



(10) **DE 196 81 201 B4** 2010.08.12

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **196 81 201.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP96/03588**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1997/021991**
(86) PCT-Anmeldetag: **06.12.1996**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **19.06.1997**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **26.02.1998**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **12.08.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G01L 3/14** (2006.01)
F16H 25/06 (2006.01)
G01L 3/10 (2006.01)
F16H 1/32 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
7/320846 08.12.1995 JP

(73) Patentinhaber:
Harmonic Drive Systems Inc., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80796 München

(72) Erfinder:
Horiuchi, Masashi, Nagano, JP; Mohri, Kaneo, Nagoya, Aichi, JP

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

DE 37 04 049 C2
DE 37 38 607 A1
EP 02 85 259 A2
JP 06-2 41 285 AA

JP 06185580 A. In: Patents Abstracts of Japan

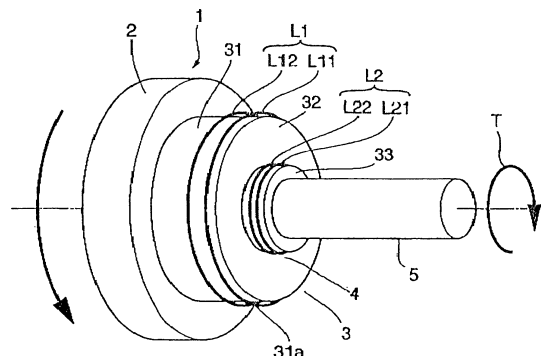
JP 02310438 A. In: Patents Abstracts of Japan

JP 06117944 A. In: Patents Abstracts of Japan

**M. HASHIMOTO: Robot Motion Control based on
Joint Torque Sensing. In: Proceedings IEEE
International Conference of Robotics and
Automation, (Scottsdale, AZ), 1989, S. 256-261**

(54) Bezeichnung: **Drehmomenterfassungseinrichtung für ein elastisches Verzahnungs-Wellgetriebe**

(57) Hauptanspruch: Drehmomenterfassungseinrichtung für ein elastisches Verzahnungs-Wellgetriebe (1), welches ein kreisförmiges starres Innenrad (2), ein kreisförmiges elastisches Außenrad (3), welches im Inneren des starren Innenrads (2) angeordnet ist und eine Außenverzahnung (34) hat, die mit einer Innenverzahnung des starren Innenrads (2) kämmt, und einen Wellengenerator zum Verformen des elastischen Außenrads (3) in radialer Richtung derart aufweist, dass die Außenverzahnung (34) teilweise mit der Innenverzahnung kämmt, um die miteinander in Eingriff stehenden Bereiche der Zähne in Umfangsrichtung zu bewegen, so dass eine relative Drehung zwischen dem starren Innenrad (2) und dem elastischen Außenrad (3) nach Maßgabe einer Differenz der Zähnezahl zwischen Außenverzahnung und Innenverzahnung zustande kommt, wobei das elastische Außenrad (3) eine Topfform aufweist und einen rohrförmigen Körper (31), eine an der Seite des einen Endes des Körpers (31) einstückig angeformte kreisförmige Membran (32) und eine integral in der Mitte der Membran (32) angeformte Nabe (33) hat, wobei die Außenverzahnung (34) an...



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein elastisches Verzahnungs-Wellgetriebe, insbesondere eine Drehmomenterfassungseinrichtung für ein flexibles Verzahnungs-Wellgetriebe, die ein Drehmoment genau ermitteln kann.

Technischer Hintergrund

[0002] In einem Antriebsmechanismus zum Antreiben eines zu steuernden Objekts, beispielsweise eines Roboters oder dergleichen, wird ein Servosystem eingesetzt, und in diesem Fall ist es wünschenswert, das an das Objekt gelangende Drehmoment in gesteuerter Weise zu regulieren. Zu diesem Zweck wird im allgemeinen eine Drehmomenterfassungseinrichtung zwischen einer Untersetzungseinheit in Form eines Antriebskraft-Übertragungsmechanismus und einem zu steuernden Objekt eingesetzt, um das Übertragungsdrehmoment nachzuweisen. Für einen korrekten Drehmomentnachweis ist es wünschenswert, wenn eine Untersetzungseinheit mit einem Drehmomenterfassungsmechanismus vorgesehen ist. Bei einem solchen Drehmomenterfassungsmechanismus kommt bekanntlich ein Verfahren unter Verwendung einer Dehnungsmeßeinrichtung sowie ein Verfahren zum Messen der Impedanz eines mit magnetischem Material überzogenen Drehteils einer Untersetzungseinheit zum Einsatz.

[0003] Als Untersetzungseinheit in einem Servosystem ist ein elastisches Verzahnungs-Wellgetriebe bekannt. Das elastische Wellgetriebe wird in großem Umfang in einem System eingesetzt, welches eine exakte Antriebssteuerung erfordert, weil die Vorrichtung jenes Typs eine geringe Anzahl von Bauteilen enthält und ein starkes Untersetzungsverhältnis liefern kann. Als Drehmomenterfassungsmechanismus für ein elastisches Wellgetriebe gibt es einen Mechanismus, bei dem ein Dehnungsmeßstreifen an einem flexiblen Außenrad angebracht ist. Außerdem gibt es einen Mechanismus, bei dem der Außenumfang eines elastischen Außenrads mit einem magnetischen Material überzogen ist, während gleichzeitig an der der überzogenen Stelle gegenüberliegenden Position ein Magnetkopf angeordnet ist.

[0004] Der Artikel „Robot Motion Control based on Joint Torque Sensing“ von M. Hashimoto in „Proceedings IEEE International Conference of Robotics and Automation“, Scotsdale, AZ, 1989, S. 256–261 beschreibt ein auf Drehmomentrückkopplung basierendes Steuerverfahren für die Bewegungssteuerung eines Roboters. Dabei wird das Drehmoment eines elliptischen Wellgenerators durch Drehmomentsensoren, die um 90° versetzt auf der Membran des Wellgenerators angebracht sind, gemessen. Die Ergeb-

nisse der Messungen werden addiert, so dass sich eine von der Rotation des Wellgenerators verursachte Modulation aufhebt.

[0005] DE 37 04 049 C2 zeigt eine Vorrichtung zum Messen eines auf eine wenigstens in einem Oberflächenbereich aus einem magnetischen Werkstoff gefertigte Welle ausgeübten Drehmoments mit einer zunächst der Welle angeordnete Erregerspule zum Erzeugen eines Magnetkreises, in welchem der Magnetfluss durch einen ausgewählten Abschnitt der Welle verläuft, mit einer Spüreinrichtung zum Erfassen einer durch ein auf die Welle ausgeübtes Drehmoment hervorgerufenen magnetostriktiven Änderung in dem gewählten Abschnitt der Welle, und mit einstückig mit der Welle ausgebildeten Einrichtungen zur Ausrichtung des Magnetflusses durch Unterteilung der Oberfläche der Welle in eine Reihe von länglichen und zueinander parallelen Bereichen, welche in bezug auf die Oberfläche der Welle in unterschiedlicher Höhe in einem vorbestimmten Winkel zur Längsachse der Welle verlaufen.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Die Erfinder haben bestätigt, daß sich die magnetische Impedanz abhängig von der Innenspannung ändert, wenn das Drehmoment auf ein elastisches Außenrad gelangt, bei dem es sich um eine Komponente eines elastischen Wellgetriebes handelt.

[0007] Ziel der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer Drehmomenterfassungseinrichtung für ein elastisches Wellgetriebe mit einem vom Stand der Technik abweichenden Aufbau, die mit Genauigkeit ein Drehmoment nachweisen kann, indem von einer Änderung der magnetischen Impedanz Gebrauch gemacht wird, die in einem elastischen Außenrad entsteht.

[0008] Die Erfinder haben eine Änderung der magnetischen Impedanz eines elastischen Außenrads untersucht und herausgefunden, daß es eine Stelle gibt, an der die positive Änderungsgeschwindigkeit der magnetischen Impedanz in eine negative umschlägt, und umgekehrt, wobei dies eine dem elastischen Außenrad innewohnende Eigenschaft ist. Die vorliegende Erfindung basiert auf dieser Feststellung.

[0009] Erfindungsgemäß ist in einem elastischen Verzahnungs-Wellgetriebe, welches ein kreisförmiges starres Innenrad, ein kreisförmiges elastisches Außenrad, welches im Inneren des starren Innenrads angeordnet ist und eine Außenverzahnung besitzt, die mit einer Innenverzahnung des starren Innenrads kämmt, und einen Wellgenerator zum Verformen des elastischen Außenrads in radialer Richtung aufweist, um die Außenverzahnung teilweise mit der Innenver-

zahnung in Eingriff zu bringen und die miteinander kämmenden Stellen der Verzahnung in Umfangsrichtung zu bewegen, so daß eine relative Drehung zwischen dem starren Innenrad und dem flexiblen Außenrad entsprechend einer Zähnezahldifferenz zwischen Außenverzahnung und Innenverzahnung entsteht, mit einem ersten und einem zweiten Nachweiselement für magnetische Impedanz an einer ersten bzw. einer zweiten Stelle ausgestattet, so daß Änderungen der magnetischen Impedanz in Bezug auf ein Übertragungsdrehmoment des elastischen Außenrads einander entgegengesetzte Eigenschaften aufweisen, wodurch ein Übertragungsdrehmoment anhand der erfaßten Ausgangssignale des ersten und des zweiten magnetischen Impedanzelements nachgewiesen wird.

[0010] Als elastisches Außenrad sind grundsätzlich ein topfförmiges und ein zylinderhut-förmiges Rad ebenso wie ein kreisförmiges Rad bekannt. Das topfförmige elastische Außenrad besitzt einen rohrförmigen Körper, eine kreisförmige Membran, die einstückig an einem Ende des Körpers ausgebildet ist, eine Nabe, die einstückig an der Mitte der Membran ausgebildet ist, und die Außenverzahnung am Außenumfang auf der Seite des offenen Ende des Körpers. In diesem Fall kann das erste magnetische Impedanzelement an dem Endbereich an der Seite der Membran des Körpers angebracht werden, während das zweite magnetische Impedanzelement an dem Grenzbereich bezüglich der Nabe der Membran angeordnet werden kann. An diesen Stellen ändert sich die magnetische Impedanz mit einer Drehmomentänderung linear, und die Geraden sind gegensinnig geneigt. Bevorzugt kann ein lineares Drehmoment-nachweis-Ausgangssignal erhalten werden, welches durch einen Nullpunkt läuft, wenn eines der Ausgangssignale von dem ersten und dem zweiten magnetischen Impedanzelement von dem anderen subtrahiert wird.

[0011] Ein zylinderhut-förmiges elastisches Außenrad hingegen besitzt einen rohrförmigen Körper, eine sich an einem Ende des Körpers fortsetzende, kreisförmige Membran, die sich radial von dem Körper nach außen erstreckt, eine kreisförmige Nabe, die einstückig am äußeren Umfangsrand der Membran ausgebildet ist, und die Außenverzahnung am Außenumfang des anderen Endes des Körpers. Auch in diesem Fall kann das erste magnetische Impedanzelement am Endbereich auf der Seite der Membran des Körpers platziert werden, während das zweite magnetische Impedanzelement am Grenzbereich bezüglich der Nabe der Membran angeordnet werden kann.

[0012] Die vorliegende Erfindung läßt sich in ähnlicher Weise bei einer flexiblen Untersetzungseinheit vom Kontakttyp einsetzen. Das heißt: Bei einer Drehmomenterfassungseinrichtung für eine elastische

Untersetzungseinheit vom Kontakttyp, die ein kreisförmiges starres Teil, ein kreisförmiges flexibles Teil, welches im Inneren des kreisförmigen starren Teils angeordnet ist und einen Außenumfang aufweist, der in Reibeingriff mit dem Innenumfang des starren Teils treten kann, und einem Wellgenerator zum Verformen des elastischen Teils in radialer Richtung, um reibschlüssig in teilweise Berührung mit dem Innenumfang zu treten und die reibschlüssig in Berührung stehenden Bereiche in Umfangsrichtung zu bewegen und so eine relative Drehung zwischen dem starren Teil und dem elastischen Teil entsprechend einer Differenz im Umfang zwischen Außenumfang und Innenumfang hervorzurufen, ist das flexible Teil mit einem ersten und einem zweiten Nachweiselement für magnetische Impedanz an einer ersten bzw. an einer zweiten Stelle ausgestattet, wo Änderungen der magnetischen Impedanz bezüglich des Drehmoments des flexiblen Teils einander entgegengesetzte Eigenschaften aufweisen, und das Drehmoment anhand des nachgewiesenen Ausgangssignals des ersten und des zweiten magnetischen Impedanzelements erfaßt wird.

[0013] Auch in diesem Fall kann als elastisches Teil ein topfförmiges elastisches Teil verwendet werden, welches einen rohrförmigen Körper, eine kreisförmige Membran, die einstückig an einem Ende des Körpers angeformt ist, eine einstückig in der Mitte der Membran ausgebildete Nabe und eine am Außenumfang an der Seite des offenen Umfangs des Körpers ausgebildete Außenumfangs-Reibkontaktfläche aufweist, wobei das erste magnetische Impedanzelement am Endbereich an der Seite der Membran des Körpers angeordnet sein kann, während das zweite magnetische Impedanzelement am Grenzbereich bezüglich der Nabe der Membran angeordnet sein kann.

[0014] Da als flexibles Teil auch ein zylinderhut-förmiges Teil verwendet werden kann, welches einen rohrförmigen Körper, einen an einem Ende des Körpers einstückig angeformte kreisförmige Membran, die sich in radialer Richtung nach außen erstreckt, eine kreisförmige Nabe, die einstückig am äußeren Umfangsrand der Membran ausgebildet ist, und eine Außenumfangs-Reibkontaktfläche am Außenumfang an der Seite des anderen Endes des Körpers aufweist, kann das erste magnetische Impedanzelement an dem Endabschnitt auf der Seite der Membran des Körpers angebracht sein, während das zweite magnetische Impedanzelement am Grenzbereich bezüglich der Nabe der Membran platziert sein kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] [Fig. 1](#) zeigt eine Nachweisposition für magnetische Impedanz in einem topfförmigen elastischen Wellgetriebe mit Zahneingriff gemäß der Erfindung.

[0016] **Fig. 2** ist ein Schaltungsdiagramm eines Beispiels einer Nachweisschaltung für magnetische Impedanz, die zur Umsetzung der Erfindung in die Praxis eingesetzt werden kann.

[0017] **Fig. 3** ist eine graphische Darstellung, die eine Änderung der nachgewiesenen Ausgangsspannung entsprechend den Änderungen der magnetischen Impedanz relativ zu einer Drehmomentänderung zeigt, gemessen am Ende des Körpers eines elastischen Außenrades.

[0018] **Fig. 4** ist eine graphische Darstellung einer Änderung der nachgewiesenen Ausgangsspannung entsprechend Änderungen der magnetischen Impedanz relativ zu einer Drehmomentänderung, gemessen an dem Grenzbereich zwischen einer Membran und einer Nabe eines elastischen Außenrads.

[0019] **Fig. 5(A)** zeigt das topfförmige elastische Außenrad, **Fig. 5(B)** ist eine graphische Darstellung der nachgewiesenen Werte in den Positionen **31a** und **4** in **Fig. 5(A)**, und **Fig. 5(C)** ist eine graphische Darstellung einer Kennlinie, erhalten durch Subtraktion zweier Meßwerte.

[0020] **Fig. 6** zeigt ein zylinderhut-förmiges flexibles Außenrad.

Bester Weg zur Ausführung der Erfindung

[0021] Im folgenden wird die Erfindung im einzelnen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

[0022] **Fig. 1** zeigt ein topfförmiges elastisches Wellgetriebe mit Zahneingriff gemäß der Erfindung. Das elastische Wellgetriebe mit Zahneingriff **1** besitzt ein kreisförmiges starres Innenrad **2**, ein topfförmiges elastisches Außenrad **3**, welches im Inneren des Rads **2** angeordnet ist, und einen (nicht gezeigten) Wellgenerator mit einem elliptischen Profil, der in das Rad **3** eingesetzt ist, wobei eine (nicht gezeigte) Drehwelle mit der Mitte des Wellgenerators gekoppelt ist.

[0023] Das elastische Außenrad **3** (vergl. **Fig. 5**) besitzt einen rohrförmigen Körper **31**, eine kreisförmige Membran **32**, die integral an einem Ende des Körpers angeformt ist, eine einstückig in der Mitte der Membran **32** angeformte Nabe **33** und eine Außenverzahnung **34**, die am Außenumfang am offenen Ende des Körpers **31** ausgebildet ist. Eine Untersetzungs-Ausgangsdrehwelle **5** ist koaxial mit der Nabe **33** gekoppelt.

[0024] Wenn beispielsweise das kreisförmige starre Innenrad **2** fixiert ist, so wird eine hohe Drehzahl aufweisende Eingangsgröße des Wellgenerators in starkem Maß reduziert, entsprechend der Differenz

der Zähnezahls zwischen der (nicht gezeigten) Innenverzahnung auf der Seite des starren Innenrads **2** und der Außenverzahnung **34** auf der Seite des elastischen Außenrads **3**, und die untersetzte Drehung wird von der Ausgangswelle **5** abgenommen, die an das elastische Außenrad **3** gekoppelt ist. Da das Prinzip des Untersetzungsmechanismus eines elastischen Wellgetriebes vom Verzahnungstyp bekannt ist, wird hier auf seine Erläuterung verzichtet.

[0025] In dem so aufgebauten topfförmigen elastischen Wellgetriebe mit Verzahnung wird ein Drehmoment **T** folgendermaßen nachgewiesen: Erstens wird gemäß **Fig. 1** ein erstes Nachweiselement **L1** für magnetische Impedanz (Doppelkupferdrahtspulen **L11** und **L12**) am Außenumfang des Körpers **31** des elastischen Außenrads **3** angebracht. Diese Spulen **L11** und **L12** werden an einem Endabschnitt **31a** (erste Stelle) des Körpers **31** platziert, als Fortsetzung der Membran **32**. Als zweites Nachweiselement **L2** für magnetische Impedanz werden an einem Grenzbereich **4** (zweite Stelle) zwischen der Membran **32** und der Nabe **33** Doppelkupferdrahtspulen **L21** und **L22** platziert.

[0026] **Fig. 2** zeigt ein Beispiel für Drehmoment-nachweisschaltungen, die an die magnetischen Impedanzelemente **L1** bzw. **L2** angeschlossen sind. Die Änderung der magnetischen Impedanz in Relation zu einer Drehmomentänderung, die von jeder der Spulen **L11** (**L21**) und **L12** (**L22**) erfaßt wird, wird von einer zugehörigen Nachweisschaltung **10** in Form eines Spannungswerts **Vout** ausgegeben.

[0027] Beispiele für die Meßergebnisse, die mit der Drehmomenterfassungseinrichtung mit dem in **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellten Aufbau erhalten werden, sind in den **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellt. Der Graph in **Fig. 3** entspricht dem Ausgangssignal des ersten Nachweiselements für magnetische Impedanz, **L1**. Es wurde ein elektrischer Treiberstrom mit einer Frequenz von 29,6 MHz verwendet, die Spannung betrug 3,60 V. Wie aus der graphischen Darstellung ersichtlich ist, erfolgt die Änderung der Ausgangsspannung, das heißt die Änderung der magnetischen Impedanz, nahezu linear mit positiver Steigung gegenüber dem Drehmoment **T**.

[0028] Der Graph in **Fig. 4** hingegen entspricht der Ausgangsgröße des zweiten Nachweiselements **L2** für magnetische Impedanz. Hier wurde ein elektrischer Treiberstrom mit einer Frequenz von 33,5 MHz verwendet, die Spannung betrug 4,00 V. Wie aus der graphischen Darstellung deutlich wird, ändert sich die Ausgangsspannung nahezu linear mit negativer Steigung in Abhängigkeit des Drehmoments **T**.

[0029] Somit ändert sich in den Bereichen des elastischen Außenrads **3**, in denen das erste und das zweite magnetische Impedanzelement **L1** und **L2** an-

geordnet sind, die magnetische Impedanz linear und gegensinnig bezüglich der Drehmomentänderung. Indem man also eine der von diesen beiden Stellen erhaltenen Ausgangsgrößen von der anderen subtrahiert, ist es möglich, eine solche Drehmomentnachweisgröße zu erhalten, die durch den Ursprung verläuft, wenn das Drehmoment T Null beträgt. Anhand dieser Drehmomentnachweiseigenschaft ist es nunmehr möglich, das Drehmoment T des elastischen Wellgetriebes mit Zahneingriff genau zu messen.

[0030] Zusammengefaßt: Im Fall eines topfförmigen elastischen Außenrades **3**, wie es in **Fig. 5(A)** gezeigt ist, läßt sich das Änderungsverhalten der magnetischen Impedanz relativ zu einem Drehmoment, wie es an dem Endbereich **31a** (erste Stelle) des Körpers des Rades nachgewiesen wird, darstellen als etwa gerade Linie A1 mit positiver Steigung, wie dies in **Fig. 5(B)** gezeigt ist. In ähnlicher Weise läßt sich das Änderungsverhalten der magnetischen Impedanz relativ zu dem Drehmoment, wie sie am Grenzbereich **4** (zweite Stelle) zwischen der Membran **32** und der Nabe **33** nachgewiesen wird, darstellen als etwa gerade Linie A2 mit negativer Steigung, wie dies in **Fig. 5(B)** dargestellt ist. Wie in **Fig. 5(C)** dargestellt ist, ist es zum Beispiel nach der Auffindung der durch den Nullpunkt gehenden Kennlinie A3 durch Subtrahieren von A2 von A1 möglich, das Drehmoment des elastischen Wellgetriebes mit Zahneingriff genau anhand der Kennlinie A3 zu messen.

[0031] Der Grund dafür, daß die Nachweisergebnisse mit einander entgegengesetzten Eigenschaften an den obigen Nachweisstellen **31a** und **4** erhalten werden, kann folgender sein: Im allgemeinen verläuft Restspannung, die bei der Fertigung eines topfförmigen elastischen Außenrads zustande kommt, in Umfangsrichtung des Außenrads, und die Verteilung der Restspannung in Umfangsrichtung kann an den Nachweisstellen **31a** und **4** entgegengesetzt sein.

[0032] Wenn also das Drehmoment in negativer Richtung auf die Restspannung an den Nachweisstellen addiert wird, nimmt die gesamte Spannung zu, und die Permeabilität der Zonen an den Nachweisstellen nimmt ab. Wenn hingegen das Drehmoment in positiver Richtung auf die Restspannung in entgegengesetzter Richtung addiert wird, wird die Restspannung versetzt, und die gesamte Spannung nimmt ab, während die Permeabilität μ ansteigt.

[0033] Die Nachweisstelle **31a** ist insgesamt konvex, und als Restspannung wird Zug erzeugt. Die Nachweisstelle **4** hingegen ist konkav, und als Restspannung wird Druck erzeugt. Somit wird an diesen Stellen Restspannung in entgegengesetzten Richtungen in axialer Richtung des Bauteils erzeugt. Folglich kann auch in Umfangsrichtung Restspannung in entgegengesetzten Richtungen erzeugt werden.

(Nachweisstellen)

[0034] Die Nachweisstellen sind nicht notwendigerweise auf die vorerwähnten Stellen **31a** und **4** beschränkt. Wenn ein Paar von Stellen, an denen eine Änderung der magnetischen Impedanz mit hoher Linearität mit entgegengesetzten Eigenschaften wie in dem obigen Beispiel ausgewählt wird, läßt sich das Drehmoment in der oben beschriebenen Weise messen.

(Nachweisschaltung für magnetische Impedanz)

[0035] Man kann eine solche Nachweisschaltung für magnetische Impedanz verwenden, in der eine Lesespule derart plaziert ist, daß eine Wechselstrombrückenschaltung am Außenumfang der Meßstelle des elastischen Außenrads gebildet wird, um dadurch magnetische Impedanz zu messen. Stattdessen kann die Nachweisschaltung auch aus einem MI-(magnetischen Impedanz-)Element zusammengesetzt sein.

(Gestalt des elastischen Außenrads)

[0036] Bei dem obigen Beispiel wurde ein topfförmiges elastisches Außenrad verwendet. Es versteht sich von selbst, daß die Erfindung auch angewendet werden kann zum Beispiel bei einem zylinderhutförmigen elastischen Außenrad, wie es in **Fig. 6** gezeigt ist. Ein zylinderhutförmiges elastisches Außenrad **20** besitzt einen rohrförmigen Körper **21**, eine kreisförmige Membran **32** an einem Ende des Körpers **21** und in radialer Richtung nach außen erstreckt, eine kreisförmige Nabe **23** neben dem äußeren Umfangsrand der Nabe **22**, und eine Außenverzahnung **24** am Außenumfang des anderen Endes des Körpers.

[0037] Überflüssig zu sagen, daß die vorliegende Erfindung auch angewendet werden kann bei einem elastischen Wellgetriebe mit Verzahnung, welches ein elastisches Außenrad anderer Gestaltung enthält.

(Weitere Ausführungsformen)

[0038] Gemäß vorliegender Beschreibung wurde die Erfindung angewendet bei einem elastischen Wellgetriebe mit Verzahnung. Die Erfindung kann allerdings auch angewendet werden auf Drehelemente, die sich aus einem Drehkraft-Übertragungsmechanismus zusammensetzen, der nicht als das oben erläuterte Getriebe ausgebildet ist. Das heißt, wie im Fall des elastischen Außenrads kann die Erfindung auch auf ein Element angewendet werden, welches eine Änderung der magnetischen Impedanz mit entgegengesetzten Eigenschaften an zwei Stellen entsprechend einer Drehmomentänderung zeigt.

[0039] Außerdem wurde in obigem Beispiel die Er-

findung bei einer verzahnten Vorrichtung angewendet. Stattdessen kann die Erfindung auch bei einer mit Reibschlußübertragung arbeitenden Untersetzungseinheit angewendet werden, die die Drehzahl nach Maßgabe eines Untersetzungsprinzips verringert, welches dem Prinzip bei dem oben beschriebenen elastischen Wellgetriebe mit Verzahnung ähnelt.

Industrielle Anwendbarkeit

[0040] Wie oben beschrieben wurde, wurde erfindungsgemäß herausgefunden, daß im Fall eines elastischen Außenrads eines Verzahnungs-Wellgetriebes zwei Stellen existieren, an denen Änderungen der magnetischen Impedanz in Relation zu einer Drehmomentänderung mit entgegengesetzten Eigenschaften auftreten, wobei auf der Grundlage dieser Entdeckung ein Drehmoment mit Hilfe der genannten Eigenschaften nachgewiesen wird. Indem man also einen Aufbau verwendet, der sich von dem konventionellen Aufbau unterscheidet, ist es möglich, eine Drehmomenterfassungseinrichtung zu schaffen, die genau arbeitet.

Patentansprüche

1. Drehmomenterfassungseinrichtung für ein elastisches Verzahnungs-Wellgetriebe (1), welches ein kreisförmiges starres Innenrad (2), ein kreisförmiges elastisches Außenrad (3), welches im Inneren des starren Innenrads (2) angeordnet ist und eine Außenverzahnung (34) hat, die mit einer Innenverzahnung des starren Innenrads (2) kämmt, und einen Wellengenerator zum Verformen des elastischen Außenrads (3) in radialer Richtung derart aufweist, dass die Außenverzahnung (34) teilweise mit der Innenverzahnung kämmt, um die miteinander in Eingriff stehenden Bereiche der Zähne in Umfangsrichtung zu bewegen, so dass eine relative Drehung zwischen dem starren Innenrad (2) und dem elastischen Außenrad (3) nach Maßgabe einer Differenz der Zähnezahzahl zwischen Außenverzahnung und Innenverzahnung zustande kommt, wobei das elastische Außenrad (3) eine Topfform aufweist und einen rohrförmigen Körper (31), eine an der Seite des einen Endes des Körpers (31) einstückig angeformte kreisförmige Membran (32) und eine integral in der Mitte der Membran (32) angeformte Nabe (33) hat, wobei die Außenverzahnung (34) an einem Außenumfang auf der Seite eines offenen Endes des Körpers ausgebildet ist, mit einem ersten und einen zweiten Nachweiselement (L1, L2) für magnetische Impedanz, die an einer ersten bzw. einer zweiten Stelle (31a, 4) des elastischen Außenrads (3) angeordnet sind, wobei Änderungen der magnetischen Impedanz in Bezug auf das Drehmoment des elastischen Außenrads (3) einander entgegengesetzte Eigenschaften zeigen, wodurch ein Drehmoment anhand der nachgewiesenen Ausgangsgrößen des ersten und des zweiten Nachweiselements für magnetische Impedanz erfasst wird, und wobei

selements für magnetische Impedanz erfasst wird, und wobei das erste Nachweiselement (L1) eine Doppeldrahtspule (L11, L12) aufweist, die am Außenumfang des Körpers (31) des elastischen Außenrads (3) neben der Membran (32) angeordnet ist, während das zweite Nachweiselement (L2) eine Doppeldrahtspule (L21, L22) aufweist, die an dem Grenzbe- reich (4) zwischen der Nabe (33) und der Membran (32) angeordnet ist.

2. Drehmomenterfassungseinrichtung für ein elastisches Verzahnungs-Wellgetriebe (1), welches ein kreisförmiges starres Innenrad (2), ein kreisförmiges elastisches Außenrad (20), welches im Inneren des starren Innenrads (2) angeordnet ist und eine Außenverzahnung (24) hat, die mit einer Innenverzahnung des starren Innenrads (2) kämmt, und einen Wellgenerator zum Verformen des elastischen Außenrads (20) in radialer Richtung derart aufweist, dass die Außenverzahnung (24) teilweise mit der Innenverzahnung kämmt, um die miteinander in Eingriff stehenden Bereiche der Zähne in Umfangsrichtung zu bewegen, so dass eine relative Drehung zwischen dem starren Innenrad (2) und dem elastischen Außenrad (20) nach Maßgabe einer Differenz der Zähnezahzahl zwischen Außenverzahnung (24) und Innenverzahnung zustande kommt, wobei das elastische Außenrad (20) die Form eines Zylinderhuts mit einem rohrförmigen Körper (21), einer sich radial nach außen erstreckenden kreisförmigen Membran (22) in der Nachbarschaft eines Endes des Körpers, und einer kreisförmigen Nabe (23), die benachbart zu einem äußeren Umfangsrand der Membran (22) ausgebildet ist, hat, wobei die Außenverzahnung (24) am Außenumfang an der Seite des anderen Endes des Körpers (21) ausgebildet ist, mit einem ersten und einem zweiten Nachweiselement (L1, L2) für magnetische Impedanz, die an einer ersten bzw. einer zweiten Stelle des elastischen Außenrads (20) angeordnet sind, wobei Änderungen der magnetischen Impedanz in Bezug auf das Drehmoment des elastischen Außenrads (20) einander entgegengesetzte Eigenschaften zeigen, wodurch ein Drehmoment anhand der nachgewiesenen Ausgangsgrößen des ersten und des zweiten Nachweiselements für magnetische Impedanz erfasst wird, und wobei das erste Nachweiselement (L1) eine Doppeldrahtspule (L11, L12) aufweist, die am Außenumfang des Körpers (21) des elastischen Außenrads (20) neben der Membran (22) angeordnet ist, während das zweite Nachweiselement (L2) eine Doppeldrahtspule (L21, L22) aufweist, die an dem Grenzbe- reich (4) zwischen der Nabe (23) und der Membran (22) angeordnet ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

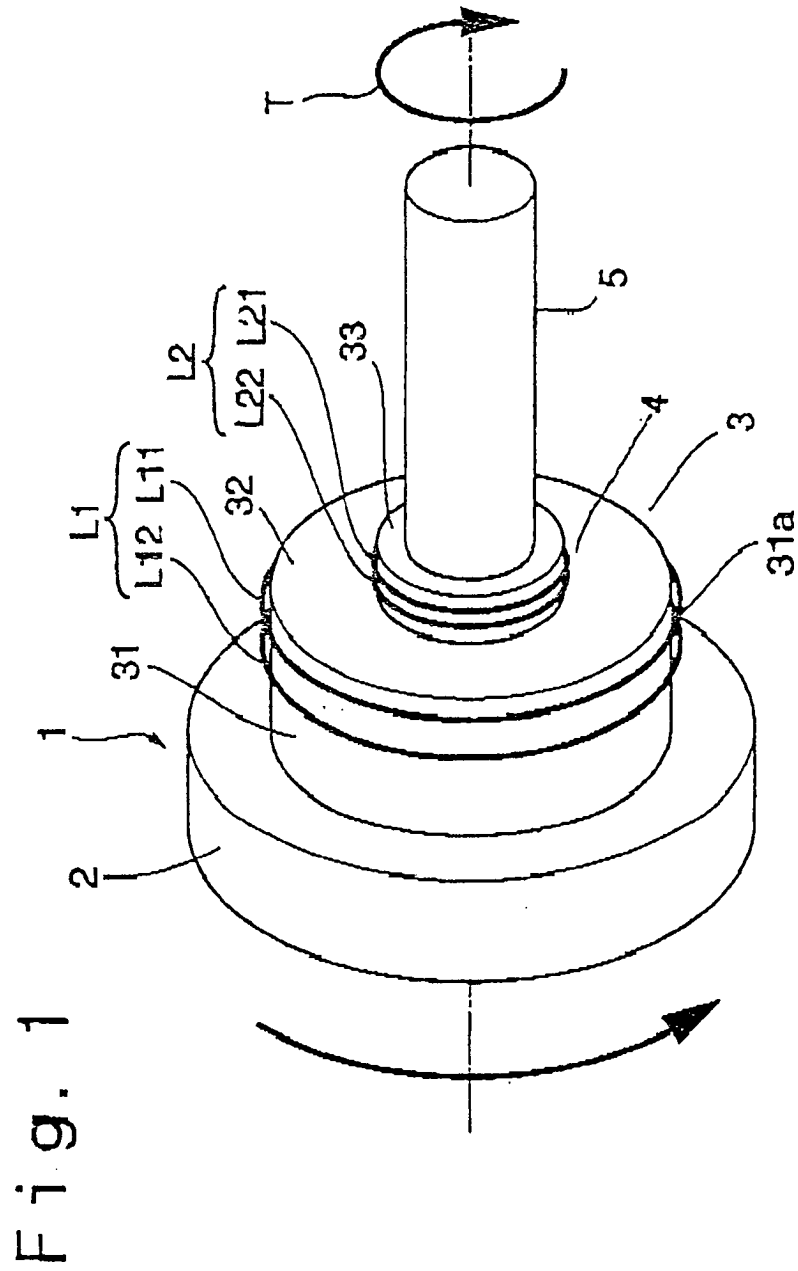


Fig. 2

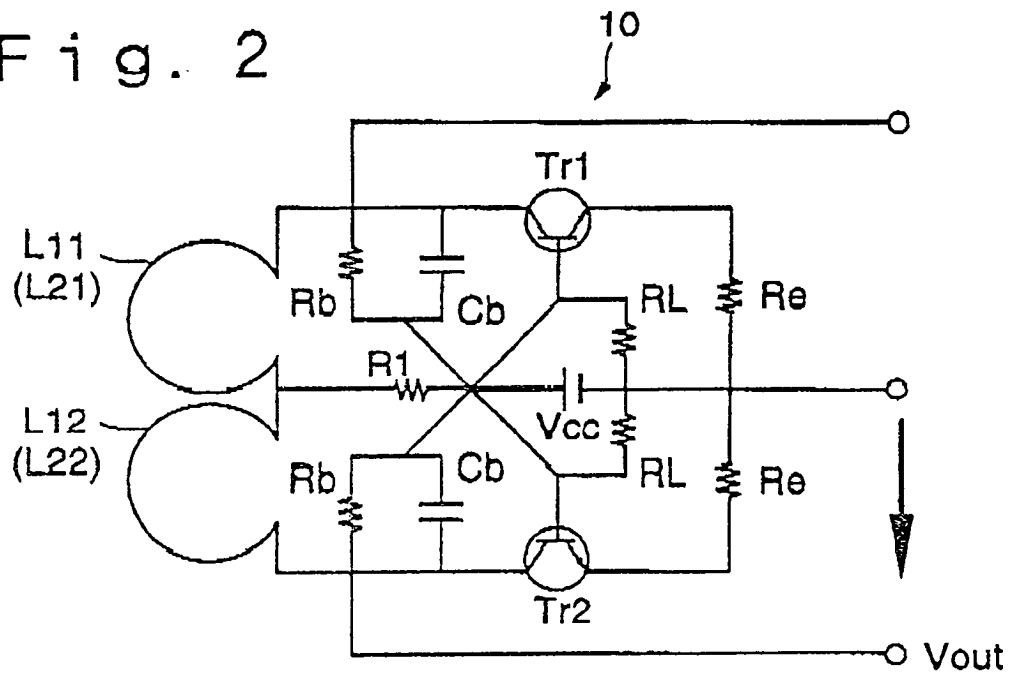


Fig. 3

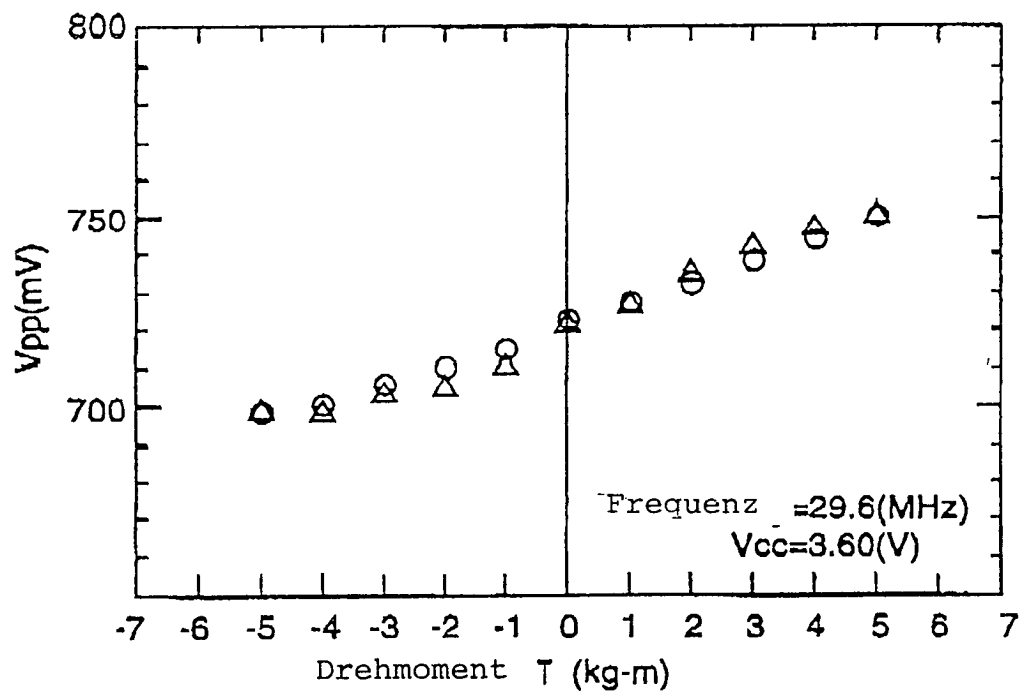


Fig. 4

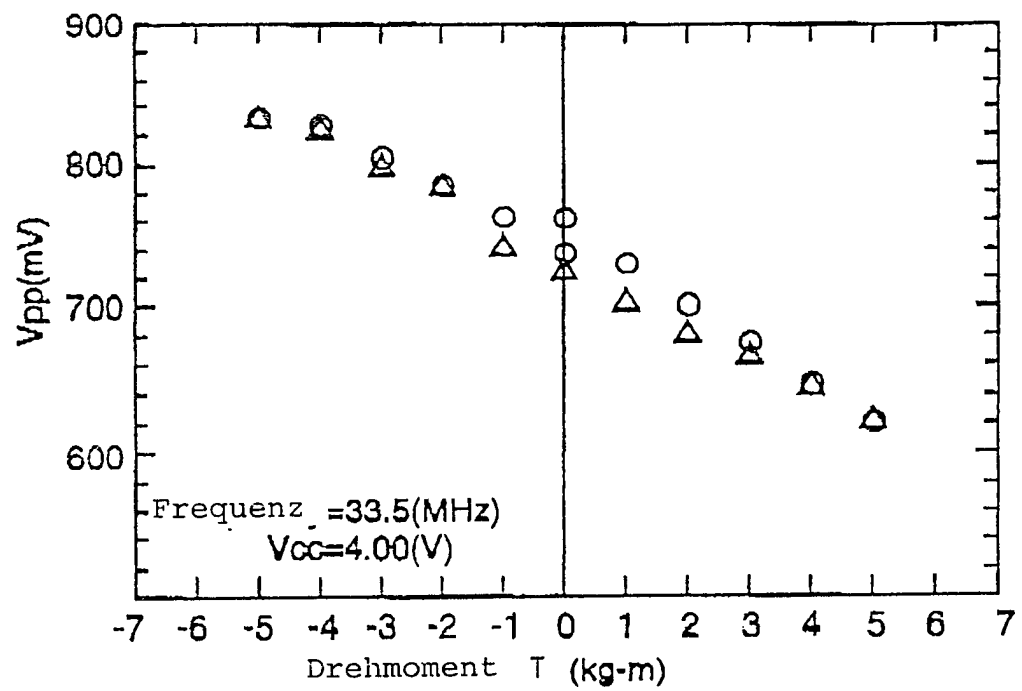


Fig. 5

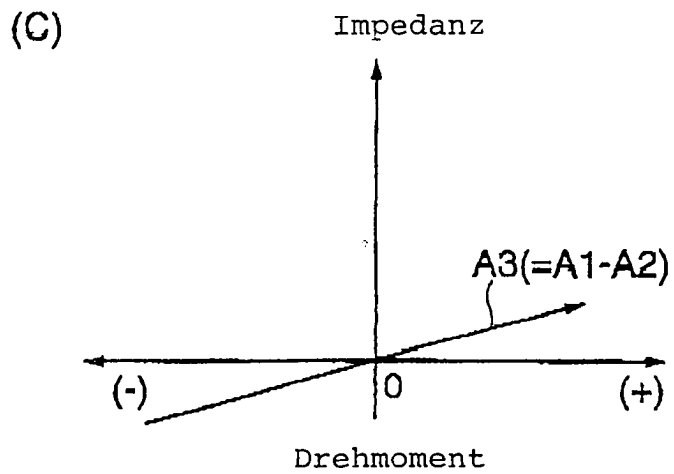
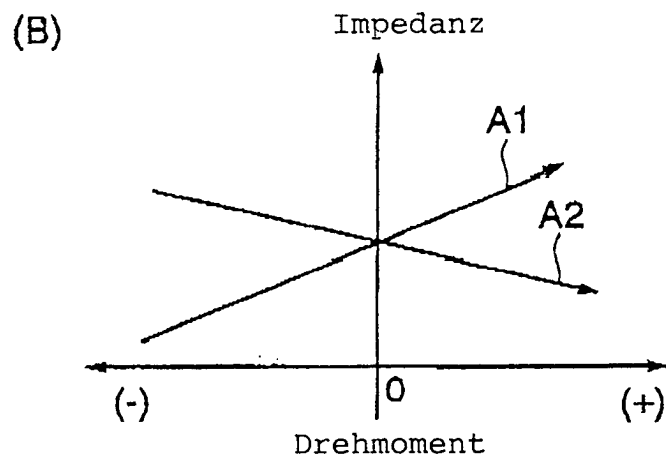
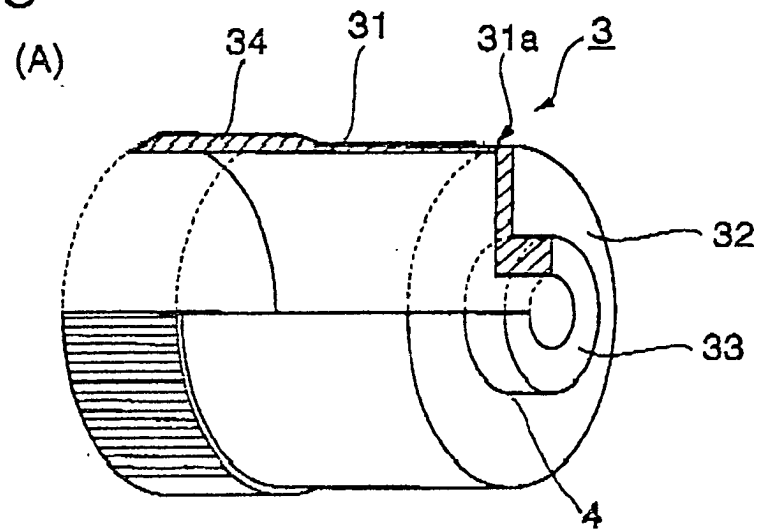


Fig. 6

