

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. September 2007 (13.09.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/101595 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
Nicht klassifiziert

97475 Zeil am Main (DE). **GOEKE, Christof** [DE/DE];
Bahnhofstrasse 63, 96103 Hallstadt (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/001740

(74) **Anwalt: TERGAU & POHL**; Mögeldorf Hauptstrasse
51, 90482 Nürnberg (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. März 2007 (01.03.2007)

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS,
RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
20 2006 003 641.5 8. März 2006 (08.03.2006) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **BROSE FAHRZEUGTEILE GMBH & CO.**
[DE/DE]; Kommanditgesellschaft, Coburg, Ketschendor-
fer Strasse 38-50, 96450 Coburg (DE).

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

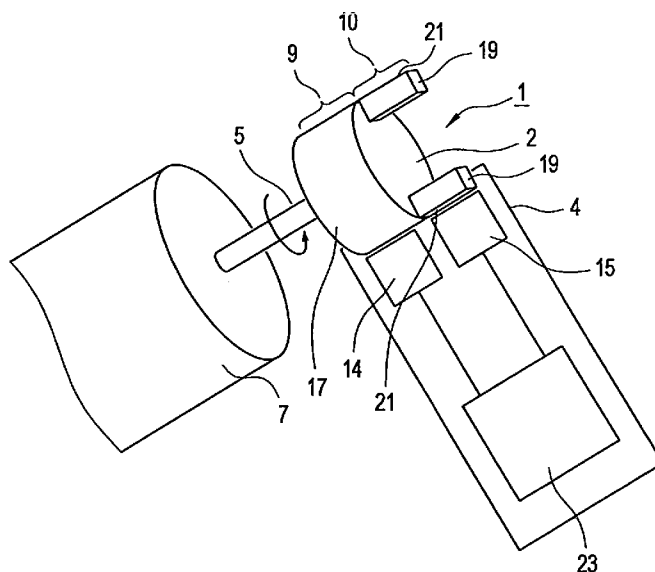
(72) Erfinder; und

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **WAGNER, Klaus**
[DE/DE]; Amselweg 9, 96190 Untermerzbach (DE).
WÜRSTLEIN, Holger [DE/DE]; Entenweidgasse 9,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** CAPACITIVE ROTARY SENSOR, EVALUATION CIRCUIT, AND MOTOR VEHICLE ADJUSTING UNIT

(54) **Bezeichnung:** KAPAZITIVER DREHSENSOR, AUSWERTESCHALTUNG UND KRAFTFAHRZEUG-VERSTELLEIN-
HEIT



(57) **Abstract:** Disclosed are a capacitive rotary sensor (1, 32), an evaluation circuit (23) for a rotary sensor (1, 32), a sensor system,
and a motor vehicle adjusting unit. The capacitive rotary sensor (1, 32) comprises a rotating element (2) and a resting element (4)
that is assigned to the rotating element (2). The rotating element (2) and the resting element (4) jointly embody a capacitor while the
rotating element (2) is configured so as to change the capacitance during a rotation about the rotational shaft (5) thereof. In order to
increase reliability, the rotating element (2) is fitted with at least two transmitter sections (9, 10) along the rotational shaft (5), each
of said transmitter sections (9, 10) embodying a capacitor along with the resting element (4).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/101595 A2



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Es werden ein kapazitiver Drehsensor (1, 32), eine Auswerteschaltung (23) für einen Drehsensor (1, 32), ein Sensorsystem und eine Kfz-Verstelleinheit angegeben. Der kapazitive Drehsensor (1, 32) weist ein Drehelement (2) und ein diesem zugeordnetes Ruheelement (4) auf, wobei das Drehelement (2) und das Ruheelement (4) miteinander eine Kapazität ausbilden und wobei das Drehelement (2) zu einer Veränderung der Kapazität bei einer Drehung um seine Drehachse (5) ausgebildet ist. Zur Erhöhung der Zuverlässigkeit wird vorgeschlagen, dass das Drehelement (2) entlang der Drehachse (5) wenigstens zwei jeweils mit dem Ruheelement (4) eine Kapazität ausbildende Geberabschnitte (9, 10) aufweist.

Kapazitiver Drehsensor, Auswerteschaltung und Kraftfahrzeug-Verstelleinheit

Die Erfindung betrifft einen kapazitiven Drehsensor mit einem Drehelement und mit einem diesem zugeordneten Ruheelement, wobei das Drehelement und das Ruheelement miteinander eine Kapazität ausbilden, und wobei das Drehelement zu einer Veränderung der Kapazität bei einer Drehung um seine Drehachse ausgebildet ist. Die Erfindung betrifft weiter eine Auswerteschaltung für einen derartigen Drehsensor zur Generierung eines die Drehzahl charakterisierenden Messsignals. Ferner betrifft die Erfindung eine Kraftfahrzeug-Verstelleinheit mit einem Stellorgan, das gegen einen Anschlag beweglich ist, zur Detektion eines Einklemmfalls.

Ein kapazitiver Drehsensor der eingangs genannten Art wird eingesetzt, um die Drehzahl oder ein Winkelinkrement einer sich drehenden Antriebsachse oder allgemein einer Drehachse zu messen. Hierzu weist der kapazitive Drehsensor ein Drehelement auf, welches mit der zu messenden Dreh- bzw. Antriebsachse rotiert, und welches mit einem zugeordneten Ruheelement eine Kapazität bildet. Zur Umsetzung einer Drehbewegung in ein Messsignal ist das Drehelement zu einer Veränderung der Kapazität bei einer Drehung um seine Drehachse ausgebildet.

Hierbei wird der Effekt ausgenutzt, dass die Kapazität eines Kondensators maßgeblich vom Abstand der Kondensatorplatten zueinander abhängig ist. Ganz allgemein wird die Kapazität eines Plattenkondensators um so größer, je kleiner der Abstand der Kondensatorplatten ist. Entsprechend kann eine sich mit der Drehbewegung verändernde Kapazität beispielsweise durch eine in Umfangsrichtung des Drehelementes unterbrochene Form, eine exzentrische Anordnung oder durch entsprechend ausgebildete Vorsprünge bzw. Vertiefungen hervorgerufen werden. Bei derartigen Formgebungen resultiert aus einer Drehung des Drehelements ein sich ändernder Abstand zwischen dem Drehelement und dem Ruheelement bzw. zwischen deren Oberflächen. Hierdurch ändert sich die Kapazität zwischen Drehelement und Ruheelement, so dass aus dem Kapazitätssignal auf die Art der Drehbewegung geschlossen werden kann. Insbesondere kann aus der Frequenz der Kapazitätsänderung auf die Drehzahl geschlossen werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen kapazitiven Drehsensor der eingangs genannten Art anzugeben, welcher möglichst preisgünstig und zuverlässig ist. Weiter ist es Aufgabe der Erfindung, hierzu eine geeignete Auswerteschaltung zur Generierung eines Messsignals anzugeben. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, eine Kraftfahrzeug-Verstelleinheit anzugeben, mit der möglichst zuverlässig ein Einklemmfall im Stellweg eines angetriebenen Stellorgans detektiert werden kann.

Die erstgenannte Aufgabe wird für einen kapazitiven Drehsensor der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Drehelement entlang der Drehachse wenigstens zwei jeweils mit dem Ruheelement eine Kapazität ausbildende Geberabschnitte aufweist.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass die von dem Ruheelement und dem Drehelement gebildete Kapazität aufgrund des kleinen Abstandes relativ störanfällig ist. So können Fertigungs- oder Einbautoleranzen des Antriebs die Kapazität signifikant beeinflussen, da es hierdurch zu Abstandsschwankungen zwischen dem Drehelement und dem Ruheelement kommt. Weiter können während des Betriebs Abstandsschwankungen aus unterschiedlichen Lastzuständen oder Schwingungen des Antriebes resultieren. Auch können äußere Störgrößen, wie elektromagnetische Felder, die insbesondere in der Umgebung eines elektrischen Antriebsmotors vorliegen, variierende dielektrische Eigenschaften der Luft oder Temperatureffekte zu einer unerwünschten Beeinflussung der Kapazität führen.

Die Erfindung geht weiter von der Überlegung aus, dass die unerwünschten Kapazitätsänderungen, die durch Störungen verursacht werden und nicht aus der Drehbewegung des Drehelementes resultieren, im Wesentlichen durch Variationen der Umgebungsparameter bedingt sind, die innerhalb gewisser Grenzen ortsunabhängig sind.

Diese Erkenntnis wird in der Erfindung ausgenutzt, indem das Drehelement entlang der Drehachse wenigstens zwei jeweils mit dem Ruheelement eine Kapazität ausbildende Geberabschnitte aufweist. Somit bilden zwei räumlich benachbarte Geberabschnitte mit dem Ruheelement eine Kapazität aus. Folglich führt eine am Ort des Drehsensors im

- 3 -

Wesentlichen ortsunabhängige Variation einer die Kapazität beeinflussenden Störgröße zu dem gleichen Effekt in beiden Geberabschnitten. Durch Betrachtung des Kapazitätsverlaufs eines derartigen Drehsensors kann somit eine auf derartigen Störgrößen beruhende Kapazitätsänderung eliminiert werden. Beispielsweise lässt sich eine additiv auftretende Kapazitätsstörung durch Differenzbildung der Kapazitätssignale beider Geberabschnitte herausrechnen.

Mit anderen Worten wird das Messsignal aus einer relativen Kapazitätsmessung abgeleitet. Dabei kann die relative Kapazitätsmessung über einen Vergleich der Amplituden, der Phasen oder der Frequenzen erfolgen. Entsprechend können die Geberabschnitte unterschiedlich ausgebildet sein.

Für die Erfindung ist es nicht erforderlich, dass beide Geberabschnitte zu einer Veränderung der Kapazität bei einer Drehung um die Drehachse ausgebildet sind. Denn auch ein Geberabschnitt, dessen Kapazität mit dem Ruheelement unabhängig von einer Drehung konstant bleibt, zeigt die durch äußere Störungen verursachten Kapazitätsänderungen, die zu eliminieren sind. Auch ist es nicht erforderlich, dass die Kapazität der Geberabschnitte getrennt mittels zweier den Geberabschnitten zugeordneter Detektionsabschnitte gemessen wird. Denn ebenso gut ist es vorstellbar, durch entsprechende Taktung in der Beschaltung der Geberabschnitte die zu einem gemeinsamen Detektionsabschnitt des Ruheelements gebildeten Kapazitäten zeitlich nacheinander abzufragen. Wird die Taktfrequenz entsprechend hoch gewählt, so lassen sich hierdurch Störeffekte mit geringerer Frequenz sicher erkennen und eliminieren.

Die Erfindung ist auch nicht eingeschränkt auf zwei Geberabschnitte. Es ist genauso vorstellbar, eine Reihe von Geberabschnitten entlang der Drehachse vorzusehen, um beispielsweise durch entsprechende Beschaltung die zu messende Kapazität insgesamt zu vergrößern.

In einer zweckmäßigen Ausgestaltung weist das Ruheelement wenigstens zwei, den Geberabschnitten zugeordnete Detektionsabschnitte auf. Diese Variante bietet den Vorteil, dass von Anbeginn an ohne großen schaltungstechnischen Mehraufwand zwei Kapazitätssignale zur Verfügung stehen. Die Kapazitäten können hierzu in einfacher Art

und Weise beispielsweise mittels einer Wechsellspannungsbeaufschlagung und mittels eines Spannungsteilers als Spannungssignale abgegriffen werden. Alternativ können zur Messung auch die Ent- oder Beladeströme der Kapazitäten erfasst werden. Es ist zweckmäßig, das Drehelement auf Erdpotenzial zu legen, da das Drehelement in der Regel auf einer Antriebsachse eines elektrischen Antriebs angeordnet ist, dessen äußere Teile aus sicherheitstechnischen Aspekten geerdet sind.

An die Form des Ruheelements oder der Detektionsabschnitte ist grundsätzlich keine hohe Anforderung zu stellen, da das Ruheelement räumlich fixiert ist. Folglich beeinflusst die Form an sich nicht den zeitlichen Verlauf der zu messenden Kapazität. Jedoch beeinflusst die Form die Größe der Kapazität als solche. Für eine möglichst hohe Kapazität ist es nun vorteilhaft, die Detektionsabschnitte flächig auszubilden, da die Kapazität proportional mit der Fläche der Kondensatorplatten steigt. Insofern bietet es sich an, die Detektionsabschnitte als flächige Elektroden auszubilden, die beispielsweise auf einer Platine in bekannter Art und Weise aufgebracht sind.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist wenigstens ein Geberabschnitt entlang des Umfangs Mantelflächenabschnitte mit unterschiedlichem Abstand zur Drehachse auf. Auf diese Art und Weise resultiert eine sich mit der Drehung des Drehelements periodisch verändernde Kapazität, wobei die Frequenz der Kapazitätsveränderung proportional zur Drehzahl ist. Gegenüber einer alternativen Ausgestaltung des Geberabschnitts, wie beispielsweise einer exzentrischen Anordnung, bietet sich diese Ausgestaltung aufgrund ihrer leichten mechanischen Verwirklichung an. Insbesondere bietet diese Ausgestaltung aber den Vorteil, dass auf bereits vorhandene, diese Ausgestaltung aufweisende Elemente einer Antriebsachse zurückgegriffen werden kann. So kann beispielsweise eine Kurbelwelle oder eine Klauenkupplung derartige Mantelflächenabschnitte mit unterschiedlichem Abstand zur Drehachse aufweisen und insofern als ein Drehelement des Drehsensors eingesetzt werden. Insofern kann das Drehelement als solches als ein Achsaufsatz ausgebildet sein, der beispielsweise einer Antriebsachse aufgesetzt wird, oder aber es wird hierzu ein bereits vorhandener Teil der Antriebsachse selbst verwendet.

Im Sinne der vorliegenden Anmeldung wird auch ein Drehelement, welches durch Materialabtragung auf einige wenige, parallel zur Drehachse ausgerichtete Stege reduziert ist, als ein Drehelement verstanden, welches entlang des Umfangs Mantelflächenabschnitte mit unterschiedlichem Abstand zur Drehachse aufweist. Bei einer Rotation eines derartigen Drehelementes wechseln sich die Stege mit einem definierten Abstand zu dem Ruheelement mit materialfreien Bereichen ab. Liegen sich ein materialfreier Bereich und ein Detektionsabschnitt des Ruheelements gegenüber, so resultiert die Kapazität aus den Abständen, die die weiter entfernt bzw. weggedrehten Stege in Summe zu dem Detektionsabschnitt aufweisen. Im Sinne der vorliegenden Anmeldung wird ein materialfreier Bereich als ein Mantelflächenabschnitt aufgefasst, dessen Abstand zur Drehachse gleich null ist.

Zweckmäßigerweise sind die Mantelflächenabschnitte mittels Vorsprüngen und/oder Vertiefungen ausgebildet. Diese können einem metallischen Drehelement beispielsweise durch spanende oder spanlose Bearbeitung nachträglich eingebracht sein. Es ist aber auch vorstellbar, das Drehelement im Ganzen durch ein Gussverfahren oder durch ein Pressverfahren herzustellen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Vorsprünge und/oder Vertiefungen durch zur Drehachse parallel verlaufende Stege bzw. Einkerbungen gebildet. Wie bereits erwähnt kann das Drehelement bzw. der jeweilige Geberabschnitt durch entsprechende Materialabtragung bis auf die Stege reduziert sein.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Vorsprünge oder Vertiefungen durch eine umlaufende erhabene oder eingesenkte Schraubenlinie gebildet. Hierbei kann beispielsweise der Weg, der durch eine Umdrehung der Schraubenlinie zurückgelegt wird, als die Länge eines Geberabschnitts aufgefasst werden. Jeder Geberabschnitt weist demzufolge in Umfangsrichtung Mantelflächen mit unterschiedlichem Abstand zur Drehachse auf. Die Schraubenlinie als solche zeigt einen anderen Abstand zur Drehachse als die restliche Mantelfläche.

Zur Detektion der Kapazität bietet es sich an, die Detektionsabschnitte des Ruhelements in Gestalt von zwei ineinander gesteckten Kämmen auszubilden, wobei der Ab-

stand der beiden Kämme zueinander der halben Steigung der Schraubenlinie entspricht. Auf diese Weise sieht ein kammartiger Detektionsabschnitt jeweils die Schraubenlinie, während der jeweils andere Detektionsabschnitt die Zwischenräume zwischen den Schraubenlinien erfasst. Bei einer Drehung des Drehelements wandert die Schraubenlinie vom Ruhelement aus betrachtet entlang der Drehachse. Folglich resultiert ein periodischer Verlauf der mit beiden Detektionsabschnitten detektierten Kapazitäten, die gegeneinander phasenverschoben sind. Durch die Anzahl der erfassten Windungen der Schraubenlinie kann die Größe der Kapazität eingestellt werden. Es bietet sich an, zur Erfassung der Kapazitäten eine Wechselspannungsbeschaltung zu verwenden, wobei die Frequenz der Wechselspannung so gewählt ist, dass der Betrag des Wechselstromwiderstands der Kapazität in der Größenordnung eines Vorwiderstands liegt, um eine möglichst große Spannungsänderung zu erreichen.

In einer weiteren zweckmäßigen Ausgestaltung des Drehsensors sind die wenigstens zwei Geberabschnitte zu einer Veränderung der Kapazität bei Drehung ausgebildet. Auf diese Weise ist es beispielsweise möglich, den Drehsinn zu erkennen. Dies gelingt insbesondere dann, wenn zwei Geberabschnitte entlang des Umfangs Mantelflächenabschnitte unterschiedlichen Abstandes zur Drehachse aufweisen, wobei die Mantelflächenabschnitte der beiden Geberabschnitte zueinander in Umfangsrichtung versetzt angeordnet sind. Hierdurch resultiert eine Phasenverschiebung der Kapazitätssignale beider Geberabschnitte zueinander, wobei bei Wechsel der Drehrichtung die Phasendifferenz ihr Vorzeichen umdreht. Zwar ist es zur Erfassung der Drehrichtung auch vorstellbar, entlang der Umfangsrichtung Mantelflächenabschnitte mit unterschiedlichem Abstand zur Drehachse und zueinander auszubilden, so dass aus der Abfolge von Kapazitätsspitzen auf die Drehrichtung geschlossen werden kann. Diese Ausgestaltung versagt jedoch bei kleinen Drehzahlen oder kleinen Drehwinkeln.

Um den Drehsensor gegen äußere elektromagnetische Felder abzuschirmen, ist vorteilhafterweise an den Detektionsabschnitten eine Driven-Shield-Abschirmung angeordnet. Durch entsprechenden Treiber wird hierbei sichergestellt, dass die Driven-Shield-Abschirmung sich stets auf gleichem Potenzial befindet wie die Detektionsabschnitte. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass keine Verfälschung der zu messenden Kapazitäten durch parasitäre Kapazitäten auftreten. Letzteres wäre insbeson-

dere dann der Fall, wenn eine auf Erdpotenzial gelegte Abschirmung verwendet werden würde.

Die zweitgenannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Auswerteschaltung für einen vorbeschriebenen Drehsensor, die dafür ausgebildet ist, die Kapazitäten zwischen Ruhe- und Drehelement zu erfassen und Unterschiede zwischen den einzelnen, den Geberabschnitten zugeordneten Kapazitäten zur Generierung eines die Drehzahl charakterisierenden Messsignals auszuwerten. Mit entsprechend ausgelegter Schaltungstechnologie wertet die Auswerteschaltung zur Kompensation der durch äußere Störungen verursachten Kapazitätsänderungen Unterschiede zwischen den einzelnen Kapazitäten aus und generiert ein zuverlässiges Messsignal, welches die Drehzahl charakterisiert. Mit anderen Worten werden gleiche Kapazitätsänderungen in beiden Geberabschnitten als Störungen interpretiert, wohingegen aus dem unterschiedlichen Aufbau oder Abgriff der wenigstens zwei Geberabschnitte resultierende Änderungen zur Generierung des Messsignals herangezogen werden. Dabei ist es unerheblich, ob die Änderungen der Kapazitäten durch Beobachtung der Amplituden, der Frequenz oder der Phase ermittelt werden.

In einer vorteilhaften, weil günstigen Ausgestaltung weist die Auswerteschaltung jeweils einen Spannungsteiler zur Erfassung der den Geberabschnitten zugeordneten Kapazitäten als Spannungssignale, einen Tief- oder Bandpass zur Peakerkennung der Spannungssignale und einen Differenzverstärker zur Generierung des Messsignals aus einer Differenz der den mindestens zwei Geberabschnitten zugeordneten Spannungssignale auf. Hierbei werden die unterschiedlichen Kapazitätsverläufe der wenigstens zwei Geberabschnitte durch Differenzbildung von Störungen befreit. Die Schaltung ist mit preisgünstigen Mitteln zu verwirklichen. Insbesondere kann die Auswerteschaltung in einen ASIC integriert werden.

Zweckmäßigerweise ist die Auswerteschaltung mit einer Frequenzerfassungseinrichtung ausgestattet, die ausgehend vom Messsignal ein zur Drehzahl proportionales Ausgangssignal generiert.

Alternativ ist es möglich, die Geberabschnitte derart zu gestalten, dass die bei Drehung resultierenden Kapazitäten zueinander eine Phasenverschiebung aufweisen. Zur Erzeugung des Messsignals werden dann gleichphasig auftretende Kapazitätsänderungen kompensiert. Diese Variante hat den weiteren Vorteil, dass mit der Phasenerkennungseinrichtung zur Erfassung einer Phasendifferenz zwischen den unterschiedlichen Geberabschnitten zugeordneten Kapazitäten auch die Drehrichtung erfasst werden kann.

Selbstverständlich ist es auch vorstellbar, eine mit einem Differenzverstärker ausgestattete Auswerteschaltung zusätzlich mit einer Phasenerkennungseinrichtung zu versehen, und für den Drehsensor insgesamt drei Geberabschnitte mit zugeordneten Detektionsabschnitten vorzusehen. Aus den Kapazitäten zweier Geberabschnitte wird dann das Messsignal generiert, während der dritte Geberabschnitt durch entsprechende Ausgestaltung ein phasenverschobenes Kapazitätssignal liefert. Dieses kann zur Bestimmung der Drehrichtung eingesetzt werden.

Der vorbeschriebene Drehsensor und die vorbeschriebene Auswerteschaltung können sowohl separat als getrennte Einheiten als auch als Sensorsystem vorliegen. Für das Sensorsystem ist es dabei insbesondere vorstellbar, den Drehsensor und die Auswerteschaltung zu einer physikalischen Einheit zu kombinieren.

Die letztgenannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Kraftfahrzeug-Verstelleinheit mit einem Stellorgan, das gegen einen Anschlag beweglich ist, mit einem Antrieb zum Verfahren des Stellorgans, mit einer Steuereinheit zum Steuern des Antriebs und mit einer mit der Steuereinheit verbundenen, am Antrieb angeordneten Drehsensor wie vorbeschrieben zur Detektion eines Einklemmfalles, wobei die Steuereinheit dafür ausgebildet ist, mittels des Drehsensors bei Antrieb des Stellorgans eine Drehbewegung des Antriebs zu ermitteln und ausgehend vom Verlauf der Drehbewegung einen Einklemmfall zu detektieren und bei Detektion eines Einklemmfalles den Antrieb zu stoppen und/oder reversierend anzutreiben.

Dabei kann der Drehzahlsensor insbesondere zur Messung des Verstellweges des Stellorgans eingesetzt werden. Hierzu werden beispielsweise die Umdrehungen der

Motorachse des Antriebs gezählt und hieraus auf die Position des Stellorgans innerhalb des Stellweges geschlossen. Durch Vergleich der erfassten Drehzahl entlang des Verstellweges mit abgespeicherten Drehzahlwerten kann auf einen Einklemmfall geschlossen werden. Auch kann aus weiteren Motorparametern ein Drehmoment entlang des Stellweges abgeleitet werden und dieses zur Detektion eines Einklemmfalles herangezogen werden.

Durch Einsatz des kostengünstigen und zuverlässigen Drehsensors gelingt es, einen Einklemmfall zuverlässig zu detektieren. Läuft das Stellorgan in seinem Stellweg auf ein Hindernis auf, so resultiert hieraus aufgrund des erhöhten notwendigen Drehmoments ein Abfall der Drehzahl des Antriebes. Wird eine derartige Änderung der Drehzahl sicher und zuverlässig detektiert, so kann ein Einklemmfall rasch festgestellt und entsprechende Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Der vorbeschriebene Drehsensor bietet sich hierbei insbesondere als Ersatz für einen in der Kfz-Technik üblicherweise eingesetzten Hall-Sensor an. Auf den relativ teuren Ringmagneten mit in Umfangsrichtung unterschiedlicher Polung, der für einen Hall-Sensor zur Detektion einer Drehzahl der Antriebsachse zuzuordnen ist, kann verzichtet werden. Auch die Auswerteschaltung für den vorbeschriebenen Drehsensor lässt sich kostengünstig durch einen ASIC realisieren.

Als Stellorgan im Sinne der vorliegenden Anmeldung wird beispielsweise eine Seitenscheibe oder ein Schiebedach verstanden. Ebenso stellen aber auch eine elektrisch angetriebene Schiebetür, eine selbsttätig öffnende oder schließende Heckklappe oder ein elektrisch betätigbarer Kraftfahrzeugsitz ein derartiges Stellorgan dar.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 schematisch einen Drehsensor, dessen Drehelement zwei Geberabschnitte unterschiedlicher Ausgestaltung aufweist,

Fig. 1A ebenfalls schematisch den Drehsensor gemäß Fig. 1, dessen Drehelement einen weiteren Geberabschnitt aufweist,

- Fig. 2 schematisch einen weiteren Drehsensor, dessen Drehelement mittels einer Schraubenlinie ausgebildete Geberabschnitte aufweist,
Fig. 3 eine erste Auswerteschaltung,
Fig. 4 eine zweite Auswerteschaltung und
5 Fig. 5 schematisch eine Kraftfahrzeug-Verstelleinheit mit einem Schiebedach als Stellorgan.

In Fig. 1 ist schematisch ein Drehsensor 1 dargestellt, der ein metallisches Drehelement 2 und ein Ruheelement 4 umfasst. Das Drehelement 2 ist als ein Achsaufsatz
10 ausgebildet und auf einer Drehachse 5 eines elektrischen Antriebs 7 montiert. Das Drehelement 2 weist weiter, entlang der Drehachse angeordnet, einen ersten Geberabschnitt 9 und einen zweiten Geberabschnitt 10 auf, denen ein erster Detektionsabschnitt 14 und ein zweiter Detektionsabschnitt 15 des Ruheelements 4 zugeordnet sind.

15 Der erste Geberabschnitt 9 ist als ein bezüglich der Drehachse 5 rotationssymmetrischer Zylinder mit einer Mantelfläche 17 ausgebildet. Der zweite Geberabschnitt 10 ist durch zwei entlang der Umfangsrichtung um 180° gegeneinander versetzte Stege 19 ausgebildet, die parallel zur Drehachse 5 verlaufen. Zwischen den Stegen 19 erstreckt
20 sich ein materialfreier Bereich des zweiten Geberabschnitts 10. Insofern weist der zweite Geberabschnitt 10 Mantelflächenabschnitte 21, die einen definierten Abstand zur Drehachse haben, und einen dazwischen liegenden materialfreien Bereich mit einem Mantelflächenabschnitt auf, der einen Abstand von Null zur Drehachse 5 besitzt.

25 Der erste und der zweite Detektionsabschnitt 14 bzw. 15 des Ruheelements 4 sind als flächige Elektroden ausgebildet. Beide Detektionsabschnitte 14 und 15 sind auf einer Elektronikplatine angeordnet und mit einer Auswerteschaltung 23 in Form eines ASIC's verbunden. Die Auswerteschaltung 23 generiert durch Differenzbildung der erfassten Kapazitäten der beiden Geberabschnitte 9 und 10 ein von Störungen befreites Mess-
30 signal, aus welchem die Drehzahl der Drehachse 5 des Antriebs 7 abgeleitet werden kann. Hierbei bleibt die durch den ersten Geberabschnitt 9 und ersten Detektionsabschnitt 14 gebildete Kapazität bei einer Drehung der Drehachse 5 mit Ausnahme von äußeren Störungen konstant. Die Kapazität, die durch den zweiten Geberabschnitt

10 und den zweiten Detektionsabschnitt 15 ausgebildet ist, ändert sich durch die umlaufenden Stege 19 bei einer Drehung der Drehachse 5 periodisch. Dabei zeigt der Kapazitätsverlauf infolge der zwei Stege 19 bei einer Umdrehung der Drehachse 5 zwei Spitzenwerte.

5

Zur Erfassung der Kapazitäten wird die Drehachse 5 und damit auch das Drehelement 2 auf Erdpotenzial gelegt, gegenüber welchem die Detektionsabschnitte 14 und 15 mit einer Wechselspannung beaufschlagt werden. Mittels eines Spannungsteilers werden die den Geberabschnitten 9 und 10 zugeordneten Kapazitäten als Spannungssignale
10 abgegriffen und in der Auswerteschaltung 23 durch Differenzbildung zu dem Messwert verarbeitet. Durch die Differenzbildung werden durch Störungen in beiden Kapazitäten gleichermaßen hervorgerufene Änderungen wirkungsvoll kompensiert.

In Fig. 1A ist der Drehsensor 1 gemäß Fig. 1 in einer leicht modifizierten Ausgestaltung
15 gezeigt. Gegenüber Fig. 1 weist das Drehelement 2 einen dritten Geberabschnitt 25 auf, dem auf dem Ruheelement 4 ein dritter Detektionsabschnitt 27 zugeordnet ist. Auch der dritte Detektionsabschnitt 27 ist hierbei als eine flächige Elektrode ausgebildet.

20 Der dritte Geberabschnitt 25 ist gleich dem zweiten Geberabschnitt 10 ausgebildet. Dabei sind jedoch die Stege 30 des dritten Geberabschnitts 25 gegenüber den Stegen 19 des zweiten Geberabschnitts 10 in Umfangsrichtung versetzt. Insofern resultieren bei einer Drehung des Drehelements 2 Kapazitätsverläufe des dritten und des zweiten Geberabschnitts 30 bzw. 10, die zueinander phasenversetzt sind. Durch Bestimmung der
25 Phase kann auf die Drehrichtung geschlossen werden. Hierfür ist eine geeignete Modifikation in der Auswerteschaltung 23 vorzusehen.

In Fig. 2 ist schematisch ein alternativer Drehsensor 32 gezeigt. Der Drehsensor 32 umfasst ein Drehelement 2 und ein symbolisch dargestelltes Ruheelement 4. Das
30 Drehelement 2 ist Teil einer Antriebsachse eines elektrischen Antriebs 7. Insbesondere stellt das Drehelement 2 einen Teil eines Schneckengetriebes dar, wie es zur Umsetzung der Rotation des elektrischen Antriebs 7 in eine Drehbewegung mit einer anderen Drehachse benötigt wird. Als Teil eines Schneckengetriebes weist das Drehelement 2

eine die Achse umlaufende Schraubenlinie 34 auf, so dass sich entlang der Drehachse 5 abwechselnd Vertiefungen 35 und Vorsprünge 36 ergeben. Die Schraubenlinie 34 gleichzeitig ein Außengewinde des Schneckengetriebes.

- 5 Das Detektionselement 38 des Ruheellements 4 umfasst zwei mittels Leiterbahnen ausgebildete und ineinander gesteckte Kämme 40 und 41. Dabei sind die Zinken des Kammes 40 mit dem Anschluss 44 und die Zinken des Kammes 41 mit dem elektrischen Anschluss 43 verbunden. Der Abstand der beiden Kämme 40 und 41 bzw. ihrer Zinken ist dabei so gewählt, dass er einer halben Steigung des Gewindes der Schraubenlinie 34 entspricht. Zusätzlich sind die Kämme 40 bzw. 41 entsprechend dem Gewindegang der Schraubenlinie 34 leicht geneigt. Somit erfassen die Zinken des Kammes 40 beispielsweise die erhabene Schraubenlinie 34 und somit aufgrund des geringeren Abstandes eine höhere Kapazität, während dessen die Zinken des Kammes 41 die zwischen der Schraubenlinie 34 angeordneten Zwischenräume und somit eine kleinere Kapazität detektieren.

Bei einer Drehung der Drehachse 5 wandert die Schraubenlinie 34 entlang der Drehachse 5. Als Folge hiervon ändert sich sowohl die mit dem Kamm 40 als auch die mit dem Kamm 41 erfasste Kapazität periodisch. Die Kapazitäten der beiden Kämme 40 und 41 sind hierbei gegeneinander um 180° phasenverschoben. Die Länge des Detektionselementes 38 bzw. die Anzahl der Zinken ist dabei so gewählt, dass die durch Wandern der Schraubenlinie 34 verursachte Kapazitätsänderung möglichst hoch ist, jedoch Randeffekte vermieden werden.

- 25 Zur Erfassung der Drehzahl des Antriebs 7 kann eine Auswerteschaltung verwendet werden, die die Kapazitäten der beiden Kämme 40 und 41 gegenüber dem Drehelement 2 mittels eines Spannungsteilers abgreift. Durch Differenzbildung der phasenverschobenen Kapazitätssignale lassen sich auch hier am Ort des Drehelements 2 auftretende Störungen, die zu einer Verfälschung des detektierten Signals führen würden, eliminieren. Die Anregungsfrequenz wird hierbei so gewählt, dass der Betrag des kapazitiven Blindwiderstands bei der Anregungskapazität sich in der Größenordnung des Vorwiderstands bewegt, um eine möglichst große Spannungsänderung zu erreichen.

Die Kapazität wird über mehrere Windungen gemessen, wodurch eine größere Kapazitätsänderung und somit ein größerer Signal- Stör-Abstand erreicht wird.

Die in Fig. 3 dargestellte Schaltung zeigt eine Auswertung der relativen Kapazitätsmessung zur Generierung eines die Drehzahl charakterisierenden Messsignals. Hierzu wird die zwischen dem Drehelement, hier als Elektrode X8 bezeichnet, und den Elektroden X6 und X7 der den Geberabschnitten zugeordneten Detektionsabschnitten gebildete Kapazität als Spannungssignal an den Widerständen R13 bzw. R14 abgegriffen. Die Signale an den Mittenabgriffen der RC-Glieder werden anschließend in den Operationsverstärkern IC6 bzw. IC7 verstärkt, um die Spannungsteiler nicht zu belasten und um einen zusätzlichen Signal-Stör-Abstand zu gewinnen. Mit Hilfe der Dioden und den RC-Gliedern werden Spitzenwerterkennung der bei Drehung periodischen, den Kapazitäten der Geberabschnitte zugeordneten Spannungssignale realisiert. Der dritte Operationsverstärker IC8 subtrahiert die beiden Signale voneinander, verstärkt die Differenz und fügt einen Offset hinzu.

Ein Vorteil dieser Auswerteschaltung ist es, dass sie nicht abgeglichen werden muss. Die Funktionsweise ist zudem in einem kleinen Bereich unabhängig vom Abstand zwischen Ruheelement und Drehelement. Dies macht die dargestellte Auswerteschaltung für einen Serieneinsatz brauchbar.

Die Eingangsverstärkerstufen können gegebenenfalls durch einfache Impedanzwandler ersetzt werden.

In Fig. 4 ist eine alternative Auswerteschaltung für einen Drehsensor gemäß Fig. 1 oder Fig. 2 gezeigt. Auch diese Auswerteschaltung wertet eine relative Kapazitätsmessung zur Generierung eines die Drehzahl charakterisierenden Messsignals aus.

Das Messprinzip der Schaltung beruht darauf, dass zwei unterschiedliche Kapazitäten bei gleichen Vorwiderständen eine unterschiedliche Entladekurve besitzen. Die unterschiedlichen Kapazitäten zwischen dem Drehelement, hier als Elektrode X11 bezeichnet, und den unterschiedlichen Geberabschnitten des Drehelements zugeordneten Detektionsabschnitten des Ruheelements, hier die Elektroden X12 und X13, werden

wiederum mittels Spannungsteiler abgegriffen. Durch die Dioden-Widerstand-Kombination D4/R25 bzw. D5/R27 wird der den Geberabschnitten jeweils zugeordnete Kondensator sicher auf die Spitzenspannung des treibenden Wechselspannungssignals geladen. Für die Auswerteschaltung wird hierbei ein Rechtecksignal der Frequenz 80 kHz verwendet. Hierzu sind die Widerstände R25 und R27 um ein Vielfaches kleiner gewählt als die Entladewiderstände R23 und R24. Die Entladung erfolgt ausschließlich über die Widerstände R23 und R24, da die Dioden im Fall der Entladung sperren.

Da die Entladung eines RC-Gliedes bei gleicher Ladung ausschließlich von der Kapazität und dem Widerstand abhängt und die RC-Glieder zum Auswerten der beiden Kapazitäten Entladewiderstände des gleichen Wertes besitzen, hängt somit die Entladekurve nur noch von der Kapazität ab. Die Entladewiderstände R23 und R24 werden so gewählt, dass die Kapazitäten beim Entladevorgang um etwa 63% entladen werden. Dies entspricht der Ladekonstante τ des RC-Gliedes. Der nachgeschaltete Komparator IC11 vergleicht ständig die Signalverläufe der beiden Mittenabgriffe der RC-Glieder. Das D-Latch (zustandsgesteuertes Flip-Flop) am Ausgang übernimmt den Wert des Komparators bei der steigenden Flanke des Taktes. Dies entspricht dem Zeitpunkt, an dem das RC-Glied um etwa τ entladen wird.

Vorteil der in Fig. 4 gezeigten Auswerteschaltung ist, dass diese ebenfalls nicht abgeglichen werden muss. Außerdem kann diese Auswerteschaltung mit einem Rechtecksignal versorgt werden, was einfach mittels einer Pulsweitenmodulation realisiert werden kann und somit keinen weiteren Schaltungsaufwand für einen Sinus-Generator erfordert. Ein weiterer Vorteil ist der sehr geringe Schaltungsaufwand. Das D-Latch kann sehr gut mittels Software realisiert werden. Dazu muss nur der Digitaleingang eines Mikrocontrollers bei der steigenden Flanke des PWM-Signales eingelesen werden. Die Funktionsweise der Auswerteschaltung ist ebenfalls in einem kleinen Bereich unabhängig vom Abstand zwischen Drehelement und Ruheelement. Insofern eignet sich auch die gezeigte Auswerteschaltung gemäß Fig. 4 für einen Serieneinsatz.

In Fig. 5 ist schematisch eine Kfz-Verstelleinheit 50 dargestellt. Als Teil der Kfz-Verstelleinheit 50 ist das Dach 52 eines Kraftfahrzeuges sichtbar, in welches als ein Verstellorgan 53 ein Schiebedach 54 eingelassen ist. Das Schiebedach 54 ist – wie

durch die Pfeile 56 angedeutet – verfahrbar und insbesondere gegen einen Anschlag 57 schließbar.

Das Schiebedach 56 ist mittels einer nicht näher dargestellten und an sich bekannten
5 Mechanik 59 an einen elektrischen Antrieb 60 angebunden, der mittels einer zugeordneten Steuereinheit 62 gesteuert wird. Die Steuereinheit 62 erfasst zur Detektion eines Einklemmfalles zwischen dem Anschlag 57 und dem sich schließenden Schiebedach 54 die Drehzahl des elektrischen Antriebs 60. Hierzu ist auf der Antriebsachse des elektrischen Antriebs 60 ein Drehsensor 1 gemäß Fig. 1 angeordnet. Wird im Verstell-
10 weg des Schiebedachs 54 eine von einem Normalverlauf abweichende Drehzahländerung registriert, so schließt die Steuereinheit 62 auf einen Detektionsfall, woraufhin der Antrieb 60 gestoppt und reversierend angetrieben wird. Zum Erkennen eines Einklemmfalles beobachtet die Steuereinheit 62 insbesondere die Größe der Abweichung der mittels des Drehsensors 1 festgestellten Drehzahl von einem für den Stellweg vorgegebenen Sollverlauf. Erreicht der Abstand zwischen Istdrehzahl und Solldrehzahl
15 einen vorgegebenen Abschaltschwellenwert, so wird auf einen Einklemmfall geschlossen. Der Drehsensor 1 ersetzt in der Kfz-Verstelleinheit 50 einen bislang üblichen Hall-Sensor, wodurch insgesamt die Kosten reduziert werden können.

- 16 -

Bezugszeichenliste

1.	Drehensor	36	Vorsprünge
2	Drehelement	38	Detektionselement
4	Ruheelement	40	Kamm
5	Drehachse	41	Kamm
7	Antrieb	43	Anschluss
9	erster Geberabschnitt	44	Anschluss
10	zweiter Geberabschnitt	50	Kfz-Verstelleinheit
14	erster Detektionsabschnitt	52	Dach
15	zweiter Detektionsabschnitt	53	Verstellorgan
17	Mantelfläche	54	Schiebedach
19	Stege	56	Pfeile
21	Mantelflächenabschnitt	57	Anschlag
23	Auswerteschaltung	59	Mechanik
25	dritter Geberabschnitt	60	Antrieb
27	dritter Detektionsabschnitt	62	Steuereinheit
30	Stege	C	Kondensatoren
32	Drehensor	R	Widerstände
34	Schraubenlinie	IC	Integrierte Schaltkreise
35	Vertiefungen	X	Elektroden

- 17 -

Ansprüche

1. Kapazitiver Drehsensor (1,32) mit einem Drehelement (2) und mit einem diesem zugeordneten Ruheelement (4), wobei das Drehelement (2) und das Ruhee-
5 ment (4) miteinander eine Kapazität ausbilden, und wobei das Drehelement (2) zu einer Veränderung der Kapazität bei einer Drehung um seine Drehachse (5) ausgebildet ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Drehelement (2) entlang der Drehachse (5) wenigstens zwei jeweils mit
10 dem Ruheelement (4) eine Kapazität ausbildende Geberabschnitte (9,10) aufweist.

2. Drehsensor (1,32) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

15 dass das Ruheelement (4) wenigstens zwei den Geberabschnitten (9,10) zugeordnete Detektionsabschnitte (14,15) aufweist.

3. Drehsensor (1,32) nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

20 dass die Detektionsabschnitte (14,15) als flächige Elektroden ausgebildet sind.

4. Drehsensor (1,32) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

25 dass wenigstens ein Geberabschnitt (9,10) entlang des Umfangs Mantelflächenabschnitte (21) mit unterschiedlichem Abstand zur Drehachse (5) aufweist.

5. Drehsensor (1,32) nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

30 dass die Mantelflächenabschnitte (21) mittels Vorsprüngen (36) und/oder Vertiefungen (35) ausgebildet sind.

6. Drehsensor (1,32) nach Anspruch 5,

- 18 -

dadurch gekennzeichnet,
dass die Vorsprünge (36) und/oder Vertiefungen (35) durch zur Drehachse (5)
parallel verlaufende Stege (19,30) bzw. Einkerbungen gebildet sind.

- 5 7. Drehsensor (1,32) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Vorsprünge (36) oder Vertiefungen (35) durch eine umlaufende erha-
bene oder eingesenkte Schraubenlinie (34) gebildet sind.
- 10 8. Drehsensor (1,32) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die wenigstens zwei Geberabschnitte (9,10) zu einer Veränderung der Ka-
pazität bei Drehung ausgebildet sind.
- 15 9. Drehsensor (1,32) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass zwei Geberabschnitte (9,10) entlang des Umfangs Mantelflächenabschnitte
(21) unterschiedlichen Abstandes zur Drehachse (5) aufweisen, wobei die Man-
telflächenabschnitte (21) der beiden Geberabschnitte (9,10) zueinander in Um-
fangsrichtung versetzt angeordnet sind.
- 20 10. Drehsensor (1,32) nach einem der vorhergehenden Abschnitte,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Driven-Shield-Abschirmung zur Abschirmung an den Detektion-
sabschnitten (14,15) angeordnet ist.
- 25

- 5 11. Auswerteschaltung (23) für einen Drehsensor (1,32) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die dafür ausgebildet ist, die Kapazitäten zwischen Ruhe- (4) und Drehelement (2) zu erfassen und Unterschiede zwischen den einzelnen den Geberabschnitten (9,10) zugeordneten Kapazitäten zur Generierung eines die Drehzahl charakterisierenden Messsignals auszuwerten.
- 10 12. Auswerteschaltung (23) nach Anspruch 11, mit jeweils einem Spannungsteiler zur Erfassung der den Geberabschnitten (9,10) zugeordneten Kapazitäten als Spannungssignale, mit einem Tief- oder Bandpass zur Peakerkennung der Spannungssignale und mit einem Differenzverstärker zur Generierung des Messsignal aus einer Differenz der den mindestens zwei Geberabschnitten (9,10) zugeordneten Spannungssignale.
- 15 13. Auswerteschaltung (23) nach Anspruch 11 oder 12, mit einer Frequenzerfassungseinrichtung, die ausgehend vom Messsignal ein zur Drehzahl proportionales Ausgangssignal generiert.
- 20 14. Auswerteschaltung (23) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, mit einer Phasenerkennungseinrichtung zur Erfassung einer Phasendifferenz zwischen den den unterschiedlichen Geberabschnitten (9,10) zugeordneten Kapazitäten.
- 25 15. Sensorsystem umfassend einen Drehsensor (1,32) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 und eine Auswerteschaltung (23) gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14.

- 20 -

16. Kraftfahrzeug-Verstelleinheit (50) mit einem Stellorgan (53), das gegen einen Anschlag beweglich ist, mit einem Antrieb zum Verfahren des Verstellorgans (53), mit einer Steuereinheit (62) zum Steuern des Antriebs (60) und mit einem mit der Steuereinheit (62) verbundenen, am Antrieb (60) angeordneten Drehsensor (1,32) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 zur Detektion eines Einklemmfalls,
- 5 wobei die Steuereinheit (62) dafür ausgebildet ist, mittels des Drehsensors (1,32) bei Antrieb des Verstellorgans (53) eine Drehbewegung des Antriebs (60) zu ermitteln und ausgehend vom Verlauf der Drehbewegung einen Einklemmfall zu
- 10 detektieren und bei Detektion eines Einklemmfalles den Antrieb (60) zu stoppen und / oder reversierend anzutreiben.

1/5

Fig.1

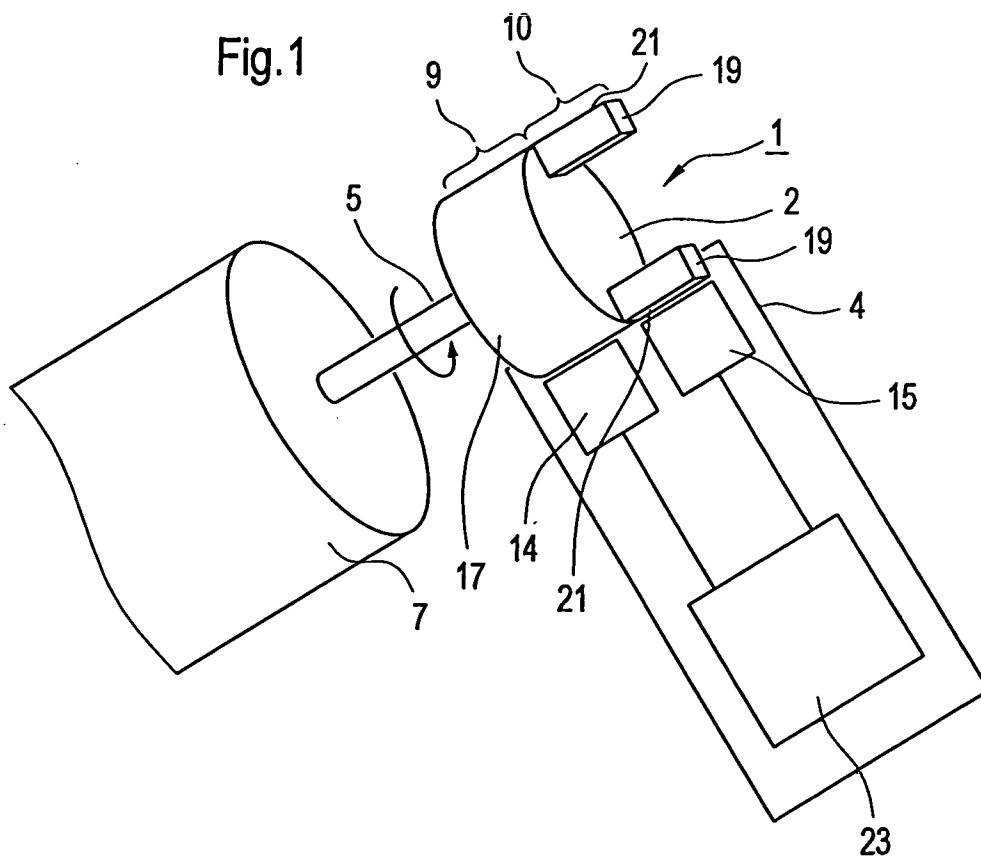
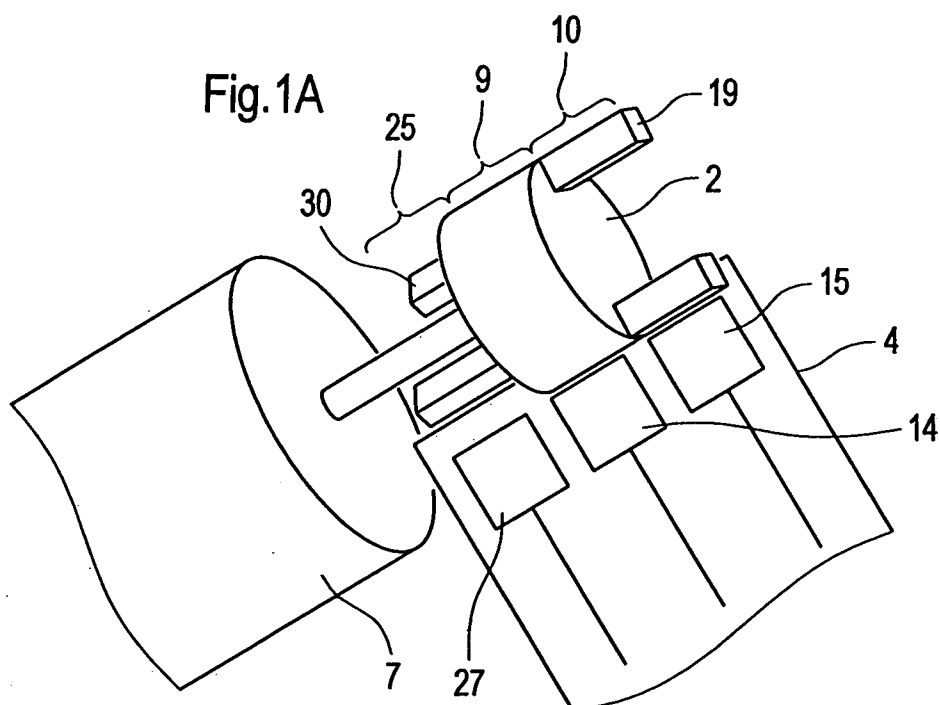
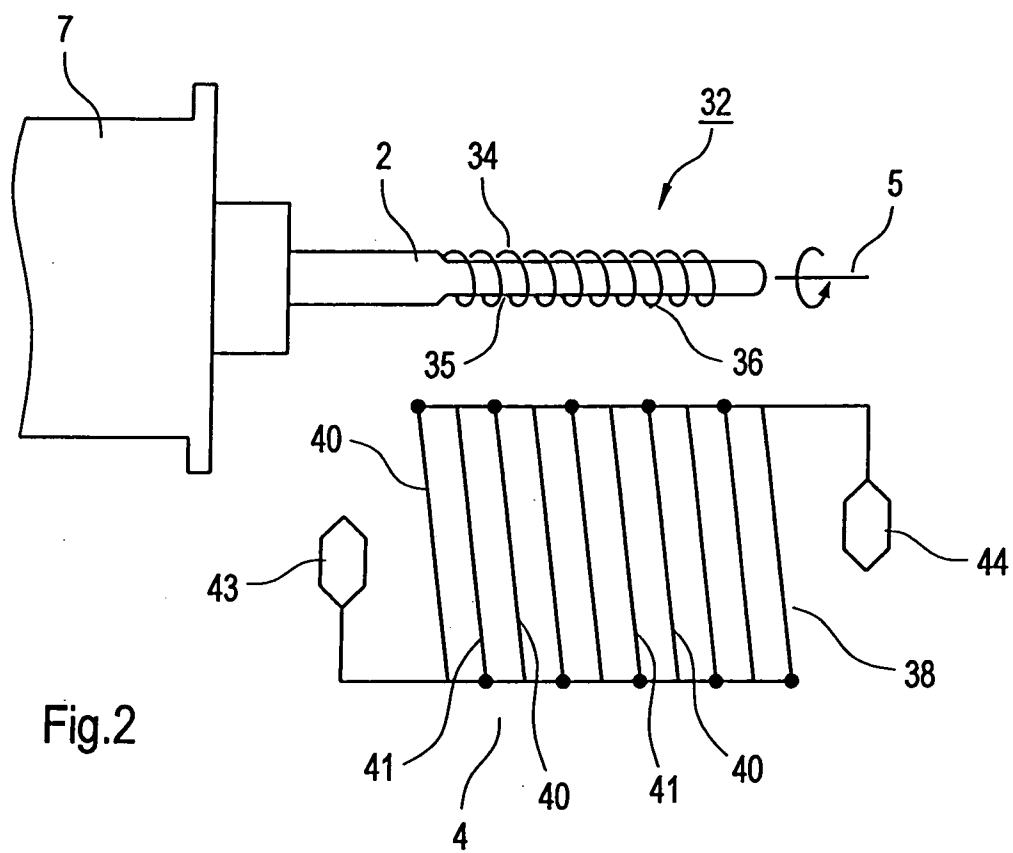


Fig.1A



2/5



3/5

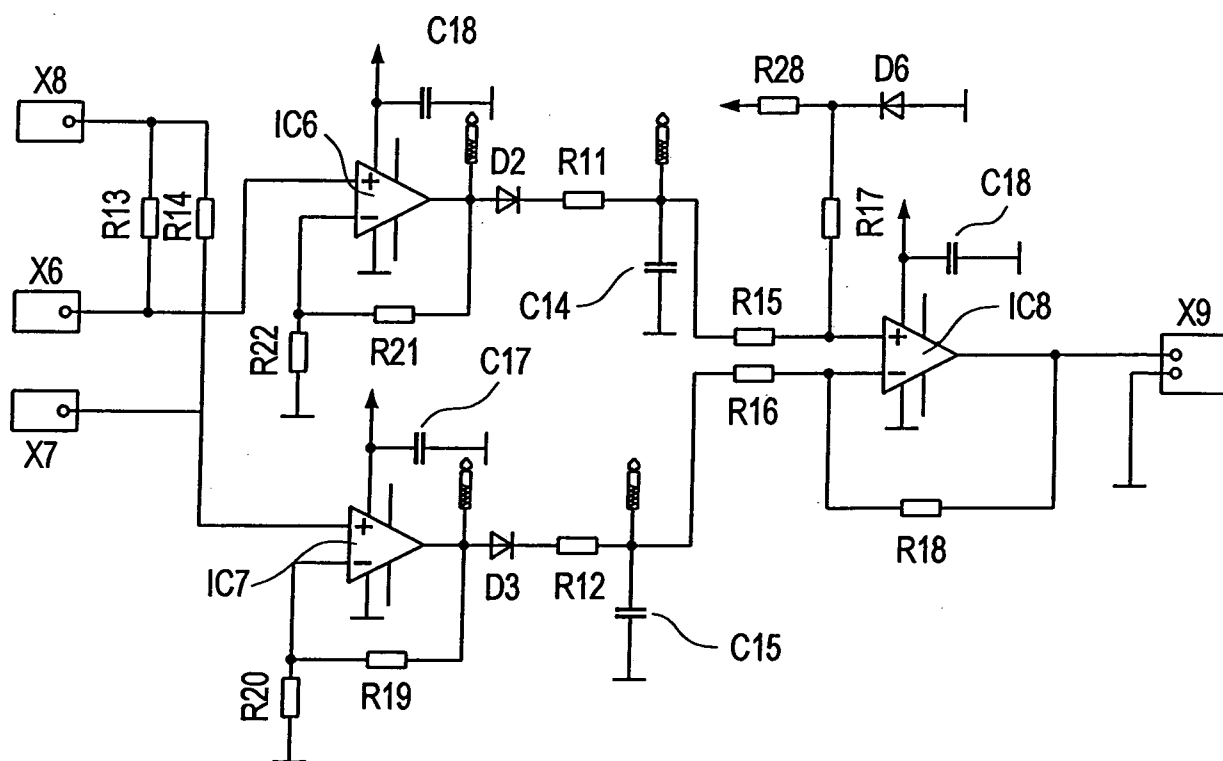


Fig.3

4/5

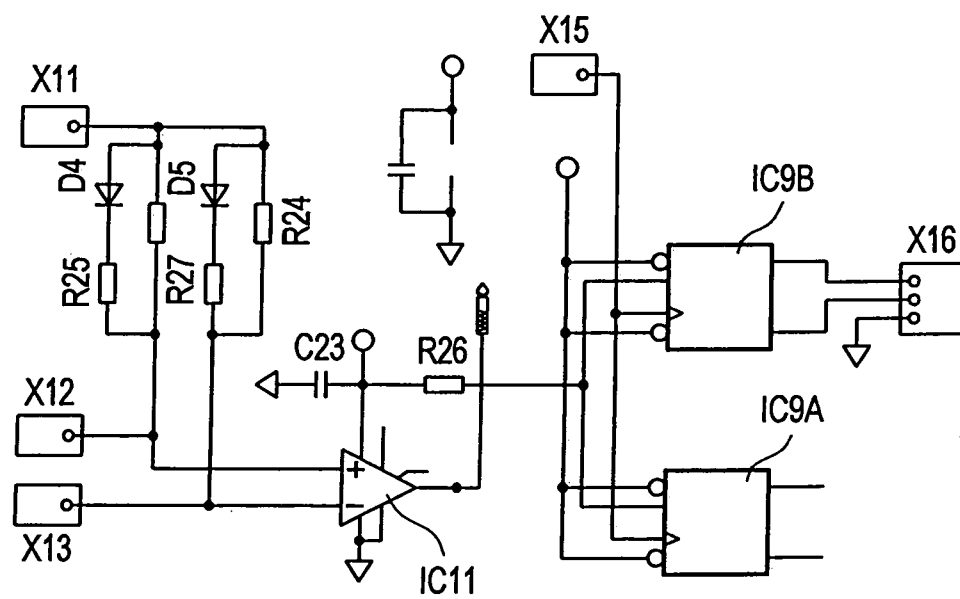


Fig.4

5/5

