



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 199 07 326.0

(51) Int Cl.: G01B 21/22 (2006.01)

(22) Anmelddatag: 20.02.1999

(43) Offenlegungstag: 24.08.2000

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 04.04.2013

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

(73) Patentinhaber:

Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 83301,
Traunreut, DE

(72) Erfinder:

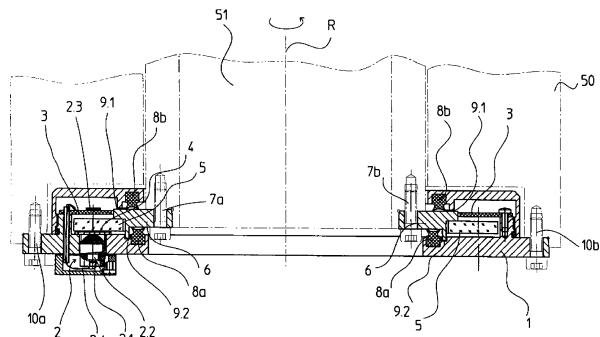
Feichtinger, Kurt, Dipl.-Ing., 83349, Palling, DE

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

DE	34 45 617	C2
DE	32 28 507	A1
DE	197 27 352	A1
CH	426 285	A
US	5 202 842	A
US	5 004 915	A
EP	0 412 481	B1
EP	0 325 924	A1
JP	55-067 608	A

(54) Bezeichnung: Winkelmeßsystem

(57) Hauptanspruch: Winkelmeßsystem ohne Eigenlage-
rung zur hochpräzisen Bestimmung der Winkelposition ei-
nes um eine Drehachse (R) rotierenden Objektes, beste-
hend aus einer stationären Baueinheit und einer rotations-
symmetrischen Meßteilung (4), die mit dem rotierenden Ob-
jekt verbindbar ist, wobei mehrere Abtasteinheiten (A1–A4)
in einer definierten räumlichen Orientierung in der statio-
nären Baueinheit angeordnet sind und zur Abtastung der
Meßteilung (4) an mehreren verschiedenen Meßteilungsor-
ten dienen und winkelpositionsabhängige Teil-Abtastsig-
nale (TAS1–TAS4) liefern und wobei das Winkelmeßsystem
(WMS) Korrekturmittel umfaßt, um aus den Teil-Abtastsig-
nalen (TAS1–TAS4) der Abtasteinheiten (A1–A4) winkelabhän-
gige Ausgangssignale (Z) zu erzeugen, die um Fehler be-
reinigt sind, die durch eine vorliegende Nicht-Übereinstim-
mung der Drehachse des Objektes (R) mit der Symmetrie-
achse der Meßteilung (4) resultieren und wobei die Korrek-
turmittel elektronische Signalverarbeitungselemente auf Sei-
ten des Winkelmeßsystems (WMS) umfassen, welche die
Teil-Abtastsignale (TAS1–TAS4) der Abtasteinheiten (A1–
A4) derart verarbeiten, daß das Winkelmeßsystem (WMS)
ausgangsseitig fehlerkorrigierte Positionsmeßwerte (POS)
liefert und wobei auf Seiten der Baueinheit ferner eine Si-
gnalaufbereitungseinheit (SE) angeordnet ist, der die...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Winkelmeßsystem, insbesondere ein Winkelmeßsystem ohne Eigenlagerung.

[0002] Hochgenaue Winkelmeßsysteme mit einer meßsystemseitigen Welle und einer entsprechenden Eigenlagerung der Welle sind beispielsweise aus dem Buch „Digitale Längen- und Winkelmeßtechnik“, A. Ernst, Verlag Moderne Industrie, 3. Auflage 1998, S. 61–64 bekannt. Um die geforderte Meßgenauigkeit zu erreichen sind hochpräzise und dementsprechend teure Präzisionslager auf Seiten des Winkelmeßsystems erforderlich, über die die Welle gelagert wird. Über eine geeignete Kupplung ist die Welle mit einer Teilscheibe verbunden, welche die radiale Meßteilung trägt. Die Meßteilung wiederum wird mittels stationärer Abtasteinheiten im Winkelmeßsystem zur Erzeugung winkelabhängiger Ausgangssignale abgetastet. Zur Weiterverarbeitung werden die winkelabhängigen Ausgangssignale, beispielsweise in Form sinusförmiger Inkrementalsignale, an eine nachgeordnete Auswerteeinheit übertragen.

[0003] Daneben sind aus obigem Buch, S. 64–70, Winkelmeßsysteme ohne Eigenlagerung bekannt, bei denen eine rotationssymmetrische Meßteilung bzw. eine entsprechende Teilscheibe unmittelbar auf einer rotierenden Welle angeordnet wird. Stationär in Bezug auf die rotierende Teilscheibe sind ein oder mehrere Abtasteinheiten vorgesehen, über die die Meßteilung z. B. photoelektrisch abgetastet wird. Die Abtasteinheiten sind bei derartigen Systemen nunmehr nicht fest in Bezug auf die Teilscheibe bzw. Meßteilung angeordnet, sondern müssen bei der Montage hierzu korrekt ausgerichtet werden, was einen entsprechenden Justageaufwand verursacht. Ferner ist bei diesen Winkelmeßsystemen nicht a priori gewährleistet, daß die Drehachse der rotierenden Welle mit der Teilscheibenachse zusammenfällt, d. h. es kann möglicherweise eine Exzentrizität oder eine Taumelbewegung der rotierenden Teilscheibe vorliegen, die wiederum Fehlmessungen zur Folge hat. Es wurde deshalb schon vorgeschlagen, mit Hilfe mehrerer separater Abtasteinheiten den resultierenden Exzentrizitätsfehler zu beseitigen. In diesem Zusammenhang sei etwa auf die EP 0 325 924 B1 der Anmelderin verwiesen. Nach wie vor ist jedoch in diesem Fall die exakte Justage der Abtasteinheiten in Bezug auf die rotierende Meßteilung erforderlich.

[0004] Desweiteren sind sog. vormontierte Einbaudrehgeber bekannt, die ebenfalls keine Eigenlagerung aufweisen und bei denen ein oder mehrere Abtasteinheiten in einem stationären Teil umfassen und zur Abtastung der Teilscheibe dienen, die auf einer rotierenden Welle angeordnet ist. Auch bei diesen Systemen ist wie bei den vorhergehenden erwähnten Winkelmeßsystemen ohne Eigenlagerung eine hoch-

präzise Justage der Abtasteinheiten in Bezug auf die rotierende Meßteilung erforderlich.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Winkelmeßsystem anzugeben, die möglichst ohne aufwendige Eigenlagerung auskommt und dabei trotzdem eine hochpräzise, fehlerfreie Erfassung der Winkelposition eines rotierenden Objektes erlaubt. Ferner soll das Winkelmeßsystem möglichst einfach und ohne großen Justageaufwand zu montieren sein.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Winkelmeßsystem mit den Merkmalen des Anspruches 1.

[0007] Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems ergeben sich aus den Maßnahmen in den abhängigen Patentansprüchen.

[0008] Die erfindungsgemäßen Maßnahmen ermöglichen nunmehr die Realisierung eines hochpräzisen Winkelmeßsystem ohne aufwendige Eigenlagerung. Es wird vielmehr auch für die rotierende Meßteilung die bereits vorhandene Lagerung des rotierenden Objektes bzw. der entsprechenden Welle genutzt, dessen Winkelposition erfaßt werden soll. Hierbei kann es sich z. B. um einen Schwenkrundtisch an einer Werkzeugmaschine handeln.

[0009] Desweiteren entfallen Justage- bzw. Montageprobleme in Verbindung mit der korrekten Positionierung der Abtasteinheiten in Bezug auf die rotationssymmetrische Meßteilung, da die Abtasteinheiten in einer Baueinheit bereits herstellerseitig vormontiert werden. Aufgrund der nachfolgend noch detailliert zu erläuternden Maßnahmen ist auf Seiten des Anwenders keine weitere Justage der Abtasteinheiten nach dem Anbau an eine rotierende Welle erforderlich.

[0010] Eventuell vorliegende Exzentrizitätsfehler, z. B. verursacht durch den nicht perfekten Rundlauf einer Welle, werden durch den erfindungsgemäßen Einsatz von Korrekturmitteln auf Seiten des Winkelmeßsystems korrigiert.

[0011] Als Korrekturmittel fungieren hierbei bestimmte Abtastanordnungen mit mehreren Abtastfeldern sowie bestimmte Signalverarbeitungselemente auf Seiten des Winkelmeßsystems. Das erfindungsgemäße Winkelmeßsystem liefert demzufolge ein oder mehrere winkelabhängige Ausgangssignale, die keine Exzentrizitäts-Fehler aufweisen.

[0012] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung existieren neben dem nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiel selbstverständlich vielfältigste weitere Ausführungsvarianten.

[0013] So ist die Art der Abtastung nicht auf optische bzw. photoelektrische Systeme beschränkt, d. h. es können alternativ auch andere physikalische Abtastprinzipien zur Abtastung der Meßteilung eingesetzt werden, wie z. B. induktive, kapazitive oder magnetische Abtastprinzipien.

[0014] Des Weiteren kann neben einer Teilscheibenabtastung selbstverständlich auch eine sog. Trommelabtastung auf Grundlage der erfindungsgemäßen Überlegungen realisiert werden. Ebenso kann neben der Ausbildung als Durchlicht-System auch eine Ausgestaltung als Auflicht-System mit reflektierender Meßteilung jederzeit erfolgen.

[0015] Neben ein oder mehreren Inkremental-Meßteilungen können auch weitere Spuren neben der Meßteilung vorgesehen sein, die beispielsweise codierte Referenzmarkierungen zur Identifikation von Absolutpositionen aufweisen etc..

[0016] Ebenso existieren vielfältige Möglichkeiten, in welcher Form die exzentrizitätsfehlerfreien Ausgangssignale an die nachgeordnete Auswerteeinheit übertragen werden. Beispielsweise ist eine Übertragung in analoger, sinusförmiger Form oder als digitale Rechtecksignale oder aber in seriell codierter Form möglich. Insbesondere die letztgenannte Form der Datenübertragung ermöglicht die Übertragung weiterer Zusatzinformationen vom erfindungsgemäßen Winkelmeßsystem an die Auswerteeinheit.

[0017] Weitere Vorteile sowie Einzelheiten des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beiliegenden Figuren.

[0018] Dabei zeigt

[0019] [Fig. 1](#) eine schematisierte, seitliche Ansicht einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems in Verbindung mit einem Schwenkrundtisch;

[0020] [Fig. 2a](#) eine schematische Darstellung der Signalverarbeitung im erfindungsgemäßen Winkelmeßsystem, wie sie z. B. in der Ausführungsform gemäß [Fig. 1](#) realisierbar ist;

[0021] [Fig. 2b](#) eine weitere Variante der Signalverarbeitung im erfindungsgemäßen Winkelmeßsystem, wie sie z. B. ebenfalls in der Ausführungsform gemäß [Fig. 1](#) realisierbar wäre.

[0022] Anhand von [Fig. 1](#) sei nachfolgend der grundsätzliche mechanische Aufbau einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems erläutert. Gezeigt ist hierbei eine seitliche, z. T. schematisierte Schnittansicht eines Winkelmeß-

systems, angeordnet an einem Schwenkrundtisch einer Werkzeugmaschine.

[0023] Vom Schwenkrundtisch ist lediglich ein stationäres Teil **50** erkennbar, das die Form eines Zylindermantels aufweist. Im Zylinderinneren ist eine um die Rotationsachse Achse R rotierende Welle **51** des Schwenkrundtisches angedeutet. Die Welle **51** ist über geeignete Lager im stationären Teil **50** des Schwenkrundtisches gelagert, wobei die Lager aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit in [Fig. 1](#) nicht dargestellt sind.

[0024] Am unteren Ende des Schwenkrundtisches ist das erfindungsgemäße Winkelmeßsystem angeordnet, mit der die Winkelposition der rotierenden Welle **51** hochpräzise bestimmt wird. Das Winkelmeßsystem besitzt keine Eigenlagerung; die rotierende Welle **51**, deren Winkelposition bestimmt wird, ist vielmehr lediglich in denjenigen Lagern drehbar um die Achse R gelagert, die dem Schwenkrundtisch zugeordnet sind.

[0025] Im wesentlichen weist das dargestellte Winkelmeßsystem einen zweiteiligen Aufbau auf, der zum einen eine stationäre Baueinheit umfaßt, die mit dem stationären Teil **50** des Schwenkrundtisches verbunden ist. Die Verbindung der stationären Baueinheit des Winkelmeßsystems mit dem stationären Teil **50** des Schwenkrundtisches erfolgt hierbei über Schraubverbindungen **10a**, **10b**. Zum anderen umfaßt das Winkelmeßsystem einen rotierenden Teil mit einer Meßteilung **4**.

[0026] Zur stationären Baueinheit gehört i. w. ein Gehäuse **1** sowie mehrere Abtasteinheiten **2** zur photoelektrischen Durchlicht-Abtastung einer Meßteilung **4**. Die Abtasteinheiten **2** dienen zur Abtastung der rotierenden Meßteilung an mehreren verschiedenen Meßteilungsorten und liefern mehrere winkelpositionsabhängige Teil-Abtastsignale. Die verschiedenen Abtasteinheiten **2** sind hierbei jeweils in einer definierten räumlichen Orientierung in der stationären Baueinheit angeordnet. In der Darstellung der [Fig. 1](#) ist von den vorgesehenen vier Abtasteinheiten lediglich eine einzige Abtasteinheit **2** erkennbar. Die Abtasteinheiten umfassen in der gezeigten Ausführung als photoelektrisches Durchlicht-System eine Lichtquelle **2.1**, ggf. eine der Lichtquelle **2.1** vorgeordnete Kolimatoroptik **2.2**, ein oder mehrere Abtastfelder mit Abtastteilungen, die in [Fig. 1](#) nicht erkennbar sind sowie ein oder mehrere optoelektronische Detektorelemente **2.3**. Letztere sind auf einer Trägerplatine **3** angeordnet, die sich ebenfalls im Gehäuse **1** befindet.

[0027] Wie bereits oben angedeutet fungiert die gewählte Abtastanordnung als Korrekturmittel, über das möglichst exzentrizitätsfehlerfreie Winkelpositionsmeßwerte erzeugt werden sollen. In Bezug auf die erfindungsgemäß gewählte Abtastanordnung sei

an dieser Stelle ausdrücklich auf die EP 0 412 481 B1 der Anmelderin verwiesen. Dort ist in der **Fig. 7** ein Beispiel für eine Abtastanordnung offenbart, die im vorliegenden Winkelmeßsystem an mehreren Abtaststellen vorzugsweise eingesetzt wird. Die Abtastanordnung umfaßt hierbei zwei Gruppen mit je vier Abtastfeldern, wobei die Abtastfelder derart angeordnet sind, daß der Flächenschwerpunkt aller Abtastfelder der einen Gruppe gleich dem Flächenschwerpunkt der Abtastfelder der anderen Gruppe ist. Die Verschaltung der den Detektorelementen zugeordneten acht Abtastfelder erfolgt hierbei gemäß der **Fig. 10** in der EP 0 412 481 B1. Pro Abtasteinheit resultieren bei dieser Abtastanordnung je zwei Teil-Abtastsignale, die auch im Fall einer eventuellen Exzentrizität sowohl eine stabile Phasenbeziehung zueinander als auch ein stabiles Amplitudenverhältnis zueinander aufweisen.

[0028] Grundsätzlich können selbstverständlich auch die anderen, in der EP 0 412 481 B1 offenbarten Varianten von Abtastanordnungen im erfindungsgemäßen Winkelmeßsystem zum Einsatz kommen.

[0029] Auf der Trägerplatine **3** sind neben den Detektorelementen **2.3** in der Regel noch zusätzliche Signalverarbeitungselemente als weitere Korrekturmittel angeordnet, die zur Weiterverarbeitung der über die Detektorelemente **2.3** erfaßten Teil-Abtastsignale dienen. In Bezug auf diese Korrekturmittel bzw. die darüber erfolgende Signalverarbeitung sei an dieser Stelle lediglich auf die nachfolgende Beschreibung der **Fig. 2a** und **Fig. 2b** verwiesen.

[0030] Wie in **Fig. 1** des weiteren erkennbar ist, sind die sendeseitigen Teile der Abtasteinheit **2** über eine Signalübertragungsleitung **2.4** mit der Trägerplatine **3** und darauf angeordneten detektorseitigen Elektronik-Komponenten verbunden.

[0031] Im Gegensatz zu bekannten lagerlosen Winkelmeßsystemen werden beim erfindungsgemäßen Winkelmeßsystem die Abtasteinheiten **2** bereits auf Seiten des Herstellers vormontiert bzw. vorjustiert. Es ist demzufolge keine separate, zeitaufwendige Justage derselben am Einsatzort mehr erforderlich. Das erfindungsgemäße Winkelmeßsystem kann somit montagetechnisch als autarke Einheit betrachtet werden.

[0032] Der zweite Teil des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems umfaßt die im wesentlichen innerhalb der stationären Baueinheit angeordnete Meßteilung **4**, die relativ zur stationären Baueinheit und den darin angeordneten Abtasteinheiten **2** um die Rotationsachse R beweglich ist. Die kreisringförmige Meßteilung **4** ist hierbei auf einer kreisringförmigen Trägerscheibe **5** aus Glas angeordnet und besteht in der gezeigten Durchlichtvariante etwa aus lichtundurchlässigen Chrom-Stegen und dazwischen befindlichen, lichtdurchlässigen Lücken, d. h. als Meß-

teilung **4** dient eine hinlänglich bekannte Inkremental-Meßteilung. Die Trägerscheibe **5** wiederum ist an einem kreisringförmigen Trägerring **6** aus Metall angeordnet, über den auch die Verbindung der Meßteilung **4** mit der rotierenden Welle **51** erfolgt. Hierzu wird der Trägerring **6** über Schraubverbindungen **7a**, **7b** mit der Welle **51** starr bzw. drehsteif verbunden. Die Schraubverbindungen **7a**, **7b** sind axial in Bezug auf die Rotationsachse R orientiert, was eine besondere drehsteife Ankopplung der Meßteilung **3** an die rotierende Welle **51** darstellt.

[0033] Zwischen dem Gehäuse **1** des stationären Teiles der Baueinheit und dem Trägerring **6** auf Seiten des beweglichen Teiles sind ferner Dichtungselemente **8a**, **8b** vorgesehen. Hierbei sind die Dichtungselemente **8a**, **8b** oberhalb und unterhalb des rotierenden Trägerrings **6** auf Seiten des Gehäuses **1** angeordnet, die etwa als Lippendichtungen aus Polyurethan ausgebildet sind. Alternativ könnten selbstverständlich auch andere Dichtungselemente wie O-Ringe, V-Seal-Dichtungen etc. an dieser Stelle zum Einsatz kommen, um den Innenraum des stationären Gehäuses **1** des Winkelmeßsystems gegenüber der rotierenden Welle **51** abzudichten.

[0034] Da das erfindungsgemäße Winkelmeßsystem keine Eigenlagerung aufweist, sondern die rotierende Welle **51** in den vorhandenen Rundtisch-Lagern drehbar gelagert ist, kann ggf. eine Exzentrizität der rotierenden Meßteilung **4** vorliegen. Dies ist der Fall, wenn die Rotationsachse R nicht mit der Symmetriechse der Meßteilung **4** übereinstimmt. Eine derartige Exzentrizität kann beispielsweise durch vorhandene Lager- und/oder Passungstoleranzen verursacht werden. Die Folge eventueller Exzentrizitäten sind Fehler bei der Bestimmung der exakten Winkelpositionen. Wie nachfolgend anhand der beiden **Fig. 2a** und **Fig. 2b** noch erläutert wird, sind auf Seiten des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems neben den abtastseitigen Korrekturmitteln noch weitere Korrekturmittel vorgesehen, um derartige exzentrisitätsbedingte Meßfehler zu kompensieren.

[0035] Im Hinblick auf die mechanische Auslegung des Winkelmeßsystems ist in diesem Zusammenhang zu beachten, daß der im stationären Gehäuse **1** rotierende Teil des Winkelmeßsystems, d. h. der Trägerring **6** mit Trägerscheibe **5** und Meßteilung **4** bei der Rotation auch im Falle eventueller Exzentrizitäten nicht mit dem Gehäuse **1** kollidiert. Der Innenraum des Gehäuses **1** ist demzufolge derart zu dimensionieren, daß auch eine ggf. vorliegende Exzentrizität des rotierenden Teiles nicht zu einer Kollision mit stationären Teilen führt.

[0036] Außerdem sind beim erfindungsgemäßen Winkelmeßsystem auf Seiten der stationären Baueinheit Sollkontaktflächen **9.1**, **9.2** zwischen dem rotierenden Trägerring **6** und dem Gehäuse **1** vorgese-

hen, die die maximal zulässigen, axialen und radialen Bewegungen zwischen dem Trägerring **6** und dem Gehäuse **1** begrenzen. Insbesondere wird darüber eine Kollision der Glas-Trägerscheibe **5** mit dem Gehäuse **1** verhindert. Hierbei dient die Sollkontaktfläche **9.1** zur Begrenzung der axialen Bewegung des Trägerringes **6**; die Sollkontaktfläche **9.2** dient zur Begrenzung der radialen Bewegung des Trägerringes **6**.

[0037] Anhand der [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) seien nachfolgend zwei Varianten zur Signalverarbeitung innerhalb des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems WMS erläutert.

[0038] Beide Figuren zeigen hierbei in schematischer Form im oberen Teil jeweils die um die Achse R rotierende inkrementale Meßteilung MT des Winkelmeßsystems WMS, die in diesem Ausführungsbeispiel von insgesamt vier stationären Abtasteinheiten A1–A4 photoelektrisch abgetastet wird. Darunter sind jeweils die verschiedenen elektronischen Signalverarbeitungselemente auf Seiten des Winkelmeßsystems WMS gezeigt, die als weitere Korrekturmittel zur Eliminierung exzentrizitätsbedingter Fehler fungieren.

[0039] Die vier Abtasteinheiten A1–A4 sind im Abstand von 90° zueinander angeordnet und liefern im Fall der oben beschriebenen Abtastanordnung gemäß der EP 0 412 481 B1 prinzipiell zwei sinus- und cosinusförmige Teil-Abtastsignale pro Abtasteinheit A1–A4, die um 90° phasenversetzt zueinander sind, d. h. insgesamt liegen acht derartige Teil-Abtastsignale vor. Der besseren Übersichtlichkeit halber ist in den [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) jedoch stets nur ein einziges Teil-Abtastsignal TAS1–TAS4 pro Abtasteinheit A1–A4 gezeigt, d. h. vier Teil-Abtastsignale. An der grundsätzlichen Art und Weise der erfindungsgemäßen Signalverarbeitung ändert dies jedoch nichts.

[0040] Die Teil-Abtastsignale TAS1–TAS4 liegen jeweils in Form analoger, sinusförmiger Signale vor. In den beiden dargestellten Varianten der [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) werden die Teil-Abtastsignale TAS1–TAS4 ggf. verstärkt und zunächst Komparator-Einheiten K1–K4 zugeführt, über die aus den sinusförmigen bzw. analogen Teil-Abtastsignalen TAS1–TAS4 jeweils digitale, rechteckförmige Teil-Abtastsignale TRS1–TRS4 erzeugt werden. Die rechteckförmigen Teil-Abtastsignale TRS1–TRS4 werden anschließend jeweils Zähler-Einheiten Z1–Z4 zugeführt, die in bekannter Art und Weise die Rechteckpulse der Teil-Abtastsignale TRS1–TRS4 aufsummieren. Ausgangsseitig liefern die Zähler-Einheiten Z1–Z4 demzufolge in Abhängigkeit der zugeführten Teil-Abtastsignale TRS1–TRS4 definierte, digitale Zählerstände ZS1–ZS4. Ebenfalls in beiden Ausführungsformen werden anschließend die Zählerstände ZS1–ZS4 einer Addier-Einheit ADD zugeführt. Am Ausgang der Addier-Einheit ADD liegt dann ein winkelabhängiges

Ausgangssignal Z vor, das aufgrund der beschriebenen Verarbeitung auch im Fall eventueller Exzentrizitäten der rotierenden Meßteilungfehlerkorrigiert ist. Beim fehlerkorrigierten Ausgangssignal Z handelt es sich demzufolge nach wie vor um einen winkelpositionsabhängigen Zählerstand. Durch die vorgenommene Addition der Zählerstände ZS1–ZS4 lassen sich in bekannter Art und Weise die exzentrizitätsbedingten Meßfehler eliminieren. Im Zusammenhang mit dieser bekannten Maßnahme sei beispielsweise auf die CH 426 285 verwiesen.

[0041] Vorteilhaft an dieser Art der Exzentrizitätsfehler-Korrektur ist primär, daß dabei grundsätzlich keine vollständige Signalauslöschung resultieren kann. Dies erfolgt beispielsweise im Fall der Exzentrizitäts-Korrektur über die Addition analoger, sinusförmiger Abtastsignale, wenn bestimmte Phasenbeziehungen zwischen den Teil-Abtastsignalen verschiedener Abtaststellen vorliegen.

[0042] Des Weiteren sei ausdrücklich betont, daß wie oben beschrieben die Korrektur der exzentrizitätsbedingten Meßfehler über die Korrekturmittel erfindungsgemäß auf Seiten des Winkelmeßsystems WMS erfolgt. An die dem Winkelmeßsystem WMS nachgeordnete Auswerteeinheit AE werden demzufolge fehlerkorrigierte Positionsmeßwerte übertragen, ohne daß auf Seiten der Auswerteeinheit AE weitere Korrekturschritte erforderlich sind.

[0043] Unterschiedlich wird nunmehr in den beiden Ausführungsbeispielen der [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) mit dem derart erzeugten fehlerkorrigierten Ausgangssignal Z verfahren, bevor dieses letztlich an die nachgeordnete Auswerteeinheit AE übertragen wird.

[0044] So ist gemäß der Variante in [Fig. 2a](#) vorgesehen, das derart erzeugte Signal Z, das letztlich dem korrigierten Positionsmeßwert entspricht, einer schematisch angedeuteten D/A-Wandlereinheit D/A zuzuführen, über welche eine Umwandlung des digitalen Positionsmeßwertes Z in fehlerkorrigierte, analoge Ausgangssignale SIN, COS erfolgt. In Bezug auf die Realisierung der D/A-Wandlereinheit D/A existieren selbstverständlich eine Reihe von Möglichkeiten. Beispielsweise kann die D/A-Wandlung der Positionsmeßwerte Z mit Hilfe abgespeicherter Tabellen erfolgen etc..

[0045] Die beiden um 90° phasenversetzten analogen Ausgangssignale SIN, COS werden anschließend zur Weiterverarbeitung an eine nachgeordnete Auswerteeinheit AE übertragen, beispielsweise an eine numerische Werkzeugmaschinensteuerung.

[0046] Die in [Fig. 2a](#) vorgeschlagene Ausführungsform ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn das erfindungsgemäße Winkelmeßsystem WMS in Verbindung mit Auswerteeinheiten AE eingesetzt werden

soll, die als Eingangssignale sinus- bzw. cosinusförmige Analogsignale voraussetzen.

[0047] Bei der in [Fig. 2b](#) dargestellten, zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Winkelmeßsystems WMS wird hingegen das wie oben beschrieben erzeugte, am Ausgang der Addier-Einheiten ADD anliegende, fehlerkorrigierte Ausgangssignal Z einer Signalaufbereitungseinheit SE auf Seiten des Winkelmeßsystems WMS zugeführt. Die Signalaufbereitungseinheit SE hat hierbei die primäre Funktion, das fehlerkorrigierte, winkelabhängige Ausgangssignal Z zur seriellen Übertragung an die nachgeordnete Auswerteeinheit AE aufzubereiten. An die Auswerteeinheit AE werden demzufolge in dieser Ausführungsform fehlerkorrigierte Positionsmeßwerte POS in serieller Form übertragen.

[0048] Vorteilhaft an dieser Variante ist insbesondere die Verringerung des Verkabelungsaufwandes zwischen dem Winkelmeßsystem WMS und der Auswerteeinheit AE, da zur Datenübertragung i. w. lediglich eine Signalübertragungsleitung erforderlich ist. Ferner bietet diese Ausführungsform die Möglichkeit, neben bzw. zusätzlich zu den fehlerkorrigierten Positionsmeßwerten POS im Rahmen des gewählten Übertragungsschemas weitere Daten vom Winkelmeßsystem WMS zur Auswerteeinheit AE zu übertragen. Hierbei kann es sich z. B. um die konkrete Information bezüglich einer eventuell vorliegenden Lagerungs-Exzentrizität handeln, d. h. die Angabe des Versatzes zwischen der idealen Rotationsachse und der tatsächlichen Rotationsachse des Schwenkrundtisches in der x-y-Ebene. Dies ist bei der dargestellten Variante in [Fig. 2b](#) auch vorgesehen, wozu die Zählerstände ZS1 und ZS3 der gegenüberliegenden Abtasteinheiten A1 und A3 ferner einer ersten Differenzbildungseinheit DIF1 zugeführt werden und die Zählerstände ZS2 und ZS4 einer zweiten Differenzbildungseinheit. Aus der Differenzbildung der Zählerstände ZS1 und ZS3 resultiert in bekannter Art und Weise ein Versatzwert V1, der einen eventuellen Versatz der Rotationsachse R in y-Richtung angibt; analog hierzu beschreibt der Versatzwert V2 einen eventuellen Versatz der Rotationsachse R in x-Richtung. Die derart gebildeten Versatzwerte V1, V2 werden ebenfalls der Signalaufbereitungseinheit SE zugeführt, die diese Daten ebenfalls derart aufbereitet, daß eine serielle Übertragung zusammen mit den Positionsmeßwerten POS an die Auswerteeinheit möglich ist. In Bezug auf die Bestimmung der Versatzwerte V1, V2 sei an dieser Stelle ausdrücklich ergänzend auf die bereits oben erwähnte EP 0 325 924 B1 verwiesen.

[0049] Neben den erwähnten Versatzinformationen können selbstverständlich noch weitere Informationen wie Überwachungs- und/oder Diagnosedaten zwischen dem Winkelmeßsystem WMS und der Aus-

werteeinheit AE im Rahmen der gewählten seriellen Datenübertragung ausgetauscht werden etc..

[0050] Die vorliegende Erfindung ist somit keinesfalls auf die beschriebenen Ausführungsformen beschränkt; es existieren im Rahmen der erfindungsgemäßen Überlegungen vielmehr eine Reihe zusätzlicher Möglichkeiten, die dem einschlägigen Fachmann geläufig sind.

Patentansprüche

1. Winkelmeßsystem ohne Eigenlagerung zur hochpräzisen Bestimmung der Winkelposition eines um eine Drehachse (R) rotierenden Objektes, bestehend aus einer stationären Baueinheit und einer rotationssymmetrischen Meßteilung (4), die mit dem rotierenden Objekt verbindbar ist, wobei mehrere Abtasteinheiten (A1-A4) in einer definierten räumlichen Orientierung in der stationären Baueinheit angeordnet sind und zur Abtastung der Meßteilung (4) an mehreren verschiedenen Meßteilungsorten dienen und winkelpositionsabhängige Teil-Abtastsignale (TAS1-TAS4) liefern und wobei das Winkelmeßsystem (WMS) Korrekturmittel umfaßt, um aus den Teil-Abtastsignalen (TAS1-TAS4) der Abtasteinheiten (A1-A4) winkelabhängige Ausgangssignale (Z) zu erzeugen, die um Fehler bereinigt sind, die durch eine vorliegende Nicht-Übereinstimmung der Drehachse des Objektes (R) mit der Symmetriechse der Meßteilung (4) resultieren und wobei die Korrekturmittel elektronische Signalverarbeitungselemente auf Seiten des Winkelmeßsystems (WMS) umfassen, welche die Teil-Abtastsignale (TAS1-TAS4) der Abtasteinheiten (A1-A4) derart verarbeiten, daß das Winkelmeßsystem (WMS) ausgangsseitig fehlerkorrigierte Positionsmeßwerte (POS) liefert und wobei auf Seiten der Baueinheit ferner eine Signalaufbereitungseinheit (SE) angeordnet ist, der die winkelabhängigen Ausgangssignale (Z) zugeführt werden und welche diese zur seriellen Übertragung als fehlerkorrigierte Positionsmeßwerte (POS) an eine nachgeordnete Auswerteeinheit (AE) aufbereitet und wobei das Winkelmeßsystem (WMS) weitere Komponenten enthält, über die aus den erzeugten Teil-Abtastsignalen (TAS1-TAS4) zusätzliche Versatz-Informationen (V1, V2) bezüglich eines eventuellen Versatzes des rotierenden Objektes erzeugbar sind und diese Versatz-Informationen (V1, V2) ebenfalls der Signalaufbereitungseinheit (SE) zugeführt werden, die auch diese zur seriellen Übertragung an eine nachgeordnete Auswerteeinheit (AE) aufbereitet.

2. Winkelmeßsystem nach Anspruch 1, wobei die Meßteilung (4) kreisringförmig ausgebildet ist und in axialer Richtung mit dem rotierenden Objekt verbunden ist.

3. Winkelmeßsystem nach Anspruch 2, wobei die Meßteilung (**4**) als Durchlicht-Meßteilung ausgebildet ist.

gegenüberliegenden Abtasteinheiten (A1–A4) zugeführt werden.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

4. Winkelmeßsystem nach Anspruch 2, wobei die Meßteilung (**4**) mit einem kreisringförmigen Trägerring (**6**) verbunden ist, der mittels Schraubverbindungen (**7a, 7b**) mit dem rotierenden Objekt verbunden ist, wobei die Schraubverbindungen (**7a, 7b**) axial zur Drehachse (R) orientiert sind.

5. Winkelmeßsystem nach Anspruch 4, wobei die Baueinheit zwischen dem stationären Teil und dem rotierenden Trägerring (**6**) Dichtungselemente (**8a, 8b**) aufweist.

6. Winkelmeßsystem nach Anspruch 2, wobei die Meßteilung (**4**) innerhalb der Baueinheit in einem Bereich angeordnet ist, welcher derart ausgebildet und dimensioniert ist, daß auch in dem Fall keine Kollision zwischen dem rotierenden Teil und dem stationären Teil des Winkelmeßsystems (WMS) resultiert, wenn die Rotationsachse (R) des Objektes und die Symmetriearchse der Meßteilung (**4**) nicht exakt übereinstimmen.

7. Winkelmeßsystem nach Anspruch 6, wobei zwischen einem Gehäuse (**1**) der stationären Baueinheit und dem rotierenden Trägerring (**6**) ein oder mehrere Sollkontaktflächen (**9.1, 9.2**) vorgesehen sind, durch die die radiale und/oder axiale Bewegung des Trägerringes (**6**) begrenzbar ist.

8. Winkelmeßsystem nach Anspruch 1, wobei die elektronischen Signalverarbeitungselemente folgende Komponenten umfassen:

- a) mehrere Komparator-Einheiten (K1–K4), denen die analogen Teil-Abtastsignale (TAS1–TAS4) zuführbar sind, und über die aus den Teil-Abtastsignalen (TAS1–TAS4) rechteckförmige Teil-Abtastsignale (TRS1–TRS4) erzeugbar sind,
- b) mehrere Zählereinheiten (Z1–Z4), denen die rechteckförmigen Teil-Abtastsignale (TRS1–TRS4) zuführbar sind und die in Abhängigkeit der zugeführten Teil-Abtastsignale (TRS1–TRS4) ausgangsseitig definierte Zählerstände (ZS1–ZS4) liefern,
- c) ein oder mehrere Addiereinheiten (ADD), denen die Zählerstände (ZS1–ZS4) der verschiedenen Abtasteinheiten (A1–A4) zuführbar sind, so daß am Ausgang der Addiereinheiten (ADD) ein fehlerkorrigiertes, Ausgangssignal (Z) bezüglich der Winkelposition des rotierenden Objektes zur Verfügung steht.

9. Winkelmeßsystem nach Anspruch 1, wobei als weitere Komponenten zur Erzeugung der Versatz-Informationen (V1, V2) mindestens zwei Differenzbildungs-Einheiten (DIF1, DIF2) vorgesehen sind, denen die Zählerstände (ZS1–ZS4) von rechteckförmigen Teil-Abtastsignalen (TRS1–TRS4) aus jeweils

Anhängende Zeichnungen

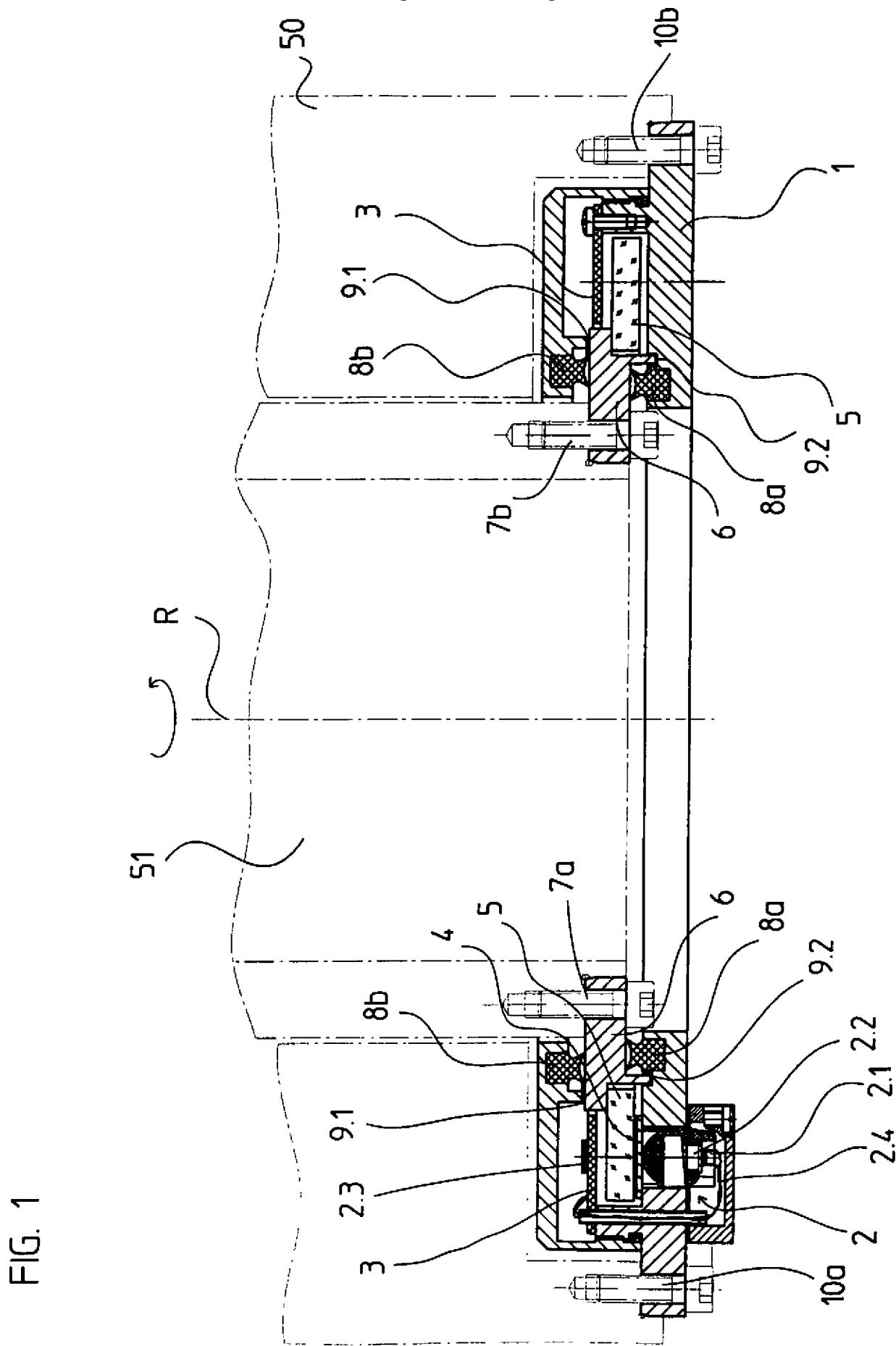


FIG. 1

FIG. 2a

2/3

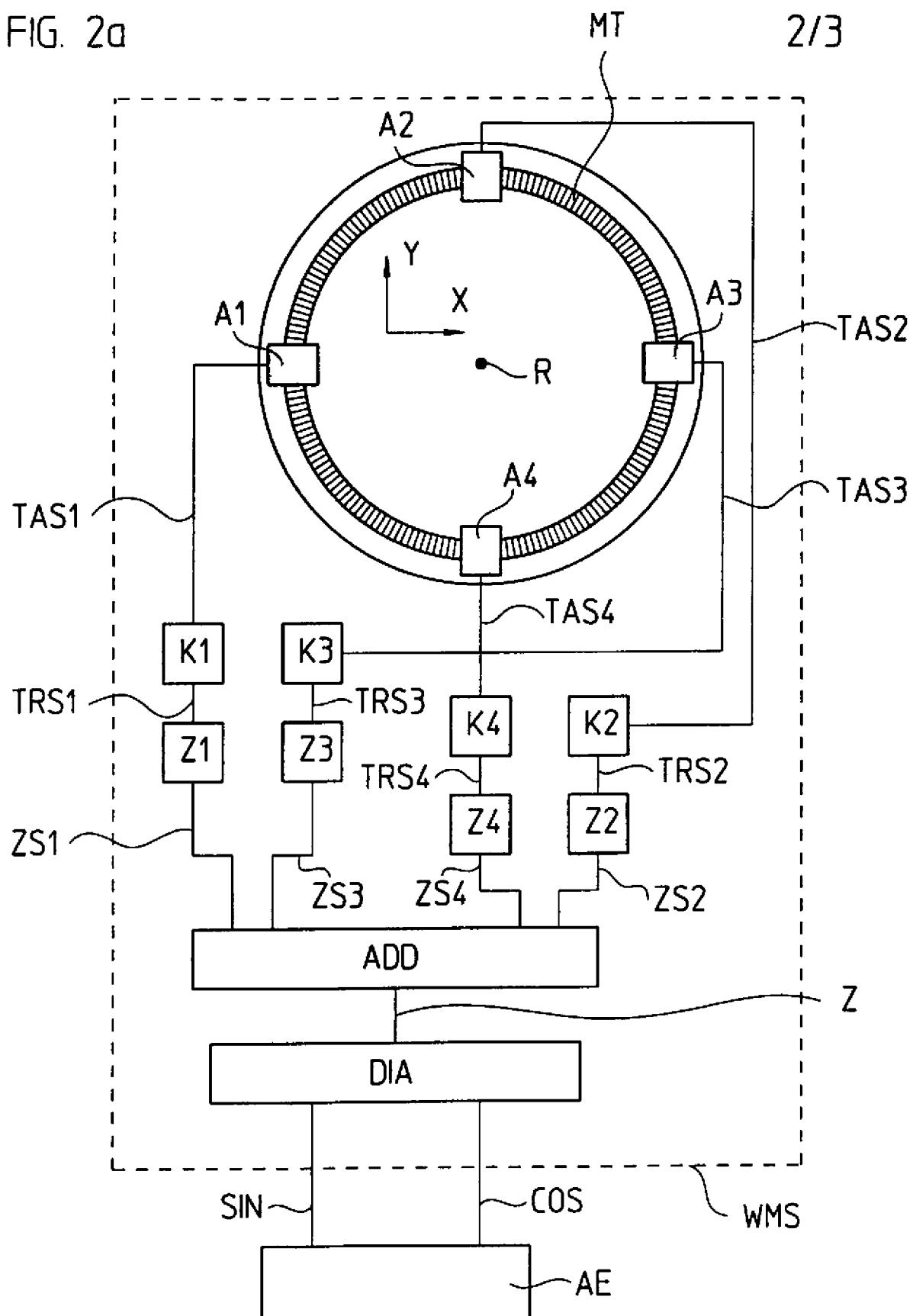


FIG. 2b

3/3

