(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 007 691 T2** 2007.12.06

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 704 418 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 007 691.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2004/052911**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 806 621.1**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2005/078466**
(86) PCT-Anmeldetag: **23.12.2004**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **25.08.2005**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.09.2006**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **18.07.2007**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.12.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***G01R 33/02*** (2006.01)
G01R 33/09 (2006.01)
G01B 7/30 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
04100020 **07.01.2004** **EP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LI, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR

(73) Patentinhaber:
NXP B.V., Eindhoven, NL

(74) Vertreter:
Richter, Werdermann, Gerbaulet & Hofmann, 20354 Hamburg

(72) Erfinder:
BUTZMANN, S., 52066 Aachen, DE

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR WINKELBESTIMMUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Winkels α eines externen Magnetfelds im Verhältnis zu einem magnetoresistiven Winkelsensor mit zwei Vollbrücken, die jeweils ein Ausgabesignal $U_1 = U_0\sin(2\alpha)$, $U_2 = U_0\cos(2\alpha)$ ausgeben.

[0002] Magnetoresistive Sensoren werden normalerweise verwendet, um Winkel in der Motor- bzw. Kraftfahrzeugtechnik zu erkennen, unter anderem, um die Stellung eines Pedals oder die Stellung eines Fahrhebels zu überwachen und zu steuern. In diesem Fall besteht der magnetoresistive Winkelsensor normalerweise aus zwei Vollbrücken, die um 45° zueinander versetzt sind, wobei die Brücken einem externen Magnetfeld ausgesetzt sind. Die zwei Vollbrücken geben als eine Funktion eines Winkels des externen Magnetfelds im Verhältnis zu einer Referenzachse des Sensors Spannungsausgabesignale aus, die in einer dem Fachmann bekannten Art unter Verwendung der folgenden Beziehung darstellbar sind:

$$U_1 = U_0\sin(2\alpha)$$

$$U_2 = U_0\cos(2\alpha)$$

[0003] Hier sind U_1 und U_2 die Spannungsausgabesignale der zwei Vollbrücken, U_0 ist die Spannungsamplitude des Ausgabesignals, die unter anderem von der Umgebungstemperatur abhängt, und α ist der Winkel des externen Magnetfelds im Verhältnis zu einer Referenzachse des Sensors.

[0004] Der Winkels α des externen Magnetfelds im Verhältnis zum Sensor oder im Verhältnis zu den magnetoresistiven Brücken wird aus diesen Ausgabesignalen bestimmt, zum Beispiel unter Verwendung des CORDIC-Algorithmus. Um diesen Algorithmus umzusetzen, müssen die analogen Ausgabesignale mit Hilfe eines Analog-Digital-Wandlers in digitale Signale umgewandelt werden.

[0005] Der Winkels α des externen Magnetfelds im Verhältnis zum Sensor wird dann bestimmt unter Verwendung der ebenfalls bekannten Beziehung:

$$\alpha = \tfrac{1}{2}*\arctan(U_1/U_2) = \tfrac{1}{2}*\arctan(\sin(2\alpha)/\cos(2\alpha))$$

zum Beispiel unter Verwendung von für diesen Zweck geeigneten Digitalsignalverarbeitungsmitteln. Unter Beachtung des Vorzeichens der Ausgabespannung U_2 ist der Winkel α mit äußerst hoher Genauigkeit unter Verwendung der Arcustangensfunktion über 180° berechenbar.

[0006] Ein Nachteil der bekannten Sensoren und der derzeit verwendeten Signalverarbeitungsverfahren ist, dass eine Gefahr besteht, dass die Signale wegen der Analog-Digital-Umwandlung verzerrt werden und dass die Signale wegen unbeabsichtigt auftretender Offsetspannungen verfälscht werden. Diese Offsetspannungen können zum Beispiel durch fehlerhaftes Ätzen eines Widerstands einer Wheatstoneschen Messbrücke verursacht werden. Außerdem erfordert die Umwandlung in digitale Impulse beträchtliche Signalverarbeitungszeit. Außerdem sind die Digitalsignalverarbeitungsmittel teuer hinsichtlich der Anschaffungskosten und anfällig für Fehler. Für viele Anwendungen, insbesondere in der Kraftfahrzeugtechnik, ist die Genauigkeit, die mit einem solchen CORDIC-Algorithmus erzielt werden kann, viel höher als wirklich notwendig. Entsprechend gibt es in der Kraftfahrzeugtechnik aus wirtschaftlichen Gründen einen Wunsch, Sensoren zu verwenden, die wesentlich kosteneffektiver sind und nicht auf so genaue Weise arbeiten, aber die dennoch eine ausreichende Messgenauigkeit aufweisen.

[0007] Die Dokumente US 2002/0180428, US 6496784, US 2001/0056339 und XP 4239167 aus: Sensors and actuators, Band 91, 2001, Nr. 1 und 2, S.12-15, ISSN 0924-4247, beschreiben verschiedene Anordnungen zur Winkelmessung.

[0008] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Bestimmung eines Winkels unter Verwendung magnetoresistiver Sensoren zu beschreiben, das auf einfache Art durchführbar ist und durch das der Winkel zuverlässig bestimmbar ist, wenn der Winkel α des externen Magnetfelds im Verhältnis zu einem Sensor bestimmt wird. Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 beschriebenen Merkmale gelöst.

[0009] Die Kernidee der Erfindung ist, dass die Arcustangensfunktion des oben beschriebenen CORDIC-Algorithmus durch die in Anspruch 1 beschriebene mathematische Beziehung mit ausreichender Genauigkeit angenähert werden kann. In diesem Fall werden die Ausgabesignale U_i der zwei Vollbrücken einfachen mathematischen Operationen wie z. B. Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division unterzogen, die lediglich eine analoge Verarbeitung der Ausgabesignale erfordern. So ist es möglich, unter Verwendung analoger Mittel für zahlreiche Anwendungen mit ausreichender Genauigkeit den Winkel α zu bestimmen. Hier ist die Funktion $\mathrm{sgn}(U_2)$ die an sich bekannte Vorzeichenfunktion. Das heißt, dass die Funktion den Wert „–1" für ein Ausgabesignal $U_2<0$ annimmt, dass die Funktion den Wert „+1" für ein Ausgabesignal $U_2>0$ annimmt und dass die Funktion den Wert „0" für ein Ausgabesignal $U_2=0$ annimmt.

[0010] Der Vorteil der Erfindung besteht darin, dass das Verfahren zur Bestimmung von Winkeln unter Verwendung einfacher elektronischer Bauteile umsetzbar ist, die dem Fachmann bekannt sind, ohne dass es notwendig ist, vorher eine Analog-Digi-

tal-Wandlung durchzuführen. Die Bestimmung des Winkels α wird folglich beschleunigt und verlässlich gewährleistet, und die Kosten werden wesentlich verringert, da keine teuren, für Fehler anfälligen elektronischen Bauteile für die Digitalsignalverarbeitung oder Signalberechnung erforderlich sind.

[0011] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung werden in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0012] Durch die Verwendung von AMR-Brücken, wie in Anspruch 2 beschrieben, können genaue Ausgabesignale als eine Funktion des Winkels α des externen Magnetfelds im Verhältnis zu den Sensoren oder Brücken erhalten werden. Die Anordnung der Brücken in den externen Magnetfeldern ist dem Fachmann bekannt, ebenso wie das Auslesen der entsprechenden Spannungsausgabesignale. Vorteilhaft können die Brücken so genannte Wheatstonesche Messbrücken sein, die für die Verwendung in der Kraftfahrzeugtechnik mit den darin auftretenden Lasten besonders geeignet sind. Die Ausgabesignale dieser Brücken können auf einfache Weise der analogen Weiterverarbeitung zugefürt werden.

[0013] In einer bevorzugten Weiterbildung werden die Ausgabesignale der Brücken nur mit Hilfe analoger Elemente oder elektronischer Bauteile verarbeitet, wie in Anspruch 3 beschrieben. Das bedeutet, dass die Ausgabesignale der Brücken nur mit Hilfe elektronischer Bauteile verarbeitet werden, die Additionen/Subtraktionen usw. umsetzen, wie durch die in Anspruch 1 angegebene Beziehung beschrieben. Solche Additions- oder Multiplikationselemente sind dem Fachmann bekannt. Sie bieten den Vorteil, dass sie kosteneffektiv und nicht sehr anfällig für Fehler sind, so dass die Bestimmung des Winkels α unter Verwendung der beanspruchten Gleichung in einer wirtschaftlichen Weise mit ausreichender Genauigkeit durchführbar ist.

[0014] Es ist klar, dass die Bestimmung des Winkels α eines externen Magnetfelds im Verhältnis zu einem magnetoresistiven Sensor in jedem technischen Gebiet verwendet werden kann. Besonders bevorzugt wird das Verfahren jedoch in der Kraftfahrzeugtechnik verwendet, wie in Anspruch 4 beschrieben, insbesondere, um die Stellung eines Pedals, zum Beispiel des Gaspedals und/oder Bremspedals zu überwachen. Auch die Stellung eines Fahrhebels zur Steuerung der Motorleistung ist mit Hilfe des Verfahrens überwachbar.

[0015] Die Erfindung wird weiter unter Bezugnahme auf ein Ausführungsbeispiel beschrieben, das in den Zeichnungen dargestellt ist, auf das die Erfindung jedoch nicht beschränkt ist.

[0016] Fig. 1 zeigt den berechneten Winkel α eines externen Magnetfelds im Verhältnis zu einem Winkelsensor nach dem Stand der Technik.

[0017] Fig. 2 zeigt den erfindungsgemäß bestimmten Winkel α.

[0018] Fig. 3 zeigt die Abweichung im erfindungsgemäß bestimmten Winkel α.

[0019] Die Graphik in Fig. 1 zeigt den Winkel α eines externen Magnetfelds im Verhältnis zu einer Referenzachse in einem magnetoresistiven Winkelsensor, wobei der Winkel zum Beispiel gemäß dem CORDIC-Algorithmus bestimmt wurde. In der Graphik ist der berechnete Winkel α auf der Y-Achse gegen den Winkelbereich von 0 bis 360° auf der X-Achse aufgetragen.

[0020] Die Graphik in Fig. 2 zeigt den Winkel α, der auf eine rein analoge Weise mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens erhalten wurde, wobei der Winkel ebenfalls gegen den Winkelbereich von 0 bis 360° aufgetragen wurde. Aus dieser Graphik ist ersichtlich, dass der berechnete Winkel α um die idealen geneigten geraden Linien schwankt, die in Fig. 1 gezeigt sind und die das Ergebnis der digital genau berechneten Arcustangensfunktion des CORDIC-Algorithmus sind. Das heißt, dass mit diesem Verfahren leichte Abweichungen von dem wirklich gemessenen Wert erhalten werden, obwohl diese innerhalb der insbesondere in der Kraftfahrzeugtechnik erforderlichen Toleranzen liegen, so dass das vereinfachte Verfahren, das unter Verwendung rein analoger elektronischer Bauteile durchführbar ist, die Anforderungen erfüllt.

[0021] Fig. 3 zeigt den Unterschied zwischen dem unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens bestimmten Winkel und dem wirklichen Winkel α des externen Magnetfelds. Die Winkelabweichung, die über einen Bereich von 0 bis 180° dargestellt ist, übersteigt an keinem Punkt den Wert von +/– 2°. Es ist ferner ersichtlich, dass bei den Werten von 0°, 45°, 90° usw. die Winkelabweichung sogar Null ist, so dass diese Punkte unter Verwendung des neuen Verfahrens mit hoher Genauigkeit messbar sind. Zum Beispiel im Fall eines Pedals eines Kraftfahrzeugs kann der Winkelsensor so angeordnet werden, dass, wenn des Pedal nicht heruntergedrückt ist, der Winkel des externen Magnetfelds im Verhältnis zum Sensor 0° ist und ein genauer gemessener Wert erhalten wird, und wenn das Pedal voll heruntergedrückt ist, zum Beispiel 90° gemessen werden.

Bezugszeichenliste

α	Winkel zwischen einem externen Magnetfeld und einem Sensor
U	Spannungsausgabesignal
U_0	Spannungsamplitude

Fig. 1 und Fig. 2

Calculated angle	Berechneter Winkel
Angle	Winkel

Fig. 3

Angle error	Winkelabweichung
Angle	Winkel

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines Winkels α eines externen Magnetfelds im Verhältnis zu einem magnetoresistiven Winkelsensor mit zwei Vollbrücken, die Ausgabesignale $U_1 = U_0\sin(2\alpha)$ beziehungsweise $U_2 = U_0\cos(2\alpha)$ ausgeben, wobei U_0 die Spannungsamplitude des Ausgabesignals ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Winkel α auf eine analoge Weise bestimmt wird unter Verwendung des Verhältnisses $\alpha = ½*((U_1/(|U_1| + |U_2|))-1*\mathrm{sgn}(U_2)$.

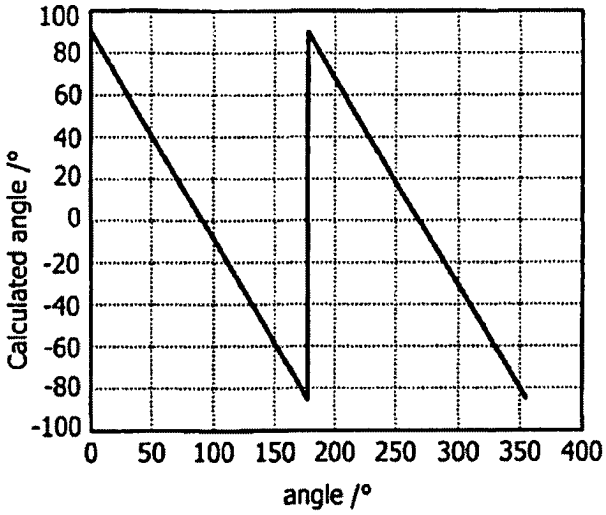
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass AMR-Brücken, insbesondere Wheatstonesche Messbrücken, verwendet werden.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Ausgabesignale der Brücken unter Verwendung analoger Elemente verarbeitet werden.

4. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3 in der Motorfahrzeugtechnik, insbesondere zum Überwachen von Pedalen und/oder Fahrhebeln.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Prior art

FIG. 1

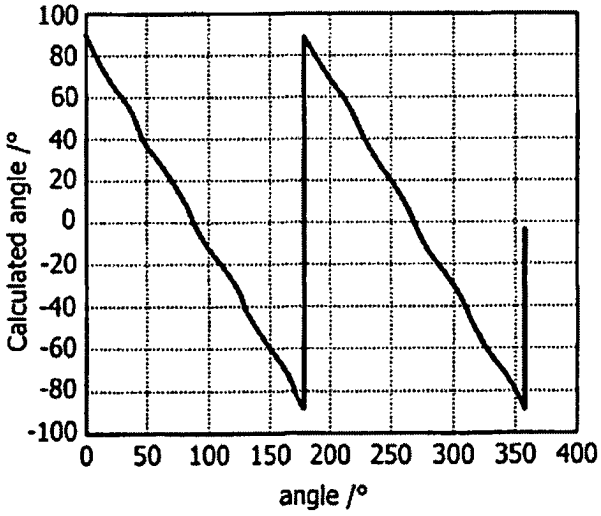


FIG. 2

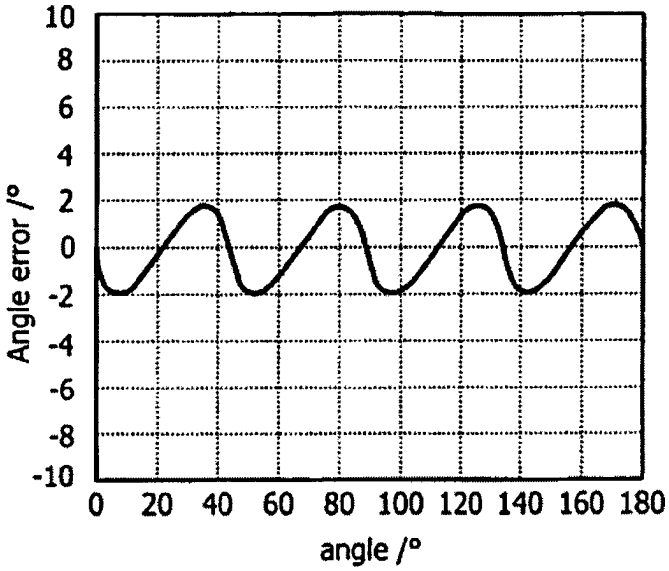

10
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
Angle error /°
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
angle /°

FIG. 3