



(10) **DE 10 2020 102 063 B3** 2021.05.27

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 102 063.5**
 (22) Anmeldetag: **29.01.2020**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **27.05.2021**

(51) Int Cl.: **G01B 21/22** (2006.01)
G01B 7/30 (2006.01)
H02K 11/21 (2016.01)
F16H 25/22 (2006.01)
G01D 5/14 (2006.01)

Innerhalb von neun 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:
**Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 91074
 Herzogenaurach, DE**

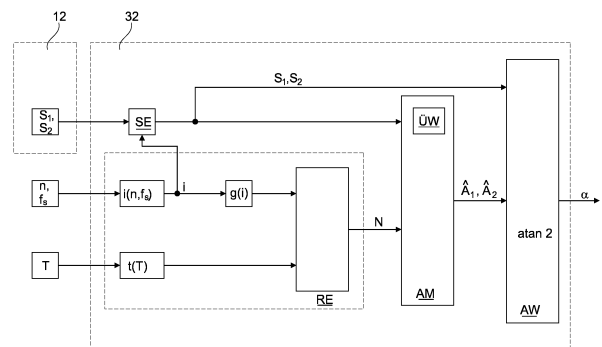
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2017 202 217	B4
DE	10 2017 222 508	A1
WO	2018/ 219 388	A1

(72) Erfinder:
Zhou, Jie, 76532 Baden-Baden, DE

(54) Bezeichnung: **Kupplungsaktor, Erfassungssystem und Verfahren zur Erfassung einer Winkelposition eines Drehbauteils**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren (100) zur Erfassung einer Winkelposition (α) eines um eine Drehachse drehbaren Drehbauteils (24), sowie ein Erfassungssystem zur Erfassung einer Winkelposition (α) eines um eine Drehachse drehbaren Drehbauteils (24) durch ein derartiges Verfahren und einen Kupplungsaktor (10) mit einem derartigen Erfassungssystem.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erfassung einer Winkelposition eines Drehbauteils nach dem Oberbegriff von Anspruch 1. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Erfassungssystem und einen Kuppelungsaktor.

[0002] DE 10 2017 222 508 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrektur von Messsystemabweichungen.

[0003] DE 10 2017 202 217 B4 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrektur eines Ausgangssignals einer Messeinrichtung.

[0004] Ein Verfahren zur Erfassung einer Winkelposition eines Drehbauteils ist beispielsweise aus WO 2018/219 388 A1 bekannt. Darin wird ein Verfahren zur Erfassung einer Winkelposition eines um eine Drehachse drehbaren Drehbauteils beschrieben, bei welchem die Winkelposition des Drehbauteils von einer radial beabstandet zur Drehachse angeordneten Sensorik abgenommen wird. Ein fest und konzentrisch an dem sich drehenden Bauteil angeordneter Magnetring bewirkt ein sich gegenüber der Sensorik änderndes Magnetfeld, das von der Sensorik detektiert wird, wobei ein von der Sensorik abgenommenes Signal hinsichtlich der Winkelposition ausgewertet wird. Das von der Sensorik abgenommene Signal wird hinsichtlich einer Amplitudeninformation des Magnetfeldes ausgewertet und aus der Amplitudeninformation ein Korrekturparameter ermittelt, mittels welchem ein Winkelfehler der aus dem Signal der Sensorik abgenommenen Winkelposition bestimmt wird. Der Winkelfehler wird dann zur Korrektur der aus dem von der Sensorik abgegebenen Signal ermittelten Winkelposition verwendet.

[0005] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Winkelposition genauer und schneller zu erfassen. Die Winkelposition soll mit möglichst wenig Berechnungsaufwand ermittelt werden können.

[0006] Wenigstens eine dieser Aufgaben wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen nach Anspruch 1 gelöst. Dadurch kann die tatsächliche höchste Amplitude des jeweiligen Sensorsignals genauer ermittelt werden und damit der Fehler bei der Berechnung der Winkelposition verringert werden. Die Winkelposition kann genauer, schneller und mit möglichst wenig Berechnungsleistung erfasst werden.

[0007] Die Sensoreinheit und das Drehbauteil können in einem Fahrzeug angeordnet sein. Das Drehbauteil und das Drehelement können konzentrisch drehbar angeordnet sein. Die Sensoreinheit kann als Winkelsensor ausgeführt sein.

[0008] Das Sensorelement kann ein Hallsensor sein.

[0009] Das Drehelement kann ein Magnetring sein. Das Drehelement kann ein Permanentmagnet sein. Das Drehelement kann diametral magnetisiert sein.

[0010] Das erste und/oder zweite Sensorsignal kann ein periodisches Signal sein. Das erste Sensorsignal kann ein Sinussignal und das zweite Sensorsignal ein Kosinussignal sein. Das erste Sensorsignal kann an einer ersten Messposition und das zweite Sensorsignal in einer dazu um die Drehachse senkrecht liegenden zweiten Messposition erfasst werden.

[0011] Die höchste Amplitude A_1 des ersten Sensorsignals ist der Höchstwert der Amplituden A_1 des ersten Sensorsignals, nach folgendem Zusammenhang

$$\hat{A}_1 = \max(A_1) \quad (1)$$

[0012] Entsprechend ist die höchste Amplitude A_2 des zweiten Sensorsignals der Höchstwert der Amplituden A_2 des zweiten Sensorsignals, entsprechend

$$\hat{A}_2 = \max(A_2) \quad (2)$$

[0013] Zur Berechnung der jeweils höchsten Amplituden können die Amplituden der Sensorsignale über mehrere Umdrehungen hinweg berücksichtigt werden. Insbesondere kann die jeweilige höchste Amplitude nach jeder Umdrehung angepasst werden, wenn die bei dieser Umdrehung erfasste Amplitude des zugeordneten Sensorsignals größer als die bisher erfasste höchste Amplitude dieses Sensorsignals ist.

[0014] Zur Erfassung der jeweiligen höchsten Amplituden wird bevorzugt ein Max-Min-Verfahren angewendet. Dieses kann den Berechnungsaufwand möglichst verringern. Allerdings unterliegt dieses Verfahren einer Anfälligkeit gegenüber das Sensorsignal beeinflussendes Rauschen. Das Sensorsignal und damit die Amplitude und folglich auch die höchste Amplitude kann dabei durch einen Rauschwert N überlagert sein.

[0015] Der Rauschwert N kann über den folgenden linearen Zusammenhang

$$N = f(T) \cdot g(i) \quad (3)$$

berechnet werden, mit der Temperatur T der Sensoreinheit und der Wahrscheinlichkeitsfunktion g . Das Messpunkteverhältnis i aus der, insbesondere während der laufenden Messung erfassten, Anzahl an Messpunkten m und der Winkeldiskretisierung c , die beispielsweise der Anzahl an Messpunkten bei einer End-of-Line Messung entspricht, ist wie folgt definiert

$$i = \frac{m}{c} \quad (4)$$

[0016] Die Anzahl an Messpunkten m kann aus der Drehzahl n und der Abtastfrequenz f_s des Sensorelements wie folgt berechnet werden

$$m = 60 \cdot \frac{f_s}{n} \quad (5)$$

[0017] Eine genauere Berechnung mit angenommener nichtlinearer Abhängigkeit des Rauschwertes von der Wahrscheinlichkeitsfunktion g kann mit folgendem Zusammenhang erfolgen

$$N = f(T) \cdot [a \cdot g(i)^2 + b \cdot g(i) + d] \quad (6)$$

[0018] Die Parameter a , b und d sind beispielsweise vor Inbetriebnahme der Sensoreinheit zu bestimmen. Dieser Zusammenhang kann in einer Lookup-Tabelle hinterlegt sein und während des Betriebs darüber abrufbar sein.

[0019] Bei angenommenem weissen Rauschen ist die Wahrscheinlichkeitsfunktion g wie folgt festgelegt

$$g(i) = \sqrt{2} \cdot \left[\frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{2i-1} e^{-x^2} dx \right]^{-1} \quad (7)$$

[0020] Beispielsweise kann über das abhängig von der Anzahl an Messpunkten m nach (4) während des Betriebs berechnete Verhältnis i und einer die Beziehung zwischen i und $g(i)$ abbildenden, insbesondere anfangs, beispielsweise bei einer End-of-Line Festlegung, erstellten, Lookup-Tabelle der jeweils zugehörige Wert $d(i)$, gegebenenfalls linear interpoliert, während des Betriebs ermittelt werden.

[0021] Es ist vorteilhaft, wenn für den Zusammenhang $f(T)$ gilt

$$f(T) = f(T_r) \cdot \left[1 + a_1 \cdot (T - T_r) + a_2 \cdot (T - T_r)^2 \right] \quad (8)$$

mit der Referenztemperatur T_r und dem vorab ermittelten Wert $f(T_r)$ und den vorab festzulegenden Parametern a_1 und a_2 .

[0022] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird in dem Rauscherfassungsschritt der Rauschwert berechnet und im Betrieb bedarfsweise angepasst. Dadurch kann auf sich ändernde Umgebungseinflüsse eingegangen werden und eine genauere Berechnung durchgeführt werden.

[0023] In einer speziellen Ausführung der Erfindung wird in dem Amplitudenermittlungsschritt die höchste Amplitude des jeweiligen Sensorsignals als der halbierte Abstand zwischen der maximalen und der minimalen Amplitude des zugehörigen Sensorsignals ermittelt. Dabei wird die jeweilige Amplitude A , beispielsweise bei jeder Umdrehung, nach

$$A = \frac{S_{max} - S_{min}}{2} \quad (9)$$

mit der maximalen Amplitude S_{max} und der minimalen Amplitude S_{min} des jeweiligen Sensorsignals berechnet.

[0024] Unter Berücksichtigung des Rauschwertes kann der folgende Zusammenhang zur Berechnung der Amplitude bevorzugt angesetzt werden

$$A = \frac{S_{max} - S_{min}}{2} - N \quad (10)$$

[0025] In einer weiteren speziellen Ausführung der Erfindung wird in dem Amplitudenermittlungsschritt ein möglicher Amplitudenfehler der jeweiligen höchsten Amplitude ermittelt und berichtigt. Insbesondere bei abweichenden höchsten Amplituden im Vergleich zwischen dem ersten und zweiten Sensorsignal kann eine Angleichung der höchsten Amplituden erfolgen.

[0026] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung wird der Rauschwert abhängig von der Anzahl an Messpunkten m berechnet. Bevorzugt erfolgt die Berechnung nach (6).

[0027] In einer besonders bevorzugten Ausführung der Erfindung beträgt die Anzahl an Messpunkten m mindestens 2000. Dadurch kann die Standardabweichung des Sensorsignals verringert werden.

[0028] In einer speziellen Ausführung der Erfindung wird der Rauschwert abhängig von einer Temperatur T der Sensoreinheit berechnet.

[0029] In einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist das Drehbauteil ein Rotor eines Elektromotors oder ein drehfest mit dem Rotor verbundenes Bauteil. Über die genauer erfasste Winkelposition kann der Elektromotor gezielter gesteuert werden.

[0030] Weiterhin wird zur Lösung wenigstens einer der zuvor genannten Aufgaben ein Erfassungssystem zur Erfassung einer Winkelposition eines Drehbauteils durch ein Verfahren mit wenigstens einem der zuvor aufgezeigten Merkmale gelöst. Das Erfassungssystem umfasst eine Auswerteeinheit und eine Sensoreinheit, die ein festgelegtes Sensorelement und ein gegenüber diesem und gemeinsam mit dem Drehbauteil drehbares Drehelement aufweist.

[0031] Weiterhin wird zur Lösung wenigstens einer der zuvor genannten Aufgaben ein Kupplungsaktor zur Kupplungsbetätigung, aufweisend ein derartiges Erfassungssystem vorgeschlagen. Der Kupplungsaktor kann eine E-Clutch in einem Fahrzeug betätigen. Der Kupplungsaktor kann ein modularer Kupplungsaktor, auch Modular Clutch Actuator oder abgekürzt MCA genannt, sein. Dieser kann einen Rotor und eine Spindel umfassen. Der Rotor kann eine Drehbewegung ausführen, die über einen Planeten-Wälzgewindetrieb, abgekürzt PWG in eine lineare Bewegung der Spindel umgesetzt wird. Die lineare Bewegung der Spindel kann die Kupplung betätigen.

[0032] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Figurenbeschreibung und den Abbildungen.

Figurenliste

[0033] Die Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Abbildungen ausführlich beschrieben. Es zeigen im Einzelnen:

Fig. 1: Einen räumlichen Querschnitt durch einen Kupplungsaktor mit einer Sensoreinheit in einer speziellen Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 2: Ein erstes und zweites Sensorsignal einer Sensoreinheit in einer weiteren speziellen Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 3: Den Einfluss einer Amplitudenabweichung auf die Winkelposition.

Fig. 4: Die Auswirkung von Rauschen auf ein Sensorsignal der Sensoreinheit in einer speziellen Ausführung der Erfindung.

Fig. 5: Ein Verfahren zur Erfassung einer Winkelposition in einer speziellen Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 6: Einen Vergleich der Genauigkeit eines Verfahrens in einer speziellen Ausführungsform der Erfindung gegenüber einem herkömmlichen Verfahren.

Fig. 7: Einen Vergleich der Genauigkeit eines optimierten Verfahrens in einer weiteren speziellen Ausführungsform der Erfindung gegenüber einem herkömmlichen Verfahren.

Fig. 8: Einen Verlauf eines Winkelfehlers in Abhängigkeit von dem Amplitudenverhältnis.

[0034] **Fig. 1** zeigt einen räumlichen Querschnitt durch einen Kupplungsaktor **10** mit einer Sensoreinheit **12** in einer speziellen Ausführungsform der Erfindung. Der Kupplungsaktor **10** ist ein modularer Kupplungsaktor, ein sogenannter MCA, umfassend eine Spindel **14** und einen Elektromotor **16** mit einem drehbaren Rotor **18**. Die Spindel **14** führt zur Kupplungsbetätigung eine lineare Bewegung aus und wird

über einen Planetenwälzgewindetrieb **20**, abgekürzt PWG, durch eine Drehbewegung des elektromechanisch angetriebenen Rotors **18** bewegt.

[0035] Die Sensoreinheit **12** ist zur Erkennung einer Winkelposition des Rotors **18** angeordnet und weist ein Drehelement **22** auf, das als mit dem als Rotor **18** ausgeführten Drehbauteil **24** drehfest verbundener Magnetring **26** ausgeführt ist. Der Magnetring **26** ist insbesondere ein Permanentmagnet und diametral magnetisiert. Die Sensoreinheit **12** weist weiterhin ein Sensorelement **28** auf, das als Magnetsensor, insbesondere als Hall-Sensor, ausgeführt ist. Das Sensorelement **28** ist axial zu dem Drehelement **22** beabstandet auf einer Platine **30** angebracht und ermöglicht eine Erkennung des von dem Drehelement **22** ausgehenden Magnetfelds.

[0036] Durch die Einwirkung des von dem Drehelement **22** ausgehenden Magnetfelds auf das Sensorelement **28** ist eine Erfassung der Winkelposition des Drehbauteils **24** möglich, da durch die diametrale Magnetisierung des Magnetrings **26** das Magnetfeld in Abhängigkeit von der Winkelposition des Rotors **18** verändert wird.

[0037] In **Fig. 2** ist ein erstes und zweites Sensorsignal einer Sensoreinheit in einer weiteren speziellen Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Das erste Sensorsignal S_1 ist ein Sinussignal und das zweite Sensorsignal S_2 ein um 90° phasenverschobenes Kosinussignal. Das erste Sensorsignal S_1 entsteht an einer ersten Messposition an dem Sensorelement und das zweite Sensorsignal S_2 an einer dazu um die Drehachse senkrecht liegenden zweiten Messposition an dem Sensorelement. Durch die senkrechte Lage der ersten und zweiten Messposition zueinander wird die Phasenverschiebung zwischen dem ersten Sensorsignal S_1 und dem zweiten Sensorsignal S_2 bewirkt.

[0038] Der Verlauf eines idealen ersten Sensorsignals \bar{S}_1 ist im Vergleich zu dem ersten Sensorsignal S_1 aufgetragen. Das erste Sensorsignal S_1 unterliegt gegenüber dem idealen ersten Sensorsignal \bar{S}_1 einer Amplitudenverschiebung, durch die die Amplitude verringert ist. Der Grund hierfür können Dämpfungen, Störungen und/oder Messfehler sein.

[0039] **Fig. 3** zeigt den Einfluss einer Amplitudenverschiebung auf die Winkelposition. Das erste Sensorsignal S_1 ist als eine Projektion auf die Y-Achse und das zweite Sensorsignal S_2 als eine Projektion auf die x-Achse darstellt. In Anlehnung an die Darstellung in **Fig. 2** ist das erste Sensorsignal S_1 durch eine Amplitudenverschiebung verringert, wodurch eine Ellipse anstelle eines Kreises, der bei idealisiertem ersten und zweiten Sensorsignal vorliegt, entsteht. Dadurch wird ein Winkelfehler bei der Erfassung der Winkelposition α verursacht. Der Winkelfehler ϵ , der abhängig

von der Amplitudenverschiebung zwischen der Amplitude A_1 des ersten Sensorsignals und der Amplitude A_2 des zweiten Sensorsignals entsteht, kann wie folgt berechnet werden

$$\epsilon = \arcsin \frac{\gamma - 1}{\gamma + 1} \quad (11)$$

mit

$$\gamma = \frac{A_1}{A_2} \quad (12)$$

[0040] Die Kenntnis der tatsächlichen Amplituden des ersten und zweiten Sensorsignals sind allerdings entscheidend für die Erfassung der Winkelposition. Denn mit den Amplituden kann die Winkelposition abhängig von dem ersten Sensorsignal und dem zweiten Sensorsignal über eine atan2-Funktion berechnet werden.

[0041] Die Ermittlung der Amplituden des ersten und zweiten Sensorsignals kann dabei vorzugsweise durch eine Max-Min-Methode erfolgen, bei der die Berechnungsleistung möglichst gering gehalten werden kann. Dabei werden die bei der Umdrehung des Drehelements aufgenommenen Amplituden des ersten und zweiten Sensorsignals hinterlegt und während des Betriebs der Sensoreinheit korrigiert, sobald entsprechend höhere Werte festgestellt werden. Allerdings ist diese Methode anfällig gegenüber Rauschen.

[0042] In Fig. 4 ist die Auswirkung von Rauschen auf ein Sensorsignal der Sensoreinheit in einer speziellen Ausführung der Erfindung dargestellt. Die durchgezogene Linie entspricht einer idealen Kurve des Sensorsignals 5, welches das erste oder zweite Sensorsignal sein kann, abhängig von der Winkelposition α und die gestrichelten Kurven geben die Bandbreite der durch das Rauschen beeinflussten Werte des Sensorsignals S wieder.

[0043] Das Rauschen kann durch eine Wahrscheinlichkeitsfunktion g beschrieben werden. Wird als Rauschen ein weißes Rauschen angenommen, kann dieses durch eine Standardverteilung abgebildet werden. Durch das Rauschen wird ein maximal zu erwartender Rauschwert N angenommen.

[0044] Die ideale maximale Amplitude S_{\max} des Sensorsignals ist dabei abweichend von der gemessenen maximalen Amplitude S_{\max} des Sensorsignals. Entsprechend ist die ideale minimale Amplitude S_{\min} des Sensorsignals abweichend von der gemessenen minimalen Amplitude S_{\min} des Sensorsignals.

[0045] Fig. 5 zeigt ein Verfahren 100 zur Erfassung einer Winkelposition α in einer speziellen Ausführungsform der Erfindung. Das von der Sensoreinheit 12 ausgegebene erste und zweite Sensorsignal S_1 , S_2 wird an eine Auswerteeinheit 32 ausgegeben. Die Auswerteeinheit 32 ermittelt in einem Amplitudenermittlungsschritt AM die jeweilige höchste Amplitude des ersten und zweiten Sensorsignals S_1 , S_2 . In einem Auswerteschritt AW ermittelt die Auswerteeinheit 32 die Winkelposition α durch eine atan2-Funktion, der das erste und zweite Sensorsignal S_1 , S_2 und ermittelte höchste Amplituden A_1 , A_2 übergeben werden.

[0046] In einem Überwachungsschritt ÜW wird die höchste Amplitude A_1 des ersten und die höchste Amplitude A_2 des zweiten Sensorsignals jeweils als Höchstwert der über wenigstens eine Umdrehung des Drehelements hinweg ermittelten jeweiligen Sensorsignale berechnet. Die höchste Amplitude A_1 des ersten Sensorsignals ist der Höchstwert der Amplitude A_1 des ersten Sensorsignals und kann über (1) berechnet werden.

[0047] Entsprechend ist die höchste Amplitude A_2 des zweiten Sensorsignals der Höchstwert der Amplitude A_2 des zweiten Sensorsignals, entsprechend der Berechnung nach (2).

[0048] Dabei wird die jeweilige Amplitude A , beispielsweise bei jeder Umdrehung, nach (9) mit der maximalen Amplitude S_{\max} und der minimalen Amplitude S_{\min} des jeweiligen Sensorsignals berechnet.

[0049] In einem Signalerfassungsschritt SE berechnet die Auswerteeinheit 32 das jeweilige Sensorsignal anhand einer Anzahl an Messpunkten m des Sensorelements. Die Anzahl an Messpunkten m kann aus der Drehzahl n und der Abtastfrequenz f_s des Sensorelements nach (5) berechnet werden

[0050] In einem dem Amplitudenermittlungsschritt AM vorgelagerten Rauscherfassungsschritt RE wird ein Rauschwert N , der das entsprechende erste und/oder zweite Sensorsignal S_1 , S_2 überlagert, berechnet und dem Amplitudenermittlungsschritt AM übergeben, bei dem dieser gemäß (10) berücksichtigt wird

[0051] Dadurch kann die Amplitude und folglich auch die höchste Amplitude des jeweiligen Sensorsignals genauer ermittelt werden und damit der Fehler bei der Berechnung der Winkelposition α verringert werden. Die Winkelposition α kann genauer, schneller und mit möglichst wenig Berechnungsleistung erfasst werden.

[0052] Der Rauschwert N wird beispielsweise wenigstens bei jeder Umdrehung berechnet und berücksichtigt. Der Rauschwert N kann über den Zusammenhang gemäß (3) berechnet werden, mit der Tem-

peratur T der Sensoreinheit, der Wahrscheinlichkeitsfunktion g und mit dem Messpunkteverhältnis i , das über (5) berechnet werden kann.

[0053] Es ist vorteilhaft, wenn der Zusammenhang $f(T)$ durch (8) beschrieben wird, mit der Referenztemperatur T_r und dem vorab ermittelten Wert $f(T_r)$ und den vorab, beispielsweise vor Inbetriebnahme, festzulegenden Parametern a_1 und a_2 .

[0054] Eine genauere Berechnung mit angenommenem nichtlinearem Verlauf des Rauschwerts N kann über (6) erfolgen.

[0055] Die Parameter a , b und c sind beispielsweise vor Inbetriebnahme zu bestimmen. Dieser Zusammenhang kann in einer Lookup-Tabelle hinterlegt sein und während des Betriebs darüber abrufbar sein.

[0056] Bei angenommenem weissen Rauschen ist die Wahrscheinlichkeitsfunktion g eine Standardverteilung und lässt sich über (7) berechnen.

[0057] In Fig. 6 ist ein Vergleich der Genauigkeit eines Verfahrens in einer speziellen Ausführungsform der Erfindung gegenüber einem herkömmlichen Verfahren dargestellt. Die Kurve 102 steht für den Genauigkeitsverlauf eines herkömmlichen Verfahrens in Abhängigkeit von der Anzahl an Messpunkten m und die Kurve 104 steht für den Genauigkeitsverlauf eines Verfahrens in einer speziellen Ausführungsform der Erfindung.

[0058] Gegenüber der Kurve 102 ist die Kurve 104 ab einer Anzahl an Messpunkten m von 400 weitaus genauer und konvergiert mit zunehmender Anzahl an Messpunkten m . Im Unterschied dazu steigt die Ungenauigkeit des herkömmlichen Verfahrens mit zunehmender Anzahl an Messpunkten m .

[0059] Bei dem Verfahren in einer speziellen Ausführungsform der Erfindung wurde eine lineare Abhängigkeit des Rauschwerts N von der Wahrscheinlichkeitsfunktion $g(i)$ angenommen. Beispielsweise kann über das abhängig von der Anzahl an Messpunkten m nach (4) während des Betriebs berechnete Verhältnis i und einer die Beziehung zwischen i und $g(i)$ abbildenden, insbesondere anfangs, beispielsweise bei einer End-of-Line Festlegung, erstellten, Lookup-Tabelle der jeweils zugehörige Wert $g(i)$, gegebenenfalls linear interpoliert, während des Betriebs ermittelt werden.

[0060] Fig. 7 zeigt einen Vergleich der Genauigkeit eines Verfahrens in einer weiteren speziellen Ausführungsform der Erfindung gegenüber einem herkömmlichen Verfahren. Bei der Kurve 106 wurde eine nicht-lineare Abhängigkeit nach (6) zwischen dem Rauschwert N und der Wahrscheinlichkeitsfunktion $g(i)$ angenommen.

[0061] Im Vergleich zu der bei einem herkömmlichen Verfahren verlaufenden Kurve 102 und auch im Vergleich zu dem Verfahren mit angenommener linearer Abhängigkeit kann die Genauigkeit nochmals erhöht werden.

[0062] In Fig. 8 ist ein Verlauf eines Winkelfehlers ϵ in Abhängigkeit von dem Amplitudenverhältnis γ dargestellt. Der Winkelfehler ϵ ist in Abhängigkeit von dem Amplitudenverhältnis γ nach (12) aufgetragen. Praktischerweise sollte der Winkelfehler ϵ kleiner als $\pm 0,25\%$ sein, womit nach (11) der Amplitudenunterschied höchstens $0,5\%$ betragen darf. Diese Voraussetzung kann bei einer Anzahl an Messpunkten m von 2000 erreicht werden. Beträgt die Abtastfrequenz f_s 20 kHz sollte die Drehzahl n somit unterhalb von 600 rpm liegen.

Bezugszeichenliste

10	Kupplungsaktor
12	Sensoreinheit
14	Spindel
16	Elektromotor
18	Rotor
20	Planetenwälgewindetrieb
22	Drehelement
24	Drehbauteil
26	Magnetring
28	Sensorelement
30	Platine
32	Auswerteeinheit
100	Verfahren
102	Kurve
104	Kurve
106	Kurve
A_1	Amplitude des ersten Sensorsignals
A_1	höchste Amplitude des ersten Sensorsignals
A_2	Amplitude des zweiten Sensorsignals
A_2	höchste Amplitude des zweiten Sensorsignals
α	Winkelposition
c	Winkeldiskretisierung
ϵ	Winkelfehler
f_s	Abtastfrequenz
9	Wahrscheinlichkeitsfunktion
γ	Amplitudenverhältnis

i	Messpunkteverhältnis
m	Anzahl an Messpunkten
n	Drehzahl
N	Rauschwert
S ₁	erstes Sensorsignal
S ₁	erstes ideales Sensorsignal
S ₂	zweites Sensorsignal
S ₂	zweites ideales Sensorsignal
S	Sensorsignal
S _{max}	ideale maximale Amplitude
S _{max}	maximale Amplitude
S _{min}	ideale minimale Amplitude
S _{min}	minimale Amplitude
T	Temperatur
AM	Amplitudenermittlungsschritt
AW	Auswerteschritt
ÜW	Überwachungsschritt
RE	Rauschermittlungsschritt
SE	Signalerfassungsschritt

Patentansprüche

1. Verfahren (100) zur Erfassung einer Winkelposition (α) eines um eine Drehachse drehbaren Drehbauteils (24) über eine Sensoreinheit (12), die ein festgelegtes Sensorelement (28) und ein gegenüber diesem und gemeinsam mit dem Drehbauteil (24) drehbares Drehelement (22) aufweist, wobei das Sensorelement (28) ein von der Winkelposition (α) abhängiges zumindest erstes Sensorsignal (S₁) und gegenüber diesem um 90° phasenverschobenes zweites Sensorsignal (S₂) an eine Auswerteeinheit (32) ausgibt, die in einem Amplitudenermittlungsschritt (AM) die jeweilige höchste Amplitude (A₁, A₂) des ersten und zweiten Sensorsignals (S₁, S₂) ermittelt und in einem Auswerteschritt (AW) das erste und zweite Sensorsignal (S₁, S₂) als Argumente an eine atan2-Funktion übergibt, die davon abhängig und mit den ermittelten höchsten Amplituden (A₁, A₂) die Winkelposition (α) ausgibt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinheit (32) einen dem Amplitudenermittlungsschritt (AM) vorgelagerten Rauscherfassungsschritt (RE), bei dem ein das entsprechende Sensorsignal durch ein Rauschen überlagernder Rauschwert (N) berechnet wird, umfasst, wobei in dem Amplitudenermittlungsschritt (AM) das entsprechende Sensorsignal (S₁, S₂) um den Rauschwert (N) bereinigt und die höchste Amplitude (A₁, A₂) des ersten und zweiten Sensorsignals (S₁, S₂) jeweils

als der Höchstwert der über mehrere Umdrehungen des Drehelements (22) hinweg erfassten Amplituden (A₁, A₂) des jeweiligen Sensorsignals (S₁, S₂) ermittelt wird.

2. Verfahren (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Rauscherfassungsschritt (RE) der dem jeweiligen Sensorsignal (S₁, S₂) überlagerte Rauschwert (N) berechnet und im Betrieb bedarfsweise angepasst wird.

3. Verfahren (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Amplitudenermittlungsschritt (AM) die höchste Amplitude (A₁, A₂) des jeweiligen Sensorsignals (S₁, S₂) als der halbierte Abstand zwischen der maximalen und der minimalen Amplitude (S_{max}, S_{min}) des zugehörigen Sensorsignals (S₁, S₂) ermittelt wird.

4. Verfahren (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Amplitudenermittlungsschritt (AM) ein möglicher Amplitudenfehler der jeweiligen höchsten Amplitude (A₁, A₂) ermittelt und berichtigt wird.

5. Verfahren (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rauschwert (N) abhängig von der Anzahl an Messpunkten m berechnet wird.

6. Verfahren (100) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl an Messpunkten m mindestens 2000 beträgt.

7. Verfahren (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rauschwert (N) abhängig von einer Temperatur T der Sensoreinheit (12) berechnet wird.

8. Verfahren (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Drehbauteil (24) ein Rotor (18) eines Elektromotors (16) oder ein drehfest mit dem Rotor (18) verbundenes Bauteil ist.

9. Erfassungssystem zur Erfassung einer Winkelposition (α) eines Drehbauteils (24) durch ein Verfahren (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche und aufweisend eine Auswerteeinheit (32) und eine Sensoreinheit (12), die ein festgelegtes Sensorelement (28) und ein gegenüber diesem und gemeinsam mit dem Drehbauteil drehbares Drehelement (22) umfasst.

10. Kupplungsaktor (10) zur Kupplungsbetätigung, aufweisend ein Erfassungssystem nach Anspruch 9.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

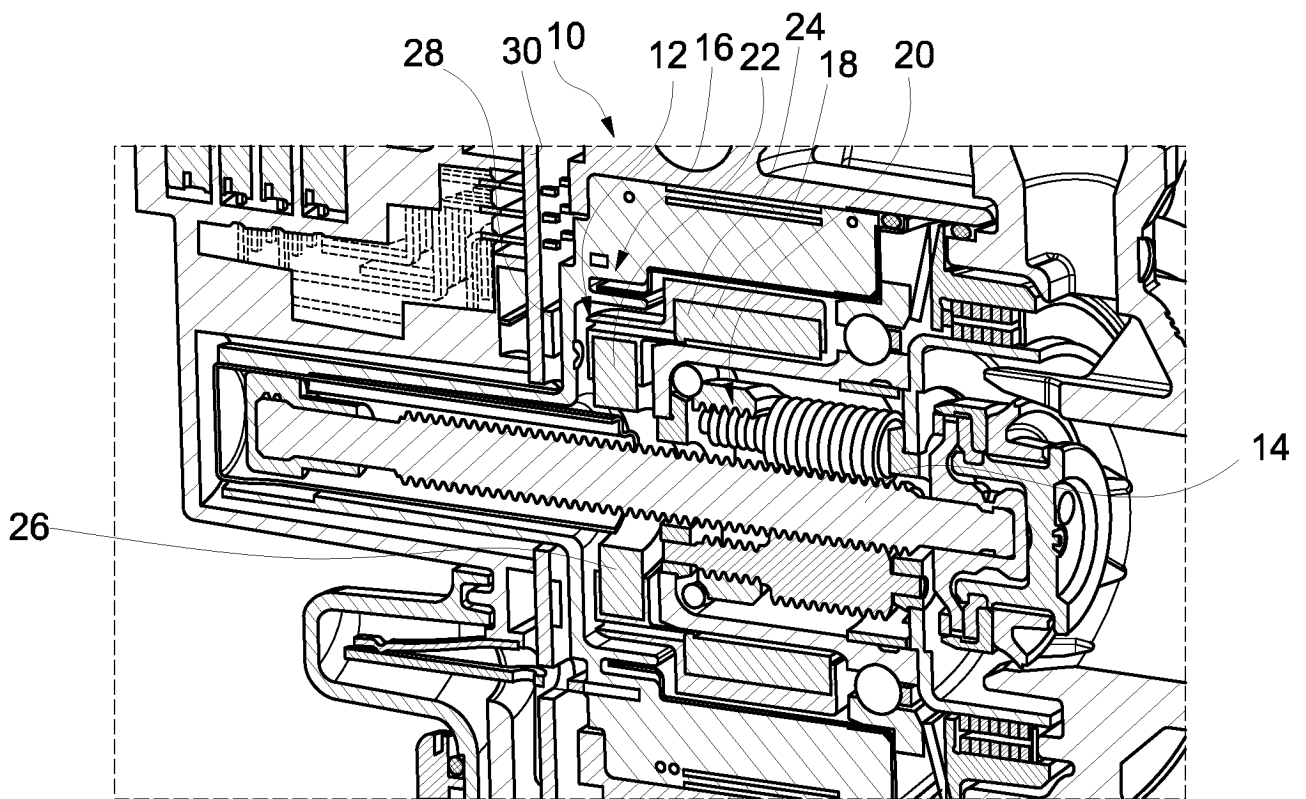


Fig. 1

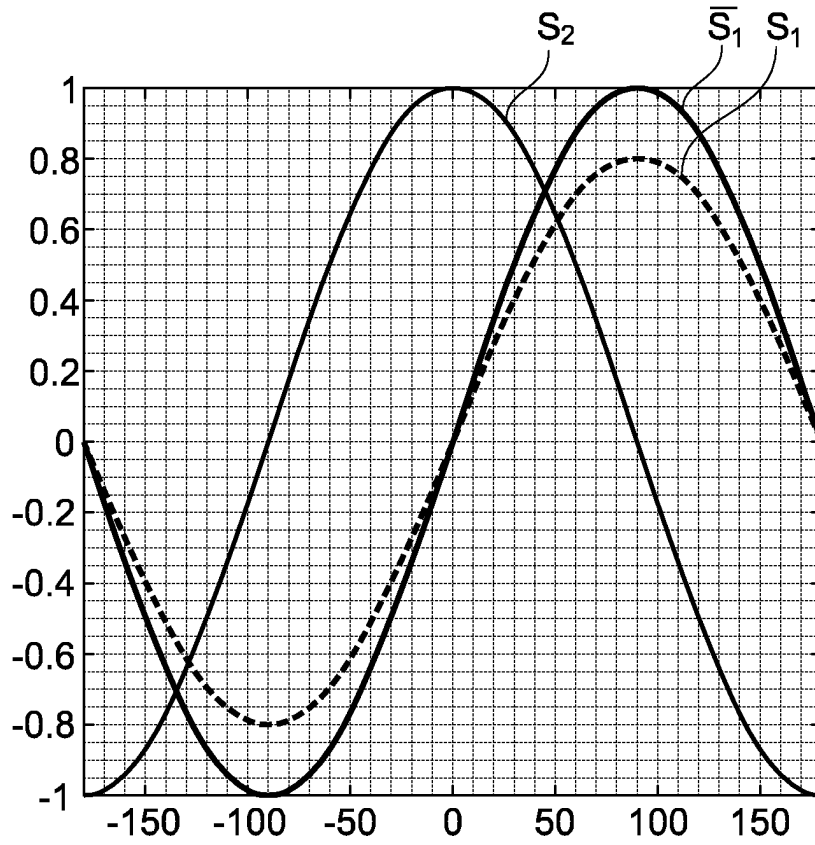


Fig. 2

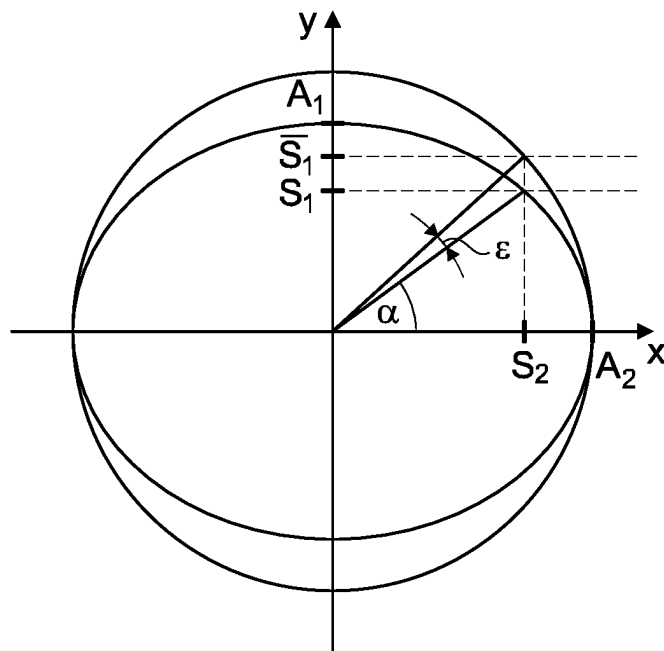


Fig. 3

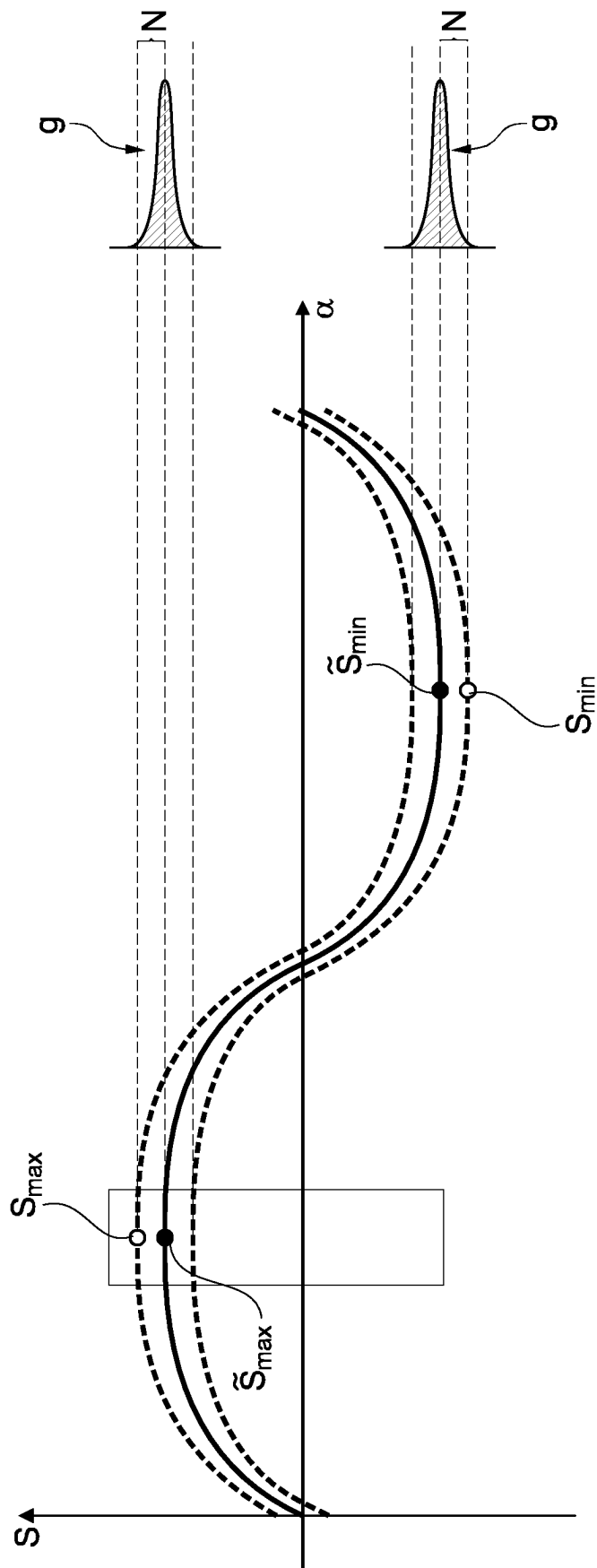


Fig. 4

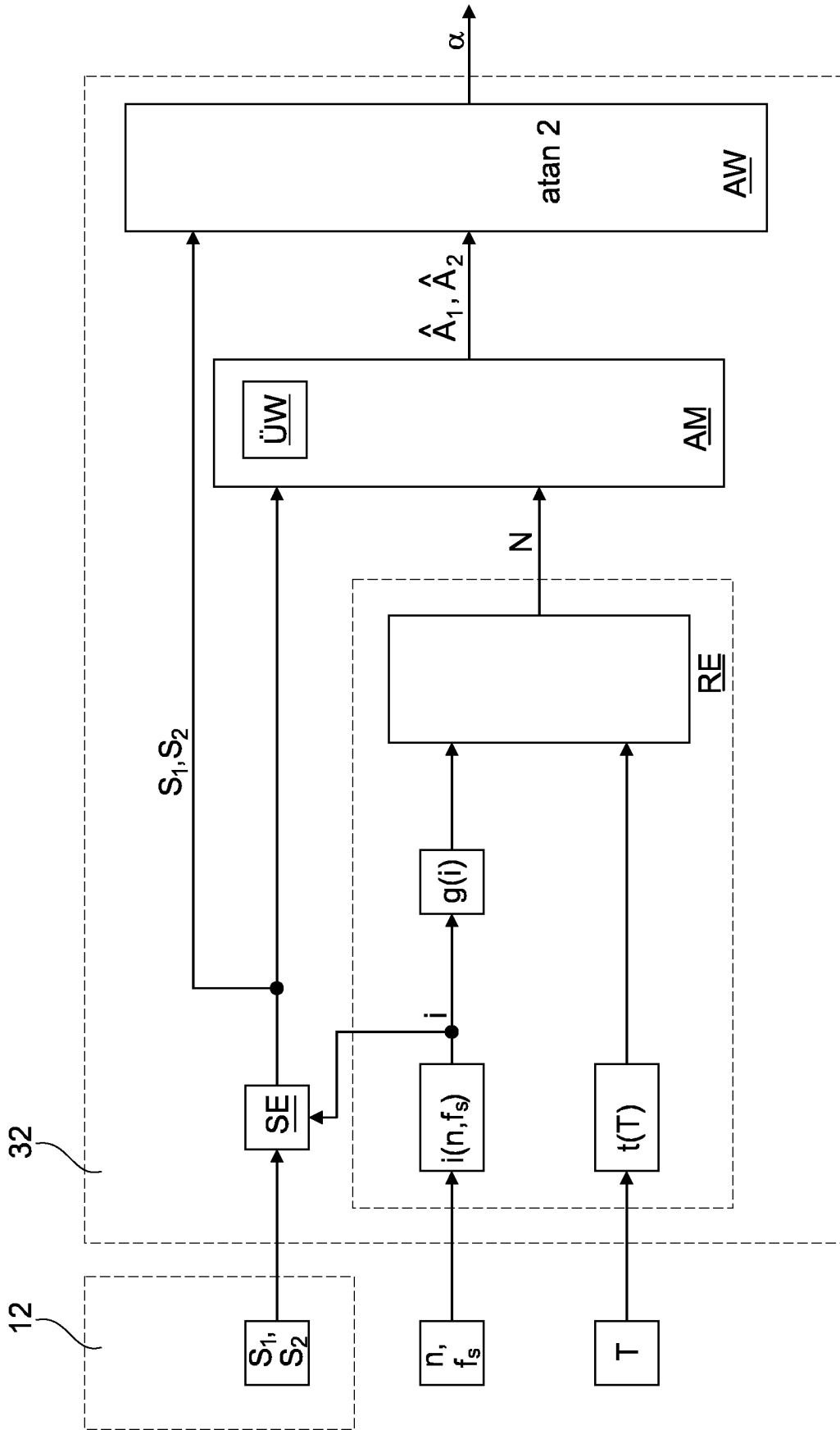


Fig. 5

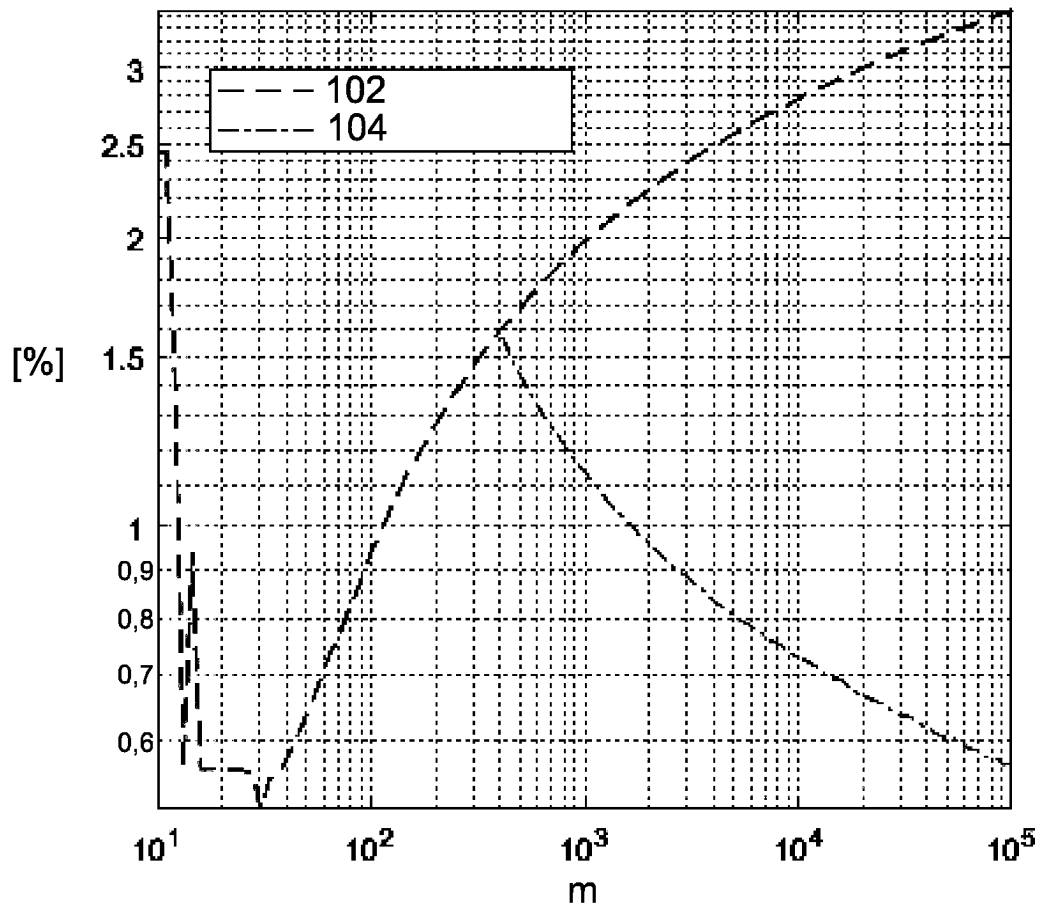


Fig. 6

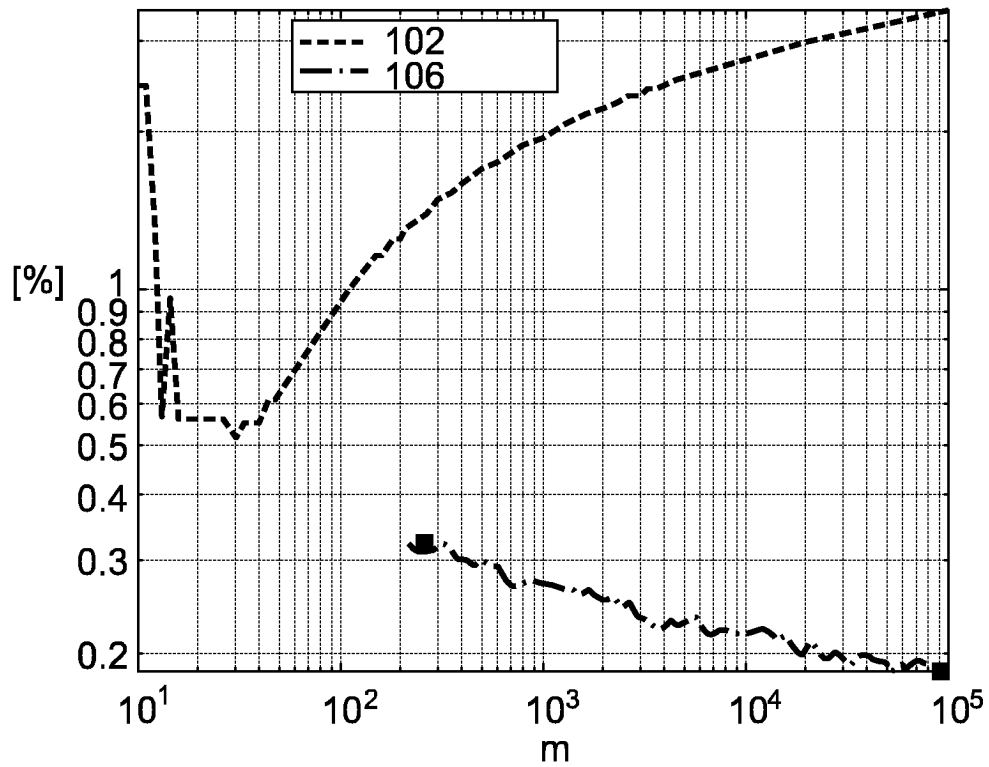


Fig. 7

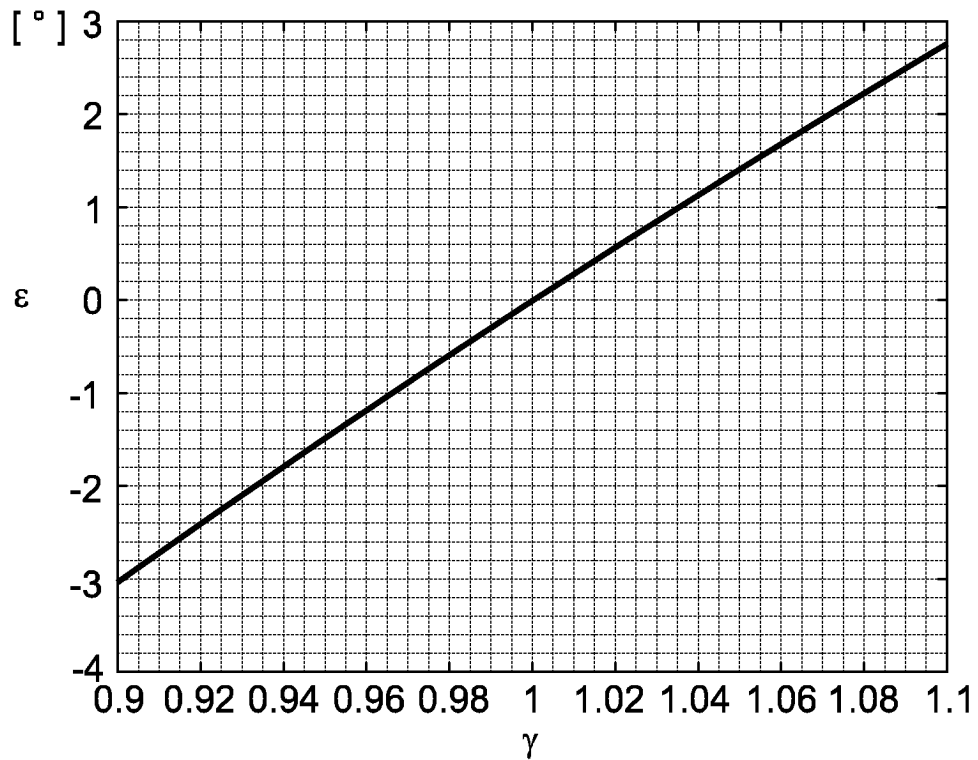


Fig. 8