



(10) **DE 10 2015 114 205 B4** 2020.04.23

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 114 205.8**

(22) Anmeldetag: **26.08.2015**

(43) Offenlegungstag: **17.03.2016**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **23.04.2020**

(51) Int Cl.: **G01B 7/02 (2006.01)**

G01D 5/20 (2006.01)

G01D 5/244 (2006.01)

H01F 21/06 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität:

10 2014 218 264.6 11.09.2014

(73) Patentinhaber:

Methode Electronics Malta Ltd., Birkirkara, MT

(74) Vertreter:

**LS-MP von Puttkamer Berngruber Loth Spuhler
Partnerschaft von Patent- und Rechtsanwälten
mbB, 81373 München, DE**

(72) Erfinder:

**Bonicci, Allen Carl, Mosta, MT; Zahra, Steve,
Zebbug, MT**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	100 25 661	A1
DE	102 42 385	A1
DE	10 2006 031 139	A1
DE	10 2006 057 917	A1
DE	10 2009 004 688	A1
DE	10 2012 001 202	A1
US	5 045 785	A
US	3 513 408	A
US	4 253 079	A

(54) Bezeichnung: **Wegmessverfahren für einen magnetischen Sensor und Sensor**

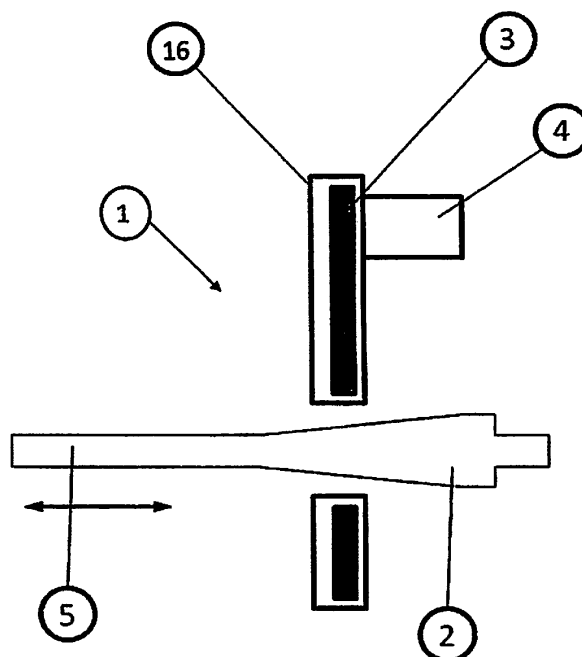
(57) Hauptanspruch: Wegmessverfahren nach dem Wirbelstromprinzip unter Verwendung eines Sensors, der mit einem Messobjekt (2) wechselwirkt, wobei der Sensor einen elektrischen Verbinder (4) und eine Sensorspule (3) umfasst, und bei dem folgende Arbeitsschritte ausgeführt werden:

- durch Anlegen einer Betriebsspannung wird durch einen Oszillator (11) im Zusammenwirken mit der Sensorspule (3) ein magnetisches Feld aufgebaut,

- ein Messobjekt (2) wird im Nahbereich der Sensorspule (3) durch eine Öffnung in der Sensorspule (3) bewegt, wodurch sich die Feldstärke im Bereich der Spule (3) und Oszillator (11) ändert und die eingetretenen Veränderungen durch eine Auswerteschaltung (14) ermittelt und an einen Mikrokontroller (13) weitergeleitet werden,

- der Mikrokontroller verarbeitet die Signale der Auswerteschaltung (14) und stellt diese über eine Ausgabe- und Schutzschaltung (15) diesem zur Verfügung,

- wobei die Sensorspule (3) aus einer Mehrzahl planar aufgebauter Wicklungen besteht, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor eine elektronische Einheit umfasst, und dass das Messobjekt (2) eine konische Form aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Wegmessverfahren für einen Sensor, der mit einem Messobjekt und / oder Geberelement zusammen- und /oder wechselwirkt, und der auf dem Wirbelstromprinzip, sog. Eddy current principle, basiert. Die Erfindung betrifft weiter die Erfassung der Wege von Messobjekten, die in der Nähe der Sensorspule angeordnet sind. Sensor und zugeordnetes Messobjekt sind dabei relativ zueinander verschiebbar. Die Erfindung betrifft ferner einen Sensor zur Wegmessung.

[0002] Induktiv arbeitende Sensoren zur Wegmessung sind aus der Praxis in verschiedenen Ausführungsformen bekannt. Insbesondere sind berührungslose Wegmesssysteme bekannt, die auf Grund einer sich ändernden magnetischen Feldstärke Informationen über Bewegungen zugeordneter Messobjekte oder speziellen Geberelementen bereitstellen.

[0003] Bekannte Anordnungen arbeiten dabei beispielsweise mit zylindrischen Spulen, in die die Messobjekte hinein- oder herausbewegt werden. Die Messobjekte haben zumindest geometrisch unregelmäßige Formen, die beim Durchgang durch die Spule das Magnetfeld beeinflussen.

[0004] Weiter bekannt sind induktive Wegmesssensoren für Anwendungen als so genannte Endschalter, bei denen das Messobjekt in Richtung des induktiven Sensors bewegt wird und vor oder durch diesen stoppt, wobei die entstehenden Feldstärkeänderungen erfasst und zu einem Messsignal verarbeitet werden.

[0005] Bekannt ist es, die induktiven Messsensoren mit elektronischen Einheiten zu kombinieren, um ein standardisiertes Messsignal erzeugen zu können, das in nachfolgenden Steuerungseinrichtungen verarbeitet werden kann.

[0006] Das ebenfalls bekannte Prinzip der kapazitiven Wegmessung basiert auf der Wirkungsweise des idealen Plattenkondensators. Die beiden Plattenelektroden werden durch den Sensor und das gegenüberliegende Messobjekt gebildet. Durchfließt ein konstanter Wechselstrom den Sensorkondensator, so ist die Amplitude der Wechselspannung am Sensor proportional zum Abstand der Kondensatorelektroden. Kapazitive Sensoren sind konzipiert für berührungslose Weg-, Abstands- und Positionsmessungen. Die Abstandsänderung des Messobjekts zum Sensor wird durch einen Controller erfasst, aufbereitet und als Messwert weiteren Verfahrensabschnitten zur Verfügung gestellt. Um eine verlässliche Messung zu erreichen, muss für eine gleichbleibende Dielektrizitäts-Konstante zwischen Sensor und Messobjekt gesorgt werden, da das Messsystem nicht nur vom Abstand der Elektroden abhängt, sondern

auch auf Änderungen des Dielektrikums im Messspalt reagiert. Kapazitive Wegmessungssensorensysteme werden deshalb besonders für hochpräzise Anwendungen in Labor und Industrie, z.B. in Reinraumbereichen, eingesetzt, sind aber deshalb von einer sauberen und trockenen Umgebung abhängig. Darüber hinaus sind sie komplex in der Herstellung sowie in der Anwendung.

[0007] Sensoren sind vor allem bei Übertragungseinrichtungen erforderlich, die funktionsbedingt eine Linearbewegung ausführen müssen.

[0008] Dazu gehören hin- und hergehende Maschinenteile ebenso, wie Übertragungseinrichtungen in Fahrzeugen und Motoren. Häufig muss die Position bestimmter Bauteile festgestellt werden, um deren Stellung zu kennen und über nachgeordnete Steuerungen die nächsten Handlungsschritte einleiten zu können.

[0009] Solche Aufgaben stehen insbesondere bei Schaltgetrieben, Hydraulikventilen und -zylindern, Kupplungen und verschiedenen Betätigungselementen, wie beispielsweise bei fußbedienten Pedalen.

[0010] Anwendungsgebiete sind weiterhin unter anderem die Erfassung der Schaltstellung von Schaltstangen in automatisierten Getrieben, die Erfassung von thermischen Ausdehnungen eines Materials oder Produkts, Messungen von radialen Walzenverschiebungen, Anwendungen in Verbrennungsmotoren, Bremspedalen und vieles mehr.

[0011] Beim Einsatz in den oben beschriebenen Fällen sind die Sensoren zugleich erheblich durch Feuchtigkeit, Schmutz, Öle, Fette und durch mechanische Beanspruchungen belastet. Es ist deshalb - notwendig, Sensoren für hohe Präzision in einem rauen Industrieumfeld mit Druck, Schmutz, Temperatur zur Verfügung zu stellen.

[0012] Für diese Einsatzzwecke werden mehr und mehr Sensorsysteme eingesetzt, die nach dem sogenannten Wirbelstrom-Prinzip, auch Eddy Current-Prinzip genannt, arbeiten.

[0013] Wirbelstrom nennt man einen Strom, der in einem ausgedehnten elektrischen Leiter in einem sich zeitlich ändernden Magnetfeld oder in einem bewegten Leiter in einem zeitlich konstanten, dafür räumlich inhomogenen Magnetfeld induziert wird. Die Wirbelstromprüfung dient unter anderem der zerstörungsfreien Materialprüfung und Materialcharakterisierung und beruht auf der Messung der Amplitude und Phase von Wirbelströmen.

[0014] Das Wirbelstrom-Prinzip findet Anwendungen bei Messungen an elektrisch leitenden Werkstoffen, die sowohl ferromagnetische als auch nicht-fer-

romagnetische Eigenschaften haben können. Eine in ein Sensorgehäuse eingebaute Spule wird von hochfrequentem Wechselstrom durchflossen. Das elektromagnetische Spulenfeld induziert im leitfähigen Messobjekt Wirbelströme, wodurch sich der resultierende Wechselstromwiderstand der Spule ändert. Diese Impedanzänderung bewirkt ein elektrisches Signal, das dem Abstand des Messobjekts zur Senserspule proportional ist. Wirbelstromsensoren erfassen berührungslos und verschleißfrei Abstände gegen metallische Objekte. Die von der Senserspule ausgehenden hochfrequenten Feldlinien werden auch nicht in relevantem Maße durch nichtmetallische Stoffe gestört, wodurch Messungen sogar bei starker Verschmutzung, Druck und Öl ermöglicht werden. Diese besondere Eigenschaft ermöglicht darüber hinaus die Messung auf metallische Objekte, die mit Kunststoff überzogen sind, wodurch z.B. Schichtdicken erfasst werden können. Dies alles ist bekannt.

[0015] Ein Beispiel seiner Anwendung ergibt sich aus der DE 101 17 724 A1. Dort wird eine Einrichtung zum Ermitteln des Drehmoments an einer rotierbaren metallischen Welle beschrieben. Ein Sensorkopf eines Wirbelstromsensors ist radial auf eine Welle gerichtet. Die elektrische Leitfähigkeit der Welle verändert sich entsprechend eines an der Welle anliegenden Drehmoments. Diese Änderung führt zu einer Änderung der Einkoppelstärke des Wirbelstromsensors, was in einer Auswerteelektronik erfasst wird. Dadurch ist es möglich, das Drehmoment der Welle ohne erhebliche konstruktive Eingriffe an der Welle sicher zu erfassen

[0016] Ein anderes Beispiel seiner Anwendung wird in der DE 10 2011 102 829 A1 betreffend eine Sperrvorrichtung zum Verhindern des Einlegens des Rückwärtsgangs eines Kraftfahrzeuggetriebes gezeigt.

[0017] Aus der US Patentschrift US 3 513 408 A sind Wandlersysteme zum Übertragen mechanischer Verschiebungen in analoge elektrische Signale bekannt. Die Induktion der Spule hängt von der Position eines Bewegungsmechanismus ab und bestimmt die Frequenz eines Oszillators.

[0018] Das US Dokument US 5 045 785 A bezieht sich auf eine Sensoranordnung, insbesondere auf lineare Sensoren mit ersten und zweiten relativ beweglichen Elementen, die zwischen gefederten und ungefederten Massenabschnitten eines Fahrzeugs angeordnet sein können, um die Höhenbeziehung zwischen diesen zu erfassen.

[0019] Bei dem Stand der Technik nach der US Druckschrift US 4 253 079 A wird ein Verschiebungswandler beschrieben, der mehrere Wafer umfasst, die jeweils eine zentrale Öffnung aufweisen, wobei auf jeder Oberfläche der Wafer mindestens eine spiralförmige leitende Struktur angeordnet ist, die eine

Spule aufweist, wobei die Struktur um die Öffnung herum orientiert ist.

[0020] Die deutsche Patentanmeldung DE 10 2006 057 917 A1 beschreibt eine induktive Sensoreinrichtung mit zumindest einer elektrischen Spule, wobei ein entsprechend einem zu messenden Weg oder Winkel verstellbarer, in die Spule eintauchender Spulen Kern vorgesehen ist, und der Spulen Kern einen Abschnitt aufweist, welcher sich ausgehend von einem einerseits angrenzenden Abschnitt konstanten Querschnitts in Spulen kern längsrichtung gesehen stufenweise oder stetig bis zu einem andererseits angrenzenden Abschnitt konstanten Querschnitts verjüngt.

[0021] Die Wirbelstrom-Technologie wird dabei im Allgemeinen eingesetzt, um eine Verschiebung eines Bauteils oder eine lineare oder rotatorische Änderung in der Beabstandung wenigstens zweier Bauteile und einhergehend damit die hiermit verbundenen Ableitungen etwa der Geschwindigkeit und Beschleunigung zu erfassen.

[0022] Bei diesen Wirbelstrom-Wegmessverfahren können in der praktischen Anwendung jedoch nur Distanzen zu dem Messobjekt von 5 mm bis 10 mm erfasst werden. Dies schränkt die Anwendungsmöglichkeiten ein, da an solche Sensoren je nach Einsatzort Anforderungen an ihre maximale Größe gestellt werden.

[0023] Weiterhin wurde bei herkömmlichen Wirbelstromsensoren zwar eine kontinuierliche Abtastung oder Messung zu dem zu überprüfenden Objekt vorgenommen, wobei hieraus bestimmte Punkte oder Ereignisse in diesem Gesamtabtastungs- bzw. Erfassungsvorgang z.B. bestimmte Schaltunkte, herausgegriffen wurden. Dies geht jedoch mit einer unnötigen Einschränkung der Nutzungsmöglichkeiten des Sensors selbst einher.

[0024] Ebenso ist es erforderlich, die von den Sensoren erfassten Messwerte zuverlässig an die nachgeordneten Auswerte- und Steuerungseinheiten zu übermitteln. Auch dabei dürfen keine äußeren Einflüsse die Signale verfälschen.

[0025] Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung ein Wegmessverfahren nach dem Wirbelstromprinzip für einen Sensor sowie eine Vorrichtung nach dem Wirbelstromprinzip vorzuschlagen, der bzw. die mit einem Messobjekt und / oder Geberelement zusammen- und wechselwirkt.

[0026] Es ist weiterhin Aufgabe der Erfindung, einen berührungslos arbeitenden Sensor für Wegmessungen so auszugestalten, dass er leicht und einfach herstellbar ist, dass das Messobjekt ein einfaches Maschinenbauteil sein kann und dass der induk-

tive Sensor außerdem unter erschwerten äußerlichen Bedingungen arbeiten kann. Ferner sollen Positionierungstoleranzen vermieden werden.

[0027] Ein weiteres Ziel ist es, den Sensor möglichst kleiner zu bauen und den Messbereich zu vergrößern.

[0028] Ferner soll der Wirbelstrom-Sensor zur berührungslosen Erfassung von Weg, Abstand, Verschiebung, Position aber auch Schwingung und Vibration konzipiert sein. All diese Funktionen werden im Rahmen der Erläuterung dieser Erfindung zusammenfassend auch mit dem Begriff der Wegmessung unterschieden.

[0029] Des Weiteren soll der Wirbelstrom-Sensor zuverlässig gehäuselos sowie in einem Gehäuse untergebracht funktionieren.

[0030] Weiterhin soll eine Standardelektronik verwendet werden können.

[0031] Zudem sollen ein Sensor und ein Verfahren möglich sein, bei denen das Ergebnis der Abtastung oder der Erfassung der Bewegung des leitfähigen Messobjekts durchgängig und / oder vollständig gewährleistet sind, so dass aus dieser vollständigen Signalermittlung eine umfassende Information erlangt werden kann, z.B. der Wechsel eines Gradienten von positiv zu negativ oder umgekehrt erlaubt die Feststellung einer Richtungsänderung des Bewegungsverlaufs.

[0032] Diese Aufgabe wird für das Messverfahren erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Für den Wegmesssensor wird die Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 5 gelöst.

[0033] Untergeordnete Patentansprüche betreffen Ausführungsformen des Wegmessverfahrens und des Sensors für Wegmessungen.

In der nachstehenden Beschreibung, den Ausführungsbeispielen und den Patentansprüchen werden die nachstehend aufgeführten Begriffe mit folgendem Bedeutungsinhalt verwendet:

Wegmessverfahren - ist ein Messverfahren, das geeignet ist, die Lageänderung eines Messobjekts und/oder Geberlements in einer Achsrichtung zu detektieren und mit Hilfe eines Sensors in elektrische Signale umzuwandeln. Nachfolgend wird zur Vereinfachung von Messobjekt/ Geberlement oder noch weiter vereinfachend von Messobjekt gesprochen.

Sensor - ist eine Baueinheit, die mit einer Messspulenanordnung Veränderungen der Feldstärke, wie sie beispielsweise durch ein bewegtes Messobjekt entstehen, erfassen kann. Ohne

dass dies irgendeine Beschränkung darstellen soll, wird hierunter insbesondere ein Fühler, Aufnehmer, Messfühler, Detektor, eine Sonde verstanden.

Messobjekt - ist ein Bauteil, bevorzugt ein Bauteil einer maschinenbautechnischen Einrichtung, das eine Längsbewegung ausführen kann und dabei auf das bestehende Magnetfeld des Wegmesssensors einwirkt.

Geberement - ist ein Element, das eine von der Position abhängige physikalische Größe abgibt, die in ein elektrisches, magnetisches oder induktives Gebersignal mündet.

Metalltarget - ist ein metallisches Messobjekt, das aus metallischem Werkstoff, z.B. Stahl, Nickel, Kupfer, Aluminium, besteht oder diesen aufweist, also auch etwa ein mit einer Metallschicht überzogenes Plastikteil.

Sensorspule - ist ein Bauteil, das aus einer Mehrzahl von Teilwicklungen und / oder Lagen aufgebaut ist und das für die Messzwecke notwendige Magnetfeld im Zusammenwirken mit vorzugsweise einem Oszillator erzeugt. Sie besteht vorzugsweise aus Kupfer.

Mikrokontroller - ist eine elektronische Schaltung, die im Wesentlichen Funktionen eines Oszillators zur Anregung eines Schwingkreises, eines Spannungsreglers, einer Auswerteschaltung, sowie einer Ausgabe- und Schutzschaltung in sich vereint.

Planar - ist die Spule und / oder sind ihre Lagen, wenn sie im Wesentlichen flach, plan, vorzugsweise eben, gerade, gleichmäßig, wellenlos ist bzw. sind.

Schaft - umfasst in geometrischer Hinsicht einen Schaft, Stiel, Merker, eine Deichsel, Steckachse, Welle, Achse, Spindel oder eine Walze, insbesondere das Metalltarget bzw. das Messobjekt.

Wegmesssensor - ist eine Vorrichtung, die nicht nur den Weg sowie den Abstand erfasst sondern auch die Verschiebung, Position, aber auch Schwingung und Vibration.

Wirbelstromprüfung - (auch: sog. Eddy current method) ist ein elektrisches Verfahren zur Prüfung des Messobjekts oder Geberlements. Bei der Prüfung wird durch eine Spule ein wechselndes Magnetfeld erzeugt, welches im zu untersuchenden Material Wirbelströme induziert. Bei der Messung wird mittels eines Sensors, der vorzugsweise auch die Erregerspule enthält, die Wirbelstromdichte durch das vom Wirbelstrom erzeugte Magnetfeld detektiert. Die gemessenen Parameter können die Amplitude und die Phasenverschiebung zum Erregersignal sein. Die Wirbelstromprüfung erfolgt insbesondere auf der Basis eines bekannten Magnet-

felds, das durch die Sensorspule, die mit einem metallischen Element zusammenwirkt, erzeugt wird. Da sich die Wechselwirkung zwischen dem Magnetfeld und Metalltarget ändert, werden Wirbelströme in dem Metalltarget erzeugt, was wiederum einen Energieverlust in der ein Magnetfeld erzeugenden Schaltung bewirkt. Da der Energieverlust gemessen werden kann, und der Energieverlust mit der Erhöhung der Wechselwirkung steigt und damit zum Anstieg der Wirbelströme führt, wandelt die Mikrosteuerung, die auch die Erregerschaltung steuert, den Energieverlust-Wert in einen Näherungswert um. Ergänzend wird auf die im einleitenden Teil dieser Beschreibung gegebene Erläuterung zu diesem Prinzip verwiesen.

[0034] Nach der Erfindung werden ein Wegmessverfahren für einen Sensor sowie ein Sensor vorgeschlagen, bei dem die Sensorspule eine Bauform hat, die eine Anzahl von Einzelwindungen umfasst, die wiederum zur Sensorspule zusammengeschaltet sind.

[0035] Mit den in dieser Beschreibung erwähnten Beispielen ist keinerlei geartete Beschränkung auf diese verbunden. Sie dienen lediglich unter anderem einer beispielhaften Erläuterung von Funktionen oder Wirkungen.

[0036] Die Sensorerfassung erfolgt vorzugsweise vollständig kontaktlos und / oder berührungslos.

[0037] Besonders bevorzugt ist weiterhin, dass die Sensorerfassung unter automatischer Erkennung der Einsatz- oder Umgebungsbedingungen und /oder an deren Anpassung erfolgt, etwa an die aktuelle Position eines Gangwählhebels in einem Kraftfahrzeug.

[0038] Nach der Erfindung wird ferner ein Wegmesssensor mit einer Sensorspule ausgestattet, die aus einer Mehrzahl von planaren Wicklungen besteht. Diese durch die planaren Wicklungen gleichermaßen entstehende planare Spule kann natürlich zu einer Ringform oder zu einem sonstigen gewünschten geometrischen Gebilde ausgestaltet sein.

[0039] Das erforderliche Magnetfeld wird durch die Wahl einer entsprechenden Anzahl der einzelnen planaren Spule oder Spulen erzeugt, indem diese gewünschtenfalls auf geeignete Weise zusammengeschaltet werden.

[0040] Häufig wird eine Spule für ein Messobjekt vorgesehen.

[0041] Mehrere Wicklungen sind voneinander vorzugsweise isoliert etwa durch handelsübliche Isoliermaterialien, die je nach Einsatzzweck von dem Anwender produktspezifisch ausgesucht werden können, etwa Epoxyd-Glasgewebe.

[0042] Die einzelne Spule bzw. mehrere Spulen sind dabei durch eine mehrlagige Leiterplatte (sog. Printed Circuit Board = PCB) gebildet, die ihrerseits aus mindestens zwei planaren Wicklungen besteht. Hier kann das bekannte Ätzverfahren zur Herstellung angewandt werden; andere Herstellungsverfahren sind aber auch möglich.

[0043] Bei einer erfindungsgemäßen Ausführung kann die Dicke einer solchen mehrlagigen Spule auf 1,0 mm bis 1,6 mm beschränkt oder sogar unterschritten werden. Bei einer anderen Ausführungsform kann die Dicke je nach Einsatzgebiet oder gewünschtem Herstelleraufwand freilich größer sein.

[0044] Übereinanderliegende Wicklungen auf verschiedenen Lagen sind vorzugsweise in Reihe geschaltet. Die Leiterplatte hat beispielsweise zwei Lagen, die nach oben und unten ausgerichtet sind. Darüber hinaus können weitere Lagen in herkömmlicher Weise vorgesehen sein.

[0045] Die planaren Wicklungen befinden sich jeweils auf einem Trägermedium.

[0046] Auf diese Weise kann durch Wahl einer entsprechenden Anzahl solcher planar aufgebauter Wicklungen die Induktivität der Sensorspule in einem weiten Bereich festgelegt werden, wodurch im Zusammenwirken mit dem in der elektronischen Einheit angeordneten Oszillator auch die mögliche Arbeitsfrequenz in einem weiten Bereich einstellbar ist.

[0047] Eine einzelne planare Wicklung kann so ausgeführt sein, dass sie als einzelnes Element eine möglichst große Induktivität hat. Damit kann erreicht werden, dass die Zahl miteinander zu kombinierenden planarer Wicklungen gering gehalten werden kann.

[0048] Eine bevorzugte Ausführungsform kann darin bestehen, dass auf einer doppelseitigen Leiterplatte zu beiden Seiten je eine planare Wicklung angeordnet ist.

[0049] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Sensorspule entsteht, wenn die planaren Wicklungen in eine so genannte Mehrlagenleiterplatte integriert werden und dadurch mehr als zwei planare Spulen zusammengeschaltet werden können.

[0050] Neben der Möglichkeit der Anpassung der Induktivität der Sensorspule entsteht durch die erfindungsgemäße Ausführungsform eine stabil aufgebaute Sensorspule. Diese bedarf keiner zusätzlichen Maßnahmen zur ihrem Schutz.

[0051] Die Sensorspule wiederum ist aus einer Mehrzahl planar aufgebauter Wicklungen vorzugsweise durch Zusammenschalten gebildet. Es hat

sich überraschend herausgestellt, dass durch die Zur-Verfügung-Stellung der planar aufgebauten Spulen auf ferromagnetische Spulen verzichtet werden können, Positionierungstoleranzen eliminiert werden können und vorzugsweise Standardelektronik verwendet werden kann, insbesondere auf anwendungsspezifische integrierte Schaltungen, sog. ASIC's, verzichtet werden kann.

[0052] Jede der planaren Wicklungen wird dabei mit einem freigehaltenen Innenbereich aufgebaut. Das heißt, ein Messobjekt beziehungsweise ein Geber-element bzw. Metalltarget kann im Zentrum der planaren Spule hin und her bewegt werden.

[0053] Die planaren Wicklungen werden auf geeignete Weise in Leiterplattentechnik erzeugt. Dabei ist es beispielsweise möglich, auf beiden Seiten einer doppelseitig geschichteten Leiterplatte je eine der planaren Wicklungen konzentrisch zueinander anzuordnen.

[0054] Eine bevorzugte Ausführungsform für die Sensorspule besteht in der Ausführung einer größeren Zahl solcher planarer Spulen durch die Herstellung einer Mehrlagenleiterplatte. Die dadurch mögliche Kaskadierung der einzelnen Spulen ermöglicht es, die notwendige Induktivität der Spule zu erreichen.

[0055] Die beschriebene Bauweise für die Sensorspule hat den Vorteil, dass die Spule selbst nicht durch Wickelvorgänge auf einem gesondert herzustellenden isolierenden Wickelkörper erzeugt werden muss.

[0056] Eine Mehrlagenleiterplatte gibt der Sensorspule zugleich die Geometrie und den notwendigen Schutz einschließlich notwendiger Maßnahmen zu Fixierung und Isolierung, die bei anderen Spulenformen nachträglich aufgebracht werden müssten.

[0057] Das Wegmessverfahren für den Sensor besteht darin, dass das Sensorelement in Verbindung mit einem Oszillator auf eine Resonanzfrequenz oder auf eine bestimmte Schwingfrequenz abgestimmt ist und dabei die durch die Sensorspule gebildete Induktivität durch Zusammenschalten von mehreren Einzelwicklungen entsteht.

[0058] Bevorzugt ist, dass die Spule in der Mitte über eine lochartige Ausnehmung oder über eine Öffnung verfügt.

[0059] Die Spule kann hierdurch einen Schaft aufnehmen. Dieser Schaft stellt das Messobjekt, mithin das Geber-element bzw. Metalltarget dar.

[0060] Der Schaft weist beispielweise Metall, Nickel, Kupfer oder Aluminium auf

[0061] Dieser weist vorzugsweise eine tubusförmige Ausgestaltung auf.

[0062] Besonders bevorzugt wird der erfindungsgemäße Sensor, bei dem das Messobjekt/Geber-element eine variierende Geometrie insbesondere in Form von Querschnittsveränderungen hat.

[0063] Bevorzugte Ausführungsformen für solche Querschnittsänderungen sind Ringnuten, Bohrungen, einseitige Abflachungen oder wechselnde Werkstoffe.

[0064] Besonders bevorzugt wird eine Ausführungsform, bei der das Messobjekt/Geber-element einen Bereich mit einem kontinuierlichen Übergang von einem geringen zu einem größeren Durchmesser hat und auf diese Weise eine quasi analoge Positionsbestimmung ermöglicht ist.

[0065] Eine weitere Ausführungsform des Wegmessverfahrens kann darin bestehen, dass ein Bauteil überhaupt in die Nähe der Sensorspule bewegt werden kann und durch seine geometrische Gestaltung seine Positionsbestimmung erfolgen kann.

[0066] Darüber hinaus können bei Vorhandensein geometrischer Unregelmäßigkeiten auch sprunghafte Änderungen erfasst und ausgewertet werden.

[0067] Insbesondere in der konischen Ausgestaltung liegt ein wesentlicher Vorteil, weil die Anordnung hierdurch eine Abtastung, Erfassung oder Messung mittels einer axialen Bewegung ermöglicht, ohne dass der Sensorvorgang durch Erschütterungen oder durch entgegengesetzte Komponenten beeinträchtigt oder gar gestört würde.

Das heißt, das Messobjekt/Geber-element ist im Bereich der Sensorspule vorhanden, kann seine Lage jedoch durch axiale Bewegung im Vergleich zur Spule ändern und ändert damit gleichzeitig seinen Querschnitt im Vergleich zu dieser. Aus diesem Grund ist eine konische Ausgestaltung vorteilhaft.

[0068] Der Fachmann kann andere geeignete geometrische Ausführungsformen je nach Einsatzgebiet auswählen.

[0069] Dieser Vorteil gilt umso mehr, wenn der Schaft in einer Hülse oder einem Gehäuse oder in einem rohrförmigen Abschnitt etwa durch eine dreidimensionale Abstützung gelagert ist, was zu einer weiteren Reduzierung von möglichen Erschütterungen beiträgt und damit die Genauigkeit des Sensorvorgangs weiter erhöht. Dadurch ist es gegen Umwelteinflüsse weitgehend geschützt.

[0070] Dadurch tritt auch eine Minderung des sog. elektrischen Lärms ein.

[0071] Durch diese insbesondere konische Ausgestaltung können selbst große Abstände zum Messobjekt erfasst werden. Mit dieser Ausgestaltung können Messobjekte in einer Distanz von 25 mm bis 40 mm und darüber hinaus erfasst werden, aber natürlich auch mit einer geringeren Distanz als 25mm.

[0072] Umgekehrt können dadurch auch die Baugrößen der Sensoren im Vergleich zum herkömmlichen Stand der Technik verringert werden. Dies geht mit Kostenvorteilen in der Herstellung einher.

[0073] Insbesondere bei dieser bevorzugten Ausgestaltung kann das Messobjekt also eine variierende Geometrie aufweisen und wird dennoch, vorzugsweise durch die längslaufende Bewegung des Messobjekts innerhalb der Spule, vollständig erfasst. Die Sensorspule erfasst dabei durch die unterschiedliche Beabstandung infolge der z.B. konischen Ausgestaltung des Schafts bei dessen axialer Bewegung etwa die Position, die Verschiebung, den Abstand eines zu detektierenden Bauteils oder sonstige Eigenschaften, wie z.B. Fehler in der Oberflächenbeschaffenheit.

[0074] Statt einer Bewegung des Messobjekts im Vergleich zur statisch angeordneten Sensorspule kann natürlich auch im Wege der kinematischen Umkehr die Sensorspule beweglich ausgestaltet sein, während das Messobjekt statisch ruht.

[0075] Die Bewegung des Messobjekts durch die eine lochartige Ausnehmung oder über eine Öffnung aufweisende Spule wird in ein lineares elektrisches Signal nach dem Eddy Current-Prinzip umgewandelt, das von dem Mikroprozessor weiter je nach Anforderungsprofil verarbeitet wird. Der Nutzer kann hieraus ohne Schwierigkeiten erkennen, wo sich das Messobjekt jeweils befindet.

Durch etwa vorgegebene oder sonst bekannte Parameter können hierdurch schnell Abweichungen von üblichen oder Norm-Ergebnissen festgestellt werden.

[0076] Der Sensor besteht dabei wenigstens aus einer elektronischen Einheit, die mit einer Sensorspule zusammenwirkt, einem elektronischen Verbinder, der der Zufuhr der Versorgungsspannung und der Weiterleitung von Signalen dient. Die vorgenannten Komponenten können in einem gemeinsamen Gehäuse zusammengefasst sein. Das Gehäuse kann in üblicher Weise ausgebildet sein.

[0077] Ein Messobjekt/Geberelement befindet sich im Nahbereich der Sensorspule und wird in axialer Längsrichtung bewegt, wodurch sich die Feldstärke im Bereich der Spule und zugleich die Frequenz des Schwingkreises aus Sensorspule und Oszillator verändert. Mit Hilfe einer Auswerteschaltung werden diese Veränderungen erfasst und in für die Weiterverarbeitung geeignete elektrische Messgrößen über-

führt. Die gewonnenen Informationen werden von der Auswerteschaltung an einen Mikrokontroller weitergeleitet. Dieser verarbeitet die erhaltenen Informationen unter anderem unter Anwendung eines eingespeicherten Programmablaufs und erarbeitet daraus Steuersignale, die in externen Einrichtungen weiterverarbeitet werden können. Um störungsfrei arbeiten zu können, ist in der elektronischen Einheit eine Ausgabe- und Schutzschaltung angeordnet.

[0078] Zur Sicherstellung eines stabilen Betriebes und zur Einhaltung der erforderlichen Messbedingungen ist der elektronischen Einheit ferner ein Spannungsregler zugeordnet.

Bei einer anderen Ausführungsform des Wegmessverfahrens kann in Abhängigkeit vom Erreichen bestimmter Parameter im Schwingkreis aus Oszillator und Sensorspule bei Erreichen bestimmter Parameter eine Schaltfunktion nach der Charakteristik eines sogenannten Schwellwertschalters vorgesehen sein.

[0079] Das Messobjekt/Geberelement kann darüber hinaus ein Bauteil aufweisen, mit dem es zu dem zu messenden bzw. zu erfassenden Objekt Kontakt hat oder verbunden ist. Insoweit können das Bauteil und das Messobjekt/Geberelement materialeinheitlich sein.

[0080] Das Bauteil kann mit Hilfe einer Durchführung zentriert geführt sein. Diese Durchführung, die eine Abstützung in allen drei Dimensionen bewirkt kann etwa ein Innenring sein, der sich innerhalb der Hülse, des Gehäuses oder sonstigen Rohrabchnitts befindet.

[0081] Die oben beschriebene Anordnung für einen Wegmesssensor kann auf verschiedene Weise weiter ausgestaltet werden.

[0082] Dem Messobjekt/Geberelement kann insbesondere zu diesem Zweck eine Druckfeder zugeordnet sein, die einen ständigen Kontakt des Bauteils mit den zu detektierenden Bauteilen sicherstellt.

[0083] Statt einer Druckfeder können auch andere elastische, insbesondere federelastische Konstrukte verwendet werden. Hierdurch wird eine weitgehend spielfreie Bewegung des Messobjekts im Verhältnis zum zu detektierenden Bauteil ermöglicht.

[0084] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform, bei der das System das Messobjekt nicht in der richtigen Gestaltung, Lage oder Material bereitstellen kann, kann durch Verlängerung des Gehäuses, insbesondere der Kunststoffeinkapselung durch eine Hülse, ein Gehäuse oder einen rohrförmigen Abschnitt ein federbelastetes Messobjekt als ein integriertes verschiebbares Objekt innerhalb des Sensorgehäuses aufgenommen und umschlossen werden, wobei dieses durch ein Element geführt wird, wel-

ches an beiden Seiten der Hülse, des Gehäuses oder des rohrförmigen Abschnitts angeordnet sein kann. Das Messobjekt bleibt auf der Außenseite des eingekapselten PCB-Bereiches angeordnet, der somit das geschlossene, insbesondere dichte System für den Elektronikteil bewirkt. Die Druckfeder gewährleistet den ständigen Kontakt mit dem Betätigungsmechanismus durch das System, bei dem es sich beispielsweise entweder um einen Stößel oder eine Nocke handeln kann.

[0085] In Fällen, bei denen die Anordnung der elektronischen Einheit auf der Leiterplatte der Sensorspule nicht möglich ist oder etwa als nicht ausreichend angesehen wird, kann eine zusätzliche Leiterplatte diese elektronische Einheit tragen und mit der Sensorspule verbunden sein.

[0086] Die Erfindung hat also den Vorteil, dass sie es ermöglicht, ein Wegmessverfahren unter Verwendung eines Sensors, der eine Sensorspule aus einer Mehrzahl planarer Einzelspulen hat, auszuführen, wobei der Sensor in einem weiten Parameterbereich einsetzbar und zugleich kostengünstig herstellbar und robust ist.

[0087] Das Wegmessverfahren wird unter Verwendung des Sensors so ausgeführt, dass ein Messobjekt/Geberelement im Zentrum der Sensorspule angeordnet ist und sich dort in Richtung der Spulenachse bewegen kann.

[0088] Die Wirkungsweise des Wegmessverfahrens besteht darin, dass zunächst durch Anlegen einer Betriebsspannung die im Sensor angeordnete elektronische Einheit aktiviert wird. Ein in der elektronischen Einheit vorhandener Oszillator regt im Zusammenwirken mit der Sensorspule eine Schwingung an, wobei in Abhängigkeit von den Parametern des Oszillators und der Sensorspule eine Schwingung einer bestimmten Frequenz entsteht und die Sensorspule ein Magnetfeld aufbaut.

[0089] Mit dem erfindungsgemäßen Wegmessverfahren können verschiedene Messaufgaben erfüllt werden. So kann es zur Bestimmung der Positionen verschiebbarer Gestänge, Stifte, Wellen oder Gehäusebauteilen verwendet werden.

[0090] Besonders bevorzugt kann eine Verwendung in automatisierten Schaltgetrieben oder zur Bestimmung der Position von Kupplungsbauteilen sein.

[0091] Weitere bevorzugte Verwendungen können Positionsbestimmungen von hydraulischen Zylindern, Zahnstangen, Linearantrieben und anderer Bauteile sein, soweit deren Position/Stellung über Wegmessungen erfassbar sind.

[0092] Das Wegmessverfahren kann so ausgestaltet sein, dass die Wegmessung kontinuierlich in Relation zu einer tatsächlichen Position des Messobjekts/Geberelements erfolgt.

[0093] Da es sich bei dem Wegmessverfahren um die Beeinflussung eines Schwingkreises durch metallische Gegenstände handelt, können die Schwingungsparameter so gewählt werden, dass der Sensor nicht nur auf ferromagnetische, sondern auch auf andere metallische Werkstoffe anspricht. Es kann mithin auf ferromagnetische Werkstoffe, insbesondere für die Spulen, sogar verzichtet werden.

[0094] Eine Ausgestaltungsform des Wegmessverfahrens sieht vor, den Sensor mit einer Schaltfunktion auszustatten. Das heißt, dass der Sensor bei Erreichen einer bestimmten Lage des Messobjekts/Geberelements einen Signalwert ausgibt.

[0095] Die Sensorspule arbeitet im Verbund mit einem Oszillator, der Bestandteil eines Mikrokontrollers ist, wodurch der entstehende Schwingkreis eine Anregung erfährt und auf einer nach dem jeweiligen Einsatzfall zu wählenden Frequenz schwingt.

[0096] Um die Schwingfrequenz ausreichend stabil zu halten, kann der Mikrokontroller zusätzlich mit einem Spannungsregler und einer Schaltung zur Temperaturkompensation ausgestattet sein.

[0097] Durch die Messobjekte/Geberelemente entstehende Änderungen der Feldstärke bewirken zugleich eine Änderung der Resonanzfrequenz, mit der der Schwingkreis arbeitet. Über eine Auswerteschaltung, die ebenso Bestandteil des Mikrokontrollers ist, können die Abweichung von der Sollfrequenz ermittelt und die entsprechenden Messwerte beziehungsweise Informationen an den eigentlichen Mikrokontrollerbaustein übermittelt werden. Dieser kann mit einem fest eingespeicherten Programm die Messwerte der Auswerteeinheit erfassen, auswerten und diese über die Ausgabeschaltung ausgeben.

[0098] Über einen Verbinder kann die Versorgungsspannung des Sensors zur Verfügung gestellt werden. Ebenso kann über den gleichen oder über einen anderen Verbinder eine Weiterleitung der Ausgangssignale des Mikrokontrollers erfolgen.

[0099] In einer weiteren Ausführungsform kann das gemeinsame Gehäuse des Wegmesssensors im Bereich des Messobjekts/Geberelements durch Gehäuse beidseitig erweitert sein, wobei das Messobjekt/Geberelement in diesen Gehäusen axial geführt wird. In Verbindung mit einer in der Gehäuse angeordneten Druckfeder wird Spielfreiheit sichergestellt. Eine am anderen Ende des Messobjekts/Geberelements angeordnete Führungsbuchse dient der exakten konzentrischen Führung desselben.

Bei einer anderen Ausführungsform, bei der das System das Messobjekt nicht in der richtigen Gestaltung, Lage oder Material bereitstellen kann, kann durch Verlängerung eines Gehäuses, insbesondere einer Kunststoffeinkapselung durch einen rohrförmigen Abschnitt ein federbelastetes Messobjekt als ein integriertes verschiebbares Objekt innerhalb des Sensorgehäuses aufgenommen und umschlossen werden, wobei dieses durch ein Element geführt wird, welches an beiden Seiten des rohrförmigen Elementes angeordnet sein kann. Das Messobjekt bleibt auf der Außenseite des eingekapselten PCB-Bereiches angeordnet, der somit das geschlossene, insbesondere dichte System für den Elektronikteil bewirkt. Die Druckfeder gewährleistet den ständigen Kontakt mit dem Betätigungsmechanismus durch das System, bei dem es sich beispielsweise entweder um einen Stößel oder eine Nocke handeln kann.

[0100] Falls notwendig, kann die den Mikrokontroller tragende Leiterplatte entweder mit der Mehrlagenleiterplatte identisch sein, die die Sensorspule ausbildet oder sie kann in einer zusätzlichen Erweiterung des Gehäuses als separate Leiterplatte eingebaut sein.

[0101] Der Wegmesssensor ist in einer bevorzugten Ausführungsform mit den oben beschriebenen Einzelteilen als kompakte Baueinheit in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht.

[0102] Besonders bevorzugt ist es, dass die Spule in einem Kunststoffgehäuse eingekapselt und der Sensorschaft in der Anwendung oder als Teil des Sensors verschlossen und noch weiter bevorzugt abgedichtet ist, was bedeutet, dass beispielsweise Öl um das Messobjekt fließen kann, und zwar in beiden Anwendungen sowohl wenn der Sensorschaft benutzt wird, aber auch, wenn mittels des Schafts die Erfassung oder Messung erfolgt. Das bedeutet, dass in beiden Anwendungen der PCB, die Elektronik, die Spule im Inneren des Kunststoffgehäuses abgedichtet ist, so dass ein geschlossenes System vorliegt. Die Erfindung wird nachstehend anhand einiger Ausführungsbeispiele und Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau des Sensors in einer Seitenansicht.

Fig. 2 den Sensor in der Rückansicht.

Fig. 3 - den Sensor in einer Ausführungsform mit einem in einer Gehäuse geführten Messobjekt/ Geberelement.

Fig. 4 eine andere Ausführungsform des in **Fig. 3** gezeigten Sensors.

Fig. 5 ein Blockschaltbild des Sensors.

[0103] Das erfindungsgemäße Wegmessverfahren wird unter Verwendung eines Wegmesssensors **1**,

der mit einem Messobjekt/Geberelement **2** zusammen- und/oder wechselwirkt, durchgeführt.

[0104] Der Sensor besteht dabei wenigstens aus einer elektronischen Einheit, die mit einer Sensorspule **3** zusammenwirkt, einem elektronischen Verbinder **4**, der der Zufuhr der Versorgungsspannung und der Weiterleitung von Signalen dient, ausgeführt. Die vorgenannten Komponenten werden in einem gemeinsamen Gehäuse **16** zusammengefasst. Das Gehäuse **16** kann in üblicher Weise ausgebildet sein.

[0105] Die Wirkungsweise des Wegmessverfahrens besteht darin, dass zunächst durch Anlegen einer Betriebsspannung die im Sensor angeordnete elektronische Einheit aktiviert wird. Ein in der elektronischen Einheit vorhandener Oszillator **11** regt im Zusammenwirken mit der Sensorspule **3** eine Schwingung an, wobei in Abhängigkeit von den Parametern des Oszillators **11** und der Sensorspule **3** eine Schwingung einer bestimmten Frequenz entsteht und die Sensorspule **3** ein Magnetfeld aufbaut.

[0106] Ein Messobjekt/Geberelement **2** befindet sich im Nahbereich der Sensorspule **3** und wird bewegt, wodurch sich die Feldstärke im Bereich der Spule **10** und zugleich die Frequenz des Schwingkreises aus Sensorspule **3** und Oszillator **11** verändert. Mit Hilfe einer Auswerteschaltung **14** werden diese Veränderungen erfasst und in für die Weiterverarbeitung geeignete elektrische Messgrößen überführt. Die gewonnen Informationen werden von der Auswerteschaltung **14** an einen Mikrokontroller **13** weitergeleitet. Dieser verarbeitet die erhaltenen Informationen unter anderem unter Anwendung eines eingespeicherten Programmablaufs und erarbeitet daraus Steuersignale, die in externen Einrichtungen weiterverarbeitet werden können. Um störungsfrei arbeiten zu können, ist in der elektronischen Einheit eine Ausgabe- und Schutzschaltung **15** angeordnet.

[0107] Zur Sicherstellung eines stabilen Betriebes und zur Einhaltung der erforderlichen Messbedingungen ist der elektronischen Einheit ferner ein Spannungsregler **12** zugeordnet.

[0108] Die Besonderheit des Wegmessverfahrens besteht weiter darin, dass die Sensorspule **3** aus einer Mehrzahl planar aufgebauter Spulen besteht.

[0109] Das Wegmessverfahren kann so ausgestaltet sein, dass die Wegmessung kontinuierlich in Relation zu einer tatsächlichen Position des Messobjekts/ Geberelements **2** erfolgt.

[0110] Bei einer anderen Ausführungsform des Wegmessverfahrens kann in Abhängigkeit vom Erreichen bestimmter Parameter im Schwingkreis aus Oszillator **11** und Sensorspule **3** bei Erreichen bestimmter Parameter eine Schaltfunktion nach der Charak-

teristik eines so genannten Schwellwertschalters vorgesehen sein.

[0111] Besonders bevorzugt wird ein Wegmessverfahren mit einem erfindungsgemäßen Sensor, bei dem das Messobjekt/Geberelement **2** geometrische Unregelmäßigkeiten hat. Das heißt, das Messobjekt/Geberelement **2** ist im Bereich der Sensorspule **3** vorhanden, kann seine Lage jedoch ändern und ändert damit gleichzeitig seinen Querschnitt.

Bevorzugte Ausführungsformen für solche Querschnittsänderungen sind Ringnuten, Bohrungen, einseitige Abflachungen oder wechselnde Werkstoffe.

[0112] Eine weitere Ausführungsform des Wegmessverfahrens kann darin bestehen, dass ein Bauteil überhaupt in die Nähe der Sensorspule **3** kommt.

[0113] Besonders bevorzugt wird eine Ausführungsform des Wegmessverfahrens, bei der das Messobjekt/Geberelement **2** einen Bereich mit einem kontinuierlichen Übergang von einem geringen zu einem größeren Durchmesser hat und auf diese Weise eine quasi analoge Positionsbestimmung ermöglicht ist.

[0114] Das Messobjekt/Geberelement **2** kann darüber hinaus ein Bauteil **5** aufweisen, mit dem es zu den zu messenden Bauteilen Kontakt hat oder verbunden ist.

[0115] Mit dem erfindungsgemäßen Wegmessverfahren können verschiedene Messaufgaben erfüllt werden. So kann es zur Bestimmung der Positionen verschiebbarer Gestänge, Stifte, Wellen oder Gehäusebauteilen verwendet werden.

[0116] Besonders bevorzugt kann eine Verwendung in automatisierten Schaltgetrieben oder zur Bestimmung der Position von Kupplungsbauteilen sein.

[0117] Weitere bevorzugte Verwendungen können Positionsbestimmungen von hydraulischen Zylindern, Zahnstangen, Linearantrieben und anderer Bauteile sein, soweit deren Position/Stellung über Wegmessungen erfassbar sind.

[0118] Der Sensor ist, wie bereits oben beschrieben, wenigstens aus einer Sensorspule **3**, einer elektronischen Einheit und einem Gehäuse **16** (nicht gezeigt) aufgebaut.

[0119] Die Sensorspule **3** ist erfindungsgemäß aus einer Mehrzahl planar aufgebauter Spulen zusammengesetzt, wobei die planaren Spulen sich jeweils auf einem Trägermedium befinden.

[0120] Auf diese Weise kann durch Wahl einer entsprechenden Anzahl solcher planar aufgebauter Spulen die Induktivität der Sensorspule **3** in einem weiten Bereich festgelegt werden, wodurch im Zu-

sammenwirken mit dem in der elektronischen Einheit angeordneten Oszillator **11** auch die mögliche Arbeitsfrequenz in einem weiten Bereich einstellbar ist.

[0121] Eine einzelne planare Spule kann so ausgeführt sein, dass sie als einzelnes Element eine möglichst große Induktivität hat. Damit kann erreicht werden, dass die Zahl miteinander zu kombinierender planarer Spulen gering gehalten werden kann.

[0122] Eine bevorzugte Ausführungsform kann darin bestehen, dass auf einer doppelseitigen Leiterplatte zu beiden Seiten je eine planare Spule angeordnet ist.

[0123] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Sensorspule **3** entsteht, wenn die planaren Spulen in eine so genannte Mehrlagenleiterplatte integriert werden und dadurch mehr als zwei planare Spulen zusammengeschaltet werden können.

[0124] Neben der Möglichkeit der Anpassung der Induktivität der Sensorspule **3** entsteht durch die erfindungsgemäße Ausführungsform eine stabil aufgebaute Sensorspule **3**. Diese bedarf keiner zusätzlichen Maßnahmen zur ihrem Schutz.

[0125] Der erfindungsgemäße Wegmesssensor **1** kann entsprechend unterschiedlichen Einsatzbedingungen weiter ausgestaltet werden. So kann in einer Ausführungsform das Messobjekt/Geberelement **2** in einer Hülse **8** angeordnet sein. Dadurch ist es gegen Umwelteinflüsse weitgehend geschützt.

[0126] Dem Messobjekt/Geberelement **2** kann eine Druckfeder **7** zugeordnet sein, die einen ständigen Kontakt des Bauteils **5** mit den zu detektierenden Bauteilen sicherstellt.

[0127] Das Bauteil **5** kann mit Hilfe einer Durchführung **6** zentriert geführt sein.

[0128] Bei einer anderen Ausführungsform, bei der das System das Messobjekt **2** nicht in der richtigen Gestaltung, Lage oder Material bereitstellen kann, kann durch Verlängerung des Gehäuses, insbesondere der Kunststoffeinkapselung **16** durch einen rohrförmigen Abschnitt **8** ein federbelastetes Messobjekt **2** als ein integriertes verschiebbares Objekt innerhalb des Sensorgehäuses **16** aufgenommen und umschlossen werden, wobei dieses durch ein Element **6** geführt wird, welches an beiden Seiten des rohrförmigen Elementes **8**, wie in **Fig. 3** dargestellt, angeordnet sein kann. Das Messobjekt **2** bleibt auf der Außenseite des eingekapselten PCB-Bereiches angeordnet, der somit das geschlossene, insbesondere dichte System für den Elektronikteil bewirkt. Die Druckfeder **7** gewährleistet den ständigen Kontakt mit dem Betätigungsmechanismus durch das Sys-

tem, bei dem es sich beispielsweise entweder um einen Stößel oder eine Nocke handeln kann.

[0129] In Fällen, bei denen die Anordnung der elektronischen Einheit auf der Leiterplatte der Sensorspule nicht möglich ist, kann eine zusätzliche Leiterplatte **9** diese elektronische Einheit tragen und mit der Sensorspule **3** verbunden sein.

[0130] Die Erfindung hat also den Vorteil, dass sie es ermöglicht, ein Wegmessverfahren unter Verwendung eines Sensors, der eine Sensorspule aus einer Mehrzahl planarer Einzelspulen hat, auszuführen, wobei der Sensor in einem weiten Parameterbereich einsetzbar und zugleich kostengünstig herstellbar und robust ist.

Bezugszeichenliste

1. Wegmesssensor
2. Messobjekt, Geberelement, Metalltarget, Schaft
3. Sensorspule
4. Verbinder
5. Bauteil
6. Durchführung
7. Druckfeder
8. Hülse, Gehäuse, rohrförmiger Abschnitt
9. Leiterplatte
10. Spule
11. Oszillator
12. Spannungsregler
13. Mikrokontroller
14. Auswerteschaltung
15. Ausgabe- und Schutzschaltung
16. Gehäuse

Patentansprüche

1. Wegmessverfahren nach dem Wirbelstromprinzip unter Verwendung eines Sensors, der mit einem Messobjekt (2) wechselwirkt, wobei der Sensor einen elektrischen Verbinder (4) und eine Sensorspule (3) umfasst, und bei dem folgende Arbeitsschritte ausgeführt werden:

- durch Anlegen einer Betriebsspannung wird durch einen Oszillator (11) im Zusammenwirken mit der Sensorspule (3) ein magnetisches Feld aufgebaut,
- ein Messobjekt (2) wird im Nahbereich der Sensorspule (3) durch eine Öffnung in der Sensorspule (3) bewegt, wodurch sich die Feldstärke im Bereich der Spule (3) und Oszillator (11) ändert und die eingetretenen Veränderungen durch eine Auswerteschaltung

(14) ermittelt und an einen Mikrokontroller (13) weitergeleitet werden,

- der Mikrokontroller verarbeitet die Signale der Auswerteschaltung (14) und stellt diese über eine Ausgabe- und Schutzschaltung (15) diesem zur Verfügung,
- wobei die Sensorspule (3) aus einer Mehrzahl planar aufgebauter Wicklungen besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor eine elektronische Einheit umfasst, und dass das Messobjekt (2) eine konische Form aufweist.

2. Wegmessverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wegmessung kontinuierlich in Relation zur Position des Messobjekts (2) oder als Schaltfunktion in Abhängigkeit vom Erreichen bestimmter Parameter im Schwingkreis erfolgt.

3. Wirbelstromsensor für Wegmessungen mit einer Sensorspule (3) die mit einem Messobjekt (2) wechselwirkt,

- mit einem elektronischen Verbinder (4),
- wobei die Sensorspule (3) eine Mehrzahl planarer Wicklungen aufweist,
- wobei die Sensorspule (3) eine Öffnung ausweist, durch die das Messobjekt (2) axial hindurchbewegt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor eine elektronische Einheit umfasst und das Messobjekt (2) eine konische Form aufweist.

4. Wirbelstromsensor nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messobjekt (2) ein Bauteil (5) aufweist, mit dem es mit einem zu erfassenden Objekt Kontakt hat oder verbunden ist.

5. Wirbelstromsensor nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messobjekt (2) in einer Hülse (8) oder in einem Gehäuse (8) oder in einem rohrförmigen Abschnitt (8) angeordnet ist.

6. Wirbelstromsensor nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messobjekt (2) in der Hülse (8) oder in dem Gehäuse (8) oder in dem rohrförmigen Abschnitt (8) dreidimensional abgestützt ist.

7. Wirbelstromsensor nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Messobjekt (2) ein elastisches Konstrukt zugeordnet werden kann.

8. Wirbelstromsensor nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das elastische Konstrukt eine Druckfeder (7) ist.

9. Wirbelstromsensor nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor eine weitere Leiterplatte (9) aufweist.

10. Wirbelstromsensor nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese ein Gehäuse (16) umfasst, dass die Sensorspule (3), den elektrischen Verbinder (4) sowie das Messobjekt (2) umschließt.

11. Wirbelstromsensor nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die planar aufgebauten Wicklungen der Sensorspule (3) jeweils auf einem Träger angeordnet sind.

12. Wirbelstromsensor nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die planar aufgebauten Wicklungen der Sensorspule (3) in eine Mehrlagenleiterplatten integriert sind.

13. Wirbelstromsensor nach einem der Ansprüche 3 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor einer Auswerteschaltung zur Erfassung der Parameter des Schwingkreises enthält.

14. Wirbelstromsensor nach einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektronische Einheit einen Mikrokontroller (13) enthält, mit dem unter Nutzung eines eingespeicherten Programms Werte der Auswerteschaltung (14) verarbeitbar und an einer Ausgabe- und Schutzschaltung ausgebbar sind.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

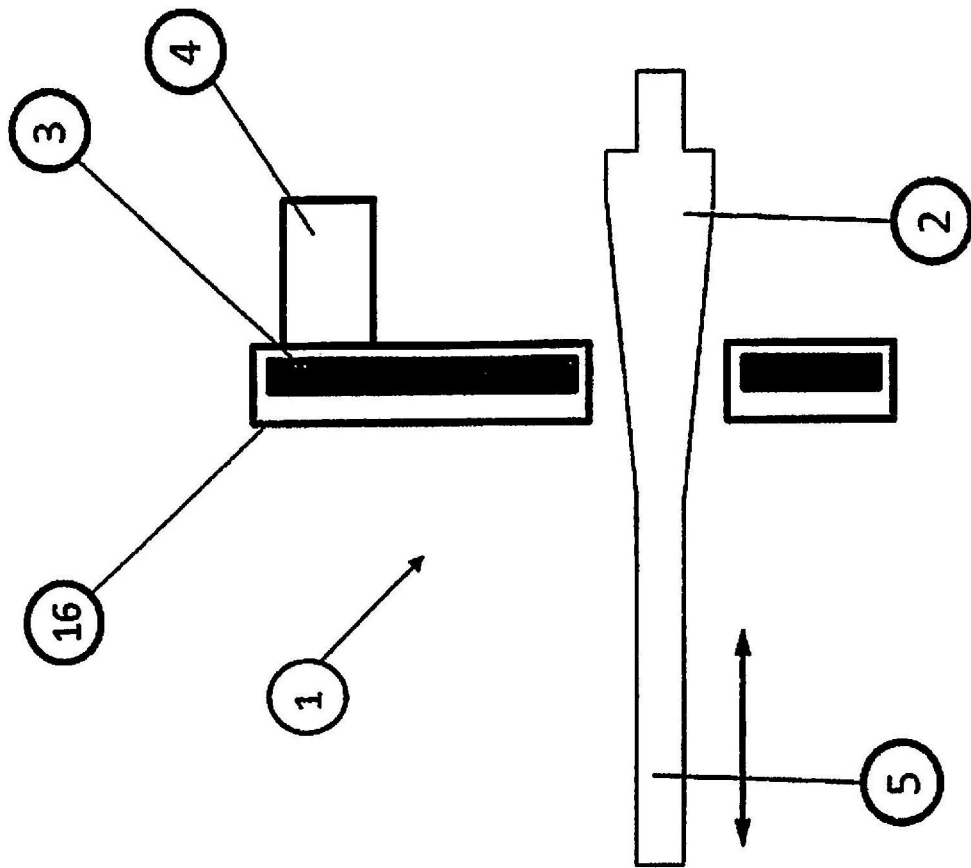


Fig. 1

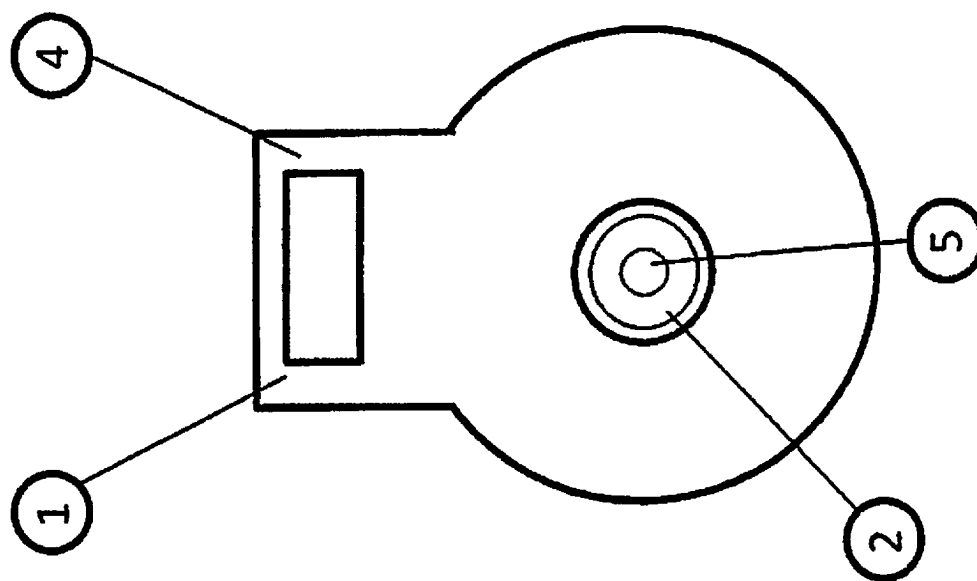


Fig. 2

Fig. 3

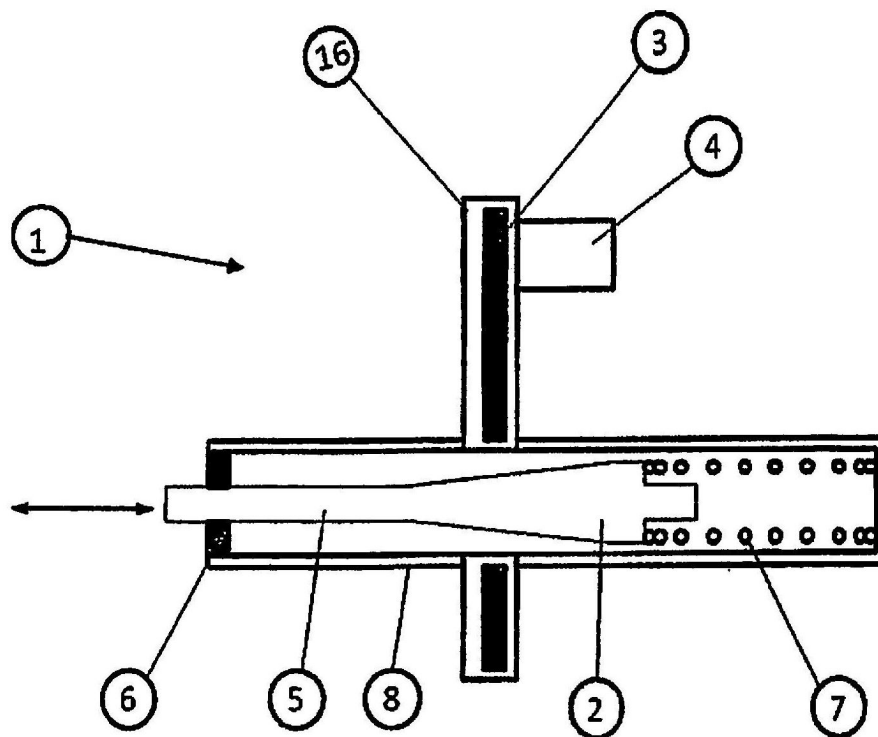


Fig. 5

