignals an der Messspule **7** ist es weiterhin vorteilhaft, dass der erste und zweite ferromagnetische Kern **5**, **6** sowie die Mess- und die Kompensationsspule **7**, **8** in Design und Material und somit in der Wirkung vollständig übereinstimmen, das heißt aus der gleichen Bauweise/Produktion stammen.

[0023] Anders als in der in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellten gegenüberliegenden, spiegelbildlichen Anordnung können, wie [Fig. 3](#) zeigt, die ersten und zweiten ferromagnetischen Kerne **5**, **6** unter den zuvor erläuterten Bedingungen auch parallel nebenein-

ander angeordnet sein. Das heißt, im Wesentlichen nur der erste magnetische Kreis wird durch die Zähne des Impulsgebers beeinflusst, die Kraftwirkungen im Mess- und im Kompensationspfad sind auch hier gleichartig und die Kompensationsspule **8** erzeugt ein zum Messsignal der Messspule **7** gegenphasiges Kompensationssignal.

[0024] In der in [Fig. 4](#) dargestellten Ausführungsform sind die spiegelbildlich zueinander angeordneten ersten und zweiten ferromagnetischen Kerne **5'**, **6'** jeweils als ein – einen Luftspalt frei lassendes – Joch ausgebildet, so dass jeweils ein nahezu geschlossener magnetischer Kreis gebildet wird und das magnetische Feld in den ferromagnetischen Kernen **5'**, **6'** weitgehend laminar verläuft. Dadurch können auch elektrodynamisch verursachte Störungen vermieden oder verringert werden und es ist eine gewisse Robustheit der Anordnung in Bezug auf eine Vibration der Spulen **7**, **8** gegenüber dem jeweiligen ferromagnetischen Kern **5'**, **6'** gegeben, wobei eine dadurch bedingte, die Kompensation des Störsignals an der Messspule beeinflussende Asymmetrie insofern außer Betracht bleiben kann, als das Hauptproblem der Störung erfahrungsgemäß in dem Bereich des Messablaufes liegt, in dem der zwischen zwei Zähnen des phonischen Rades liegende freie Raum nicht den Magnetkreis beeinflusst. In dieser Ausführungsform gemäß [Fig. 4](#) ist eine maximale Unterdrückung der infolge von Vibrationen durch elektrodynamische und magnetostruktive Effekte bewirkten Störung des Messsignals möglich.

[0025] Wie [Fig. 1](#) zeigt, sind der zweite ferromagnetische Kern **6** über eine Feder **11** und einen mit dem Gehäuse **2** verschraubten ersten Keramikring **12** und der erste ferromagnetische Kern **5** über einen nicht mit dem Gehäuse **2** verbundenen zweiten Keramikring **13** im Gehäuse **2** gehalten. Bei der Ausführungsform gemäß [Fig. 3](#) ist der Permanentmagnet **4** mit den beiden parallel angeordneten ferromagnetischen Kernen **5**, **6** an der Oberseite durch einen am Gehäuse **2** verschraubten Keramikkörper **14** über eine Feder **15** und an der Unterseite über nicht mit dem Gehäuse **2** verbundene Keramikringe **16** abgestützt. Es ist aber auch möglich, dass die innerhalb des Gehäuses **2** angeordneten Sensorbauteile in einem – beispielsweise aus Polyetherketon oder Magnesiumoxid bestehenden – Füllstoff **17** aufgenommen sind.

5b, 6b	senkrechter Schenkel von 5 , 6
7	Messspule
8	Kompensationsspule
9	Messseite von 1
11	Feder
12	verschraubter Keramikring
13	loser Keramikring
14	verschraubter Keramikkörper
15	Feder
16	Keramikring
17	Füllstoff

Bezugszeichenliste

1	induktiver Sensor
2	Gehäuse
2a	Boden von 2
3	Führungselement
4	Permanentmagnet
5, 5'	erster ferromagnetischer Kern
6, 6'	zweiter ferromagnetischer Kern
5a, 6a	waagerechter Schenkel von 5 , 6

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102006020602 A1 [[0002](#), [0003](#)]
- GB 1386035 [[0002](#)]
- FR 2288313 [[0002](#)]

Patentansprüche

1. Induktiven Sensor, der einen Permanentmagneten (4) mit einem an diesen grenzenden, von einer Messspule (7) umschlossenen ersten ferromagnetischen Kern (5, 5') umfasst und der an seiner Messseite (9) mit einem als Zahnkranz ausgebildeten rotierenden Impulsgeber zur periodischen Magnetflussänderung zusammenwirkt, **dadurch gekennzeichnet**, dass demselben Permanentmagneten (4) entweder spiegelbildlich oder parallel zum ersten ferromagnetischen Kern (5, 5') ein mit einer Kompensationsspule (8) versehener zweiter ferromagnetischer Kern (6, 6') zugeordnet ist, dessen Magnetkreis von dem Impulsgeber unbeeinflusst ist, wobei die Mess- und die Kompensationsspule (7, 8) so verschaltet sind, dass ein an der Messspule (7) auftretendes Störsignal durch ein an der Kompensationsspule (8) erzeugtes gegenphasiges Kompensationssignal aufgehoben wird.

2. Induktiver Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden ferromagnetischen Kerne (5, 6; 5', 6') sowie die zugehörige Mess- und Kompensationsspule in Design, Material und Wirkung (7, 8) identisch ausgebildet sind.

3. Induktiver Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (4) mit den beiden spiegelbildlich oder parallel angebrachten ferromagnetischen Kernen (5, 5'; 6, 6') innerhalb eines Gehäuses (2) angeordnet und in einem Führungselement (3) gelagert ist.

4. Induktiver Sensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass – bei spiegelbildlicher Anordnung der ferromagnetischen Kerne – der an der Messseite (9) aus dem Gehäuse (2) ragende erste ferromagnetische Kern (5) in einem membranartigen Boden (2a) gehalten ist.

5. Induktiver Sensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass – bei paralleler Anordnung der ferromagnetischen Kerne – beide an der Messseite (9) aus dem Gehäuse (2) ragenden ferromagnetischen Kerne (5, 6) in einem membranartigen Boden (2a) gehalten sind.

6. Induktiver Sensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite ferromagnetische Kern (6) über eine Feder (11) an einem mit dem Gehäuse (2) verschraubten Keramikring (12) und der erste ferromagnetische Kern (5) über einen nicht mit dem Gehäuse (2) verbundenen Keramikring (13) im Gehäuse (2) gehalten sind.

7. Induktiver Sensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die parallel am Permanentmagneten (4) angeordneten ferromagnetischen Kerne (5, 6) durch nicht mit dem Gehäuse (2) verbunde-

ne Keramikringe (16) und der Permanentmagnet (4) über einen mit dem Gehäuse (2) verschraubten Keramikkörper (14) und eine Feder (15) im Gehäuse (2) gehalten sind.

8. Induktiver Sensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorbauteile innerhalb des Gehäuses (2) in einem Füllstoff (17) gehalten sind.

9. Induktiver Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden ferromagnetischen Kerne (5', 6') jeweils als ein – einen Luftspalt frei lasendes – Joch ausgebildet sind, so dass jeweils ein nahezu geschlossener magnetischer Kreis gebildet wird und das magnetische Feld in den ferromagnetischen Kernen (5', 6') weitgehend laminar verläuft.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

