



(10) **DE 11 2017 001 940 B4** 2024.12.19

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2017 001 940.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2017/014421**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2017/175843**
(86) PCT-Anmeldetag: **06.04.2017**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **12.10.2017**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **10.01.2019**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.12.2024**

(51) Int Cl.: **G01B 21/22** (2006.01)
B62D 5/04 (2006.01)
G01B 7/30 (2006.01)
G01D 5/12 (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).

(30) Unionspriorität:

2016-076677 **06.04.2016** **JP**
2017-023442 **10.02.2017** **JP**

(73) Patentinhaber:

DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP

(74) Vertreter:

**Winter, Brandl - Partnerschaft mbB,
Patentanwälte, 85354 Freising, DE**

(72) Erfinder:

Fujita, Toshihiro, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Hayashi, Katsuhiko, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Kozawa, Takaharu, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Miyachi, Shuhei, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Nakamura, Koichi, Kariya-city, Aichi-pref., JP;
Watanabe, Yuki, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Oka,
Atsuko, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Kuramitsu,
Shuji, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Sakai,
Toshimitsu, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Taki,
Masaya, Kariya-city, Aichi-pref., JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Drehungserfassungsvorrichtung und elektrische Servo-Lenkvorrichtung, die diese verwendet**

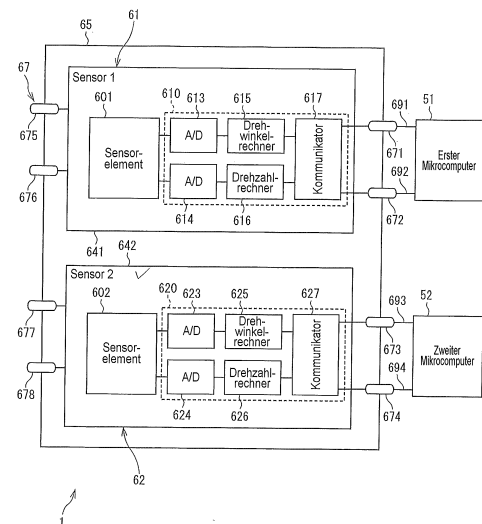
(57) Hauptanspruch: Drehungserfassungsvorrichtung mit: wenigstens einem ersten und einem zweiten Sensorelement (601 bis 607) die jeweils ausgelegt sind, um eine Drehung eines Erfassungsziels (10) zu messen; einem Schaltungsmodul (610 bis 612, 620 bis 622) das umfasst:

einen ersten und einen zweiten Drehwinkelrechner, die jeweils ausgelegt sind, um auf der Grundlage eines entsprechenden von einem ersten Messwert des ersten Sensorelements und einem zweiten Messwert des zweiten Sensorelements einen Drehwinkel des Erfassungsziels zu berechnen;

einen ersten und einen zweiten Drehzahlrechner, die jeweils ausgelegt sind, um auf der Grundlage eines entsprechenden von einem ersten Messwert des ersten Sensorelements und einem zweiten Messwert des zweiten Sensorelements eine Drehzahl des Erfassungsziels zu berechnen; und

einen ersten und einen zweiten Kommunikator, die jeweils ausgelegt sind, um zu einem Regler (51, 52) ein Drehwinkelsignal auf der Grundlage des Drehwinkels und ein Drehzahlsignal auf der Grundlage der Drehzahl auszugeben; und

einem Paket (65, 661, 662), das ausgelegt ist, um das erste und das zweite Sensorelement und das Schaltungsmodul unterzubringen, wobei das Paket auf einer Schaltungsplatine (21, 23) getrennt von dem Regler montiert ist.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2005 060 713	A1
DE	10 2015 102 161	A1
WO	2015/ 111 534	A1
JP	2015- 116 964	A

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Drehungserfassungsvorrichtungen, und elektrische Servo-Lenkvorrichtungen unter Verwendung der Drehungserfassungsvorrichtungen.

Hintergrund

[0002] Verschiedene Drehungserfassungsvorrichtungen sind ausgelegt, um magnetische Änderung auf der Grundlage einer Drehung eines Motors zu messen, der als Erfassungsziel dient, und Informationen, die eine Drehung des Motors anzeigen, auf der Grundlage der gemessenen magnetischen Änderung zu erzeugen.

[0003] Zum Beispiel offenbart JP 2015 - 116 964 A eine typische dieser Vorrichtungen. Insbesondere offenbart diese JP 2015 - 116 964 A eine Steuerungs- bzw. Regelungseinheit für eine elektrische Servo-Lenkvorrichtung mit einem Motor, der der einen Fahrer beim Betätigen eines Lenkrads unterstützt.

[0004] Der Steuerungs- bzw. Regelungseinheit umfasst einen ersten und einen zweiten Magnetsensor, die ein Beispiel eines ersten und eines zweiten Drehsensors sind.

[0005] Der erste Magnetsensor misst eine magnetische Änderung auf der Grundlage einer Drehung eines Motors und gibt erste Drehinformationen aus, die die gemessene magnetische Änderung angeben. Der zweite Magnetsensor, der separat von dem ersten Magnetsensor angeordnet ist, misst eine magnetische Änderung auf der Grundlage der Drehung des Motors und gibt zweite Drehinformationen aus, die die gemessene magnetische Änderung angeben.

[0006] Die Steuerungs- bzw. Regelungseinheit umfasst ferner eine einzige Überwachungsabschnittsschaltung, die auf der Grundlage der ersten Drehinformationen und der zweiten Drehinformationen ein Drehwinkelsignal berechnet, das einen Drehwinkel des Motors angibt.

[0007] Die Steuerungs- bzw. Regelungseinheit umfasst ferner einen Steuerungs- bzw. Regelungsabschnitt, der auf der Grundlage des durch die Überwachungsabschnittsschaltung berechneten Drehungssignals die Position des Lenkrads erzeugt.

[0008] Des Weiteren ist aus der DE 10 2015 102 161 A1 eine Drehungserfassungsvorrichtung bekannt, die zwei Sensorelemente zum Messen einer Drehung eines Erfassungsziels und ein Schaltungsmodul mit zwei Berechnern zum

Berechnen eines Drehwinkels und einer Drehzahl des Erfassungsziels aus den Messwerten der Sensorelemente aufweist.

[0009] Aus der DE 10 2005 060 713 A1 ist zudem eine Magnetfeldsensoranordnung bekannt, die eine Stapelanordnung mit zwei Magnetfeldsensorkörpern aufweist, die jeweils zwei parallele Hauptflächen haben, wobei ein magnetfeldsensitives Element an einer der zwei Hauptflächen jedes Magnetfeldsensorkörpers angeordnet ist.

Kurzdarstellung

Technisches Problem

[0010] Die Patentliteratur ist so ausgelegt, dass die einzige Überwachungsabschnittsschaltung ist angeordnet für den ersten und den zweiten Magnetsensor. Eine Fehlfunktion in einem Teil der Überwachungsabschnittsschaltung kann es für die Fehlfunktionsregelungsschaltung schwierig machen, das Drehwinkelsignal, das den Drehwinkel des Motors angibt, auf der Grundlage der ersten Drehinformationen und der zweiten Drehinformationen zu berechnen. Dies kann zu Schwierigkeiten im kontinuierlichen Antreiben der elektrischen Servo-Lenkvorrichtung führen.

[0011] Angesichts des oben genannten Problems ist es ein Ziel der vorliegenden Erfindung, Drehungserfassungsvorrichtungen und elektrische Servo-Lenkvorrichtungen unter Verwendung der Drehungserfassungsvorrichtungen bereitzustellen. Die Vorrichtungen sind jeweils so ausgelegt, dass ein Abschnitt der entsprechenden Vorrichtung auf der Grundlage von Informationen, die eine Drehung eines Erfassungsziels angeben, die unabhängig von wenigstens einem ersten und einem zweiten Sensorelement gemessen wird, ein Drehwinkelsignal, das den Drehwinkel des Erfassungsziels angibt, und ein Drehzahlsignal, das die Anzahl von Drehungen des Erfassungsziels angibt, berechnet.

[0012] Insbesondere ist jede dieser Vorrichtungen dazu geeignet, selbst dann kontinuierlich das Drehwinkelsignal und das Drehzahlsignal zu berechnen, wenn der Abschnitt der entsprechenden Vorrichtung eine Fehlfunktion hatte.

Lösung des Problems

[0013] Eine Drehungserfassungsvorrichtung gemäß einem beispielhaften Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst wenigstens ein erstes und ein zweites Sensorelement, ein Schaltungsmodul und ein Paket. Jedes von dem ersten und dem zweiten Sensorelement dient der Messung einer Drehung eines Erfassungsziels. Das Schaltungsmodul umfasst

(1) Einen ersten und einen zweiten Drehwinkelrechner, die jeweils ausgelegt sind, um auf der Grundlage eines entsprechenden von einem ersten Messwert des ersten Sensorelements und einem zweiten Messwert des zweiten Sensorelements einen Drehwinkel des Erfassungsziels zu berechnen.

(2) Einen ersten und einen zweiten Drehzahlrechner, die jeweils ausgelegt sind, um auf der Grundlage eines entsprechenden von einem ersten Messwert des ersten Sensorelements und einem zweiten Messwert des zweiten Sensorelements eine Drehzahl des Erfassungsziels zu berechnen.

(3) Einen ersten und einen zweiten Kommunikator, die jeweils ausgelegt sind, um ein Drehwinkelsignal auf der Grundlage des Drehwinkels und ein Drehzahlsignal auf der Grundlage der Drehzahl zu einem Regler auszugeben.

[0014] Das Paket umfasst das erste und das zweite Sensorelement und das Schaltungsmodul und ist getrennt von dem Regler an eine Schaltungsplatine montiert.

[0015] Das Schaltungsmodul des beispielhaften Aspekts umfasst den ersten und den zweiten Drehwinkelrechner, die jeweils den Drehwinkel des Erfassungsziels berechnen, und den ersten und den zweiten Drehzahlrechner, die jeweils die Drehzahl des Erfassungsziels berechnen.

[0016] Diese Konfiguration ermöglicht es daher, die Drehwinkel und die Drehzahl kontinuierlich zu berechnen, selbst wenn in einem von dem ersten und dem zweiten Drehwinkelrechner eine Fehlfunktion auftritt oder in einem von dem ersten und dem zweiten Drehzahlrechner eine Fehlfunktion auftritt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist ein Strukturdiagramm, das schematisch ein Lenksystem gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 2 ist ein Schaltungsdiagramm, das schematisch eine in **Fig. 1** gezeigte Antriebsvorrichtung zeigt.

Fig. 3 ist eine Draufsicht der in **Fig. 1** gezeigten Antriebsvorrichtung.

Fig. 4 ist eine Querschnittsansicht entlang einer Linie IV-IV von **Fig. 3**;

Fig. 5 ist eine Seitenansicht einer ersten Schaltungsplatine gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 ist eine Seitenansicht einer zweiten Schaltungsplatine gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7A ist eine Seitenansicht einer Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform.

Fig. 7B ist eine Seitenansicht einer Drehungserfassungsvorrichtung gemäß einer Modifikation der ersten Ausführungsform.

Fig. 8 ist eine Draufsicht, die schematisch die innere Struktur der Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 9 ist ein Blockdiagramm, das schematisch die Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 10 ist ein Zeitdiagramm, das schematisch ein Beispiel zeigt, wie ein Sensor und ein zugehöriger Mikrocomputer gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung miteinander kommunizieren.

Fig. 11 ist ein Zeitdiagramm, das schematisch ein weiteres Beispiel zeigt, wie ein Sensor und ein zugehöriger Mikrocomputer gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung miteinander kommunizieren.

Fig. 12 ist ein Blockdiagramm, das schematisch zeigt eine Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 13A ist eine Draufsicht, die schematisch ein Beispiel der inneren Struktur der Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 13B ist eine Draufsicht, die schematisch ein weiteres Beispiel der inneren Struktur der Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 14 ist ein Blockdiagramm, das schematisch eine Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 15 ist ein Zeitdiagramm, das schematisch zeigt, wie ein Sensor und ein zugehöriger Mikrocomputer miteinander kommunizieren.

Fig. 16 ist ein Blockdiagramm, das schematisch eine Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 17 ist ein Blockdiagramm, das schematisch eine Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 18 ist ein Flussdiagramm, das schematisch eine Drehinformations-Berechnungsaufgabe gemäß der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 19 ist ein Blockdiagramm, das schematisch eine Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 20A ist eine Draufsicht, die schematisch ein Beispiel der inneren Struktur der Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 20B ist eine Draufsicht, die schematisch ein weiteres Beispiel der inneren Struktur der Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 21 ist eine Seitenansicht einer ersten Schaltungsplatine gemäß der achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 22 ist eine Seitenansicht, die eine Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 23A ist eine Seitenansicht, die ein Beispiel der Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 23B ist eine Seitenansicht, die ein weiteres Beispiel der Drehungserfassungsvorrichtung gemäß der achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 24 ist eine Seitenansicht einer Schaltungsplatine gemäß der neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 25A ist ein Diagramm, das zeigt, wie Sensorelemente gemäß einem Vergleichsbeispiel angeordnet sind.

Fig. 25B ist ein Diagramm, das zeigt, wie sich Messwerte der jeweiligen Sensorelemente gemäß dem Vergleichsbeispiel verändern.

Fig. 25C ist ein Diagramm, das Digitalumwandlungswerte der jeweiligen Sensorelemente gemäß dem Vergleichsbeispiel zeigt.

Fig. 26A ist ein Diagramm, das zeigt, wie Sensorelemente gemäß der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angeordnet sind.

Fig. 26B ist ein Diagramm, das zeigt, wie sich Messwerte der jeweiligen Sensorelemente gemäß der zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verändern.

Fig. 26C ist ein Diagramm, das Digitalumwandlungswerte der jeweiligen Sensorelemente

gemäß der zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 27 ist eine Kennlinie, die eine Beziehung zwischen Verschiebungsbeträgen der Sensorelemente und Messfehlern gemäß der zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 28 ist eine Ansicht, die Variationen zeigt, wie die Sensorelemente gemäß der zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angeordnet sind.

Fig. 29 ist ein Zeitdiagramm, das zeigt, wie gemäß dem Vergleichsbeispiel ein Sensor und ein zugehöriger Mikrocomputer miteinander kommunizieren.

Fig. 30 ist eine Seitenansicht einer Drehungserfassungsvorrichtung gemäß einem Referenzbeispiel.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0017] Nachfolgend sind Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. In den Ausführungsformen gleiche Teile in den Ausführungsformen, denen gleiche Bezugszeichen zugeordnet sind, weggelassen, um eine redundante Beschreibung zu vermeiden.

Erste Ausführungsform

[0018] Nachfolgend ist die erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die **Fig. 1** bis 11 beschrieben.

[0019] Wie es **Fig. 1** gezeigt ist, ist eine Drehungserfassungsvorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform zum Beispiel ein einer Antriebsvorrichtung 8 eines Lenksystems 100, das eine elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 umfasst, eingebaut. Die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 ist in einem Fahrzeug V eingebaut. Die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 dient der Unterstützung einer Lenkbetätigung des Fahrers eines Lenkrads des Fahrzeugs V. Die Antriebsvorrichtung 8 umfasst eine Motoreinheit 10 mit einer Welle 15 und einem Steuermodul 20 zur Antriebssteuerung der Motoreinheit 10; die Motoreinheit 10 und das Steuermodul 20 sind miteinander zu einer Einheit verbunden und bilden so ein Motormodul. **Fig. 1** kann das Steuermodul 20 als eine ECU zeigen.

[0020] Insbesondere zeigt **Fig. 1** schematisch ein Beispiel der Gesamtstruktur des Lenksystems 100, das die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 umfasst. Das Lenksystem 100 umfasst zum Beispiel das Lenkrad 101 als ein Betätigungselement des Fahrers, eine Lenkwelle 102, einen Drehmoment-

sensor 103, ein Ritzel 104, ein Lenkgestänge 105, Räder 106 und die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108.

[0021] Die Lenkwelle 102 umfasst zum Beispiel einen ersten und einen zweiten Endabschnitt. Das Lenkrad 101 ist mit dem ersten Endabschnitt der Lenkwelle 102 verbunden. Der Drehmomentsensor 103 ist an der Lenkwelle 102 befestigt; der Drehmomentsensor 103 dient dazu, ein Drehmoment auf der Grundlage einer Lenkbetätigung des Fahrers der Lenkwelle 102 als Lenkmoment zu messen. Das Ritzel 104 ist an dem zweiten Endabschnitt der Lenkwelle 102 befestigt.

[0022] Das Lenkgestänge 105 umfasst eine stabförmige Zahnstange, mit der sich das Ritzel 104 in Eingriff befindet. Das Lenkgestänge 105 umfasst ferner, zum Beispiel über Spurstangen, die Räder 106, die an ihren jeweiligen Enden befestigt sind.

[0023] Das Drehen des Lenkrads 101 durch den Fahrer bewirkt, dass sich die Lenkwelle 102, die mit dem Lenkrad 101 gekoppelt ist, dreht. Diese Drehbewegung der Lenkwelle 102 wird in eine Linearbewegung der Zahnstange der Lenkgestänge 105 umgewandelt. Diese Linearbewegung der Zahnstange der Lenkgestänge 105 bewirkt, dass die Räder 106 über die jeweiligen Spurstangen eingeschlagen werden. Der Lenkwinkel von jedem der Räder 106 wird auf der Grundlage der Axialverlagerung der Zahnstange der Lenkgestänge 105 bestimmt.

[0024] Die elektrische Servo-Lenkvorrichtung 108 umfasst zum Beispiel die Antriebsvorrichtung 8, einen Verzögerungsgetriebemechanismus 109, der als ein Leistungsübertragungsmechanismus dient, und den Drehmomentsensor 103. Der Verzögerungsgetriebemechanismus 109 umfasst zum Beispiel ein erstes Zahnrad, das mit der Welle 15 der Motoreinheit 10 gekoppelt ist, und ein zweites Zahnrad, das sich in Eingriff mit dem ersten Zahnrad befindet und an der Lenkwelle 102 befestigt ist. Zum Beispiel dient der Verzögerungsgetriebemechanismus 109 der Übertragung des auf der Grundlage der Drehung der Welle 15 der Motoreinheit 10 erzeugten Unterstützungsmoments auf die Lenkwelle 102, während durch ein vorbestimmtes Übersetzungsverhältnis zwischen dem ersten Zahnrad und dem zweiten Zahnrad die Drehzahl der Motoreinheit 10 verzögert wird, d. h. das durch die Motoreinheit 10 durch das vorbestimmte Übersetzungsverhältnis zwischen dem ersten Zahnrad und dem zweiten Zahnrad erzeugte Unterstützungsmoment erhöht.

[0025] Insbesondere ist die elektrischen Servo-Lenkvorrichtung 108 so ausgelegt, dass das Steuermodul 20 bewirkt, dass die Motoreinheit 10 ein Unterstützungsmoment auf der Grundlage eines

durch den Drehmomentsensor 103 gemessenen Lenkmoments und/oder von Fahrzeugbetriebszustandssignalen erzeugt. Die Fahrzeugbetriebszustandssignale, die zum Beispiel die Geschwindigkeit des Fahrzeugs V umfassen, repräsentieren die Betriebszustände des Fahrzeugs V und werden von einer weiteren Steuerungs- bzw. Regelungseinheit über ein Bordnetzwerk wie etwa einem nicht gezeigten Controller Area Network (CAN) gesendet.

[0026] Insbesondere ist die elektrische Servo-Lenkvorrichtung 108 gemäß der ersten Ausführungsform als ein Wellenunterstützungssystem zur Unterstützung des Lenkens der Lenkwelle 102 auf der Grundlage des durch die Motoreinheit 10 erzeugten Unterstützungsmoments ausgelegt. Die elektrische Servo-Lenkvorrichtung 108 gemäß der ersten Ausführungsform kann als ein Zahnstangenunterstützungssystem zur Unterstützung der Axialverlagerung der Zahnstange der Lenkgestänge 105 auf der Grundlage des durch die Motoreinheit 10 erzeugten Unterstützungsmoments ausgelegt sein. Das heißt, die erste Ausführungsform ist so ausgelegt, dass die Lenkwelle 102 als ein zu unterstützendes Ziel dient, aber das Lenkgestänge 105 kann als ein zu unterstützendes Ziel dienen.

[0027] Nachfolgend ist ein Beispiel der elektrischen Konfiguration der elektrischen Servo-Lenkvorrichtung 108 mit Bezug auf **Fig. 2** beschrieben. Es ist zu beachten, dass in **Fig. 2** Verbindungsdrähte von dem ersten und dem zweiten Schaltungsplatine 21 und 22, die weiter unten beschrieben sind, und Korrekturdrähte zwischen der ersten und der zweiten Schaltungsplatine 21 und 22 jeweils mit dünneren Linien dargestellt sind und einige der Verbindungsdrähte weggelassen sind, um eine komplizierte Darstellung der elektrischen Konfiguration der elektrischen Servo-Lenkvorrichtung 108 zu vermeiden.

[0028] Die Motoreinheit 10 ist zum Beispiel als ein bürstenloser Drehstrommotor ausgelegt, der zum Beispiel einen Stator 10a, einen Rotor 10b, die Welle 15 und ein nicht dargestelltes Magnetfeldelement wie etwa Dauermagnete, eine Feldspule und dergleichen umfasst. Der Stator 10a umfasst zum Beispiel einen nicht dargestellten Statorkern, einen ersten Spulensatz 11 von Dreiphasenspulen, d. h. U2-, V2- und W2-Spulen, 111, 112 und 113 und einen zweiten Spulensatz 12 von Dreiphasenspulen, d. h. U2-, V2- und W2-Spulen 121, 122 und 123. Der Rotor 10b, an dem die Welle 15 befestigt ist, ist zusammen mit der Welle 15 relativ zu dem Statorkern drehbar.

[0029] Die Dreiphasenspulen 111, 112 und 113 des ersten Spulensatzes 11 und die Dreiphasenspulen 121, 122 und 123 des zweiten Spulensatzes 12 sind zum Beispiel in Schlitze des Statorkerns und um den Statorkern gewickelt. Das Magnetfeldele-

ment ist an dem Motor 10b zum Erzeugen eines Magnetfeldes befestigt. Das heißt, die Motoreinheit 10 ist dazu geeignet, den Motor 10b auf der Grundlage magnetischer Wechselwirkungen zwischen dem durch das Magnetfeldelement des Motors 10b erzeugten Magnetfeld und einem drehenden durch die Dreiphasenspulen 111, 112 und 113 des ersten Spulensatzes 11 und die Dreiphasenspulen 121, 122 und 123 des zweiten Spulensatzes 12 des Stators 10a erzeugten Magnetfeld in Drehung zu versetzen.

[0030] Es ist zu beachten, dass Ströme, die durch die jeweiligen U1-, V1- und W1-Phasenspulen 111, 112 und 113 fließen, als Phasenströme I_{u1} , I_{v1} und I_{w1} bezeichnet sind, und entsprechend Ströme, die durch die jeweiligen U2-, V2- und W2-Spulen 121, 122 und 123 fließen, sind als Phasenströme I_{u2} , I_{v2} und I_{w2} .

[0031] Wie es in **Fig. 2** gezeigt ist, umfasst das Steuermodul 20 die erste und die zweite Platine 21 und 22, den ersten und den zweiten Inverter 30 und 40, den ersten und den zweiten Stromsensor 31 und 41 und das erste und das zweite Relais 32 und 42. Das Steuermodul 20 also umfasst ferner das erste und das zweite Verpolungsschutzrelais 33 und 43, Drosselspulen 35 und 45, den ersten und den zweiten Kondensator 36 und 46 und die erste und die zweite Motorsteuerungseinheit 501 und 502.

[0032] Insbesondere umfasst die Drehungserfassungsvorrichtung 1, die in der Antriebsvorrichtung 8 eingebaut ist, ein Sensor-Paket 65. Das Sensor-Paket 65 umfasst einen ersten Sensor 61 und einen zweiten Sensor 62, die jeweils dazu ausgelegt sind, eine Drehung des Motors 10b der Motoreinheit 10 zu messen. Der erste Sensor 61 und der zweite Sensor 62 sind als SENSOR 1 bzw. SENSOR 2 in **Fig. 2** dargestellt.

[0033] Die Antriebsvorrichtung 8 umfasst eine erste und eine zweite Batterie 39 und 49, Sicherungen 38 und 48 und eine Verbindereinheit 70 (siehe die **Fig. 3** und 4). Die Verbindereinheit 70 umfasst den ersten und den zweiten Stromversorgungsverbinder 75 und 76 und den ersten und den zweiten Signalverbinder 77 und 78.

[0034] Die erste Batterie 39 umfasst einen Pluspol und einen Minuspol, und der Pluspol der ersten Batterie 39 ist über die Sicherung 38 mit dem ersten Stromversorgungsverbinder 75 verbunden, und der Minuspol der ersten Batterie 39 ist mit dem ersten Stromversorgungsverbinder 75 verbunden. Die erste Batterie 39 ist über die Sicherung 38 mit dem ersten Inverter 30, dem ersten Stromversorgungsverbinder 75, der ersten Drosselspule 35, dem ersten Relais 32, dem ersten Verpolungsschutzrelais 33 und dem ersten Kondensator 36 verbunden. Der

erste Inverter 30 ist mit den Dreiphasenspulen 111, 112 und 113 des ersten Spulensatzes 11 verbunden.

[0035] Der erste Inverter 30 umfasst sechs Schaltelemente 301 bis 306, die als Brückenkonfiguration verbunden sind.

[0036] Insbesondere sind die Schaltelemente 301 und 304 ein Paar von U-Phasenoberer-und unterer-Arm-Schaltelementen in Reihe miteinander geschaltet, und die Schaltelemente 302 und 305 sind ein Paar von V-Phasen-obere-und-unterer-Arm-Schaltelementen in Reihe miteinander geschaltet. Ferner sind die Schaltelemente 303 und 306 ein Paar von W-Phasen-Ober-und-Unterarm-Schaltelementen in Reihe miteinander geschaltet. Nachfolgend sind die Schaltelemente als SW-Elemente bezeichnet.

[0037] Die SW-Elemente 301 bis 306 sind zum Beispiel Halbleiter-SW-Elemente, wie etwa Metalloxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFETs). Die erste Ausführungsform verwendet MOSFETs als die jeweiligen SW-Elemente 301 bis 306, SW-Elemente 401 bis 406, die weiter unten beschrieben sind, und die Relais 32, 33, 42 und 43, aber kann statt der MOSFETs andere Typen von SW-Elementen wie etwa Bipolartransistoren mit isoliertem Gate (IGBTs) verwenden. Das heißt, einer von verschiedenen Typen von SW-Elemente wie etwa MOSFETs oder IGBTs kann für jedes der SW-Elemente 301 bis 306, der SW-Elemente 401 bis 406, die weiter unten beschrieben sind, und der Relais 32, 33, 42 und 43 verwendet werden.

[0038] Die intrinsische Diode von jedem der SW-Elemente 301 bis 306, die aus den MOSFETs 301 bis 306 gebildet sind, kann als Schwungrad-Diode dienen, die in antiparallel zu dem entsprechenden der SW-Elemente 301 bis 306 geschaltet sind. Weitere Schwungrad-Dioden können antiparallel zu den jeweiligen SW-Elementen 301 bis 306 geschaltet sein.

[0039] Insbesondere sind die SW-Elemente 301 bis 303 auf einer Hochpotentialseite angeordnet, und die SW-Elemente 304 bis 306 sind auf einer Niedrigpotentialseite angeordnet. Der Verbindungspunkt zwischen den U-Phasen-Ober-und-Unterarm-SW-Elementen 301 und 304, d. h. zwischen der Source des SW-Elements 301 und dem Drain des SW-Elements 304, ist mit einem ersten Ende der U1-Phasenspule 111 verbunden. Der Verbindungspunkt zwischen den V-Phasen-Ober-und-Unterarm-SW-Elementen 302 und 305, d. h. zwischen der Source des SW-Elements 302 und dem Drain des SW-Elements 305, ist mit einem ersten Ende der V1-Phasenspule 112 verbunden. Ferner ist der Verbindungspunkt zwischen den W-Phasen-Ober-und-Unterarm-SW-Elementen 303 und 306, d. h. zwischen der Source des SW-Elements 303 und dem Drain des

SW-Elements 306, mit einem ersten Ende der W1-Phasenspule 113 verbunden.

[0040] Die Drains der SW-Elemente 301 bis 303 sind gemeinsam über das erste Verpolungsschutzrelais 33, das erste Relais 32, die erste Drosselspule 35, den ersten Stromversorgungsverbinder 75 und die Sicherung 38 mit dem Pluspol der ersten Batterie 39 verbunden.

[0041] Zweite Enden der U1, V1- und W1-Phasenspulen, die den ersten Enden gegenüberliegen, sind mit einem gemeinsamen Knotenpunkt, d. h. einem neutralen Punkt zum Beispiel in einer Sternkonfiguration verbunden.

[0042] Der erste Stromsensor 31 umfasst Stromerfassungselemente 311, 312 und 313. Zum Beispiel umfasst jedes der Stromerfassungselemente 311, 312 und 313 einen Shunt-Widerstand. Jeder der Stromerfassungselemente 311 bis 313 hat ein erstes und ein zweites Ende, die einander gegenüberliegen. Das erste Ende von jedem der Stromerfassungselemente 311 bis 313 ist mit der Source eines entsprechenden der Unterarm-SW-Elemente 304, 305 und 306 verbunden. Das zweite Ende von jedem der Stromerfassungselemente 311 bis 313 ist über eine gemeinsame Signalmasse und den ersten Stromversorgungsverbinder 75 mit dem Minuspol der ersten Batterie 39 verbunden. Dies führt zu der ersten Reihenschaltung der SW-Elemente 301 und 304 und des Stromerfassungselements 311, der zweiten Reihenschaltung der SW-Elemente 302 und 305 und des Stromerfassungselements 312 und der dritten Reihenschaltung der SW-Elemente 303 und 306 und des Stromerfassungselements 313, die parallel zu der ersten Batterie 39 verbunden sind.

[0043] Das Stromerfassungselement 311 misst den Phasenstrom I_{u1} , der durch die U1-Phasenspule 111 fließt, das Stromerfassungselement 312 misst den Phasenstrom I_{v1} , der durch die V1-Phasenspule 112 fließt, und das Stromerfassungselement 313 misst den Phasenstrom I_{w1} , der durch die W1-Phasenspule 113 fließt.

[0044] Andere Typen von Stromerfassungselementen wie etwa Hall-Vorrichtungen können als die Stromerfassungselemente 311 bis 313 und 411 bis 413, die weiter unten beschrieben, sind verwendet werden.

[0045] Der erste Inverter 30 ist aus ausgelegt, um die von der ersten Batterie 39 gelieferte Gleichstrom (DC) - Leistung aufzunehmen und den Gleichstrom in eine Wechselstrom (AC) - Leistung umzuwandeln. Ferner ist der erste Inverter 30 ausgelegt, um den Wechselstrom den Dreiphasenspulen 111, 112 und 113 des ersten Spulensatzes 11 zuzuführen.

[0046] Das erste Stromversorgungsrelais 32, das beispielsweise ein MOSFET ist, ist zwischen der ersten Batterie 39 und dem ersten Inverter 30 angeordnet und ausgelegt, um einen elektrischen Weg dazwischen herzustellen und den elektrischen Weg zu unterbrechen. Das erste Verpolungsschutzrelais 33, das beispielsweise ein MOSFET ist, ist zwischen dem ersten Relais 32 und dem ersten Inverter 30 geschaltet, wobei die Durchschalterichtung der intrinsischen Diode des ersten Verpolungsschutzrelais 33 entgegengesetzt der Durchschalterichtung der intrinsischen Diode des ersten Stromversorgungsrelais 32 ist. Dies würde verhindern, dass ein Strom von dem ersten Inverter 30 zu der ersten Batterie 39 fließt, selbst wenn die erste Batterie 39 umgekehrt verbunden ist, so dass der Pluspol der ersten Batterie 39 mit der gemeinsamen Signalmasse verbunden wäre.

[0047] Die erste Drosselspule 35 ist über den ersten Stromversorgungsverbinder 75 zwischen das erste Stromversorgungsrelais 32 und die erste Batterie 39 und die Sicherung 38 geschaltet. Der erste Kondensator 36 ist jeweils parallel zu der ersten bis dritten Reihenschaltung des ersten Inverters 30 geschaltet. Die erste Drosselspule 35 und der erste Kondensator 36 bilden eine Filterschaltung, die ein von weiteren Vorrichtungen, die die erste Batterie 39 teilen, übertragenes Rauschen sowie ein von der Antriebsvorrichtung 8 zu den weiteren Vorrichtungen, die die erste Batterie 39 teilen, übertragenes Rauschen, reduzieren. Der erste Kondensator 36 dient dazu, elektrische Ladungen zu speichern und so die Leistungsversorgung zu dem ersten Inverter 30 zu unterstützen.

[0048] Die zweite Batterie 49 hat einen Pluspol und einen Minuspol, und der Pluspol der zweiten Batterie 49 ist über die Sicherung 48 mit dem zweiten Stromversorgungsverbinder 76 verbunden, und der Minuspol der zweiten Batterie 49 ist mit dem zweiten Stromversorgungsverbinder 76 verbunden. Die zweite Batterie 49 ist über die Sicherung 48 mit dem zweiten Inverter 40, dem zweiten Stromversorgungsverbinder 76, der zweiten Drosselspule 45, dem zweiten Relais 42, dem zweiten Verpolungsschutzrelais 43 und dem zweiten Kondensator 46 verbunden, und der zweite Inverter 40 ist mit den Dreiphasenspulen 121, 122 und 123 des zweiten Spulensatzes 12 verbunden.

[0049] Der zweite Inverter 40 umfasst sechs SW-Elemente 401 bis 406, die als Brückenkonfiguration geschaltet sind.

[0050] Insbesondere sind die SW-Elemente 401 und 404 ein Paar von U-Phasen-Ober- und Unterarm-SW-Elementen, die miteinander in Reihe geschaltet sind, und die SW-Elemente 402 und 405 sind ein Paar von V-Phasen-Ober- und Unterarm-

SW-Elementen, die miteinander in Reihe geschaltet. Ferner sind die SW-Elemente 403 und 406 ein Paar von W-Phasen-Ober-und-Unterarm-SW-Elementen, die miteinander in Reihe geschaltet sind.

[0051] Die intrinsische Diode von jedem der SW-Elemente 401 bis 406, die die MOSFETs 401 bis 406 umfasst, können als Schwungrad-Diode dienen, die antiparallel zu dem entsprechenden der SW-Elemente 401 bis 406 geschaltet ist. Weitere Schwungrad-Dioden können antiparallel zu den jeweiligen SW-Elementen 401 bis 406 geschaltet sein.

[0052] Insbesondere sind die SW-Elemente 401 bis 403 auf der Hochpotenzialseite angeordnet, und die SW-Elemente 404 bis 406 sind auf der Niedrigpotenzialseite angeordnet.

[0053] Der Verbindungspunkt zwischen den U-Phasen-Ober-und-Unterarm-SW-Elemente 401 und 404, d. h. zwischen der Source des SW-Elements 401 und dem Drain des SW-Elements 404, ist verbunden mit einem ersten Ende der U2-Phasenspule 121, und der Verbindungspunkt zwischen den V-Phasen-Ober-und-Unterarm-SW-Elementen 402 und 405, d. h. zwischen der Source des SW-Elements 402 und dem Drain des SW-Elements 405, ist mit einem ersten Ende der V2-Phasenspule 122 verbunden. Ferner ist der Verbindungspunkt zwischen den W-Phasen-Ober-und-Unterarm-SW-Elementen 403 und 406, d. h. zwischen der Source des SW-Elements 403 und dem Drain des SW-Elements 406, mit einem ersten Ende der W2-Phasenspule 123 verbunden.

[0054] Die Drains der SW-Elemente 401 bis 403 sind über das zweite Verpolungsschutzrelais 43, das zweite Relais 42, die zweite Drosselspule 45, den zweiten Stromversorgungsverbinder 76 und die Sicherung 48 gemeinsam mit dem Pluspol der zweiten Batterie 49 verbunden. Zweite Enden der U2-, V2- und W2-Phasenspulen, die den ersten Enden gegenüberliegen, sind verbunden mit einem gemeinsamen Knotenpunkt, d. h. einem neutralen Punkt, zum Beispiel in einer Sternkonfiguration verbunden.

[0055] Der zweite Stromsensor 41 umfasst Stromerfassungselemente 411, 412 und 413. Zum Beispiel umfasst der Stromerfassungselemente 411, 412 und 413 einen Shunt-Widerstand. Jeder der Stromerfassungselemente 411 bis 413 hat ein erstes und ein zweites Ende, die einander gegenüberliegen. Das erste Ende von jedem der Stromerfassungselemente 411 bis 413 ist mit der Source eines entsprechenden der Unterarm-SW-Elemente 404, 405 und 406 verbunden. Das zweite Ende von jedem der Stromerfassungselemente 411 bis 413 ist über eine gemeinsame Signalmasse und den zweiten Stromversorgungsverbinder 76 mit dem Minuspol der zweiten Batterie 49 verbunden. Dies führt zu der ersten Reihenschaltung der SW-Elemente 401

und 404 und dem Stromerfassungselement 411, der zweiten Reihenschaltung der SW-Elemente 402 und 405 und dem Stromerfassungselement 412 und der dritten Reihenschaltung der SW-Elemente 403 und 406 und dem Stromerfassungselement 413, die parallel zu der zweiten Batterie 49 geschaltet sind.

[0056] Das Stromerfassungselement 411 misst den Phasenstrom I_{u2} , der durch die U2-Phasenspule 121 fließt, das Stromerfassungselement 412 misst den Phasenstrom I_{v2} , der durch die V2-Phasenspule 122 fließt, und das Stromerfassungselement 413 misst den Phasenstrom I_{w2} , der durch die W2-Phasenspule 123 fließt.

[0057] Der zweite Inverter 40 ist ausgelegt, um einen von der zweiten Batterie 49 gelieferten Gleichstrom in Wechselstrom umzuwandeln. Ferner ist der zweite Inverter 40 ausgelegt, um den Wechselstrom den Dreiphasenspulen 121, 122 und 123 des zweiten Spulensatzes 12 zuzuführen.

[0058] Der zweite Stromversorgungsrelais 42, der beispielsweise ein MOSFET ist, ist zwischen der zweiten Batterie 49 und dem zweiten Inverter 40 angeordnet. Das zweite Verpolungsschutzrelais 43, das beispielsweise ein MOSFET ist, ist zwischen das zweite Relais 42 und den zweiten Inverter 40 geschaltet. Die zweite Drosselspule 45 ist über den zweiten Stromversorgungsverbinder 76 und die Sicherung 48 zwischen das zweite Stromversorgungsrelais 42 und die zweite Batterie 49 geschaltet. Der zweite Kondensator 46 ist jeweils parallel zu der ersten bis dritten Reihenschaltung des zweiten Inverters 40 geschaltet.

[0059] Der detaillierten Strukturen des zweiten Stromversorgungsrelais 42, des zweiten Verpolungsschutzrelais 43, der zweiten Drosselspule 45 und des zweiten Kondensators 46 sind jeweils identisch mit der des entsprechenden von dem ersten Stromversorgungsrelais 32, dem ersten Verpolungsschutzrelais 33, der ersten Drosselspule 35, und dem ersten Kondensator 36. Aus diesem Grund kann die Beschreibung der Elemente 42, 43, 45 und 46 weggelassen werden. Wenn mechanische Relais als das erste bzw. das zweite Relais 32 und 42 verwendet werden, können das erste und das zweite Verpolungsschutzrelais 33 und 43 weggelassen werden.

[0060] Die erste Motorsteuerungseinheit 501, die dazu dient, zu regeln, wie der erste Spulensatz 11 bestromt wird, umfasst einen ersten Mikrocomputer 51 und eine erste integrierte Schaltung 56, die kommunizierbar miteinander verbunden sind. Zum Beispiel wird eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC) als die erste integrierte Schaltung 56 verwendet, wie es in **Fig. 2** gezeigt ist.

[0061] Der erste Mikrocomputer 51, der zum Beispiel eine CPU und eine Speichereinheit mit einem ROM und einem RAM umfasst, ist kommunizierbar verbunden mit dem ersten Sensor 61, dem ersten Stromsensor 31 und dem Drehmomentsensor 103 (siehe **Fig. 1**). Der erste Mikrocomputer 51 ist ausgelegt, um Steuersignale auf der Grundlage von Messwerten, d. h. Messsignalen, die von dem ersten Sensor 61, dem ersten Stromsensor 31 und dem Drehmomentsensor 103 ausgegeben werden, zu erzeugen; die Steuersignale dienen der Steuerung von Ein-/Aus-Schaltvorgängen der Schaltelemente 301 bis 306 des ersten Inverters 30 und der Relais 32 und 33. Zum Beispiel die CPU des ersten Mikrocomputers 51 ein oder mehrere Programme, d. h. in der Speichereinheit gespeicherte Programmanweisungen, laufen lassen und somit die Operationen des ersten Mikrocomputers 51 als Software-Operationen implementieren. Als ein weiteres Beispiel kann der erste Mikrocomputer 51 eine bestimmte, elektronische Hardwareschaltung umfassen, um die Operationen des ersten Mikrocomputers 51 als Hardwareoperationen zu implementieren.

[0062] Die erste integrierte Schaltung 56 umfasst zum Beispiel einen Vortreiber, einen Signalverstärker und einen Regler. Der Vortreiber dient dazu, Gatesignale für die jeweiligen Schaltelemente 301 bis 306 auf der Grundlage der Steuersignale für die jeweiligen Schaltelemente 301 bis 306 zu erzeugen. Der Vortreiber ist ferner dazu geeignet, die Gatesignale zu den Gates der jeweiligen Schaltelemente 301 bis 306 auszugeben und somit die Ein-/Aus-Schaltvorgänge der Schaltelemente 301 bis 306 individuell zu steuern. Der Signalverstärker dient dazu, das von zum Beispiel dem ersten Sensor 61 gesendete Messsignal zu verstärken, und das verstärkte Messsignal zu dem ersten Mikrocomputer 51 auszugeben. Der Regler ist als Stabilisierungsschaltung ausgelegt, die eine zum Beispiel an den ersten Mikrocomputer 51 von zum Beispiel einer nicht gezeigten Stromversorgung angelegte Betriebsspannung stabilisiert.

[0063] Die zweite Motorsteuerungseinheit 502, die dazu dient, zu steuern, wie der zweite Spulensatz 12 bestromt wird, umfasst einen zweiten Mikrocomputer 52 und eine zweite integrierte Schaltung 57, die kommunizierbar miteinander verbunden sind.

[0064] Der zweite Mikrocomputer 52, der zum Beispiel eine CPU und eine Speichereinheit mit einem ROM und einem RAM umfasst, ist kommunizierbar mit der Drehungserfassungsvorrichtung 1, dem zweiten Stromsensor 41 und dem Drehmomentsensor 103 verbunden (siehe **Fig. 1**). Der zweite Mikrocomputer 52 ist ausgelegt, um Steuersignale auf der Grundlage von Messwerten, d. h. Messsignalen, die von der Drehungserfassungsvorrichtung 1, dem zweiten Stromsensor 41 und dem Drehmomentsen-

sor 103 ausgesendet werden, zu erzeugen; die Steuersignale dienen dazu, Ein-/Aus-Schaltvorgänge der SW-Elemente 401 bis 406 des zweiten Inverters 40 und der Relais 42 und 43 zu steuern. Zum Beispiel kann die CPU des zweiten Mikrocomputers 52 ein oder mehrere Programme, d. h. in der Speichereinheit gespeicherte Programmanweisungen, laufen lassen und somit die Operationen des zweiten Mikrocomputers 52 als Software-Operationen implementieren. Als ein weiteres Beispiel kann der zweite Mikrocomputer 52 eine bestimmte, elektronische Hardwareschaltung umfassen, um die Operationen des zweiten Mikrocomputers 52 als Hardwareoperationen zu implementieren.

[0065] Die zweite integrierte Schaltung 57 umfasst zum Beispiel einen Vortreiber, einen Signalverstärker und einen Regler. Der Vortreiber dient dazu, Gatesignale für die jeweiligen SW-Elemente 401 bis 406 auf der Grundlage der Steuersignale für die jeweiligen SW-Elemente 401 bis 406 zu erzeugen. Der Vortreiber dient ferner dazu, die erzeugten Gatesignale zu den Gates der jeweiligen SW-Elemente 401 bis 406 auszugeben und somit die Ein-/Aus-Schaltvorgänge der SW-Elemente 401 bis 406 individuell zu steuern. Der Signalverstärker dient dazu, das von zum Beispiel dem zweiten Sensor 62 gesendete Messsignal zu verstärken und das verstärkte Messsignal zu dem zweiten Mikrocomputer 52 auszugeben. Der Regler ist als eine Stabilisierungsschaltung ausgelegt, die eine zum Beispiel an den zweiten Mikrocomputer 52 von zum Beispiel der nicht gezeigten Stromversorgung gelieferte Betriebsspannung stabilisiert.

[0066] Wie es oben beschrieben ist, umfasst die in die Antriebsvorrichtung 8 eingebaute Drehungserfassungsvorrichtung 1 das Sensor-Paket 65 mit dem ersten und dem zweiten Sensoren 61 und 62. **Fig. 2** zeigt den ersten und den zweiten Sensor 61 und 62 als SENSOR 1 bzw. SENSOR 2. Die ausführliche Beschreibung der Drehungserfassungsvorrichtung 1 ist weiter unten beschrieben. Der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 gemäß der ersten Ausführungsform dienen zum Beispiel als Regler.

[0067] Nachfolgend bilden wenigstens der erste Spulensatz 11, der erste Inverter 30 und die erste Motorsteuerungseinheit 501, die für den ersten Spulensatz 11 vorgesehen sind, ein erstes Motorantriebssystem 901. Ebenso bilden wenigstens der zweite Spulensatz 12, der zweite Inverter 40 und die zweite Motorsteuerungseinheit 502, die für den zweiten Spulensatz 12 vorgesehen sind, ein zweites Motorantriebssystem 902. Obwohl die Drehungserfassungsvorrichtung 1 nicht in sowohl dem ersten als auch dem zweiten Motorantriebssystem 901 und 902 in **Fig. 2** enthalten ist, um eine zu große Komplexität von **Fig. 2** zu vermeiden, kann das erste Motorantriebssystem 901 den ersten Sensor 61 und

das zweite Motorantriebssystem 902 den zweiten Sensor 62 umfassen.

[0068] Das heißt, die Antriebsvorrichtung 8 gemäß der ersten Ausführungsform ist so ausgelegt, dass

(1) Die Schaltungskomponenten, die den ersten Inverter 30 und die erste Motorsteuerungseinheit 501 umfassen und benötigt werden, um den ersten Spulensatz 11 zu steuern, für den ersten Spulensatz 11 vorgesehen sind.

(2) Die Schaltungskomponenten, die den zweiten Inverter 40 und die zweite Motorsteuerungseinheit 502 umfassen und benötigt werden, um den zweiten Spulensatz 12 zu steuern, für den zweiten Spulensatz 12 vorgesehen sind.

[0069] Mit anderen Worten, die Antriebsvorrichtung 8 ist als ein duales redundantes System ausgelegt, das wenigstens den ersten und den zweiten Inverter 30 und 40 und die erste und die zweite Motorsteuerungseinheit 501 und 502 umfasst. Diese dual-redundante Konfiguration der Antriebsvorrichtung 8 ermöglicht es, dass die Motoreinheit 10 kontinuierlich angetrieben wird, selbst wenn eine Fehlfunktion in dem ersten Inverter 30 oder dem zweiten Inverter 40 oder eine Fehlfunktion in der ersten Motorsteuerungseinheit 501 und der zweiten Motorsteuerungseinheit 502 auftritt.

[0070] Wie es oben beschrieben ist, umfasst die Antriebsvorrichtung 8 als ein dual-redundantes Batteriesystem die erste Batterie 39 für den ersten Spulensatz 11 und die zweite Batterie 40 für den zweiten Spulensatz 12. Die Nennspannung an der ersten Batterie 39 kann gleich der Nennspannung an der zweiten Batterie 49 oder von dieser verschieden sein. Wenn sich die Nennspannung an der ersten Batterie 39 von der Nennspannung an der zweiten Batterie 49 unterscheidet, kann ein Spannungswandler entweder zwischen der ersten Batterie 39 und dem ersten Inverter 30 oder zwischen der zweiten Batterie 49 und dem zweiten Inverter 40 angeordnet sein.

[0071] Wie es in den **Fig. 2, 4 und 5** gezeigt ist, sind Antriebskomponenten, die die Schaltelemente 301 bis 306 und 401 bis 406, die Stromerfassungselemente 311 bis 313 und 411 bis 413, die Relais 32, 33, 42 und 43, die Drosselspulen 35 und 45 und die Kondensatoren 36 und 46 umfassen, auf die erste Schaltungsplatine 21 montiert. Wie es ferner in den **Fig. 2, 4 und 5** gezeigt ist, sind Steuerkomponenten, die umfassen die Mikrocomputer 51 und 52 und die integrierte Schaltungen 56 und 57 auf die zweite Schaltungsplatine 22 montiert.

[0072] Das heißt, sind die Antriebskomponenten elektronische Komponenten, durch die ein relativ großer Strom fließt, der ähnlich der Motorströme ist,

der durch die Spulen 111 bis 113 und 121 bis 123 fließt. Die Steuerkomponenten sind elektronische Komponenten, durch die keine Motorströme fließen.

[0073] Die Drehungserfassungsvorrichtung 1 ist auf die erste Schaltungsplatine 21 montiert.

[0074] Der erste Stromzuführungsverbinder 75 umfasst einen Stromversorgungsanschluss 751 und einen Masseanschluss 752, und der zweite Stromzuführungsverbinder 76 umfasst einen Stromversorgungsanschluss 761 und einen Masseanschluss 762. Der erste Signalverbinder 77 umfasst einen Drehmomentsignalanschluss 771 und einen Fahrzeugsignalanschluss 772, und der zweite Signalverbinder 78 umfasst einen Drehmomentsignalanschluss 781 und einen Fahrzeugsignalanschluss 782. Die Antriebsvorrichtung 8 umfasst interne Signalanschlüsse 717.

[0075] Dreieckige Ausgangsmarkierungen zeigen, wo diese Anschlüsse mit der ersten Schaltungsplatine 21 und/oder der zweiten Schaltungsplatine 22 verbunden sind. Zum Beispiel sind die Stromversorgungsanschlüsse 751 und 761, die Masseanschlüsse 752 und 762 und die internen Signalanschlüsse 717 mit der ersten bzw. der zweiten Schaltungsplatine 21 bzw. 22 verbunden. Die Drehmomentsignalanschlüsse 771 und 781 und das Fahrzeugsignalanschlüsse 772 und 782 sind mit der zweiten Schaltungsplatine 22, nicht jedoch mit der ersten Schaltungsplatine 21 verbunden.

[0076] Es ist zu beachten, dass in **Fig. 2** die Stromversorgungsanschlüsse sind als STROM1 1 bzw. STROM 2 und die Masseanschlüsse als MASSE1 bzw. MASSE2 bezeichnet sind. Die Drehmomentsignalanschlüsse sind als M1 und M2 und die Fahrzeugsignalanschlüsse als CAN1 und CAN2 bezeichnet.

[0077] Selbst wenn sich wenigstens eine der Leitungen, von denen jede eine Verbindung zwischen einem entsprechenden der Anschlüsse und wenigstens entweder der ersten und der zweiten Schaltungsplatine 21 und 22 herstellt, verzweigt, so bedeutet das nicht notwendigerweise, dass sich der entsprechende wenigstens eine tatsächliche Anschluss tatsächlich verzweigt.

[0078] Nachfolgend ist ein Beispiel der Struktur der Antriebsvorrichtung 8 mit Bezug auf die **Fig. 3 bis 6** beschrieben. Insbesondere ist **Fig. 3** eine Draufsicht der Antriebsvorrichtung 8, und **Fig. 4** ist eine Querschnittsansicht entlang einer Linie IV-IV von **Fig. 3**. **Fig. 5** ist eine schematische Seitenansicht der ersten Schaltungsplatine 21, und **Fig. 6** ist eine schematische Seitenansicht der zweiten Schaltungsplatine 22.

[0079] Wie es in **Fig. 4** gezeigt ist, umfasst die Motoreinheit 10 den Stator 10a (siehe **Fig. 2**), den Motor 10b (siehe **Fig. 1**) und die Welle 15, die an dem Motor 10b befestigt ist. Die Motoreinheit 10 umfasst ein Motorgehäuse 17, das aus einem im Wesentlichen zylindrischen Gehäuse 171 gebildet ist, und der Stator 10a ist in dem zylindrischen Gehäuse 171 des Motorgehäuses 17 eingebaut, und zwar an der inneren Umfangsoberfläche des zylindrischen Gehäuses 171 des Motorgehäuses 17. Wie es oben beschrieben ist, ist der Motor 10b in dem Stator 10a so eingebaut, dass er relativ zu dem Stator 10a drehbar ist, und der Motor 10b umfasst einen im Wesentlichen zylindrischen Rotor-kern, und die Welle 15 ist fest an einem mittleren Achsabschnitt des Motorkerns befestigt. Dadurch können die Welle 15 und der Motor 10b als eine Einheit gedreht werden.

[0080] Das zylindrische Gehäuse 171 des Motorgehäuses 17 hat ein erstes und ein zweites Ende, die sich in seiner Axialrichtung gegenüberliegen. Durch das erste axiale Ende des zylindrischen Gehäuses 171 erstreckt sich eine Öffnung hindurch, und das Steuermodul 20 ist in der Öffnung des ersten axialen Endes des Motorgehäuses 17 angeordnet. Das zylindrische Gehäuse 171 umfasst eine Ringnut 172, die in seinem ersten axialen Ende ausgebildet ist.

[0081] Die Welle 15 hat ein erstes und ein zweites Ende, die sich in ihrer Axialrichtung gegenüberliegen. Das erste Ende der Welle 15 ist gegenüber dem Steuermodul 20 angeordnet. Das zweite Ende der Welle 15, das in **Fig. 4** nicht gezeigt ist, dient als ein Ausgangsanschluss, der mit dem Verzögerungszahnrad 109 gekoppelt ist (siehe **Fig. 1**). Dies ermöglicht eine Übertragung eines auf der Grundlage Drehung der Motoranordnung, die den Motor 10b und die Welle 15 umfasst, erzeugten Drehmoments über das Verzögerungszahnrad 109 zu der Lenkwelle 10. Diese Beschreibung beschreibt ferner eine Drehung, d. h. ein Einschlagen, der Motoranordnung der Motoreinheit 10 als „Drehung, d. h. Einschlagen, der Motoreinheit 10“ oder andere ähnliche Ausdrücke.

[0082] Die Motoreinheit 10 umfasst einen im Wesentlichen kreisscheibenartigen Magneten 16, der koaxial an einer Stirnfläche des ersten Endes der Welle 15 befestigt ist. Eine virtuelle Linie, die sich von der Mittenachse der Welle 15 erstreckt und durch die Mitte des Magneten 16 führt, ist als eine Drehungsmittellinie Ac definiert (siehe zum Beispiel **Fig. 8**).

[0083] Die Motoreinheit 10 umfasst ferner einen im Wesentlichen zylindrischen Rahmen 18, der an der inneren Umfangsoberfläche des zylindrischen Gehäuses 171 so befestigt ist, dass er sich näher an

dem ersten axialen Ende des zylindrischen Gehäuses 171 befestigt ist, während sich die Welle 15 drehbar durch den Rahmen 18 erstreckt. Zum Beispiel wird der Rahmen 18 eingepresst, um in das zylindrische Gehäuse 171 des Motorgehäuses 17 zu passen. Das Motorgehäuse 17 und der Rahmen 18 bilden ein Gehäuseelement zum Umschließen der Komponenten der Motoreinheit 10. Der Rahmen 18 hat eine Stirnfläche 181, die zu dem Steuermodul 20 weist, und eine konkave Aussparung ist in dem mittleren Abschnitt der Stirnfläche 181 gebildet. Der Magnet 16 ist in die Aussparung so eingebaut, dass er in Richtung des Steuermoduls 20 freiliegt.

[0084] Der Rahmen 18 umfasst erste Platinensicherungselemente 185, die jeweils eine vorbestimmte erste Höhe besitzen, und umfasst ferner zweite Platinensicherungselemente 186, die jeweils eine vorbestimmte zweite Höhe besitzen; die ersten und die zweiten Platinensicherungselemente 185 und 186 sind an der Stirnfläche 181 des Rahmens 18 befestigt, wobei ihre Höhenrichtungen im Wesentlichen senkrecht zur Stirnfläche 181 gerichtet sind. Die zweite Höhe von jedem der zweiten Platinensicherungselemente 186 ist größer als die erste Höhe von jedem der ersten Platinensicherungselemente 185. Die erste Schaltungsplatine 21, durch die hindurch sich Durchgangslöcher erstrecken, ist auf den ersten Platinensicherungselementen mit Hilfe von Schrauben 19 befestigt. Die zweite Schaltungsplatine 22 ist auf den zweiten Platinensicherungselementen 186 mit Hilfe von Schrauben 196 befestigt. Die ersten und die zweiten Schaltungsplatine 21 und 22 können auch an dem Rahmen 18 so befestigt, dass eines der Befestigungselemente keine Schraube ist.

[0085] Die Dreiphasenspulen 111, 112 und 113 des ersten Spulensatzes 11 und die Dreiphasenspulen 121, 122 und 123 sind mit nicht gezeigten jeweiligen Phasenmotorleitungen verbunden; die Motorleitungen erstrecken sich durch nicht gezeigte axiale Durchgangslöcher, die durch den Rahmen 18 gebildet sind, um aus dem Rahmen 18 heraus in Richtung des Steuermoduls 20 geführt zu werden. Die geführten Motorleitungen sind verlängert, um mit der ersten Schaltungsplatine 21 verbunden zu werden.

[0086] Das Steuermodul 20, das an dem ersten axialen Ende des zylindrischen Gehäuses 171 des Motorgehäuses 17 befestigt ist, ist in der Öffnung des ersten axialen Endes des zylindrischen Gehäuses 171 so befestigt, dass es sich innerhalb einer Motorsilhouette befindet. Es ist zu beachten, dass die Motorsilhouette einen virtuellen Bereich darstellt, der durch virtuelles Verlängern des ersten axialen Endes des Motorgehäuses 17 in Axialrichtung von dem Rahmen 18 weg gebildet ist.

[0087] Es ist zu beachten, dass die axiale Richtung und die radiale Richtung der Motoreinheit 10 als die jeweiligen Axialrichtung und Radialrichtung der Antriebsvorrichtung 8 dienen, und die Axialrichtung und die Radialrichtung der Antriebsvorrichtung 8 nachfolgend einfach als Axialrichtung bzw. Radialrichtung beschrieben sind.

[0088] Wie es oben beschrieben ist, umfasst das Steuermodul 20 zum Beispiel die erste Schaltungsplatine 21, die zweite Schaltungsplatine 22 und die Verbindereinheit 70. Die erste und die zweite Schaltungsplatine 21 und 22 sind jeweils im Wesentlichen parallel zu der Stirnfläche 181 des Rahmens 18 angeordnet. Die erste und die zweite Schaltungsplatine 21 und 22 sind ferner angeordnet in der Reihenfolge der ersten Schaltungsplatine 21 und der zweiten Schaltungsplatine 22 von der Seite der Motoreinheit 10 aus angeordnet.

[0089] Die erste Schaltungsplatine 21 hat eine erste und eine zweite Hauptoberfläche 211 und 212 die einander gegenüberliegen; die erste Hauptoberfläche 211 befindet sich näher bei der Motoreinheit 10 als die zweite Hauptoberfläche 212 (siehe die **Fig. 5** und **6**). Die zweite Schaltungsplatine 22 hat eine erste und eine zweite Hauptoberfläche 221 und 222, die einander gegenüberliegen; die erste Hauptoberfläche 221 befindet sich näher bei der Motoreinheit 10 als die zweite Hauptoberfläche 222 (siehe die **Fig. 5** und **6**).

[0090] Wie es in den **Fig. 4** und **5** gezeigt ist, sind die SW-Elemente 301 bis 306 und 401 bis 406, die Stromerfassungselemente 311 bis 313 und 411 bis 413, und das Sensor-Paket 65 zum Beispiel auf die erste Hauptoberfläche 211 die erste Schaltungsplatine 21 montiert. Die Drosselspulen 35 und 45 und die Kondensatoren 36 und 46 sind zum Beispiel auf die zweite Hauptoberfläche 212 die erste Schaltungsplatine 21 montiert.

[0091] Es ist zu beachten, dass die SW-Elemente 301, 302, 401, und 402 aus der Sicht von **Fig. 4** gezeigt sind. Zur Vereinfachung der Darstellung sind die Stromerfassungselemente 311 bis 313 und 411 bis 413 und die Drosselspulen 35 und 45 in den **Fig. 4** und **5** nicht gezeigt.

[0092] Der Rahmen 18 ist aus einem Kühlkörpermaterial wie etwa einem Metall hergestellt, und die SW-Elemente 301 bis 306 und 401 bis 406 sind so angeordnet, dass sie thermisch mit dem Rahmen 18 verbunden sind, so dass eine durch die SW-Elemente 301 bis 306 und 401 bis 406 erzeugte Wärme durch den Rahmen 18 absorbiert wird, und die absorbierte Wärme wird über den Rahmen 18 und das Motorgehäuse 17 von der Antriebsvorrichtung 8 abgeführt. Es ist zu beachten, dass der Ausdruck „A ist thermisch mit B verbunden“ umfasst, dass

(1) sich A in direktem Kontakt mit B befindet

(2) sich A über ein Kühlkörperelement wie etwa einem Kühlkörper-Gel in indirektem Kontakt mit B befindet.

[0093] In **Fig. 4**, sind solche Kühlkörperelemente nicht dargestellt, so dass die SW-Elemente 301 bis 306 und 401 bis 406 vom Rahmen 18 getrennt dargestellt sind. Die Stromerfassungselemente 311 bis 313 und 411 bis 413, die andere als die SW-Elemente sind, können thermisch mit dem Rahmen 18 verbunden sein.

[0094] Das heißt, der Rahmen 18 dient als Kühlkörper, das heißt sowohl als Gehäuseelement der Motoreinheit 10 als auch als Kühlkörper. Dies ermöglicht eine Verkleinerung des Antriebssystems 800 und eine Verringerung der Anzahl von Komponenten des Antriebssystems 800 im Vergleich mit einem Fall, in dem ein zusätzlicher Kühlkörper in der Antriebsvorrichtung 8 angeordnet ist. Die erste Ausführungsform, die den Rahmen 18 als Kühlkörper verwendet, führt zu einem verkürzten Wärmeübertragungsweg der Antriebsvorrichtung 8 nach außen, wodurch Wärme von der Antriebsvorrichtung 8 hoch-effizient abgeführt werden kann.

[0095] Wie es in den **Fig. 4** und **6** gezeigt ist, sind die erste und die zweite integrierte Schaltung 56 und 57 auf die erste Hauptoberfläche 221 der zweiten Schaltungsplatine 22 montiert, und der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 sind auf die zweite Hauptoberfläche 222 der zweiten Schaltungsplatine 22 montiert.

[0096] Insbesondere sind die Antriebskomponenten, durch die der Motoreinheit 10 zuzuführende Ströme fließen, an dem ersten Substrat 21 befestigt, und die Steuerkomponenten zur Steuerung zum Beispiel der SW-Elemente, die auf der ersten Schaltungsplatine 21 befestigt sind, sind auf dem zweiten Substrat 22 befestigt. Mit anderen Worten, die Antriebsvorrichtung 8 ist so ausgelegt, dass die erste Schaltungsplatine 21, die als Leistungsschaltungsplatine dient, und die zweite Schaltungsplatine, die als Steuerungsschaltungsplatine sind, elektrisch und physikalisch voneinander getrennt. Dies verhindert, dass große, der Motoreinheit 10 zuzuführende Ströme durch die zweite Schaltungsplatine 22 fließen, wodurch die schädlichen Effekte des Rauchens, die durch die großen Ströme verursacht werden, auf die auf der zweiten Schaltungsplatine 22 montierten Steuerkomponenten reduziert werden.

[0097] Die erste und die zweite Schaltungsplatine 21 und 22 haben ferner jeweils Federklemmen 26.

[0098] Wie es in **Fig. 3** und **4** gezeigt ist, umfasst die Verbindereinheit 70 eine Abdeckung 71, den ersten und den zweiten Stromzuführungsverbinder 75 und

76 und den ersten und den zweiten Signalverbinder 77 und 78.

[0099] Der Abdeckung 71 umfasst einen im Wesentlichen zylindrischen Abschnitt 711 mit öffnbarer Oberseite und einem geschlossenen Boden. Der Boden des zylindrischen Abschnitts 711 dient als Verbinderbasis 715. Der zylindrische Abschnitt 711 hat einen Rand 712 der öffnbaren Oberseite, und der Rand 712 ist in die Ringnut 172 gefüllt, die in dem ersten axialen Ende des zylindrischen Gehäuses 171 gebildet ist, und ist daran zum Beispiel durch ein Klebemittel befestigt.

[0100] Die Verbinderbasis 715 hat eine erste und eine zweite Hauptoberfläche, die einander gegenüberliegen; die erste Hauptoberfläche weist zu der Motoreinheit 10. Auf der zweiten Hauptoberfläche der Verbinderbasis 715 sind der erste und der zweite Stromzuführungsverbinder 75 und 76 und der erste und der zweite Signalverbinder 77 und 78 montiert. Die Verbinder 75 bis 78 sind in der Motorsilhouette angeordnet. Jeder der Verbinder 75 bis 78 ist rohrförmig, mit einer sich öffnenden Oberseite, d. h. eine hohle Form, in die ein nicht gezeigter Kabelbaum so eingeführt werden kann, dass er mit dem Verbinder elektrisch verbunden ist.

[0101] Wie es in den **Fig. 2 bis 4** gezeigt ist, umfasst der erste Stromzuführungsverbinder 75 den Stromversorgungsanschluss 751, der eine Verbindung zwischen dem Pluspol der ersten Batterie 39 und dem ersten Motorantriebssystem 901 herstellt, und umfasst den Masseanschluss 752, der eine Verbindung zwischen dem Minuspol der ersten Batterie 39 und der gemeinsamen Signalmasse des ersten Motorantriebssystems 901 herstellt. Der zweite Stromzuführungsverbinder 76 umfasst den Stromversorgungsanschluss 761, der eine Verbindung zwischen dem Pluspol der zweiten Batterie 49 und dem zweiten Motorantriebssystem 902 herstellt, und umfasst den Masseanschluss 762, der eine Verbindung zwischen dem Minuspol der zweiten Batterie 49 und der gemeinsamen Signalmasse des zweiten Motorantriebssystems 902 herstellt.

[0102] Der erste Signalverbinder 77 dient dazu, eine Verbindung zwischen dem ersten Motorantriebssystem 901 und dem Drehmomentsensor 103 herzustellen, und eine Verbindung zwischen dem ersten Motorantriebssystem 901 und dem Bordnetzwerk herzustellen. Insbesondere dient der Drehmomentsignalanschluss 771 des ersten Signalverbinders 77 dazu, das Messsignal zu empfangen, das das gemessene, von dem Drehmomentsensor 103 zu dem ersten Motorantriebssystem 901 gesendete Drehmoment repräsentiert. Der Fahrzeugsignalanschluss 772 des ersten Signalverbinders 77 dient dazu, die extern über das Bordnetzwerk zu dem ers-

ten Motorantriebssystem 901 gesendeten Fahrzeugbetriebszustandssignale zu empfangen.

[0103] Ebenso dient der Drehmomentsignalanschluss 772 des zweiten Signalverbinders 78 dazu, das Messsignal, das das gemessene und von dem Drehmomentsensor 103 zu dem zweiten Motorantriebssystem 902 gesendete Drehmoment repräsentiert, zu empfangen. Der Fahrzeugsignalanschluss 782 des zweiten Signalverbinders 78 dient dazu, die extern über das Bordnetzwerk zu dem zweiten Motorantriebssystem 902 gesendeten Fahrzeugbetriebszustandssignale zu empfangen.

[0104] Der Duplizierung der Stromzuführungsverbinder 75 und 76, die angeordnet für das erste bzw. das zweite Motorantriebssystem 901 und 902 vorgesehen sind, könnten es ermöglichen, dass die Motoreinheit 10 kontinuierlich angetrieben wird, selbst wenn einer der Drähte, der den ersten Stromzuführungsverbinder 75 mit dem ersten Motorantriebssystem 901 verbindet, und der Drähte, die den zweiten Stromzuführungsverbinder 76 mit dem zweiten Motorantriebssystem 902 verbindet, getrennt oder unterbrochen wäre. Ebenso könnte die Motoreinheit 10 kontinuierlich angetrieben werden, selbst wenn einer der Drähte, der den zweiten Signalverbinder 76 mit dem zweiten Motorantriebssystem 902 verbindet, getrennt oder unterbrochen wäre.

[0105] Auf der ersten Hauptoberfläche der Verbinderbasis 715, sind die internen Signalanschlüsse 717 montiert. Die internen Signalanschlüsse 717 verbinden die erste und die zweite Schaltungsplatine 21 und 22 und ermöglichen eine Übertragung von Signalen zwischen der ersten und der zweiten Schaltungsplatine 21 und 22. Die internen Signalanschlüsse 717 sind getrennt von den Anschlüssen 751, 752, 761, 762, 771, 772, 781 und 782 der Verbinder 75 bis 78 angeordnet und nicht mit den externen Vorrichtungen der Antriebsvorrichtung 8 wie etwa den Batterien 39 und 49, dem Drehmomentsensor 103 und dem Bordnetzwerk verbunden. Die internen Signalanschlüsse 717 gemäß der ersten Ausführungsform sind geeignet zum

(1) Übertragen von durch die Drehungserfassungsvorrichtung 1 gemessenen Werten zu den elektronischen Komponenten, die den ersten und den zweiten Mikrocomputer 51 und 52 umfassen, die auf die zweite Schaltungsplatine 22 montiert sind

(2) Übertragen von dem ersten und dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52 gesendeten Befehlssignalen zu den elektronischen Komponenten, die auf der ersten Schaltungsplatine 21 montiert sind.

[0106] Die Anzahl der Anschlüsse in jedem der Verbinder 75 bis 78 kann geändert werden, und wie die

Anschlüsse in jedem der Verbinder 75 bis 78 angeordnet sind, kann auch geändert werden. Wie die Anschlüsse den Verbindern 75 bis 78 zugeordnet sind, kann ebenfalls geändert werden. Die internen Signalanschlüsse 717 können frei an beliebigen Abschnitten angeordnet sein, wo die internen Signalanschlüsse 717 die Anschlüsse der Verbinder 75 bis 78 nicht behindern. Die Anzahl der internen Signalanschlüsse 717 kann frei bestimmt werden.

[0107] Jeder der Anschlüsse 751, 752, 761, 762, 771, 772, 781, 782 und 717 ist durch eine entsprechende der Federklemmen 26 der ersten Schaltungsplatine 21 und/oder der zweiten Schaltungsplatine 22 angepasst. Jeder der Federklemmen 26 ist elastisch verformbar, um an einen entsprechenden der Anschlüsse 751, 752, 761, 762, 771, 772, 781, 782, und 717 anzuliegen, wenn ein entsprechender der Anschlüsse 751, 752, 761, 762, 771, 772, 781, 782 und 717 in die Federklemme 26 eingepasst ist. Dadurch kann jeder der Anschlüsse 751, 752, 761, 762, 771, 772, 781, 782 und 717 elektrisch mit der ersten Schaltungsplatine 21 und/oder der zweiten Schaltungsplatine 22 verbunden werden.

[0108] Jeder der Anschlüsse 751, 752, 761, 762 und 717, der die erste und die zweite Schaltungsplatine 21 und 22 verbindet, durchdringt die zweite Schaltungsplatine 22, um sich durch einen Raum zwischen der ersten und der zweiten Schaltungsplatine 21 und 22 zu der ersten Schaltungsplatine 21, wobei er in Axialrichtung vorragt. Jeder der Anschlüsse 751, 752, 761, 762 und 717 ist durch eine entsprechende der Federklemmen 26 der ersten Schaltungsplatine 21 und eine entsprechende der Federklemmen 26 der zweiten Schaltungsplatine 22 so eingepasst, dass er verbunden mit der ersten und der zweiten Schaltungsplatine 21 und 22 verbunden ist.

[0109] Dies reduziert die Länge von jedem der Anschlüsse 751, 752, 761, 762 und 717 und verhindert somit, dass der Raum, der zur Anordnung der Anschlüsse 751, 752, 761, 762 und 717 notwendig ist, aufgrund der Redundanz zunimmt. Jeder der Anschlüsse 751, 752, 761, 762 und 717 ist ausgelegt, um die zweite Schaltungsplatine 22 im Wesentlichen geradlinig zu durchdringen, um sich zu der ersten Schaltungsplatine 21 zu erstrecken. Diese Konfiguration führt dazu, dass jeder der Anschlüsse 751, 752, 761, 762 und 717 kürzer ist, was zu einer Verringerung der entsprechenden Verdrahtungsimpedanz führt.

[0110] Nachfolgend ist die Drehungserfassungsvorrichtung 1 beschrieben.

[0111] Wie es in den **Fig. 4, 5, und 7 bis 9** gezeigt ist, umfasst die Drehungserfassungsvorrichtung 1, die dazu dient, die Drehung der Motoreinheit 10 zu erfassen, den ersten Sensor 61, den zweiten Sensor 62,

den ersten Mikrocomputer 51 und den zweiten Mikrocomputer 52.

[0112] Der erste und der zweite Sensor 61 und 62 sind in dem Einzelsensor-Paket 65 eingebaut, das auf die erste Schaltungsplatine 21 montiert ist. Dies reduziert den Bereich, auf dem das Einzelsensor-Paket 65 montiert ist, im Vergleich zu einem Fall von einzelnen Paketen, die jeweils einen entsprechenden von dem ersten und dem zweiten Sensoren 61 und 62 umfassen und auf der ersten Schaltungsplatine 21 montiert sind.

[0113] Wie es in **Fig. 9** gezeigt ist, umfasst der erste Sensor 61 ein Sensorelement 601 und ein Schaltungsmodul 610, und das Sensorelement 601 und das Schaltungsmodul 610 sind in einem einzigen Chip 641 integriert. Mit anderen Worten, in dem Chip 641, der das Schaltungsmodul 610 bildet, befindet sich das Sensorelement 601. Der zweite Sensor 62 umfasst ein Sensorelement 602 und ein Schaltungsmodul 620, und das Sensorelement 602 und das Schaltungsmodul 620 sind in einem einzigen Chip 642 integriert. Mit anderen Worten, in dem Chip 642, der das Schaltungsmodul 620 bildet, befindet sich das Sensorelement 602.

[0114] Wie es in den **Fig. 4 und 7A** gezeigt ist, ist das Sensor-Paket 65 der Drehungserfassungsvorrichtung 1 auf der ersten Hauptoberfläche 211 der ersten Schaltungsplatine 21 montiert. Die Montage des Sensor-Pakets 65 auf der ersten Hauptoberfläche 211 der ersten Schaltungsplatine 21 führt zu einem kürzeren Abstand zwischen dem Sensor-Paket 65 und dem Magnet 16, was dazu führt, dass das Sensor-Paket 65 die Drehung der Motoreinheit 10 mit höherer Genauigkeit erfasst und der Magnet 16 eine geringere Dicke und einen geringeren Radius besitzt. Wie es in **Fig. 7B** gezeigt ist, kann das Sensor-Paket 65 auf der zweiten Hauptoberfläche 212 der ersten Schaltungsplatine 21 montiert sein. Durch die Montage des Sensor-Pakets 65 auf der zweiten Hauptoberfläche 212 der ersten Schaltungsplatine 21 kann die erste Hauptoberfläche 211 der ersten Schaltungsplatine 21 effizient verwendet werden. Zum Beispiel ermöglicht die Montage des Sensor-Pakets 65 auf die zweite Hauptoberfläche 212 der ersten Schaltungsplatine 21, dass andere elektronische Komponenten als die SW-Elemente 301 bis 306 und 401 bis 406, auf die erste Hauptoberfläche 211 montiert werden, während sie mit dem Rahmen 18 thermisch verbunden sind. Zur Vereinfachung der Darstellung sind andere elektronische Komponenten als das Sensor-Paket 65, die auf die erste Schaltungsplatine 21 montiert sind, in den **Fig. 7A und 7B** nicht gezeigt. Ebenso sind andere elektronische Komponenten als das Sensor-Paket 65, die auf die erste Schaltungsplatine 21 montiert sind, in den **Fig. 27, 28A und 28B** nicht gezeigt.

[0115] Wie es in **Fig. 8** und **9** gezeigt ist, hat das Sensor-Paket 65 im Wesentlichen die Form eines Quaders. Das Sensor-Paket 65 umfasst ein Paar von längeren Seiten und Sensoranschlüsse 67, die an den jeweiligen längeren Seiten befestigt sind. Die Sensoranschlüsse 67 umfassen Befehlsanschlüsse 671 und 673, Ausgangsanschlüsse 672 und 674, Stromversorgungsanschlüsse 675 und 677 und Masseanschlüsse 676 und 678.

[0116] Der Drehungserfassungsvorrichtung 1 wird von der ersten und der zweiten Batterie 39 und 49 über einen nicht gezeigten Regler und einen entsprechenden der Stromversorgungsanschlüsse 675 und 677 elektrische Leistung zugeführt.

[0117] Insbesondere liefert die erste Batterie 39 gemäß der ersten Ausführungsform dem ersten Sensor 61 zum Beispiel über den Stromversorgungsanschluss 675 eine elektrische Leistung, und die zweite Batterie 49 liefert gemäß der ersten Ausführungsform eine elektrische Leistung zum Beispiel über den Stromversorgungsanschluss 676 zu dem zweiten Sensor 62.

[0118] Jeder der ersten Ausführungsform und der weiteren Ausführungsformen, die weiter unten beschrieben sind, kann so ausgelegt, dass nur eine von der ersten und der zweiten Batterien 39 und 49 eine elektrische Leistung zu sowohl dem ersten als auch dem zweiten Sensor 61 und 62 liefert.

[0119] Die Drehungserfassungsvorrichtung 10 ist über die Masseanschlüsse 676 und 678 mit der gemeinsamen Signalmasse verbunden.

[0120] Wie es in **Fig. 8** gezeigt ist, sind der Chip 641, der den ersten Sensor 61 bildet, und der Chip 642, der den zweiten Sensor 62 bildet, jeweils an einem im Wesentlichen rechteckigen, plattenartigen Zuleitungsrahmen 66 befestigt, der in dem Sensor-Paket 65 eingebaut ist. Die Chips 641 und 642 sind jeweils, zum Beispiel durch Drähte, mit den Sensoranschlüssen 67 verbunden. Auf der ersten Hauptoberfläche 211 der ersten Schaltungsplatine 21 ist ein zuvor entworfenes Verdrahtungsmuster gebildet, mit dem die Sensoranschlüsse 67 verbunden sind. Dies ermöglicht eine Verbindung des ersten und des zweiten Sensors 61 und 62 mit der ersten Schaltungsplatine 21.

[0121] Der erste und der zweite Sensor 61 und 62 sind jeweils ein Magnetsensor zum Messen einer magnetischen Änderung, d. h. einer Änderung des magnetischen Flusses, auf der Grundlage einer Drehung des Magneten 16 der Motoreinheit 10 zusammen mit der Welle 15. Der erste und der zweite Sensor 61 und 62 gemäß der ersten Ausführungsform können jeweils eine Hall-Vorrichtung oder eine magnetoresistive (MR) Sensorvorrichtung wie etwa eine

anisotrope, magnetoresistive (AMR) Sensorvorrichtung, eine riesen-magnetoresistive (GMR) Sensorvorrichtung oder eine tunnel-magnetoresistive (TMR) Sensorvorrichtung umfassen. Die Motoreinheit 10, d. h. der Magnet 16, der sich zusammen mit der Welle 15 dreht, dient als ein Erfassungsziel.

[0122] Der erste und zweite Sensoren 61 und 62, d. h. die Chips 641 und 642, sind symmetrisch bezüglich des Punkts angeordnet, wo die Drehungsmittellinie Ac und die erste Schaltungsplatine 21 einander schneiden. Nachfolgend ist die Beschreibung, dass A und B symmetrisch bezüglich des Punkts angeordnet sind, wo die Drehungsmittellinie Ac und die erste Schaltungsplatine 21 einander schneiden, einfach als „A und B sind symmetrisch bezüglich der Drehungsmittellinie Ac angeordnet“ beschrieben. Die Anordnung des ersten und des zweiten Sensors 61 und 62 symmetrisch bezüglich der Drehungsmittellinie Ac ermöglicht eine Verringerung von Messfehlern zwischen dem ersten und dem zweiten Sensoren 61 und 62.

[0123] Wie es in **Fig. 9** gezeigt ist, umfasst das Schaltungsmodul 610 Analog-Digital (A/D) - Wandler 613 und 614, einen Drehwinkelrechner 615, einen Drehzahlrechner 616 und einen Kommunikator 617. Das Schaltungsmodul 620 umfasst ferner A/D-Wandler 623 und 624, einen Drehwinkelrechner 625, einen Drehzahlrechner 626 und einen Kommunikator 627.

[0124] Im Folgenden ist im Wesentlichen das Schaltungsmodul 610 beschrieben, da die Strukturen und Funktionen der Komponenten 623, 624, 625 und 627 des Schaltungsmoduls 620 im Wesentlichen identisch mit den Strukturen und Funktionen der jeweiligen Komponenten 613, 614, 615 und 617 des Schaltungsmoduls 610 sind.

[0125] Der A/D-Wandler 613 wandelt einen Messwert des Sensorelements 601, d. h. Messinformationen, die magnetische Änderung des Magneten 16 angeben, in einen digitalen Messwert um und gibt ihn an den Drehwinkelrechner 615 aus. Der A/D-Wandler 614 wandelt den Messwert des Sensorelements 601, d. h. Messinformationen, die magnetische Änderung des Magneten 16 angeben, in einen digitalen Messwert um und gibt ihn an den Drehzahlrechner 615 aus. Nachfolgend ist ein digitaler Messwert nach der A/D-Umwandlung einfach als ein Messwert eines Sensorelements bezeichnet. Es ist zu beachten, dass die A/D-Wandler 613 und 614 gegebenenfalls weggelassen werden können.

[0126] Der Drehwinkelrechner 615 berechnet einen Drehwinkel θ_m auf der Grundlage des Messwerts des Sensorelements 601. Ein durch den Drehwinkelrechner 615 berechneter Wert ist nicht auf den Drehwinkel θ_m selbst begrenzt, sondern Informationen,

die in Beziehung mit dem Drehwinkel θ_m stehen, können als der Drehwinkel θ_m berechnet werden; diese Informationen ermöglicht eine Berechnung des Drehwinkels θ_m durch den ersten Mikrocomputer 51 auf der Grundlage der Informationen. Zur Berechnung des Drehwinkels θ_m können die obigen Berechnungen modifiziert sein. Es ist zu beachten, dass ein mechanischer Winkel ist als der Drehwinkel θ_m verwendet wird, aber auch ein elektrischer Drehwinkel verwendet werden kann.

[0127] Der Drehzahlrechner 616 berechnet eine Drehzahl TC auf der Grundlage des Messwerts des Sensorelements 601. Ein durch die Drehzahlrechner 616 berechneter Wert ist nicht auf die Drehzahl TC selbst begrenzt, sondern Informationen, die in Beziehung stehen mit der Drehzahl TC können auch als die Drehzahl TC berechnet werden; diese Informationen ermöglichen eine Berechnung der Drehzahl TC durch den ersten Mikrocomputer 51 auf der Grundlage der Informationen. Eine Berechnung der Drehzahl TC kann eine Modifikation der obigen Berechnungen umfassen.

[0128] Zum Beispiel ist die erste Ausführungsform ausgelegt, um eine Drehung, d. h. ein 360-Grad-Drehwinkel, der Motoreinheit 10 in drei Teildrehungen, d. h. drei 120-Grad-Drehwinkelbereiche zu unterteilen und eine vorbestimmte erste Drehrichtung als eine Aufwärtzählrichtung und eine vorbestimmte zweite Drehrichtung, die der ersten Drehrichtung entgegengesetzt ist, als eine Abwärtzählrichtung zu bestimmen.

[0129] Der Drehzahlrechner 616 umfasst zum Beispiel einen Hardwarezähler oder einen Softwarezähler. Das heißt, der Drehzahlrechner 616 ist ausgelegt zum

(1) Inkrementieren des momentanen Zählwerts des Zählers immer dann, wenn sich der Drehwinkel θ_m der Motoreinheit 10 von einem momentanen Drehwinkelbereich auf einen in Aufwärtzählrichtung benachbarten Drehwinkelbereich ändert

(2) Dekrementieren des momentanen Zählwerts des Zählers immer dann, wenn sich der Drehwinkel θ_m der Motoreinheit 10 von einem momentanen Drehwinkelbereich auf einen in der Abwärtzählrichtung benachbarten Drehwinkelbereich ändert.

(3) Berechnen der Drehzahl TC der Motoreinheit 10 auf der Grundlage des momentanen Zählwerts des Zählers.

[0130] Der Zählwert des Zählers selbst ist in dem Konzept der Drehzahl TC enthalten.

[0131] Eine Unterteilung der Drehung der Motoreinheit 10 in drei oder mehrere Teildrehungen ermög-

licht eine Identifizierung der Drehrichtung der Motoreinheit 10. Eine Unterteilung der Drehung der Motoreinheit 10 in fünf Teildrehungen ermöglicht eine Identifizierung der Drehrichtung der Motoreinheit 10 selbst dann, wenn eine Änderung des Drehwinkels θ_m der Motoreinheit 10 von einem momentanen Drehwinkelbereich zu einem benachbarten Drehwinkelbereich übersprungen wird. Der Drehzahlrechner 616 kann ausgelegt sein, um die Drehzahl TC auf der Grundlage des Drehwinkels θ_m der Motoreinheit 10 zu berechnen.

[0132] Es ist zu beachten, dass die Anzahl von Drehungen der Motoreinheit 10 in der vorliegenden Beschreibung nicht die Drehzahl, d. h. die Umdrehungen pro min, der Motoreinheit 10 repräsentiert, sondern repräsentiert, wie oft sich die Motoreinheit 10 dreht. Die Anzahl der Umdrehungen der Motoreinheit 10, ausgedrückt zum Beispiel in U/min wird als eine Drehzahl repräsentiert.

[0133] Der Kommunikator 617 ist ausgelegt zum

(1) Erzeugen eines Ausgangssignals, das ein Drehwinkelsignal, das den Drehwinkel θ_m enthält, und ein Drehzahlsignal, das die Drehzahl TC enthält, umfasst

(2) Ausgeben, als ein Rahmen, des Ausgangssignals zu dem ersten Mikrocomputer 51 unter Verwendung einer vorbestimmten digitalen Kommunikationsschnittstelle wie etwa ein Serial Peripheral Interface (SPI).

[0134] Insbesondere sendet der erste Mikrocomputer 51 gemäß der ersten Ausführungsform über eine Kommunikationsleitung 691 und den Befehlsanschluss 671 eine Anweisung an den ersten Sensor 61. Der erste Sensor 61 gibt, als ein Rahmen, über den Ausgangsanschluss 672 und eine Kommunikationsleitung 692 das Ausgangssignal an den ersten Mikrocomputer 51 aus, wenn er die Anweisung von dem ersten Mikrocomputer 51 empfängt.

[0135] Jeder Rahmen des Ausgangssignals, der zu dem ersten Mikrocomputer 51 gesendet werden soll, umfasst, zusätzlich zu dem Drehwinkelsignal, das in Beziehung mit dem Drehwinkel θ_m steht, und dem Drehzahlsignal, das in Beziehung mit der Drehzahl TC steht, ein Laufzählersignal und einen Cyclic Redundancy Check (CRC) - Code, d. h. ein CRC-Signal, das als ein Fehlererfassungssignal. In **Fig. 10** ist das Laufzählersignal weggelassen. Ein weiteres Fehlererfassungssignal, wie etwa ein Prüfsummensignal, kann statt des CRC-Codes verwendet werden.

[0136] Der Kommunikator 617 des zweiten Sensors 62 ist ausgelegt zum

(1) Erzeugen eines Ausgangssignals, das ein Drehwinkelsignal, das den durch den Drehwin-

kelrechner 625 berechneten Drehwinkel θ_m enthält, und ein Drehzahlsignal, das die durch den Drehzahlrechner 626 berechnete Drehzahl TC enthält, umfasst

(2) Ausgeben des Ausgangssignals zu dem zweiten Mikrocomputer 52

[0137] Insbesondere sendet der zweite Mikrocomputer 52 gemäß der ersten Ausführungsform eine Anweisung über eine Kommunikationsleitung 693 und den Befehlsanschluss 673 an den zweiten Sensor 62. Der zweite Sensor 62 gibt über den Ausgangsanschluss 674 und eine Kommunikationsleitung 694 das Ausgangssignal an den zweiten Mikrocomputer 52 aus, wenn er die Anweisung empfängt.

[0138] Da der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 auf die zweite Schaltungsplatine 22 montiert sind, dienen Spuren eines zuvor ausgelegten Verdrahtungsmusters und der internen Signalanschlüsse 717 als die Kommunikationsleitungen 691 bis 694.

[0139] Es ist zu beachten, dass der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 jeweils einen Laufzähler umfasst, dessen Anfangszählwert null ist, und ausgelegt ist, um den Zählwert immer dann um 1 zu inkrementieren, wenn das Laufzählersignal von dem entsprechenden von dem ersten und dem zweiten Sensor 61 und 62 an ihn gesendet wird. Dadurch können der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 jeweils diagnostizieren, ob Kommunikationen von dem entsprechenden von dem ersten und dem zweiten Sensoren 61 und 62 zu dem entsprechenden Mikrocomputer normal ausgeführt wird.

[0140] Der erste Mikrocomputer 51 berechnet auf der Grundlage des Drehwinkelsignals, das in dem Ausgangssignal enthalten ist, das von dem ersten Sensor 61 erfasst wird, den Drehwinkel θ_m der Motoreinheit 10. Der erste Mikrocomputer 51 steuert, auf der Grundlage des Drehwinkels θ_m der Motoreinheit 10, Ein-/Aus-Schaltvorgänge der SW-Elemente 301 bis 306 des ersten Inverters 30 und der Relais 32 und 33, um zu steuern, wie die Motoreinheit 10 angetrieben wird.

[0141] Ferner berechnet der erste Mikrocomputer 51 auf der Grundlage des Drehwinkelsignals und des Drehzahlsignals, die in dem Ausgangssignal enthalten sind, einen Lenkwinkel θ_s der Lenkwelle 102. Da die Lenkwelle 102 über den Verzögerungsgetriebemechanismus 109 mit der Welle 15 der Motoreinheit 10 gekoppelt ist, berechnet der erste Mikrocomputer 51 den Lenkwinkel θ_s der Lenkwelle 102 als Funktion des Drehwinkels θ_m , der Drehzahl TC und des Übersetzungsverhältnisses des Verzögerungsgetriebemechanismus 109.

[0142] Der zweite Mikrocomputer 52 ist ausgelegt, um auf der Grundlage des Drehwinkelsignals, das in dem Ausgangssignal enthalten ist, das von dem zweiten Sensor 62 erfasst wird, die gleichen Berechnungen durch wie die obigen Berechnungen, die durch den ersten Mikrocomputer 51 durchgeführt werden.

[0143] Es ist zu beachten, dass die neutrale Position des Lenkrads 101 als die Position des Lenkrads 101 definiert ist, wenn das Fahrzeug V, in dem die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 eingebaut ist, geradeaus fährt.

[0144] Zum Beispiel sind der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 jeweils dazu in der Lage, die neutrale Position des Lenkrads 101 während einer Geradeausfahrt des Fahrzeugs V mit konstanter Geschwindigkeit während einer vorbestimmten Zeit zu lernen. Der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 speichern jeweils die neutrale Position des Lenkrads 101 darin. Das heißt, der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 berechnen jeweils den Lenkwinkel θ_s der Lenkwelle 102 relativ zu der neutralen Position des Lenkrads 101 als eine Funktion des Drehwinkels θ_m , der Drehzahl TC und des Übersetzungsverhältnisses des Verzögerungsgetriebemechanismus 109. Diese Konfiguration zum Berechnen des Lenkwinkel θ_s der Lenkwelle 102 ermöglicht den Verzicht auf Lenksensoren.

[0145] Nachfolgend ist beschrieben, wie der erste und der zweite Sensor 61 und 62 jeweils mit einem entsprechenden von dem ersten und dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52 mit Bezug auf die Bezugszeichen (A) bis (E) in **Fig. 10** kommunizieren. Nachfolgend ist das Bezugszeichen (Y) in **Fig. X** als **Fig. XY** bezeichnet.

[0146] **Fig. 10A** zeigt den Drehwinkel θ_m der Motoreinheit 10, der periodisch durch den ersten Sensor 61 erfasst wird, und **Fig. 10B** zeigt die Drehzahl TC der Motoreinheit 10, die periodisch durch den ersten Sensor 61 erfasst wird. **Fig. 10C** zeigt das Ausgangssignal, das periodisch von dem ersten Sensor 61 zu dem ersten Mikrocomputer 51 ausgegeben wird, und **Fig. 10D** zeigt das Befehlssignal, periodisch von dem ersten Mikrocomputer 51 zu dem ersten Sensor 61 übertragen wird. **Fig. 10E** zeigt, wie der erste Mikrocomputer 51 den Drehwinkel θ_m und den Lenkwinkel θ_s berechnet.

[0147] Im Folgenden ist mit Bezug auf die **Fig. 10A** bis **10E** nur beschrieben, wie der erste Sensor 61 mit dem ersten Mikrocomputer 51 kommuniziert, und nicht, wie der zweite Sensor 62 mit dem zweiten Mikrocomputer 52 kommuniziert, da die Kommunikation des zweiten Sensors 62 mit dem zweiten Mikrocomputer 52 im Wesentlichen so abläuft wie die Kommu-

nikation des ersten Sensors 61 mit dem ersten Mikrocomputer 51.

[0148] Wie es in **Fig. 10A** gezeigt ist, aktualisiert der erste Mikrocomputer 51 den Drehwinkel θ_m in einer vorbestimmten Aktualisierungszeitspanne DRT_{sa} . **Fig. 10A** zeigt Impulse in konstanten Intervallen, die jeweils der Aktualisierungszeitspanne DRT_{sa} entsprechen; die Breite jedes Impulses in **Fig. 10A** repräsentiert die Berechnungszeitspanne, die der Drehwinkelrechner 615 zur Durchführung einer Aktualisierung des Drehwinkels θ_m benötigt.

[0149] Insbesondere die Breite, d. h. die Zeitspanne, jedes Impulses in **Fig. 10A** umfasst eine erste Halbperiode $Px1$ und eine zweite Halbperiode $Px2$. Der A/D-Wandler 613 wandelt während der ersten Halbperiode einen durch das Sensorelement 601 gemessenen Wert in einen digitalen Messwert um, und der Drehwinkelrechner 615 berechnet einen Wert des Drehwinkels θ_m auf der Grundlage des digitalen Messwerts und aktualisiert somit während der zweiten Halbperiode $Px2$ die Messdaten für den Drehwinkel θ_m . **Fig. 10A** zeigt, dass die Messdaten für den Drehwinkel θ_m in der Reihenfolge der Werte 1A, 2A, ..., und 11A aktualisiert werden. Es ist zu beachten, dass **Fig. 10A** die erste und die zweite Halbperiode $Px1$ und $Px2$ als die Berechnungszeitspanne der Daten 1A zeigt, aber sie können auf jede der weiteren Daten 2A bis 11A angewendet werden.

[0150] Wie es in **Fig. 10B** gezeigt ist, aktualisiert der erste Mikrocomputer 51 die Drehzahl TC der Motoreinheit 10 in einer vorbestimmten Aktualisierungszeitspanne DRT_{sb} . Die Breite jedes in **Fig. 10B** gezeigten Pulses repräsentiert die Berechnungszeitspanne, die der Drehzahlrechner 616 zur Durchführung einer Aktualisierung der Drehzahl TC benötigt.

[0151] Insbesondere die Breite, d. h. die Zeitspanne, jedes Impulses **Fig. 10B** umfasst eine erste Halbperiode $Py1$ und eine zweite Halbperiode $Py2$. Der A/D-Wandler 614 wandelt während der ersten Halbperiode $Py1$ einen durch das Sensorelement 601 gemessenen Wert in einen digitalen Messwert um, und die Drehzahlrechner 616 berechnet einen Wert der Drehzahl TC auf der Grundlage des digitalen Messwerts und aktualisiert somit während der zweiten Halbperiode $Py2$ die Messdaten für die Drehzahl TC. **Fig. 10B** zeigt, dass die Messdaten für die Drehzahl TC in der Reihenfolge der Werte 1B, 2B, ..., und 11B aktualisiert werden. Es ist zu beachten, dass **Fig. 10B** die erste und die zweite Halbperiode $Py1$ und $Py2$ als die Berechnungszeitspanne der Daten 1B zeigt, aber sie können auf jede der weiteren Daten 2B bis 11B angewendet werden.

[0152] Das heißt, in jeder der **Fig. 10A, 11A, 15A** und 29A repräsentiert jeder Impuls nA (n ist eine beliebige natürliche Zahl) die entsprechenden Messdaten für den Drehwinkel θ_m und das entsprechende Drehwinkelsignal, und in jeder der **Fig. 10B, 11B, 15B** und 29B repräsentiert jeder Impuls nB (n ist eine beliebige natürliche Zahl) die entsprechenden Messdaten für die Drehzahl TC und das entsprechende Drehzahlsignal.

[0153] Die **Fig. 10A** und 10B zeigen, dass die Aktualisierungszeitspanne DRT_{sa} des Drehwinkels θ_m gleich der Aktualisierungszeitspanne DRT_{sb} der Drehzahl TC und kürzer als eine Berechnungszeitspanne DRT_m des ersten Mikrocomputers 51, die weiter unten beschrieben ist, ist.

[0154] Wie es in den **Fig. 10C** und 10D gezeigt ist, sendet der erste Mikrocomputer 51 zum Zeitpunkt $x11$ ein Befehlssignal $com1$ zu dem ersten Sensor 61. Das Befehlssignal $com1$ fordert eine Übertragung des Ausgangssignals zum nächsten Übertragungszeitpunkt des nächsten Befehlssignals an. Der Kommunikator 617 überträgt zum Zeitpunkt $x11$ das durch das direkt vorherige Befehlssignal $com0$ (nicht gezeigt) angeforderte Ausgangssignal $Sd10$ zu dem ersten Mikrocomputer 51; der Zeitpunkt $x11$ repräsentiert den Empfangszeitpunkt des Befehlssignals $com1$.

[0155] Das heißt, das Ausgangssignal $Sd10$ umfasst den Drehwinkel θ_m auf der Grundlage der neuesten Messdaten, die Drehzahl TC auf der Grundlage der neuesten Messdaten und das CRC-Signal.

[0156] Insbesondere umfasst das Ausgangssignal $Sd10$

- (1) Die neuesten Messdaten, d. h. das Drehwinkelsignal, 1A für den Drehwinkel θ_m , die eine vorbestimmte Anzahl von Bits umfassen
- (2) Die neuesten Messdaten, d. h. das Drehzahlsignal, 1B für die Drehzahl TC, die eine vorbestimmte Anzahl von Bits umfassen
- (3) Den CRC-Code, der eine vorbestimmte Anzahl von Bits umfasst, die auf der Grundlage des neuesten Drehwinkelsignals 1A des Drehwinkels θ_m und des neuesten Drehzahlsignals 1B der Drehzahl TC berechnet werden

[0157] Der erste Mikrocomputer 51 startet zum Zeitpunkt $x12$ eine Berechnung des Drehwinkels θ_m und des Lenkwinkels θ_s auf der Grundlage des Drehwinkelsignals und des Drehzahlsignals, die in dem Ausgangssignal $Sd10$ enthalten sind. In **Fig. 10E** bedeutet das Bezugszeichen [1A, 1B], dass die Messdaten 1A und die Messdaten 1B verwendet werden, um den Drehwinkel θ_m und den Lenkwinkel θ_s zu berechnen. Es ist zu beachten, dass keine Notwen-

digkeit dafür besteht, dass der erste Mikrocomputer 51 den Lenkwinkel θ_s jedes Mal berechnet, wenn das Ausgangssignal zu dem ersten Mikrocomputer 51 gesendet wird. Das heißt, der erste Mikrocomputer 51 berechnet den Lenkwinkel θ_s in einer vorbestimmten Berechnungszeitspanne DRT_m , die länger als die Aktualisierungszeitspannen DRT_{sa} und DRT_{sb} ist, den Lenkwinkel θ_s jedoch mit einer Rate von einer Berechnung pro vorbestimmter Anzahl der Berechnungszeitspannen DRT_m berechnen kann.

[0158] Wenn der erste Mikrocomputer 51 zum Zeitpunkt $x13$ ein Befehlssignal $com2$ zu dem ersten Sensor 61 sendet, sendet der erste Sensor 61 das Ausgangssignal $Sd11$, das das Drehwinkelsignal auf der Grundlage der Messdaten 4A enthält, die den Drehwinkel θ_m enthalten, das Drehzahlsignal auf der Grundlage der Messdaten 4B, die die Drehzahl TC enthalten, und das CRC-Signal zu dem ersten Mikrocomputer 51. Der erste Mikrocomputer 51 startet zu berechnen, zum Zeitpunkt $x14$, eine Berechnung des Drehwinkels θ_m und des Lenkwinkels θ_s auf der Grundlage des Drehwinkelsignals 4A und des Drehzahlsignals 4B, die in dem Ausgangssignal $Sd11$ enthalten sind.

[0159] Wenn der erste Mikrocomputer 51 zum Zeitpunkt $x15$ ein Befehlssignal $com3$ zu dem ersten Sensor 61 sendet, sendet der erste Sensor 61 das Ausgangssignal $Sd12$, das das Drehwinkelsignal auf der Grundlage der Messdaten 8A enthält, die den Drehwinkel θ_m enthalten, das Drehzahlsignal auf der Grundlage der Messdaten 8B, die die Drehzahl TC enthalten, und das CRC-Signal zu dem ersten Mikrocomputer 51.

[0160] Die **Fig. 11A bis 11E**, die den jeweiligen der **Fig. 10A bis 10E** entsprechen, zeigen, wie der erste und der zweite Sensor 61 und 62 mit dem ersten bzw. dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52 kommunizieren, wenn sich die Aktualisierungszeitspannen DRT_{sa} und DRT_{sb} verschieden eingestellt sind. Insbesondere kann die Aktualisierungszeitspanne DRT_{sb} der Drehzahl TC länger eingestellt werden als die Aktualisierungszeitspanne DRT_{sa} des Drehwinkels θ_m . Die Aktualisierungszeitspanne DRT_{sa} des Drehwinkels θ_m muss ausreichend kürzer als die Berechnungszeitspanne DRT_m des ersten Mikrocomputers 51 sein. Im Gegensatz dazu kann die Aktualisierungszeitspanne DRT_{sb} der Drehzahl TC in Abhängigkeit von der vorbestimmten Drehzahl der Motoreinheit 10 auf eine geeignete Zeitspanne eingestellt werden; die geeignete Zeitspanne ist dazu geeignet, ein Überspringen bzw. Aussetzen der Erfassung jedes der unterteilten drei Drehwinkelbereiche verhindern, da eine zuverlässige Erfassung von jeder der unterteilten drei Drehwinkelbereiche eine Erfassung der Drehzahl der Motoreinheit 10 ermöglicht, so dass eine fehlerhafte Erfassung der Drehzahl der Motoreinheit 10 verhindert wird. Es ist

zu beachten, dass die vorbestimmte Drehzahl der Motoreinheit 10 auf die maximale Drehzahl der Motoreinheit 10 oder auf einen vorbestimmten Wert, der erforderlich ist, um die Drehzahl TC zu zählen, eingestellt werden kann.

[0161] Wie es in **Fig. 11C und 11D** gezeigt ist, überträgt der erste Sensor 61 zum Zeitpunkt $x11$, wie die Operation des ersten Sensors 61, zum Zeitpunkt $x21$ das Ausgangssignal $Sd20$, das das Drehwinkelsignal auf der Grundlage der Messdaten 1A und das Drehzahlsignal auf der Grundlage der Messdaten 1B enthält, zu dem ersten Mikrocomputer 51. Entsprechend der Operation des ersten Mikrocomputers 51 zum Zeitpunkt $x12$ startet der erste Mikrocomputer 51 zum Zeitpunkt $x22$ eine Berechnung des Drehwinkels θ_m und des Lenkwinkels θ_s auf der Grundlage des Ausgangssignals $Sd20$.

[0162] Wenn der erste Mikrocomputer 51 zum Zeitpunkt $x23$ das Befehlssignal $com2$ zu dem ersten Sensor 61 sendet, überträgt der erste Sensor 61 zum Zeitpunkt $x23$ das Ausgangssignal $Sd21$, das das Drehwinkelsignal auf der Grundlage der Messdaten 4A und das Drehzahlsignal auf der Grundlage der Messdaten 4B enthält, zu dem ersten Mikrocomputer 51.

[0163] Entsprechend der Operation des ersten Mikrocomputers 51 zum Zeitpunkt $x14$ startet der erste Mikrocomputer 51 zum Zeitpunkt $x24$ eine Berechnung des Drehwinkels θ_m und des Lenkwinkels θ_s auf der Grundlage des Ausgangssignals $Sd22$.

[0164] Wenn der erste Mikrocomputer 51 zum Zeitpunkt $x25$ das Befehlssignal $com3$ zu dem ersten Sensor 61 sendet, überträgt der erste Sensor 61 zum Zeitpunkt $x25$ das Ausgangssignal $Sd22$, das das Drehwinkelsignal auf der Grundlage der Messdaten 8A und das Drehzahlsignal auf der Grundlage der Messdaten 4B für die Drehzahl TC enthält, zu dem ersten Mikrocomputer 51.

[0165] Im Gegensatz dazu zeigen die **Fig. 29A bis 29E**, die den jeweiligen der **Fig. 10A bis 10E** entsprechen, wie in einem Vergleichsbeispiel ein Drehwinkelsensor zum Erfassen des Drehwinkels eines Motors und ein Drehzahlsensor zum Erfassen der Drehzahl des Motors, die auf einem ersten bzw. einem von diesem separaten zweiten Chip angeordnet sind, mit einem Mikrocomputer kommunizieren. Das heißt, in diesem Vergleichsbeispiel geben der Drehwinkelsensor, d. h. der erste Chip, und der Drehzahlsensor, d. h. der zweite Chip, abwechselnd das Drehwinkelsignal und das Drehzahlsignal aus. Es ist zu beachten, dass die Aktualisierungszeitspanne DRT_{sa} und die Aktualisierungszeitspanne DRT_{sb} identisch mit den in **Fig. 11** gezeigten eingestellt sind.

[0166] Wie es in den **Fig.** 29C und 29D gezeigt ist, überträgt der Drehwinkelsensor zum Zeitpunkt x91 das Ausgangssignal Sd91, das das Drehwinkelsignal auf der Grundlage der Messdaten 1A, nicht jedoch das Drehzahlsignal enthält, in Antwort auf ein nicht gezeigtes Befehlssignal com0c unmittelbar vor dem von dem Mikrocomputer gesendeten Befehlssignal com1c.

[0167] Der Mikrocomputer berechnet zum Zeitpunkt x92 den Drehwinkel θ_m und den Lenkwinkel θ_s auf der Grundlage der Messdaten 1A, die in dem Ausgangssignal Sd91 enthalten sind, und der Messdaten 1B, die in dem unmittelbar vorherigen Ausgangssignal Sd90 (nicht gezeigt) enthalten sind, das zum Übertragungszeitpunkt des Befehlssignals com0c übertragen wird.

[0168] Wenn der Mikrocomputer zum Zeitpunkt x93 ein Befehlssignal com2c zu dem Drehzahlsensor sendet, überträgt der Drehzahlsensor das Ausgangssignal Sd92, das das Drehzahlsignal auf der Grundlage der Messdaten 3B enthält. Wenn der Mikrocomputer ferner zum Zeitpunkt x94 ein Befehlssignal com3c zu dem Drehwinkelsensor sendet, überträgt der Drehwinkelsensor das Ausgangssignal Sd93, das das Drehwinkelsignal auf der Grundlage der Messdaten 8A enthält.

[0169] Der Mikrocomputer berechnet zum Zeitpunkt x95 den Drehwinkel θ_m und den Lenkwinkel θ_s auf der Grundlage der Messdaten 8A, die in dem Ausgangssignal Sd93 enthalten sind, und der Messdaten 3B, die in dem Ausgangssignal Sd92 enthalten sind.

[0170] Wie es oben beschrieben ist, ist dieses Vergleichsbeispiel so ausgelegt, dass der Drehwinkelsensor, der zum Erfassen des Drehwinkels θ_m verwendet wird, und die Drehzahlsensor, der zum Erfassen der Drehzahl TC wird, separat voneinander angeordnet sind. Dies führt dazu, dass das Drehwinkelsignal und das Drehzahlsignal einzeln zu dem Mikrocomputer ausgegeben werden. Aus diesem Grund kann die Länge Tdc der Zeitspanne zwischen dem Erfassungszeitpunkt des Drehwinkelsignals und dem Erfassungszeitpunkt des Drehzahlsignals, die beispielsweise zur Berechnung zum Zeitpunkt x95 verwendet wird, länger als die Sendezeitspanne der Befehlssignale von dem Mikrocomputer werden.

[0171] Das heißt, dieses Vergleichsbeispiel mit der längeren Zeitspanne zwischen dem einzelnen Erfassungszeitpunkt des Drehwinkels θ_m und einem entsprechenden Erfassungszeitpunkt der Drehzahlsignal TC kann zu einem inkorrekt berechneten Lenkwinkel θ_s führen.

[0172] Im Gegensatz dazu ist die Drehungserfassungsvorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungs-

form so ausgelegt, dass der Drehwinkelrechner 614 und der Drehwinkelrechner 615 in dem einzigen Chip 641 integriert sind, und ist ausgelegt, um das Ausgangssignal, das eine Reihe des Drehwinkelsignals und des Drehzahlsignals von dem Kommunikator 617 enthält, zu dem ersten Mikrocomputer 51 zu übertragen.

[0173] Aus diesem Grund ist der erste Mikrocomputer 51, wie es in den **Fig.** 10A bis 10E gezeigt ist, wenn die Messdaten für den Drehwinkel θ_m und die Messdaten für die Drehzahl TC synchron zueinander periodisch erfasst werden, dazu geeignet, den die Drehwinkel θ_m , die Drehzahl TC und den Lenkwinkel θ_s auf der Grundlage der Messdaten für den Drehwinkel θ_m und der Messdaten für die Drehzahl TC in Übereinstimmung mit den gleichzeitig, d. h. synchron gemessenen Messwerten zu berechnen.

[0174] Ferner ist die Drehungserfassungsvorrichtung 1, wie es in den **Fig.** 11A bis 11E gezeigt ist, selbst wenn die Aktualisierungszeitspanne DRT_sa und die Aktualisierungszeitspanne DRT_sb voneinander verschieden sind, ausgelegt, um das eingestellte Ausgangssignal, das eine Folge der neuesten Messdaten und der neuesten Messdaten enthält, zu dem ersten Mikrocomputer 51 zu übertragen. Diese Konfiguration ermöglicht es, dass die Länge Td der Zeitspanne zwischen dem Erfassungszeitpunkt der Messdaten für den Drehwinkel θ_m und dem Erfassungszeitpunkt der Messdaten für die Drehzahl TC kürzer als die Befehlszeitspanne des ersten Mikrocomputers 51 ist. Diese Konfiguration reduziert daher die Zeitspanne zwischen dem Erfassungszeitpunkt der Messdaten für den Drehwinkel θ_m und dem Erfassungszeitpunkt der Messdaten für die Drehzahl TC im Vergleich zu dem Vergleichsbeispiel, das das Drehwinkelsignal auf der Grundlage des Drehwinkels θ_m und das Drehzahlsignal auf der Grundlage der Drehzahl TC einzeln ausgibt.

[0175] Die Drehungserfassungsvorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform ist ausgelegt, um das eingestellte Ausgangssignal, das eine Folge des Drehwinkelsignals und des Drehzahlsignals enthält, über die einzige Kommunikationsleitung 692 zu dem ersten Mikrocomputer 51 zu übertragen. Diese Konfiguration ermöglicht eine Reduzierung der Anzahl von Kommunikationsleitungen, die den ersten Mikrocomputer 51 mit der Drehungserfassungsvorrichtung 1 verbinden, im Vergleich mit einem Fall, in dem das Drehwinkelsignal und das Drehzahlsignal einzeln über separate Kommunikationsleitungen zu dem ersten Mikrocomputer 51 werden.

[0176] Wie es oben beschrieben ist, ist die Antriebsvorrichtung 8 gemäß der ersten Ausführungsform, die als ein dual-redundantes System ausgelegt ist, wie es oben beschrieben ist, in die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 eingebaut. Da die elekt-

ronische Servo-Lenkvorrichtung 108 die Lenkfunktion des Fahrzeugs V als eine der Basisfunktionen des Fahrzeugs V regelt, ermöglicht die dual-redundante Konfiguration der Antriebsvorrichtung 8 eine kontinuierliche Unterstützung der Betätigung des Lenkrads 101 durch den Fahrer, selbst wenn einer der dualredundanten Abschnitte der Antriebsvorrichtung 8 nicht ordnungsgemäß funktioniert.

[0177] Insbesondere umfasst die Drehungserfassungsvorrichtung 1 die duplizierten Schaltungsmodulen 610 und 620, die jeweils ausgelegt sind, um den Drehwinkel θ_m und die Drehzahl TC zu berechnen. Diese Konfiguration ermöglicht eine kontinuierliche Durchführung der Unterstützungsoperationen der elektronischen Servo-Lenkvorrichtung 108, selbst wenn eines der duplizierten Schaltungsmodule 610 und 620 nicht ordnungsgemäß funktioniert.

[0178] Ferner ist die Drehungserfassungsvorrichtung 1 so ausgelegt, dass die duplizierten Schaltungsmodulen 610 und 620 jeweils in einem entsprechenden der einzigen Chips 641 und 642 integriert sind, was zu einer Verkleinerung der Drehungserfassungsvorrichtung 1 führt. Dies trägt zur Verkleinerung der Antriebsvorrichtung 8 bei, was zu einer Vergrößerung des Fahrgastraums in der Fahrgastzelle des Fahrzeugs V und einer Verbesserung der Kraftstoffökonomie des Fahrzeugs V führt.

[0179] Wie es oben ausführlich beschrieben ist, umfasst die Drehungserfassungsvorrichtung 1 der ersten Ausführungsform den ersten Sensor 61, den zweiten Sensor 62, den ersten Mikrocomputer 51 und den zweiten Mikrocomputer 52.

[0180] Der erste Sensor 61 umfasst das Sensorelement 601 und das Schaltungsmodul 610, und der zweite Sensor 62 umfasst das Sensorelement 602 und das Schaltungsmodul 620.

[0181] Jedes der Sensorelemente 601 und 602 ist ausgelegt, um eine Drehung der Motoreinheit 10 zu erfassen.

[0182] Das Schaltungsmodul 610 umfasst den Drehwinkelrechner 615, den Drehzahlrechner 616 und den Kommunikator 617. Der Drehwinkelrechner 615 berechnet den Drehwinkel θ_m der Motoreinheit 10 auf der Grundlage des Messwerts des Sensorelements 601. Der Drehzahlrechner 615 berechnet die Drehzahl TC des Motors auf der Grundlage des Messwerts des Sensorelements 601. Der Kommunikator 617 erzeugt ein Ausgangssignal, das eine Folge des Drehwinkelsignals, das ein Signal ist, das in Beziehung mit dem Drehwinkel θ_m steht, und des Drehzahlsignals, das ein Signal ist, das in Beziehung mit der Drehzahl TC steht, enthält. Anschließend überträgt der Kommunikator 617 das eingestellte

Ausgangssignal zu dem ersten Mikrocomputer 51 überträgt.

[0183] Der Schaltungsmodul 620 umfasst den Drehwinkelrechner 625, den Drehzahlrechner 626 und den Kommunikator 627. Der Drehwinkelrechner 625 berechnet die Drehwinkel θ_m der Motoreinheit 10 auf der Grundlage des Messwerts des Sensorelements 602. Der Drehzahlrechner 625 berechnet die Drehzahl TC des Motors auf der Grundlage des Messwerts des Sensorelements 602. Der Kommunikator 627 erzeugt ein Ausgangssignal, das eine Folge des Drehwinkelsignals, das ein Signal ist, das in Beziehung mit dem Drehwinkel θ_m steht, und des Drehzahlsignals, das ein Signal ist, das in Beziehung mit der Drehzahl TC steht, enthält. Anschließend überträgt der Kommunikator 627 das eingestellte Ausgangssignal zu dem zweiten Mikrocomputer 52.

[0184] Das Sensor-Paket 65 ist so ausgelegt, dass die Sensorelemente 601 und 602 und die Schaltungsmodule 610 und 620 darin versiegelt, d. h. darin untergebracht sind. Das Sensor-Paket 65 ist separat von dem ersten und dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52 auf der ersten Schaltungsplatine 21 befestigt.

[0185] Insbesondere stellt die erste Ausführungsform die Schaltungsmodule 610 und 620 bereit, die jeweils die Funktion zum Berechnen des Drehwinkels θ_m und die Funktion zum Berechnen der Drehzahl TC enthalten. Dies ermöglicht es, dass selbst dann, wenn eines der Schaltungsmodule 610 und 620 nicht ordnungsgemäß funktioniert, das weitere der Schaltungsmodule 610 und 620 kontinuierlich die Drehwinkel θ_m und die Drehzahl TC berechnet. Das Sensor-Paket 65 ist so ausgelegt, dass die Sensorelemente 601 und 602 und die Schaltungsmodule 610 und 620 darin separat von dem Paket des ersten und des zweiten Mikrocomputers 51 und 52 untergebracht sind. Dies ermöglicht es zum Beispiel, den ersten und den zweiten Mikrocomputer 51 und 52 auf der zweiten Schaltungsplatine 22 zu montieren, die von der ersten Schaltungsplatine 21 getrennt ist, auf der die Drehungserfassungsvorrichtung 1 montiert ist, was in einer größeren Flexibilität der Anordnung der Elemente auf der ersten und der zweiten Schaltungsplatine 21 und 22 resultiert.

[0186] Fig. 30 zeigt schematisch eine Drehungserfassungsvorrichtung 655 als ein Referenzbeispiel. Die Drehungserfassungsvorrichtung 655 umfasst Pakete 656 und 657, die den Drehwinkel θ_m berechnen, und Pakete 658 und 659, die den Drehzahl TC berechnen; die Pakete 656 bis 659 sind auf der ersten Schaltungsplatine 21 montiert, wobei die Pakete 656 und 657 von den Paketen 658 und 659 getrennt sind.

[0187] Im Vergleich mit der Struktur der Drehungserfassungsvorrichtung 655, ist die Drehungserfassungsvorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform ausgelegt, um die Grundfläche des Sensor-Pakets 65 auf dem ersten Substrat 21 zu verringern. Diese Konfiguration gewährleistet eine Montagefläche zum Beispiel der ersten Hauptoberflächen 211 der ersten Schaltungsplatine 21, auf der Komponenten montiert werden sollen; von diesen Komponenten, wie etwa den SW-Elementen 301 bis 306 und 401 bis 406, muss Wärme abgeführt werden. Ferner ermöglicht diese Konfiguration auch eine Anordnung des ersten und zweiten Sensorelements 601 und 602 nahe bei der Drehungsmittellinie Ac. Diese Anordnung führt zu einer Verkleinerung des Magneten 16 und verhindert eine Verschlechterung der Erfassungsgenauigkeit der Drehungserfassungsvorrichtung 1.

[0188] Die Sensorelemente 601 und 602 und die Schaltungsmodule 610 und 620 sind alle in dem einzigen Paket 65 eingebaut, was zu einer Verkleinerung der Drehungserfassungsvorrichtung 1 führt

[0189] Das erste und das zweite Sensorelement 601 und 602 sind symmetrisch bezüglich der Drehungsmittellinie Ac angeordnet. Diese Anordnung ermöglicht eine Verringerung von Messfehlern zwischen dem ersten und dem zweiten Sensorelement 601 und 602.

[0190] Das Sensorelement 601 und das Schaltungsmodul 610 sind in demselben Chip 641 untergebracht. Das Unterbringen des Sensorelements 601 und des Schaltungsmoduls 610 in demselben einzelnen Chip ermöglicht eine weitere Verkleinerung der Drehungserfassungsvorrichtung 1. Dies kann auch für das Paket des Sensorelements 602 und des Schaltungsmoduls 620 realisiert werden.

[0191] Die erste Schaltungsplatine 21, auf der das Sensor-Paket 65 montiert ist, und die zweite Schaltungsplatine 22, die über der ersten Schaltungsplatine 21 von der Motoreinheit 10 angeordnet ist, sind durch die inneren Verbindungsanschlüsse 717 der Verbindereinheit 70 miteinander verbunden. Der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 sind auf der zweiten Schaltungsplatine 22 montiert. Das Drehwinkelsignal und das Drehzahlsignal, die durch den ersten bzw. den zweiten Sensoren 61 und 62 gemessen werden, werden über die entsprechenden inneren Verbindungsanschlüsse 717 zu dem entsprechenden von dem ersten und dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52 übertragen. Dies ermöglicht eine geeignete Übertragung des Drehwinkelsignals und des Drehzahlsignals, die durch den ersten bzw. den zweiten Sensoren 61 und 62 zu dem entsprechenden von dem ersten und dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52.

[0192] Der Kommunikator 617 überträgt ein Ausgangssignal eine Folge des entsprechenden Drehwinkelsignals und des entsprechenden Drehzahlsignals unter Verwendung der einzigen Kommunikationsleitung 692 zu dem ersten Mikrocomputer 51. Ebenso überträgt der Kommunikator 617, zu dem ersten Mikrocomputer 51, ein Ausgangssignal, das die Folge des entsprechenden Drehwinkelsignals und des entsprechenden Drehzahlsignals enthält, unter Verwendung die einzige Kommunikationsleitung 693 zu dem ersten Mikrocomputer 51.

[0193] Da das Drehwinkelsignal und das Drehzahlsignal in dem Ausgangssignal enthalten sind, ist es möglich, das durch den ersten und den zweiten Sensor 61 und 62 berechnet Drehwinkelsignal und Drehzahlsignal durch eine Kommunikation zu dem entsprechenden von dem ersten und dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52 auszugeben. Dies führt zu einer Verringerung der Abweichung zwischen dem Messwert des Drehwinkels θ_m und dem Messwert der Drehzahl TC. Die einzige Kommunikationsleitung 692 ermöglicht eine Übertragung des Drehwinkelsignals und des Drehzahlsignals von dem Kommunikator 617 zu dem ersten Mikrocomputer 51. Ebenso ermöglicht die einzige Kommunikationsleitung 694 eine Übertragung des Drehwinkelsignals und des Drehzahlsignals von dem Kommunikator 627 zu dem zweiten Mikrocomputer 52.

[0194] Diese Konfigurationen führen zu einer geringeren Anzahl von Kommunikationsleitungen im Vergleich zu einem Fall, in dem Kommunikationsleitungen für das jeweilige Drehwinkelsignal und Drehzahlsignal vorgesehen sind.

[0195] Die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 umfasst die Motoreinheit 10, die Drehungserfassungsvorrichtung 1 und den ersten und den zweiten Mikrocomputer 51 und 52. Die Motoreinheit 10 ist ausgelegt, um ein Unterstützungsmoment zur Unterstützung der Betätigung des Lenkrads 101 durch den Fahrer zu erzeugen. Der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 sind jeweils ausgelegt, um die Motoreinheit 10 auf der Grundlage der einzelnen übertragenen Sätze des Drehwinkelsignals und des Drehzahlsignals zu steuern. Die Sensorelemente 601 und 602 erfassen jeweils eine Drehung der Motoreinheit 10 als ein Erfassungsziel.

[0196] Die erste Ausführungsform stellt einen einzelnen Chip bereit, indem die Berechnungsfunktion des Drehwinkels θ_m und die Berechnungsfunktion der Drehzahl TC integriert sind, wodurch die Drehungserfassungsvorrichtung 1 verkleinert wird. Dies trägt zur Verkleinerung der elektronischen Servo-Lenkvorrichtung 108 bei.

[0197] Der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 sind jeweils ausgelegt, um den Lenkwinkel θ_s der Lenkwelle 102 auf der Grundlage des Drehwinkels θ_m und der Drehzahl TC, die in dem entsprechenden Ausgangssignal enthalten sind, zu berechnen. Diese Konfiguration ermöglicht die Beseitigung eines Lenksensors zum Messen des Lenkwinkels θ_s unter Verwendung zum Beispiel eines auf der Lenkwelle 102 befestigten Zahnrads.

Zweite Ausführungsform

[0198] Nachfolgend ist die zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die **Fig. 12** und **13** beschrieben. Die zweite Ausführungsform umfasst eine Drehungserfassungsvorrichtung 2, die sich von der Drehungserfassungsvorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform in den folgenden Punkten unterscheidet. Nachfolgend sind im Wesentlichen die unterschiedlichen Punkte beschrieben und die Teile, die in der ersten und der zweiten Ausführungsform gleich sind, weggelassen oder vereinfacht beschrieben.

[0199] Wie es in **Fig. 12** gezeigt ist, umfasst die Drehungserfassungsvorrichtung 2 einen ersten Sensor 261 und einen zweiten Sensor 262.

[0200] Der erste Sensor 261 umfasst ein Sensorelement 603 zum Messen des Drehwinkels der Motoreinheit 10, ein Sensorelement 604 zum Messen der Drehzahl der Motoreinheit 10 und das Schaltungsmodul 610. Die Sensorelemente 603 und 604 und das Schaltungsmodul 610 sind in dem einzigen Chip 641 integriert.

[0201] Der zweite Sensor 262 umfasst ein Sensorelement 605 zum Messen des Drehwinkels der Motoreinheit 10, ein Sensorelement 606 zum Messen der Drehzahl der Motoreinheit 10 und das Schaltungsmodul 620. Die Sensorelemente 605 und 606 und das Schaltungsmodul 620 sind in dem einzigen Chip 642 integriert. Ebenso wie in der dritten bis sechsten Ausführungsformen, die weiter unten beschrieben sind, sind der erste und der zweite Chip 641 und 642 in dem Einzelsensor-Paket 65 eingebaut.

[0202] Die Sensorelemente 603 bis 606 sind jeweils eine magnetische Messvorrichtung wie etwa eine Hall-Vorrichtung zum Messen einer magnetischen Änderung, d. h. einer Änderung des magnetischen Flusses, bewirkt durch Drehung des Magneten 16.

[0203] Der A/D-Wandler 613 wandelt einen Messwert des Sensorelements 603 in einen digitalen Messwert um und gibt ihn an den Drehwinkelrechner 615 aus. Der A/D-Wandler 614 wandelt den Messwert des Sensorelements 604 in einen digitalen

Messwert um und gibt ihn an den Drehzahlrechner 616 aus.

[0204] Entsprechend wandelt der A/D-Wandler 623 des zweiten Sensors 262 einen Messwert des Sensorelements 605 in einen digitalen Messwert um und gibt diesen somit zu dem Drehwinkelrechner 625 aus. Der A/D-Wandler 624 wandelt den Messwert des Sensorelements 606 in einen digitalen Messwert um und gibt diesen somit zu dem Drehzahlrechner 616 aus.

[0205] Kommunikationen zwischen dem ersten Sensor 261 und dem ersten Mikrocomputer 51 werden in gleicher Weise wie die Kommunikationen zwischen dem ersten Sensor 61 und dem ersten Mikrocomputer 51 gemäß der ersten Ausführungsform durchgeführt. Kommunikationen zwischen dem zweiten Sensor 262 und dem zweiten Mikrocomputer 52 werden in gleicher Weise wie die Kommunikationen zwischen dem zweiten Sensor 62 und dem zweiten Mikrocomputer 52 gemäß der ersten Ausführungsform durchgeführt.

[0206] Das heißt, die Sensorelemente 603 und 605 zum Erfassen des Drehwinkels θ_m und die Sensorelemente 604 und 606 zum Erfassen der Drehzahl TC sind separat angeordnet. Dies ermöglicht eine Auswahl eines Sensorelements, das zum Messen des Drehwinkels θ_m geeignet ist, und eines Sensorelements, das zum Messen der Drehzahl TC geeignet ist. Zum Beispiel kann ein Sensorelement, das eine höhere Messgenauigkeit besitzt, für jeden der Sensorelemente 603 und 605 zum Messen des Drehwinkels θ_m verwendet werden. Im Gegensatz dazu kann ein Sensorelement, das eine geringere elektrische Leistung benötigt, für jedes der Sensorelemente 604 und 606 zum Messen der Drehzahl TC verwendet werden.

[0207] Die **Fig. 13A** und **13B** zeigen jeweils ein Beispiel davon, wie die Sensorelemente 603 bis 606 in dem Paket 65 angeordnet sind.

[0208] Wie es in **Fig. 13A** und **13B** gezeigt ist, sind die Sensorelemente 603 und 605 symmetrisch bezüglich der Drehungsmittellinie A_c angeordnet. Ebenso sind die Sensorelemente 604 und 606 symmetrisch bezüglich der Drehungsmittellinie A_c angeordnet.

[0209] Insbesondere ist das Sensorelement 603, wie es in **Fig. 13A** gezeigt ist, näher bei der Drehungsmittellinie A_c angeordnet als das Sensorelement 604. Das heißt, bezüglich der Drehungsmittellinie A_c , ist das Sensorelement 603 auf der Innenseite des Chips 641 und das Sensorelement 604 auf der Außenseite des Chips 641 angeordnet. Ebenso, wie es in **Fig. 13A** gezeigt ist, ist das Sensorelement 605 näher bei der Drehungsmittellinie A_c

als das Sensorelement 606 angeordnet. Das heißt, bezüglich der Drehungsmittellinie Ac ist das Sensorelement 605 auf der Innenseite des Chips 642 und das Sensorelement 606 ist auf der Außenseite des Chips 642 angeordnet.

[0210] Das heißt, die Sensorelemente 603 und 605 zum Messen des Drehwinkels θ_m , die eine höhere Messgenauigkeit erfordern, sind angeordnet näher bei der Drehungsmittellinie Ac angeordnet, was zu einer Verringerung von Messfehlern führt. Im Gegensatz dazu sind die Sensorelemente 604 und 606 zum Messen der Drehzahl TC, deren Messgenauigkeit nicht so hoch wie die der Sensorelemente 603 und 605 ist, näher bei der Drehungsmittellinie Ac angeordnet.

[0211] Ferner können die Sensorelemente 603 und 604, wie es in **Fig. 13B** gezeigt ist, parallel zu der Querrichtung des Zuleitungsrahmens 66 angeordnet sein, so dass sie zur Drehungsmittellinie Ac in dem Chip 641 weisen. Ebenso das Sensorelemente 605 und 606 parallel zu der Querrichtung des Zuleitungsrahmens 66 angeordnet sein, so dass sie zur Drehungsmittellinie Ac in dem Chip 642 weisen. Dies führt dazu, dass die Sensorelemente 603 und 605 zum Messen des Drehwinkels θ_m bis symmetrisch bezüglich der Drehungsmittellinie Ac angeordnet sind und die Sensorelemente 604 und 604 zum Messen der Drehzahl TC symmetrisch bezüglich der Drehungsmittellinie Ac angeordnet sind.

[0212] Ähnlich wie die erste Ausführungsform berechnet der Drehwinkelrechner 615 den Drehwinkel θ_m auf der Grundlage eines Messwerts gemessenen durch das Sensorelement 603. Der Drehzahlrechner 616 berechnet die Drehzahl TC auf der Grundlage eines durch das Sensorelement 606. Gemessenen Messwerts. Mit anderen Worten, der Drehwinkel θ_m und die Drehzahl TC werden auf der Grundlage der Messwerte berechnet, die durch die unterschiedlichen Sensorelemente gemessenen werden. Dadurch lassen sich durch die zweite Ausführungsform die gleichen vorteilhaften Effekte erzielen wie durch die erste Ausführungsform.

Dritte Ausführungsform

[0213] Nachfolgend ist die dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die **Fig. 14** und **15** beschrieben.

[0214] Wie es in **Fig. 14** gezeigt ist, umfasst eine Drehungserfassungsvorrichtung 3 einen ersten Sensor 361 und einen zweiten Sensor 362.

[0215] Der erste Sensor 361 umfasst ein Schaltungsmodul 611. Das Schaltungsmodul 611 umfasst zusätzlich zu den Komponenten des Schaltungsmoduls 610 der ersten Ausführungsform eine Selbst-

diagnoseeinheit 618. Der zweite Sensor 362 umfasst ein Schaltungsmodul 621. Das Schaltungsmodul 621 umfasst zusätzlich zu den Komponenten des Schaltungsmoduls 620 der ersten Ausführungsform eine Selbstdiagnoseeinheit 628. Das Sensorelement 601 und das Schaltungsmodul 611 sind in dem einzigen Chip 641 integriert, und das Sensorelement 602 und das Schaltungsmodul 621 sind in dem einzigen Chip 642 integriert. Ähnlich wie in der zweiten Ausführungsform können unterschiedliche Sensorelemente zur Messung des Drehwinkels θ_m bzw. der Drehzahl TC verwendet werden.

[0216] Die Selbstdiagnoseeinheit 618 ist ausgelegt, um zu diagnostizieren, ob eine Fehlfunktion in dem ersten Sensor 361 vorliegt. Insbesondere ist die Selbstdiagnoseeinheit 618 ausgelegt, um zu überwachen, ob ein Leistungsversorgungsfehler, der einen Stromausfall und einen Erdungsfehler umfasst, in einem der Sensorelemente 601, der A/D-Wandler 613 und 614, des Drehwinkelrechners 615 und des Drehzahlrechners 616 vorliegt. Entsprechend ist die Selbstdiagnoseeinheit 628 ausgelegt, um zu diagnostizieren, ob eine Fehlfunktion in dem zweiten Sensor 362 vorliegt. Insbesondere ist die Selbstdiagnoseeinheit 628 ausgelegt, um zu überwachen, ob ein Leistungsversorgungsfehler, der einen Stromausfall und einen Erdungsfehler umfasst, in einem der Sensorelemente 602, der A/D-Wandler 623 und 624, des Drehwinkelrechner 625 und des Drehzahlrechner 626 vorliegt.

[0217] Die Selbstdiagnoseeinheiten 618 und 628 sind jeweils so ausgelegt, dass sie, als ein Statussignal, das Selbstdiagnoseergebnis in dem entsprechenden Ausgangssignal enthalten und das Ausgangssignal zu dem entsprechenden von dem ersten und dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52 ausgeben. Das Statussignal gemäß der ersten Ausführungsform entspricht einem Fehlfunktionssignal.

[0218] Die **Fig. 15A** bis **15E**, die den jeweiligen **Fig. 11A** bis **11E** entsprechen, zeigen, wie der erste Sensor 361 mit dem ersten Mikrocomputer 51 kommuniziert. Da in den **Fig. 15A** bis **15E** gezeigte Kommunikationszeitpunkte im Wesentlichen identisch mit den in den **Fig. 11A** bis **11E** gezeigten Kommunikationszeitpunkten sind, ist nachfolgend beschrieben, wie der erste Sensor 361 das Ausgangssignal ändert, das von dort in Antwort auf ein von dem ersten Mikrocomputer 51 gesendetes Befehlssignal übertragen werden sollte.

[0219] Ähnlich wie in der ersten Ausführungsform, ist im Folgenden nur beschrieben, wie der erste Sensor 361 mit dem ersten Mikrocomputer 51 kommuniziert, nicht jedoch, wie der zweite Sensor 362 mit dem zweiten Mikrocomputer 52 kommuniziert, da die Art und Weise der Kommunikation des zweiten Sensors 362 mit dem zweiten Mikrocomputer 52 im

Wesentlichen identisch ist mit der des ersten Sensors 361 mit dem ersten Mikrocomputer 51.

[0220] Der erste Sensor 361 gemäß der ersten Ausführungsform ist ausgelegt, um die Arten von Informationen, die in dem Ausgangssignal enthalten sind, in Abhängigkeit von der Art des von dem ersten Mikrocomputer 51 gesendeten Befehlssignals zu ändern.

[0221] Wenn der erste Mikrocomputer 51 zum Zeitpunkt x31 ein Befehlssignal com_a sendet, überträgt der Kommunikator 617 zum Zeitpunkt x32 ein Ausgangssignal Sd_a, das der Empfangszeitpunkt eines nächsten Befehlssignals S_b ist, zu dem ersten Mikrocomputer 51; das Ausgangssignal Sd_a umfasst Informationen, die dem Befehlssignal com_a entsprechen, d. h. das Drehwinkelsignal, das Drehzahlsignal, das Statussignal und das CRC-Signal. Es ist zu beachten, dass das zum Ausgangszeitpunkt des Ausgangssignals Sd_a gesendete Befehlssignal einen Ausgang von jeder Art von Signal ausgeben kann.

[0222] Wenn der erste Mikrocomputer 51 zum Zeitpunkt x32 ein Befehlssignal com_b sendet, überträgt der Kommunikator 617 zum Zeitpunkt x33, das der Empfangszeitpunkt eines nächsten Befehlssignals ist, das Ausgangssignal Sd_b, das dem Befehlssignal com_b entspricht, zu dem ersten Mikrocomputer 51; das Ausgangssignal Sd_b umfasst das Drehwinkelsignal, das Drehzahlsignal und das CRC-Signal ohne das Statussignal.

[0223] Wenn der erste Mikrocomputer 51 zum Zeitpunkt x33 ein Befehlssignal com_c sendet, überträgt der Kommunikator 617 zum Zeitpunkt x34, das der Empfangszeitpunkt eines nächsten Befehlssignals ist, das Ausgangssignal Sd_c, das dem Befehlssignal com_c entspricht, zu dem ersten Mikrocomputer 51; das Ausgangssignal Sd_c umfasst das Drehwinkelsignal, das Statussignal und das CRC-Signal ohne das Drehzahlsignal und das Statussignal.

[0224] Wenn der erste Mikrocomputer 51 zum Zeitpunkt x34 ein Befehlssignal com_d sendet, überträgt der Kommunikator 617 zum Zeitpunkt x35, der der Empfangszeitpunkt eines nächsten Befehlssignals ist, das Ausgangssignal Sd_d, das dem Befehlssignal com_d entspricht, zu dem ersten Mikrocomputer 51; das Ausgangssignal Sd_d umfasst das Drehwinkelsignal und das CRC-Signal ohne das Drehzahlsignal und das Statussignal.

[0225] Die Fig. 15A bis 15E zeigen ein Beispiel dafür, dass die Befehlssignale com_a, com_b, com_c und com_d von dem ersten Mikrocomputer 51 in dieser Reihenfolge gesendet werden und die Ausgangssignale Sd_a, Sd_b, Sd_c und Sd_d von dem ersten Sensor 361 in dieser Reihenfolge gesendet

werden. Die Reihenfolge der Übertragung der Befehlssignale com_a, com_b, com_c und com_d können geändert werden, so dass die entsprechende Reihenfolge der Ausgangssignale Sd_a, Sd_b, Sd_c und Sd_d ebenfalls geändert werden kann. Der erste Mikrocomputer 51 kann ausgelegt ist zum

(1) Senden der Befehlssignale com_a, com_b und com_c in jeder der Drehzahlübertragungszeitspannen und in jeder der Statussignal-Übertragungszeitspannen, um dadurch das Drehzahlsignal für jede der Drehzahlübertragungszeitspannen und das Statussignal für jede der Statussignal-Übertragungszeitspannen zu gewinnen

(2) Jeweiligen Senden der Befehlssignale com_d zu anderen Zeitpunkten Die Drehzahlübertragungszeitspanne und die Statussignal-Übertragungszeitspanne können identisch oder voneinander verschieden sein. Der erste Mikrocomputer 51 kann die Befehlssignale com_b und com_c, nicht verwenden, wenn die Drehzahlübertragungszeitspanne und die Statussignal-Übertragungszeitspanne identisch sind.

[0226] Der erste Mikrocomputer 51 kann ausgelegt ist, um statt des Befehlssignals com_d jedes beliebige der Befehlssignale com_a, com_b und com_c immer dann nicht periodisch zu senden, wenn der erste Mikrocomputer 51 die Gewinnung der Drehzahl TC oder des Selbstdiagnoseergebnisses in dem ersten Sensor 361 benötigt.

[0227] Bei der Gewinnung des Ausgangssignals führt der erste Mikrocomputer 51 eine Berechnungsaufgabe durch, die auf der Grundlage des gewonnenen Ausgangssignals definiert wird. Fig. 15E zeigt, dass die Zeitspannen, die benötigt werden, um die Berechnungsaufgaben durchzuführen, gleich sind. Jedoch können sie auch voneinander abweichend eingestellt werden.

[0228] Die dritte Ausführungsform beschreibt ein Beispiel, in dem die Selbstdiagnoseeinheit 618 vorgesehen ist. Es ist jedoch möglich, die Arten von Signalen in Abhängigkeit von der Art des Befehlssignals zu ändern, die in dem Ausgangssignal enthalten sind.

[0229] Insbesondere ist der erste Sensor 61, der die Selbstdiagnoseeinheit 618 nicht umfasst, ausgelegt, um das Ausgangssignal Sd_b, das das Drehwinkelsignal und das Drehzahlsignal enthält, in Antwort auf das Befehlssignal com_b zu übertragen und das Ausgangssignal Sd_d, das das Drehwinkelsignal enthält, in Antwort auf das Befehlssignal com_d zu übertragen.

[0230] Dadurch kann jeder der Kommunikatoren 617 und 627 ein Ausgangssignal übertragen, das einer Anforderung von einem entsprechenden von dem ersten und dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52 genügt. Die dritte Ausführungsform umfasst ferner die Selbstdiagnoseeinheiten 618 und 628. Die Selbstdiagnoseeinheiten 618 und 628 sind jeweils ausgelegt, um das Fehlfunktionsdiagnoseergebnis zu einem entsprechenden von dem ersten und dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52 auszugeben. Durch diese Konfiguration kann der erste Mikrocomputer 51 eine Berechnung auf der Grundlage des Ausgangssignals verhindern, wenn das Ausgangssignal ein abnormales Selbstdiagnoseergebnis enthält.

Vierte Ausführungsform

[0231] Nachfolgend ist die vierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf **Fig. 16** beschrieben.

[0232] Wie es in **Fig. 16** gezeigt ist, umfasst eine Drehungserfassungsvorrichtung 4 einen erste Sensor 461 und einen zweite Sensor 462. Das Sensorelement 601, das Sensorelement 607 und das Schaltungsmodul 612 sind in dem einzigen Chip 641 untergebracht. Wie bei dem ersten Sensor 461 sind die zwei Sensorelemente und das Schaltungsmodul in dem einzigen Chip 642 integriert.

[0233] Das Schaltungsmodul 612 des ersten Sensors 461 umfasst zusätzlich zu den Komponenten des Schaltungsmoduls 611 der dritten Ausführungsform das Sensorelement 607, A/D-Wandler 633 und 634, einen Drehwinkelrechner 635 und einen Drehzahlrechner 636.

[0234] Das Sensorelement 601, die A/D-Wandler 613 und 614, der Drehwinkelrechner 615 und der Drehzahlrechner 616 bilden einen Dreheinformationsrechner 951. Das Sensorelement 607, die A/D-Wandler 633 und 634, der Drehwinkelrechner 635 und der Drehzahlrechner 636 bilden einen Dreheinformationsrechner 952.

[0235] Das heißt, der erste Sensor 461 umfasst ein Paar aus dem Dreheinformationsrechner 951 und dem Dreheinformationsrechner 952.

[0236] Entsprechend umfasst der zweite Sensor 462 ein Paar aus einem Dreheinformationsrechner 953 und einem Dreheinformationsrechner 954. Im Gegensatz dazu umfassen der erste und der zweite Sensor 61 und 62 gemäß zum Beispiel der ersten Ausführungsform jeweils einen einzigen Dreheinformationsrechner.

[0237] Der Selbstdiagnoseeinheit 618 ist ausgelegt zum Erfassen, zusätzlich zu Leistungsver-

orgungsfehlern, die einen Stromausfall und einen Erdungsfehler umfassen, eines internen Fehlers in dem ersten Sensor 461 durch Vergleichen von ersten Berechnungsergebnissen, d. h. ersten berechneten Werten, gewonnen durch den Dreheinformationsrechner 951, mit den entsprechenden zweiten Berechnungsergebnissen, d. h. den zweiten berechneten Werten, gewonnen durch den Dreheinformationsrechner 952. Ein solcher interner Fehler repräsentiert einen Fehler, der auftrat, obwohl das erste und das zweite Berechnungsergebnis jeweils in einem normalen Bereich liegen. Zum Beispiel ist ein Offset-Fehler, der die Differenz zwischen jedem der ersten berechneten Werte und einem entsprechenden der zweiten berechneten Werte repräsentiert und einen vorbestimmten Bereich überschreitet, ein typisches Beispiel eines solchen internen Fehlers.

[0238] Der Selbstdiagnoseeinheit 618 ist ausgelegt, um in dem Ausgangssignal einen internen Fehler als das Statussignal zu enthalten und anschließend das Ausgangssignal zu dem ersten Mikrocomputer 51 zu übertragen.

[0239] Es ist zu beachten, dass statt des Vergleichs zwischen dem ersten und dem zweiten berechneten Werte, die durch die jeweiligen Dreheinformationsrechner 951 und 952 gewonnen werden, das Drehwinkelsignal und das Drehzahlsignal, die durch jeden der Dreheinformationsrechner 951 und 952 gewonnen werden, zu dem ersten Mikrocomputer 1 übertragen werden können. Ferner kann der erste Mikrocomputer 51 ausgelegt werden, um den durch die Dreheinformationsrechner 951 ersten berechneten Werte mit dem entsprechenden, durch den Dreheinformationsrechner 952 berechneten Wert zu vergleichen, um dadurch zu bestimmen, ob in dem ersten Sensor 461 ein interner Fehler vorliegt.

[0240] Ähnlich wie in der zweiten Ausführungsform können ein Sensorelement zum Erfassen des Drehwinkels θ_m der Motoreinheit 10 und ein Sensorelement zum Erfassen der Drehzahl TC der Motoreinheit 10 separat angeordnet sein. In dieser Modifikation wird die Anzahl von Sensorelementen in dem ersten und dem zweiten Sensoren 461 und 462 jeweils vier, was acht Sensorelemente ergibt, die in der Drehungserfassungsvorrichtung 4 angeordnet sind.

[0241] Wie es oben beschrieben ist, umfasst die Drehungserfassungsvorrichtung 4 die Dreheinformationsrechner 951 und 952 für den einzigen Kommunikator 617. Dies ermöglicht eine Erfassung eines internen Fehlers wie etwa einen Offset-Fehler.

[0242] Dadurch lassen sich durch die vierte Ausführungsform die gleichen vorteilhaften Effekte erzielen wie durch die erste Ausführungsform.

Fünfte Ausführungsform

[0243] Nachfolgend ist die fünfte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die **Fig. 17** und **18** beschrieben.

[0244] Die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 ist ausgeschaltet, wenn ein Startschalter, d. h. ein Zündschalter, offen ist. Dies führt dazu, dass dem ersten und dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52 kein Strom zugeführt wird, so dass der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 keine Berechnungen oder Kommunikation mit weiteren Vorrichtungen durchführen können.

[0245] Die Drehungserfassungsvorrichtung 1 gemäß der fünften Ausführungsform ist so ausgelegt, dass die erste und die zweite Batterie 39 und 49 ihr direkt elektrische Leistung zuführen, selbst wenn die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 ausgeschaltet ist.

[0246] Insbesondere ist die erste Batterie 39 ausgelegt, um den ersten Sensor 61 direkt mit elektrischer Leistung zu versorgen, und ist die zweite Batterie 49 ausgelegt, um den zweiten Sensor 62 mit elektrischer Leistung zu versorgen, während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 deaktiviert ist.

[0247] Dies ermöglicht eine kontinuierliche Durchführung der oben beschriebenen Berechnungen durch die Drehungserfassungsvorrichtung 1 selbst dann, wenn die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 gestoppt ist.

[0248] Nachfolgend ist zum Beispiel beschrieben, wie der erste Mikrocomputer 51 den Lenkwinkel θ_s berechnet.

[0249] Wie es oben beschrieben ist, wird der Lenkwinkel θ_s als eine Funktion des Drehwinkels θ_m , der Drehzahl TC und des Übersetzungsverhältnisses des Verzögerungsgetriebemechanismus 109 berechnet. Während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 deaktiviert ist, bewirkt eine Betätigung des Lenkrads 101 durch den Fahrer, dass sich die Lenkwelle 102 dreht, so dass die Motoreinheit 10 über den Verzögerungsgetriebemechanismus 109 gedreht wird. Wenn zu diesem Zeitpunkt die Drehzahl TC nicht gezählt werden würde, könnte der Lenkwinkel θ_s nicht berechnet werden, bis ein Neulernen der neutralen Position des Lenkrads 101 abgeschlossen wäre. Es ist zu beachten, dass eine Berechnung des Lenkwinkels θ_s Informationen über die Drehposition der Motoreinheit 10 erfordert, die dem Drehwinkel θ_m basierend auf der Anzahl von Drehungen der Motoreinheit 10 entspricht, so dass Berechnung des Lenkwinkels θ_s erfordert einen sofortigen Wert des Drehwinkels θ_m beim Neustart der elektronischen Servo-Lenkvorrichtung 108 erfor-

dert. Aus diesem Grund ist es nicht notwendig, den Drehwinkel θ_m kontinuierlich zu berechnen, während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 deaktiviert ist.

[0250] Angesichts dieser Umstände ist die Drehungserfassungsvorrichtung 1 gemäß der fünften Ausführungsform so ausgelegt, dass sie direkt mit elektrischer Leistung von der ersten und der zweiten Batterie 39 und 49 versorgt wird. Dadurch kann die Drehungserfassungsvorrichtung 1 kontinuierlich wenigstens eine Berechnung der Drehzahl TC durchführen, während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 deaktiviert ist. Es ist zu beachten, dass die fünfte Ausführungsform auch so ausgelegt werden kann, dass die Drehungserfassungsvorrichtung 1 kontinuierlich eine Berechnung des Drehwinkels θ_m der Motoreinheit 10 durchführen kann, während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 deaktiviert ist. Vorzugsweise ist die Drehungserfassungsvorrichtung 1 im Hinblick auf Energieverbrauch so ausgelegt, dass sie kontinuierlich eine Berechnung des Drehwinkels θ_m durchführt, während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 deaktiviert ist.

[0251] Es ist zu beachten, dass die Drehungserfassungsvorrichtung 1 die gezählte Drehzahl TC darin ohne Kommunikation mit dem ersten und dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52 speichert, da der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 deaktiviert sind. Anschließend, nach dem Neustart der elektronischen Servo-Lenkvorrichtung 108, sendet die Drehungserfassungsvorrichtung 1 zu jedem von dem ersten und zweiten Mikrocomputer 51 und 52 das Ausgangssignal, das das Drehwinkelsignal und die gezählte Drehzahl TC enthält, die darin in Antwort auf das von dem entsprechenden Mikrocomputer übertragene Befehlssignal gespeichert werden. Dies ermöglicht es jedem von dem ersten und dem zweiten Mikrocomputer 51 und 52 den Lenkwinkel θ_s des Lenkrads 101 beim erneuten Starten der elektronischen Servo-Lenkvorrichtung 108 in geeigneter Weise zu berechnen, ohne die neutrale Position des Lenkrads 101 neu zu lernen.

[0252] Es ist zu beachten, dass **Fig. 17** die fünfte Ausführungsform auf der Grundlage der Drehungserfassungsvorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform als ein Beispiel beschreibt. Sie kann jedoch auch auf der Grundlage einer der Drehungserfassungsvorrichtungen 2 bis 4 gemäß der zweiten bis vierten Ausführungsformen beschrieben werden. Dies kann auf die folgende sechste Ausführungsform angewendet werden.

[0253] Nachfolgend ist ausführlich die Drehinformations-Berechnungsaufgabe gemäß der fünften Ausführungsform mit Bezug auf das Flussdiagramm **Fig. 18** beschrieben. Obwohl im Folgenden nur die

Drehinformations-Berechnungsaufgabe beschrieben ist, die durch den ersten Sensor 61 durchgeführt wird, kann die gleiche Drehinformations-Berechnungsaufgabe auch durch den zweiten Sensor 62 durchgeführt werden.

[0254] Im ersten Schritt S101 bestimmt der erste Sensor 61, ob die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 arbeitet. In **Fig. 18** ist die elektronische Servo-Lenkvorrichtung mit „EPS“ abgekürzt. Zum Beispiel ist es möglich zu bestimmen, dass die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 nicht arbeitet, wenn während einer vorbestimmten Zeitspanne keine Taktsignale und/oder Befehlssignale von dem ersten Mikrocomputer 51 dorthin gesendet wurden.

[0255] Wenn bestimmt wird, dass die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 nicht arbeitet (NEIN in Schritt S101), fährt die Drehinformations-Berechnungsaufgabe mit Schritt S104 fort. Andernfalls, wenn bestimmt wird, dass die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 arbeitet (JA in Schritt S101), fährt die Drehinformations-Berechnungsaufgabe mit Schritt S102 fort.

[0256] In Schritt S102 berechnet der erste Sensor 61 den Drehwinkel θ_m und die Drehzahl TC.

[0257] In Schritt S103 gibt das Schaltungsmodul 610 in Antwort auf das von dem ersten Mikrocomputer 51 gesendete Befehlssignal das Ausgangssignal zu dem ersten Mikrocomputer 51 aus. Dies führt dazu, dass der erste Mikrocomputer 51 zum Beispiel den Drehwinkel θ_m und den Lenkwinkel θ_s auf der Grundlage der in dem Ausgangssignal enthaltenen Signale berechnet.

[0258] Andernfalls, wenn bestimmt wird, dass die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 nicht arbeitet (NEIN in Schritt S101), bestimmt der erste Sensor 61 in Schritt S104, ob die Motoreinheit 10 gestoppt ist. Zum Beispiel ist es möglich zu bestimmen, dass die Motoreinheit 10 gestoppt ist, wenn zum Beispiel die Drehzahl der Motoreinheit 10 niedriger als ein vorbestimmter Schwellenwert ist. Es ist auch möglich zu bestimmen, dass die Motoreinheit 10 gestoppt ist, wenn der Drehwinkel θ_m nicht berechnet wird. Es ist ferner möglich zu bestimmen, dass die Motoreinheit 10 gestoppt ist, wenn der Änderungsbetrag der von dem A/D-Wandler 614 ausgegebenen Werte wie etwa die Abweichung zwischen dem momentan gemessenen Wert und dem unmittelbar zuvor gemessenen Wert oder der Differenzwert der Abweichung niedriger als ein vorbestimmter Schwellenwert ist. Ferner, wenn vorgesehen ist, einen Zählwert, der die Anzahl von Drehungen der Motoreinheit 10, jedesmal zu inkrementieren, wenn die Motoreinheit 10 um einen von den drei oder mehreren unterteilten Drehwinkelbereiche weiterdreht, ist es möglich zu bestimmen, dass die Motoreinheit 10 gestoppt ist,

wenn der gleiche Zählwert während einer vorbestimmten Zeitspanne unverändert ist.

[0259] Wenn bestimmt wird, dass die Motoreinheit 10 arbeitet (NEIN in Schritt S104), fährt die Drehinformations-Berechnungsaufgabe mit Schritt S105 fort. Andernfalls, wenn bestimmt wird, dass die Motoreinheit 10 gestoppt ist (JA in Schritt S104), fährt die Drehinformations-Berechnungsaufgabe mit Schritt S106 fort.

[0260] In Schritt S105 berechnet die Drehzahlrechner 616 die Drehzahl TC bei einer ersten Frequenz f_1 . Die erste Frequenz f_1 kann eingestellt werden, um ein Überspringen der Erfassung der Drehung des Motors zu verhindern.

[0261] In Schritt S106 berechnet die Drehzahlrechner 616 die Drehzahl TC bei einer zweiten Frequenz f_2 , die niedriger als die erste Frequenz f_1 ist, was als $f_1 > f_2$ ausgedrückt ist. Da die Rotationsnummer TC unverändert bleibt, während die Motoreinheit 10 gestoppt wird, kann durch eine niedrigere Frequenz zur Berechnung der Rotationsnummer TC, während die Motoreinheit 10 gestoppt wird, um beispielsweise die Rotationsnummer T_c intermittierend zu berechnen, die Leistungsaufnahme reduziert werden.

[0262] Die Einstellung der Berechnungsfrequenz auf eine gleich hohe oder höhere Frequenz als die erste Frequenz f_1 , während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 arbeitet, verhindert ein Überspringen der Erfassung der Drehung der Motoreinheit 10. Während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 arbeitet, ist der erste Mikrocomputer 51 dazu geeignet, die Drehzahl TC auf der Grundlage des Drehwinkels θ_m zu berechnen, da der Drehwinkel θ_m zu dem ersten Mikrocomputer 51 gesendet wird. Dies ermöglicht die Einstellung der Berechnungsfrequenz der Drehzahl TC, während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 arbeitet, auf unter die erste Frequenz f_1 .

[0263] Nach der Operation in Schritt S105 oder S106 speichert der erste Sensor 61 in Schritt S107 die Drehzahl TC darin. Es ist zu beachten, dass der erste Sensor 61 einen neuesten Wert der Drehzahl TC immer dann speichern kann, wenn der neueste Wert der Drehzahl TC berechnet wird, ohne alle bereits berechnete Werte der Drehzahl TC zu speichern.

[0264] Der erste Sensor 61 sendet das Drehzahlsignal, das die darin gespeicherte Drehzahl TC enthält, und das Drehsignal, das den Drehwinkel θ_m enthält, zu dem ersten Mikrocomputer 51, wenn die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 neu gestartet wird.

[0265] Die fünfte Ausführungsform ist ausgelegt, um die Häufigkeit der Aktualisierung, d. h. der Berechnung, der Drehzahl TC durch die Drehzahlrechner 616 und 626 in Übereinstimmung damit, ob die Motoreinheit 10 arbeitet, zu ändern. Insbesondere ist die fünfte Ausführungsform ausgelegt, um die Häufigkeit der Aktualisierung der Drehzahl TC, während die Motoreinheit 10 gestoppt ist, im Vergleich mit der Häufigkeit der Aktualisierung der Drehzahl TC, während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 deaktiviert ist, zu verringern.

[0266] Die fünfte Ausführungsform ist so ausgelegt, dass die erste Batterie 39 elektrische Leistung direkt zu den Sensorelementen 601 und 602 und den Schaltungsmodulen 610 und 620 liefert, während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108, die die Motoreinheit 10 umfasst, deaktiviert ist. Dadurch wird der Drehungserfassungsvorrichtung 10 kontinuierlich eine elektrische Leistung zugeführt, während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 deaktiviert ist, wodurch es möglich ist, die Drehzahl TC kontinuierlich zu berechnen, während die elektronische Servo-Lenkvorrichtung 108 deaktiviert ist. Dies ermöglicht eine zuverlässige Berechnung des Lenkwinkels θ_s beim Neustart der elektronischen Servo-Lenkvorrichtung 108, ohne die neutrale Position des Lenkrads 101 neu zu lernen.

[0267] Zusätzlich zu dem bestimmten vorteilhaften Effekt erzielt die fünfte Ausführungsform die gleichen vorteilhaften Effekte wie die erste Ausführungsform.

Sechste Ausführungsform

[0268] Nachfolgend ist die sechste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf Fig. 19 beschrieben.

[0269] Die sechste Ausführungsform ist eine Modifikation der fünften Ausführungsform. Eine Konstantspannungsschaltung 37 ist in einen Leistungsversorgungsweg geschaltet, der sich von der ersten Batterie 39 zu dem ersten Sensor 61 erstreckt. Eine Konstantspannungsschaltung 47 ist ferner in einen Leistungsversorgungsweg geschaltet, der sich von der zweiten Batterie 39 zu dem zweiten Sensor 62 erstreckt. Wenn eine von der ersten und der zweiten Batterie 39 und 49 ausgelegt ist, um dem ersten und dem zweiten Sensor 61 und 62 elektrische Leistung zuzuführen, kann ein gemeinsamer Konstantspannungsregler oder kann jeweils ein Konstantspannungsregler für den ersten und den zweiten Sensor 61 und 62 vorgesehen sein.

[0270] Die Konstantspannungsschaltungen 37 und 47 umfassen jeweils zum Beispiel einen Regler mit geringem Energieverbrauch von etwa einigen mA, der die Drehungserfassungsvorrichtung 1 ansteuern kann. Das heißt, die Konstantspannungsschaltungen

37 und 47 sind jeweils getrennt von den Reglern der ersten und der zweiten integrierte Schaltung 56 und 57 angeordnet und dazu geeignet, dem Sensor-Paket 65 eine elektrische Leistung zuzuführen, selbst wenn die Antriebsvorrichtung 8 deaktiviert ist.

[0271] Die Anordnung der Konstantspannungsschaltung 37 zwischen der ersten Batterie 39 und der Drehungserfassungsvorrichtung 1 und der Konstantspannungsschaltung 47 zwischen der zweiten Batterie 49 und der Drehungserfassungsvorrichtung 1 erübrigt das Ändern einer Stehspannungskonstruktion der Drehungserfassungsvorrichtung 1, unabhängig von der Spannung an der ersten und der zweiten Batterie 39 und 49.

[0272] Die sechste Ausführungsform erzielt ebenfalls die gleichen vorteilhaften Effekte wie die erste Ausführungsform.

Siebte Ausführungsform

[0273] Nachfolgend ist die siebte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die Fig. 20 beschrieben. Jede der Fig. 20 ist eine schematische Ansicht entsprechende Fig. 8.

[0274] Die Drehungserfassungsvorrichtung 1 gemäß der ersten Ausführungsform ist so ausgelegt, dass das Sensorelement 601 und das Schaltungsmodul 610 in dem einzigen Chip 641 integriert sind und das Sensorelement 602 und das Schaltungsmodul 620 in dem einzigen Chip 642 integriert sind.

[0275] Im Gegensatz dazu ist eine Drehungserfassungsvorrichtung 5 gemäß der siebten Ausführungsform so ausgelegt, dass

(1) Ein Chip 643, in dem das Schaltungsmodul 610 untergebracht ist, ein von einem Chip 644, in dem das Sensorelement 601 untergebracht ist, separater Chip ist

(2) Ein Chip 645, in dem das Schaltungsmodul 620 untergebracht ist, ein von einem Chip 646, in dem das Sensorelement 602 untergebracht ist, separater Chip ist.

[0276] Das Bezugszeichen des Sensorelements und der Schaltung, die in den einzelnen Chips enthalten sind, sind in Fig. 20 weggelassen.

[0277] Statt des Schaltungsmoduls 610 können die Schaltungsmodule 611 und 612 verwendet werden, und statt des Schaltungsmoduls 620 können die Schaltungsmodule 621 und 622 verwendet werden. Wie in der zweiten Ausführungsform können zwei Sensorelemente verwendet werden.

[0278] Wie es in Fig. 20A gezeigt ist, ist der Chip 643, der das Schaltungsmodul 610 umfasst, auf

den Zuleitungsrahmen 66 montiert, und der Chip 644, der das Sensorelement 601 umfasst, ist auf eine obere Oberfläche des Chips 643 montiert. Die obere Oberfläche des Chips 643 ist eine dem Zuleitungsrahmen 66 gegenüberliegende Oberfläche.

[0279] Ebenso ist der Chip 645, der das Schaltungsmodul 620 umfasst, auf den Zuleitungsrahmen 66 montiert, und der Chip 646, der das Sensorelement 602 umfasst, ist auf eine obere Oberfläche des Chips 645 montiert.

[0280] Die Montage der Chips 644 und 646, die die entsprechenden Sensorelemente umfassen, auf dem entsprechenden der Chips 643 und 645, das das entsprechende Schaltungsmodul umfasst, ermöglicht eine Verkleinerung der Montagefläche auf dem Zuleitungsrahmen 66, was zu einer Verkleinerung der Drehungserfassungsvorrichtung 5 führt.

[0281] Als ein weiteres Beispiel, wie es in **Fig. 20B** gezeigt ist, sind die Chips 644 und 646, die jeweils das entsprechende Sensorelement umfassen, näher an der Drehungsmittellinie Ac angeordnet als die Chips 643 und 645, die jeweils das entsprechende Schaltungsmodul umfassen. Mit anderen Worten, die Chips 644 und 646 sind auf der bezüglich die Drehungsmittellinie Ac inneren Seite des Zuleitungsrahmens 66 angeordnet, und die Chips 643 und 645 sind auf der bezüglich die Drehungsmittellinie Ac äußeren Seite des Zuleitungsrahmens 66 angeordnet. Der Chips 644 und 646 sind ferner symmetrisch bezüglich der Drehungsmittellinie Ac angeordnet.

[0282] Es ist zu beachten, dass die Regelungskonfiguration der siebten Ausführungsform mit der Regelungskonfiguration einer der anderen Ausführungsformen kombiniert werden kann.

[0283] In der siebten Ausführungsform ist das Sensorelement 601 als ein von dem Chip 643, der das Schaltungsmodul 610 enthält, separater Chip angeordnet, und das Sensorelement 602 ist als ein von dem Chip 645, der das Schaltungsmodul 620 enthält, separater Chip angeordnet. Dies ermöglicht die Verwendung von Magnetoresistiven (MR) Sensorelementen, die mit den jeweiligen Schaltungsmodulen 610 und 620 nicht integriert werden können, als die jeweiligen Sensorelemente 601 und 602.

[0284] Das Sensorelement 601 ist auf der oberen Oberfläche des Chips 643 montiert, in dem das Schaltungsmodul 610 untergebracht ist, und das Sensorelement 602 ist auf der oberen Oberfläche des Chips 645 montiert, in dem das Schaltungsmodul 620 untergebracht ist. Die Montage der Sensorelemente 601 und 602 auf den oberen Oberflächen der jeweiligen Chips 643 und 645 ermöglicht eine

Verkleinerung der Drehungserfassungsvorrichtung 1.

[0285] Die Sensorelemente 601 und 602 sind näher bei der Drehungsmittellinie Ac der Motoreinheit 10 angeordnet als die Chips 643 und 645, die jeweils das entsprechende Schaltungsmodul umfassen. Dies ermöglicht eine Anordnung der Sensorelemente 601 und 602 näher bei der Drehungsmittellinie Ac, was die Messgenauigkeit erhöht.

[0286] Die siebte Ausführungsform erzielt ebenfalls die gleichen vorteilhaften Effekte wie die erste Ausführungsform.

Achte Ausführungsform

[0287] Nachfolgend ist die elfte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die **Fig. 21 bis 23** beschrieben.

[0288] In jeder der oben beschriebenen Ausführungsform sind die entsprechenden zwei Sensoren in dem einzigen Paket 65 eingebaut.

[0289] Im Gegensatz dazu ist in einer Drehungserfassungsvorrichtung 6 gemäß der achten Ausführungsform der erste Sensor 61 in einem ersten Paket 661 eingebaut, und der zweite Sensor 62 ist in einem zweiten Paket 662 eingebaut. Insbesondere sind das erste und das zweite Paket 661 und 662 für den ersten bzw. den zweiten Sensoren 61 und 62 separat angeordnet. Zum Beispiel können die Konfigurationen des ersten und des zweiten Sensors 61 und 62 identisch mit den entsprechenden Sensoren der ersten Ausführungsform oder einem ausgewählten der zweiten bis siebten Ausführungsformen sein.

[0290] Wie es in **Fig. 21 und 22** gezeigt ist, ist das erste Paket 661 auf der erste Hauptoberfläche 211 der ersten Schaltungsplatine 21 montiert, und das zweite Paket 662 ist auf der zweiten Hauptoberfläche 212 der ersten Schaltungsplatine 21 montiert. Die Montage des ersten und des zweiten Pakets 661 und 662 als der erste bzw. der zweite Sensor 61 und 62 auf der ersten bzw. der zweiten Hauptoberfläche 211 und 212 der ersten Schaltungsplatine 21 ermöglicht eine Verringerung der Montageflächen, die für die Drehungserfassungsvorrichtung 6 auf der ersten Schaltungsplatine 21 erforderlich ist. Das erste und das zweite Pakete 661 und 662 sind so angeordnet, dass das Sensorelement 601 des ersten Sensors 61 und das Sensorelement 602 des zweiten Sensors 62 auf der Drehungsmittellinie Ac angeordnet sind, was zu einer höheren Erfassungsgenauigkeit der Drehung der Motoreinheit 10 führt.

[0291] Als ein weiteres Beispiel sind das erste und das zweite Paket 661 und 662 auf der erste Hauptoberfläche 211 der ersten Schaltungsplatine 21 mon-

tiert (siehe **Fig. 23A**). Als noch ein weiteres Beispiel sind das erste und das zweite Paket 661 und 662 auf der zweiten Hauptoberfläche 212 der ersten Schaltungsplatine 21 montiert (siehe **Fig. 23B**).

[0292] Das Paket 661 gemäß der achten Ausführungsform ist für das Sensorelement 601 und das Schaltungsmodul 610 unter Verwendung der Messwerte des Sensorelements 601 vorgesehen. Ebenso ist das Paket 662 gemäß der achten Ausführungsform für das Sensorelement 602 und das Schaltungsmodul 620 unter Verwendung der Messwerte des Sensorelements 602 vorgesehen. Mit anderen Worten, die Pakete 661 und 662 sind für den ersten bzw. den zweiten Sensoren 61 und 62 vorgesehen. Die Bereitstellung der Pakete 661 und 662 für den ersten bzw. den zweiten Sensor 61 und 62 führt zu

- (1) Einer höheren Flexibilität der Anordnung der Drehungserfassungsvorrichtung 6
- (2) Der Vermeidung von gleichzeitigen Fehlfunktionen der mehreren, oben beschriebenen Systeme

[0293] Das heißt, selbst wenn eine Fehlfunktion in einem von dem ersten und dem zweiten Paket 661 und 662 vorliegt, ermöglichen die Komponenten des Weiteren von dem ersten und dem zweiten Pakete 661 und 662 eine kontinuierliche Berechnung des Drehwinkels θ_m und der Drehzahl TC.

[0294] Das Paket 661 der zwei Pakete 661 und 662 ist auf der ersten Hauptoberfläche 211 der ersten Schaltungsplatine 21 montiert; die erste Hauptoberfläche 211 befindet sich näher bei der Motoreinheit 10. Das weitere Paket 662 ist auf der zweiten Hauptoberfläche 212 der ersten Schaltungsplatine 21 montiert; die zweite Hauptoberfläche 212 ist gegenüber der Motoreinheit 10 der ersten Schaltungsplatine 21 angeordnet. Dies führt zu der kleineren Montagefläche, was zur Verkleinerung der Drehungserfassungsvorrichtung 1 in ihrer Radialrichtung beiträgt.

[0295] Die Sensorelemente 601 und 602 sind auf der Drehungsmittellinie Ac der Motoreinheit 10 angeordnet, was zu einer höheren Erfassungsgenauigkeit führt.

[0296] Die achte Ausführungsform erzielt die gleichen vorteilhaften Effekte wie die erste Ausführungsform.

Neunte Ausführungsform

[0297] Nachfolgend ist die neunte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf **Fig. 24** beschrieben. In **Fig. 24** sind einige Komponenten wie etwa Federklemmen weggelassen.

[0298] In allen Ausführungsformen sind die SW-Elemente 301 bis 306 und 401 bis 406, Kondensatoren 36 und 46 und die Drehungserfassungsvorrichtung 1 zum Beispiel auf der ersten Schaltungsplatine 21 befestigt, und der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 und die integrierten Schaltungen 56 und 57 sind zum Beispiel auf der zweiten Schaltungsplatine 22 befestigt.

[0299] Im Gegensatz dazu, wie es in **Fig. 24** gezeigt ist, sind gemäß der neunten Ausführungsform die SW-Elemente 301 bis 306, die Kondensatoren 36 und 46, der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52, die integrierten Schaltungen 56 und 57 und die Drehungserfassungsvorrichtung 6 auf einer einzigen Schaltungsplatine 23 montiert. Insbesondere sind die SW-Elemente 301 bis 306 und 401 bis 406, die integrierten Schaltungen 56 und 56 und das Paket 661 der Drehungserfassungsvorrichtung 6 zum Beispiel auf der ersten Hauptoberfläche 231 der Schaltungsplatine 23 montiert. Die Kondensatoren 36 und 46, der erste und der zweite Mikrocomputer 51 und 52 und das Paket 662 der Drehungserfassungsvorrichtung 6 sind zum Beispiel auf der zweiten Hauptoberfläche 232 montiert, der Motoreinheit 10 der Schaltungsplatine 23 gegenüberliegt.

[0300] Wie es in **Fig. 24** gezeigt ist, sind die Pakete 661 und 662 für die Sensoren 61 bzw. 62 vorgesehen und montiert auf der ersten bzw. zweiten Hauptoberflächen 231 bzw. 232 der Schaltungsplatine 23 montiert. Aber die Pakete 661 und 662 können auch auf einer von der ersten und der zweiten Hauptoberfläche 231 und 232 der Schaltungsplatine 23 montiert sein. Der erste und der zweite Sensor 61 und 62 können in einem einzigen Paket eingebaut sein. Wenn der erste und der zweite Sensor 61 und 62 in einem einzigen Paket eingebaut sein können, wird die Drehungserfassungsvorrichtung 6 vorzugsweise auf der ersten Hauptoberfläche 231 der Schaltungsplatine 23 montiert, um eine höhere Erfassungsgenauigkeit zu erreichen.

[0301] Die Montage der mit der Steuerung der Antriebsvorrichtung 8 verbundenen Komponenten auf die einzige Schaltungsplatine 23 führt zu einer Verringerung der Anzahl der Komponenten der Drehungserfassungsvorrichtung. Im Vergleich mit der Konfiguration, in der parallele Schaltungsplatinen in der Axialrichtung gestapelt sind, führt die Konfiguration der neunten Ausführungsform zu einer Verkleinerung der Drehungserfassungsvorrichtung in der Axialrichtung.

[0302] Die neunte Ausführungsform erzielt die gleichen vorteilhaften Effekte wie die erste Ausführungsform.

Zehnte Ausführungsform

[0303] Nachfolgend ist die zehnte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die **Fig. 25** bis **28** beschrieben.

[0304] Nachfolgend ist im Wesentlichen beschrieben, wie die zwei Sensorelemente 601 und 607, die für das Schaltungsmodul 612 vorgesehen sind (siehe **Fig. 16**), gemäß der zehnten Ausführungsform angeordnet sind. Obwohl in **Fig. 16** die Sensorelemente 601 und 607 und das Schaltungsmodul 612 in demselben Chip 641 eingebaut sind, sind die Sensorelemente 601 und 607 gemäß der zehnten Ausführungsform in separaten Chips eingebaut. Nachfolgend sind die Chips der jeweiligen Sensorelemente 601 und 607 einfach als die Sensorelemente 601 und 607 bezeichnet. Es ist zu beachten, dass zu jeder der **Fig. 25**, **26** und **28** die Beschreibungen der anderen Strukturen als die Strukturen der Sensorelemente 601 und 607 weggelassen sind.

[0305] Wie es oben beschrieben ist, sind die Sensorelemente 601 und 607 jeweils ein Magnetsensorelement zum Messen einer magnetischen Änderung auf der Grundlage der Drehung des Magneten 16 (siehe **Fig. 4**), und haben daher jeweils eine Richtungsabhängigkeit bezüglich magnetischen Empfindlichkeit. Zum Beispiel zeigt **Fig. 25** das Sensorelemente 601 und 607 mit identischer Struktur, und die Sensorelemente 601 und 607 haben jeweilige Magneterfassungsrichtungen, die durch jeweilige Pfeile gezeigt sind. Die Magneterfassungsrichtung eines Sensorelements repräsentiert eine Richtung, die auf der Grundlage der Anordnungsrichtung von Hall-Elementen bestimmt wird, wenn ein Hall-IC als das Sensorelement verwendet wird, oder die Magnetisierungsrichtung der Pin-Schicht, wenn eine TMR-Sensorvorrichtung als das Sensorelement verwendet wird.

[0306] **Fig. 25A** zeigt, dass, wenn die Sensorelemente 601 und 607 so angeordnet sind, dass ihre Magneterfassungsrichtungen parallel zueinander verlaufen, die magnetischen Abtastrichtungen aufeinander abgestimmt sind. Wenn die Sensorelemente 601 und 607 so angeordnet sind, dass ihre Magneterfassungsrichtungen aufeinander abgestimmt sind, sind die Messwerte A_p des Sensorelements 601 identisch mit den Messwerten A_q des Sensorelements 607 (siehe **Fig. 25B**). Es ist zu beachten, dass jeder Messwert A_p durch Transformation eines entsprechenden, von dem Sensorelement 601 ausgegebenen Werts eines Sinussignals bzw. eines Kosinussignals in einen Winkel auf der Grundlage einer vorbestimmten Transformationsfunktion wie etwa die Arcustangensfunktion gewonnen werden kann. Ebenso kann jeder Messwert A_q durch Transformation eines entsprechenden, von dem Sensorelement 607 ausgegebenen Werts eines

Sinussignals bzw. eines Kosinussignals in einen Winkel auf der Grundlage einer vorbestimmten Transformationsfunktion wie etwa der Arcustangensfunktion gewonnen werden.

[0307] Ebenso sind, wenn die Sensorelemente 601 und 607 so angeordnet sind, dass ihre Magneterfassungsrichtungen aufeinander abgestimmt sind, Werte eines digitalen Äquivalents D_p der Messwerte A_p des Sensorelements 601 identisch mit Werten eines digitalen Äquivalents D_q der Messwerte A_q des Sensorelements 607. Wenn zum Beispiel jedes von dem digitalen Äquivalent D_p und dem digitalen Äquivalent D_q als ein Wert von 14 Bits repräsentiert werden kann, werden ein Wert des digitalen Äquivalents D_p und ein Wert des digitalen Äquivalents D_q , wenn der mechanische Winkel der Motoreinheit 10 0 Grad ist, jeweils als (00000000000000) ausgedrückt. Die Anzahl von Bits kann in geeigneter Weise eingestellt werden.

[0308] Wenn ein Null-Einfrierfehler oder Null-Festhaltefehler oder Null-Fixierfehler vorliegt, so dass jedes von dem digitalen Äquivalent D_p und dem digitalen Äquivalent D_q bei (00000000000000) einfriert oder festhält oder fixiert, ist es schwierig zu bestimmen, ob die Motoreinheit 10 bei dem mechanischen Winkel von 0 Grad gestoppt ist oder ein Null-Einfrierfehler sowohl des digitalen Äquivalents D_p als auch des digitalen Äquivalents D_q vorliegt. Es ist zu beachten, dass die zehnte Ausführungsform ein Beispiel beschreibt, in dem ein Null-Einfrierfehler sowohl des digitalen Äquivalents D_p als auch des digitalen Äquivalents D_q vorliegt, aber die zehnte Ausführungsform kann auch auf ein weiteres Beispiel angewendet werden, in dem eine Fehlfunktion von jedem von dem digitalen Äquivalent D_p und dem digitalen Äquivalent D_q bei einem anderen Wert einfriert.

[0309] Von diesem Standpunkt aus ist die zehnte Ausführungsform so ausgelegt, dass die Position des Sensorelements 601 und die Position des Sensorelements 607 in Drehrichtung gegeneinander verschoben sind, um dadurch die Phasenänderung der Messwerte A_p und die Phasenänderung der Messwerte A_q gegeneinander zu verschieben. Eine Verschiebung von entweder der Position des Sensorelements 601 oder der Position des Sensorelements 607 von der jeweils anderen in Drehrichtung ermöglicht eine Verschiebung der Magneterfassungsrichtung des Sensorelements 601 von der Magneterfassungsrichtung des Sensorelements 607 entlang der Drehrichtung der Motoreinheit 10.

[0310] Das Merkmal, dass die zwei Sensorelemente 601 und 607 so angeordnet sind, dass ihre Magneterfassungsrichtungen gegeneinander verschoben sind, zeigt, dass die zwei Sensorelemente 601 und 607 so angeordnet sind, dass ein Winkel zwischen ihren Magneterfassungsrichtungen ungleich 0 Grad

ist. Der Ausdruck „Verschiebungsbetrag zwischen den Sensorelementen“ bedeutet eine Winkelverschiebung zwischen den Magneterfassungsrichtungen der Sensorelemente.

[0311] Fig. 26A zeigt, dass die Sensorelemente 601 und 607 so angeordnet sind, dass ihre Positionen um 180 Grad in der Drehrichtung gegeneinander verschoben sind, was zu einer Abweichung der Magneterfassungsrichtungen der jeweiligen Sensorelemente 601 und 607 um 180 Grad voneinander führt.

[0312] Die Anordnung der Sensorelemente 601 und 607 derart, dass ihre Magneterfassungsrichtungen um 180 Grad gegeneinander verschoben sind, ermöglicht eine Verschiebung der Phasenänderung der Messwerte A_p und der Phasenänderung der Messwerte A_q um 180 Grad gegeneinander. Dies führt dazu, dass, wenn der mechanische Winkel der Motoreinheit 10 0 Grad ist, der Wert des digitalen Äquivalents D_p als (00000000000000) wird, und der Wert des digitalen Äquivalents D_q als (10000000000000) ausgedrückt wird, die voneinander verschieden sind.

[0313] Im Gegensatz dazu frieren, wenn ein Null-Einfrierfehler von dem digitalen Äquivalent D_p und dem digitalen Äquivalent D_q vorliegt, das digitale Äquivalent D_p und das digitale Äquivalent D_q jeweils bei (00000000000000).

[0314] Das heißt, eine Anordnung der Sensorelemente 601 und 607 derart, dass ihre Magneterfassungsrichtungen gegeneinander verschoben sind, ermöglicht voneinander abweichende Werte des digitalen Äquivalents D_p und des digitalen Äquivalents D_q im Normalzustand. Aus diesem Grund ist der erste Mikrocomputer 51 dazu geeignet, zu bestimmen, dass ein Einfrierfehler vorliegt, wenn er bestimmt, dass ein Wert des digitalen Äquivalents D_p identisch ist mit einem Wert des digitalen Äquivalents D_q .

[0315] Eine Verschiebung der Magneterfassungsrichtungen der jeweiligen Sensorelemente 601 und 607 gegeneinander um wenigstens eine Winkel d , der einer Auflösung entspricht, die auf der Anzahl von Bits der digitalen Äquivalente D_p und D_q basiert, ermöglicht es, das im Normalzustand ein Wert des digitalen Äquivalents D_p von einem Wert des digitalen Äquivalents D_q verschieden ist, wodurch es möglich ist zu bestimmen, ob ein Einfrierfehler vorliegt.

[0316] Nachfolgend ist eine Winkelabweichung zwischen den Messwerten A_p des Sensorelements 601 und den Messwerten A_q des Sensorelements 607 mit Bezug auf Fig. 27 beschrieben. In Fig. 27 ist die Winkelabweichung auf der Grundlage der Summe aus dem jeweiligen Messwert A_p und dem entsprechenden Messwert A_q als durchgezogene Linie

und die Differenz-Winkelabweichung auf der Grundlage der Differenz des jeweiligen Messwerts A_q von dem entsprechenden Messwert A_p als gestrichelte Linie dargestellt.

[0317] Wenn zum Beispiel der Verschiebungsbetrag zwischen den Magneterfassungsrichtungen der jeweiligen Sensorelemente 601 und 607 auf 180 Grad festgelegt ist, führt die Summe aus dem jeweiligen Messwert A_p und dem entsprechenden Messwert A_q zu einer Aufhebung des Winkelabstands. Wenn der Verschiebungsbetrag zwischen den Magneterfassungsrichtungen der jeweiligen Sensorelemente 601 und 607 auf 0 Grad festgelegt ist, führt die Differenz des jeweiligen Messwerts A_q von dem entsprechenden Messwert A_p zu einer Aufhebung des Winkelabstands.

[0318] Der Verschiebungsbetragsbereich, der es ermöglicht, dass der Winkelabstand gleich groß wie oder kleiner als ein Referenzwert B ist basierend auf der Summe oder der Differenz der Messwerte ist definiert von 315° , was gleich ist wie von -45° bis 45° einschließlich, und von 135° bis 225° . Es ist zu beachten, dass das negative Vorzeichen „-“ eine Verschiebungsgröße in der zu der Drehrichtung der Motoreinheit 10 entgegengesetzten Richtung bedeutet. Es ist zu beachten, dass, wie es oben beschrieben ist, wenn der Verschiebungsbetrag zwischen den Magneterfassungsrichtungen auf 0° , was 360° entspricht, festgelegt ist, jeder Wert des digitalen Äquivalents D_p gleich dem entsprechenden Wert des digitalen Äquivalents D_q ist, woraus sich die Schwierigkeit ergibt zu bestimmen, ob ein Einfrierfehler vorliegt. Aus diesem Grund wird Bereich von $(0 \pm d)$ Grad aus dem Verschiebungsbetragsbereich entfernt; diese Entfernung ermöglicht eine Verschiebung jedes Werts des digitalen Äquivalents D_p von dem entsprechenden Wert des digitalen Äquivalents D_q um wenigstens ein Bit. Es ist daher vorteilhaft, dass die Sensorelemente 601 und 607 so angeordnet sind, dass der Verschiebungsbetrag zwischen den Magneterfassungsrichtungen der jeweiligen Sensorelemente 601 und 607 in einem der folgenden Bereiche angeordnet ist:

- (1) Einem Bereich R_1 von $(0 + d)^\circ$ bis 45° einschließlich
- (2) Einem Bereich R_2 von 135° bis 225° einschließlich
- (3) Einem Bereich R_3 von 315° bis $(360 - d)^\circ$ einschließlich

[0319] Das Bezugszeichen (A) in Fig. 28 zeigt, dass der Verschiebungsbetrag zwischen den Magneterfassungsrichtungen der jeweiligen Sensorelemente 601 und 607 auf 45° eingestellt ist, und das Bezugszeichen (B) in Fig. 28 zeigt, dass der Verschiebungsbetrag zwischen den Magneterfassungsrichtungen der jeweiligen Sensorelemente 601 und 607 auf

135° eingestellt ist. Ebenso zeigt das Bezugszeichen (C) in **Fig. 28**, dass der Verschiebungsbetrag zwischen den Magneterfassungsrichtungen der jeweiligen Sensorelemente 601 und 607 auf 225° eingestellt ist, und das Bezugszeichen (D) in **Fig. 28**, dass der Verschiebungsbetrag zwischen den Magneterfassungsrichtungen der jeweiligen Sensorelemente 601 und 607 auf 315° eingestellt ist.

[0320] Eine Einstellung bzw. Festlegung des Verschiebungsbetrags zwischen den Magneterfassungsrichtungen der jeweiligen Sensorelemente 601 und 607 auf 45°, 135°, 225° oder 315° ermöglicht einen Winkel zwischen den Sensorelementen 601 und 607 von 45°. Die Anordnung der Sensorelemente 601 und 607, deren Magneterfassungsrichtungen gegeneinander verschoben sind, ist daher bei der Montage leicht optisch erkennbar.

[0321] Wenn der erste und der zweite Sensoren 461 und 462 so angeordnet sind, wie es in **Fig. 16** gezeigt ist, können die Sensorelemente 601 und 607, die für das gemeinsame Schaltungsmodul 612 vorgesehen sind, so angeordnet sein, dass ihre Magneterfassungsrichtungen gegeneinander verschoben sind. Die Magneterfassungsrichtungen der Sensorelemente 601 und 607 des ersten Sensors 461 können jeweils gleich der Magneterfassungsrichtung der Sensorelemente des zweiten Sensors 467 sein oder davon abweichen. Dies kann auf einen Fall angewendet werden, in dem der erste und der zweite Sensor 461 und 462 in separaten Paketen eingeschlossen sind.

[0322] Die zwei Sensorelemente 601 und 607 gemäß der zehnten Ausführungsform sind so angeordnet, dass ihre Magneterfassungsrichtungen in der Drehrichtung gegeneinander verschoben sind. Eine Änderung der Messwerte A_p des ersten Sensors 601 und eine Änderung der Messwerte A_q des zweiten Sensors 607, so dass zwischen ihnen eine Phasenverschiebung bewirkt wird, führt dazu, dass im Normalzustand jeder Wert des digitalen Äquivalents D_p von einem entsprechenden Wert des digitalen Äquivalents D_q abweicht. Dies erleichtert die Erfassung einer Fehlfunktion wie etwa einem Einfrierfehler der digitalen Ausgaben.

[0323] Insbesondere ermöglicht eine Anordnung der Sensorelemente 601 und 607 derart, dass ihre Magneterfassungsrichtungen um 180 Grad gegeneinander verschoben sind, dass die Summe aus einem jeweiligen Messwert A_p und dem entsprechende Messwert A_q den Winkelabstand aufhebt. Wenn der Winkel, der der Auflösung basierend auf der Anzahl von Bits der einzelnen Drehwinkelsignale entspricht, mit dem oben genannten d bezeichnet wird, liegt der Verschiebungsbetrag zwischen den Magneterfassungsrichtungen der jeweiligen Sensorelemente 601 und 607 in einem der folgenden Bereiche:

- (1) Der Bereich R1 von $(0 + d)^\circ$ bis 45° einschließlich
- (2) Der Bereich R2 von 135° bis 225° einschließlich
- (3) Der Bereich R3 von 315° bis $(360 - d)^\circ$ einschließlich Dies sorgt dafür, dass der Winkelabstand relativ kleiner bleibt.

[0324] Der erste Mikrocomputer 51 ist ausgelegt, um zu bestimmen, dass eine Fehlfunktion vorliegt, wenn bestimmt wird, dass ein Wert des digitalen Äquivalents D_p eines Messwerts A_p des Sensorelements 601 an einen entsprechenden Wert des digitalen Äquivalents D_q eines entsprechenden Messwerts A_q des Sensorelements 607, deren Magneterfassungsrichtungen in der Drehrichtung gegeneinander verschoben sind, angeglichen ist. Diese Konfiguration ermöglicht eine effiziente Erfassung einer Fehlfunktion der digitalen Ausgaben.

Modifikationen

[0325] Die Drehungserfassungsvorrichtung gemäß jeder der obigen Ausführungsformen umfasst den ersten Sensor und den zweiten Sensor. Sie kann jedoch auch drei oder mehrere Sensoren umfassen.

[0326] Der Drehinformationsrechner gemäß einigen der Ausführungsformen umfasst einen oder zwei Drehinformationsrechner, der/die für jeden der Sensoren vorgesehen ist/sind. Er kann jedoch auch drei oder mehrere Drehinformationsrechner umfassen, die für jeden der Sensoren vorgesehen sind.

[0327] Jede der oben beschriebenen Ausführungsformen verwendet Hall-Vorrichtungen als die jeweiligen Sensorelemente. Andere Sensorelemente, die dazu geeignet sind, eine Drehung des Erfassungsziels zu messen, wie etwa MR-Sensorvorrichtungen, können als die jeweiligen Sensorelemente verwendet werden.

[0328] Jede der oben beschriebenen Ausführungsformen umfasst ein oder mehrere Sensorelemente, die für jedes der Schaltungsmodule vorgesehen sind. Aber es können auch drei oder mehrere Sensorelemente für jedes der Schaltungsmodule vorgesehen sein.

[0329] In den oben beschriebenen Ausführungsformen sind das erste und das zweite Sensorelement und das erste und das zweite Schaltungsmodul nicht auf nur zwei Sensorelemente bzw. nur zwei Schaltungsmodule begrenzt. Das heißt, der Ausdruck „ein erstes und ein zweites Sensorelement“ bedeutet „wenigstens ein erstes und ein zweites Sensorelement“, und der Ausdruck „ein erstes und ein zweites Schaltungsmodul“ bedeutet „wenigstens ein erstes und ein zweites Schaltungsmodul“.

[0330] Zum Verschieben in der Drehrichtung der Magneterfassungsrichtungen jeweiliger mehrerer Sensorelemente, die für ein gemeinsames Schaltungsmodul vorgesehen sind, gegeneinander werden die Positionen der Chips, in denen die jeweiligen Sensorelemente aufgenommen sind, in der Drehrichtung gegeneinander verschoben. In einer weiteren Ausführungsform kann, selbst wenn die magnetische Erfassungscharakteristik der Drehrichtung verschoben ist, indem ein Sensorelement verwendet wird, dessen innere Struktur verschieden ist, wie etwa durch Ändern der Magnetisierungsrichtung oder des inneren Layouts, um die Phase des Erfassungswerts zu verschieben.

[0331] Jede der oben beschriebenen Ausführungsformen ist so ausgelegt, dass die von den Mikrocomputern gesendete Befehlssignale und die von den entsprechenden Sensoren gesendete Ausgangssignale werden über die jeweiligen unterschiedlichen Kommunikationsleitungen dazwischen, aber können auch über eine einzige Kommunikationsleitung dazwischen übertragen werden.

[0332] Jede der oben beschriebenen Ausführungsformen ist so ausgelegt, dass jeder Sensor und der entsprechende Mikrocomputer in Übereinstimmung mit der SPI miteinander kommunizieren aber auch in Übereinstimmung mit vorbestimmten Arten von Kommunikationsschnittstellen wie etwa eine Single Edge Nibble Transmission (SENT) - Schnittstelle miteinander kommunizieren, solange jede Art von Kommunikationsschnittstelle eine Folge von, d. h. einen Satz von, dem Drehwinkelsignal und dem Drehzahl-signal als das Ausgangssignal umfassen kann. Eine Modifikation jeder der oben beschriebenen Ausführungsformen kann ausgelegt sein, um das Drehwinkelsignal und das Drehzahl-signal separat zu jedem Mikrocomputer auszugeben.

[0333] Jede der oben beschriebenen Ausführungsformen ist ausgelegt, um eine Drehung der Motoreinheit als ihr Erfassungsziel zu erfassen, kann jedoch auch ausgelegt sein, um eine Drehung eines anderen Erfassungsziels zu erfassen.

[0334] Jede der oben beschriebenen Ausführungsformen verwendet einen bürstenloser Drehstrommotor als die Motoreinheit, kann aber auch einen anderen Motortyp, einen Leistungsgenerator oder einen Motorgenerator, der sowohl als Motor als auch als Leistungsgenerator dient, verwenden.

[0335] Wenigstens die erste Ausführungsform ist so ausgelegt, dass die Drehungserfassungsvorrichtung und die Komponenten zum Antrieb der Motoreinheit 10 auf der ersten Schaltungsplatine befestigt sind, und die Komponenten zum Regeln, wie die Motoreinheit angetrieben wird, sind auf der zweiten Schaltungsplatine befestigt. Eine Modifikation jeder der

oben beschriebenen Ausführungsformen kann so ausgelegt sein, dass wenigstens ein Teil der Komponenten, die als Steuerkomponenten bezeichnet sind, zum Steuern, wie die Motoreinheit angetrieben wird, auf dem ersten Substrat montiert sein kann, und wenigstens ein Teil der Komponenten, die als Antriebskomponenten bezeichnet sind, zum Antrieb der Motoreinheit auf der zweiten Schaltungsplatine montiert sein können.

[0336] Zum Beispiel können die Antriebskomponenten und die Steuerkomponenten, die in dem ersten Motorantriebssystem enthalten sind, auf der ersten Schaltungsplatine montiert sein, und die Antriebskomponenten und die Steuerkomponenten, die in dem zweiten Motorantriebssystem enthalten sind, können auf der zweiten Schaltungsplatine montiert sein. Dies ermöglicht es, dass selbst dann, wenn eine von der ersten und der zweiten Schaltungsplatine nicht ordnungsgemäß funktioniert, die Antriebskomponenten und die Steuerkomponenten, die auf der ersten und bzw. zweiten Schaltungsplatine montiert sind, die Servo-Lenkvorrichtung kontinuierlich regelbar antreibt.

[0337] Wenn jede der oben beschriebenen Ausführungsformen mehrere Schaltungsplatten verwendet, kann jeweils ein Kühlkörper zwischen einem entsprechenden wenigstens einen benachbarten Paar der Schaltungsplatten angeordnet ist. Das heißt, jeder Kühlkörper ermöglicht es, von einem oder mehreren der Komponenten, von denen Wärme abgeführt werden muss und die auf der entsprechenden benachbarten Paar der Schaltungsplatten montiert sind, Wärme von der einen Komponente oder den mehreren Komponenten abzuführen.

[0338] Die Antriebsvorrichtung von jeder der Ausführungsformen ist auf die elektronische Servo-Lenkvorrichtung angewendet, kann aber auch auf eine andere Vorrichtung angewendet werden.

[0339] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsformen begrenzt, sondern kann als verschiedene Modifikationen innerhalb des Schutzbereichs der vorliegenden Erfindung implementiert sein.

Bezugszeichenliste

1 bis 6	Drehungserfassungsvorrichtung
10	Motoreinheit (Erfassungsziel)
51, 52	Mikrocomputer (Regler)
601 bis 607	Sensorelement
610 bis 612, 620 bis 622	Schaltkreismoduls

615, 625, 635	Drehwinkelrechner
616, 626, 636	Drehzahlrechner
617, 627	Kommunikator
65, 661, 662	Paket

und das zweite Schaltungsmodul in dem zweiten Paket eingebaut ist.

Patentansprüche

1. Drehungserfassungsvorrichtung mit:
wenigstens einem ersten und einem zweiten Sensorelement (601 bis 607) die jeweils ausgelegt sind, um eine Drehung eines Erfassungsziels (10) zu messen;
einem Schaltungsmodul (610 bis 612, 620 bis 622) das umfasst:
einen ersten und einen zweiten Drehwinkelrechner, die jeweils ausgelegt sind, um auf der Grundlage eines entsprechenden von einem ersten Messwert des ersten Sensorelements und einem zweiten Messwert des zweiten Sensorelements einen Drehwinkel des Erfassungsziels zu berechnen;
einen ersten und einen zweiten Drehzahlrechner, die jeweils ausgelegt sind, um auf der Grundlage eines entsprechenden von einem ersten Messwert des ersten Sensorelements und einem zweiten Messwert des zweiten Sensorelements eine Drehzahl des Erfassungsziels zu berechnen; und
einen ersten und einen zweiten Kommunikator, die jeweils ausgelegt sind, um zu einem Regler (51, 52) ein Drehwinkelsignal auf der Grundlage des Drehwinkels und ein Drehzahlsignal auf der Grundlage der Drehzahl auszugeben; und
einem Paket (65, 661, 662), das ausgelegt ist, um das erste und das zweite Sensorelement und das Schaltungsmodul unterzubringen, wobei das Paket auf einer Schaltungsplatine (21, 23) getrennt von dem Regler montiert ist.

2. Drehungserfassungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei:
das Paket ein einziges Paket umfasst; und
das erste Sensorelement, das zweite Sensorelement und das Schaltungsmodul in dem einzigen Paket (65) eingebaut sind.

3. Drehungserfassungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei:
das Schaltungsmodul ein erstes Schaltungsmodul und ein zweites Schaltungsmodul umfasst;
das erste Schaltungsmodul den ersten Drehwinkelrechner, den ersten Drehzahlrechner und den ersten Kommunikator umfasst;
das zweite Schaltungsmodul den zweiten Drehwinkelrechner, den zweiten Drehzahlrechner und den zweiten Kommunikator umfasst; und
das Paket (661, 662) wenigstens ein erstes und ein zweites Paket umfasst, wobei das erste Sensorelement und das erste Schaltungsmodul in dem ersten Paket eingebaut ist und das zweite Sensorelement

4. Drehungserfassungsvorrichtung nach Anspruch 3, wobei:
die Schaltungsplatine eine erste Oberfläche (211) und eine der ersten Oberfläche gegenüberliegende zweite Oberfläche (212) umfasst und so angeordnet ist, dass die erste Oberfläche zu dem Erfassungsziel weist;
das erste Paket auf der ersten Oberfläche (211) der Schaltungsplatine montiert ist; und
das zweite Paket auf der zweiten Oberfläche (212) der Schaltungsplatine montiert ist.

5. Drehungserfassungsvorrichtung nach Anspruch 4, wobei:
das erste und das zweite Sensorelement auf einer Drehungsmittellinie des Erfassungsziels angeordnet sind.

6. Drehungserfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei:
das erste und das zweite Sensorelement symmetrisch bezüglich einer Drehungsmittellinie des Erfassungsziels angeordnet sind.

7. Drehungserfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei:
das Schaltungsmodul ein erstes Schaltungsmodul und ein zweites Schaltungsmodul umfasst;
das erste Schaltungsmodul den ersten Drehwinkelrechner, den ersten Drehzahlrechner und den ersten Kommunikator umfasst; und
das zweite Schaltungsmodul den zweiten Drehwinkelrechner, den zweiten Drehzahlrechner und den zweiten Kommunikator umfasst,
die Drehungserfassungsvorrichtung ferner umfasst:
wenigstens einen ersten und einen zweiten Chip (641, 642),
wobei das erste Sensorelement und das erste Schaltungsmodul in dem ersten Chip eingebaut sind und das zweite Sensorelement und das zweite Schaltungsmodul in dem zweiten Chip eingebaut sind.

8. Drehungserfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei:
das Schaltungsmodul ein erstes Schaltungsmodul und ein zweites Schaltungsmodul umfasst;
das erste Schaltungsmodul den ersten Drehwinkelrechner, den ersten Drehzahlrechner und den ersten Kommunikator umfasst; und
das zweite Schaltungsmodul den zweiten Drehwinkelrechner, den zweiten Drehzahlrechner und den zweiten Kommunikator umfasst,
die Drehungserfassungsvorrichtung ferner umfasst:
wenigstens einen ersten und einen vierten Chip (643, 644, 645, 646),
wobei das erste Sensorelement und das erste

Schaltungsmodul in dem ersten bzw. zweiten Chip eingebaut sind und das zweite Sensorelement und das zweite Schaltungsmodul in dem dritten bzw. vierten Chip eingebaut sind.

9. Drehungserfassungsvorrichtung nach Anspruch 8, wobei:
das erste Schaltungsmodul auf einer oberen Oberfläche des zweiten Chips montiert ist;
der erste Chip, in dem das erste Sensorelement eingebaut ist, auf der oberen Oberfläche des zweiten Chips angeordnet ist;
das zweite Schaltungsmodul auf einer oberen Oberfläche des vierten Chips montiert ist; und
der dritte Chip, in dem das zweite Sensorelement eingebaut ist, auf der oberen Oberfläche des vierten Chips angeordnet ist.

10. Die Drehungserfassungsvorrichtung nach Anspruch 8, wobei:
der erste Chip, in dem das erste Sensorelement eingebaut ist, näher bei einer Drehungsmittellinie des Erfassungsziels angeordnet ist als der zweite Chip, in dem das erste Schaltungsmodul eingebaut ist; und
der dritte Chip, in dem das zweite Sensorelement eingebaut ist, näher bei der Drehungsmittellinie des Erfassungsziels angeordnet ist als der vierte Chip, in dem das zweite Schaltungsmodul eingebaut ist.

11. Drehungserfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei:
das erste und das zweite Sensorelemente (601, 607) eine erste bzw. eine zweite Magneterfassungsrichtung umfassen; und
das erste und das zweite Sensorelemente (601, 607) so angeordnet sind, dass ein Winkel zwischen der ersten und der zweiten Magneterfassungsrichtung ein vorbestimmter Winkel ist.

12. Drehungserfassungsvorrichtung nach Anspruch 11, wobei:
das erste und das zweite Sensorelement so angeordnet sind, dass der Winkel zwischen der ersten und der zweiten Magneterfassungsrichtung 180 Grad beträgt.

13. Drehungserfassungsvorrichtung nach Anspruch 11, wobei:
das Drehwinkelsignal auf der Grundlage des Drehwinkels ein digitales Signal mit einer vorbestimmten Anzahl von Bits umfasst; und
der Winkel zwischen der ersten und der zweiten Magneterfassungsrichtung in wenigstens einem der folgenden Bereiche liegt:
einem ersten Bereich von $(0 + d)$ Grad bis 45 Grad einschließlich;
einem zweiten Bereich von 135 Grad bis 225 Grad einschließlich; und

einem dritten Bereich von 315 Grad bis $(360 - d)$ Grad,
wobei d einen Winkel repräsentiert, der einer Auflösung basierend auf der Anzahl von Bits des digitalen Signals entspricht.

14. Drehungserfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei:
das erste und das zweite Sensorelement jeweils ausgelegt sind, um eine Drehung des Erfassungsziels zu messen und dadurch den entsprechenden von dem ersten und dem zweiten Sensormesswerte auszugeben; und
der Regler ausgelegt ist, um zu bestimmen, dass die Drehungserfassungsvorrichtung eine Fehlfunktion aufweist, wenn bestimmt wird, dass ein erster digitaler Wert und ein zweiter digitaler Wert identisch sind, der erste digitale Wert ein digitales Äquivalent des ersten Messwerts des ersten Sensorelements ist, der zweite digitale Wert ein digitales Äquivalent des zweiten Messwerts des zweiten Sensorelements ist.

15. Drehungserfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, die ferner umfasst:
die Schaltungsplatine, auf der das Paket montiert ist, wobei die Schaltungsplatine eine erste Schaltungsplatine ist; und
eine zweite Schaltungsplatine, auf die der Regler montiert ist,
wobei:
die zweite Schaltungsplatine über der ersten Schaltungsplatine von dem Erfassungsziel angeordnet ist; die erste Schaltungsplatine und die zweite Schaltungsplatine über innere Verbindungsanschlüsse (717) kommunizierbar miteinander verbunden sind; und
das Drehsignal und das Drehzahlsignal, die von jedem von dem ersten und dem zweiten Kommunikator ausgegeben werden, über die inneren Verbindungsanschlüsse zu dem Regler übertragen werden.

16. Drehungserfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei:
der erste und der zweite Kommunikator jeweils ausgelegt sind, um über eine entsprechende einzige Kommunikationsleitung (692, 694) ein Ausgangssignal zu dem Regler zu übertragen, wobei das Ausgangssignal eine Folge des entsprechenden Drehwinkelsignals und des entsprechenden Drehzahlsignals umfasst.

17. Elektrische Servo-Lenkvorrichtung mit:
einer Motoreinheit (10), die ausgelegt ist, um ein Unterstützungsmoment zur Unterstützung einer Betätigung einer Lenkwelle durch einen Fahrer bereitzustellen; und
der Drehungserfassungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16; und
dem Regler, der ausgelegt ist, um die Motoreinheit

auf der Grundlage des Drehwinkelsignals und des Drehzahlsignals zu steuern,
wobei das erste und das zweite Sensorelement jeweils ausgelegt sind, um eine Drehung der Motoreinheit als das Erfassungsziel zu messen.

18. Elektrische Servo-Lenkvorrichtung nach Anspruch 17, wobei:
der Regler ausgelegt ist, um auf der Grundlage des Drehwinkels und der Drehzahl einen Lenkwinkel der Lenkwelle zu berechnen.

19. Elektrische Servo-Lenkvorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, wobei
der Regler wenigstens einen ersten Regler und einen zweiten Regler umfasst; und
das Schaltungsmodul wenigstens ein erstes und ein zweites Schaltungsmodul für den ersten bzw. zweiten Regler umfasst,
wobei:
das erste und das zweite Schaltungsmodul jeweils ausgelegt sind, um das Drehwinkelsignal und das Drehzahlsignal zu dem entsprechenden von dem ersten und dem zweiten Regler auszugeben.

Es folgen 28 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

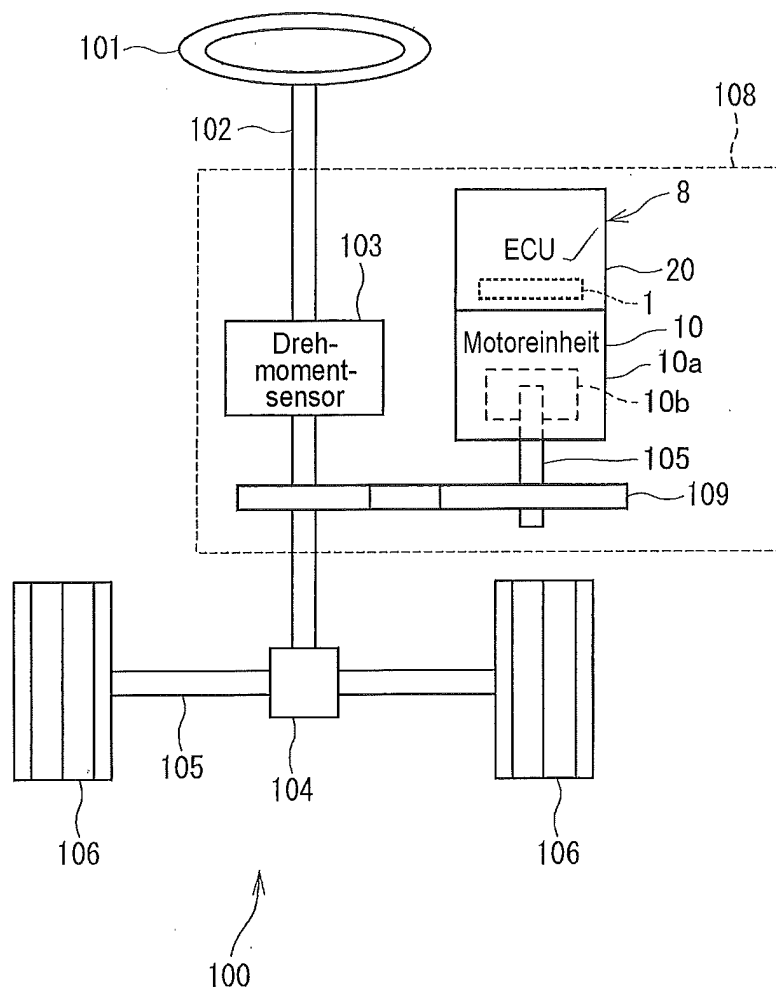


FIG. 2.

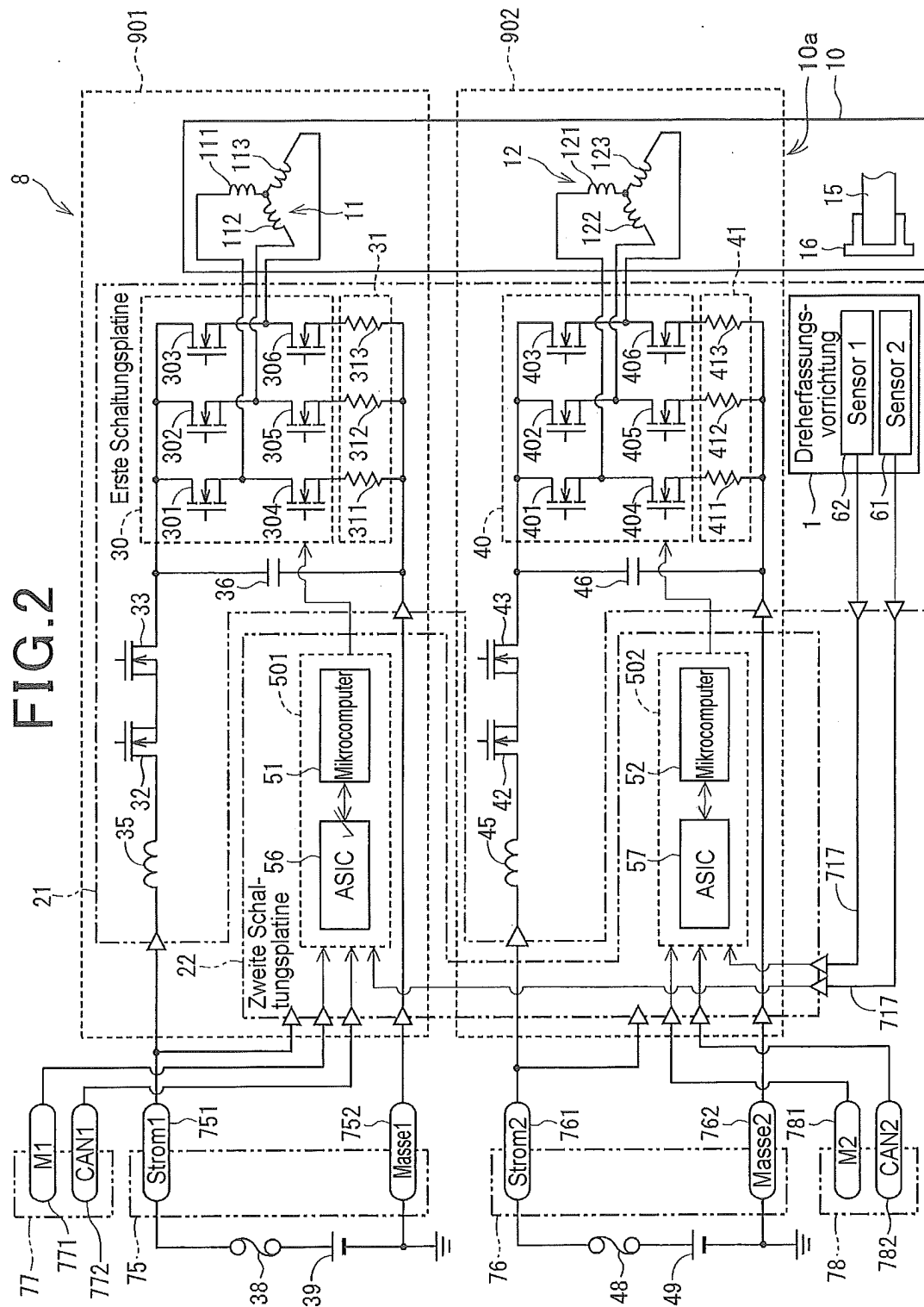


FIG.3

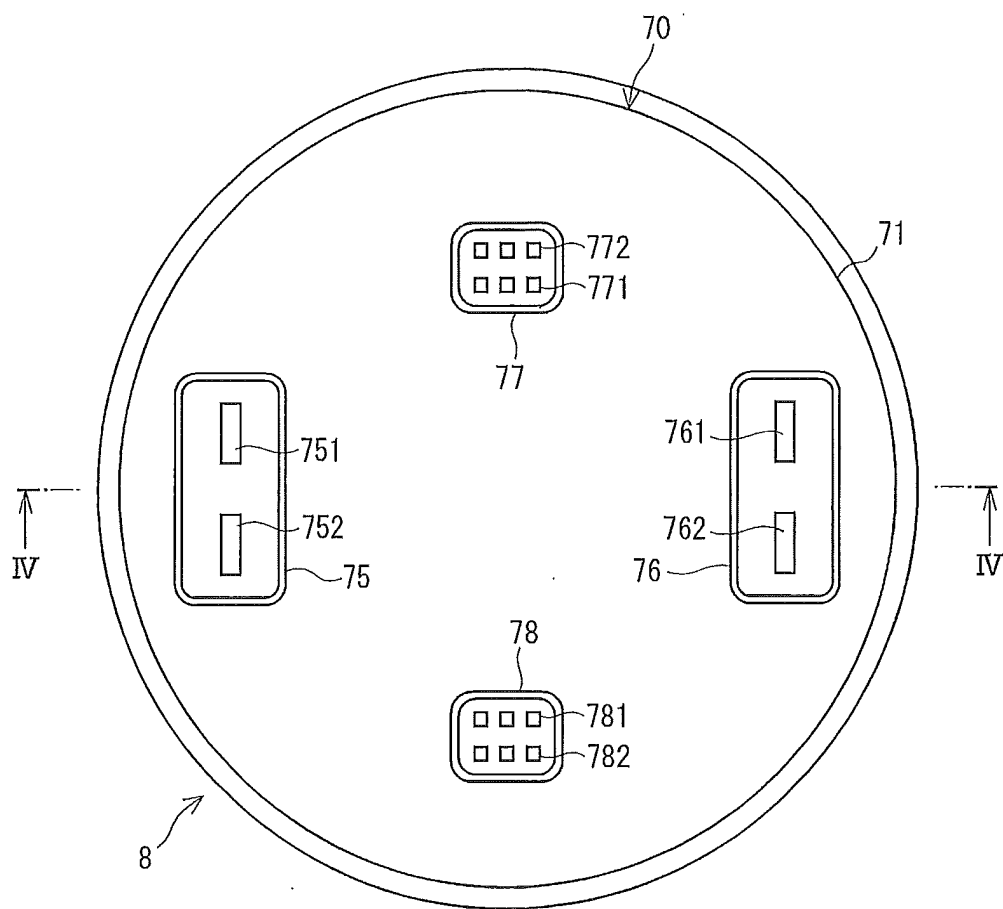


FIG. 4

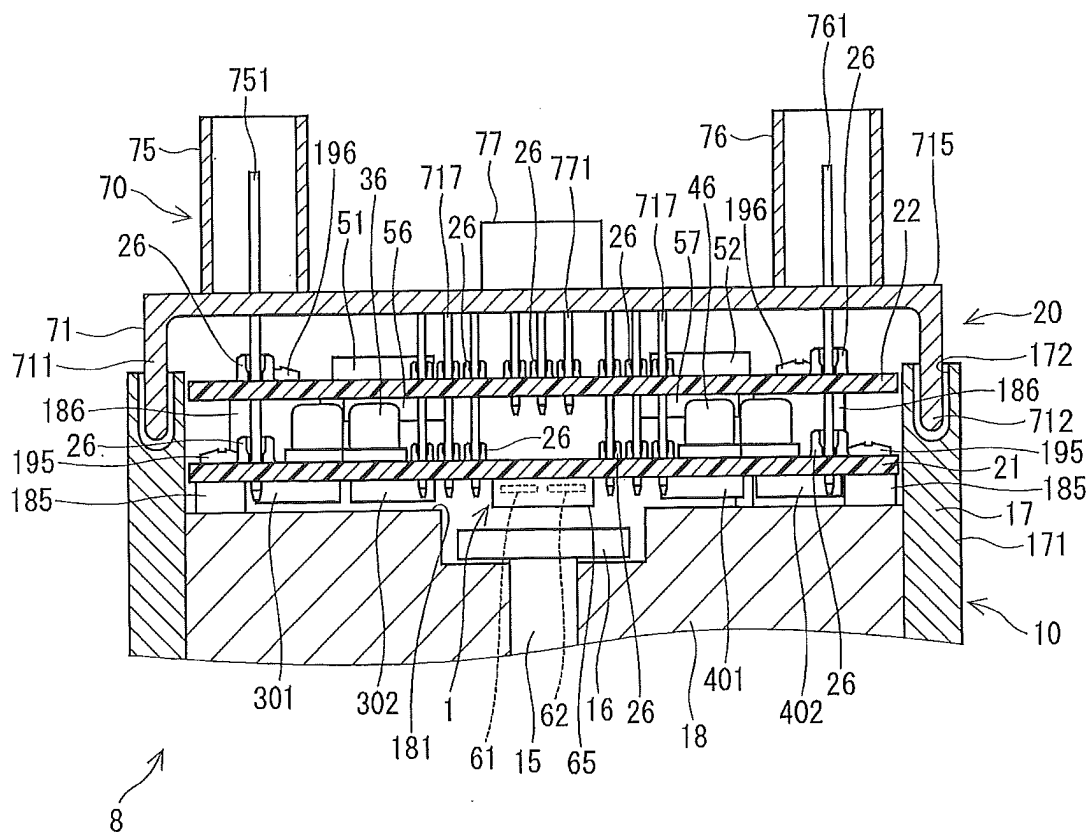


FIG.5

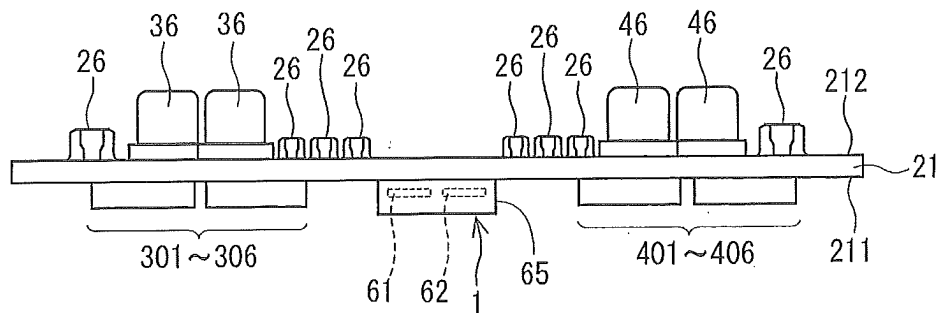


FIG.6

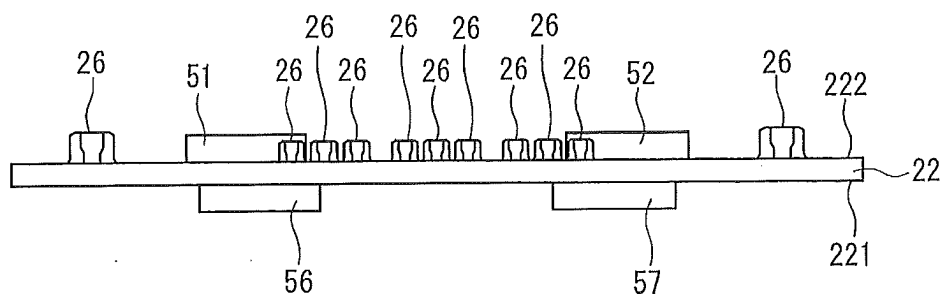


FIG.7A

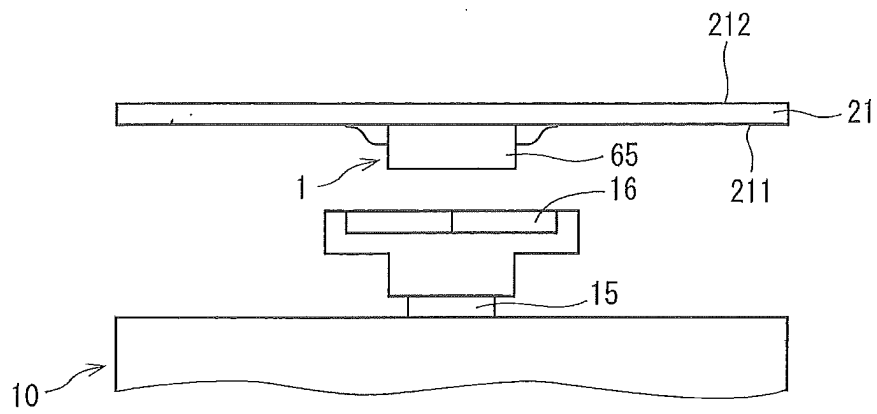


FIG.7B

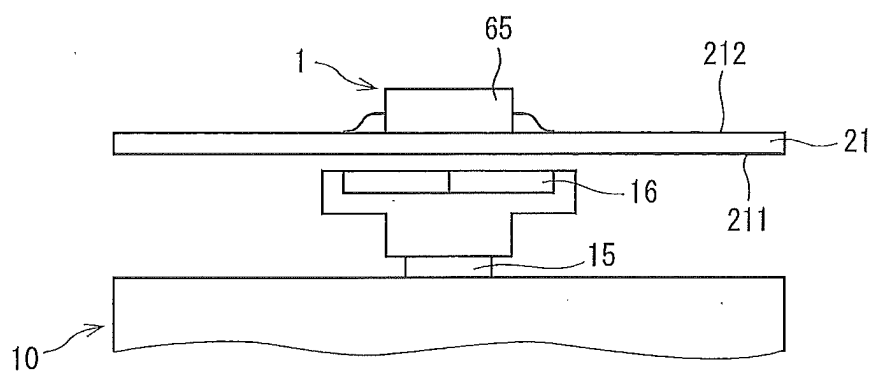


FIG.8

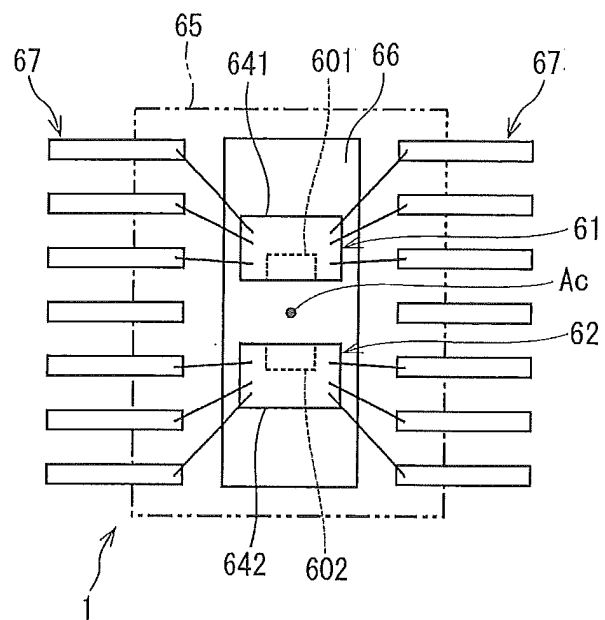


FIG.9

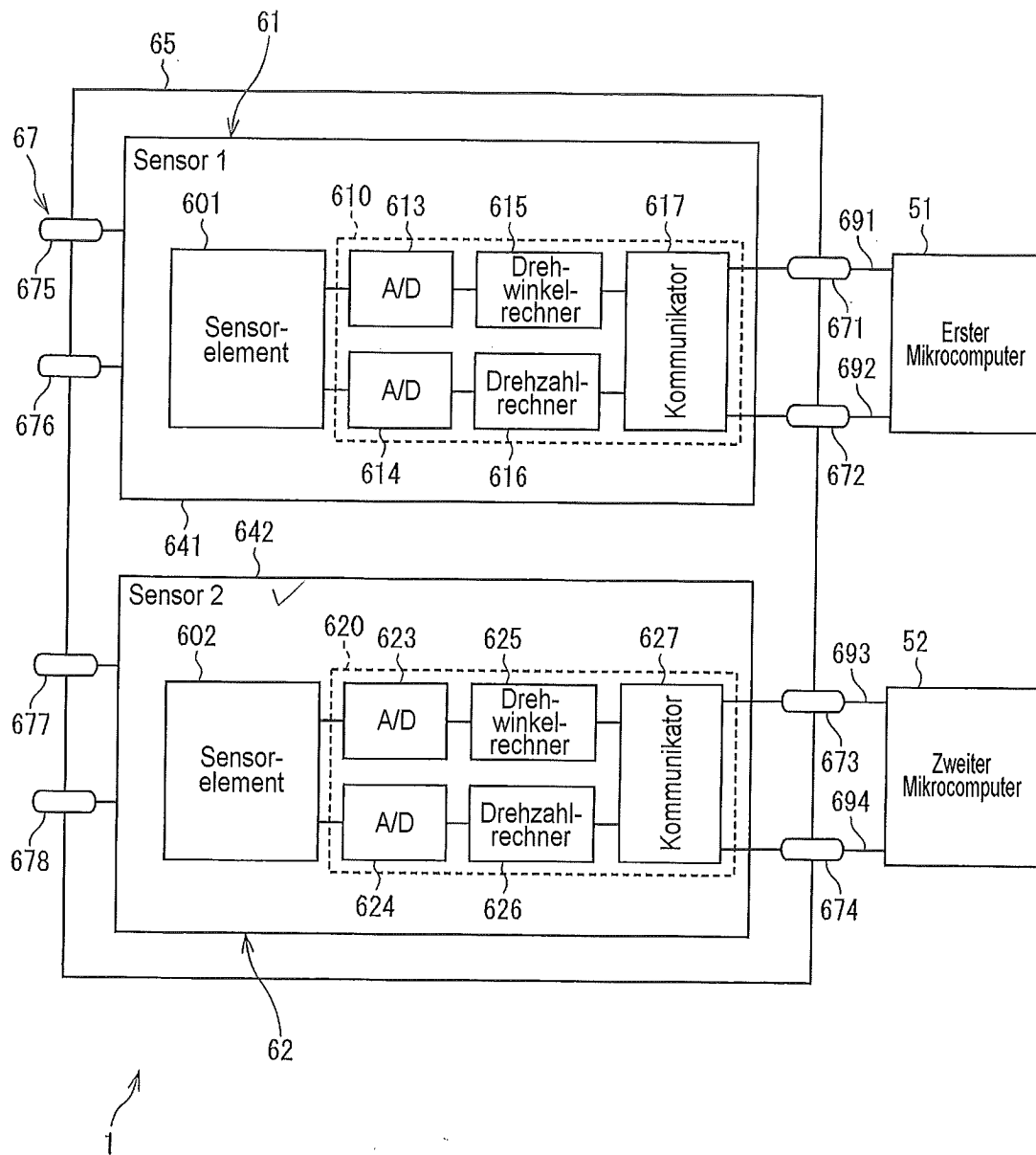
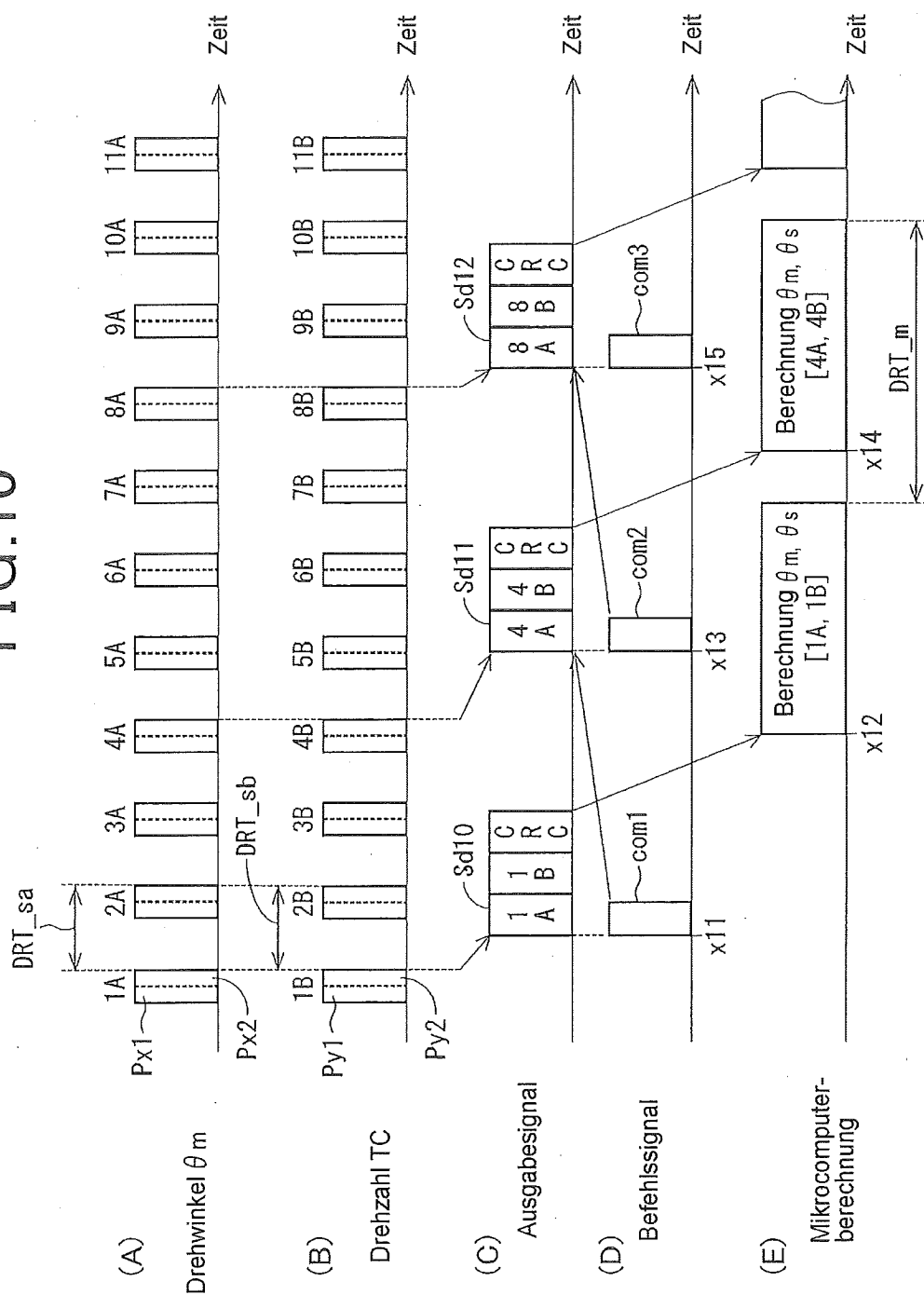


FIG.10



FILE

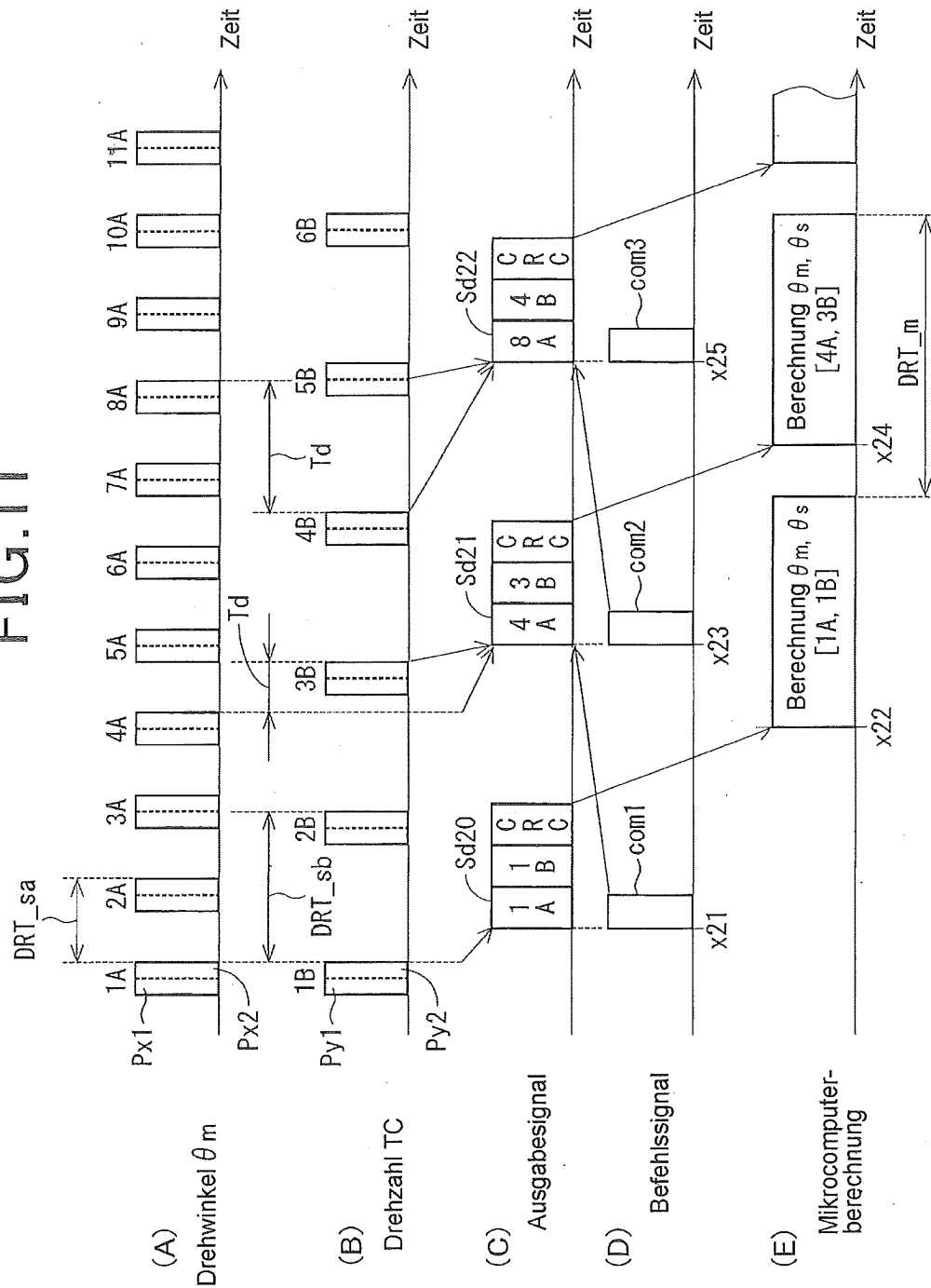


FIG.12

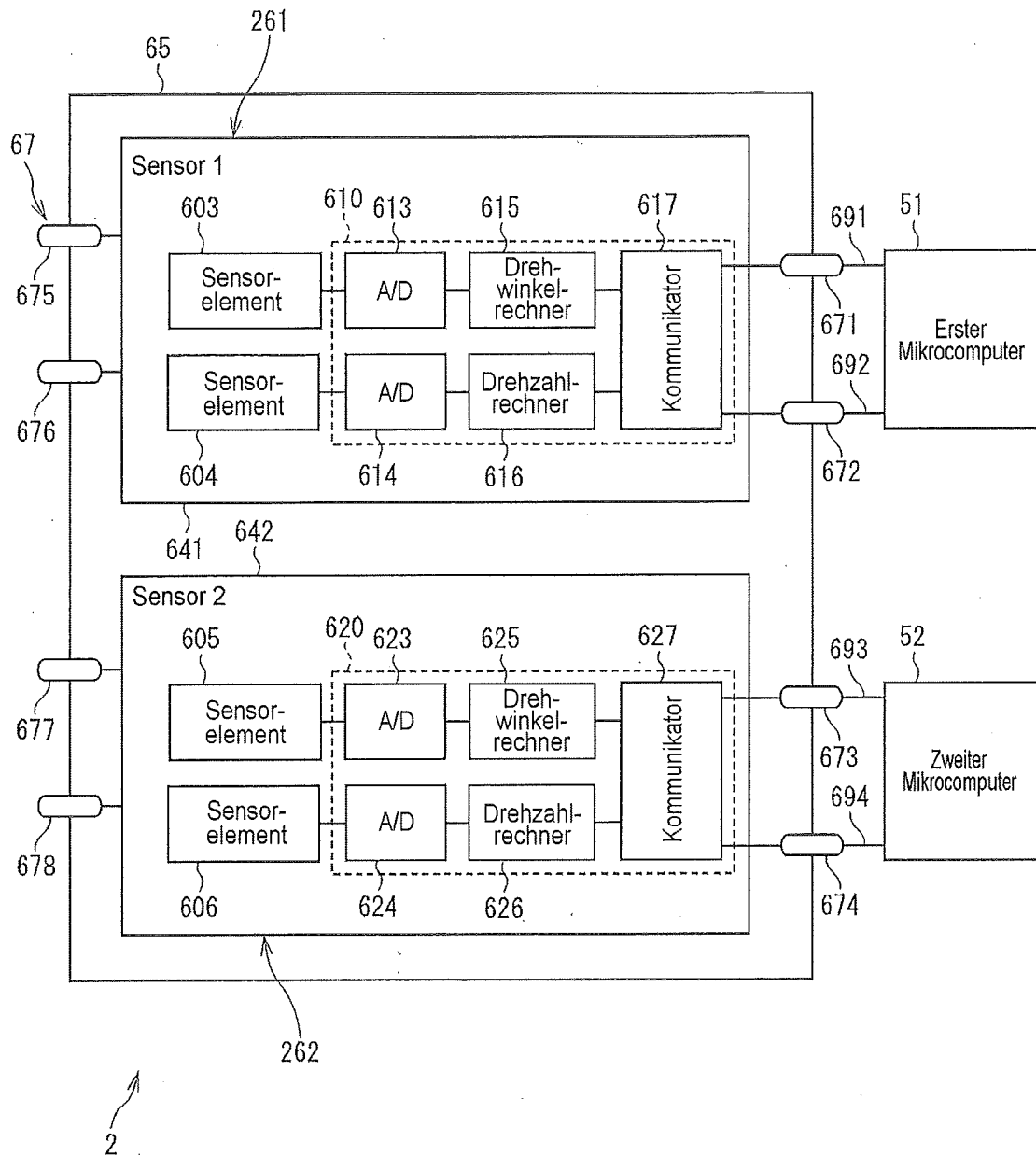


FIG.13A

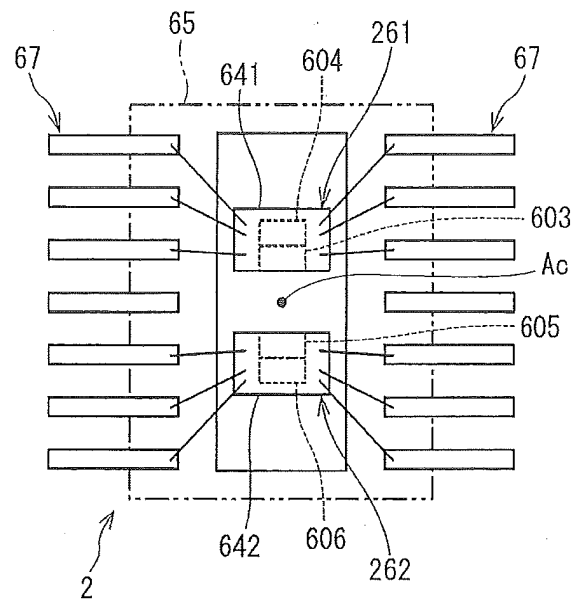


FIG.13B

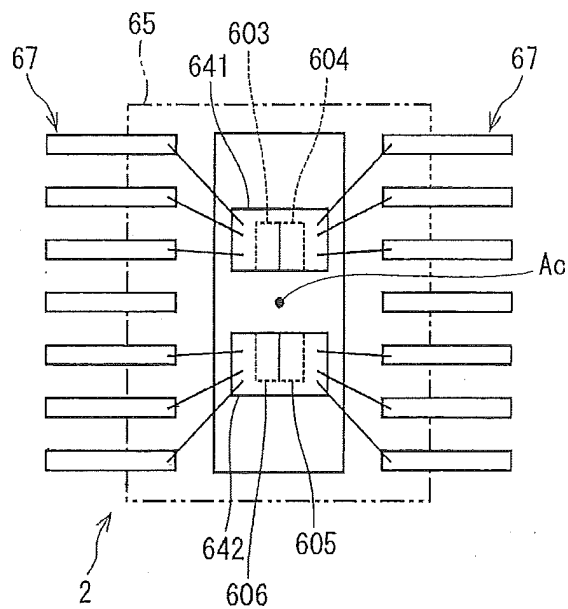


FIG.14

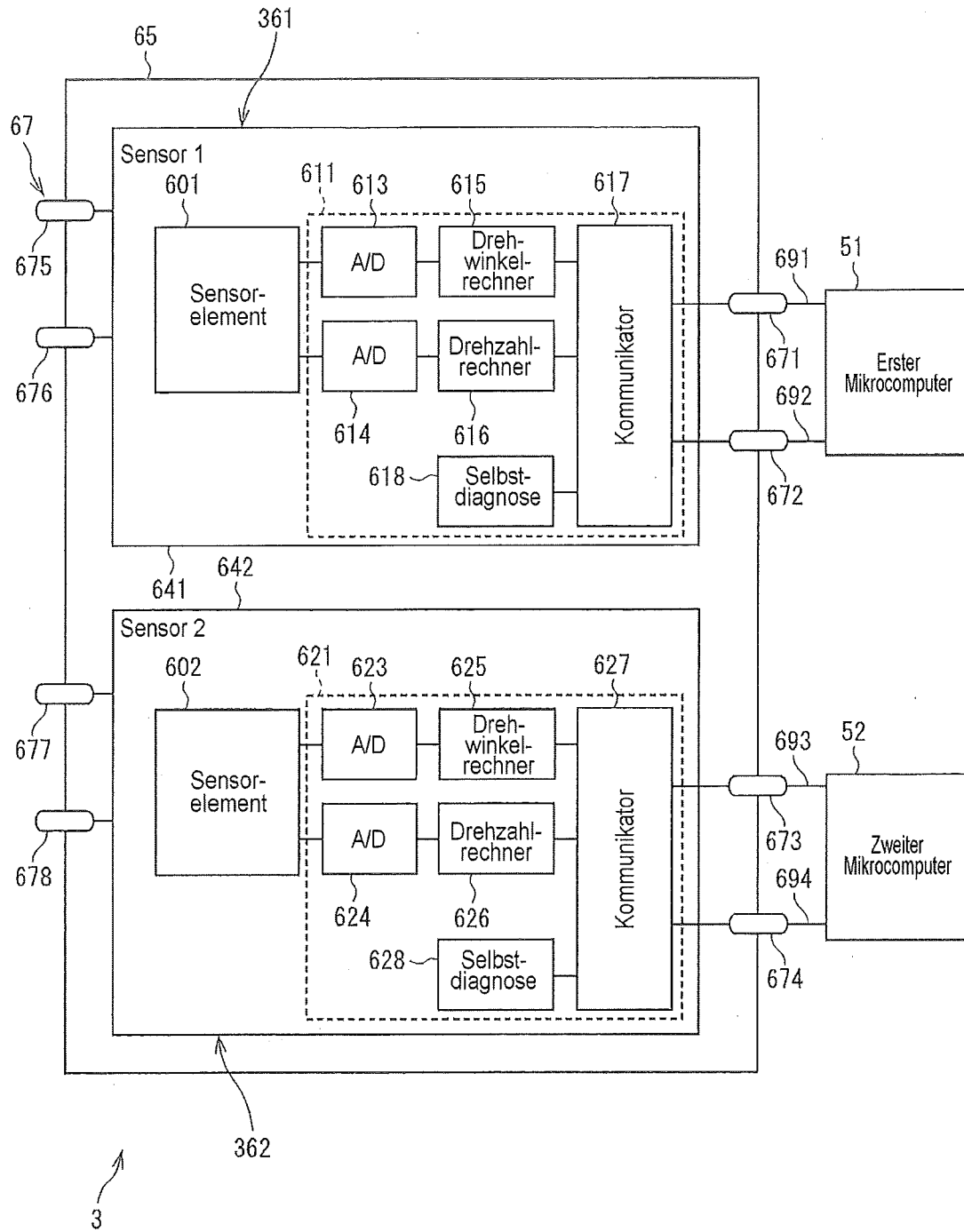


FIG.15

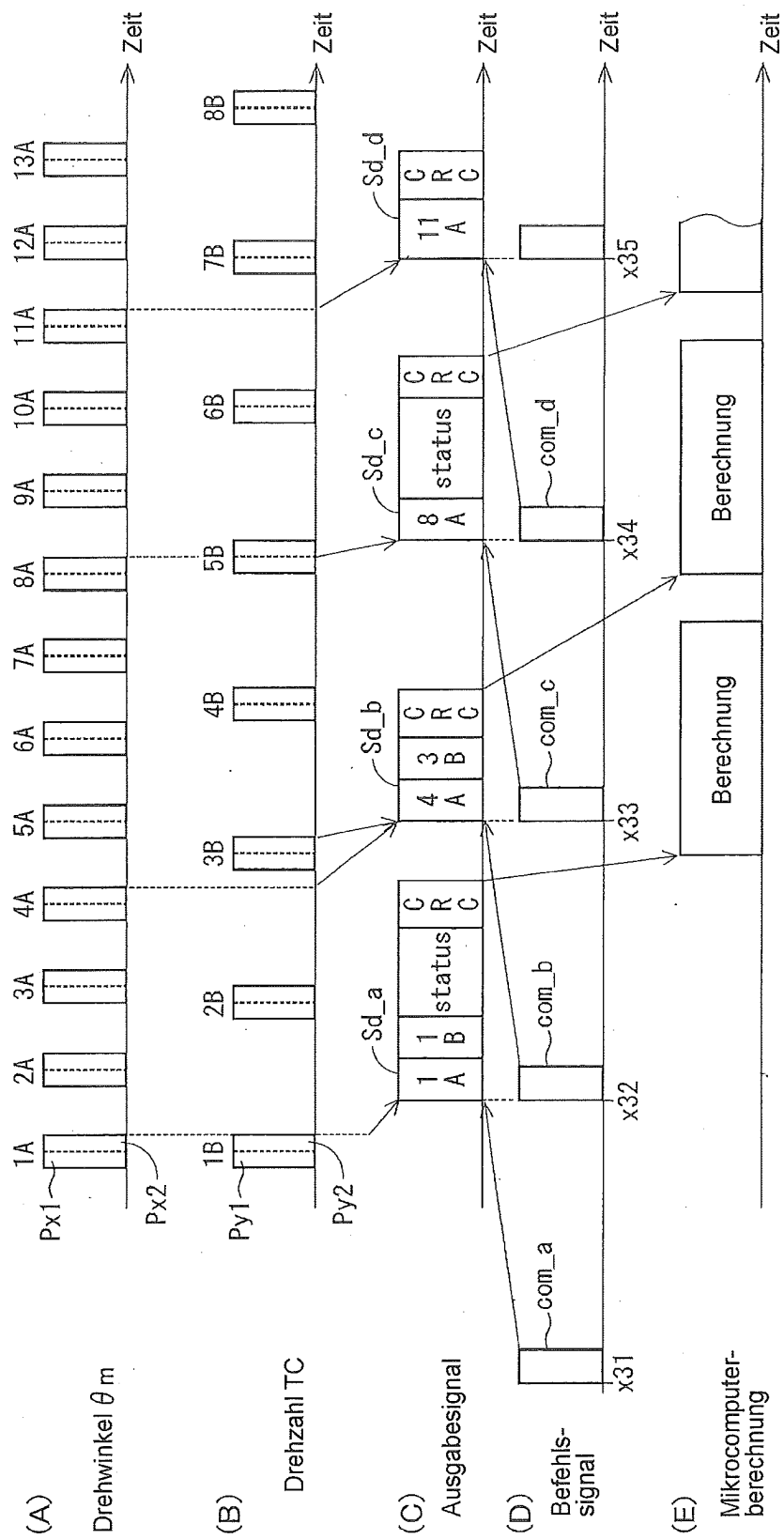


FIG. 16

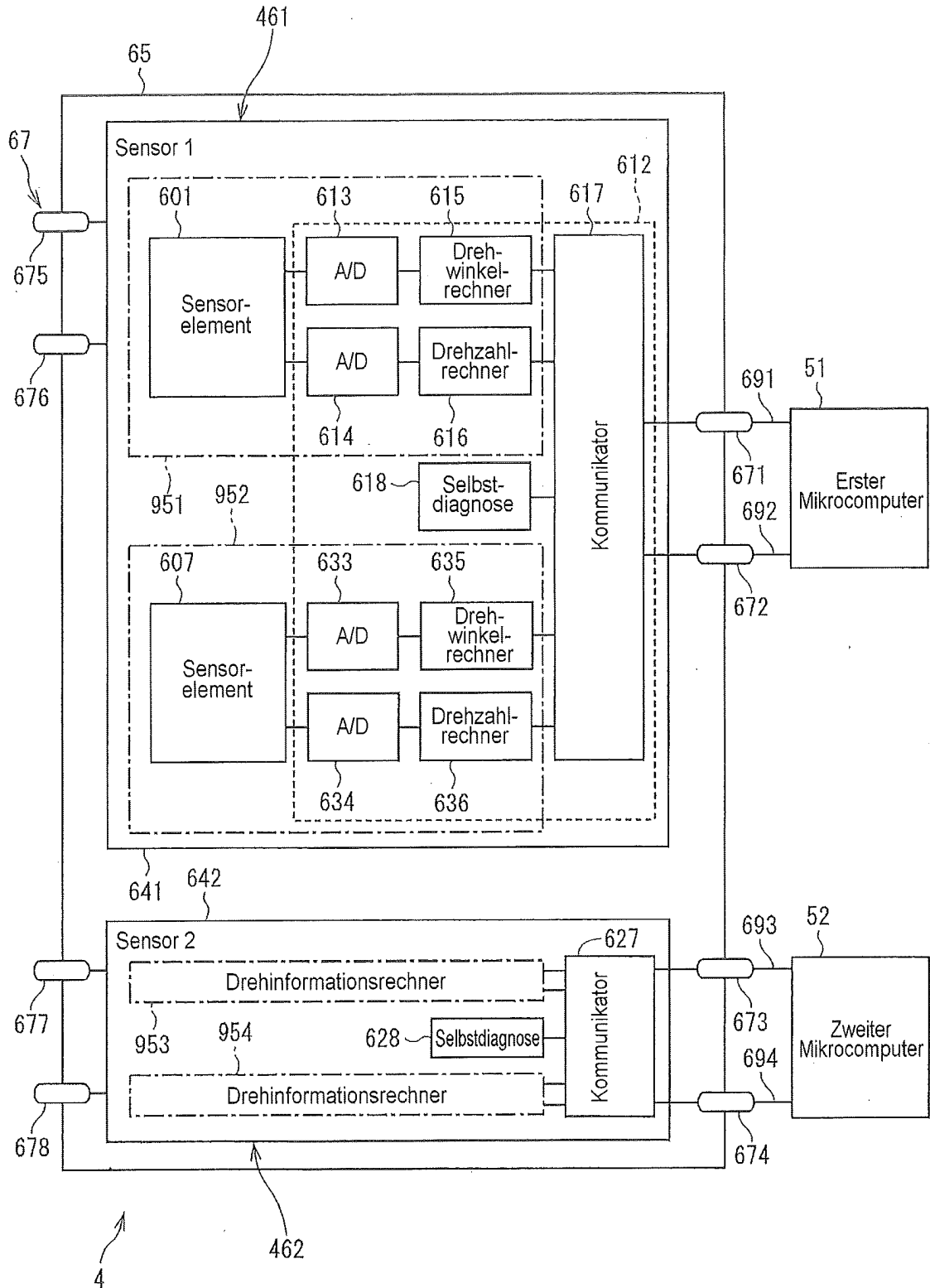


FIG.17

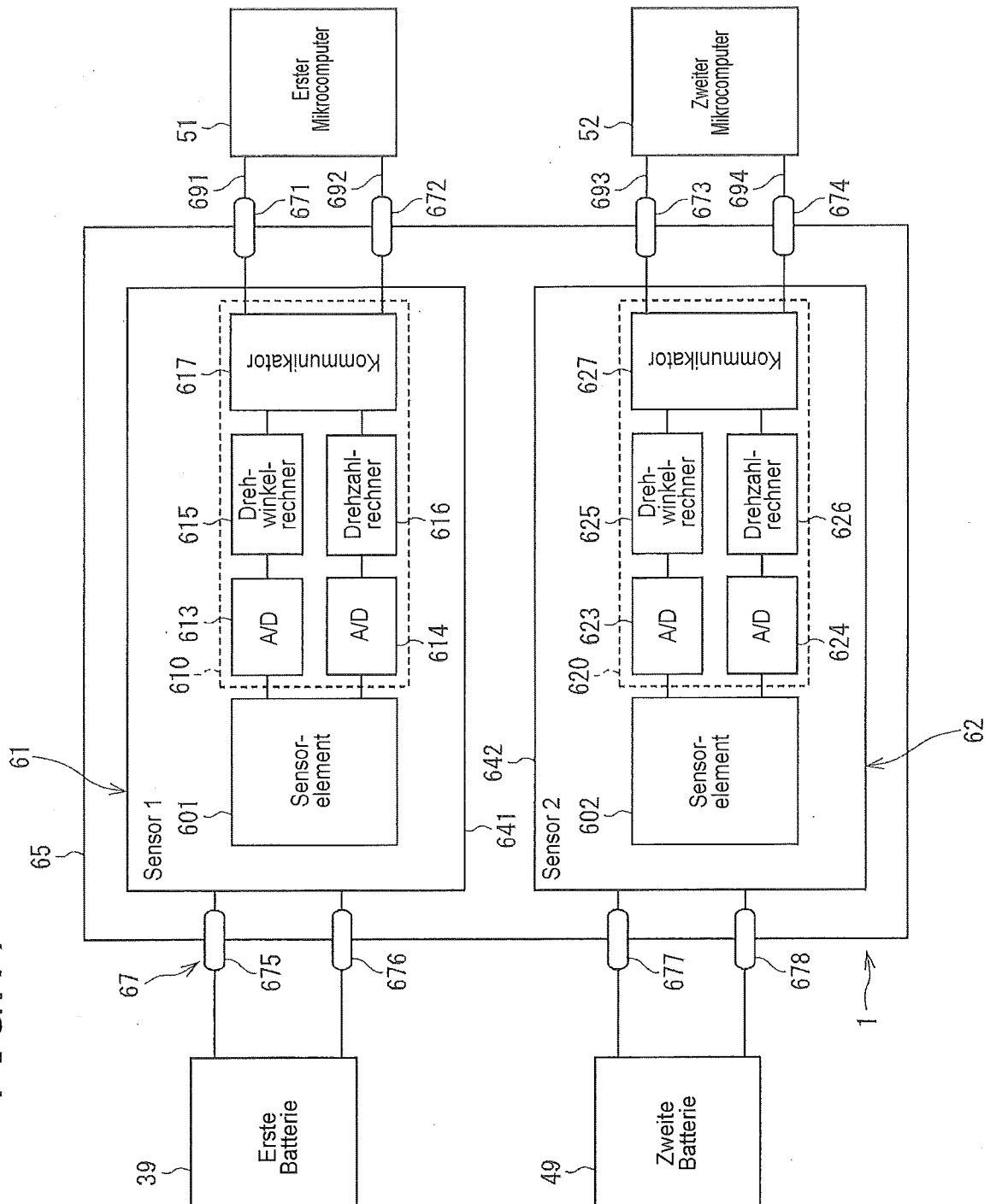


FIG.18

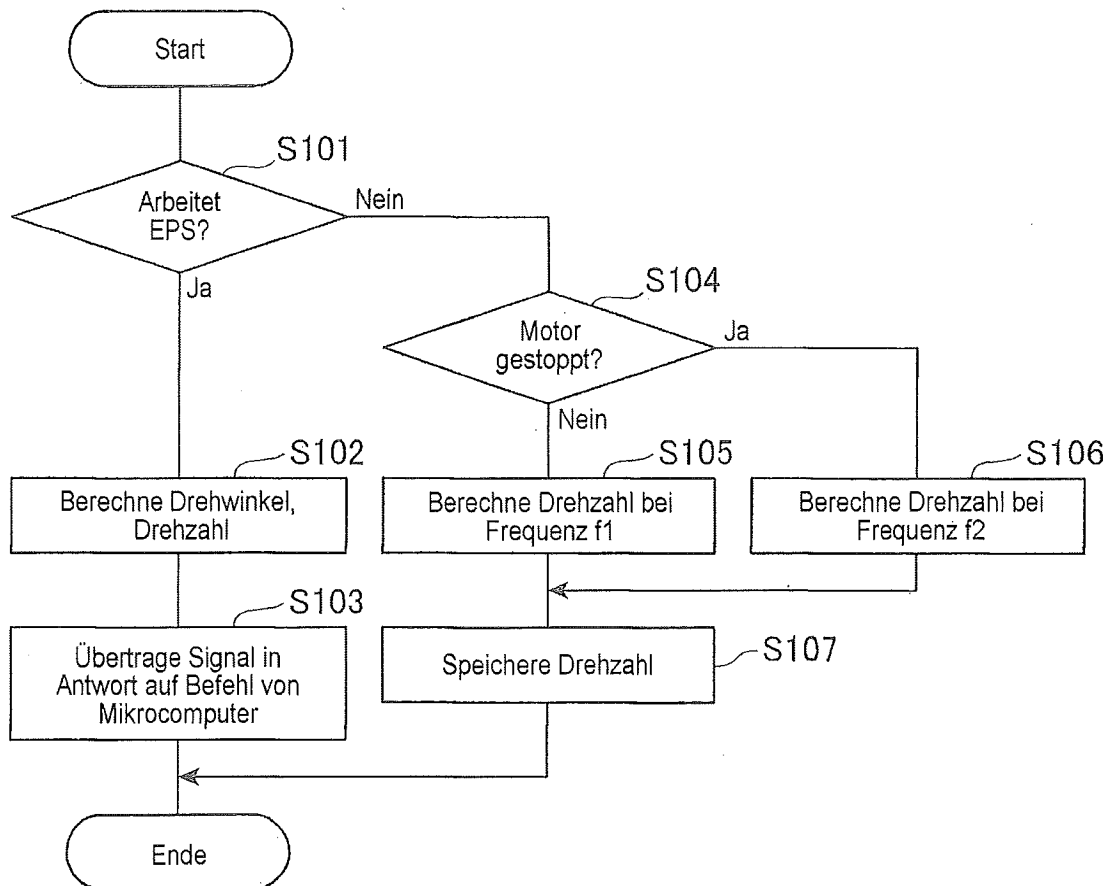


FIG.19

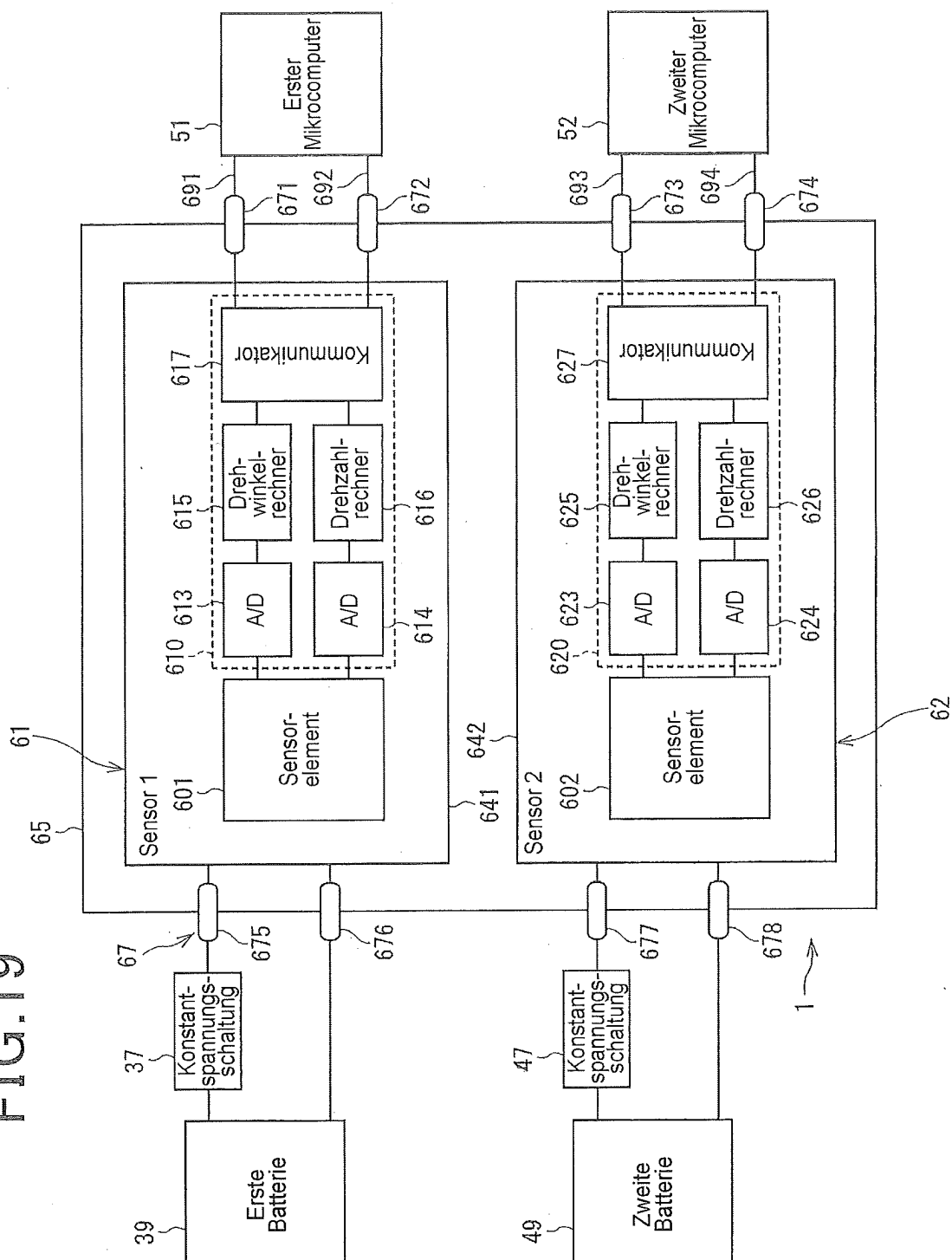


FIG.20A

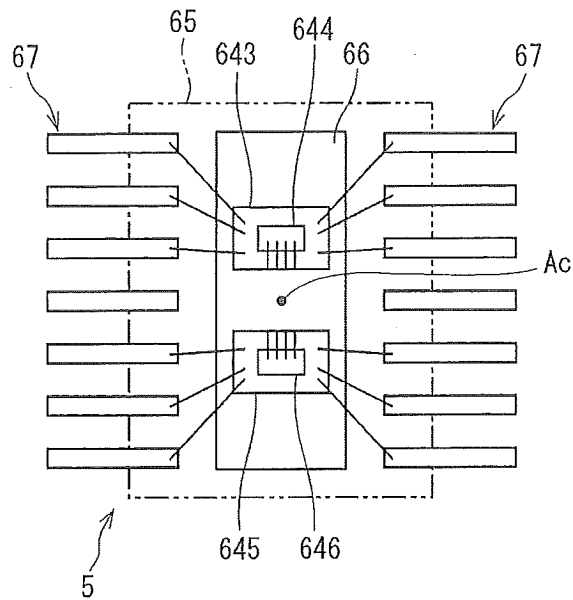


FIG.20B

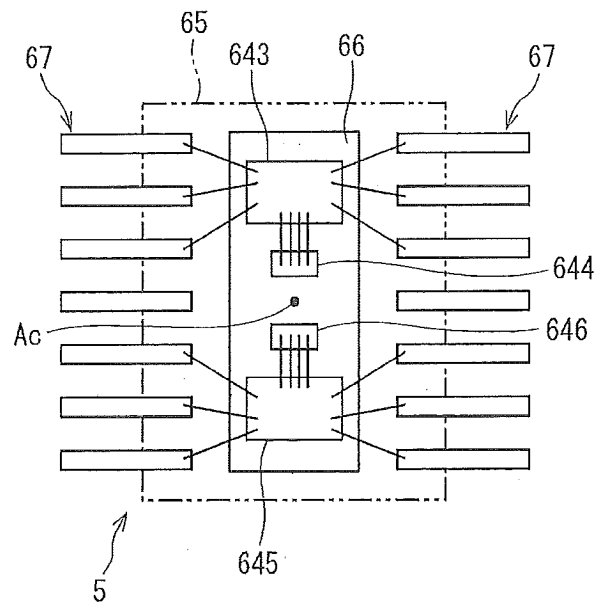


FIG.21

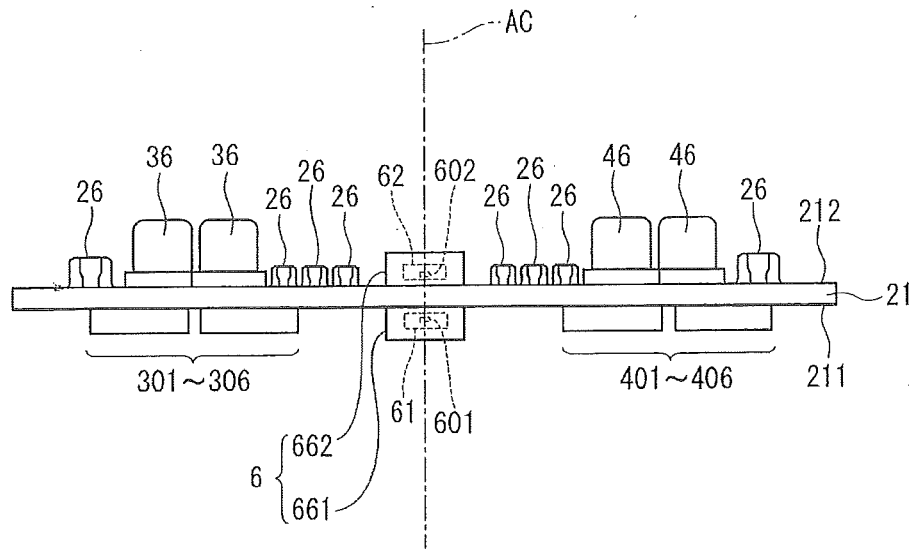


FIG.22

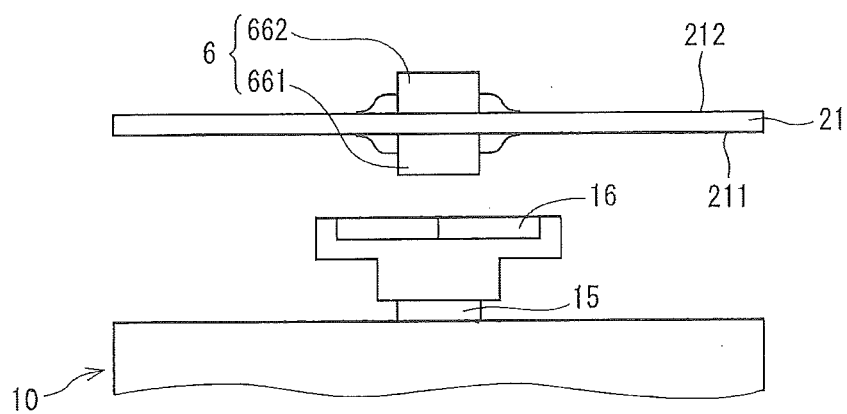


FIG.23A

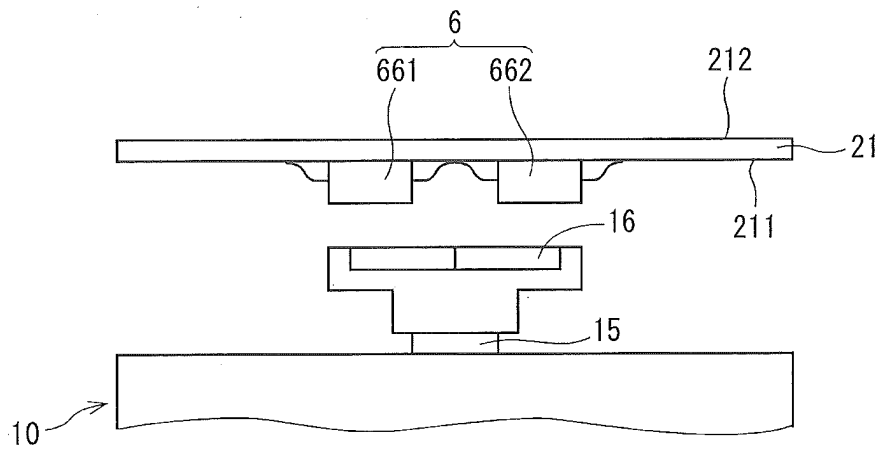


FIG.23B

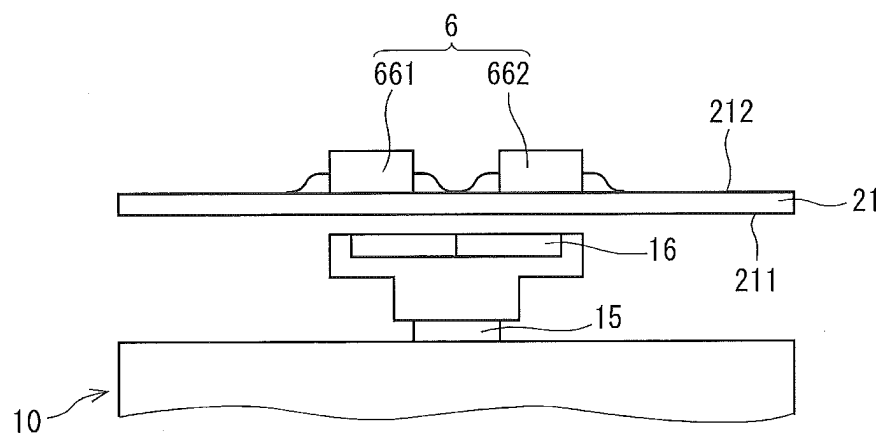


FIG.24

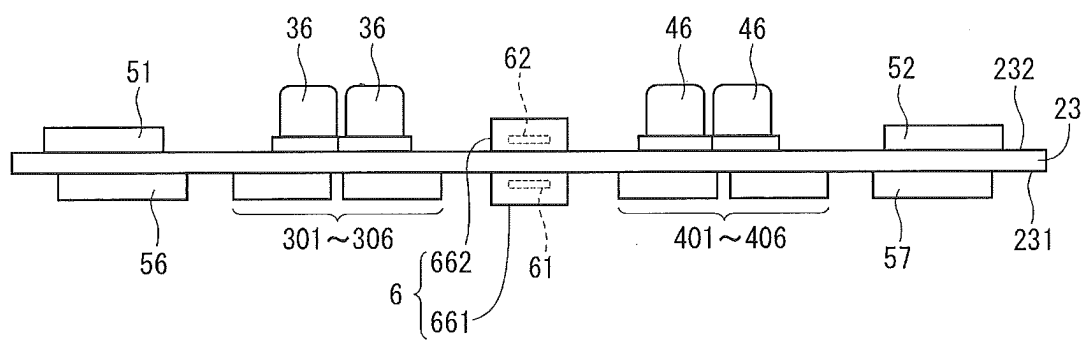


FIG.25A

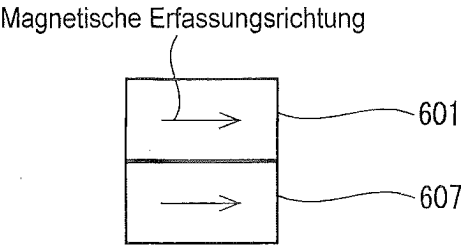


FIG.25B

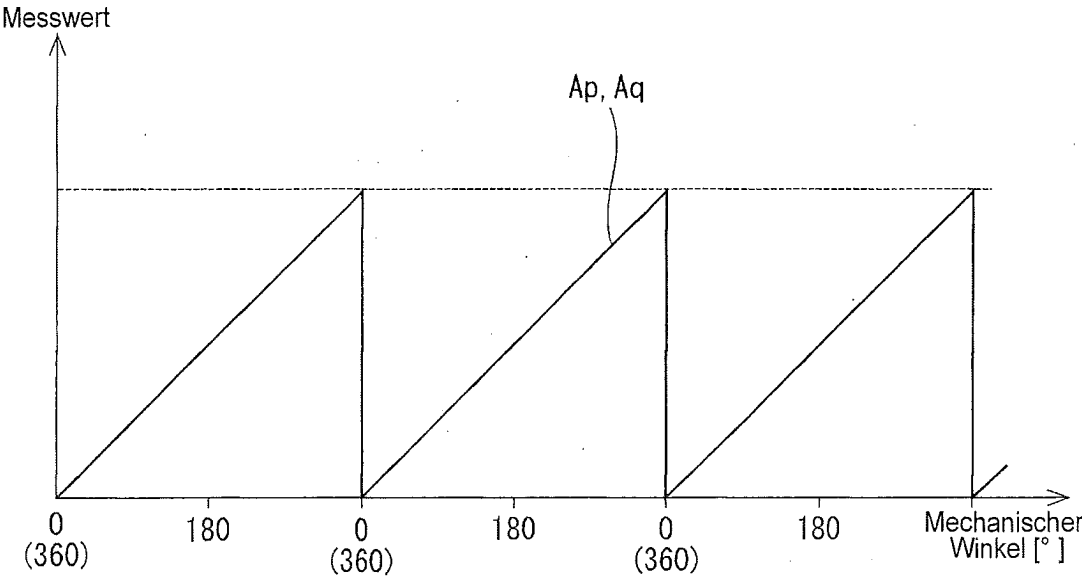


FIG.25C

	Mechanischer Winkel 0°	Festhaltefehler	Fehlerbestimmung
Dp	00000000000000	00000000000000	×
Dq	00000000000000	00000000000000	

FIG.26A

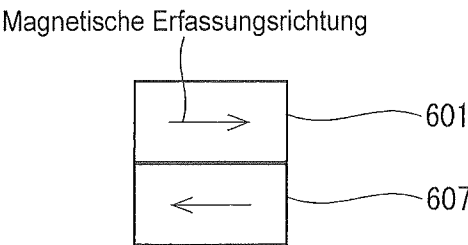


FIG.26B

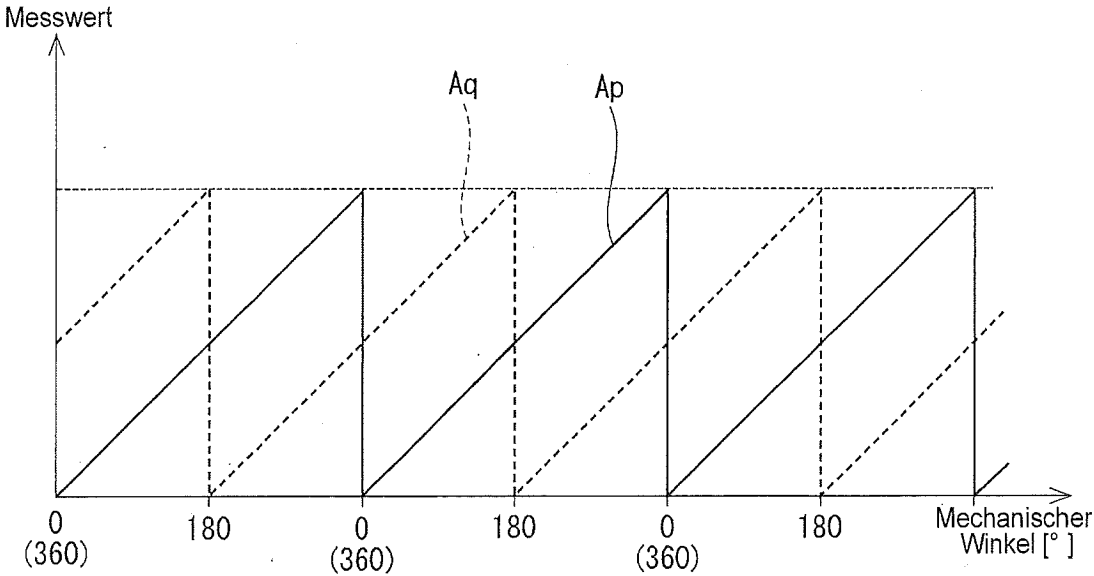


FIG.26C

	Mechanischer Winkel 0°	Festhaltefehler	Fehlerbestimmung
Dp	00000000000000	00000000000000	○
Dq	10000000000000	00000000000000	

FIG.27

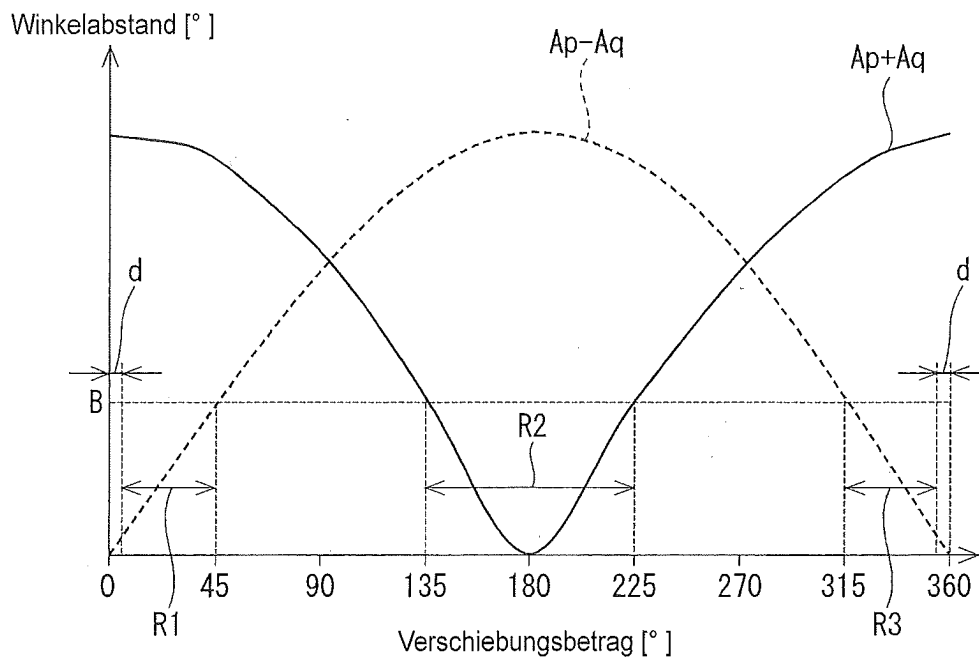


FIG.28

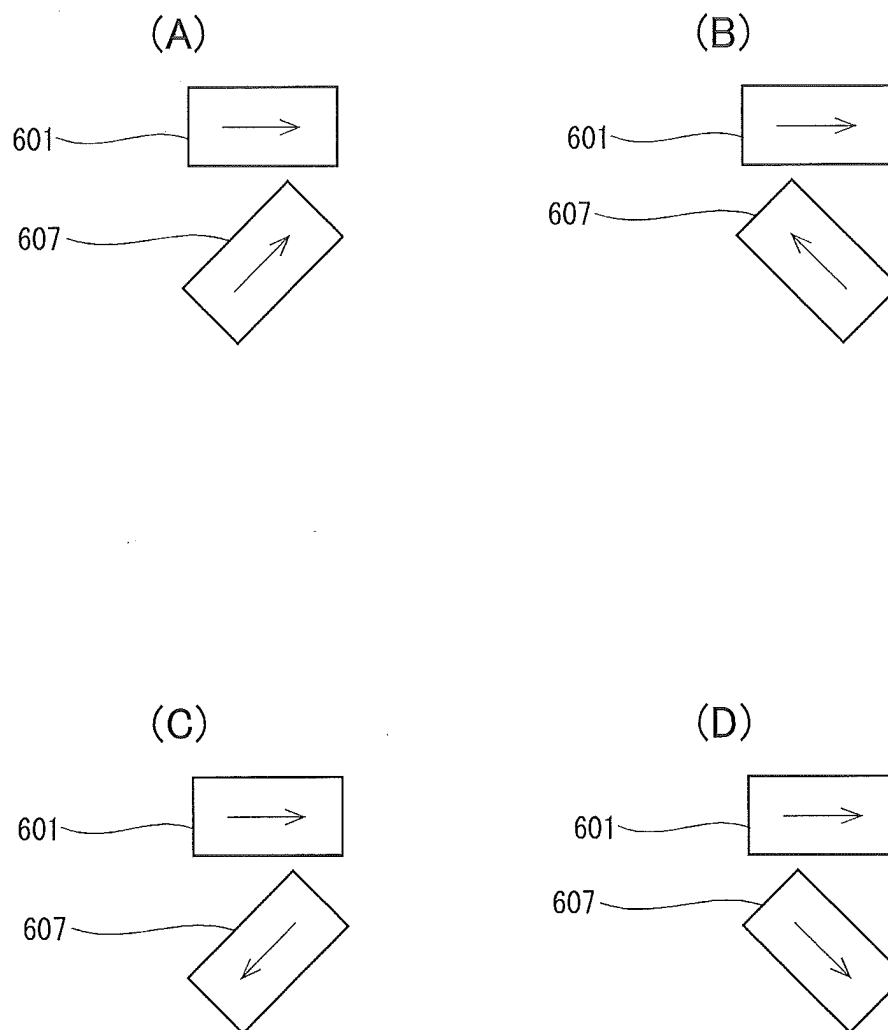


FIG.29

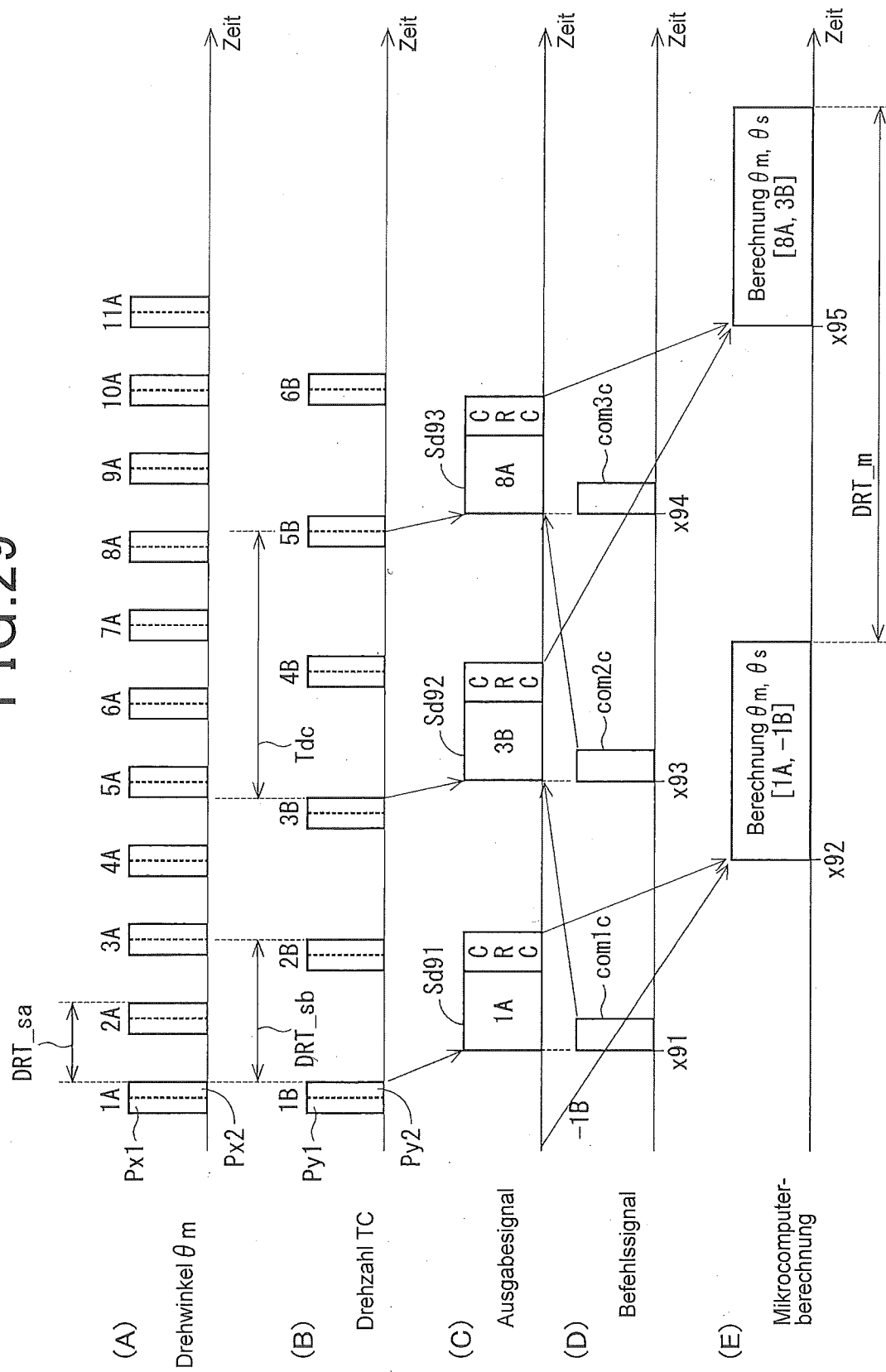


FIG.30

