



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 115 624.8**

(22) Anmeldetag: **23.08.2016**

(43) Offenlegungstag: **01.03.2018**

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

G01P 3/44 (2006.01)

H02P 6/16 (2016.01)

(71) Anmelder:
FRABA B.V., SG Heerlen, NL

(72) Erfinder:
**Löken, Michael, Dr., 52428 Jülich, DE; Kettering,
Uwe, 50968 Köln, DE**

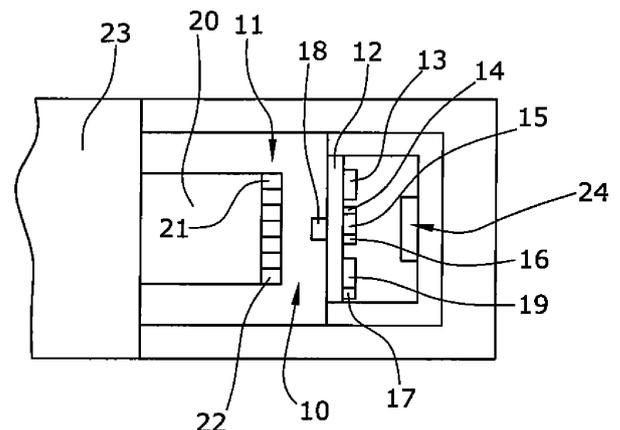
(74) Vertreter:
**Patentanwälte ter Smitten Eberlein-Van Hoof
Rütten Partnerschaftsgesellschaft mbB, 40549
Düsseldorf, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Kalibrieren eines Drehgebers und Drehgeber**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Kalibrieren (40) eines Drehgebers (10) zur Erfassung einer Drehwinkelposition (21, 22) einer Maschinenwelle (20), wobei der Drehgeber (10) zumindest eine mit der Maschinenwelle (20) drehfest verbundene Erregereinheit (11) und eine mit der Erregereinheit (11) funktional zusammenwirkende, feststehende Sensoreinheit (12) aufweist, mit den folgenden Schritten:

- Versetzen (41) der Maschinenwelle (20) in eine Drehbewegung mit einer vorgegebenen Drehgeschwindigkeit bei Vorliegen einer ersten Sensortemperatur (T1),
- Erfassen (42) eines ersten Positions-Messwertes (31.1, 32.1) an einer vorgegebenen Drehwinkelposition (21, 22) bei Vorliegen der ersten Sensortemperatur (T1),
- Heizen (43a) oder Kühlen (43b) zumindest der Sensoreinheit (12) auf eine zweite Sensortemperatur (T2), die höher oder niedriger als die erste Sensortemperatur (T1) ist,
- Erfassen (44) eines zweiten Positions-Messwertes (31.2, 32.2) an der Drehwinkelposition (21, 22) bei Vorliegen der zweiten Sensortemperatur (T2),
- Ermitteln (45) einer Abweichung (35) zumindest zwischen dem zweiten Positions-Messwert (31.2, 32.2) und einem Soll-Positions-Messwert (31.0, 32.0), und Korrigieren (46) eines Ausgangssignals des Drehgebers (10) um die ermittelte Abweichung (35) an der Drehwinkelposition (21, 22) bei Vorliegen der zweiten Sensortemperatur (T2).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kalibrieren eines Drehgebers zur Erfassung einer Drehwinkelposition einer Maschinenwelle, wobei der Drehgeber zumindest eine mit der Maschinenwelle drehfest verbundene Erregereinheit und eine mit der Erregereinheit funktional zusammenwirkende, feststehende Sensoreinheit aufweist. Ferner betrifft die Erfindung einen Drehgeber zur Bestimmung einer korrigierten Drehwinkelposition.

[0002] Die Information über eine aktuelle Position einer Maschinenwelle ist für einen präzisen Betrieb einer Maschine unerlässlich. Solche Positionsangaben spielen beispielsweise bei der Automatisierung von Anlagen, insbesondere zur Steuerung technischer, zumeist hochpräziser Vorgänge, eine wichtige Rolle. So sind beispielsweise zur Steuerung einer Werkzeugmaschine, eines Roboterarms oder ähnlicher Anwendungen stets Systeme zur Positionserfassung erforderlich. Ferner sind solche Systeme auch bei Elektromotoren zur Geschwindigkeits- oder Lageregelung erforderlich, insbesondere um zur Spulenansteuerung zu wissen, an welcher Stelle sich der Rotor befindet.

[0003] Inkrementelle Drehgeber dienen zur Erfassung von Positionsänderungen und können zur Messung einer Wegstrecke, Wegrichtung oder einer Winkeländerung eingesetzt werden. Solche Inkrementalgeber ermöglichen nur die Erfassung einer relativen Position innerhalb der Teilung einer Skala bzw. eines Strichcodes. Zur Bestimmung einer absoluten Position ist ein Erfassen einer gewissen Anzahl von überlaufenen Skalenteilungen erforderlich.

[0004] Absolute Drehgeber können die absolute Position einer Maschinenwelle direkt bestimmen. Dies erfolgt zumeist über eine codierte und jeweils einer bestimmten Winkelposition der Welle eindeutig zugeordnete Abtastung.

[0005] Um eine besonders hohe Messgenauigkeit zu ermöglichen, ist eine besonders exakte Positionierung sowie Kalibrierung des Messsystems erforderlich, insbesondere der Sensoreinheit gegenüber der Erregereinheit. Es hat sich gezeigt, dass die an der Sensoreinheit vorliegende Temperatur, insbesondere eine Temperaturveränderung, die Messgenauigkeit des Messsystems negativ beeinflussen kann. Solche Temperaturveränderungen können regelmäßig durch äußere Umwelteinflüsse, wie eine Sonneneinstrahlung, durch den Betrieb einer Maschine oder durch die Drehgeber-Elektronik an sich im Laufe des Betriebs des Drehgebers verursacht sein.

[0006] Beispielsweise kann bei einem Drehwinkelsensor, der bei Raumtemperatur kalibriert ist, bei Vorliegen einer erhöhten Umgebungstemperatur, zum

Beispiel eine Temperatur von 100°C, eine Abweichung eines erfassten Positionswertes von einem tatsächlichen bzw. von dem bei Raumtemperatur kalibrierten Positionswert einer Drehwinkelposition auftreten. Die Ursache für eine solche temperaturabhängige Abweichung, auch Temperaturdrift genannt, kann bei einer erhöhten Temperatur beispielsweise in einer Ausdehnung der an dem Drehgeber oder an einer Maschine verwendeten Materialien und/oder einer Positionsveränderung der für eine Messung zueinander ausgerichteten Bauteile liegen. Letzteres kann insbesondere die in der Sensoreinheit üblicherweise angeordneten Komponenten, wie einen Hall-Sensor, AMR-Basissensor, optischen Sensor, Signalverstärker und/oder A/D-Wandler betreffen. In der Folge hieraus kann die fehlerhafte Erkennung einer Winkelposition, beispielsweise bei Verwendung des Drehgebers zur Ansteuerung eines Antriebsmotors, zu Rundlaufschwankungen in dem Motor und/oder zu einem Fehler in der Positionierung eines Bauteils, wie eines Roboterarms, führen.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Kalibrieren eines Drehgebers bereitzustellen, bei dem mit relativ geringem Aufwand eine besonders hohe Messgenauigkeit des Drehgebers auch bei veränderten Umgebungs- und/oder Sensortemperaturen ermöglicht wird.

[0008] Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch einen Drehgeber mit den Merkmalen des Anspruchs 8. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung sowie den Figuren aufgeführt.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Kalibrieren eines Drehgebers zur Erfassung einer Drehwinkelposition einer Maschinenwelle, insbesondere eines Absolutwertgebers, sieht die folgenden Schritte vor:

Versetzen der Maschinenwelle in eine Drehbewegung mit einer vorgegebenen, insbesondere konstanten, Drehgeschwindigkeit bei Vorliegen einer ersten Sensortemperatur. Die erste Sensortemperatur entspricht bevorzugt der Raumtemperatur, das heißt etwa 21°Celsius. Die Drehgeschwindigkeit kann von dem Drehgeber selbst an einen Antriebsmotor bzw. an eine Steuerelektronik vorgegeben sein. Hierzu kann beispielsweise eine Drehzahl von etwa 1000 Umdrehungen pro Minute vorgesehen sein.

[0010] Es folgt ein automatisches Erfassen eines ersten Positions-Messwertes an einer vorgegebenen Drehwinkelposition mittels der Sensoreinheit bei Vorliegen der ersten Sensortemperatur, insbesondere der Raumtemperatur. Der erfasste erste Positionswert entspricht einem von der ersten Temperatur so-

wie dem Drehwinkel abhängigen Wert. Die vorgegebene Drehwinkelposition kann ein an der Maschinenwelle definierter Messpunkt sein, beispielsweise ein sogenannter Nulldurchgang der Maschinenwelle. Das Erfassen des ersten Positionsmesswertes bei der vorgegebenen Drehwinkelposition kann im Wesentlichen einem an sich bekannten und üblichen Kalibrierverfahren des Drehgebers entsprechen. Selbstverständlich ist es – beispielsweise durch eine Aneinanderreihung von erfassten Messwerten – möglich, einen bei der ersten Sensortemperatur über eine Umdrehung der Maschinenwelle ausgebildeten Winkelverlauf zu erfassen.

[0011] Nachdem der erste Positions-Messwert bei Vorliegen der ersten Sensortemperatur erfasst wurde, erfolgt nun die aktive Temperaturkalibrierung. Dazu erfolgt ein Verändern der an der Sensoreinheit anliegenden Sensortemperatur, insbesondere ein Heizen oder Kühlen der Sensoreinheit auf eine zweite Sensortemperatur, die höher oder niedriger als die erste Sensortemperatur ist. Grundsätzlich kann dazu das gesamte Drehwinkelmeßsystem, beispielsweise in einer Klimakammer oder Dergleichen, auf eine definierte Temperatur versetzt werden. Bevorzugt erfolgt lediglich ein lokales Aufheizen bzw. Kühlen einzelner Komponenten des Drehwinkelmeßsystems, welches wesentlich effektiver, schneller und kostengünstiger ist. Insbesondere die Sensoreinheit kann lokal aufgeheizt oder abgekühlt werden, so dass nur einzelne Bereich oder Komponenten der Sensoreinheit in ihrer Temperatur verändert werden bzw. die zweite Sensortemperatur aufweisen. Dadurch können die an dem Drehgeber in einem Betrieb vorherrschenden Bedingungen besonders real nachempfunden werden. Beispielsweise wird nur ein Mikrocontroller des Drehgebers, der sich aufgrund seiner Betriebsart üblicherweise relativ schnell aufheizt, auf eine zweite Sensortemperatur versetzt. Das Heizen oder Kühlen kann mittels einer externen, das heißt von dem Drehgeber unabhängigen, Einrichtung erfolgen, beispielsweise mittels eines Heißluftföhns, Lasers, Infrarotstrahlers, Belüftungssystems, Kühlpads oder Dergleichen. Zum Heizen oder Kühlen der Sensoreinheit kann die Maschinenwelle grundsätzlich gestoppt werden und anschließend wieder in Drehbewegung versetzt werden. Vorteilhafterweise wird die Drehgeschwindigkeit der Maschinenwelle während des Aufheizens oder Abkühlens der Sensoreinheit konstant beibehalten, so dass der Aufwand und die Zeit zur Kalibrierung relativ gering gehalten sowie die Betriebsbedingungen des Drehgebers besonders realistisch nachgeahmt werden können.

[0012] Nach Erreichen der zweiten Sensortemperatur erfolgt erneut ein Erfassen eines zweiten Positions-Messwertes an der Drehwinkelposition bei Vorliegen der zweiten Sensortemperatur. Der erfasste zweite Positionswert entspricht einem von der zweiten Temperatur sowie dem Drehwinkel abhängigen

Wert. Die Drehwinkelpositionen der ersten Messung bei Raumtemperatur und der zweiten Messung bei veränderter Temperatur können grundsätzlich verschieden angeordnet sein. Bevorzugt sind die Drehwinkelpositionen an derselben Stelle an der Maschinenwelle angeordnet, so dass das Erfassen des ersten Positions-Messwertes und des zweiten Positions-Messwertes jeweils an derselben Drehwinkelposition erfolgt. Vorteilhafterweise wird die zweite Sensortemperatur an der Sensoreinheit während des Erfassens konstant gehalten. Das Erfassen erfolgt wieder nach dem üblichen Verfahren, wobei es wiederum grundsätzlich möglich ist, nicht nur eine Einzelwertmessung pro Grad und Umdrehung durchzuführen sondern einen über die gesamte Umdrehung der Maschinenwelle ausgebildeten Winkelverlauf zu erfassen.

[0013] Es folgt ein Ermitteln einer Abweichung zumindest zwischen dem erfassten zweiten Positions-Messwert und einem vorgegebenen Soll-Positions-Messwert. Insbesondere wird ein Differenzbetrag zwischen dem zweiten Positions-Messwert und einem Soll-Positions-Messwert rechnerisch ermittelt, wobei der ermittelte Differenzbetrag einem von der Temperaturdifferenz und dem Drehwinkel abhängigen Wert entspricht. Dazu kann ein Berechnungsmodul aktiviert werden, wobei der vorgegebene Soll-Positions-Messwert in einem Speichermodul abrufbar gespeichert sein kann. Der Soll-Positions-Messwert gibt denjenigen Messwert an, der im Idealfall exakt an einer definierten Drehwinkelposition erfassbar ist. Dadurch kann eine „ideale“ Positionsangabe erfolgen. Unter der Abweichung ist folglich eine Abweichung der gemessenen Winkelposition von der zuvor beschriebenen Ideal-Winkelposition der Maschinenwelle zu verstehen. Anhand der Abweichung kann unmittelbar ein Korrekturwert bestimmt werden, um den ein gemessener Positions-Messwert bei Vorliegen der entsprechenden Temperatur korrigiert werden muss.

[0014] Daher erfolgt in einem nächsten Schritt ein Korrigieren eines Ausgangssignals des Drehgebers um die ermittelte Abweichung bzw. um den Korrekturwert an der jeweiligen Drehwinkelposition und bei Vorliegen der zweiten Sensortemperatur. Vorteilhafterweise erfolgt pro Umdrehung ein Korrigieren eines jeden einzelnen Winkelwertes von 0° bis 360° entsprechend einer an der Sensoreinheit anliegenden Sensortemperatur. Dadurch kann auch bei einer von der Raumtemperatur abweichenden Sensortemperatur die Drehwinkelposition der Maschinenwelle mit dem Drehgeber exakt bestimmt werden, so dass eine Ansteuerung und/oder Positionierung insbesondere eines Antriebsmotors besonders exakt erfolgen kann.

[0015] Vorzugsweise wird das zuvor beschriebene Verfahren an zumindest zwei Drehwinkelpositionen

pro Umdrehung der Maschinenwelle durchgeführt. Insbesondere kann in bzw. während einer Umdrehung der Maschinenwelle an mindestens zwei vorgegebenen Drehwinkelpositionen jeweils ein erster Positions-Messwert bei Vorliegen der ersten Sensortemperatur erfasst werden, und nach dem Heizen oder Kühlen der Sensoreinheit auf eine zweite Sensortemperatur in einer weiteren Umdrehung der Maschinenwelle an den Drehwinkelpositionen jeweils ein zweiter Positions-Messwert bei Vorliegen der zweiten Sensortemperatur erfasst werden, und sodann jeweils eine Abweichung des zweiten Positions-Messwertes von einem Soll-Positions-Messwert ermittelt werden. Anschließend kann jeweils an den Drehwinkelpositionen und bei Vorliegen der zweiten Sensortemperatur ein Korrigieren des Ausgangssignals des Drehgebers um die ermittelte Abweichung erfolgen. Besonders bevorzugt wird das Verfahren für eine jede über 360° verteilte Drehwinkelposition der Maschinenwelle durchgeführt, vorteilhafterweise in einer einzigen Umdrehung der Maschinenwelle. Alternativ oder zusätzlich zur Kontrolle kann die Abweichung über die Umdrehung auch mittels eines mathematischen Algorithmus annähernd berechnet werden. Dadurch kann über den gesamten Umfang der Maschinenwelle eine besonders exakte Kalibrierung des Drehgebers erfolgen. Zudem kann die Kalibrierung in relativ kurzer Zeit durchgeführt werden.

[0016] Vorzugsweise erfolgt zusätzlich ein Berechnen zumindest eines dritten Positions-Messwertes, der an der Drehwinkelposition bei Vorliegen einer dritten Sensortemperatur zu erwarten ist. Grundsätzlich kann die dritte Sensortemperatur einen beliebigen, von der ersten und zweiten Sensortemperatur abweichenden Wert aufweisen. Bevorzugt weist die dritte Temperatur einen Wert auf, der zwischen der ersten Temperatur und der zweiten Temperatur liegt. Der zu erwartende Messwert kann insbesondere durch eine Interpolation der bei Vorliegen der ersten und zweiten Temperatur bekannten Messwerte berechnet werden. Alternativ können auch außerhalb des gemessenen Temperaturintervalls zu erwartende Messwerte, insbesondere durch eine Extrapolation, berechnet werden. Insbesondere kann eine Inter- bzw. Extrapolation zum Einen bei Positions-Messwerten zwischen zwei Einträgen in der Korrekturtabelle und zum Anderen bei Temperaturen zwischen der ersten Kalibrations-temperatur (z. B. Raumtemperatur) und der zweiten Kompensationstemperatur (z. B. 100°C) stattfinden. Anhand dessen können ein Ermitteln einer Abweichung zwischen dem berechneten dritten Positions-Messwert und dem Soll-Positions-Messwert, und ein Korrigieren des Ausgangssignals des Drehgebers um die ermittelte Abweichung an der Drehwinkelposition bei Vorliegen der dritten Sensortemperatur erfolgen. Dadurch kann für jede beliebige, zwischen der ersten Temperatur und der zweiten Temperatur liegende Temperatur ein Winkelverlauf der Maschinen-

welle berechnet werden und zur Korrektur der Messwerte herangezogen werden.

[0017] Vorzugsweise wird der zur Berechnung herangezogene Soll-Positions-Messwert durch den erfassten ersten Positions-Messwert gebildet. Der erste Positions-Messwert kann somit einem Soll-Positions-Messwert entsprechen und bevorzugt einen bei Raumtemperatur erfassbaren Wert darstellen, der als ein idealer Referenzwert angesehen werden kann. Dazu kann der erste Positions-Messwert in einem Speicher abrufbar hinterlegt sein und zum Ermitteln der Abweichung herangezogen werden.

[0018] Vorzugsweise wird der Soll-Positions-Messwert mittels eines Referenzwertgebers oder mittels eines hochgezählten Zeitwertes, der einer vorgegebenen Laufzeit der Drehbewegung von der ersten Drehwinkelposition bis zu der zweiten Drehwinkelposition entspricht, ermittelt. Ein solches Verfahren ist beispielsweise in der DE 10 2016 101 965.8 ausführlich beschrieben. Dadurch ist für jeden Drehgeber individuell eine besonders exakte Kalibrierung ermöglicht. Ferner kann die Kalibrierung mit einem Referenzwertgeber oder automatisch erfolgen.

[0019] Besonders bevorzugt erfolgt ein Speichern zumindest eines Positions-Messwertes und/oder der Abweichung in einem Speicher. Beispielweise werden sämtliche erfassten Positions-Messwerte und/oder berechnete Abweichungen in dem Speicher gespeichert und können zum Betreiben und Korrigieren des Drehgebers herangezogen werden. Bevorzugt sind die Positions-Messwerte und/oder Abweichungswerte für unterschiedliche, insbesondere zu erwartende Temperaturen, in dem Speicher hinterlegt. Ferner kann ein Speichern einer Korrekturtabelle, des temperaturabhängigen Winkelverlaufs und/oder zumindest eines Korrekturwertes erfolgen. Dadurch kann für jede zu erwartende Temperatur eine besonders hohe Messgenauigkeit und Drehwinkelbestimmung des Drehgebers gewährleistet werden.

[0020] Vorteilhafterweise wird in einem Betrieb des Drehgebers die Sensortemperatur kontinuierlich erfasst. Dadurch kann der Drehgeber selbst – unabhängig von anderen Bauteilen – die Sensortemperatur kontinuierlich erfassen und einen der Sensortemperatur entsprechenden Korrekturwert für eine bestimmte Drehwinkelposition anwenden. Dadurch kann für jede zu erwartende Temperatur eine besonders hohe Messgenauigkeit und Drehwinkelbestimmung gewährleistet werden.

[0021] Der erfindungsgemäße Drehgeber zur Bestimmung einer korrigierten Drehwinkelposition einer Maschinenwelle, insbesondere ein Absolutwertgeber, weist zumindest eine mit der Maschinenwelle drehfest verbundene Erregereinheit und eine mit der Erregereinheit funktional zusammenwirken-

de, feststehende Sensoreinheit auf, insbesondere einen Hall-Sensor und einen Mikrocontroller. Zur temperaturabhängigen Kalibrierung sowie zur Bestimmung einer um eine Temperaturabweichung korrigierten Drehwinkelposition weist der Drehgeber erfindungsgemäß zusätzlich einen Temperatursensor auf. Somit kann der Drehgeber insbesondere zur Ausführung des oben beschriebenen Verfahrens eingerichtet sein. Dazu kann der Drehgeber optional eine Temperatursensoreinheit zum Auswerten der an der Sensoreinheit anliegenden Temperatur aufweisen. Das Temperatursensoreinheit kann beispielsweise in den Mikrocontroller integriert sein. Folglich kann der Drehgeber selbstständig eine temperaturabhängige Kalibrierung zur temperaturkompensierten Bestimmung der Drehwinkelpositionen durchführen. Ferner kann im Betrieb des Drehgebers die Sensortemperatur kontinuierlich erfasst werden und ein entsprechender Korrekturwert für die jeweilige Drehwinkelposition automatisch angewendet werden. Dadurch kann ein Drehgeber bereitgestellt werden, der – unabhängig von der Umgebungs- und/oder Sensortemperatur eine besonders präzise Angabe der Drehwinkelposition ermöglicht.

[0022] Vorzugsweise weist der Drehgeber ein Speichermodul zum Speichern zumindest eines Positions-Messwertes und/oder einer Abweichung auf. Der Speicher ist vorteilhafterweise in dem Drehgeber integriert, so dass die Anzahl der Bauteile relativ gering sein kann. Dadurch kann die Berechnung und Korrektur der erfassten Werte bei einer jeweiligen Temperatur unmittelbar an dem Drehgeber erfolgen, so dass eine separatere Auswerteeinrichtung nicht erforderlich ist.

[0023] Vorzugsweise weist der Drehgeber ein Berechnungsmodul zum Berechnen zumindest eines Positions-Messwertes und/oder einer Abweichung zwischen einem Positions-Messwert und einem Soll-Positions-Messwert für zumindest eine vorgegebene Sensortemperatur auf. Dadurch kann die Berechnung und Korrektur der erfassten Werte bei einer jeweiligen Temperatur unmittelbar an dem Drehgeber erfolgen, so dass eine separatere Auswerteeinrichtung nicht erforderlich ist.

[0024] Vorzugsweise weist der Drehgeber eine Heiz- und/oder Kühleinrichtung zum aktiven Heizen oder Kühlen zumindest eines Bereichs des Drehgebers auf. Dadurch kann mit dem Drehgeber selbstständig und unabhängig von externen Vorrichtungen eine temperaturabhängige Kalibrierung durchgeführt werden. Dies ist insbesondere bei einer regelmäßig durchzuführenden Kalibrierung vorteilhaft. Während des Betriebs des Drehgebers ist die Heiz- und/oder Kühleinrichtung vorzugsweise deaktiviert.

[0025] Die Heiz- und/oder Kühleinrichtung kann zum Beheizen der Sensoreinheit zumindest einen elek-

trischen Draht aufweisen, der bei einer Bestromung Wärme erzeugt. Dadurch kann die Sensoreinheit in relativ einfacher Weise auf eine bestimmte Temperatur aufgeheizt und eine temperaturabhängige Kalibrierung durchgeführt werden.

[0026] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen näher erläutert.

[0027] Fig. 1 zeigt schematisch einen erfindungsgemäßen Drehgeber in einer in geschnittener Darstellung,

[0028] Fig. 2 zeigt schematisch einen Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

[0029] Fig. 3 zeigt schematisch je einen erfassten Winkelverlauf bei unterschiedlichen Temperaturen.

[0030] In der Fig. 1 ist ein Beispiel eines erfindungsgemäßen Drehgebers **10** gezeigt. Der Drehgeber **10** ist an einem axialen Ende einer Maschinenwelle **20** angeordnet, wobei die Maschinenwelle **20** vorliegend als eine Antriebswelle eines Antriebsmotors **23** ausgebildet ist. Der Drehgeber **10** dient vorliegend zur exakten Ansteuerung des Antriebsmotors **23**, und ist dazu mit einer Steuereinheit **24** des Antriebsmotors **23** elektrisch verbunden.

[0031] Der Drehgeber **10** weist eine an dem freien Ende der Antriebswelle **20** angeordnete und mit der Antriebswelle **20** drehfest verbundene magnetische Erregereinheit **11** auf. Die Erregereinheit **11** bildet mittels mehrerer über den Umfang angeordneter und vorliegend nicht näher dargestellter Permanentmagnete eine auslesbare magnetische Codespur, insbesondere mehrere erfassbare Drehwinkelpositionen **21**, **22** auf. Grundsätzlich ist es möglich, lediglich einen als Dipol ausgebildeten Magneten zu verwenden, wobei hierbei lediglich zwei über den Umfang der Maschinenwelle angeordnete Drehwinkelpositionen **21**, **22** erfassbar sind. Zum Auslesen der Codespur ist eine Sensoreinheit **12** vorgesehen, die zumindest einen Sensor **18**, insbesondere einen Hallsensor, aufweist. Dazu kann der Hall-Sensor **18** mit den an der Antriebswelle **20** angeordneten Permanentmagneten in Wirkverbindung stehen und somit die Drehbewegung der Antriebswelle **20** erfassen. Die Erfassung **42**, **44** einer Drehwinkelposition **21**, **22**, das heißt das Zusammenspiel der Erregereinheit **11** und der Sensoreinheit **12**, kann folglich in einer an sich bekannten Art und Weise erfolgen.

[0032] Der Drehgeber **10** ist geeignet, an der Antriebswelle **20** eine automatische Kalibrierung **40** durchzuführen, insbesondere eine temperaturkompensierte Kalibrierung zur Vermeidung einer temperaturabhängigen Abweichung der erfassten Messwerte. Dazu weist der Drehgeber **10**, insbesondere an

der Sensoreinheit **12**, einen Mikrocontroller **19**, einen Temperatursensor **14** und eine Heiz-/Kühleinrichtung **15** zum aktiven Heizen **43a** oder Kühlen **43b** zumindest eines Bereichs des Drehgebers **10** auf. Dadurch kann der Drehgeber **10** eine Kalibrierung **40** vollkommen unabhängig von externen Vorrichtungen oder Einflüssen automatisch durchführen. Der Temperatursensor **14** ist als ein an sich bekannter Sensor zur Temperaturerfassung ausgebildet und erfasst insbesondere die an der Sensoreinheit **12** vorliegende Temperatur. Die erfasste Temperatur kann in einem nicht dargestellten Temperaturmodul, welches in dem Mikrocontroller **19** integriert sein kann, ausgewertet werden. Die Heiz-/Kühleinrichtung **15** umfasst einen elektrischen Draht **16**, der bei Bestromung erwärmt wird und benachbarte Bauteile, wie die Sensoreinheit **12**, beheizen kann. Dadurch kann die Sensortemperatur **12**, beispielsweise zu Kalibrierungszwecken, von einer ersten Temperatur T1, beispielsweise einer Raumtemperatur, auf eine höhere zweite Temperatur T2, beispielsweise auf 100° Celsius, versetzt werden. Alternativ kann – indem die Sensoreinheit **12** durch die Heiz-/Kühleinrichtung **15** auch kühlbar ist – auch bei einer sehr heißen Umgebungstemperatur T1 eine Kalibrierung gegen die bei Raumtemperatur T2 vorliegenden Messwerte **31.2**, **32.2** vorgenommen werden

[0033] Zum Berechnen **45**, **47a**, **47b** eines Positions-Messwertes **31.3**, **32.3** und/oder einer Abweichung **35**, **36** zwischen einem Positions-Messwert **31.1**, **32.1**, **31.2**, **32.2**, **31.3**, **32.3** und einem Soll-Positions-Messwert **31.0**, **32.0** für zumindest eine vorgegebene Sensortemperatur T1, T2, T3 weist der Drehgeber **10** ein Berechnungsmodul **17** auf. Das Berechnungsmodul **17** kann in dem Mikrocontroller **19** integriert sein.

[0034] Zum Speichern **48** zumindest eines zeitlichen Verlaufs von Positions-Messwerten **31.0**, **32.0**, **31.1**, **32.1**, **31.2**, **32.2**, **31.3**, **32.3** und/oder einer nicht dargestellten Korrekturtabelle mit Abweichungswerten **35**, **36**, weist der Drehgeber **10** ein Speichermodul **13** auf. Das Speichermodul **13** kann ebenfalls in dem Mikrocontroller **19** integriert sein.

[0035] In der Fig. 2 ist der Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Kalibrieren des Drehgebers **10** gezeigt, wobei zudem noch weitere Verfahrensschritte gezeigt sind, die optional stattfinden können.

[0036] Zunächst erfolgt ein Beschleunigen **41** der Antriebswelle **20** auf eine vorgegebene, vorzugsweise konstante, Drehzahl, insbesondere eine Drehzahl im Bereich von 1000 Umdrehungen pro Minute. Dies geschieht bei Vorliegen der ersten Sensortemperatur T1.

[0037] In einem ersten Durchgang der Kalibrierung **40** erfolgt sodann an zwei vorgegebenen Drehwinkel-

positionen **21**, **22** jeweils ein Erfassen **42** eines ersten Positions-Messwertes **31.1**, **32.1** bei Vorliegen der ersten Sensortemperatur T1. Die beiden Drehwinkelpositionen **21**, **22** sind grundsätzlich frei wählbar, bevorzugt aber – wie auch im gezeigten Beispiel – in einem Winkel von 180°, das heißt über den Umfang gesehen einander gegenüberliegend, an der Maschinenwelle **20** angeordnet. Die ersten Positions-Messwerte **31.1**, **32.1** können innerhalb einer einzigen Umdrehung der Maschinenwelle **20** erfasst werden, so dass die Kalibrierung **40** relativ schnell erfolgen kann. Nach dem Erfassen der ersten Positions-Messwerte **31.1**, **32.1** können diese in einem Speicher **13** abrufbar gespeichert werden, was mit dem Bezugszeichen **48** gekennzeichnet ist.

[0038] Je nach geplanter Anwendung des Drehgebers **10** kann nun ein Aufheizen **43a** oder Abkühlen **43b** der Sensoreinheit **12** auf eine zweite Sensortemperatur T2 erfolgen. Das Heizen **43a** oder Kühlen **43b** erfolgt mittels der Heiz-/Kühleinrichtung **15** und resultiert in einer Sensortemperatur T2, die höher oder niedriger als die erste Sensortemperatur T1 ist. In einem regulären Betrieb kann die zweite Temperatur T2 beispielsweise durch eine sich aufheizende Komponente der Sensoreinheit **12**, wie dem Mikrocontroller **19**, einem Signalverstärker und/oder AD-Wandler, auftreten.

[0039] Sobald die Sensoreinheit **12** die zweite Temperatur T2 erreicht hat, erfolgt ein weiteres Erfassen **44** von Positions-Messwerten, vorliegend jeweils ein zweiter Positions-Messwert **31.2**, **32.2** an den beiden bereits zuvor gemessenen Drehwinkelpositionen **21**, **22**. Die jetzige Erfassung **44** des zweiten Messwertes erfolgt also an denselben Drehwinkelpositionen **21**, **22** bei Vorliegen der zweiten Sensortemperatur T2. Die erfassten zweiten Positions-Messwerte **31.2**, **32.2** werden wiederum in einem Speicher **13** abrufbar gespeichert.

[0040] In einem nächsten Schritt erfolgt ein Ermitteln **45** einer Abweichung **35** jeweils zwischen dem erfassten zweiten Positions-Messwert **31.2**, **32.2** und einem vorgegebenen Soll-Positions-Messwert **31.0**, **32.0**. Dazu können die Soll-Positions-Messwerte **31.0**, **32.0** und die zweiten Positions-Messwerte **31.2**, **32.2** aus dem Speicher **13** abgerufen werden. Die Soll-Positions-Messwerte **31.0**, **32.0** können hierbei den im vorangegangenen Schritt **42** bei Raumtemperatur T1 erfassten ersten Positions-Messwerten **31.1**, **32.1** entsprechen.

[0041] Anschließend erfolgt ein Korrigieren **46** eines Ausgangssignals des Drehgebers **10** um die ermittelte Abweichung **35** jeweils an den Drehwinkelpositionen **21**, **22** bei Vorliegen der zweiten Sensortemperatur T2. Zumindest die Winkel-Abweichung **35** wird sodann in dem Speichermodul **13** für künftige Berechnungen und Auswertungen gespeichert. Optio-

nal kann zusätzlich ein Berechnen **47a** zumindest eines dritten Positions-Messwertes **31.3**, **32.3**, der bei Vorliegen einer dritten Sensortemperatur T3 jeweils an den Drehwinkelposition **21**, **22** zu erwarten ist, erfolgen. Ferner kann ein Ermitteln **47b** jeweils einer Abweichung **36** zwischen dem berechneten dritten Positions-Messwert **31.3**, **32.3** und dem vorgegebenen Soll-Positions-Messwert **31.0**, **32.0** für die entsprechenden Drehwinkelpositionen **21**, **22**, und anschließend ein Korrigieren **47c** des Ausgangssignals des Drehgebers **10** um die ermittelte Abweichung **36** jeweils an den Drehwinkelposition **21**, **22** bei Vorliegen der dritten Sensortemperatur T3 erfolgen. Dadurch kann insbesondere für eine zwischen der ersten Temperatur T1 und der zweiten Temperatur T2 liegende Temperatur T3 die zu erwartenden Messwerte **31.3**, **32.3** rechnerisch ermittelt werden, insbesondere durch Interpolieren der bekannten Messwerte **31.0**, **32.0**, **31.1**, **32.1**, **31.2**, **32.2**.

[0042] Dieses Vorgehen kann innerhalb weniger Umdrehungen der Maschinenwelle **20** erfolgen und/oder über einen gewissen Zeitraum automatisch von dem Drehgeber **10** wiederholt werden, so dass eine dauerhaft hohe Messgenauigkeit des Drehgebers **10** erreicht werden kann. Es ist zudem möglich, dass die temperaturabhängige Messung mehrfach pro Umdrehung erfolgt, so dass eine besonders exakte Kalibrierung des Drehgebers **10** erfolgt.

[0043] In einem anschließenden regulären Betrieb des Drehgebers **10** wird der an der jeweiligen Drehwinkelposition **21**, **22** erfasste Positions-Messwert – je nach vorliegender Temperatur – um den in der Speichereinheit **13** gespeicherten Abweichungs- bzw. Korrekturwert **35**, **36** korrigiert, so dass ein sodann um die Abweichung **35**, **36** korrigierter Drehwinkelpositionswert an die Steuereinheit **24** zur Steuerung und Regelung des Antriebsmotors **23** übermittelt werden kann.

[0044] In der **Fig. 3** sind beispielhaft drei Winkelverläufe bei jeweils unterschiedlichen Sensortemperaturen T1, T2, T3 gezeigt. Hierbei sind die einzelnen Positions-Messwerte über den Umfang der Maschinenwelle **20**, insbesondere an den vorliegend erfassten Drehwinkelpositionen **21**, **22**, gezeigt. Dabei zeigt eine durch die Soll-Positionswerte **31.0**, **32.0** verlaufende Kurve eine Ideallinie der Positionswerte, die einer Angabe der tatsächlichen Drehwinkelpositionen entspricht. Der Ideal- bzw. Soll-Winkelverlauf entspricht vorliegend im Wesentlichen einer Geraden, so dass keinerlei Brems- oder Ruckelmomente eines Antriebsmotors berücksichtigt sind.

[0045] Die bei einer ersten Sensortemperatur T1, insbesondere einer Temperatur von etwa 21° Celsius, erfassten ersten Positions-Messwerte **31.1**, **32.1** zeigen im Winkelverlauf eine nur sehr geringe Abweichung von der Idealkurve. Die bei einer zweiten Sen-

sortemperatur T2, insbesondere einer stark erhöhten Temperatur, erfassten zweiten Positions-Messwerte **31.2**, **32.2** zeigen im Winkelverlauf eine relativ starke Abweichung **35** von der bei Raumtemperatur T1 erfassten Winkelkurve. Ein dritter Winkelverlauf zeigt die bei einer dritten Sensortemperatur T3, die zwischen der ersten Sensortemperatur T1 und der zweiten Sensortemperatur T2 liegt, insbesondere rechnerisch ermittelten dritten Positions-Messwerte **31.3**, **32.3**. Dadurch kann für eine bestimmte, an der Sensoreinheit **12** vorliegende Temperatur T3 die erforderliche Abweichung **36** der erfassten Position-Messwerte erkannt und an dem Ausgangssignal des Drehgebers **10** eine entsprechende Korrektur vorgenommen werden.

[0046] Dadurch kann für jedes individuelle System ein Drehgeber mit einer besonders hohen Genauigkeit bei unterschiedlichen Temperaturen der Sensoreinheit bereitgestellt werden. Es sollte deutlich sein, dass der erfindungsgemäße Drehgeber nicht auf das vorliegend gezeigte Anwendungsbeispiel beschränkt ist, sondern zur Anwendung in unterschiedlichen Temperaturbereichen in geeigneter Weise ausgelegt sein kann.

Bezugszeichenliste

10	Drehgeber
11	Erregereinheit
12	Sensoreinheit
13	Speichermodul
14	Temperatursensor
15	Heiz- und/oder Kühleinrichtung
16	Draht
17	Berechnungsmodul
18	Hallsensor, AMR-Sensor
19	Mikrocontroller
20	Maschinenwelle
21	erste Drehwinkelposition
22	zweite Drehwinkelposition
23	Antriebsmotor
24	Steuereinheit
31.0	Soll-Positions-Messwert
32.0	Soll-Positions-Messwert
31.1	erster Positions-Messwert
32.1	erster Positions-Messwert
31.2	zweiter Positions-Messwert
32.2	zweiter Positions-Messwert
31.3	dritter Positions-Messwert
32.3	dritter Positions-Messwert
35	Abweichung
36	Abweichung
40	Kalibrieren
41	Drehen Maschinenwelle
42	Erfassen Positions-Messwert
43a	Heizen
43b	Kühlen
44	Erfassen Positions-Messwert
45	Ermitteln Abweichung

- 46** Korrigieren des Ausgangssignals
- 47a** Berechnen Positions-Messwert
- 47b** Ermitteln Abweichung
- 47c** Korrigieren des Ausgangssignals
- 48** Speichern

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 102016101965 [0018]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren (40) eines Drehgebers (10) zur Erfassung einer Drehwinkelposition (21, 22) einer Maschinenwelle (20), wobei der Drehgeber (10) zumindest eine mit der Maschinenwelle (20) drehfest verbundene Erregereinheit (11) und eine mit der Erregereinheit (11) funktional zusammenwirkende, feststehende Sensoreinheit (12) aufweist, mit den folgenden Schritten:

- Versetzen (41) der Maschinenwelle (20) in eine Drehbewegung mit einer vorgegebenen Drehgeschwindigkeit bei Vorliegen einer ersten Sensortemperatur (T1),
- Erfassen (42) eines ersten Positions-Messwertes (31.1, 32.1) an einer vorgegebenen Drehwinkelposition (21, 22) bei Vorliegen der ersten Sensortemperatur (T1),
- Heizen (43a) oder Kühlen (43b) zumindest der Sensoreinheit (12) auf eine zweite Sensortemperatur (T2), die höher oder niedriger als die erste Sensortemperatur (T1) ist,
- Erfassen (44) eines zweiten Positions-Messwertes (31.2, 32.2) an der Drehwinkelposition (21, 22) bei Vorliegen der zweiten Sensortemperatur (T2),
- Ermitteln (45) einer Abweichung (35) zumindest zwischen dem zweiten Positions-Messwert (31.2, 32.2) und einem Soll-Positions-Messwert (31.0, 32.0), und
- Korrigieren (46) eines Ausgangssignals des Drehgebers (10) um die ermittelte Abweichung (35) an der Drehwinkelposition (21, 22) bei Vorliegen der zweiten Sensortemperatur (T2).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer Umdrehung der Maschinenwelle (20) an mindestens zwei vorgegebenen Drehwinkelpositionen (21, 22) jeweils ein erster Positions-Messwert (31.1, 32.1) bei Vorliegen der ersten Sensortemperatur (T1) erfasst wird, und nach dem Heizen (43a) oder Kühlen (43b) der Sensoreinheit (12) auf eine zweite Sensortemperatur (T2) in einer Umdrehung der Maschinenwelle (20) an den Drehwinkelpositionen (21, 22) jeweils ein zweiter Positions-Messwert (31.2, 32.2) bei Vorliegen der zweiten Sensortemperatur (T2) erfasst wird, und jeweils eine Abweichung (35) des zweiten Positions-Messwertes (31.2, 32.2) von einem Soll-Positions-Messwert (31.0, 32.0) ermittelt wird, und ein Korrigieren (46) des Ausgangssignals des Drehgebers (10) um die jeweils ermittelte Abweichung (35) an den Drehwinkelpositionen (21, 22) bei Vorliegen der zweiten Sensortemperatur (T2) erfolgt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich ein Berechnen (47a) zumindest eines dritten Positions-Messwertes (31.3, 32.3), der an der

Drehwinkelposition (21, 22) bei Vorliegen einer dritten Sensortemperatur (T3) zu erwarten ist, ein Ermitteln (47b) einer Abweichung (36) zwischen dem berechneten dritten Positions-Messwert (31.3, 32.3) und dem Soll-Positions-Messwert (31.0, 32.0), und ein Korrigieren (47c) des Ausgangssignals des Drehgebers (10) um die ermittelte Abweichung (36) an der Drehwinkelposition (21, 22) bei Vorliegen der dritten Sensortemperatur (T3) erfolgt.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Soll-Positions-Messwert (31.0, 32.0) durch den ersten Positions-Messwert (31.1, 32.1) gebildet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Soll-Positions-Messwert (31.0, 32.0) mittels eines Referenzwertgebers oder mittels eines hochgezählten Zeitwertes, der einer vorgegebenen Laufzeit der Drehbewegung von der ersten Drehwinkelposition (21, 22) bis zu der zweiten Drehwinkelposition (21, 22) entspricht, ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Speichern (48) zumindest eines Positions-Messwertes (31.0, 32.0, 31.1, 32.1, 31.2, 32.2, 31.3, 32.3) und/oder der Abweichung (35, 36) in einem Speicher (13) erfolgt.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Betrieb des Drehgebers (10) die Sensortemperatur (T1, T2, T3) kontinuierlich erfasst wird.

8. Drehgeber (10) zur Bestimmung einer korrigierten Drehwinkelposition (21, 22) einer Maschinenwelle (20), mit zumindest einer mit der Maschinenwelle (20) drehfest verbundenen Erregereinheit (11) und einer mit der Erregereinheit (11) funktional zusammenwirkenden, feststehenden Sensoreinheit (12), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehgeber (10) einen Temperatursensor (14) zur temperaturabhängigen Kalibrierung sowie zur Bestimmung einer um eine Temperaturabweichung korrigierten Drehwinkelposition aufweist.

9. Drehgeber (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehgeber (10) ein Speichermodul (13) zum Speichern (48) zumindest eines Positions-Messwertes (31.0, 32.0, 31.1, 32.1, 31.2, 32.2, 31.3, 32.3) und/oder einer Abweichung (35, 36) aufweist.

10. Drehgeber (1) nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehgeber (10) ein Berechnungsmodul (17) zum Berechnen (45, 47a, 47b) eines Positions-Messwertes (31.0,

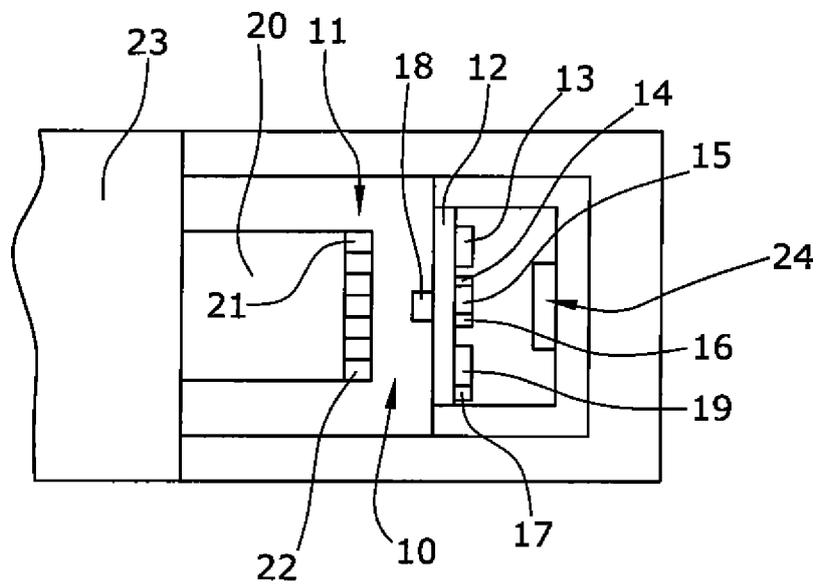
32.0, 31.1, 32.1, 31.2, 32.2, 31.3, 32.3) und/oder einer Abweichung (**35, 36**) zwischen einem Positions-Messwert (**31.1, 32.1, 31.2, 32.2, 31.3, 32.3**) und einem Soll-Positions-Messwert (**31.0, 32.0**) für zumindest eine vorgegebene Sensortemperatur (T1, T2, T3) aufweist.

11. Drehgeber (**1**) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drehgeber (**10**) eine Heiz- und/oder Kühleinrichtung (**15**) zum aktiven Heizen (**43a**) oder Kühlen (**43b**) zumindest eines Bereichs des Drehgebers (**10**) aufweist.

12. Drehgeber (**1**) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heiz- und/oder Kühleinrichtung (**15**) zumindest einen elektrischen Draht (**16**) aufweist, der bei einer Bestromung Wärme erzeugt.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



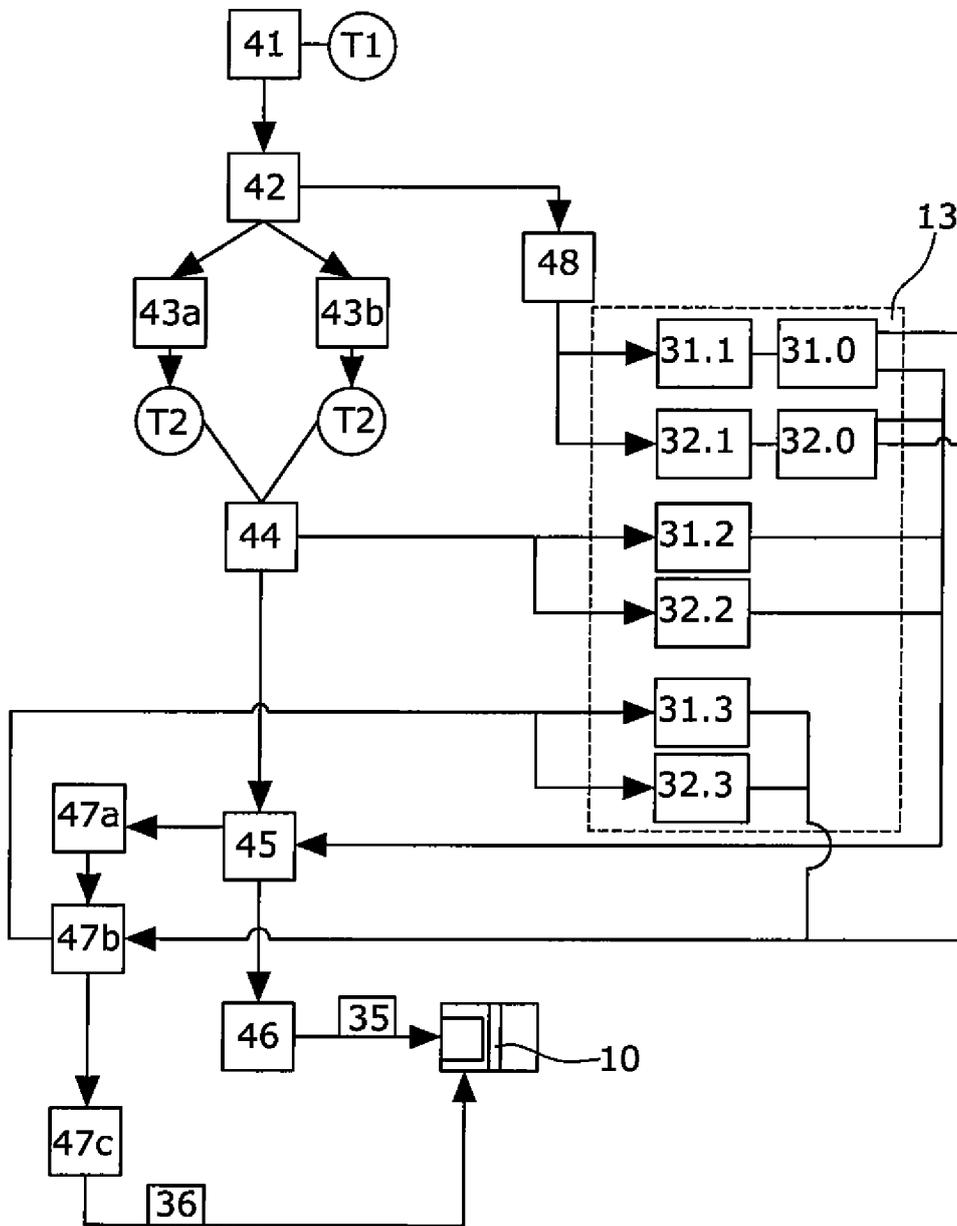


Fig.2

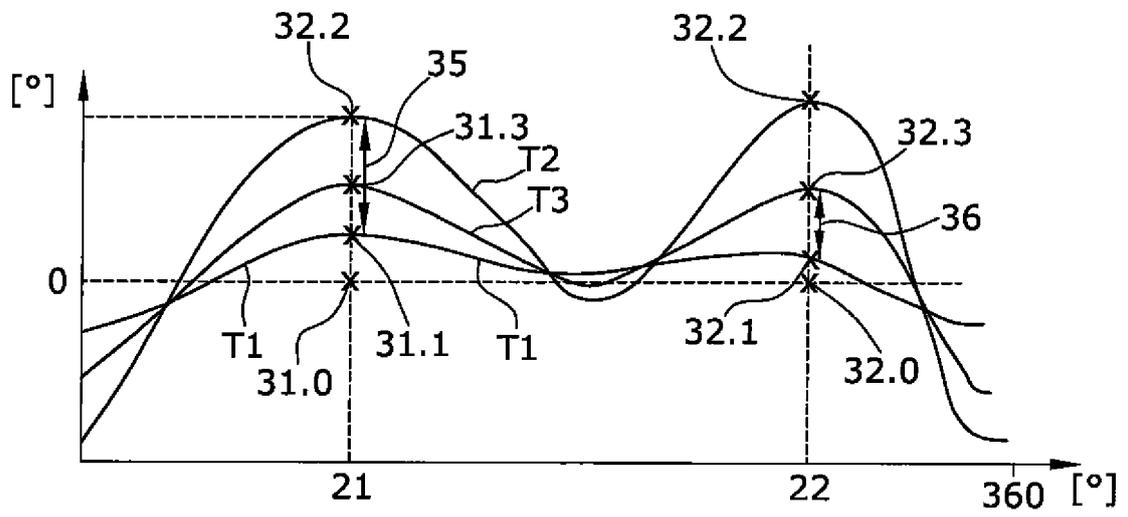


Fig.3