



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 015 837 A1** 2009.10.01

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 015 837.2**

(22) Anmeldetag: **27.03.2008**

(43) Offenlegungstag: **01.10.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 7/30** (2006.01)
G01B 7/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 83301 Traunreut, DE

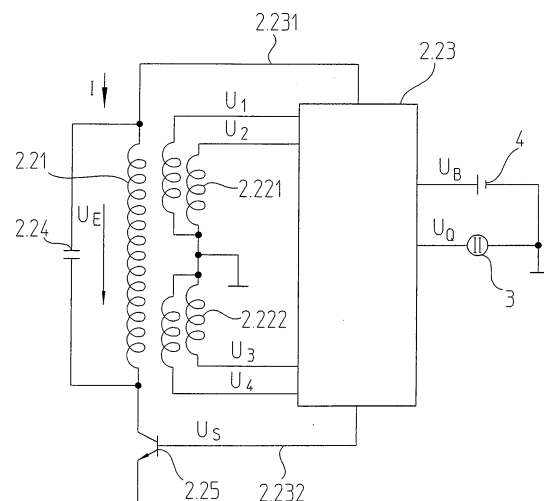
(72) Erfinder:

Izak, Richard, Dr., 83313 Siegsdorf, DE;
Oberhauser, Johann, Dipl.-Ing. (FH), 83377
Vachendorf, DE; Noichl, Robert, 83543 Rott, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Positionsmessgerät und Verfahren zu dessen Betrieb**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Positionsmessgerät, umfassend eine Maßverkörperung (1.2), auf der wenigstens eine Teilungsspur (1.21, 1.22) aufgebracht ist und einen Trägerkörper (2.2). Am Trägerkörper (2.2) ist mindestens eine Erregerwindung (2.21), durch welche zur Erzeugung eines elektromagnetischen Feldes ein Erregerstrom (I) leitbar ist, sowie mindestens eine Detektoranordnung (2.22) zur Abtastung des elektromagnetischen Feldes angeordnet. Weiter umfasst das Positionsmessgerät einen Kondensator (2.24), der zusammen mit der Erregerwindung (2.21) einen LC-Schwingkreis bildet, ein Auswerteelement (2.23) und ein Schaltelement (2.25), das vom Auswerteelement (2.23) schaltbar ist. Die Maßverkörperung (1.2) und der Trägerkörper (2.2) sind relativ zueinander beweglich angeordnet und bei einer Relativbewegung der Maßverkörperung (1.2) gegenüber dem Trägerkörper (2.2) ist das elektromagnetische Feld von der wenigstens einen Teilungsspur (1.21, 1.22) beeinflussbar. Der LC-Schwingkreis ist durch Schalten des Schaltelements (2.25) mit einem Erregerstrom (I) betreibbar, der in der Detektoranordnung (2.22) wenigstens eine Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) induziert, die zur Ermittlung von Positionsinformationen vom Auswerteelement (2.23) elektronisch verarbeitbar ist. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Erzeugung des Erregerstroms (I) durch Schalten des Schaltelements (2.25) mit Einschaltimpulsen (5.1), die eine Einschaltzeitdauer (TP) aufweisen, erfolgt und dass die ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Positionsmessgerät zur Bestimmung von Relativpositionen, welches nach einem induktiven Messprinzip arbeitet, gemäß dem Anspruch 1 und ein entsprechendes Verfahren zum Betrieb eines derartigen Positionsmessgerätes gemäß dem Anspruch 13.

[0002] Induktive Positionsmessgeräte können beispielsweise als induktive Drehgeber zur Bestimmung der Winkellage zweier relativ zueinander drehbaren Maschinenteile ausgebildet sein. Bei induktiven Drehgebern werden Erregerwindungen und Empfängerspulen etwa in Form von Leiterbahnen auf einer gemeinsamen Leiterplatte aufgebracht, die beispielsweise mit einem Stator eines Drehgebers fest verbunden ist. Dieser Leiterplatte gegenüber befindet sich eine weitere Platine, die als Codescheibe ausgebildet ist, auf der in periodischen Abständen alternierend elektrisch leitfähige und nichtleitfähige Flächen als Teilungsbereich bzw. Teilungsstruktur aufgebracht sind, und welche mit dem Rotor des Drehgebers drehfest verbunden ist. Wenn an den Erregerwindungen durch einprägen eines Erregerstroms ein zeitlich wechselndes elektrisches Erregerfeld angelegt wird, werden in den Empfängerspulen während der Relativedrehung zwischen Rotor und Stator von der Winkellage, bzw. der Relativlage zwischen Teilungsstruktur und Empfängerspulen, abhängige Signale erzeugt. Die Ursache hierfür liegt darin begründet, dass die Teilungsstruktur das vom Erregerstrom erzeugte Magnetfeld beeinflusst, also verstärkt oder abschwächt. Diese Signale werden dann in einer Auswerteelektronik weiterverarbeitet.

[0003] Häufig werden solche Drehgeber als Messgeräte für elektrische Antriebe, zur Bestimmung der absoluten Winkellage von entsprechenden Antriebswellen, eingesetzt. Dabei ist es insbesondere unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten wichtig, dass auch nach einem Ausschalten des Systems oder bei einem Stromausfall zumindest die in diesem Zustand erfolgten vollen Umdrehungen gezählt werden.

[0004] In der DE 197 51 853 A1 der Anmelderin wird ein Aufbau für einen induktiven Drehgeber beschrieben, bei dem die Erreger- und Empfängerspulen in einer mehrschichtigen Leiterplatten-Struktur angeordnet sind.

[0005] Damit ein derartiger Drehgeber auch bei fehlender Netzspannungsversorgung zumindest die Anzahl und Drehrichtung der zurückgelegten vollen Umdrehungen zählen kann, wurden bisher weiterhin am Rotor entsprechende Magnete und an einer Statorleiterplatte zwei oder mehrere Magnetsensoren vorgesehen, welche Zählsignale erzeugen. Die Magnetsensoren und eine für die Zählung notwendige Aus-

werteelektronik wurden in diesem Betriebszustand von einer Pufferbatterie versorgt.

[0006] In einer noch unveröffentlichten deutschen Patentanmeldung der Anmelderin mit dem Aktenzeichen 10 2006 046 531.8 wird ein induktiver Drehgeber beschrieben, der bei fehlender Netzspannungsversorgung in einem energiesparenden Modus betrieben werden kann, in dem der Drehgeber von einer Pufferbatterie versorgt wird. Um den Energieverbrauch in diesem Modus zu senken, wird vorgeschlagen, die Erregerwindungen nur noch mit einem gepulsten Erregerstrom zu versorgen.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein induktives Positionsmessgerät zu schaffen, das gegenüber dem Stand der Technik weiter verbessert ist.

[0008] Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren für den Betrieb eines derartigen induktiven Positionsmessgerätes zu schaffen.

[0009] Hinsichtlich des Positionsmessgerätes wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst.

[0010] Es wird nun ein Positionsmessgerät vorgeschlagen, umfassend eine Maßverkörperung, auf der wenigstens eine Teilungsspur aufgebracht ist und einen Trägerkörper. An dem Trägerkörper ist mindestens eine Erregerwindung, durch welche zur Erzeugung eines elektromagnetischen Feldes ein Erregerstrom leitbar ist, sowie mindestens eine Detektoranordnung zur Abtastung des elektromagnetischen Feldes angeordnet. Weiter umfasst das Positionsmessgerät einen Kondensator, der zusammen mit der Erregerwindung einen LC-Schwingkreis bildet, ein Auswerteelement und ein Schaltelement, das vom Auswerteelement schaltbar ist. Die Maßverkörperung und der Trägerkörper sind relativ zueinander beweglich angeordnet und bei einer Relativbewegung der Maßverkörperung gegenüber dem Trägerkörper ist das elektromagnetische Feld von der wenigstens einen Teilungsspur beeinflussbar. Der LC-Schwingkreis ist durch Schalten des Schaltelements mit einem Erregerstrom betreibbar, der in der Detektoranordnung wenigstens eine Spannung induziert, die zur Ermittlung von Positionsinformationen vom Auswerteelement elektronisch verarbeitbar ist. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Erzeugung des Erregerstroms durch Schalten des Schaltelements mit Einschaltimpulsen, die eine Einschaltzeitdauer TP aufweisen, erfolgt und dass die wenigstens eine in der Detektoranordnung induzierte Spannung zur Ermittlung der Positionsinformationen im Bereich nach der Ausschaltflanke des Einschaltimpulses gemessen wird.

[0011] Ein Verfahren zum Betrieb eines derartigen

Positionsmessgeräts ist in Anspruch 13 angegeben.

[0012] Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung entnimmt man den abhängigen Ansprüchen.

[0013] Weitere Einzelheiten und Vorteile des erfindungsgemäßen induktiven Positionsmessgeräts, sowie des Verfahrens zu dessen Betrieb ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der beiliegenden Figuren.

[0014] Es zeigen die

[0015] [Fig. 1](#) eine Draufsicht auf eine Codescheibe,

[0016] [Fig. 2](#) eine Draufsicht auf eine Abtastleiterplatte,

[0017] [Fig. 3](#) ein schematisches Schaltbild,

[0018] [Fig. 4](#) einen Signalverlauf einer induzierten Spannung in einer Detektorwindung,

[0019] [Fig. 5](#) ein Blockdiagramm eines Auswerteelements und

[0020] [Fig. 6](#) eine Schnittdarstellung eines Drehgebers.

[0021] In den [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) und [Fig. 6](#) ist der prinzipielle Aufbau eines erfindungsgemäßen Positionsmessgeräts am Beispiel eines Drehgebers gezeigt. Gemäß der [Fig. 6](#) weist der Drehgeber einen Rotor **1** und einen Stator **2** auf. Im vorgestellten Ausführungsbeispiel umfasst der Rotor **1** eine Welle **1.1**, welche beispielsweise an einer zu messenden Motorwelle drehfest montiert werden kann. An einem Absatz der Welle **1.1** ist zur Erfassung ihrer Winkellage eine Maßverkörperung **1.2**, in diesem Fall in Form einer Codescheibe **1.2** mit – in der [Fig. 6](#) nicht dargestellten – Teilungsspuren **1.21**, **1.22** drehfest festgelegt.

[0022] Der Stator **2** umfasst ein Gehäuse **2.1**, an dem als Trägerkörper eine ringförmige Abtastleiterplatte **2.2** befestigt ist. Unter anderem ist auf der Abtastleiterplatte **2.2** ein Steckverbinder **2.3** montiert, durch welchen Signale und elektrische Leistung übertragen werden können. Der Rotor **1** und der Stator **2**, bzw. die Welle **1.1** und das Gehäuse **2.1** sind um ein Drehachse R relativ zueinander drehbar.

[0023] In der [Fig. 1](#) ist die Codescheibe **1.2** in einer Draufsicht gezeigt. Die Codescheibe **1.2** besteht aus einem Substrat, welches im dargestellten Ausführungsbeispiel aus Epoxydharz hergestellt ist und auf dem zwei Teilungsspuren **1.21**, **1.22** angeordnet sind. Die Teilungsspuren **1.21**, **1.22** sind ringförmig ausgebildet und bezüglich der Drehachse R konzentrisch mit unterschiedlichem Durchmesser auf dem Substrat angeordnet. Die beiden Teilungsspuren

1.21, **1.22** bestehen jeweils aus einer periodischen Abfolge von alternierend angeordneten elektrisch leitfähigen Teilungsbereichen **1.211**, **1.221** und nichtleitfähigen Teilungsbereichen **1.212**, **1.222**. Als Material für die elektrisch leitfähigen Teilbereiche **1.211**, **1.221** wurde im gezeigten Beispiel Kupfer auf das Substrat aufgebracht. In den nichtleitfähigen Teilungsbereichen **1.212**, **1.222** wurde das Substrat dagegen nicht beschichtet.

[0024] Die innere Teilungsspur **1.21** besteht in der dargestellten Ausführungsform aus einem ersten halbringförmigen Teilungsbereich **1.211** mit elektrisch leitfähigem Material, hier Kupfer, sowie einem zweiten halbringförmigen Teilungsbereich **1.212**, in dem kein leitfähiges Material angeordnet ist.

[0025] Radial benachbart zur ersten Teilungsspur **1.21** liegt die zweite Teilungsspur **1.22** auf dem Substrat, wobei auch die Teilungsspur **1.22** aus einer Vielzahl elektrisch leitfähiger Teilungsbereiche **1.221** sowie dazwischen angeordneten nichtleitfähigen Teilungsbereichen **1.222** besteht. Die verschiedenen Teilungsbereiche **1.221**, **1.222** sind materialmäßig dabei ebenso ausgebildet wie die Teilungsbereiche **1.211**, **1.212** der ersten Teilungsspur **1.21**. Insgesamt umfasst die zweite Teilungsspur **1.22** im dargestellten Ausführungsbeispiel sechzehn periodisch angeordnete, elektrisch leitfähige Teilungsbereiche **1.221** sowie entsprechend sechzehn dazwischen angeordnete nichtleitfähige Teilungsbereiche **1.222**.

[0026] Die in [Fig. 2](#) gezeigte, zur Abtastung der Codescheibe **1.2** vorgesehene Abtastleiterplatte **2.2** dient als Trägerkörper unter anderem für eine Detektoranordnung, welche hier aus verschiedenen Empfängerspulen **2.22** besteht. Diese Empfängerspulen **2.22** weisen als erste Detektorwindungen in einer inneren Empfängerspule Empfängerleiterbahnen **2.221** und als zweite Detektorwindungen in einer äußeren Empfängerspule weitere Empfängerleiterbahnen **2.222** auf. Zusammengehörige Paare der Empfängerleiterbahnen **2.221**, **2.222** einer jeweiligen Empfängerspule sind hierbei relativ zueinander versetzt angeordnet, so dass diese voneinander unterscheidbare Signale liefern können, aus denen eine Information über die Relativposition zwischen Rotor **1** und Stator **2**, sowie deren Bewegungsrichtung ermittelbar ist. Mit Vorteil sind die jeweiligen Empfängerleiterbahnen **2.221**, **2.222** der Empfängerspulen so zueinander versetzt, dass die aus der Abtastung resultierenden Signale einen definierten Phasenwinkel, vorzugsweise 90°, aufweisen. Bezogen auf einen Phasenwinkel von 90° bedeutet das, dass, wenn eines der Signale einer Empfängerspule gerade ein positives oder negatives Maximum erreicht, das andere der Signale einen Mittelwert, bzw. bezogen auf den Maximalwert und den Minimalwert einen Nulldurchgang aufweist.

[0027] Darüber hinaus sind als Erregerwindungen an der Abtastleiterplatte **2.2** Erregerleiterbahnen **2.21** vorgesehen, welche auf einer inneren, einer mittleren und einer äußeren Erregerspur aufgebracht sind. Die Abtastleiterplatte **2.2** selbst weist eine zentrische Bohrung auf und ist als eine Leiterplatte, welche mehrere Lagen aufweist, ausgeführt.

[0028] Im zusammengebauten Zustand stehen sich die Codescheibe **1.2** und die Abtastleiterplatte **2.2** gegenüber, so dass die Achse R durch die Mittelpunkte beider Elemente verläuft und bei einer Relativdrehung zwischen Codescheibe **1.2** und Abtastleiterplatte **2.2** in den Empfängerleiterbahnen **2.221**, **2.222** in der Abtastleiterplatte **2.2** von der jeweiligen Winkelstellung abhängige Signale durch Induktionseffekte erzeugbar sind. Somit sind durch Auswertung dieser Signale Positionsinformationen ermittelbar.

[0029] Voraussetzung für die Bildung von entsprechenden Signalen ist, dass die Erregerleiterbahnen **2.21** ein zeitlich wechselndes elektromagnetisches Erregerfeld im Bereich der Abtastspuren bzw. im Bereich der damit abgetasteten Teilungsspuren **1.21** und **1.22** erzeugen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Erregerleiterbahnen **2.21** als mehrere planar-parallele stromdurchflossene Einzel-Leiterbahnen ausgebildet. Werden die Erregerleiterbahnen **2.21** einer Leiterbahneinheit allesamt in der gleichen Richtung von einem Erregerstrom durchflossen, so bildet sich um die jeweilige Leiterbahneinheit ein schlauch- bzw. zylinderförmig orientiertes elektromagnetisches Feld aus. Die Feldlinien des resultierenden elektromagnetischen Feldes verlaufen in Form konzentrischer Kreise um die Leiterbahneinheiten, wobei die Richtung der Feldlinien in bekannter Art und Weise von der Stromrichtung in den Leiterbahneinheiten abhängt. Die Stromrichtung der unmittelbar an eine gemeinsame Abtastspur angrenzenden Leiterbahneinheiten bzw. die entsprechende Verschaltung dieser Leiterbahneinheiten ist dabei entgegengesetzt zu wählen, so dass die Feldlinien im Bereich der Abtastspuren jeweils identisch orientiert sind.

[0030] In der [Fig. 3](#) ist schematisch ein Schaltkreis dargestellt, anhand dessen die Funktionsweise des Drehgebers erläutert werden soll. Der Drehgeber ist mit einer externen Gleichspannungsquelle **3** verbunden, über die er im Normalbetrieb versorgt wird. Im dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt die Spannung U_C der Gleichspannungsquelle **3** fünf Volt. Für den Fall, dass aus irgendeinem Grund die Gleichspannungsquelle **3** nicht zur Verfügung steht, wird der Drehgeber vorübergehend durch eine Batterie **4** mit elektrischer Energie versorgt, wobei hier die von der Batterie **4** abgegebene Spannung beispielsweise drei Volt betragen kann. Die Batterie **4** kann entweder direkt im Drehgeber, beispielsweise auf der Abtastleiterplatte **2.2** untergebracht sein, oder auch extern in einer Folgeelektronik, etwa einer Werkzeugmaschi-

nensteuerung, angeordnet sein.

[0031] Auf der Abtastleiterplatte **2.2** ist ein ASIC **2.23** angeordnet, welcher als Auswerteelement **2.23** arbeitet, unter dessen Kontrolle der Erregerstrom I erzeugt und aus den daraus resultierenden, in den Empfängerleiterbahnen **2.221**, **2.222** induzierten Spannungen, Positionsinformationen, insbesondere Winkelinformationen, ermittelt werden. Erfindungsgemäß handelt es sich beim Erregerstrom I um einen gepulsten Strom. Das ist besonders dann vorteilhaft, wenn der Drehgeber über die Batterie **4** versorgt wird, da in diesem Fall der Energieverbrauch signifikant gesenkt und damit die Lebensdauer der Batterie **4** erhöht werden kann.

[0032] Neben dem gepulsten Betrieb kann der Drehgeber auch noch andere Betriebsmodi, beispielsweise mit einem kontinuierlich zugeführten, periodischen Erregerstrom I, aufweisen.

[0033] Der Kondensator **2.24** und die Erregerleiterbahnen **2.21** sind parallel geschaltet und bilden einen elektrischen LC-Schwingkreis mit einer Resonanzperiodendauer TR. In der Praxis liegt der Wert für die Resonanzperiodendauer TR häufig zwischen wenigen hundert Nanosekunden und einigen Mikrosekunden, das entspricht einer Resonanzfrequenz von mehreren hundert Kilohertz bis einigen Megahertz. Bezogen auf die Verlustleistung sind hierbei höhere Frequenzen zu bevorzugen, da hier der LC-Schwingkreis eine höhere Güte aufweist.

[0034] Ein Anschluss der Parallelschaltung ist über eine Versorgungsleitung **2.231** mit dem Auswerteelement **2.23** verbunden und wird über dieses mit Spannung, beispielsweise der Spannung der Gleichspannungsquelle **3** oder der Batterie **4**, versorgt. Der zweite Anschluss der Parallelschaltung ist über ein Schaltelement **2.25** mit dem Massepunkt der Schaltung verbunden. Die Steuerung, ob das Schaltelement **2.25** ein- oder ausgeschaltet ist, erfolgt über eine Schaltleitung **2.232** des Auswerteelements **2.23**. Somit bestimmt der Schaltzustand des Schaltelements **2.25**, ob ein Erregerstrom I fließt oder nicht. Das Schaltelement **2.25** ist in [Fig. 3](#) als bipolarer Transistor gezeichnet, es können aber auch andere geeignete Bauteile, wie beispielsweise MOSFETs eingesetzt werden. Ebenso ist es möglich, dass das Schaltelement **2.25** mit im Auswerteelement **2.23** integriert ist.

[0035] Durch den Erregerstrom I wird um die Erregerleiterbahnen **2.21** ein elektromagnetisches Feld generiert. Aus diesem resultiert ein magnetischer Fluss, der die Empfängerspulen **2.22** durchdringt. Weiter erzeugt der Erregerstrom I über der Parallelschaltung aus Kondensator **2.24** und Erregerleiterbahnen **2.21** eine Erregererregerspannung U_E . Aufgrund des Induktionsgesetzes werden bei einem sich ändernden magnetischen Fluss in den Empfängerleiterbah-

nen **2.221**, **2.222** Spannungen U_1 , U_2 , U_3 , U_4 induziert. Da der Verlauf der induzierten Spannungen U_1 , U_2 , U_3 , U_4 unter anderem auch von der Winkelstellung der Codescheibe **1.2** abhängt, kann durch deren Auswertung die Winkelstellung der Codescheibe **1.2** ermittelt werden. So umfassen die Empfängerleiterbahnen **2.221** beispielsweise zwei durch Leiterbahnen gebildete Spulen, die, abhängig von der Relativposition, bzw. dem Drehwinkel, Spannungen U_1 , U_2 mit unterschiedlichen Amplituden liefern. Innerhalb einer Umdrehung relativ zum Trägerkörper, also bei einem Drehwinkel von 2π (360°), liefern die Empfängerleiterbahnen **2.221** bei der Abtastung der ersten Teilungsspur **1.21** jeweils Spannungen U_1 , U_2 von einem Maximum bis zu einem Minimum. Die Ursache für die positionsabhängige Beeinflussung des Magnetfeldes, aus dem die Induktion der Spannungen U_1 , U_2 resultiert, liegt darin begründet, dass in den elektrisch leitfähigen, beschichteten Bereichen **1.211**, **1.221** der Codescheibe **1.2** Wirbelströme induziert werden, deren Höhe von der Winkelstellung zwischen Codescheibe **1.2** und Abtastleiterplatte **2.2** abhängt.

[0036] Die in den Empfängerspulen **2.22** induzierten Spannungen U_1 , U_2 , U_3 , U_4 sind für die Ermittlung der Positionsinformation dem Auswerteelement **2.23** zugeführt.

[0037] Da die Teilungsspur **1.21** lediglich einen einzigen beschichteten Bereich **1.211** und einen einzigen unbeschichteten Bereich **1.212** aufweist, resultiert aus deren Abtastung eine relativ grobe, absolute Positionsinformation innerhalb einer Umdrehung der Codescheibe **1.2** um die Drehachse R. Durch eine Auswertung des Amplitudenverlaufs der Signale ist zudem eine Richtungserkennung der Drehbewegung gewährleistet. Somit kann durch die Abtastung der Teilungsspur **1.21** beispielsweise ein Umdrehungszähler realisiert werden.

[0038] Die weiteren Empfängerleiterbahnen **2.222** auf der zweiten, äußeren Abtastspur dienen zur Abtastung der zweiten Teilungsspur **1.22**. Zwischen den beiden Empfängerleiterbahnen **2.222** ist ebenfalls ein Relativ-Versatz vorgesehen, so dass ausgangsseitig bei der Abtastung der zweiten Teilungsspur **1.22** zwei Signale entstehen, die einen positionsabhängigen Amplitudenverlauf aufweisen.

[0039] Die äußeren Empfängerleiterbahnen **2.222** weisen jeweils sechzehn, also 2^4 , Windungen auf, so dass mit den äußeren Empfängerleiterbahnen **2.222** ein vergleichsweise hoch auflösendes Inkrementalsignal bei der Relativbewegung der Codescheibe **1.2** gegenüber der Abtastleiterplatte **2.2** erzeugt werden kann. Innerhalb einer Umdrehung relativ zum Trägerkörper, also bei einem Drehwinkel von 2π (360°), liefern die Empfängerleiterbahnen **2.222** jeweils sechzehn Maxima bzw. Minima bei der Abtastung der Teilungsspur **1.22**.

lungsspur **1.22**.

[0040] In Verbindung mit der groben absoluten Positionsbestimmung über die erste Teilungsspur **1.21** ist über eine derartige Anordnung eine absolute Drehwinkelbestimmung möglich.

[0041] Alternativ zum dargestellten Beispiel können die induzierten Spannungen U_1 , U_2 , U_3 , U_4 auch differenziell und nicht massebezogen erzeugt, bzw. verarbeitet werden.

[0042] **Fig. 4** zeigt am Beispiel der Spannung U_1 den zeitlichen Verlauf der induzierten Spannungen U_1 , U_2 , U_3 , U_4 in den Empfängerleiterbahnen **2.221**, **2.222** in Abhängigkeit von einem Einschaltimpuls **5.1** auf der Schalteitung **2.232**, der das Schaltelement **2.25** zu einem Einschaltzeitpunkt TE einschaltet und zu einem Ausschaltzeitpunkt TA wieder ausschaltet. Dabei zeigt die Kurve im unteren Diagramm den Einschaltimpuls **5.1** mit einer Einschaltzeitdauer TP des Schaltelements **2.25**. Im oberen Diagramm zeigt die gestrichelte Linie eine aus der Einschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1** resultierende induzierte Einschaltsschwingung **5.2**. Diese kommt dadurch zustande, dass das Einschalten des Schaltelements **2.25** in den Erregerleiterbahnen **2.21** einen Erregerstrom I erzeugt, der einen sich ändernden, ansteigenden magnetischen Fluss bewirkt. Die strichpunktierte Linie zeigt eine von der Ausschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1** induzierte Ausschaltsschwingung **5.3**. Diese wird durch das Ausschalten des Schaltelements **2.25**, bzw. das Ausschalten des Erregerstroms I und dem daraus resultierenden abfallenden magnetischen Fluss generiert. Die durchgezogene Linie zeigt die Spannung U_1 , die durch eine Überlagerung der Einschaltsschwingung **5.2** und der Ausschaltsschwingung **5.3** entsteht. Da die Änderung des magnetischen Flusses beim Einschalten und Ausschalten ein unterschiedliches Vorzeichen hat, haben die Einschaltsschwingung **5.2** und die Ausschaltsschwingung **5.3** eine umgekehrte Polarität. Bis zur Ausschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1** findet keine Überlagerung statt, daher sind bis zu diesem Zeitpunkt die Spannung U_1 und die Einschaltsschwingung **5.3** identisch.

[0043] Die Erregerleiterbahnen **2.21** und die Empfängerleiterbahnen **2.221**, bzw. **2.222** stellen einen Überträger dar. Aus diesem Grund entspricht der Signalverlauf der induzierten Spannungen U_1 , U_2 , U_3 , U_4 weitgehend dem der Erregerspannung U_E . Die Erregerspannung U_E weist jedoch eine höhere Signalamplitude auf, die darüber hinaus nicht von der Relativposition zwischen der Codescheibe **1.2** und Abtastleiterplatte **2.2** abhängig ist. Die Erregerspannung U_E ist deshalb in **Fig. 4** in eckigen Klammern neben der induzierten Spannung U_1 angegeben.

[0044] Die Überlagerung der Einschaltsschwingung **5.2** und der Ausschaltsschwingung **5.3** führt nun dazu,

dass im Bereich des Scheitelpunktes der ersten Halbwelle der von der Ausschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1** erzeugten Ausschaltsschwingung **5.3**, bzw. der Spannung U_1 (gekennzeichnet durch ein erstes Messtriggersignal TM_1), eine wesentlich höhere Spannung gemessen wird als ohne Überlagerung. Die Erfassung der Positionsinformation ist somit in diesem Fall wesentlich störsicherer. Außerdem kann eine höhere Genauigkeit der Messung erreicht werden.

[0045] Die Ermittlung der Positionsinformation kann noch weiter verbessert werden, wenn nicht nur die Spannung im Bereich des Scheitelpunktes der ersten Halbwelle der Spannung U_1 nach der Ausschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1**, sondern auch im Bereich des Scheitelpunktes der ersten Halbwelle der von der Einschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1** (gekennzeichnet durch ein zweites Messtriggersignal TM_2) erzeugten Einschaltsschwingung **5.2** gemessen wird. Dadurch wird eine Redundanz eingeführt, die dazu genutzt werden kann, durch Vergleich der beiden Spannungswerte deren Plausibilität zu prüfen. Als Kriterium für eine korrekte Funktion kann beispielsweise dienen, dass die beiden Spannungswerte zueinander vorzeichenumgekehrt sind.

[0046] Somit ist eine einfache Überprüfung der Funktion der Messanordnung möglich.

[0047] Außerdem ist es vorteilhaft, die beiden Spannungswerte an den ersten beiden Scheitelpunkten der Spannung U_1 vor der Messung zuerst betragsmäßig analog zu addieren um eine höhere auswertbare Signalamplitude zu erhalten und die Störsicherheit und Genauigkeit der Messung weiter zu erhöhen.

[0048] Die induzierten Spannungen U_1, U_2, U_3, U_4 werden vom Auswerteelement **2.23** elektronisch in der Weise verarbeitet, dass eine entsprechende Winkelangleichung für die Welle **1.1** ermittelt wird.

[0049] Der hier gezeigte Fall, dass die Ausschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1** beim ersten Nulldurchgang der induzierten Spannung U_1 ausgelöst wird, führt zu einer optimalen Überlagerung der Einschaltsschwingung **5.2** und der Ausschaltsschwingung **5.3** und damit zur höchsten erreichbaren Signalamplitude der induzierten Spannung U_1 . Er ist deshalb in der Praxis zu bevorzugen, wenn eine hohe auswertende Signalamplitude angestrebt wird. Die Einschaltzeitdauer TP entspricht in diesem Fall der halben Resonanzperiodendauer TR ($TP = TR/2$). Geringfügige Abweichungen, insbesondere wenn die Ausschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1** im Bereich zwischen einem Viertel und drei Vierteln der Resonanzperiodendauer ausgelöst wird, führen jedoch auch zu auswertbaren Signalen.

[0050] Für den Fall, dass ein besonders energieeffi-

zientes Positionsmessgerät realisiert werden soll, ist es dagegen besonders vorteilhaft, die Einschaltzeitdauer TP auf ein Viertel der Resonanzperiodendauer TR zu beschränken ($TP = TR/4$), da diese Zeitdauer bereits ausreicht, eine auswertbare Spannung U_1 auszubilden. Durch die kurze Zeit, in der der LC-Schwingkreis mit Strom versorgt werden muss, kann beispielsweise bei Batteriebetrieb eine sehr lange Lebensdauer der Batterie **4** erreicht werden.

[0051] [Fig. 5](#) zeigt ein Blockdiagramm eines Auswerteelements **2.23**, wobei hier lediglich die Einheiten gezeigt sind, die für die Auswertung von zwei Spannungen U_1, U_2 , die durch die Abtastung einer Teilungsspur mittels zweier zueinander versetzt angeordneten Empfängerleiterbahnen, z. B. der Abtastung der ersten Teilungsspur **1.21** mittels der Empfängerleiterbahnen **2.221**, benötigt werden.

[0052] Die Eingänge des Auswerteelements **2.23** bilden eine erste Spannung U_1 und eine zweite Spannung U_2 , die aus der Abtastung der ersten Teilungsspur **1.21** mittels der zwei zueinander versetzt angeordneten Empfängerleiterbahnen **2.221** resultieren, sowie die Erregerspannung U_E . Die Amplituden der ersten Spannung U_1 bzw. der zweiten Spannung U_2 sind, wie oben bereits beschrieben, abhängig von der relativen Position der Empfängerleiterbahnen **2.221** zur Teilungsspur **1.21**. Die erste Spannung U_1 ist einer ersten Messeinheit **2.233**, die zweite Spannung U_2 einer zweiten Messeinheit **2.234** zugeführt. Die Messeinheiten **2.233** und **2.234** dienen dazu, die Spannungen U_1 bzw. U_2 zu messen und die Ergebnisse der Messungen an eine Verarbeitungseinheit **2.236** weiterzuleiten.

[0053] Zur Festlegung des zeitlichen Ablaufs der Messungen ist die Erregerspannung U_E einer Triggereinheit **2.235** zugeführt. Diese ermittelt Triggersignale zur Festlegung der Einschaltzeitdauer TP des Einschaltimpulses **5.1**, sowie zur Bestimmung wenigstens eines Messzeitpunktes zur Messung der Spannungen U_1, U_2 und übermitteln diese an die Verarbeitungseinheit **2.236**, bzw. an die Messeinheiten **2.233, 2.234**. Die Erregerspannung U_E wird im Folgenden vereinfacht als massebezogenes Signal betrachtet. Wie aus [Fig. 3](#) zu entnehmen ist, sind für den Messablauf vorwiegend zwei Zeitpunkte besonders vorteilhaft, zum einen der erste Scheitelpunkt der Spannung U_1 bzw. U_2 nach der Ausschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1**, da an dieser Stelle die zu messende Spannung U_1, U_2 die größte Amplitude aufweist, und zum anderen der erste Nulldurchgang der Einschaltsschwingung **5.2**, da hier ein günstiger Zeitpunkt für die Ausschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1** liegt. Mit Vorteil ist die Triggereinheit **2.235** deshalb so ausgebildet, dass sie zu diesen Zeitpunkten Triggersignale an die Messeinheiten **2.233** und **2.234**, bzw. an die Verarbeitungseinheit **2.236** ausgibt, so dass diese den Messablauf entsprechend steuern kann.

[0054] Der Ausschaltzeitpunkt TA beim Nulldurchgang der Einschaltsschwingung **5.2** entspricht weitgehend dem Nulldurchgang der Erregerspannung U_E und kann beispielsweise in der Triggereinheit **2.235** einfach mittels eines Nullpunktdetektors, insbesondere eines Komparators, bestimmt werden, der den Spannungsverlauf der Erregerspannung U_E mit einer Referenzspannung, in diesem Fall dem Massepotential der Schaltung, vergleicht. Das Ergebnis des Vergleichs wird in Form eines Ausschalttriggersignals TA an die Verarbeitungseinheit **2.236** ausgegeben.

[0055] Die Spannungen U_1, U_2 erreichen den ersten Scheitelpunkt ausgehend von der Ausschaltflanke des Einschaltimpulses TP nach einem Viertel der Resonanzperiodendauer TR. Für die Ermittlung dieses Zeitpunktes kann beispielsweise die Eigenschaft der gegenseitigen Ableitung von Sinus- bzw. Kosinusfunktionen genutzt werden. Konkret kann die Erregerspannung U_E einem analogen Differenzierer zugeführt werden, in dem die Ableitung der Erregerspannung U_E gebildet wird. Das Ausgangssignal des Differenzierers kann dann wiederum an einen Nullpunktdetektor weitergeleitet werden, der zum Zeitpunkt des Nulldurchgangs der differenzierten Erregerspannung U_E , der ja weitgehend mit dem Scheitelpunkt der Spannungen U_1, U_2 übereinstimmt, ein erstes Messtriggersignal TM1 an die Messeinheiten **2.233, 2.234** ausgibt. An Stelle des Differenzierers kann beispielsweise auch ein Integrierer eingesetzt werden.

[0056] In einer vereinfachten Ausführungsform kann das erste Messtriggersignal TM1 zur Messung der Spannungen U_1, U_2 im Bereich des ersten Scheitelpunktes nach der Ausschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1** auch dadurch erzeugt werden, dass es automatisch, beispielsweise unter Verwendung eines Zeitgliedes, eine viertel Periodendauer der LC-Resonanzfrequenz nach dem Ausschalttriggersignal TA (bzw. der Ausschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1**) ausgegeben wird.

[0057] Anstelle der, oder zusätzlich zur Erregerspannung U_E können zur Bildung der Triggersignale TA, TM1 auch die Spannungen U_1, U_2 verwendet werden. Da diese jedoch eine kleinere Amplitude als die Erregerspannung U_E aufweisen, die darüber hinaus noch positionsabhängig ist, ist in der Praxis die Verwendung der Erregerspannung U_E zu bevorzugen.

[0058] Wie oben bereits erwähnt, ist es besonders vorteilhaft, wenn zur Erfassung der Spannungen U_1, U_2 nicht nur der erste Scheitelpunkt der Spannungen U_1, U_2 nach der Ausschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1** herangezogen wird, sondern auch der erste Scheitelpunkt der Einschaltsschwingung **5.2**. Die Spannungen U_1, U_2 erreichen diesen Scheitelpunkt ausgehend von der Einschaltflanke des Einschaltimpul-

ses TP ebenfalls nach einem Viertel der Resonanzperiodendauer TR. Um die Spannungen U_1, U_2 zu diesem Zeitpunkt zu messen, kann in der Triggereinheit **2.235** ein zweites Messtriggersignal TM2 zum Zeitpunkt des ersten Scheitelpunktes der Einschaltsschwingung **5.2** erzeugt werden, das ebenfalls den Messeinheiten **2.233, 2.234** zugeführt wird. Hierzu sind beispielsweise die bereits beschriebenen Vorgehensweisen (Differenzierer oder Integrierer in Verbindung mit einem Nullpunktdetektor, bzw. Ausgabe des zweiten Messtriggersignals TM2 eine viertel Periodendauer der LC-Resonanzfrequenz nach der Einschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1**) anwendbar.

[0059] Die Messung der Spannungen U_1, U_2 in den Messeinheiten **2.233, 2.234** zu den Zeitpunkten der Messtriggersignale TM1, TM2 kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass sowohl zum Zeitpunkt des ersten Messtriggersignals TM1, als auch zum Zeitpunkt des zweiten Messtriggersignals TM2 der aktuelle Spannungswert mit A/D-Wandlern erfasst und das Ergebnis zur weiteren Verarbeitung an die Verarbeitungseinheit **2.236** weitergeleitet wird. In diesem Fall können in der Verarbeitungseinheit **2.236** aus dem Verhältnis der beiden Messwerte Rückschlüsse auf die korrekte Funktion der Messanordnung gezogen werden.

[0060] Besonders vorteilhaft ist es auch, wenn die Spannungswerte zum Zeitpunkt des zweiten Messtriggersignals TM2 und zum Zeitpunkt des ersten Messtriggersignals TM1 in den Messeinheiten **2.233, 2.234** zuerst mittels Abtast- und Halteschaltungen gespeichert und anschließend unter Beachtung der entgegen gesetzten Polarität (beispielsweise mittels eines Differenzverstärkers) analog addiert werden und erst das resultierende Signal mittels des A/D-Wandlers gemessen wird, da in diesem Fall der Eingangsspannungsbereich der A/D-Wandler besser ausgenutzt und so die Genauigkeit der Messung weiter verbessert werden kann.

[0061] Anstelle des Differenzierers können natürlich auch andere geeignete Schaltungen zum Einsatz kommen, wie zum Beispiel Maximalwertdetektoren oder PLL-Bausteine.

[0062] In einer weiteren Ausführungsform kann die Auswertung der Spannungen U_1, U_2 auch durch digitalisieren des Signalverlaufs, beispielsweise ab dem Zeitpunkt der Einschaltflanke des Einschaltimpulses **5.1** und anschließender Auswertung mittels Signalverarbeitungsalgorithmen erfolgen. In diesem Fall ist es besonders vorteilhaft, als Auswerteelement **2.23** einen Mikrocontroller oder einen digitalen Signalprozessor (DSP) einzusetzen. Diese Lösung hat weiter den Vorteil, das Mikrocontroller, bzw. digitale Signalprozessoren meist bereits über Schaltausgänge verfügen, so dass kein weiterer Aufwand für die Erzeugung des Einschaltimpulses **5.1** mehr notwendig ist.

[0063] Es sei an dieser Stelle auch darauf hingewiesen, dass Mikrokontroller- bzw. Signalprozessoren auch als sog. IP-Cores verfügbar sind, die in einen ASIC integriert werden können.

[0064] Die vorgehenden Ausführungen beziehen auf einen Drehgeber zur Messung von Winkelpositionen, beispielsweise einer Motorwelle. Selbstverständlich kann es sich bei der Positionsmesseinrichtung auch um ein lineares Positionsmessgerät handeln. In diesem Fall ist die Maßverkörperung **1.2** als Maßstab ausgebildet, der von einer Abtasteinheit abgelesen wird, wobei Maßstab und Abtasteinheit in einer Messrichtung X relativ zueinander beweglich angeordnet sind. Die Abtasteinheit umfasst in diesem Fall die Erregerleiterbahnen und Empfängerleiterbahnen, die längs zur Bewegungsrichtung ausgerichtet sind.

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 19751853 A1 [\[0004\]](#)
- DE 102006046531 [\[0006\]](#)

Patentansprüche

1. Positionsmessgerät umfassend
 - eine Maßverkörperung (1.2), auf der wenigstens eine Teilungsspur (1.21, 1.22) aufgebracht ist,
 - einen Trägerkörper (2.2), an dem mindestens eine Erregerwindung (2.21), durch welche zur Erzeugung eines elektromagnetischen Feldes ein Erregerstrom (I) leitbar ist, sowie mindestens eine Detektoranordnung (2.22) zur Abtastung des elektromagnetischen Feldes angeordnet ist,
 - einen Kondensator (2.24), der zusammen mit der Erregerwindung (2.21) einen LC-Schwingkreis bildet,
 - ein Auswerteelement (2.23) und
 - ein Schaltelement (2.25), das vom Auswerteelement (2.23) schaltbar ist, wobei die Maßverkörperung (1.2) und der Trägerkörper (2.2) relativ zueinander beweglich angeordnet sind und bei einer Relativbewegung der Maßverkörperung (1.2) gegenüber dem Trägerkörper (2.2) das elektromagnetische Feld von der wenigstens einen Teilungsspur (1.21, 1.22) beeinflussbar ist, wobei der LC-Schwingkreis durch Schalten des Schaltelements (2.25) mit einem Erregerstrom (I) betreibbar ist, der in der Detektoranordnung (2.22) wenigstens eine Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) induziert, die zur Ermittlung von Positionsinformationen vom Auswerteelement (2.23) elektronisch verarbeitbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erzeugung des Erregerstroms (I) durch Schalten des Schaltelements (2.25) mit Einschaltpulsen (5.1), die eine Einschaltzeitdauer (TP) aufweisen, erfolgt, und die wenigstens eine in der Detektoranordnung (2.22) induzierte Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) zur Ermittlung der Positionsinformationen im Bereich nach der Ausschaltflanke des Einschaltpulses (5.1) messbar ist.
2. Positionsmessgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (2.23) zur Messung der wenigstens einen induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) wenigstens eine Messeinheit (2.233, 2.234) umfasst.
3. Positionsmessgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (2.23) weiter eine Verarbeitungseinheit (2.236) umfasst, der die in der wenigstens einen Messeinheit (2.233, 2.234) gemessenen Messwerte zur Ermittlung von Positionsinformationen zugeführt sind.
4. Positionsmessgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltelement (2.25) von der Verarbeitungseinheit (2.236) über eine Schaltung (2.232) schaltbar ist.
5. Positionsmessgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (2.23) weiter eine Triggereinheit (2.235) umfasst, die Triggersignale (TM1, TM2, TA)

zur Festlegung der Einschaltzeitdauer (TP) des Einschaltpulses (5.1), sowie zur Bestimmung wenigstens eines Messzeitpunktes zur Messung der wenigstens einen induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) erzeugt.

6. Positionsmessgerät nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Triggereinheit (2.235) zur Erzeugung der Triggersignale (TM1, TM2, TA) eine aus dem Erregerstrom (I) resultierende Erregerspannung (U_E) oder/und wenigstens eine der induzierten Spannungen (U_1, U_2, U_3, U_4) zugeführt ist.

7. Positionsmessgerät nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Triggersignale (TM1, TM2, TA) ein Ausschalttriggersignal (TA) umfassen, das die Ausschaltflanke des Einschaltpulses (5.1) bestimmt und die Triggereinheit (2.235) das Ausschalttriggersignal (TA) zum Zeitpunkt des ersten Nulldurchgangs der wenigstens einen induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) erzeugt.

8. Positionsmessgerät nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Triggersignale (TM1, TM2, TA) ein erstes Messtriggersignal (TM1) umfassen, das die Triggereinheit (2.235) zum Zeitpunkt des ersten Scheitelpunktes der wenigstens einen induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) nach der Ausschaltflanke des Einschaltpulses (5.1) erzeugt.

9. Positionsmessgerät nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Triggersignale (TM1, TM2, TA) ein zweites Messtriggersignal (TM2) umfassen, das die Triggereinheit (2.235) zum Zeitpunkt des ersten Scheitelpunktes der wenigstens einen induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) erzeugt.

10. Positionsmessgerät nach einem der Ansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Messtriggersignal (TM1) und/oder das zweite Messtriggersignal (TM2) die Messung der wenigstens einen induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) in den Messeinheiten (2.233, 2.234) steuern.

11. Positionsmessgerät gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektoranordnung (2.22) erste Detektorwindungen (2.221) und zweite Detektorwindungen (2.222) umfasst und die ersten Detektorwindungen (2.221) innerhalb einer Umdrehung relativ zum Trägerkörper (2.2) eine gegenüber den zweiten Detektorwindungen (2.222) unterschiedliche Anzahl von Signalmaxima liefern.

12. Positionsmessgerät gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Auswerteelement (2.23) in einem ASIC integriert ist.

13. Verfahren zum Betrieb eines Positionsmessgeräts, umfassend

- eine Maßverkörperung (1.2), auf der wenigstens eine Teilungsspur (1.21, 1.22) aufgebracht ist,
- einen Trägerkörper (2.2), an dem mindestens eine Erregerwindung (2.21), durch welche zur Erzeugung eines elektromagnetischen Feldes ein Erregerstrom (I) leitbar ist, sowie mindestens eine Detektoranordnung (2.22) zur Abtastung des elektromagnetischen Feldes angeordnet ist,
- einen Kondensator, der zusammen mit der Erregerwindung (2.21) einen LC-Schwingkreis bildet,
- ein Auswerteelement (2.23) und
- ein Schaltelement (2.25), das vom Auswerteelement (2.23) schaltbar ist, wobei die Maßverkörperung (1.2) und der Trägerkörper (2.2) relativ zueinander beweglich angeordnet sind und bei einer Relativbewegung der Maßverkörperung (1.2) gegenüber dem Trägerkörper (2.2) das elektromagnetische Feld von der wenigstens einen Teilungsspur (1.21, 1.22) beeinflussbar ist, wobei der LC-Schwingkreis durch Schalten des Schaltelements (2.25) mit einem Erregerstrom (I) betreibbar ist, der in der Detektoranordnung (2.22) wenigstens eine Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) induziert, die zur Ermittlung von Positionsinformationen vom Auswerteelement (2.23) elektronisch verarbeitbar ist, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
 - Erzeugen eines Erregerstroms (I) in der Erregerwindung (2.21) durch Schalten des Schaltelements (2.25) mit einem Einschaltimpuls (5.1), der eine Einschaltzeitdauer (TP) aufweist,
 - Messung der wenigstens einen in der Detektoranordnung (2.22) induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) zur Ermittlung der Positionsinformationen im Bereich nach der Ausschaltflanke des Einschaltimpulses (5.1).

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltelement (2.25) über eine Schaltleitung (2.232) von einer Verarbeitungseinheit (2.236) geschaltet wird, die im Auswerteelement (2.23) angeordnet ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine induzierte Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) in wenigstens einer Messeinheit (2.233, 2.234) gemessen wird, die im Auswerteelement (2.23) angeordnet ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Auswerteelement (2.23) weiter eine Triggereinheit (2.235) umfasst, die Triggersignale (TM1, TM2, TA) zur Festlegung der Einschaltzeitdauer (TP) des Einschaltimpulses (5.1), sowie zur Bestimmung wenigstens eines Messzeitpunktes zur Messung der wenigstens einen induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) erzeugt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass in der Triggereinheit (2.235) die

Triggersignale (TM1, TM2, TA) mit Hilfe einer aus dem Erregerstrom (I) resultierenden Erregerspannung (U_E) oder/und wenigstens einer induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) erzeugt werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Triggersignale (TM1, TM2, TA) ein Ausschalttriggersignal (TA) umfassen, das die Ausschaltflanke des Einschaltimpulses (5.1) bestimmt und die Triggereinheit (2.235) das Ausschalttriggersignal (TA) zum Zeitpunkt des ersten Nulldurchgangs der wenigstens einen induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) erzeugt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Triggersignale (TM1, TM2, TA) ein erstes Messtriggersignal (TM1) umfassen, das den Zeitpunkt einer ersten Messung der wenigstens einen induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) bestimmt und die Triggereinheit (2.235) das erste Messtriggersignal (TM1) im Bereich des ersten Scheitelpunkts der wenigstens einen induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) nach der Ausschaltflanke des Einschaltimpulses (5.1) erzeugt.

20. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Triggersignale (TM1, TM2, TA) ein zweites Messtriggersignal (TM2) umfassen, das den Zeitpunkt einer zweiten Messung der wenigstens einen induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) bestimmt und die Triggereinheit (2.235) das zweite Messtriggersignal (TM2) im Bereich des ersten Scheitelpunkts der wenigstens einen induzierten Spannung (U_1, U_2, U_3, U_4) erzeugt.

21. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionsinformation in der Verarbeitungseinheit (2.236) unter Verwendung des im Bereich des ersten Messtriggersignals (TM1) erfassten Messwerts und des im Bereich des zweiten Messtriggersignals (TM2) erfassten Messwerts ermittelt wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

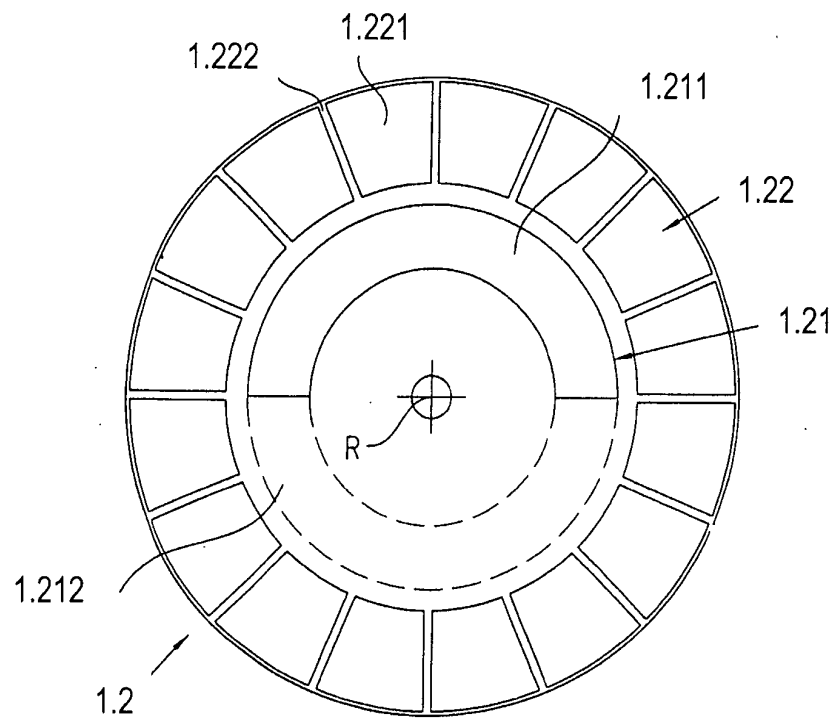


FIG. 2

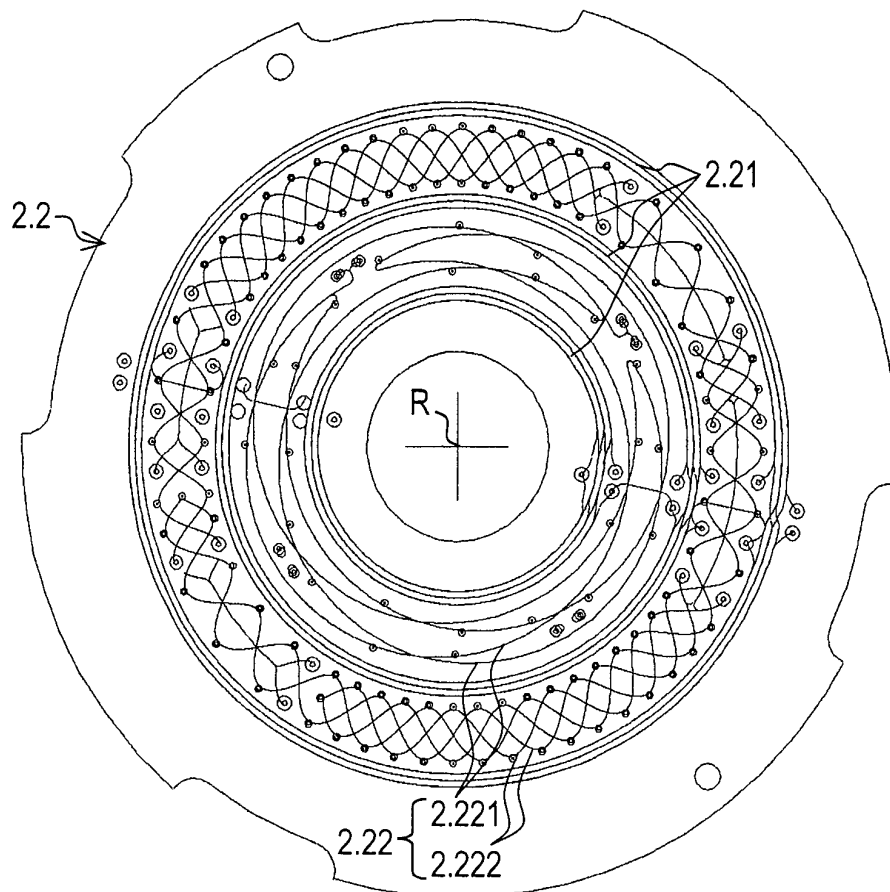
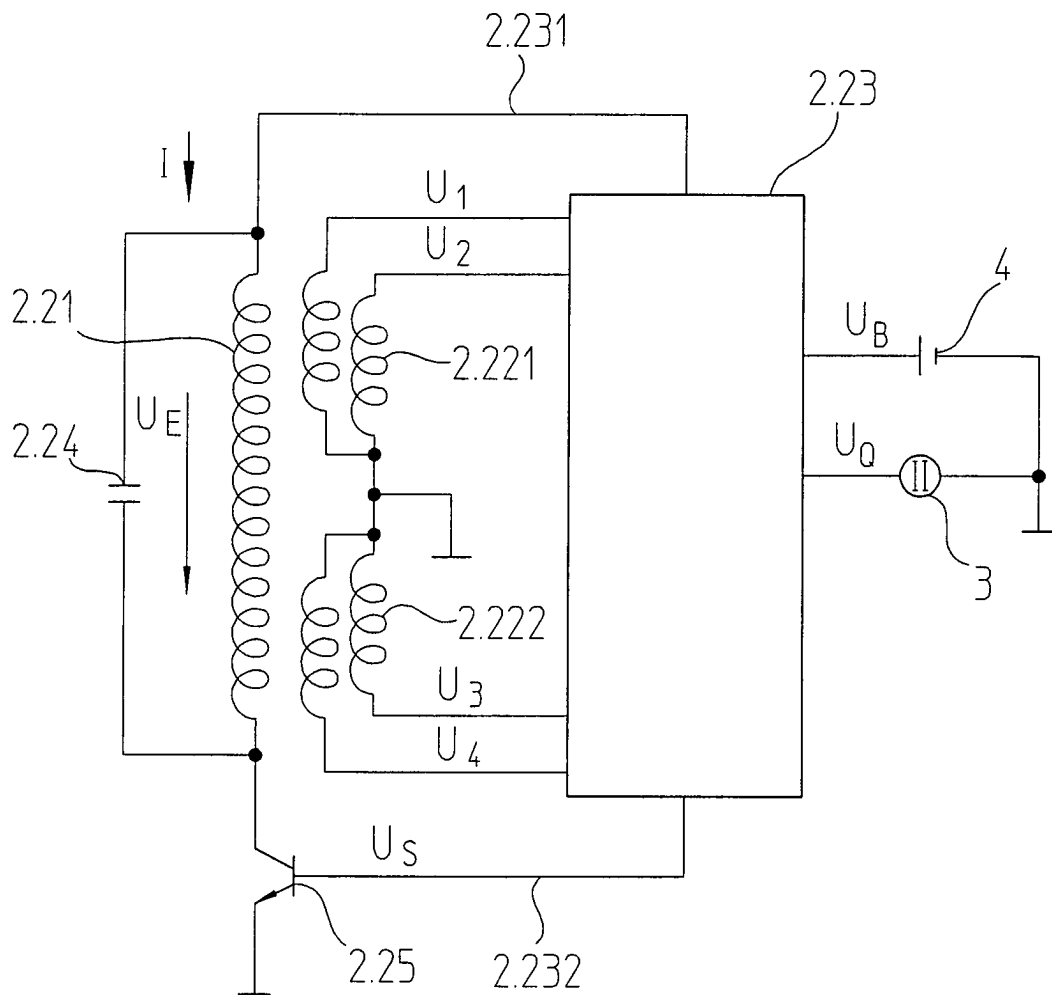


FIG. 3



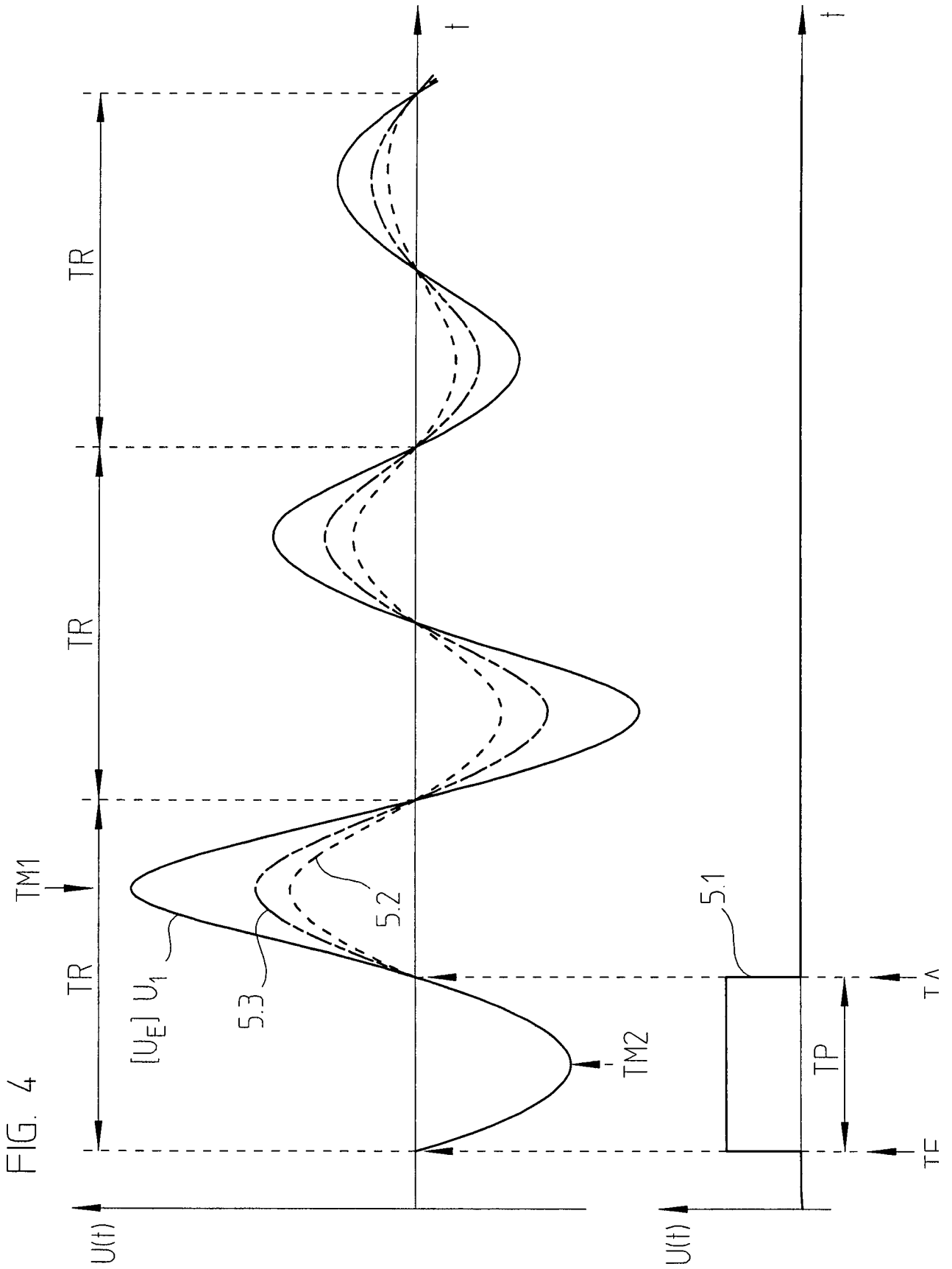


FIG. 5

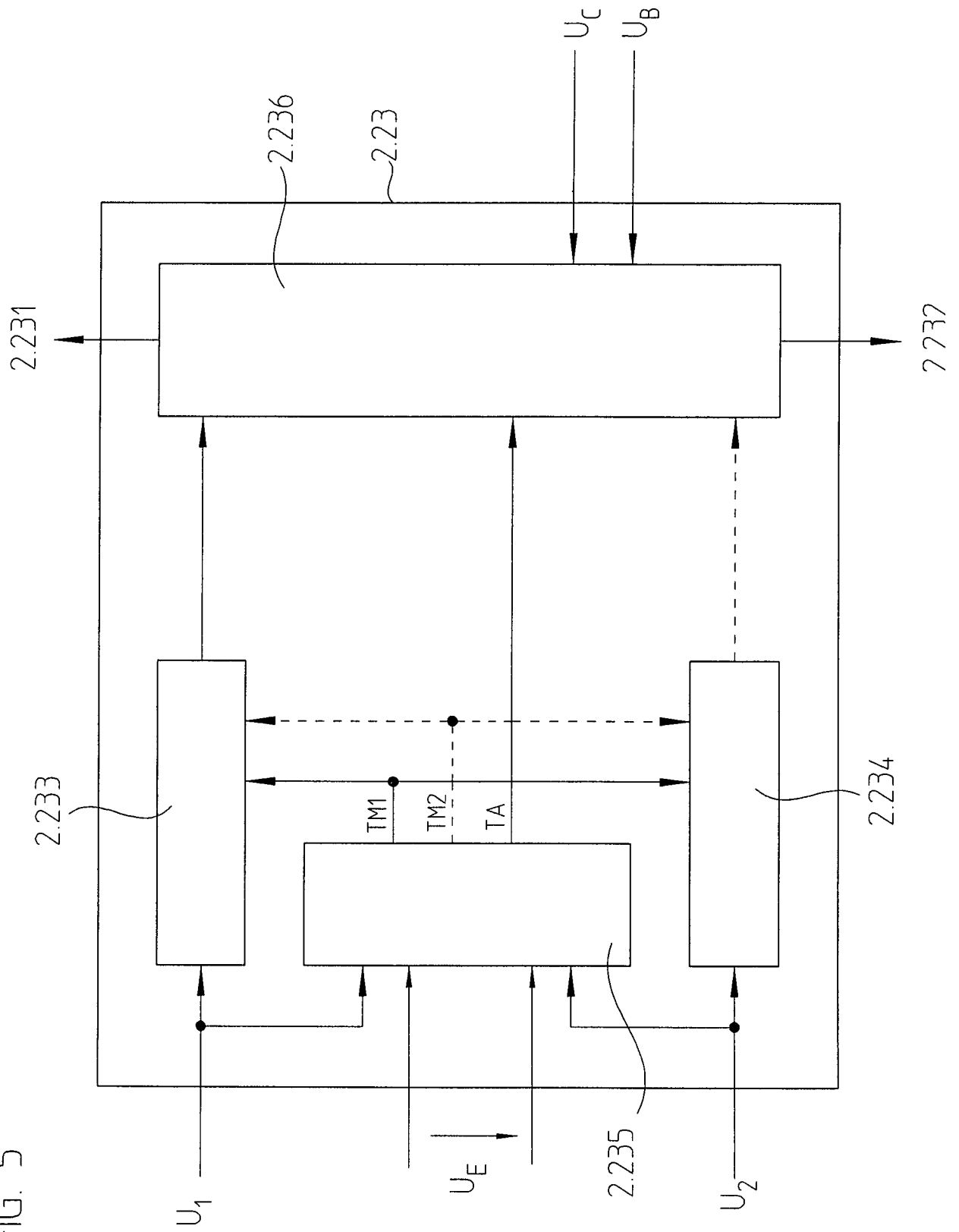


FIG. 6

