



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 213 402.2**

(51) Int Cl.: **G01B 7/30 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **09.08.2018**

(43) Offenlegungstag: **13.02.2020**

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

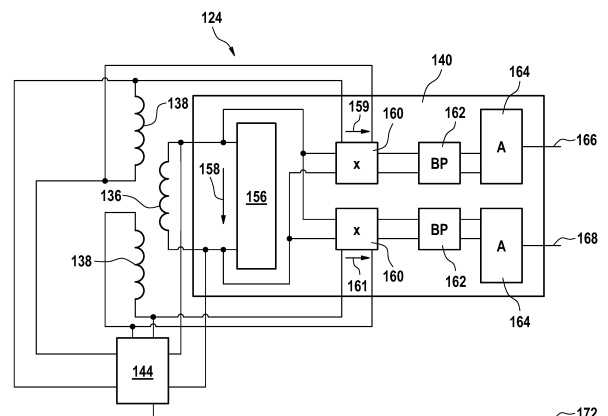
(72) Erfinder:
Utermoehlen, Fabian, 59557 Lippstadt, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Induktiver Positionssensor, insbesondere zur Erfassung mindestens einer Rotationseigenschaft eines rotierenden Elements**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein induktiver Positionssensor (124), insbesondere zur Erfassung mindestens einer Rotationseigenschaft eines um mindestens eine Rotationsachse (112) rotierenden Elements (114), vorgeschlagen, umfassend:

- mindestens einen Schaltungsträger (132);
- mindestens eine Spulenanordnung (134), welche auf dem Schaltungsträger (132) angeordnet ist, wobei die Spulenanordnung (134) mindestens eine Erregerspule (136) und mindestens zwei Empfängerspulen (138) umfasst;
- mindestens eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC) (140), welche eingerichtet ist, um ein Erregersignal (158) für die Erregerspule (136) bereitzustellen, wobei die anwendungsspezifische integrierte Schaltung (140) eingerichtet ist, um von den Empfängerspulen (138) erzeugte Signale (159, 161) zu verarbeiten und als Ausgangssignale (166, 168) bereitzustellen; dadurch gekennzeichnet, dass der Schaltungsträger (132) mindestens ein weiteres elektronisches Bauelement (144) aufweist, welches eingerichtet ist, um das Erregersignal (158) und/oder mindestens ein Signal (159, 161) der Empfängerspulen (138) abzutasten, wobei das weitere elektronische Bauelement (144) eingerichtet ist, um das mindestens eine abgetastete Signal und die Ausgangssignale (166, 168) der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (140) zu vergleichen.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Aus dem Stand der Technik sind zahlreiche Sensoren bekannt, welche mindestens eine Rotationsseigenschaft rotierender Elemente erfassen. Beispiele derartiger Sensoren sind in Konrad Reif (Hrsg.) : Sensoren im Kraftfahrzeug, 2. Auflage, 2012, Seiten **63-74** und **120-129** beschrieben. Beispielsweise kann eine Lage einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine relativ zu einer Kurbelwelle mit einem so genannten Phasengeber mittels eines Hall-Sensors bestimmt werden.

[0002] Beispielsweise für eine Realisierung einer Traktion in Elektrofahrzeugen werden häufig entweder Asynchronmaschinen oder Synchronmaschinen verwendet, welche jeweils aus einem ortsfesten Stator und einem sich drehenden Rotor bestehen. Der Stator trägt in der Regel drei, beispielsweise um $120^\circ/p$ zueinander versetzte Wicklungsstränge, wobei p eine Anzahl von Polpaaren repräsentiert. Bei Asynchronmaschinen besteht der Rotor üblicherweise aus an Enden ringförmig kurzgeschlossenen elektrisch leitfähigen Stäben. Bei einer Drehung eines Rotorfeldes kann so in den Stäben eine Spannung induziert werden, welche einen Stromfluss hervorruft, welcher wiederum ein Gegenmagnetfeld aufbaut und es zu einer rotatorischen Bewegung kommt. Die induzierte Spannung ist Null, wenn sich Rotorfeld und Stator gleich schnell drehen. Es stellt sich eine Drehzahldifferenz ein, welche als Schlupf bezeichnet wird und welche das Moment des Motors definiert. Bei Synchronmaschinen umfasst der Rotor einen Läufer, welcher eine Erregerspule trägt, in welchem ein Gleichstrom fließt und ein statisches Magnetfeld erzeugt. Alternativ dazu kann ein Permanentmagnet als Rotor verwendet werden. Es handelt sich dann um eine permanent erregte Synchronmaschine, welche aufgrund der leistungslosen Erregung einen höheren Wirkungsgrad aufweist und so für Traktionsanwendungen geeigneter sein kann. Eine Drehzahl des Rotors kann prinzipbedingt identisch zur Drehzahl eines Erregerfeldes sein. Das Drehmoment kann von einem Phasenversatz, also einer Winkeldifferenz zwischen Statorfeld und Rotor, abhängen. Zur Regelung des Moments, Ansteuerung eines Inverters und entsprechender Bereitstellung von Statorspulensignalen muss für Asynchronmaschinen die Drehzahl des Rotors und für Synchronmaschinen eine Absolutwinkelstellung des Rotors bekannt sein.

[0003] Um diese Größen zu ermitteln ist es bekannt sogenannte Resolver zu verwenden. Bei diesem handelt es sich um einen elektromagnetischen Messumformer, bei dem ein Rotorpaket drehzahlfest auf der Welle des Motors montiert ist. Kreisringförmig umlaufend sind auf einem Stator eine Erregerspule sowie mehrere Empfängerspulen montiert. Die Erreger-

spule wird mit einem Wechselspannungssignal beaufschlagt und durchsetzt die gesamte Anordnung mit einem elektromagnetischen Wechselfeld. Drehwinkelabhängig kann in einer ersten Empfängerspule eine sinusförmig amplitudenmodulierte Spannung induziert während in einer zweiten Empfängerspule eine cosinusförmig amplitudenmodulierte Spannung induziert wird. Die Bereitstellung des Erreger-signals sowie das Auslesen der Signale kann innerhalb der Leistungselektronik bzw. dedizierten Bausteinen innerhalb eines Steuergerätes zur Motorregelung realisiert werden. Ein Resolver ist eine rein passive Komponente und sämtliche Signalverarbeitung kann im Steuergerät, bzw. der Leistungselektronik, realisiert werden, so dass höchste Anforderungen an die funktionale Sicherheit gemäß ISO 26262 erfüllt werden können. Resolver benötigen jedoch relativ viel Bauraum, erfordern eine komplexe Signalbereitstellung und -aufbereitung und müssen mit sehr geringen mechanischen Toleranzen montiert werden, um eine ausreichend hohe Genauigkeit zu erreichen. Aus diesen genannten Gründen können Systemkosten entsprechend hoch sein. Weiterhin kann es aus Platzgründen nicht möglich sein auf den Stator des Resolvers ein redundantes Empfangsspulensystem zu montieren, um eine Verfügbarkeit des Sensors zu erhöhen. So kann ein Ausfall des Sensors zum „Liegenbleiben“ des Fahrzeugs führen. Neben elektromagnetischen Resolvieren sind auch optische Resolver bekannt, beispielsweise aus DE 10 2013 203 937. Optische Resolver bedingen jedoch neben hohen Kosten eine Prinzipbedingte Querempfindlichkeit gegenüber Verschmutzung und sind demzufolge nicht in jedem Umfeld einsetzbar.

[0004] Weiter bekannt, beispielsweise aus EP 0 909 955 B1, sind induktive Absolutwinkelsensoren auf Basis gekoppelter Spulen. Diese bestehen aus mindestens zwei auf einer Leiterplatte integrierten Empfangsspulen sowie einer umlaufenden Erregerspule. Die Erregerspule kann mit einem Wechselspannungssignal mit einer Frequenz zwischen 1 MHz und 10 MHz beaufschlagt werden und erzeugt ein elektromagnetisches Wechselfeld, welches in den Empfangsspulen Spannungen induziert. Durch Überstreichen mit einer elektrisch leitfähigen Targetstruktur kann die Kopplung zwischen der Sendespule und den Empfangsspulen drehwinkelabhängig beeinflusst werden und mit mindestens einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) bestimmt werden. Dies kann jedoch aus Gründen der funktionalen Sicherheit problematisch sein, da nur eingeschränkt Diagnosen auf Rohsignalebene bzw. entlang der Signalverarbeitungskette durchgeführt werden können. Abhilfe könnte eine Nutzung zweier ASICs sein, die allerdings von unterschiedlichen Lieferanten entwickelt und hergestellt sein müssen, um Fehler gleicher Ursache, sogenannte common-cause Fehler, zu vermeiden. Dies ist aus Kosten- und Verfügbarkeitsgründen oft nicht umsetzbar.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird daher ein induktiver Positionssensor, insbesondere zur Erfassung mindestens einer Rotationseigenschaft eines um mindestens eine Rotationsachse rotierenden Elements, vorgeschlagen. Unter einem „Sensor“ wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich eine beliebige Vorrichtung verstanden, welche geeignet ist, mindestens eine Messgröße zu erfassen. Unter einem induktiven Positionssensor zur Erfassung mindestens einer Rotationseigenschaft wird dementsprechend ein Sensor verstanden, welcher eingerichtet ist, um die mindestens eine Rotationseigenschaft zu erfassen, beispielsweise zu messen, und welche beispielsweise mindestens ein elektrisches Signal entsprechend der erfassten Eigenschaft erzeugen kann, wie beispielsweise eine Spannung oder einen Strom. Auch Kombinationen von Eigenschaften können erfassbar sein. Unter einer „Rotationseigenschaft“ wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich eine Eigenschaft verstanden werden, welche die Rotation des rotierenden Elements zumindest teilweise beschreibt. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine Winkelgeschwindigkeit, eine Drehzahl, eine Winkelbeschleunigung, eine Winkelposition oder eine andere Eigenschaft handeln, welche eine kontinuierliche oder diskontinuierliche, gleichförmige oder ungleichförmige Rotation oder Drehung des rotierenden Elements zumindest teilweise charakterisieren kann. Beispielsweise kann es sich bei der Rotationseigenschaft um eine Position, insbesondere eine Winkelposition, eine Drehzahl, eine Winkelbeschleunigung oder um eine Kombination von mindestens zwei dieser Größen handeln. Auch andere Eigenschaften und/oder andere Kombinationen von Eigenschaften können erfassbar sein. Unter einer „Winkelposition“ wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich ein Drehwinkel einer rotationsfähigen Vorrichtung, beispielsweise des rotierenden Elements oder eines Geberrads, bezüglich einer senkrecht auf der Rotationsachse stehenden Achse verstanden. Insbesondere kann der induktive Positionssensor ein induktiver Rotorlagesensor oder Rotorpositionssensor sein. Unter einem „induktiven Positionssensor“ kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich ein beliebiger Sensor verstanden werden, der ein Signal entsprechend einer erfassten Eigenschaft erzeugen kann, insbesondere ein Messsignal, insbesondere ein elektrisches Messsignal, beispielsweise eine Spannung oder einen Strom, wobei eine Erzeugung des Messsignals auf einer Änderung eines magnetischen Flusses beruht. Insbesondere kann die erfasste Eigenschaft eine Position, beispielsweise eine Winkelposition umfassen. Insbesondere kann es sich bei dem induktiven Positionssensor um einen induktiven Magnetsensor handeln. Auch andere Ausgestaltungen sind jedoch grundsätzlich möglich.

[0006] Der induktive Positionssensor kann insbesondere zum Einsatz in einem Kraftfahrzeug eingerichtet sein, insbesondere für Traktionsanwendungen für elektrische Maschinen. Unter einem „rotierenden Element“ wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich ein beliebiges Element verstanden, welches um mindestens eine Achse rotiert. Beispielsweise kann das rotierende Element eine Welle sein, beispielsweise eine Welle in einer Antriebsmaschine, beispielsweise eine Nockenwelle oder eine Kurbelwelle. Beispielsweise kann eine Winkelposition einer Nockenwelle oder eine Drehzahl einer Nockenwelle oder eine Winkelbeschleunigung einer Nockenwelle oder eine Kombination von mindestens zwei dieser Größen bestimmt werden. Auch andere Eigenschaften und/oder andere Kombinationen von Eigenschaften können erfassbar sein.

[0007] Der induktive Positionssensor umfasst:

- mindestens einen Schaltungsträger;
- mindestens eine Spulenanordnung, welche auf dem Schaltungsträger angeordnet ist, wobei die Spulenanordnung mindestens eine Erregerspule und mindestens zwei Empfängerspulen umfasst;
- mindestens eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), welche eingerichtet ist, um ein Erregersignal für die Erregerspule bereitzustellen, wobei die anwendungsspezifische integrierte Schaltung eingerichtet ist, um von den Empfängerspulen erzeugte Signale zu verarbeiten und als Ausgangssignale bereitzustellen. Der Schaltungsträger weist mindestens ein weiteres elektronisches Bauelement auf, welches eingerichtet ist, um das Erregersignal und/oder mindestens ein Signal der Empfängerspulen abzutasten. Das weitere elektronische Bauelement ist eingerichtet, um das mindestens eine abgetastete Signal und die Ausgangssignale der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung zu vergleichen.

[0008] Unter einem „Schaltungsträger“ kann eine Vorrichtung verstanden werden, auf welcher mindestens ein elektrisches Bauelement angeordnet werden kann. Der Schaltungsträger kann flexibel ausgestaltet sein. Insbesondere kann der Schaltungsträger ein flexibles Material umfassen. Der Schaltungsträger kann insbesondere ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus: einer Leiterplatte, insbesondere einer Starrflex-Leiterplatte, beispielsweise einer gebogenen Starrflex-Leiterplatte; einer starren Leiterplatte, insbesondere einer starren Leiterplatte mit Einkerbungen; einer Leiterkarte; einer Platine und einer gedruckten Schaltung, insbesondere einem „printed circuit board“ (PCB).

[0009] Der Schaltungsträger kann im Wesentlichen koaxial zu der Rotationsachse angeordnet sein. Der

Schaltungsträger kann beispielsweise ein Geberrad oder ein Kreissegment des Geberrads eines weiter unten beschriebenen Sensorsystems im Wesentlichen kreisförmig oder kreissegmentförmig umgeben. Unter dem Begriff „im Wesentlichen kreisförmig“ wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich verstanden, dass das beschriebene Bauelement einen Krümmungsradius aufweist. Der Krümmungsradius kann innerhalb des Bauelements um einen Wert von 0 % bis 80 %, bevorzugt von 0 % bis 50 %, mehr bevorzugt von 0 % bis 20 % und besonders bevorzugt von 0 % bis 5 % variieren. Insbesondere kann der Krümmungsradius auch konstant sein. Alternativ oder zusätzlich kann der Schaltungsträger auch aus zwei oder mehr Segmenten zusammengesetzt sein, welche beispielsweise jeweils eben oder auch gekrümmt ausgestaltet sein können und welche beispielsweise miteinander verbunden sein können. Die Segmente können insgesamt dann ebenfalls koaxial zur Rotationsachse angeordnet sein, auch wenn die einzelnen Segmente dann beispielsweise tangential angeordnet sind. Weiterhin kann der Schaltungsträger in einem Gehäuse, insbesondere in einem Spritzgussgehäuse, angeordnet sein.

[0010] Unter einer „Spulenanordnung“ kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich eine beliebige Vorrichtung verstanden werden, die mindestens eine Spule umfasst. Unter einer „Spule“ wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich ein beliebiges Bauelement verstanden, welches eine Induktivität aufweist und geeignet ist, bei Stromfluss ein Magnetfeld zu erzeugen und/oder umgekehrt. Beispielsweise kann eine Spule mindestens eine vollständige oder teilweise geschlossene Leiterschleife oder Windung umfassen. Unter einer „Erregerspule“ kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich eine Spule verstanden werden, welche bei Anlegen einer elektrischen Spannung und/oder eines elektrischen Stroms einen magnetischen Fluss erzeugt. Die Erregerspule kann mindestens eine Erregerwindung aufweisen. Unter einer „Empfängerspule“ wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich eine Spule verstanden, welche eingerichtet ist, aufgrund einer induktiven Kopplung zwischen Erregerspule und Empfängerspule ein Signal zu erzeugen, welches abhängig ist von der induktiven Kopplung. Beispielsweise kann die Spulenanordnung ein Empfängerspulensystem aufweisen. Unter einem „Empfängerspulensystem“ kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich eine beliebige Vorrichtung verstanden werden, welche mindestens zwei, bevorzugt mindestens drei, Empfängerspulen umfasst.

[0011] Die Erregerspule kann im Wesentlichen kreisförmig ausgestaltet sein. Hinsichtlich des Begriffs „im Wesentlichen kreisförmig“ wird auf obige Definition verwiesen. Die Erregerspule und die Empfängerspulen können, wie in DE 10 2017 210 655.7,

eingereicht am 23.06.2017, beschrieben, ausgestaltet sein. Die Empfängerspulen können die Rotationsachse in einer Umfangsrichtung im Wesentlichen vollständig umlaufen, wobei jede Empfängerspule durch eine Mehrzahl benachbarter Teilwindungen gebildet ist, wobei benachbarte Teilwindungen bezüglich der Stromlaufrichtung gegensätzlich orientiert sind. Dabei ist jede Teilwindung bezüglich einer radialen Richtung, die sich von der Rotationsachse nach außen erstreckt, gebildet aus Abschnitten von wenigstens zwei nach links gekrümmten kreisbogenförmigen Leiterbahnen und aus Abschnitten von wenigstens zwei nach rechts gekrümmten kreisbogenförmigen Leiterbahnen. Alle linksgekrümmten und alle rechtsgekrümmten Leiterbahnen weisen denselben Krümmungsradius auf. Alle linksgekrümmten Leiterbahnen und alle rechtsgekrümmten Leiterbahnen erstrecken sich zwischen zwei konzentrischen Kreisen um die Rotationsachse, einem ersten Kreis mit einem ersten Radius und einem zweiten Kreis mit einem zweiten Radius, wobei ein dritter Kreis gegeben ist, der konzentrisch zum ersten Kreis gelegen ist und einen dritten Radius aufweist, der sich aus dem Mittelwert des ersten Radius und des zweiten Radius ergibt, wobei eine erste rechtsgekrümmte Leiterbahn durch drei Punkte verläuft: durch einen ersten Punkt, der auf dem ersten Kreis liegt; durch einen zweiten Punkt, der auf dem dritten Kreis liegt und in Umfangsrichtung um ein Viertel des Messbereichs gegenüber dem ersten Punkt verdreht ist; und durch einen dritten Punkt, der auf dem zweiten Kreis liegt und in Umfangsrichtung um die Hälfte des Messbereichs gegenüber dem ersten Punkt verdreht ist. Die weiteren rechtsgekrümmten Leiterbahnen ergeben sich aus der vorfolgenden rechtsgekrümmten Leiterbahn durch eine Drehung um die Drehachse um die Hälfte des Messbereichs in Umfangsrichtung. Die linksgekrümmten Leiterbahnen ergeben sich durch Spiegelungen der rechtsgekrümmten Leiterbahnen jeweils an einer Radiallinie, die sich von der Drehachse durch den Schnittpunkt der jeweiligen rechtsgekrümmten Leiterbahn mit dem dritten Kreis erstreckt. Eine Teilwindung einer Empfängerspule kann dabei als ein Teil der Empfängerspule definiert sein, der von Leiterbahnen der Empfängerspule umgeben ist, die sich nicht gegenseitig schneiden. Die Orientierung einer Teilwindung bestimmt sich über einen Stromfluss durch die Empfängerspule. Gegenläufig orientierte Teilwindungen weisen bei einem Stromfluss durch die Empfängerspule jeweils gegenläufig Stromflüsse auf, d.h. bei einer Teilwindung mit einer ersten Orientierung läuft der Strom im Uhrzeigersinn bzw. nach rechts durch die Teilwindung, bei einer Teilwindung mit einer zweiten, gegenläufigen Orientierung läuft der Strom gegen den Uhrzeigersinn bzw. nach links durch die Teilwindung. Eine Teilwindung kann lediglich beispielhaft wie eine Raute mit gekrümmten Seitenflächen aufgebaut sein. Die vier Seitenflächen einer solchen Raute können z.B. durch je zwei Teilstücke zweier

linksgekrümmten Leiterbahnen und zweier rechtsgekrümmter Leiterbahnen ausgebildet sein. Beispielsweise kann dabei die Stromlaufrichtung in wenigstens zwei Abschnitten der linksgekrümmten Leiterbahnen, die eine Teilwindung bilden, einander entgegengesetzt sein. Ebenso kann die Stromlaufrichtung in wenigstens zwei Abschnitten der rechtsgekrümmten Leiterbahnen, die eine Teilwindung bilden, einander entgegengesetzt sein. Der Aufbau der Teilwindungen ist dabei so zu verstehen, dass eine gedachte gerade Linie, die von der Rotationsachse ausgeht und in radialer Richtung verläuft, eine nach links und eine nach rechts gekrümmte kreisbogenförmige Leiterbahn der Empfängerspule schneidet, wenn die gerade Linie durch das Innere der Empfängerspule verläuft. Auf diese Weise kann z.B. auch erreicht werden, dass die Amplitude der in der Empfängerspule induzierten Wechselspannung bzw. das Messsignal im Wesentlichen als Sinusfunktion von dem Drehwinkel abhängt.

[0012] Der induktive Positionssensor kann eine Anzahl von n Empfängerspulen umfassen, wobei n eine positive ganze Zahl ist. Die generierten sinusförmigen Signale der n Empfängerspulen können gegeneinander phasenversetzt sein. Beispielsweise können benachbarte sinusförmige Signale einen Phasenabstand von $2\pi/(2n)$ und/oder $360^\circ/(2n)$ für $n=2$ aufweisen. Weiterhin können beispielsweise benachbarte sinusförmige Signale einen Phasenabstand von $2\pi/n$ und/oder $360^\circ/n$ für $n \geq 3$ aufweisen. Insbesondere können benachbarte sinusförmige Signale von genau zwei Empfängerspulen einen Phasenabstand von 90° aufweisen. Insbesondere können benachbarte sinusförmige Signale von genau drei Empfängerspulen einen Phasenabstand von 120° aufweisen.

[0013] Unter einer „anwendungsspezifischen integrierten Schaltung“ (ASIC) kann eine grundsätzlich beliebige elektronische Schaltung verstanden werden, welche als integrierter Schaltkreis realisiert wurde. Insbesondere ist die anwendungsspezifische integrierte Schaltung auf dem Schaltungsträger angeordnet. Die anwendungsspezifische integrierte Schaltung kann auf dem Schaltungsträger angeordnet sein und an genau eine Erregerspule und mindestens zwei Empfängerspulen angeschlossen sein. Die anwendungsspezifische integrierte Schaltung ist eingerichtet, um ein Erregersignal für die Erregerspule bereitzustellen. Unter ein „Erregersignal bereitzustellen“ kann verstanden werden, dass die anwendungsspezifische integrierte Schaltung eingerichtet ist das Erregersignal zu erzeugen und/oder dass die anwendungsspezifische integrierte Schaltung eingerichtet ist die Erregerspule mit dem Erregersignal zu beaufschlagen. Unter einem „Erregersignal“ kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein elektrisches Signal verstanden werden, insbesondere mindestens eine Wechselspannung und/oder mindes-

tens ein Wechselstrom. Das Erregersignal kann ein im Wesentlichen sinusförmiges Erregersignal sein. Unter „sinusförmig“ wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich eine beliebige Form verstanden, welche einen Verlauf einer Sinuskurve aufweist. Beispielsweise kann ein Verlauf einer vollständigen Sinuskurve umfasst sein oder lediglich ein Teil einer Sinuskurve. Unter „im Wesentlichen sinusförmig“ können Ausführungsformen verstanden werden mit einem vollständig sinusförmigen Verlauf, wobei Abweichungen denkbar sind, welche nicht mehr als 20 %, insbesondere nicht mehr als 10 % oder sogar nicht mehr als 5 % von dem absoluten Wert der Sinusform betragen. Unter einer „vollständigen Sinuskurve“ kann dabei insbesondere ein Verlauf einer Sinuskurve verstanden werden, welcher mindestens eine Periode umfasst. Hierbei kann die Sinuskurve im Nullpunkt oder einem beliebigen anderen Punkt der Sinuskurve beginnen. Die Sinusform kann beispielsweise auch abschnittsweise aus anderen Funktionen zusammengesetzt werden, so dass sich insgesamt eine näherungsweise Sinusform ergibt. Das Erregersignal kann eine Amplitude im Bereich von 0,1 V bis 10 V, bevorzugt von 5 V, aufweisen. Das Erregersignal kann eine Frequenz im Bereich von 1 MHz bis 10 MHz, bevorzugt 3,5 MHz aufweisen. Die anwendungsspezifische integrierte Schaltung kann mindestens eine Oszillatorschaltung aufweisen. Die Oszillatorschaltung kann beispielsweise einen LC Oszillator treiben, bei welchem die Erregerspule und ein Kondensator als frequenzbestimmende Elemente wirken. Durch die Beaufschlagung der Erregerspule mit dem Erregersignal kann ein elektromagnetisches Wechselfeld entstehen, welches in die Empfängerspulen koppelt und dort beispielsweise entsprechende Wechselspannungen und/oder Wechselströme induziert. Der induktive Positionssensor kann eingerichtet sein, um eine induktive Kopplung und/oder eine Änderung einer induktiven Kopplung zwischen der Erregerspule und der mindestens einen Empfängerspule zu erfassen. Die Erregerspule kann eingerichtet sein, um in Antwort auf die Beaufschlagung mit dem Erregersignal ein elektromagnetisches Wechselfeld zu erzeugen. Die Erregerspule und die Empfängerspulen können derart gekoppelt sein, dass das elektromagnetische Wechselfeld in den Empfängerspulen eine Wechselspannung induziert. Die Empfängerspulen können derart angeordnet sein, dass die Empfängerspulen bei einer Rotation des rotierenden Elements mit konstanter Winkelgeschwindigkeit um die Rotationsachse drehwinkelabhängige Signale generieren.

[0014] Die anwendungsspezifische integrierte Schaltung ist eingerichtet, um von den Empfängerspulen erzeugte Signale zu verarbeiten und als Ausgangssignale, beispielsweise einer Auswerteeinheit, bereitzustellen. Unter „Verarbeiten“ kann grundsätzlich eine beliebige Operation einer Signalverarbeitung verstanden werden um ein Ausgangssignal zu

erzeugen, beispielsweise ein Auswerten, ein Filtern, ein Demodulieren. Die Signalverarbeitung kann digital und/oder analog erfolgen. Bevorzugt kann die Signalverarbeitung rein analog erfolgen. Die anwendungsspezifische integrierte Schaltung kann insbesondere eingerichtet sein, um durch Demodulation eines in den Empfängerspulen induzierten Signals mit einem Trägersignal, also einem Signal der Erregerspule auch Sendespule genannt, auf einen Betrag und eine Phase der Kopplung zu schließen. Der Betrag kann insbesondere kontinuierlich mit dem Drehwinkel variieren. Eine Phasenlage kann beispielsweise 0° oder 180° betragen. Die anwendungsspezifische integrierte Schaltung kann mindestens eine Demodulationsvorrichtung aufweisen, welche eingerichtet ist, um die Signale der Empfängerspulen zu demodulieren. Das Demodulieren kann ein Multiplizieren mit dem Erregersignal umfassen. Beispielsweise kann durch eine Multiplikation des Betrags mit einer Kosinusfunktion ein vorzugsweise offsetfreies Sin/Cos-System entstehen, insbesondere bei Verwendung von zwei Empfängerspulen mit 90° Phasenversatz bezogen auf den Messbereich. Bei Verwendung von drei Empfängerspulen mit typischerweise 120° Phasenversatz bezogen auf den Messbereich kann insbesondere ein dreiphasiges Sinus-signal entstehen, welches beispielsweise durch Anwendung der Clarke-Transformation in ein Sin/Cos-System überführt werden kann. Mit Hilfe der ArcTan-Funktion kann dann auf den Drehwinkel geschlossen werden. Die anwendungsspezifische integrierte Schaltung kann mindestens einen Tiefpassfilter aufweisen. Der Tiefpassfilter kann eine Grenzfrequenz im Bereich von 50 kHz bis zu 500 kHz, bevorzugt 100 kHz, aufweisen. Beispielsweise kann die anwendungsspezifische integrierte Schaltung zunächst die Signale der Empfängerspulen demodulieren und anschließend mittels des Tiefpasses filtern. Die anwendungsspezifische integrierte Schaltung kann weiter mindestens einen Verstärker aufweisen. Der Verstärker kann die gefilterten Signale verstärken. Anschließend können die Ausgangssignale an eine Auswerteeinheit, insbesondere eine von dem Schaltungsträger getrennt ausgestaltete Auswerteeinheit, übertragen werden.

[0015] Der Schaltungsträger weist mindestens ein weiteres elektronisches Bauelement auf. Insbesondere ist das weitere elektronische Bauelement auf dem Schaltungsträger angeordnet. Unter einem „weiteren elektronischen Bauteil“ kann ein beliebig ausgestaltetes elektronisches Bauteil verstanden werden, welches eingerichtet ist, um das Erregersignal und/oder mindestens ein Signal der Empfängerspulen abzutasten. Unter „abzutasten“ kann insbesondere ein Erfassen eines Signals verstanden werden. Das weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein eine funktionale Sicherheit des ASIC zu erhöhen. Das weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein, mindestens eine von dem

ASIC erfasste und/oder bereitgestellte Größe zu plausibilisieren. Unter „plausibilisieren“ kann ein Verifizieren einer erfassten Größe und/oder Vergleichen einer erfassten Größe mit einer Soll-Größe und/oder ein Bestimmen einer Abweichung zwischen einer erfassten Größe mit einer Soll-Größe verstanden werden. Das weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein eine Frequenz und/oder eine Amplitude des Erregersignals zu überprüfen, beispielsweise ob Erregung mit einer gewünschten Frequenz und Amplitude realisiert ist. Das weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein eine Amplitude eines ersten Empfängerspulensignals zu überprüfen, beispielsweise ob eine Demodulation eines ersten Kanals fehlerfrei funktioniert. Das weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein eine Amplitude eines zweiten Empfängerspulensignals zu überprüfen, beispielsweise ob eine Demodulation eines zweiten Kanals fehlerfrei funktioniert. Das weitere elektronische Bauelement ist eingerichtet, um das mindestens eine abgetastete Signal und die Ausgangssignale der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung zu vergleichen. Das weitere elektronische Bauelement kann separat von dem ASIC ausgestaltet sein. Das weitere elektronische Bauelement kann mindestens ein Element umfasst ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus: einen Micro Controller; einem digitalen Signalprozessor; einem Field Programmable Gate Array (FPGA).

[0016] Das weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein, um mit einem Taktschema das Erregersignal und/oder das mindestens eine Signal der Empfängerspulen abzutasten. Das weitere elektronische Bauelement kann mindestens einen Analog-Digital-Wandler und/oder einen Taktgeber aufweisen. Eine Abtastfrequenz zum Abtasten des Erregersignals und/oder des mindestens einen Signals der Empfängerspulen kann doppelt so hoch sein wie eine Signalfrequenz des Erregersignals. Um die Rohsignale zu digitalisieren und vollständig rekonstruieren zu können, müsste gemäß dem Nyquist-Kriterium mindestens die doppelte Abtastfrequenz im Vergleich zur Signalfrequenz verwendet werden. Beispielsweise müsste bei einer Signalfrequenz von 3,5 MHz mit mindestens 7 MHz abgetastet werden. Standardmäßig verfügbare Mikrocontroller unterstützen derart hohe Abtastfrequenzen jedoch nicht. Erfindungsgemäß kann in dem Taktschema ein Zeitpunkt zum Abtasten jeweils einem lokalen Maximum des Erregersignals entsprechen. Das weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein, um Nulldurchgänge des Erregersignals zu bestimmen und aus diesen eine Frequenz des Erregersignals zu bestimmen. Das weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein, um jeweils eine viertel Periode nach Durchlaufen des Nulldurchgangs, bspw. von minus zu plus, das Erregersignal und/oder das mindestens eine Signal der Empfängerspulen abzutasten. Das weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein, um

jeweils eine viertel Periode nach Durchlaufen eines n -ten Nulldurchgangs, mit $n > 1$, das Erregersignal und/oder das mindestens eine Signal der Empfängerspulen abzutasten. Das weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein, um Zwischenwerte zu interpolieren.

[0017] Das weitere elektronische Bauelement ist eingerichtet, um das mindestens eine abgetastete Signal und die Ausgangssignale der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung zu vergleichen. Unter „Vergleichen“ kann beispielsweise eine mathematische Operation verstanden werden, insbesondere eine Bestimmung einer Abweichung zwischen den Signalen. Das weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein, um das abgetastete Erregersignal und/oder das abgetastete mindestens eine Signal der Empfängerspulen weiterzuarbeiten bevor das Ausgangssignal zu der Auswerteeinheit geleitet wird. Das weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein, um abhängig von einem Ergebnis des Vergleichs ein weiteres Ausgangssignal zu erzeugen, welches mindestens eine Information über eine Abweichung aufweist. Der induktive Positionssensor kann mindestens ein erstes weiteres elektronisches Bauelement und mindestens ein zweites weiteres elektronisches Bauelement aufweisen. Das erste weitere elektronische Bauelement und das zweite weitere elektronische Bauelement können getrennt voneinander ausgestaltet sein. Das erste weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein, um das Erregersignal und/oder das mindestens eine Signal der Empfängerspulen abzutasten. Das erste weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein mindestens ein Ausgangssignal an das zweite weitere elektronische Bauelement bereitzustellen. Das zweite weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein, um das Erregersignal und/oder das mindestens eine Signal der Empfängerspulen und die Ausgangssignale der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung zu vergleichen. Das weitere elektronische Bauelement kann die Signale des ASICs mit den gemessenen Amplituden vergleichen. Das zweite weitere elektronische Bauelement kann eingerichtet sein, um abhängig von dem Ergebnis des Vergleichs ein weiteres Ausgangssignal zu erzeugen, welches mindestens eine Information über eine Abweichung umfasst und/oder um abhängig von dem Ergebnis des Vergleichs Ausgänge der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung zu überschreiben und/oder um abhängig von dem Ergebnis des Vergleichs eine Warnung zu erzeugen und an die Auswerteeinheit zu senden. Beispielsweise kann das zweite weitere elektronische Bauelement ein zusätzliches Ausgangssignal erzeugen und bereitstellen, welches beispielsweise eine Binärinformation darstellt, in welche kodiert wird, ob die Ausgangssignale des ASICs um einen vorher spezifizierten Wert von den durch das erste weitere elektronische Bauelement bestimmten Signalen ab-

weicht oder nicht. Alternativ oder zusätzlich kann das zweite weitere elektronische Bauelement im Fehlerfall auch die Ausgänge des ASICs überschreiben und die Werte zum Beispiel in einen ungültigen Zustand bringen, beispielsweise beide Pegel gleichzeitig auf high oder gleichzeitig low setzen, sodass die Auswerteeinheit über einen Sensorfehler informiert wird.

[0018] Der induktive Positionssensor kann mindestens ein Kontaktelement aufweisen. Der induktive Positionssensor kann mit der Auswerteeinheit mittels des Kontaktelements verbindbar sein. Das Kontaktelement kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehen aus: mindestens einer Bohrung für Rammkontakte, mindestens ein aufgelöteter Stecker, mindestens ein Kontaktpad. Der induktive Positionssensor kann eine Verpackung aufweisen, insbesondere um den induktiven Positionssensor mit einem Spannschutz zu versehen. Die Verpackung kann mindestens ein Verbindungselement aufweisen. Der induktive Positionssensor kann mittels des Verbindungselements an einer weiteren Vorrichtung befestigbar sein. Diese kann durch eines oder mehrere der Verfahren Direct-injection-molding, Transfermolden mit Duroplast, Thermoplastspritzen oder durch Vergießen realisiert werden. Die Verpackung kann alle Komponenten des induktiven Positionssensors ganz oder teilweise umgeben. Sie kann bevorzugt Bohrungen bzw. Aussparungen aufweisen, durch welche der induktive Positionssensor mit einer Schraubverbindung beispielsweise an einem B-Lagerschild der weiteren Vorrichtung befestigt werden kann. Alternativ oder zusätzlich kann der induktive Positionssensor auch mit Clips, einer Klebverbindung oder weiteren Verfahren, beispielsweise am B-Lagerschild, angebracht werden.

[0019] In einem weiteren Aspekt wird ein Sensorsystem zur Bestimmung mindestens einer Rotationseigenschaft eines um mindestens eine Rotationsachse rotierenden Elements vorgeschlagen. Das Sensorsystem weist mindestens einen erfindungsgemäßen induktiven Positionssensor nach einer der oben oder weiter unten Beschriebenen Ausführungsform auf. Dementsprechend kann für Definitionen und optionale Ausgestaltungen weitgehend auf die Beschreibung des induktiven Positionssensors verwiesen werden. Das Sensorsystem weist mindestens ein mit dem rotierenden Element verbindbares Geberrad auf. Das Sensorsystem weist mindestens eine Auswerteeinheit auf.

[0020] Unter einem „System“ kann eine beliebige Vorrichtung verstanden werden, welches mindestens zwei Komponenten aufweist. Unter einem „Geberrad“ kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich ein beliebiges mit dem rotierenden Element verbindbares Bauelement verstanden werden, das eingerichtet ist, bei Verbindung mit dem rotierenden Element pro Umdrehung des rotierenden Elements

mindestens ein messbares Signal, insbesondere eine Magnetfeldänderung, zu bewirken. Das Geberrad kann beispielsweise permanent oder reversibel mit dem rotierenden Element verbunden oder verbindbar sein oder kann auch einstückig mit dem rotierenden Element ausgebildet oder in das rotierende Element integriert sein. Das Geberrad kann ein Geberradprofil aufweisen. Unter einem „Geberradprofil“ kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich eine Gesamtheit von Profilelementen und von Zwischenräumen, die zwischen den Profilelementen angeordnet sind, verstanden werden. Unter einem „Profilelement“ des Geberrads kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich eine beliebige Ausformung der Kontur des Geberrads verstanden werden, insbesondere eine Ausbuchtung, beispielsweise eine stiftförmige, eine zahnförmige oder eine zackenförmige Ausbuchtung, oder eine Einkerbung oder eine Aussparung, beispielsweise ein Loch.

[0021] Das Geberrad kann beispielsweise ausgestaltet sein, um je nach seiner Stellung Bereiche einer Empfängerspulenstruktur „abzuschatten“. Dadurch kann eine Kopplung zwischen einer Sendespulenstruktur und den Empfängerspulen drehwinkelabhängig beeinflusst werden. Ein typischer Wertebereich eines Kopplungsfaktors kann beispielsweise $-0,3$ bis $+0,3$ betragen. Unter einem Koppelfaktor kann dabei insbesondere ein Amplitudenverhältnis zwischen einem Empfangssignal und einem Sender- oder Erregersignal verstanden werden. Der Koppelfaktor kann insbesondere sinusförmig mit dem Drehwinkel verlaufen.

[0022] Die Spulenanordnung kann das Geberrad oder mindestens ein Kreissegment des Geberrads im Wesentlichen kreissegmentförmig oder kreisförmig umgeben. Insbesondere kann die Spulenanordnung, insbesondere die auf dem Schaltungsträger angeordnete Spulenanordnung, in mindestens einer Winkelposition des Geberrads mindestens ein Profilelement und mindestens einen Zwischenraum zwischen zwei Profilelementen des Geberrads abdecken.

[0023] Das Sensorsystem, insbesondere der induktive Positionssensor, kann eingerichtet sein, eine induktive Kopplung und/oder eine Änderung einer induktiven Kopplung zwischen der Erregerspule und der mindestens einen Empfängerspule zu erfassen. Insbesondere kann das Sensorsystem eingerichtet sein, die durch eine Bewegung und/oder eine Position des Geberrades bewirkte induktive Kopplung und/oder die durch eine Bewegung und/oder eine Position des Geberrades bewirkte Änderung der induktiven Kopplung zwischen der Erregerspule und den Empfängerspulen zu erfassen. Hierfür weist das Sensorsystem die Auswerteeinheit auf. Insbesondere kann die Auswerteeinheit mindestens eine Auswerteschaltung aufweisen. Insbesondere kann die Auswertee-

schaltung eingerichtet sein, die Signale des Positionssensors auszuwerten. Bei der Auswerteschaltung kann es sich beispielsweise um einen Prozessor handeln. Die Auswerteeinheit kann insbesondere getrennt von dem Schaltungsträger ausgestaltet sein und kann mit dem Schaltungsträger über mindestens eine Verbindung, beispielsweise ein Kabel, verbindbar sein. Unter „einer Auswerteeinheit“ kann dabei allgemein eine elektronische Vorrichtung verstanden sein, welche eingerichtet ist, um von dem induktiven Positionssensor, insbesondere dem ASIC und/oder dem ersten und/oder zweiten weiteren elektronischen Bauelement erzeugte Signale auszuwerten. Beispielsweise können zu diesem Zweck eine oder mehrere elektronische Verbindungen zwischen dem induktiven Positionssensor und der Auswerteeinheit vorgesehen sein. Die Auswerteeinheit kann beispielsweise mindestens eine Datenverarbeitungsvorrichtung umfassen, beispielsweise mindestens einen Computer oder Mikrocontroller. Die Datenverarbeitungsvorrichtung kann einen oder mehrere flüchtige und/oder nicht flüchtige Datenspeicher aufweisen, wobei die Datenverarbeitungsvorrichtung beispielsweise programmtechnisch eingerichtet sein kann, um den induktiven Positionssensor anzusteuern. Die Auswerteeinheit kann weiterhin mindestens eine Schnittstelle umfassen, beispielsweise eine elektronische Schnittstelle und/oder eine Mensch-Maschine-Schnittstelle wie beispielsweise eine Eingabe-/Ausgabe-Vorrichtung wie ein Display und/oder eine Tastatur. Die Auswerteeinheit kann beispielsweise zentral oder auch dezentral aufgebaut sein. Auch andere Ausgestaltungen sind denkbar.

[0024] Das Geberrad kann rotationssymmetrisch ausgestaltet sein. Das Geberrad kann eine identische Anzahl an elektrisch leitfähigen Flügeln und elektrisch nicht oder weniger leitfähigen Flügeln und/oder Aussparungen aufweisen. Die elektrisch leitfähigen Flügel können einen ersten Öffnungswinkel α und die elektrisch nicht oder weniger leitfähigen Flügeln und/oder die Aussparungen einen zweiten Öffnungswinkel β aufweisen. Eine Summe des ersten und des zweiten Öffnungswinkel kann einem vollen Winkelbereich des induktiven Positionssensor entsprechen. Der erste und der zweite Öffnungswinkel können identisch oder verschieden sein. Das Geberrad kann an dem rotierenden Element mittels einer Schraub- und/oder Klebeverbindung befestigt sein.

[0025] Die Auswerteeinheit ist eingerichtet, um aus Signalen der Empfängerspulen auf eine Winkelposition Φ des Geberrads zu schließen. Das Sensorsystem kann insbesondere eingerichtet sein, um aus der durch die Bewegung und/oder durch eine Position des Geberrads bewirkten Änderung der induktiven Kopplung zwischen der Erregerspule und den Empfängerspulen eine absolute oder relative Winkelposition des rotierenden Elements zu bestimmen. Unter einer „relativen Winkelposition“ kann da-

bei grundsätzlich eine Position bezüglich einer durch die Empfängerspulen definierten Periode verstanden werden. Insbesondere kann die Auswerteschaltung derart eingerichtet sein, um mindestens einen Quotienten mindestens zweier Signale mindestens zweier Empfängerspulen zu generieren. Beispielsweise kann für die Berechnung der Winkelposition Φ aus zwei von zwei Empfängerspulen generierten Signalen die Gesetzmäßigkeit $\tan\Phi = \sin\Phi / \cos\Phi$ verwendet werden. Beispielsweise kann für die Berechnung der Winkelposition Φ aus drei von drei Empfängerspulen generierten Signalen die Clarke-Transformation verwendet werden.

[0026] Das Sensorsystem kann ein einzelnes Geberrad oder auch eine Vielzahl Geberräder umfassen. Insbesondere kann das Sensorsystem zwei Geberräder umfassen. Insbesondere können die mindestens zwei Geberräder bezüglich der Rotationsachse zueinander versetzt angeordnet sein, also beispielsweise mit einem axialen Versatz. Die mindestens zwei Geberräder können gleiche oder insbesondere auch unterschiedliche Geberradprofile aufweisen.

[0027] In einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Bestimmung mindestens einer Rotationseigenschaft eines um mindestens eine Rotationsachse rotierenden Elements vorgeschlagen. Das Verfahren umfasst die Verwendung mindestens eines Sensorsystems. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte, bevorzugt in der angegebenen Reihenfolge. Das Verfahren kann, zusätzlich zu den genannten Verfahrensschritten, auch weitere Verfahrensschritte umfassen. Die Verfahrensschritte sind:

- eine Aufnahme mindestens zweier induktiver Signale mittels mindestens zweier Empfängerspulen; und
- eine Auswertung der induktiven Signale und Ermittlung der Rotationseigenschaft mittels der induktiven Signale.

[0028] Das Verfahren erfolgt unter Verwendung eines Sensorsystems gemäß der vorliegenden Erfindung, also gemäß einer der oben genannten Ausführungsformen oder gemäß einer der unten noch näher beschriebenen Ausführungsformen. Dementsprechend kann für Definitionen und optionale Ausgestaltungen weitgehend auf die Beschreibung des Sensorsystems verwiesen werden. Auch andere Ausgestaltungen sind jedoch grundsätzlich möglich.

[0029] Ferner wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Computerprogramm vorgeschlagen, das bei Ablauf auf einem Computer oder Computer-Netzwerk das erfindungsgemäße Verfahren in einer seiner Ausgestaltungen ausführt. Weiterhin wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Computerpro-

gramm mit Programmcode-Mitteln vorgeschlagen, um das erfindungsgemäße Verfahren in einer seiner Ausgestaltungen durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer oder Computer-Netzwerk ausgeführt wird. Insbesondere können die Programmcode-Mittel auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sein. Außerdem wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Datenträger vorgeschlagen, auf dem eine Datenstruktur gespeichert ist, die nach einem Laden in einen Arbeits- und/oder Hauptspeicher eines Computers oder Computer-Netzwerkes das erfindungsgemäße Verfahren in einer seiner Ausgestaltungen ausführen kann. Auch wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Computerprogramm-Produkt mit auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode-Mitteln vorgeschlagen, um das erfindungsgemäße Verfahren in einer seiner Ausgestaltungen durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer oder Computer-Netzwerk ausgeführt wird. Dabei wird unter einem Computer-Programmprodukt das Programm als handelbares Produkt verstanden. Es kann grundsätzlich in beliebiger Form vorliegen, so zum Beispiel auf Papier oder einem computerlesbaren Datenträger und kann insbesondere über ein Datenübertragungsnetz verteilt werden. Schließlich wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein moduliertes Datensignal vorgeschlagen, welches von einem Computersystem oder Computernetzwerk ausführbare Instruktionen zum Ausführen eines Verfahrens nach einer der beschriebenen Ausführungsformen enthält.

Vorteile der Erfindung

[0030] Die vorgeschlagene Vorrichtung und das vorgeschlagene Verfahren weisen gegenüber bekannten Vorrichtungen und Verfahren zahlreiche Vorteile auf. Insbesondere ist es möglich, einen funktional sicheren, insbesondere unter dem Gesichtspunkt von „Automotive safety integrity Level“, induktiven Positionssensors, welcher zur Regelung einer elektrischen Maschine verwendet werden kann, bereitzustellen. Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen erlauben eine Erhöhung der funktionalen Sicherheit durch Verlagerung der Winkelberechnung in eine externe Auswerteeinheit, welche z.B. bereits diversitäre Konzepte zur Digitalisierung des Signals und umfassende Diagnosefunktionen aufweisen kann. Weiter kann eine Erhöhung der funktionalen Sicherheit möglich sein, da Signale mit diversitärem Konzept plausibilisiert werden können. Eine Signalplausibilisierung kann mit einem Standard-Mikrocontroller umsetzbar sein und so nur geringe Zusatzkosten verursachen. Weiter basieren die vorgeschlagenen Vorrichtungen und Verfahren auf robusten Sensorkonzepten. Weiter kann ein einfaches und kostengünstiges Geberrad verwendet werden.

[0031] Die vorgeschlagenen Vorrichtungen und Verfahren können für jegliche induktive Positionssensoren auf Basis gekoppelter Spulen eingesetzt werden. Das Messprinzip zeigt weiter keinen Einfluss von Fremdmagnetfeldern, beispielsweise in Folge von hohen Strömen innerhalb von Kabeln, die in Sensornähe angeordnet sind. Das Messprinzip benötigt keinen teuren Magneten. Ein geringerer Bauraum im Gegensatz zu bekannten Sensoren ist möglich. Das Messprinzip ist aufgrund einer hohen Trägerfrequenz praktisch nicht drehzahlbegrenzt.

Figurenliste

[0032] Weitere optionale Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind.

[0033] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Sensorsystems;

Fig. 2 eine schematische Darstellungen eines Ausführungsbeispiels eines induktiven Positionssensors;

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel eines Geberrads;

Fig. 4 einen erfindungsgemäßen Aufbau eines ASICs;

Fig. 5 Signalformen des erfindungsgemäßen Sensorsystems;

Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel einer Signalplausibilisierung;

Fig. 7 Integration eines weiteren elektronischen Bauelements in den induktiven Positionssensor; und

Fig. 8 Ausführungsbeispiel des induktiven Positionssensors

Ausführungsformen der Erfindung

[0034] In **Fig. 1** ist ein Ausführungsbeispiel eines Sensorsystems **110** zur Bestimmung mindestens einer Rotationseigenschaft eines um mindestens eine Rotationsachse **112** rotierenden Elements **114** gezeigt. Das Sensorsystem **110** kann insbesondere zum Einsatz im Kraftfahrzeug eingerichtet sein. Insbesondere kann das Sensorsystem **110** zur Erfassung mindestens einer Rotationseigenschaft einer Nockenwelle eingerichtet sein. Beispielsweise kann das Sensorsystem **110** eingerichtet sein, eine Winkelposition der Nockenwelle zu erfassen. Dementsprechend kann es sich bei dem rotierenden Element **114** beispielsweise um einen Welle handeln. Im dargestellten Fall einer permanent erregten Synchron-

maschine kann die Welle einen Permanentmagneten **116** tragen. Zylinderförmig um diesen Permanentmagneten **116** kann ein Statorspulenpaket **118** angeordnet sein. Ein Abtrieb kann in negativer z-Richtung angeordnet sein und ist nicht weiter dargestellt. Auf der dem Abtrieb entgegengesetzten Seite kann ein **B-Lager 120** angeordnet sein, welches die Achse **114** aufnimmt. Das Sensorsystem **110** weist mindestens einen induktiven Positionssensor auf **124**. Das **B-Lager 120** kann mit einem **B-Lagerschild 122** verbunden, welches den induktiven Positionssensor **124** hält. Das Sensorsystem **110** weist mindestens ein mit dem rotierenden Element **114** verbindbares Geberrad **126** auf. Zwischen **B-Lager 120** und induktiven Positionssensor **124** kann das Geberrad **126** angeordnet sein, welches mit der Welle verbunden ist und sich mit dieser mit dreht. Das Sensorsystem weist mindestens eine Auswerteeinheit **130** auf. Beispielsweise über ein Kabel **128** kann der induktive Positionssensor **124** mit der Auswerteeinheit **130** verbunden sein. Die Auswerteeinheit **130** kann eine Spannungsversorgung des induktiven Positionssensors **124** bereitstellen. Die Auswerteeinheit **130** kann Ausgangssignale des induktiven Positionssensors **124** empfangen und aus diesen eine Rotorposition berechnen.

[0035] Das Sensorsystem **110** kann, neben den in **Fig. 1** dargestellten Elementen, weiterhin ein oder mehrere zusätzliche Elemente umfassen, beispielsweise ein oder mehrere in den Figuren nicht dargestellte weitere Funktionselemente, wie beispielsweise Elektroden, Elektrodenzuleitungen und Kontakte, mehrere Schichten, Heizelemente oder andere Elemente.

[0036] Eine Detailansicht des induktiven Positionssensors **124** zeigt **Fig. 2**. Der induktive Positionssensor umfasst mindestens einen Schaltungsträger **132**. Der Schaltungsträger **132** kann beispielsweise eine Leiterplatte aufweisen, welche im Wesentlichen kreisringförmig das rotierende Element **114** umläuft und dabei bevorzugt einen Winkelbereich von 360° abdeckt. Der induktive Positionssensor umfasst mindestens eine, hier nicht dargestellte, Spulenanordnung **134**, welche auf dem Schaltungsträger **132** angeordnet ist. Die Spulenanordnung **134** umfasst mindestens eine Erregerspule **136** und mindestens zwei Empfängerspulen **138**, siehe beispielsweise **Fig. 4**. Der induktive Positionssensor umfasst mindestens eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC) **140**, welche eingerichtet ist, um ein Erregersignal für die Erregerspule **136** bereitzustellen. Die anwendungsspezifische integrierte Schaltung **140** ist eingerichtet, um von den Empfängerspulen **138** erzeugte Signale zu verarbeiten und als Ausgangssignale, beispielsweise der Auswerteeinheit **130**, bereitzustellen. Der induktive Positionssensor **124** weist mindestens ein Kontaktelement **142** auf, an welchem das Kabel **128** befestigt werden kann. Das Kontakt-

element **142** kann eine Bohrung für Rammkontakte, ein aufgelöteter Stecker oder Pads sein, mit denen das Kabel **128** mit dem Schaltungsträger **132** durch einen Lötprozess verbunden werden kann.

[0037] Der Schaltungsträger **132** weist mindestens ein weiteres elektronisches Bauelement **144** auf, welches eingerichtet ist, um das Erregersignal und/oder mindestens ein Signal der Empfängerspulen **138** abzutasten. Das weitere elektronische Bauelement **144** ist eingerichtet, um das mindestens eine abgetastete Signal und die Ausgangssignale der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung **140** zu vergleichen. Das Kabel **128** kann zur Spannungsversorgung des ASICs **140** und des weiteren elektronischen Bauelements **144** sowie dem Übertragen der mindestens zwei demodulierten Empfängerspulensignale zu der Auswerteeinheit **130** dienen.

[0038] Der induktive Positionssensor **124** kann eine Verpackung **146** aufweisen. Die Verpackung **146** kann erlauben den induktiven Positionssensor **124** mit einem Spanschutz zu versehen und eine ausreichend hohe mechanische Festigkeit zu gewährleisten. Die Verpackung **146** kann durch eines oder mehrere der Verfahren Direct-injection-molding, Transfermolden mit Duroplast, Thermoplastspritzen oder durch Vergießen realisiert werden. Die Verpackung **146** kann alle Komponenten des induktiven Positionssensors **124** ganz oder teilweise umgeben. Die Verpackung **146** kann mindestens ein Verbindungselement **148**, bevorzugt Bohrungen und/oder Aussparungen, aufweisen durch die der induktive Positionssensor **124**, beispielsweise mit einer Schraubverbindung **150** am B-Lagerschild **122** befestigt werden kann. Alternativ oder zusätzlich kann der induktive Positionssensor **124** auch mit Clips, einer Klebverbindung oder weiteren Verfahren am B-Lagerschild **122** angebracht werden.

[0039] Ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel eines Geberrads **126** ist in **Fig. 3** dargestellt. Das Geberrad **126** kann rotations-symmetrisch ausgestaltet sein. Das Geberrad **126** kann eine identische Anzahl an elektrisch leitfähigen Flügeln **152** mit einem ersten Öffnungswinkel α und elektrisch nicht oder weniger leitfähigen Flügeln und/oder Aussparungen **154** mit einem zweiten Öffnungswinkel β aufweisen. Eine Summe des ersten und des zweiten Öffnungswinkel kann einem vollen Winkelmessbereich δ des induktiven Positionssensors **124** entsprechen. Der erste und der zweite Öffnungswinkel können identisch oder verschieden groß sein. Bevorzugt kann eine Ausgestaltung mit $\alpha = \beta$ sein, wobei α dem halben Winkelmessbereich δ entspricht. In einer weiteren Ausführungsform kann α auch kleiner sein, so lange die Bedingung $\alpha + \beta = \delta$ erfüllt ist. Der Winkelmessbereich kann mit einer Polpaarzahl der Synchronmaschine p gemäß $\delta = 360^\circ/p$ korrelieren und für die Anzahl n der elektrisch leitfähigen Flügel **152** kann gelten: $n = p =$

$360^\circ/\delta$. Die Befestigung des Geberrads **126** an dem rotierenden Element **114** kann über eine Schraub- und/oder Klebverbindung und/oder mit einem Längspressverfahren erfolgen.

[0040] **Fig. 4** zeigt einen erfindungsgemäßen Aufbau eines ASIC **140**. Beispielsweise kann das ASIC **140** genau an eine Erregerspule **136** und mindestens zwei Empfängerspulen **138** angeschlossen sein. Mit einem nicht näher dargestellten Block **156** kann ein im Wesentlichen sinusförmiges Erregersignal **158** bereitgestellt werden, welches die Erregerspule **136** speist. Beispielsweise kann es sich bei dem Block **156** um eine Oszillatorschaltung handeln, welche einen LC Oszillator treibt, bei welchen die Erregerspule **136** sowie mindestens ein nicht dargestellter Kondensator als frequenzbestimmende Elemente wirken. Die Amplitude des Erregersignals **158** kann im Bereich von 0,1 V und 10 V, bevorzugt 5 V betragen, bei Frequenzen im Bereich von 1 MHz und 10 MHz, bevorzugt 3,5 MHz.

[0041] Die anwendungsspezifische integrierte Schaltung **140** kann mindestens eine Demodulationsvorrichtung **160** aufweisen, welche eingerichtet ist, um die Signale **159**, **1611** der Empfängerspulen **138** zu demodulieren, insbesondere synchron. Das Demodulieren kann ein Multiplizieren mit dem Erregersignal **158** umfassen. Die anwendungsspezifische integrierte Schaltung **140** kann mindestens einen Tiefpassfilter **162** aufweisen. Der Tiefpassfilter **162** kann eine Grenzfrequenz im Bereich von 50 kHz bis zu 500 kHz, bevorzugt 100 kHz, aufweisen. Beispielsweise kann die anwendungsspezifische integrierte Schaltung **140** zunächst die Signale **159**, **161** der Empfängerspulen **138** demodulieren und anschließend mittels des Tiefpasses **162** filtern. Die anwendungsspezifische integrierte Schaltung **140** kann weiter mindestens einen Verstärker **164** aufweisen. Der Verstärker **164** kann die gefilterten Signale verstärken. Nach der optionalen Verstärkung in den Verstärkern **164** können die Ausgangssignale **166**, **168** direkt über das Kabel **128** zu der Auswerteeinheit **130** übertragen werden.

[0042] Beispielhafte Signalverläufe als Funktion des Drehwinkels für eine kontinuierliche Drehbewegung sind in **Fig. 5** dargestellt. Bei erfindungsgemäßer Ausgestaltung der Empfängerspulen **138** sowie des Geberrads **126** ergeben sich als Funktion des Drehwinkels ein demoduliertes sinusförmiges Signal **168** sowie ein demoduliertes cosinusförmiges Signal **166**.

[0043] Das weitere elektronische Bauelement **144** kann eingerichtet sein, mindestens eine von dem ASIC **140** erfasste und/oder bereitgestellte Größe zu plausibilisieren. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann eingerichtet sein eine Frequenz und/oder eine Amplitude des Erregersignals **158** zu überprüfen, beispielsweise ob Erregung mit einer ge-

wünschten Frequenz und Amplitude realisiert ist. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann eingerichtet sein eine Amplitude eines ersten Empfängerspulsensignals **159** zu überprüfen, beispielsweise ob eine Demodulation eines ersten Kanals fehlerfrei funktioniert. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann eingerichtet sein eine Amplitude eines zweiten Empfängerspulsensignals **161** zu überprüfen, beispielsweise ob eine Demodulation eines zweiten Kanals fehlerfrei funktioniert. Das weitere elektronische Bauelement **144** ist eingerichtet, um das mindestens eine abgetastete Signal und die Ausgangssignale der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung **130** zu vergleichen. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann separat von dem ASIC **130** ausgestaltet sein. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann mindestens ein Element umfassen ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus: einen Micro Controller; einem digitalen Signalprozessor; einem Field Programmable Gate Array (FPGA).

[0044] Das weitere elektronische Bauelement **144** kann eingerichtet sein, um mit einem Taktschema das Erregersignal **158** und/oder das mindestens eine Signal **159, 161** der Empfängerspulen **138** abzutasten. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann mindestens einen Analog-Digital-Wandler und/oder einen Taktgeber aufweisen. Eine Abtastfrequenz zum Abtasten des Erregersignals **158** und/oder des mindestens einen Signals **159, 161** der Empfängerspulen **138** kann doppelt so hoch sein wie eine Signalfrequenz des Erregersignals **158**. Um die Rohsignale zu digitalisieren und vollständig rekonstruieren zu können, müsste gemäß dem Nyquist-Kriterium mindestens die doppelte Abtastfrequenz im Vergleich zur Signalfrequenz verwendet werden. Beispielsweise müsste bei einer Signalfrequenz von 3,5 MHz mit mindestens 7 MHz abgetastet werden. Standardmäßig verfügbare Mikrocontroller unterstützen derart hohe Abtastfrequenzen jedoch nicht. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann für eine Unterabtastung eingerichtet sein. Eine derartige Abtastung ist in **Fig. 6** dargestellt. In dem Taktschema kann ein Zeitpunkt **170** zum Abtasten jeweils einem lokalen Maximum des Erregersignals **158** entsprechen. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann eingerichtet sein, um Nulldurchgänge des Erregersignals **158** zu bestimmen und aus diesen eine Frequenz des Erregersignals **158** zu bestimmen. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann eingerichtet sein, um jeweils eine viertel Periode nach Durchlaufen des Nulldurchgangs, bspw. von minus zu plus, das Erregersignal **158** und/oder das mindestens eine Signal **159, 161** der Empfängerspulen **138** abzutasten. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann eingerichtet sein, um jeweils eine viertel Periode nach Durchlaufen eines n-ten Nulldurchgangs, mit $n > 1$, das Erregersignal **158** und/oder das mindestens eine Signal **159, 161** der Empfängerspulen **138** abzutasten. Das weitere elektronische Bauele-

ment **144** kann eingerichtet sein, um Zwischenwerte zu interpolieren. **Fig. 7** zeigt die Integration des weiteren elektronischen Bauelements **144** in den induktiven Positionssensor **124**. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann elektronisch mit der Erregerspule **136** und/oder mindestens einer der zwei Empfängerspulen **138** verbunden sein.

[0045] Das weitere elektronische Bauelement **144** ist eingerichtet, um das mindestens eine abgetastete Signal und die Ausgangssignale der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung **130** zu vergleichen. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann eingerichtet sein, um das abgetastete Erregersignal **158** und/oder das abgetastete mindestens eine Signal **159, 161** der Empfängerspulen **138** weiterzuverarbeiten. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann eingerichtet sein, um mindestens ein Ausgangssignal **172** zu erzeugen und an die Auswerteeinheit **130** zu übertragen. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann eingerichtet sein, um abhängig von einem Ergebnis des Vergleichs das weiteres Ausgangssignal **172** zu erzeugen, welches mindestens eine Information über eine Abweichung aufweist.

[0046] Der induktive Positionssensor **124** kann ein erstes weiteres elektronisches Bauelement **174** und ein zweites weiteres elektronisches Bauelement **176** aufweisen. Das erste weitere elektronische Bauelement **174** und das zweite weitere elektronische Bauelement **176** können getrennt voneinander ausgestaltet sein. Das erste weitere elektronische Bauelement **174** kann eingerichtet sein, um das Erregersignal **158** und/oder das mindestens eine Signal **159, 161** der Empfängerspulen **138** abzutasten. Das erste weitere elektronische Bauelement **174** kann eingerichtet sein das mindestens eine Ausgangssignal **172** an das zweite weitere elektronische Bauelement **176** bereitzustellen. Das zweite weitere elektronische Bauelement **176** kann eingerichtet sein, um das Erregersignal **158** und/oder das mindestens ein Signal **159, 161** der Empfängerspulen **138** und die Ausgangssignale **166, 168** der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung **130** zu vergleichen. Das weitere elektronische Bauelement **144** kann die Signale des ASICs **130** mit den gemessenen Amplituden vergleichen. Das zweite weitere elektronische Bauelement **144** kann eingerichtet sein, um abhängig von dem Ergebnis des Vergleichs ein weiteres Ausgangssignal **178** zu erzeugen, welches mindestens eine Information über eine Abweichung umfasst und/oder um abhängig von dem Ergebnis des Vergleichs Ausgänge des ASICs zu überschreiben und/oder um abhängig von dem Ergebnis des Vergleichs eine Warnung zu erzeugen und an die Auswerteeinheit **130** zu senden. Beispielsweise kann das zweite weitere elektronische Bauelement **176** das zusätzliche Ausgangssignal **178** erzeugen und bereitstellen, welches beispielsweise eine Binärinformation darstellt, in welche kodiert wird, ob die Ausgangssignale des ASICs

130 um einen vorher spezifizierten Wert von den durch das erste weitere elektronische Bauelement **174** bestimmten Signalen abweicht oder nicht. Alternativ oder zusätzlich kann das zweite weitere elektronische Bauelement **176** im Fehlerfall auch die Ausgänge des ASICs **130** überschreiben und die Werte zum Beispiel in einen ungültigen Zustand bringen, beispielsweise beide Pegel gleichzeitig auf high oder gleichzeitig low setzen, sodass die Auswerteeinheit **130** über einen Sensorfehler informiert wird.

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 102013203937 [0003]
- EP 0909955 B1 [0004]
- DE 102017210655 [0011]

Patentansprüche

1. Induktiver Positionssensor (124), insbesondere zur Erfassung mindestens einer Rotationseigenschaft eines um mindestens eine Rotationsachse (112) rotierenden Elements (114), umfassend:

- mindestens einen Schaltungsträger (132);
- mindestens eine Spulenordnung (134), welche auf dem Schaltungsträger (132) angeordnet ist, wobei die Spulenordnung (134) mindestens eine Erregerspule (136) und mindestens zwei Empfängerspulen (138) umfasst;
- mindestens eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC) (140), welche eingerichtet ist, um ein Erregersignal (158) für die Erregerspule (136) bereitzustellen, wobei die anwendungsspezifische integrierte Schaltung (140) eingerichtet ist, um von den Empfängerspulen (138) erzeugte Signale (159, 161) zu verarbeiten und als Ausgangssignale (166, 168) bereitzustellen; **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schaltungsträger (132) mindestens ein weiteres elektronisches Bauelement (144) aufweist, welches eingerichtet ist, um das Erregersignal (158) und/oder mindestens ein Signal (159, 161) der Empfängerspulen (138) abzutasten, wobei das weitere elektronische Bauelement (144) eingerichtet ist, um das mindestens eine abgetastete Signal und die Ausgangssignale (166, 168) der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (140) zu vergleichen.

2. Induktiver Positionssensor (124) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das weitere elektronische Bauelement (144) eingerichtet ist, um mit einem Taktschema das Erregersignal (158) und/oder das mindestens eine Signal (159, 161) der Empfängerspulen (138) abzutasten, wobei in dem Taktschema ein Zeitpunkt zum Abtasten jeweils einem lokalen Maxima des Erregersignals (158) entspricht.

3. Induktiver Positionssensor (124) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das weitere elektronische Bauelement (144) eingerichtet ist, um Nulldurchgänge des Erregersignals (158) zu bestimmen und aus diesen eine Frequenz des Erregersignals (158) zu bestimmen, wobei das weitere elektronische Bauelement (144) eingerichtet ist, um jeweils eine viertel Periode nach Durchlaufen des Nulldurchgangs das Erregersignal (158) und/oder das mindestens eine Signal (159, 161) der Empfängerspulen (138) abzutasten.

4. Induktiver Positionssensor (124) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das weitere elektronische Bauelement (144) eingerichtet ist, um abhängig von einem Ergebnis des Vergleichs ein weiteres Ausgangssignal (172) zu erzeugen, welches mindestens eine Information über eine Abweichung aufweist.

5. Induktiver Positionssensor (124) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der induktive Positionssensor (124) mindestens ein erstes weiteres elektronisches Bauelement (144, 174) und mindestens ein zweites weiteres elektronisches Bauelement (144, 176) aufweist, wobei das erste weitere elektronische Bauelement (144, 174) eingerichtet ist, um das Erregersignal (158) und/oder das mindestens eine Signal (159, 161) der Empfängerspulen (138) abzutasten, wobei das zweite weitere elektronische Bauelement (144, 176) eingerichtet ist, um das Erregersignal (158) und/oder das mindestens eine Signal (159, 161) der Empfängerspulen (138) und die Ausgangssignale (166, 168) der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (140) zu vergleichen.

6. Induktiver Positionssensor (124) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das zweite weitere elektronische Bauelement (144, 176) eingerichtet ist, um abhängig von dem Ergebnis des Vergleichs ein weiteres Ausgangssignal (178) zu erzeugen, welches mindestens eine Information über eine Abweichung umfasst und/oder um abhängig von dem Ergebnis des Vergleichs Ausgänge der anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (140) zu überschreiben und/oder um abhängig von dem Ergebnis des Vergleichs eine Warnung zu erzeugen und/oder an eine Auswerteeinheit (130) zu senden.

7. Induktiver Positionssensor (124) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das weitere elektronische Bauelement (144) mindestens ein Element umfasst ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus: einem Micro Controller; einem digitalen Signalprozessor; einem Field Programmable Gate Array (FPGA).

8. Induktiver Positionssensor (124) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das weitere elektronische Bauelement (144) mindestens einen Analog-Digital-Wandler und/oder einen Taktgeber aufweist.

9. Induktiver Positionssensor (124) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die anwendungsspezifische integrierte Schaltung (140) mindestens eine Demodulationsvorrichtung (160) aufweist, welche eingerichtet ist, um die Signale (159, 161) der Empfängerspulen (138) zu demodulieren, wobei das Demodulieren ein Multiplizieren mit dem Erregersignal (158) umfasst.

10. Induktiver Positionssensor (124) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die anwendungsspezifische integrierte Schaltung (140) mindestens einen Tiefpassfilter (162) aufweist, wobei der Tiefpassfilter (162) eine Grenzfrequenz im Bereich von 50 kHz bis zu 500 kHz aufweist.

11. Induktiver Positionssensor (124) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Erreger-

signal (158) ein im wesentlichen sinusförmiges Erregersignal ist, wobei das Erregersignal (158) eine Amplitude im Bereich von 0,1 V bis 10 V aufweist, wobei das Erregersignal (158) eine Frequenz im Bereich von 1 MHz bis 10 MHz aufweist.

12. Induktiver Positionssensor (124) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der induktive Positionssensor (124) ein induktiver Rotorlagesensor ist.

13. Sensorsystem (110) zur Bestimmung mindestens einer Rotationseigenschaft eines um mindestens eine Rotationsachse (112) rotierenden Elements (114), wobei das Sensorsystem (110) mindestens einen induktiven Positionssensor (124) nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist, wobei das Sensorsystem (110) mindestens ein mit dem rotierenden Element (114) verbindbares Geberrad (126) aufweist, wobei das Sensorsystem (110) mindestens eine Auswerteeinheit (130) aufweist.

14. Verfahren zur Bestimmung mindestens einer Rotationseigenschaft eines um mindestens eine Rotationsachse (112) rotierenden Elements (114), wobei das Verfahren die Verwendung mindestens eines Sensorsystems (110) nach einem der vorhergehenden, ein Sensorsystem betreffenden, Ansprüche umfasst, wobei das Verfahren weiterhin folgende Schritte umfasst:

- Aufnehmen mindestens zweier induktiver Signale mittels der Empfängerspulen (138);
- Auswertung der induktiven Signale und Ermittlung der Rotationseigenschaft mittels der induktiven Signale.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

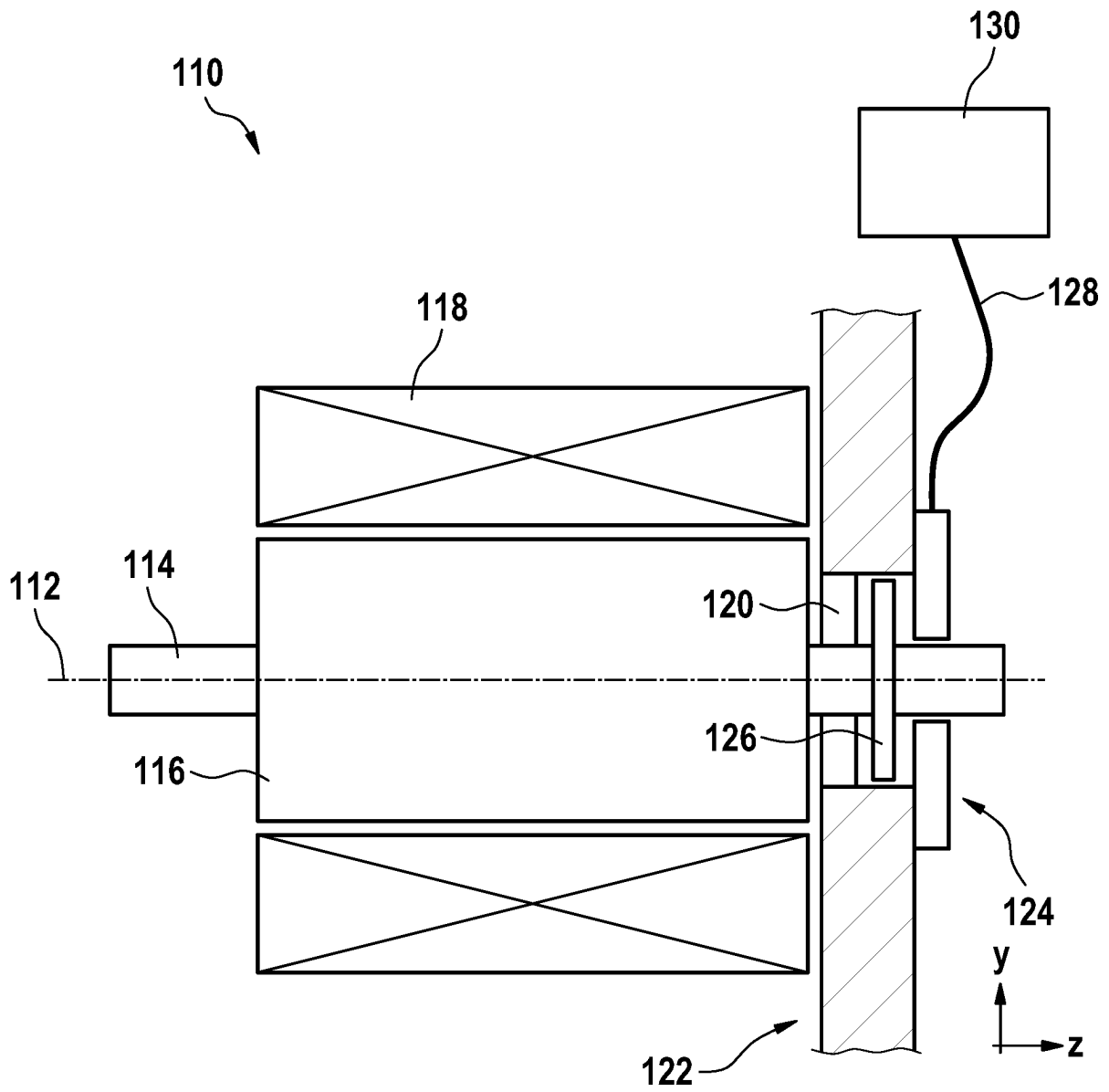


FIG. 1

FIG. 2

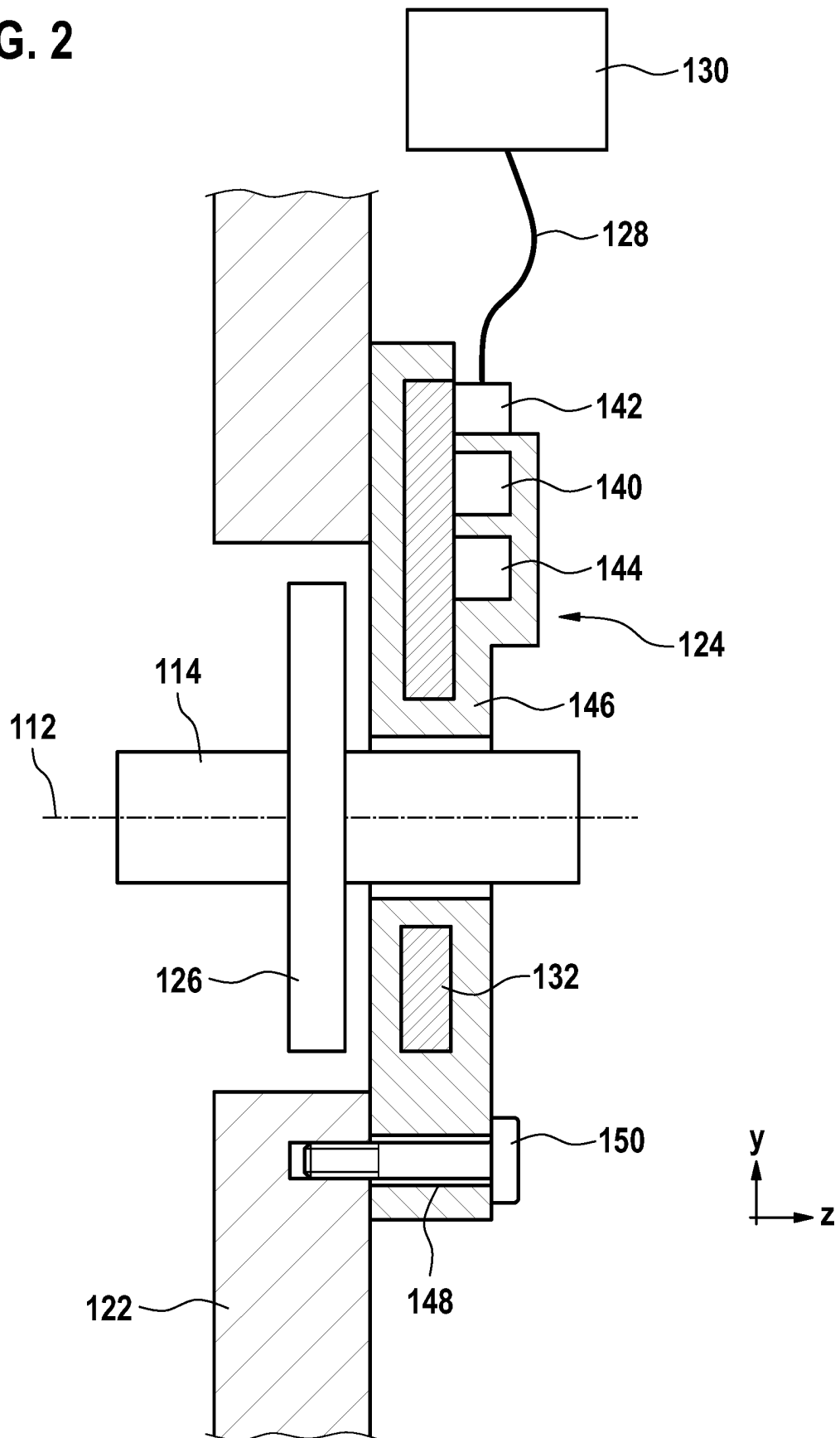
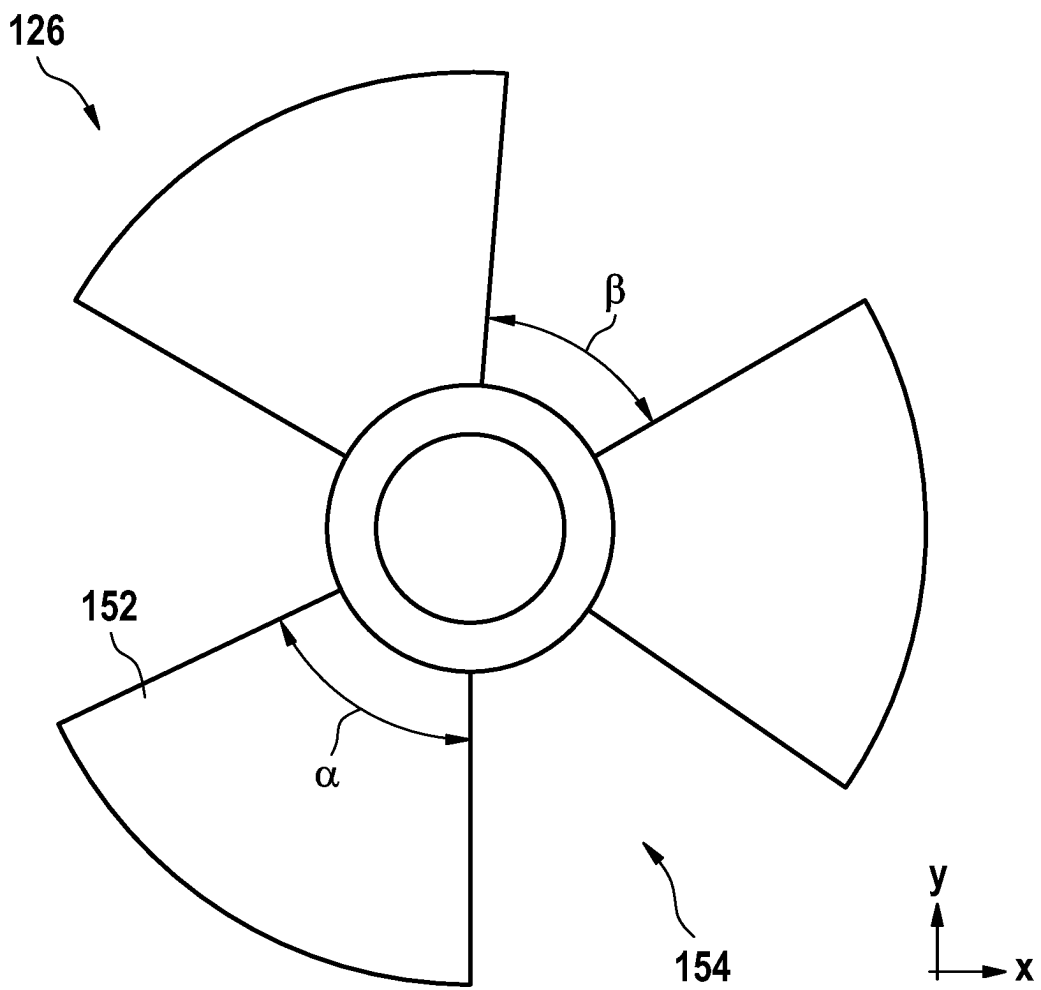


FIG. 3



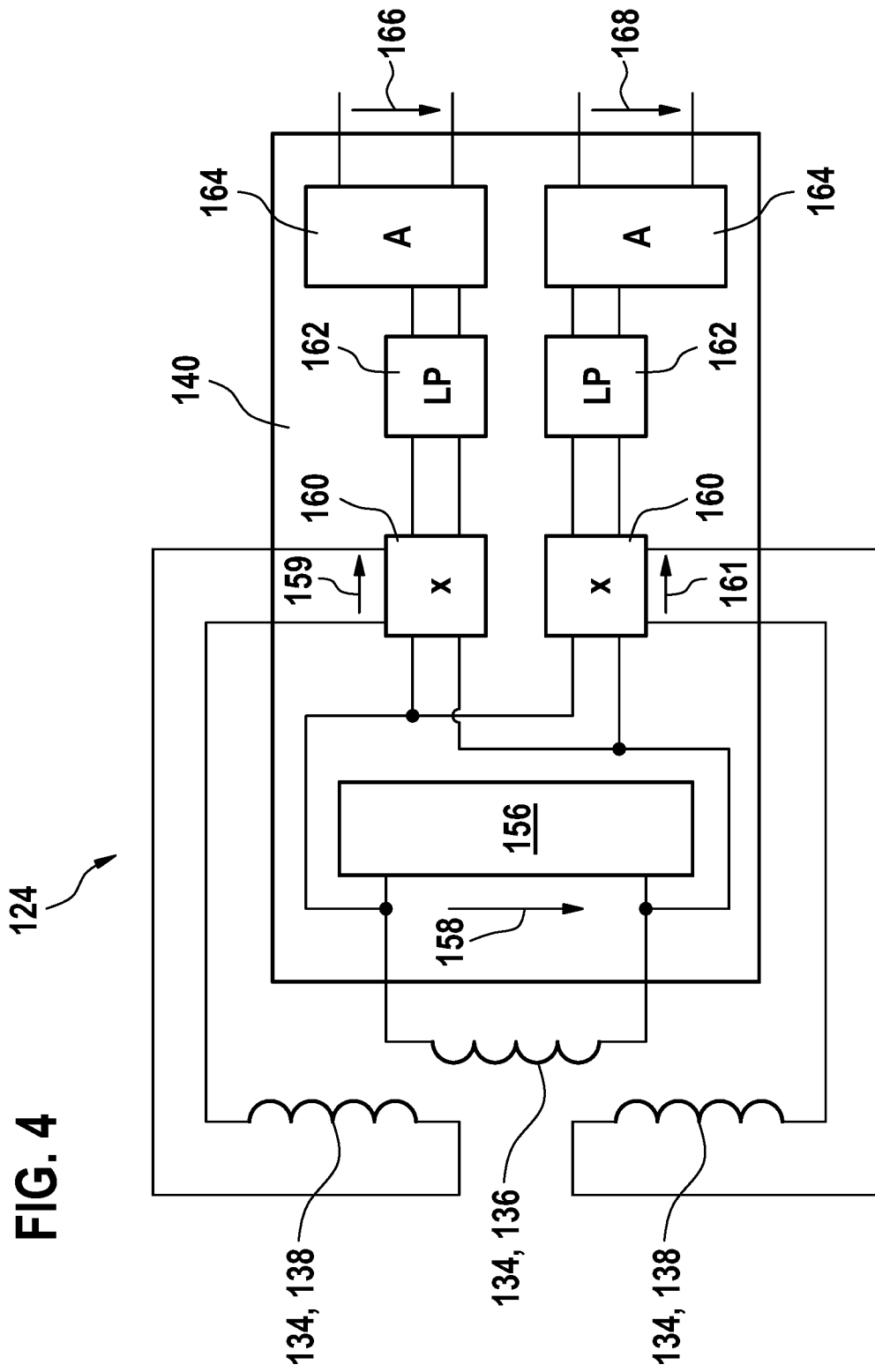


FIG. 4
124

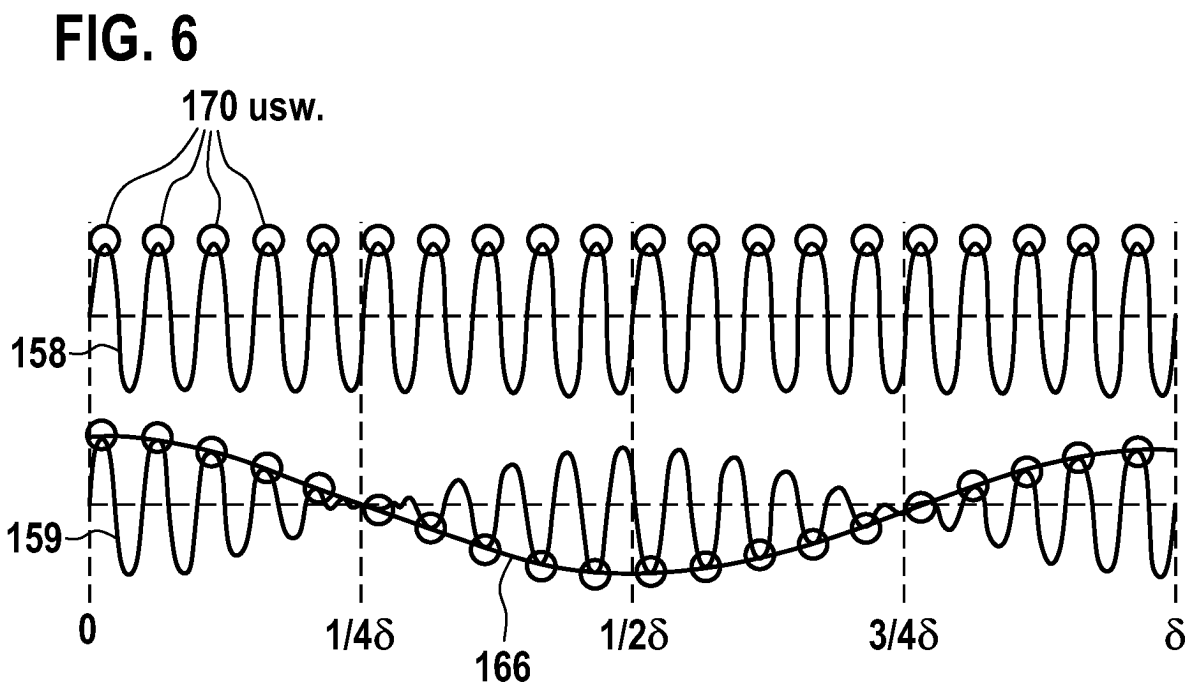
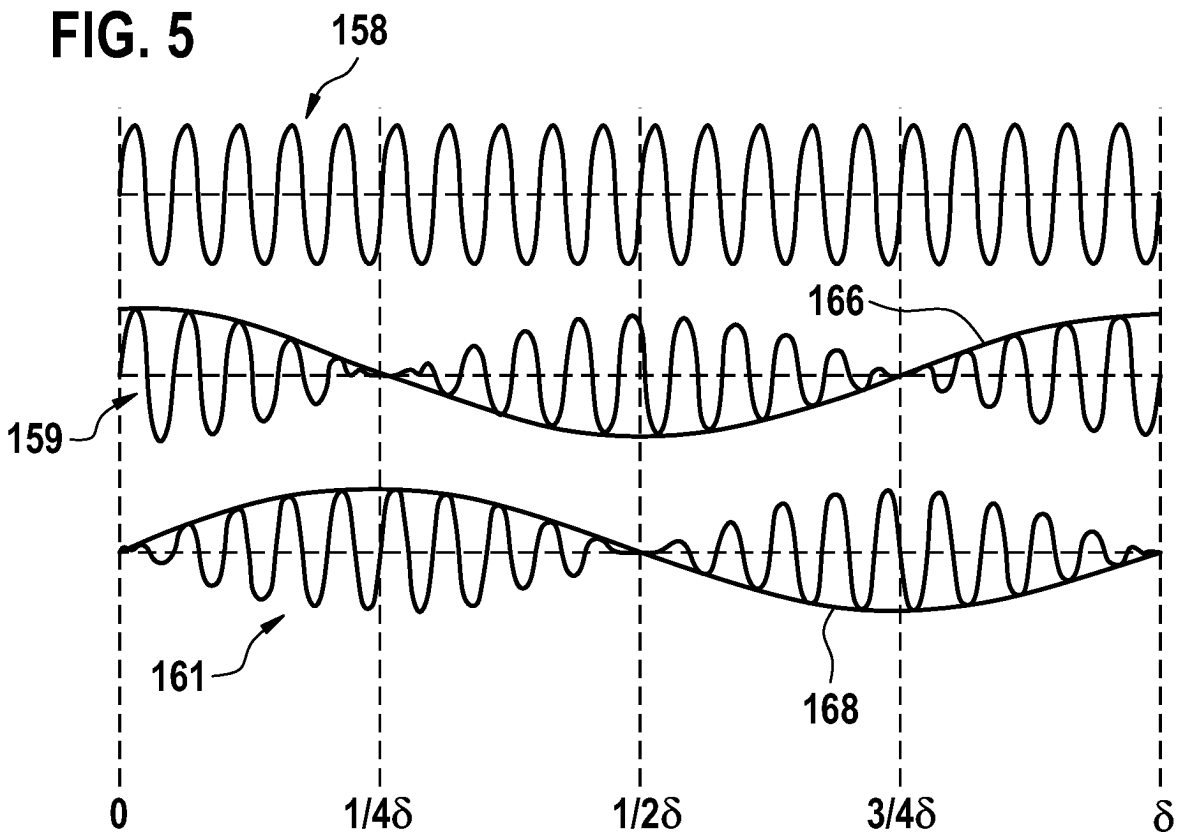
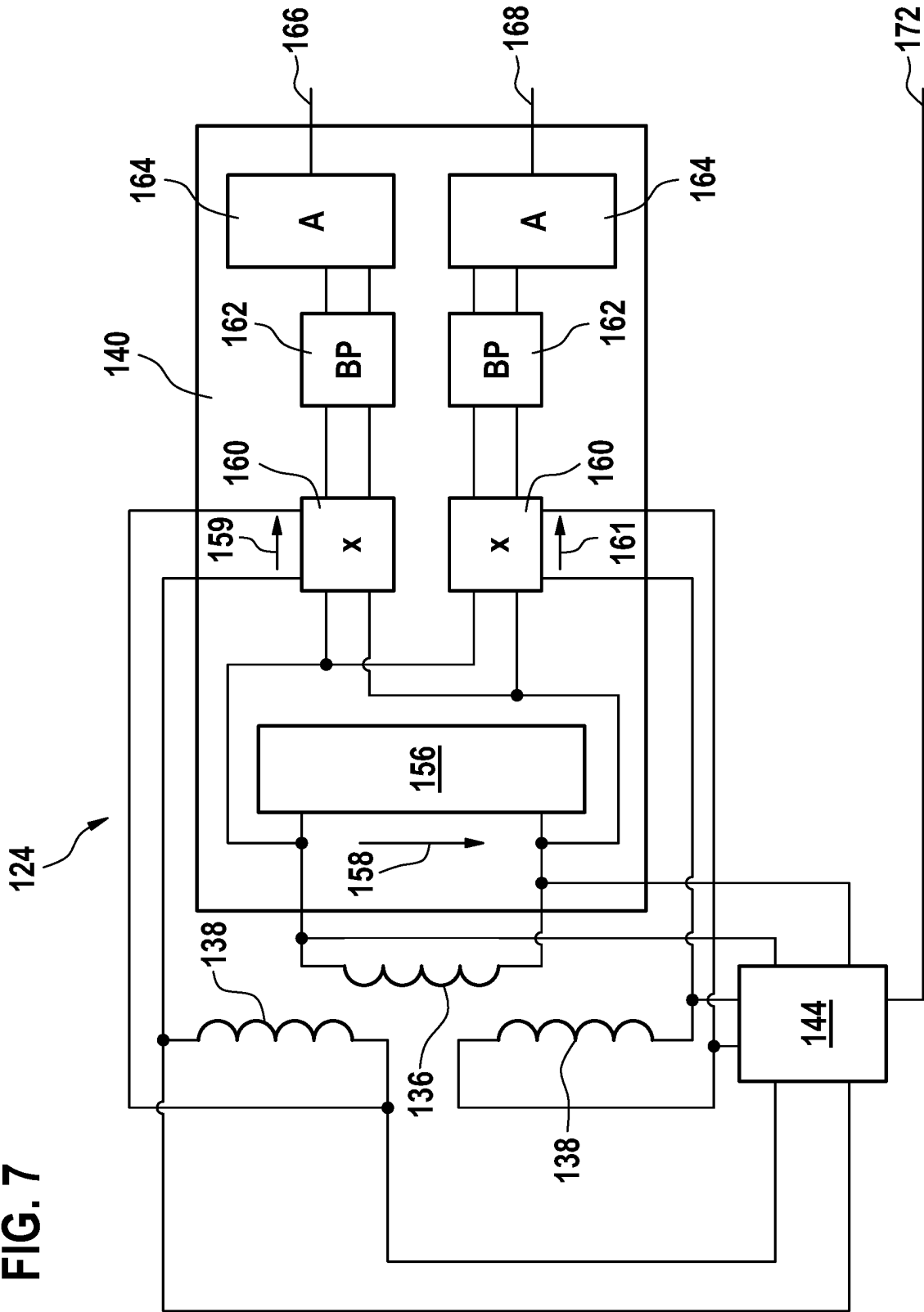


FIG. 7



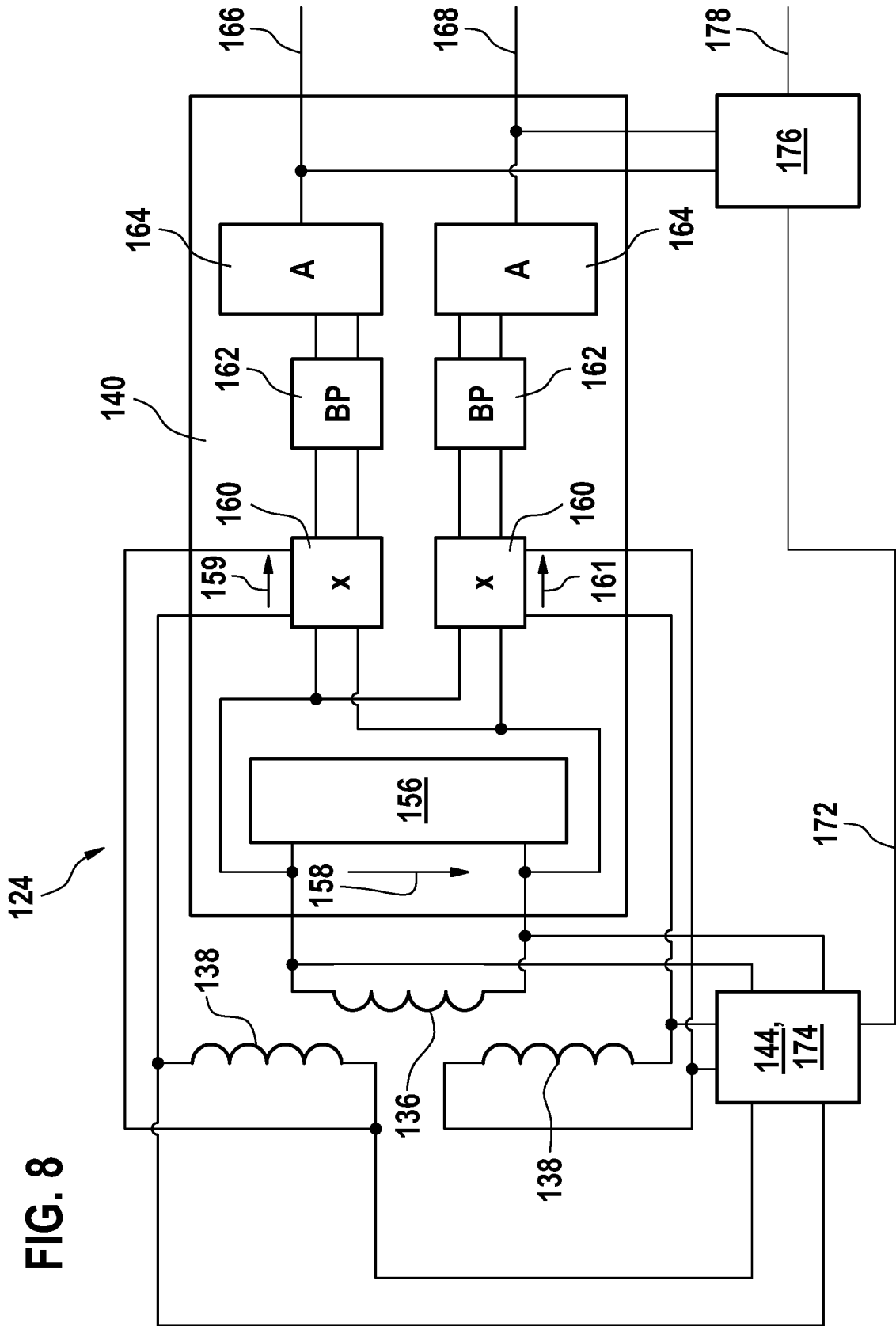


FIG. 8