



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 37 146 T2** 2007.10.04

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 919 450 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 37 146.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP97/02130**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 927 404.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/058833**

(86) PCT-Anmeldetag: **20.06.1997**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **30.12.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.06.1999**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **27.12.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.10.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B62D 5/04** (2006.01)  
**H02H 7/08** (2006.01)

(73) Patentinhaber:

**Mitsubishi Denki K.K., Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

**HOFFMANN & EITLE, 81925 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**KIFUKU, Takayuki-Mitsubishi Denki Kabushiki,  
Chiyoda-ku, Tokyo 100, JP**

(54) Bezeichnung: **MOTORISCH ANGETRIEBENE SERVOLENKUNG**

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

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

**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Servolenkungsrichtung, die eine Massestörung eines Motors und eine Kurzschlussstörung zwischen dem Motor und der Energieversorgung (im Nachfolgenden wird darauf als „Störung eines geschlossenen Schaltkreises“ verwiesen) erfasst, wobei der Motor eine Zusatzlenkkraft produziert zum Unterstützen eines Fahrers beim Lenken. Die elektrische Servolenkungsrichtung führt die Erfassung der Störungen ohne falsche Erfassungen aufgrund der gegenelektromotorischen Kraft und eines Rückkopplungsstroms des Motors durch, und führt folglich eine Failsafe-Operation durch. Eine elektrische Servolenkungsrichtung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 ist aus JP05-185937A bekannt.

## Stand der Technik

**[0002]** [Fig. 12](#) veranschaulicht eine konventionelle Servolenkungsrichtung, die zum Beispiel in der offen gelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 4-31171 offenbart ist. Ein Motor **1**, der eine Zusatzlenkkraft erzeugt, ist steuerbar durch einen Motorantriebsschaltkreis **2** angetrieben. Der Motorantriebsschaltkreis **2** ist in der Form eines H-Brücken-Schaltkreises, der Leistungstransistoren verwendet. Der durch den Motor **1** fließende Strom wird durch einen Motorstrom-Erfassungsschaltkreis **3** erfasst. Die Spannung über den Anschlüssen des Motors **1** wird durch einen Motoranschlussspannungs-Erfassungsschaltkreis **4** erfasst.

**[0003]** Eine Kupplung **5**, die den Motor **1** mechanisch von einer Lenkwelle trennt, wird durch einen Kupplungsantriebsschaltkreis **6** getrieben. Ein Drehmomentsensor **7** erfasst die durch einen Fahrer angewendete Lenkkraft und ein Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **8** erfasst die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs.

**[0004]** Ein Mikrocomputer **9** liest die Ausgaben des Drehmomentsensors **7**, des Fahrzeuggeschwindigkeitssensors **8** und anderes. Der Mikrocomputer **9** steuert den Motor **1** so, dass der Motor **1** eine optimale Zusatzlenkkraft gemäß den Antriebsbedingungen erzeugt, und erfasst die Leitungsstörungen auf der Basis der Ausgaben des Motoranschlussspannungs-Erfassungsschaltkreises **4** und anderer. Die Energieversorgungsspannung von einer Batterie **10** wird an den Motor **1** über den Motorantriebsschaltkreis **2** und an den Mikrocomputer **9** über einen Zündschalter **11** geliefert.

**[0005]** Der Betrieb der konventionellen Vorrichtung wird beschrieben werden. Wenn der Fahrer den Zündschalter **11** in die AN-Position versetzt, empfängt der Mikrocomputer **9** eine elektrische Leistung und liest die Ausgaben des Drehmomentsensors **7** und des Fahrzeuggeschwindigkeitssensors **8**. Gemäß den Fahrbedingungen des Fahrzeugs und der durch den Fahrer durchgeführten Lenkoperation berechnet der Mikrocomputer **9** eine optimale Zusatzlenkkraft, die der Motor **1** erzeugen sollte.

**[0006]** Der Motor **1** ist ein Gleichstrommotor, wobei das Ausgabedrehmoment proportional zu dem Motorstrom ist. Deshalb gibt der Motorstrom die erzeugte Zusatzlenkkraft an. Somit ist die berechnete Lenkkraft äquivalent zu einem Zielstrom bzw. Sollstrom, der dem Motor **1** geliefert werden sollte.

**[0007]** Der Mikrocomputer **9** liest den durch den Motorstrom-Erfassungsschaltkreis **3** erfassten Motorstrom und führt ein Rückkopplungssteuern des Motors **1** durch, so dass der erfasste Motorstrom gleich dem Sollstrom des Motors **1** wird, wodurch eine Spannung berechnet wird, die auf den Motor **1** angewendet werden sollte. Dann sendet der Mikrocomputer **9** die berechnete Spannung an den Motorantriebsschaltkreis **2** zum Antreiben des Motors **1**.

**[0008]** Indessen erfasst der Motoranschlussspannungs-Erfassungsschaltkreis **4** die Spannung über den Anschlüssen des Motors **1**. Der Mikrocomputer **9** vergleicht die berechnete Spannung (Sollspannung) mit der erfassten Spannung. Wenn die Differenz zwischen der Sollspannung und der erfassten Spannung größer als ein vorbestimmter Wert für eine Zeitdauer verbleibt, die länger als ein vorbestimmter Wert ist, dann wird bestimmt, dass eine Leitungsstörung aufgetreten ist.

**[0009]** Wenn zum Beispiel die erfasste Spannung niedriger als die Sollspannung ist, wenn die Differenz zwischen den zwei Spannungen einen vorbestimmten Wert überschreitet und länger als eine vorbestimmte Zeitlänge andauert, wird bestimmt, dass zum Beispiel eine Massestörung auf de(r/n) mit dem Motor **1** verbundenen Energieleitung(en) aufgetreten ist.

**[0010]** Der Motor **1** erzeugt jedoch eine Spannung (gegenelektromotorische Kraft), die proportional zu seiner

Rotationsgeschwindigkeit ist. Wenn der Motor **1** zum Rotieren erregt wird, verursacht die gegenelektromotorische Kraft eine Differenz zwischen der Sollspannung und der erfassten Spannung, selbst wenn die Lenkvorrichtung normal arbeitet, wobei es eine Möglichkeit gibt, dass der Mikrocomputer **9** eine fehlerhafte Erfassung von Leitungsstörungen durchführt.

**[0011]** Eine elektrische Servolenkungs Vorrichtung kann auf einen Fall stoßen, wo der Motor **1** nicht mit elektrischer Leistung versorgt wird, sondern durch seine Last in Rotation angetrieben wird, d.h., die Rotationskraft der Reifen. Wenn zum Beispiel das Fahrzeug mit dem um einen gegebenen Winkel rotierten Lenkrad fährt, kehren die Räder zu ihren Neutralpositionen (selbstausrichtendes Drehmoment) zurück, falls der Fahrer seine Hände von dem Lenkrad nimmt, was bewirkt, dass das Lenkrad in seine Neutralposition zurückkehrt, so dass der Motor **1** rotiert, um eine gegenelektromotorische Kraft unabhängig von der Sollspannung zu erzeugen.

**[0012]** Solch ein Fall kann häufig auftreten, und sogar wenn die Sollspannung null Volt ist, tritt eine durch die gegenelektromotorische Kraft verursachte Spannung über den Anschlüssen auf und wird erfasst. Deshalb neigen konventionelle Verfahren zum Erfassung der Leitungsstörungen einer elektrischen Servolenkungs Vorrichtung sehr dazu, Störungen fehlerhaft zu erfassen. Somit wird eine falsche Erfassung von Leitungsstörungen häufig auftreten, wenn eine Leitungsstörung in der elektrischen Servolenkungs Vorrichtung in Form der Differenz zwischen der Sollspannung und der erfassten Spannung erfasst werden soll. Solch eine häufige falsche Erfassung ist ungünstig.

**[0013]** Beim Treffen von Maßnahmen zum Vermeiden solch einer falschen Erfassung ist es notwendig, zum Beispiel eine sehr lange Zeit von der Erfassung bis bestimmt wird, dass eine Leitungsstörung tatsächlich aufgetreten ist, zu ermöglichen, und eine Failsafe-Operation wird anschließend ausgeführt. Jedoch ist dieses ungünstig, da solch eine lange Zeit die Fähigkeit zum Erfassen von Leitungsstörungen beeinträchtigt.

**[0014]** Wie oben erwähnt, leiden, bei einer konventionellen elektrischen Servolenkungs Vorrichtung, die konventionellen Störungserfassungsverfahren mit dem zuvor erwähnten Verfahren an einem Nachteil, dass die gegenelektromotorische Kraft des Motors **1** häufig falsche Erfassungen von Leitungsstörungen verursacht, wenn eine Störung des Motors **1** in Form der Anschlussspannungen erfasst werden soll.

**[0015]** Aus US 5 552 684, das sämtliche Merkmale des Oberbegriffs von Anspruch 1 umfasst, ist ein motorangetriebenes Servolenkungssteuersystem bekannt, das einen Motorspannungs-Erfassungsschaltkreis zum Erfassen von Anschlussspannungen bei beiden Anschlüssen des elektrischen Motors mittels eines Motorspannungs-Erfassungsschaltkreises umfasst, der über den Anschlüssen des elektrischen Motors angeschlossen ist. Wenn eine Massestörung bei der Energieversorgungsseite des umkehrbaren Motors auftritt, oder alternativ, wenn die PWM-Signale nicht von dem Motorantriebsschaltkreis ausgegeben werden, wird eine Spannung über den Motoranschlüssen ungefähr null und der Motorspannungs-Erfassungsschaltkreis **70** gibt ein entsprechendes Failsafe-Signal F aus. Der bekannte Schaltkreis enthält außerdem einen weiteren Motorspannungs-Erfassungsschaltkreis zum Erfassen, ob der elektrische Zusatzdrehmoment-Generatormotor angetrieben wird.

**[0016]** Die vorliegende Erfindung wurde zum Lösen der zuvor erwähnten Nachteile getätigt. Eine Aufgabe der Erfindung ist es, eine elektrische Servolenkungs Vorrichtung bereitzustellen, wobei Störungen, so wie eine Massestörung der mit dem Motor verbundenen Energieleitungen, erfasst werden können, ohne falsche Erfassungen aufgrund zum Beispiel der gegenelektromotorischen Kraft des Motors.

**[0017]** Diese Aufgabe wird gemäß der vorliegenden Erfindung, wie in Anspruch 1 definiert, gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0018]** Die Erfindung kann Leitungsstörungen, so wie eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss und eine Massestörung des Motors, erfassen, wobei es keine Möglichkeit einer falschen Erfassung aufgrund einer gegenelektromotorischen Kraft des Motors gibt.

**[0019]** Die Fehlerbestimmungseinrichtung der vorliegenden Erfindung enthält eine Motoranschluss-Durchschnittsspannungs-Überwachungseinheit, die die auf den Anschlüssen des Puls-getriebenen Motors auftretenden rechteckförmigen Anschlussspannungen wegglättet und Durchschnitts-Motoranschlussspannungen erfasst. Die Fehlerbestimmungseinrichtung bestimmt, dass eine Störung aufgetreten sein muss, wenn die Motoranschluss-Durchschnittsspannungen nicht vorbestimmte Werte sind, was somit die Last auf dem Mikrocomputer beim Bestimmen der Störung mit dem angetriebenen Motor **1** mindert.

**[0020]** Die Fehlerbestimmungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist mit einer Motoranschlussspannungs-Überwachungseinheit bereitgestellt, die eine vorbestimmte Spannung den Motoranschlussspannungen hinzufügt, wodurch eine Massestörung erfasst wird, ohne dass der Motor angetrieben ist.

**[0021]** In der Erfindung wird eine Störungserfassungsoperation auf der Basis der Motoranschlussspannungen nur durchgeführt, wenn der Motor länger als eine vorbestimmte minimale Zeit entregt ist, wodurch eine Erfassung einer Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss und eine Massestörung des Motorschaltkreis sichergestellt ist. Es gibt keine Möglichkeit einer falschen Erfassung aufgrund eines Rückkopplungsstroms des Motors.

**[0022]** In der vorliegenden Erfindung wird eine Störungserfassungsoperation nicht durchgeführt auf der Basis der Motoranschlussspannungen während einer Erregung des Motors, wenn die auf den Motor angewendeten Spannungen unterhalb von vorbestimmten Werten sind, wodurch eine Erfassung einer Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder eine Massestörung des Motors sichergestellt ist. Es gibt keine Möglichkeit einer falschen Erfassung aufgrund eines Rückkopplungsstroms.

**[0023]** Ferner wird, in der vorliegenden Erfindung, eine Störungserfassungsoperation nicht durchgeführt auf der Basis der Motoranschlussspannungen während einer Erregung des Motors, wenn der Motorstrom gleich oder geringer als ein vorbestimmter Wert ist, wodurch eine Erfassung einer Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder eine Massestörung des Motors sichergestellt ist. Es gibt keine Möglichkeit einer falschen Erfassung aufgrund eines Rückkopplungsstroms.

**[0024]** Ferner wird, in der vorliegenden Erfindung, eine Störungserfassungsoperation basierend auf den Motoranschlussspannungen nur durchgeführt, wenn die Versorgungsspannung der Motor-Antriebs-/Steuereinrichtung innerhalb einer vorbestimmten Spanne ist, wodurch die Erfassung einer Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder eine Massestörung des Motors sichergestellt ist. Es gibt keine Möglichkeit einer falschen Erfassung aufgrund von Rückdioden.

**[0025]** Wenn bestimmt ist, dass eine Störung in der vorliegenden Erfindung aufgetreten sein muss, wird die Erregung des Motors gestoppt, wobei der Schutz von in dem Motorantriebsschaltkreis verwendeten Komponenten sichergestellt ist.

**[0026]** Ferner ist, in der vorliegenden Erfindung, ein Alarmgerät bereitgestellt, das den Fahrer vor einer Störung warnt, wenn bestimmt ist, dass die Störung aufgetreten sein muss.

**[0027]** Wenn bestimmt ist, dass eine Störung in der vorliegenden Erfindung aufgetreten sein muss, wird der Motor mechanisch von dem Lenksystem getrennt, wodurch Zunahmen in der Lenkkraft aufgrund der Generatorbremse des Motors verhindert werden, wenn ein schnelles Lenken durchgeführt wird.

**[0028]** Ferner ist, in der vorliegenden Erfindung, eine Schalteinrichtung zwischen der Motor-Antriebs-/Steuereinrichtung und der Energieversorgung oder zwischen der Motor-Antriebs-/Steuereinrichtung und der Masse bereitgestellt, um den Strompfad zu öffnen, wenn bestimmt ist, dass eine Störung aufgetreten sein muss, wodurch der Strom heruntergefahren wird, selbst wenn der Motorantriebsschaltkreis kurzgeschlossen ist.

**[0029]** Ferner ist, in der vorliegenden Erfindung, eine Schalteinrichtung in dem geschlossenen Schaltkreis bereitgestellt, der aus der Motor-Antriebs-/Steuereinrichtung und seiner Last gebildet ist. Die Schalteinrichtung wird geöffnet zum Vermeiden der Generatorbremse des Motors aufgrund der Störung, wenn bestimmt ist, dass eine Störung aufgetreten sein muss.

**[0030]** Ferner ist, in der vorliegenden Erfindung, eine Kupplungseinrichtung bereitgestellt, die den Motor antreibend mit dem Lenksystem koppelt. Die Kupplungseinrichtung trennt den Motor mechanisch von dem Steuersystem, wenn bestimmt ist, dass eine Störung aufgetreten sein muss, wodurch Zunahmen in der Lenkkraft aufgrund der Generatorbremse des Motors vermieden werden, wenn das Fahrzeug schnell gesteuert wird.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0031]** [Fig. 1](#) veranschaulicht eine elektrische Servolenkungs Vorrichtung gemäß Ausführungsform 1 der Erfindung.

**[0032]** [Fig. 2](#) veranschaulicht die Wellenformen verschiedener Teile, wenn der Motor in einem Ein-

zel-PWM-Antriebsverfahren bzw. Einzel-PWM-Treiberverfahren getrieben wird.

[0033] [Fig. 3](#) veranschaulicht die Wellenformen verschiedener Teile, wenn der Motor in einem Doppel-PWM-Antriebsverfahren bzw. Doppel-PWM-Treiberverfahren getrieben wird.

[0034] [Fig. 4](#) zeigt einen äquivalenten Schaltkreis des Motors.

[0035] [Fig. 5](#) veranschaulicht die Wellenformen verschiedener Teile, wenn der Motor zum Generieren einer genelektromotorischen Kraft läuft.

[0036] [Fig. 6](#) veranschaulicht die Wellenformen verschiedener Teile, wenn eine Massestörung in dem Motor aufgetreten ist.

[0037] [Fig. 7](#) veranschaulicht die Wellenformen verschiedener Teile, wenn eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss in dem Motor aufgetreten ist.

[0038] [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm, das die Störungserfassungsoperation gemäß Ausführungsform 1 der Erfindung veranschaulicht.

[0039] [Fig. 9](#) veranschaulicht die Operation, wenn eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder eine Massestörung während der Erregung des Motors auftritt.

[0040] [Fig. 10](#) ist ein Flussdiagramm, das die Störungserfassungsoperation von Ausführungsform 2 der Erfindung veranschaulicht.

[0041] [Fig. 11](#) veranschaulicht eine elektrische Servolenkungsrichtung gemäß Ausführungsform 4 der Erfindung.

[0042] [Fig. 12](#) veranschaulicht eine konventionelle Servolenkungsrichtung.

#### Bester Modus zum Ausführen der Erfindung

[0043] Die vorliegende Erfindung wird im Detail mit Verweis auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben werden.

#### Ausführungsform 1:

[0044] Ausführungsform 1 wird mit Verweis auf die Figuren beschrieben werden. Elemente, die denen in der konventionellen Vorrichtung ähnlich sind, sind mit denselben oder ähnlichen Bezugszeichen versehen. Mit Verweis auf [Fig. 1](#) treibt ein Motorantriebsschaltkreis **2** einen Motor **1**, der eine Zusatzlenkkraft bereitstellt. Der Motorantriebsschaltkreis **2** ist in der Form eines H-Brücken-Schaltkreises, der MOSFETs **12a–12d** enthält. Der durch den Motor fließende Strom wird durch einen Motorstrom-Erfassungsschaltkreis **3** erfasst und wird an einen Mikrocomputer **9** eingegeben. Motoranschlussspannungs-Erfassungsschaltkreise **13P** und **13N** haben ihre Eingangsanschlüsse mit positiven bzw. negativen Anschlüssen des Ankers verbunden und erfassen die Anschlussspannungen des Motors **1**. Die erfassten Anschlussspannungen werden an den Mikrocomputer **9** eingegeben.

[0045] Die durch den Fahrer angewendete Lenkkraft wird durch einen Drehmomentsensor **7** erfasst und ein Erfassungssignal wird an den Mikrocomputer **9** über einen Drehmomentsensor-Eingabeschaltkreis **14** eingegeben, um den Motor **1** zu steuern, um eine optimale Zusatzlenkkraft gemäß den Fahrzeugbedingungen zu erzeugen. Ein Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **8** erfasst die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs und sendet ein Geschwindigkeitssignal an den Mikrocomputer **9** über einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor-Eingabeschaltkreis **15**. Der Motorantriebsschaltkreis **2** empfängt seine Energieversorgungsspannung von einer Batterie **10** über ein Energieversorgungsrelais **16**, das die Energieversorgungsspannung an- und abschaltet. Ein Energieversorgungsspannungs-Erfassungsschaltkreis **17** erfasst die Energieversorgungsspannung VB für den Motorantriebsschaltkreis **2** und sendet ein Erfassungssignal an den Mikrocomputer **9**.

[0046] Wenn der Mikrocomputer **9** aus den empfangenen Erfassungssignalen bestimmt, dass eine Störung existiert, warnt der Mikrocomputer **9** den Fahrer vor der Störung mit Verwenden einer Alarmlampe **18**.

**[0047]** Der Mikrocomputer **9** enthält eine CPU **19**, ein ROM **20**, ein RAM **21**, einen Timer **22**, einen Motorstrom-Erfassungsschaltkreis **3**, Motoranschlussspannungs-Erfassungsschaltkreise **13P** und **13N**, einen A/D-Wandler **23**, einen PWM-Timer **24** und einen I/O-Port **25**. Die CPU **19** führt eine Störungsbestimmungsoperation, Steuer-/Berechnungsoperationen und andere Operationen basierend auf den von den jeweiligen Erfassungsschaltkreisen empfangenen Signalen durch. Das ROM **20** speichert zum Beispiel verschiedene Programme und das RAM **21** speichert temporär Betriebsergebnisse und Eingangsdaten. Der Timer **22** wird zum Zählen von Zeitintervallen verwendet, bei welchen die Programme aufgerufen werden sollten. Der A/D-Wandler **23** empfängt die Ausgaben des Drehmomentsensors **7** über den Puffer **14**, wandelt die empfangenen Ausgaben in digitale Signale und sendet die digitalen Signale an die CPU **19**. Der PWM-Timer **24** treibt den Motor **1** bei einem angemessenen Tastverhältnis gemäß der von der CPU **19** empfangenen Anweisung. Die CPU **19** gibt Antriebssignale bzw. Treibersignale über den I/O-Port **25** und den Puffer **26** an das Energieversorgungsrelais **16** und die Alarmlampe **18**. Die CPU **19** empfängt die Ausgabe des Fahrzeuggeschwindigkeitssensors **8** über den Puffer **15** und dann durch den I/O-Port **25**.

**[0048]** Der Betrieb von Ausführungsform 1 wird nun beschrieben werden. Die elektrische Servolenkungsrichtung arbeitet in derselben Weise wie die konventionelle Vorrichtung. Gemäß den Erfassungssignalen von dem Drehmomentsensor **7**, dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **8** und dem Motorstrom-Erfassungsschaltkreis **3** weist der Mikrocomputer **9** den Motorantriebsschaltkreis **2** zum Treiben des Motors **1** an, so dass der Motor **1** eine optimale Zusatzlenkkraft ausgibt.

**[0049]** Als nächstes wird das Verhalten der Motoranschlussspannungen beschrieben werden. Eine elektrische Servolenkungsrichtung erfordert, dass ein Strom von einigen zehn Ampere durch den Motor **1** fließt. Um eine Hitzeezeugung in dem Motorantriebsschaltkreis **2** zu unterdrücken, ist der Motor **1** Puls-getrieben. Deshalb wird der Motorstrom bezüglich eines Falles beschrieben, wo der Motor in dem PWM-Antriebsverfahren getrieben ist.

**[0050]** Um den Motor **1** zum Rotieren in irgendeiner der Vorwärts- und Rückwärtsrichtungen zu treiben, kann der Motorantriebsschaltkreis **2** die Form eines H-Brücken-Schaltkreises mit Schaltelementen, so wie MOSFETs, annehmen und die auf den Motor **1** angewendeten Spannungen werden in dem PWM-Antriebsverfahren geschaltet. Die Schaltelemente können in einem von zwei bekannten Schaltverfahren geschaltet werden: ein Einzel-PWM-Antriebsverfahren, so wie in [Fig. 2](#) gezeigt, wo ein MOSFET entweder in der Versorgungsseite oder in der Masseseite geschaltet wird, und der andere MOSFET immer AN bleibt, und ein Doppel-PWM-Antriebsverfahren, so wie in [Fig. 3](#) gezeigt, wo der MOSFET in der Versorgungsseite und der MOSFET in der Masseseite beide geschaltet werden. Das Einzel-PWM-Antriebsverfahren und das Doppel-PWM-Antriebsverfahren werden mit Verweis auf die jeweiligen Figuren beschrieben werden.

**[0051]** [Fig. 2](#) veranschaulicht die Wellenformen der Motoranschlussspannungen, wenn der Motor **1** in dem Einzel-PWM-Antriebsverfahren getrieben wird. Mit Verweis auf [Fig. 2](#) wird der Betrieb bezüglich eines Falls beschrieben werden, wo ein Strom von dem positiven Anschluss des Motors **1** zu dem negativen Anschluss fließt. Die CPU **19** weist den PWM-Timer **24** basierend auf den Ergebnissen der vorbestimmten Berechnungen an, um den MOSFET **12a** bei einem Tastverhältnis entsprechend einer Spannung zu treiben, die auf den Motor **1** angewendet werden sollte, die MOSFETs **12b** und **12c** bei einem Tastverhältnis von 0% und den MOSFET **12d** bei einem Tastverhältnis von 100%. Dann fließt ein Motorstrom durch einen in [Fig. 2](#) gezeigten Strompfad I1.

**[0052]** Ein Rückkopplungsstrom fließt in einem in [Fig. 2](#) gezeigten Strompfad I2 durch den Motor während einer Zeitdauer von wann der MOSFET **12a** abgeschaltet ist bis der MOSFET **12a** nachfolgend angeschaltet ist. Wenn der Rückkopplungsstrom zu null primär von dem Widerstand in den Ankerwicklungen verbraucht ist, d.h., wenn das Tastverhältnis niedrig ist, wird der Motorstrom diskontinuierlich dem Motor geliefert (diskontinuierlicher Strommodus). Wenn das Tastverhältnis hoch ist, wird der Motorstrom kontinuierlich geliefert (kontinuierlicher Strommodus).

**[0053]** Wenn die Rotationsgeschwindigkeit des Motors **1** ausreichend niedrig ist, so dass die gegenelektromotorische Kraft des Motors **1** ignoriert werden kann, und die An-Widerstände der MOSFETs **12** klein genug sind, so dass die Drain-zu-Source-Spannungen als nahezu null angenommen werden können, variieren dann die Anschlussspannungen VM+ und VM- des Motors **1** bezüglich des Massepotentials wie in [Fig. 2](#) gezeigt.

**[0054]** Der Betrieb wird in Reihenfolge beschrieben werden. Die Spannung VM+ ist so hoch wie die Spannung der Batterie **10**, während der MOSFET **12a** AN bleibt, so dass VM+ = VB. Wenn der MOSFET **12a** AUS wird, wird die parasitäre Diode des MOSFET **12c** angeschaltet, um als eine Rückdiode zu arbeiten, mit dem Ergebnis, das VM+ = -VF (VF ist ein Vorwärtsspannungsabfall der parasitären Diode).



**[0055]** Danach wird, in dem diskontinuierlichen Strommodus, die parasitäre Diode des MOSFET **12c** AUS, wenn der MOSFET **12a** AUS ist, und deshalb nähert sich  $VM+$  asymptotisch null. In dem kontinuierlichen Strommodus wird die parasitäre Diode des MOSFET **12c** AN, wenn der MOSFET **12a** AUS ist, und  $VM+$  bleibt  $VM+ = -VF$ . Die  $VM-$  ist null, ungeachtet dessen, ob der MOSFET **12a** AN oder AUS ist.

**[0056]** [Fig. 3](#) veranschaulicht die Wellenformen der Anschlussspannungen des Motors **1**, wenn der Motor **1** in dem Doppel-PWM-Antriebsverfahren getrieben wird. In diesem Fall wird der Betrieb auch mit Verweis auf einen Fall beschrieben werden, wo ein Strom durch den Motor **1** von dem positiven Anschluss des Motors **1** zu dem negativen Anschluss fließt. Die CPU **19** weist den PWM-Timer **24** basierend auf den Ergebnissen der vorbestimmten Berechnungsoperationen an, um die MOSFETs **12a** und **12d** bei einem Tastverhältnis entsprechend einer Spannung zu treiben, die auf den Motor **1** angewendet werden sollte, und die MOSFETs **12b** und **12c** bei einem Tastverhältnis von 0%. Dann ist der Stromfluss in den Strompfaden I1 und I2 wie in [Fig. 3](#) gezeigt.

**[0057]** In dem Doppel-PWM-Antriebsverfahren gibt es auch einen diskontinuierlichen Strommodus und einen kontinuierlichen Strommodus. Die  $VM+$  und  $VM-$  in den jeweiligen Modi werden sich wie in [Fig. 3](#) gezeigt ändern. Der Betrieb wird in Reihenfolge beschrieben werden. In dem kontinuierlichen Strommodus ist die  $VM+$  so hoch wie  $VB$ , wenn die MOSFETs **12a** und **12d** AN sind. Wenn die MOSFETs **12a** und **12d** AUS werden, werden die parasitären Dioden der MOSFETs **12b** und **12c** AN, um als Rückdiode zu arbeiten, und deshalb ist die  $VM+$   $-VF$ .

**[0058]** Danach werden, in dem diskontinuierlichen Strommodus die parasitären Dioden der MOSFETs **12b** und **12c** AUS, wenn die MOSFETs **12a** und **12d** AUS sind, so dass die  $VM+$  sich asymptotisch  $VB/2$  nähert. In dem kontinuierlichen Strommodus sind die parasitären Dioden der MOSFETs **12b** und **12c** AN, wenn der MOSFET **12a** AUS bleibt, so dass  $VM+ = -VF$ .

**[0059]** Inzwischen ist die  $VM-$  gleich null, wenn die MOSFETs **12a** und **12d** AN bleiben. Wenn die MOSFETs **12a** und **12d** AUS werden, werden die parasitären Dioden der MOSFETs **12b** und **12c** AN, um als eine Rückdiode zu arbeiten, mit dem Ergebnis, dass  $VM- = VB - VF$ . Danach werden, in dem diskontinuierlichen Strommodus, die parasitären Dioden der MOSFETs **12b** und **12c** AUS, wenn die MOSFETs **12a** und **12d** AUS sind, so dass  $VM-$  sich ungefähr  $VB/2$  asymptotisch nähert. In dem kontinuierlichen Strommodus sind die parasitären Dioden der MOSFETs **12b** und **12c** AN, während der MOSFET **12a** AUS bleibt, so dass  $VM- = VB - VF$  bleibt.

**[0060]** Als nächstes werden die Operationen beschrieben werden, wenn der Motor **1** läuft. [Fig. 4](#) veranschaulicht einen äquivalenten Schaltkreis eines Gleichstrommotors, wobei  $R_a$  ein Ankerwiderstand ist,  $L_a$  eine Ankerinduktivität ist, und  $v_e$  eine gegenelektromotorische Kraft ist. Die gegenelektromotorische Kraft  $v_e$  ist proportional zu der Rotationsgeschwindigkeit des Motors **1**. [Fig. 5](#) zeigt die Rotationsgeschwindigkeit  $\omega_M$  des Motors **1** und die aufgrund der gegenelektromotorischen Kraft  $v_e$  auf dem positiven Anschluss bzw. negativen Anschluss auftretenden Spannungen  $VM+$  und  $VM-$ , wobei angenommen wird, dass die Rotationsrichtung eine Vorwärtsrichtung ist, wenn ein Strom von dem positiven Anschluss zu dem negativen Anschluss fließt.

**[0061]** Wenn der Motor **1** läuft, ist die in [Fig. 1](#) gezeigte gegenelektromotorische Kraft den Spannungen überlagert, die auf den Motor durch den Motorantriebsschaltkreis **2** angewendet sind. Deshalb wird die durch den Mikrocomputer **9** spezifizierte Sollspannung nicht gleich den Spannungen über den Anschlüssen des Motors **1**. Im Besonderen in der Situation, wo der Motor **1** in Rotation durch eine Last getrieben wird, d.h., die Reifen, wird eine Spannung gleich der elektromotorischen Kraft auf den Anschlüssen des Motors **1** auftreten, selbst wenn die Sollspannung null Volt ist.

**[0062]** Wenn eine Massestörung auf den mit dem Motor **1** verbundenen Energieleitungen auftritt, ist die elektromotorische Kraft null Volt, und die Motoranschlussspannungen  $VM+$  und  $VM-$  variieren wie in [Fig. 6](#) gezeigt, wenn die MOSFETs **12a–12d** alle abgeschaltet sind. Das heißt, dass die  $VM+$  und  $VM-$  beide auf Massepotential fallen, wenn  $V_1$  die Spannung ist, die auf die jeweiligen Motoranschlüsse über vorbestimmte Widerstände von dem Motoranschlussspannungs-Erfassungsschaltkreis **13** angewendet wird, und eine Massestörung zur Zeit  $t_1$  auftritt.

**[0063]** Dieses ist so, weil der Ankerwiderstand  $R_a$  des Motors **1** üblicherweise sehr klein ist, und der Spannungsabfall über den positiven und negativen Anschlüssen vernachlässigt werden kann, unabhängig davon, welcher der positiven und negativen Anschlüsse des Motors **1** mit Masse kurzgeschlossen ist.

**[0064]** Wenn eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss auf den Energieleitungen des Motors auftritt, variieren die VM+ und VM– wie in [Fig. 7](#) gezeigt. Das heißt, dass, genau wie in dem Fall einer Massestörung, der Spannungsabfall über den positiven und negativen Anschlüssen des Motors **1** ignoriert werden kann und die VM+ und VM– auf die Energieversorgungsspannung zunehmen.

**[0065]** Der Vergleich der Wellenformen zeigt, dass VM+ und VM– in Phase miteinander variieren, wenn eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder eine Massestörung auftritt, und außer Phase miteinander variieren, wenn eine gegenelektromotorische Kraft erzeugt wird. Mit anderen Worten, wenn angenommen wird, dass eine Leitungsstörung aufgetreten sein muss, wenn sowohl VM+ als auch VM– höher oder niedriger als vorbestimmte Werte sind, können dann Änderungen in Motoranschlussspannungen aufgrund einer gegenelektromotorischen Kraft von denen aufgrund einer Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder einer Massestörung unterschieden werden. Diese Weise eines Annehmens einer Leitungsstörung vermeidet eine falsche Erfassung einer durch eine gegenelektromotorische Kraft verursachten Leitungsstörung.

**[0066]** Der Betrieb der Motoranschlussspannungs-Erfassungsschaltkreise **13P** und **13N** gemäß Ausführungsform 1 wird beschrieben werden. Die  $v_i$  und  $v_o$  des Motoranschlussspannungs-Erfassungsschaltkreises haben die folgende Beziehung.

$$v_o = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot v_i + R_2 \cdot R_3 \cdot V_{cc}}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1} \cdot C_s}$$

wobei  $s$  der Laplace-Operator ist und  $V_{cc}$  eine Konstantspannung ist.

**[0067]** Aus Gleichung (1) ist ersichtlich, dass  $v_o$  durch Teilen von  $v_i$  oder der Anschlussspannung des Motors **1** in ein Verhältnis  $(R_1 R_2)/(R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1)$ , dann Addieren von  $(R_2 R_3 V_{cc})/(R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1)$  und schließlich Multiplizieren mit einer Verzögerung erster Ordnung der Zeitkonstante  $\tau = \{(R_1 R_2 R_3)/(R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1)\}C$  gegeben ist.

**[0068]** Da der Motor **1** Puls-getrieben ist, enthalten die Motoranschlussspannungen darauf überlagertes Hochfrequenzrauschen. Wie in der gegenwärtigen Ausführungsform kann eine falsche Erfassung aufgrund des Rauschens verhindert werden durch Eingeben der Motoranschlussspannungen in den Mikrocomputer **9** über einen Verzögerungsschaltkreis einer ersten Ordnung, d.h., ein aus Widerständen  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$  und Kapazität  $C$  gebildetes Tiefpassfilter.

**[0069]** Durch Hinzufügen einer vorbestimmten  $V_{cc}(R_1/R_2)$  zu den Motoranschlussspannungen des Motors **1** kann eine Massestörung, die auf dem Motor **1** auftritt, wenn die MOSFETs **12a–12d** AUS sind, in Form von Änderungen in der Anschlussspannung erfasst werden.

**[0070]** Der Betrieb des in dem ROM **20** gespeicherten Leitungsstörungserfassungsprogramm wird mit Verweis auf ein in [Fig. 8](#) gezeigtes Flussdiagramm beschrieben werden. Der Timer **22** ruft die in [Fig. 8](#) gezeigte Prozedur bei vorbestimmten Zeitintervallen auf.

**[0071]** Beim Schritt S1 wird das Tastverhältnis zum Treiben des Motors **1** primär auf der Basis der Ausgangssignale des Drehmomentsensors **7**, des Fahrzeuggeschwindigkeitssensors **8** und des Motorstrom-Erfassungsschaltkreises **3** berechnet.

**[0072]** Bei Schritten S2–S4 wird eine Leitungsstörungserfassungsoperation unterbunden. Wenn die parasitären Dioden der MOSFETs **12** nicht sperrgerichtet sind, selbst wenn die MOSFETs **12** AUS sind, gibt es eine Möglichkeit, dass die parasitären Dioden leiten, so dass die Motoranschlussspannungen VM+ und VM– sich verhalten, als ob eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder eine Massestörung auf den Energieleitungen für den Motor **1** aufgetreten ist. Wenn die Energieversorgungsspannung  $V_B$  für den Motorantriebsschaltkreis **2** gleich oder geringer als ein vorbestimmter Wert ist, muss deshalb die Operation zum Bestimmen einer Leitungsstörung unterbunden werden.

**[0073]** Beim Schritt S2 wird somit eine Prüfung getätigt zum Bestimmen, ob die Energieversorgungsspannung des Motorantriebsschaltkreises **2**, durch den Energieversorgungsspannungs-Erfassungsschaltkreis **17** erfasst, gleich oder geringer als ein vorbestimmter Wert  $V_{BTH}$  ist. Wenn die erfasste Energieversorgungsspannung  $\leq V_{BTH}$  ist, dann wird ein Störungsdauerzähler beim Schritt S3 gelöscht. Dieser Zähler ist anfangs auf



null gesetzt worden, nachdem die CPU **19** beim Hochfahren zurückgesetzt ist. Wenn der Motor **1** erregt wird, werden sowohl VM+ als auch VM- höher oder niedriger als vorbestimmte Werte. Diese Bedingung ist ein Kriterium in der vorliegenden Ausführungsform zum Annehmen, dass eine Leitungsstörung aufgetreten ist, und deshalb muss die Erfassung von Leitungsstörungen unterbunden werden. Beispielsweise ist, mit Verweis auf [Fig. 2](#), in dem Einzel-PWM-Antriebsverfahren die VM+ geringer als das Massepotential und VM- ist bei dem Massepotential, wenn der MOSFET **12a** AUS ist. In dem diskontinuierlichen Strommodus des Doppel-PWM-Antriebsverfahrens erreichen sowohl VM+ als auch VM-, mit Verweis auf [Fig. 3](#), ein Potential von ungefähr VB/2, wenn die MOSFETs **12a** und **12d** AUS sind.

**[0074]** Diese Änderungen in der Spannung sind durch den Rückkopplungsstrom I2 verursacht und die Erfassung einer Leitungsstörung sollte deshalb für eine ausreichende Zeit durchgeführt werden, nachdem der Motor **1** gestoppt worden ist. Diese Zeit sollte lang genug sein, damit wenigstens der Rückkopplungsstrom abgeführt wird. Beim Schritt S4 wird somit eine Prüfung getätigt zum Bestimmen, ob sämtliche der MOSFETs **12a–12d** länger als eine vorbestimmte Zeitlänge AUS gewesen sind. Wenn irgendeiner der MOSFETs **12a–12d** AN ist, dann wird der Leitungsstörungsdauerzähler beim Schritt S3 gelöscht. Beim Schritt S13, der später beschrieben werden wird, werden dann sämtliche MOSFETs **12a–12d** abgeschaltet, wenn der Sollstrom null ist.

**[0075]** Nachfolgend wird, bei Schritten S5–S11, eine Prüfung getätigt zum Bestimmen, ob eine Leitungsstörung aufgetreten ist. Beim Schritt S5 wird eine Prüfung getätigt zum Bestimmen, ob sowohl VM+ als auch VM- höher als ein vorbestimmter Wert VTHH sind. Wenn  $VM+ \leq VTHH$  oder  $VM- \leq VTHH$ , wird der Bestimmungszähler für eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss beim Schritt S6 gelöscht.

**[0076]** Dann wird, beim Schritt S7, eine Prüfung getätigt zum Bestimmen, ob sowohl VM+ als auch VM- niedriger als ein vorbestimmter Wert VTHL sind. Wenn  $VM+ \geq VTHL$  oder  $VM- \geq VTHL$ , wird der Massestörungsbestimmungszähler beim Schritt S8 gelöscht.

**[0077]** Schließlich werden, beim Schritt S9, sowohl der Bestimmungszähler für eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss als auch der Massestörungsbestimmungszähler um eins inkrementiert. Beim Schritt 10 wird eine Prüfung getätigt zum Bestimmen, ob die Inhalte des Bestimmungszählers für eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss und des Massestörungsbestimmungszählers, nach hochgezählt oder gelöscht worden sein, gleich oder größer als ein vorbestimmter Wert TTH sind, d.h., ob eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder eine Massestörung länger als eine vorbestimmte Zeit angedauert hat. Wenn der Inhalt größer als TTH ist, dann wird ein Störungs-Flag beim Schritt S11 gesetzt.

**[0078]** Der Wert TTH sollte ausreichend lang sein, so dass eine falsche Erfassung verhindert wird, wenn eine nicht-rekursive (nicht-wiederholende) Störungsbedingung auftritt, zum Beispiel aufgrund von Rauschen, aber ausreichend kurz (zum Beispiel einige hundert ms), so dass eine wahre Leitungsstörung erfasst werden kann, bevor die Schaltkreisbedingung schwerwiegend wird.

**[0079]** Das Störungs-Flag wird auf null zurückgesetzt, nachdem die CPU **19** beim Hochfahren zurückgesetzt ist. Sobald das Störungs-Flag auf „1“ gesetzt ist, bleibt das Störungs-Flag „1“, bis der Mikrocomputer **9** erneut zurückgesetzt wird.

**[0080]** Beim Schritt S12–S14 werden der Motor **1**, das Energieversorgungsrelais **16** und die Alarmlampe **18** auf der Basis der oben beschriebenen Bestimmungsergebnisse getrieben. Beim Schritt S12 wird eine Bestimmung getätigt zum Bestimmen, ob das Störungs-Flag gesetzt worden ist. Wenn das Störungs-Flag „0“ ist, wird der elektrischen Servolenkungsvorrichtung beim Schritt S13 ermöglicht, normal zu arbeiten. Der Motor **1** wird, mit anderen Worten, bei dem beim Schritt S1 berechneten Tastverhältnis getrieben, das Energieversorgungsrelais **16** wird in die AN-Position gesetzt und die Alarmlampe **16** wird abgeschaltet.

**[0081]** Wenn das Störungs-Flag auf „1“ gesetzt worden ist, werden sämtliche MOSFETs **12** beim Schritt S14 abgeschaltet, und die Failsafe-Operation wird durchgeführt zum Verhindern des Durchbrennens der MOSFETs **12**, was auftreten kann, wenn die MOSFETs **12** erregt werden, wenn eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder eine Massestörung auf den mit dem Motor **1** verbundenen Energieleitungen aufgetreten ist. Zusätzlich wird das Energieversorgungsrelais **16** abgeschaltet, wodurch ein übermäßiger Strom unterbrochen wird, der in den Motorantriebsschaltkreis **2** fließen kann, wenn eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss auf den MOSFETs **12** auftritt. Dann wird die Alarmlampe **18** zum Warnen des Fahrers angeschaltet.

**[0082]** Schwere Störungen, so wie eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss und eine Massestörung, müssen, unmittelbar nachdem die Störung aufgetreten ist, erfasst werden, um eine Fail-safe-Operation prompt durchzuführen. Für eine elektrische Servolenkungsrichtung ist es wünschenswert, eine Erfassung eines Fehlers durchzuführen, während der Motor **1** AUS ist. Fahrzeuge fahren betrachtungsgemäß größtenteils geradeaus beim Umherfahren und deshalb arbeitet die Servolenkungsrichtung nicht und der Motor **1** wird nicht erregt. Aus diesem Grund ist es vorzuziehen, dass eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss und eine Massestörung erfasst werden, wenn der Motorantriebsschaltkreis **2** AUS ist und die Failsafe-Operation nachfolgend durchgeführt wird.

**[0083]** Dieses ist auch von dem Gesichtspunkt wahr, dass der Motorantriebsschaltkreis **2** vor einem Durchbrennen geschützt werden sollte. Ausführungsform 1 ermöglicht eine Erfassung von Leitungsstörungen, so wie einer Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder einer Massestörung der mit dem Motor **1** verbundenen Leitungsstörungen oder einer Kurzschlussstörung der MOSFETs **12**, bevor der Motorantriebsschaltkreis **2** eine elektrische Leistung empfängt, wodurch eine falsche Erfassung aufgrund der gegenelektromotorischen Kraft des Motors **1** eliminiert wird.

#### Ausführungsform 2:

**[0084]** In der zuvor erwähnten Ausführungsform 1 wird die Erfassung einer Leitungsstörung nur bewirkt, wenn der Motor **1** nicht angetrieben wird. Wenn die Ausgaben des Motorantriebsschaltkreises **2** jedoch ein hohes Tastverhältnis mit dem angetriebenen Motor **1** haben, kann jedoch die Erfassung einer Leitungsstörung durchgeführt werden, ohne von der gegenelektromotorischen Kraft beeinflusst zu werden. Die Differenz in einer Durchschnittsspannung zwischen VM+ und VM- ist, mit Verweis auf [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#), ausreichend groß im normalen Betrieb, wenn die Ausgaben des Motorantriebsschaltkreises **2** ein hohes Tastverhältnis haben. Diese große Differenz unterscheidet den normalen Betrieb von einer Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder einer Massestörung, wo sich VM+ und VM- in dieselbe Richtung ändern.

**[0085]** Wenn der Motor **1** durch den Motorantriebsschaltkreis **2** angetrieben wird, dessen Ausgaben ein höheres Tastverhältnis haben, kann somit angenommen werden, dass eine Leitungsstörung aufgetreten sein muss, wenn sowohl VM+ als auch VM- höher oder niedriger als vorbestimmte Werte ähnlich der obigen Ausführungsform 1 werden.

**[0086]** In diesem Fall, wenn die Zeitkonstante  $\tau$  der Verzögerung erster Ordnung des Motoranschlussspannungs-Erfassungsschaltkreises **13** gewählt ist, lang zu sein im Vergleich zu der Dauer bzw. Periode der PWM-Trägerwelle, aber kurz genug zum Vermeiden einer zu langsamen Erfassung, die ein schwerwiegendes Ergebnis verursachen könnte, können dann die Motoranschlussspannungen einer Rechteckform aufgrund von PWM ausgeglättet werden, und die Durchschnittsspannung kann geprüft werden zum Bestimmen, ob eine Leitungsstörung aufgetreten ist.

**[0087]** Um das Rauschen zu reduzieren, ist die Frequenz der PWM-Trägerwelle üblicherweise auf zum Beispiel 20 kHz, höher als hörbare Frequenzen, gesetzt. Somit ist es eine sehr schwere Last für den Mikrocomputer **9**, eine Abtastoperation der Anschlussspannungen des Motors **1** durchzuführen, der durch Pulse getrieben wird. Jedoch ermöglicht die Verwendung einer PWM-Trägerwelle höher als hörbare Frequenzen es, dass die Anschlussspannungen des Motors **1** bei einer Periode (zum Beispiel einige Millisekunden) länger als die der PWM-Trägerwelle abgetastet werden, wodurch die Last für den Mikrocomputer **9** gemindert wird.

**[0088]** [Fig. 9](#) veranschaulicht den Betrieb, wenn eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss und eine Massestörung während der Erregung des Motors **1** auftreten. Der Betrieb nimmt an, dass der MOSFET **12a** PWM-getrieben ist, die MOSFETs **12b** und **12c** abgeschaltet sind, der MOSFET **12d** angeschaltet ist in dem Einzel-PWM-Antriebsverfahren und PWM-getrieben ist in dem Doppel-PWM-Antriebsverfahren. Mit Verweis auf [Fig. 9](#) wird das Verhalten des Schaltkreises bezüglich einer Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss des negativen Anschlusses des Motorantriebsschaltkreises **2** und einen Fall einer Massestörung des positiven Anschlusses des Motorantriebsschaltkreises **2** beschrieben werden.

**[0089]** Wenn eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss auf dem negativen Anschluss des Motorantriebsschaltkreises **2** in dem Einzel-PWM-Antriebsverfahren auftritt, fließt ein Überschussstrom durch den MOSFET **12d**, mit dem Ergebnis, dass die Drain-zu-Source-Spannung des MOSFET **12d** zunimmt und die VM- auf eine Spannung nahe der Energieversorgungsspannung VB zunimmt.

**[0090]** Bei elektrischen Servolenkungsrichtungen ist der Motorstrom üblicherweise rückkopplungsgesteuert.

ert, so dass, wenn der Motorstrom aufgrund von Zunahmen in der VM+ abnimmt, der Mikrocomputer **9** zum Erhöhen des Stroms des Motors **1** durch Erhöhen des Tastverhältnisses zum Treiben des MOSFET **12a** arbeitet. Dann nimmt das Tastverhältnis der Ausgabe des Motorantriebsschaltkreises **2** auf 100% zu, während zur selben Zeit die VM– auch auf eine Spannung nahe der Energieversorgungsspannung VB zunimmt. Wenn die Ausgabe des Motorantriebsschaltkreises **2** ein Tastverhältnis höher als ein vorbestimmter Wert hat, kann deshalb angenommen werden, dass eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss aufgetreten sein muss, wenn sowohl VM+ als auch VM– höher als vorbestimmte Werte sind. Außerdem nimmt in dem Doppel-PWM-Antriebsverfahren das Treibertastverhältnis des MOSFET **12d** auf 100% aufgrund der zuvor erwähnten Stromrückkopplungssteuerung zu, was somit denselben Effekt wie in dem Einzel-PWM-Antriebsverfahren bereitstellt.

**[0091]** Wenn eine Massestörung auf dem negativen Anschluss des Motorantriebsschaltkreises **2** mit dem in dem Einzel-PWM-Antriebsverfahren getriebenen Motor **1** auftritt, wird die VM+ das Massepotential, und der Strom durch den MOSFET **12a** fließt in eine Stelle der Massestörung, aber nicht in den Motor **1**, so dass die zuvor erwähnte Stromrückkopplungssteuerung das Tastverhältnis der Ausgabe des Motorantriebsschaltkreises **2** erhöht. Die VM– ist auf dem Massepotential, da der MOSFET **12d** AN ist.

**[0092]** Wenn das Tastverhältnis der Ausgabe des Motorantriebsschaltkreises **2** höher als ein vorbestimmter Wert ist, kann somit angenommen werden, dass eine Massestörung aufgetreten sein muss, wenn die VM+ und VM– beide kleiner als vorbestimmte Werte sind. Auch in dem Doppel-PWM-Antriebsverfahren nimmt das Treibertastverhältnis des MOSFET **12d** auf 100% aufgrund der zuvor erwähnten Stromrückkopplungssteuerung zu, wodurch somit derselbe Effekt wie in dem Einzel-PWM-Antriebsverfahren bereitgestellt wird.

**[0093]** In Ausführungsform 2 wird angenommen, dass eine Leitungsstörung nicht aufgetreten ist, wenn eine Differenz im Potential zwischen VM+ und VM– größer als ein vorbestimmter Wert ist. Wenn der Motor **1** wie in [Fig. 9](#) getrieben wird, kann somit die Leitungsstörung nicht erfasst werden, wenn eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss auf dem positiven Anschluss des Motors **1** auftritt oder eine Massestörung auf dem negativen Anschluss des Motors **1** auftritt. Wenn eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss auf dem positiven Anschluss auftritt, werden jedoch die MOSFETs **12** nicht durchbrennen, da ein Strom durch den Motor **1** fließt, der eine Last für die MOSFETs **12** ist. Darüber hinaus verursacht die Leitungsstörung, dass ein zu großer Strom durch den Motor **1** fließt, wodurch die Zusatzlenkkraft übermäßig zunimmt. Deshalb erfasst der Drehmomentsensor **7** eine geringere Lenkkraft, so dass der Mikrocomputer **9** den Zusatzlenkbetrieb stoppt, d.h., dass der Mikrocomputer **9** veranlasst, dass sämtliche MOSFETs **12** abgeschaltet werden, um das Versorgen des Motors **1** mit elektrischer Energie zu stoppen, wodurch ein schwerwiegendes Ergebnis verhindert wird. Wenn eine Massestörung auf dem negativen Anschluss auftritt, arbeitet die Servolenkungsrichtung normal in dem Einzel-PWM-Antriebsverfahren, und arbeitet auf dieselbe Weise wie in dem Einzel-PWM-Antriebsverfahren, wenn in dem Doppel-PWM-Antriebsverfahren betrieben, was ein ernsthaftes Ergebnis vermeidet. Andererseits gibt es manche Orte in dem Schaltkreis, wo der Motorstrom-Erfassungsschaltkreis **3** einen Strom erfasst, der von einer Leitungsstörung resultiert, selbst wenn kein Strom durch den Motor **1** fließt. In Ansprechen auf die Erfassung des von der Leitungsstörung resultierenden Stroms bewirkt die zuvor erwähnte Stromrückkopplungssteuerung ein Abnehmen des Tastverhältnisses der Ausgabe des Motorantriebsschaltkreises **2**, wodurch erforderliche Bedingungen zum Unterbrechen der Erfassung einer Leitungsstörung etabliert werden. Somit kann eine Leitungsstörung nicht wie es sich gehört erfasst werden.

**[0094]** Wenn zum Beispiel eine Massestörung an einer Stelle A in [Fig. 9](#) auftritt, nehmen VM+ und VM– beide auf Potentiale nahe der Masse ab, aber der Motorstrom-Erfassungsschaltkreis **3** erfasst einen Strom, und der Motorantriebsschaltkreis **2** verringert das Tastverhältnis seiner Ausgabe dementsprechend. Somit kann eine Leitungsstörung nicht erfasst werden. Jedoch vermeidet die Abnahme in dem Tastverhältnis der Ausgabe des Motorantriebsschaltkreises **2**, durch die Stromrückkopplungssteuerung verursacht, dass die MOSFETs **12** durchbrennen. Ferner kann der durch eine Leitungsstörung (Kurzschlussstörung) verursachte Überschussstrom zum Vermuten einer Leitungsstörung verwendet werden.

**[0095]** In solch einer höchst schwerwiegenden Störung, wenn die MOSFETs **12** durchbrennen, gibt es, wie oben erwähnt, keinen Fall, wo die erforderlichen Bedingungen zum Unterbrechen der Leitungsstörungserfassungsoperation basierend auf dem Tastverhältnis der Ausgabe des Motorantriebsschaltkreises **2** etabliert sind. Deshalb kann angenommen werden, dass die Bereitstellung erforderlicher Bedingungen zum Unterbrechen der Leitungsstörungserfassungsoperation die Fähigkeit der Vorrichtung zum Erfassen einer Leitungsstörung nicht beeinträchtigen wird. Es ist deshalb gerade genug, wenn die in [Fig. 9](#) gezeigten Störungsmodi erfasst werden können, wenn der Motor **1** angetrieben wird. Das Erfassungsverfahren von Ausführungsform 1 kann

mit Ausführungsform 2 kombiniert werden, so dass eine Störungserfassungsoperation durchgeführt werden kann, nachdem der Motorantriebsschaltkreis 2 abgeschaltet ist, um Leitungsstörungen zu erfassen, die nicht während der Erregung des Motors 1 erfasst werden können.

**[0096]** Als nächstes wird der Betrieb eines in dem ROM 20 gespeicherten Fehlererfassungsprogramms mit Verweis auf das Flussdiagramm in [Fig. 10](#) beschrieben werden. Dieselben oder ähnliche Schritte wie die in dem den Betrieb von Ausführungsform 1 darstellenden Flussdiagramm sind mit denselben Bezugszeichen versehen worden. Die in [Fig. 10](#) gezeigte Prozedur wird bei vorbestimmten Zeitintervallen aufgerufen.

**[0097]** Beim Schritt S1 wird das Tastverhältnis, bei welchem der Motor 1 getrieben wird, primär auf der Basis der von dem Drehmomentsensor 7, dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 8 und dem Motorstrom-Erfassungsschaltkreis 3 ausgegebenen Signale berechnet. Bei Schritten S2 und S3 wird die Leitungsstörungserfassungsoperation unterbrochen. Bis zu diesen Schritten ist der Betrieb derselbe wie in Ausführungsform 1.

**[0098]** Beim Schritt S15 wird eine Prüfung getätigt zum Bestimmen, ob das Tastverhältnis zum Treiben des Motors 1 höher als ein vorbestimmter Wert DTH ist. Wenn das Treibertastverhältnis gleich oder niedriger als DTH ist, dann wird die Leitungsstörungserfassungsoperation beim Schritt S16 durchgeführt, wenn der Motor 1 AUS ist, ähnlich Schritten S4–S8 von Ausführungsform 1. Wenn das Treibertastverhältnis höher als DTH ist, dann wird die Leitungsstörungserfassungsoperation bei Schritten S5–S11 durchgeführt. Schließlich werden, bei Schritten S12–S14, der Motor 1, das Energieversorgungsrelais 16 und Alarmlampe 18 getrieben.

**[0099]** Wie oben beschrieben, kann, in dieser Ausführungsform, eine Leitungsstörung, mit dem Motor 1 getrieben, erfasst werden, sowohl in dem Einzel-PWM-Antriebsverfahren als auch in dem Doppel-PWM-Antriebsverfahren.

#### Ausführungsform 3:

**[0100]** Wie aus [Fig. 2](#) ersichtlich ist, ist es so, dass, wenn der Motorstrom relativ klein ist, der Motorstrom diskontinuierlich fließt, und VM+ und VM– sich in dieselbe Richtung ändern. Somit kann, in Ausführungsform 2, eine Störung immer noch erfasst werden, wenn die Leitungsstörungserfassungsoperation durchgeführt wird, nur wenn der Sollstrom oder erfasste Strom des Motors 1 höher als ein vorbestimmter Wert ist.

#### Ausführungsform 4:

**[0101]** Wenn eine Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder eine Massestörung auf den mit dem Motor 1 verbundenen Leitungen auftritt, sind die Anschlüsse des Motors 1 über parasitäre Dioden der MOSFETs 12 kurzgeschlossen. Wenn der Motor 1 kurzgeschlossen ist, erzeugt der Motor 1 eine Bremskraft (Generatorbremse) proportional zu der Rotationsgeschwindigkeit des Motors 1. Somit verursacht dieser Störungstyp mehr Lenkkraft mit zunehmender Lenkgeschwindigkeit. Ausführungsform 4 wird mit Verweis auf einen Fall beschrieben werden, wo die Generatorbremse verhindert wird, wenn eine Leitungsstörung auftritt.

**[0102]** [Fig. 11](#) veranschaulicht eine allgemeine Konstruktion von Ausführungsform 4. Ähnliche oder dieselben Elemente wie die von Ausführungsform 1 oder der konventionellen Vorrichtung sind mit denselben Bezugszeichen versehen worden, und eine Beschreibung davon wird weggelassen. In [Fig. 11](#) bezeichnet Bezugszeichen 27 ein Lenkrad und Bezugszeichen 28 bezeichnet Reifen. Bezugszeichen 29 bezeichnet ein Getriebe zum Übertragen des Ausgabedrehmoments des Motors 1 an ein Lenksystem. Bezugszeichen 30 bezeichnet ein Motorrelais, das in einem geschlossenen Schaltkreis eingefügt ist, der von dem Motorantriebsschaltkreis 2 und dem Motor 1 gebildet ist, und Bezugszeichen 31 ist die Steuereinheit einer elektrischen Servolenkvorrichtung. [Fig. 11](#) hat dieselbe Schaltkreiskonfiguration wie [Fig. 1](#).

**[0103]** Der Betrieb wird beschrieben werden. In dem normalen Betrieb bewirkt die Steuereinheit 31, dass der Motor 1 ein Zusatzlenkdrehmoment gemäß dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal und dem durch den Drehmomentsensor 7 erfassten Lenkdrehmoment ausgibt, so dass der Fahrer das Lenkrad 27 mit einer vernünftigen Lenkkraft betreiben kann. Das Ausgabedrehmoment des Motors 1 wird an das Lenksystem über das Getriebe 29 übertragen.

**[0104]** Ferner wird eine Leitungsstörung des Motors 1 durch die in Ausführungsformen 1–3 gezeigten Verfahren erfasst. Es wird zum Treiben des Motors 1 unterbrochen. Das in der Steuereinheit 31 eingebaute Energieversorgungsrelais 16 wird geöffnet, und die Alarmlampe 18 warnt den Fahrer. Zusätzlich zu der zuvor erwähnten Failsafe-Prozedur ist ein Motorrelais 30 in einem geschlossenen Schaltkreis bereitgestellt, der von dem

Motorantriebsschaltkreis **2** und dem Motor **1** gebildet ist. Das Motorrelais **30** wird geöffnet, wenn eine Leitungsstörung erfasst worden ist, so dass die Generatorbremse des Motors **1** während der Störung verhindert wird.

**[0105]** Die zuvor erwähnte Failsafe-Prozedur wird aufrecht erhalten, bis der Mikrocomputer **9** in der Steuereinheit **31** erneut zurückgesetzt wird.

**[0106]** Das Motorrelais **30** kann innerhalb der Steuereinheit **31** bereitgestellt sein. Jedoch kann eine Kombination des Motors **1** und des Motorrelais **30** in einer Integraleinheit, wie in der vorliegenden Ausführungsform, die Generatorbremse des Motors **1** verhindern, was aus einer Kurzschlussstörung der Energieleitungen resultiert, die zwischen dem Motor **1** und der Steuereinheit **31** auftreten kann.

Ausführungsform 5:

**[0107]** Die Kupplung **5** kann selbstverständlich anstelle des Motorrelais **30** in Ausführungsform 4 für dieselben Vorteile wie in der konventionellen Vorrichtung verwendet werden.

Ausführungsform 6:

**[0108]** Obwohl die Ausführungsformen nur mit Verweis auf eine einen Gleichstrommotor verwendende elektrische Servolenkungs Vorrichtung beschrieben worden sind, können Leitungsstörungen durch die zuvor erwähnten Techniken, wenn ein bürstenloser Gleichstrommotor anstelle des Gleichstrommotors verwendet wird, für ähnliche Vorteile erfasst werden, wenn ein Überwachungseinheitsschaltkreis zum Überwachen der Spannungen der jeweiligen Phasen bereitgestellt ist.

Industrielle Anwendbarkeit:

**[0109]** Mit der elektrischen Servolenkungs Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung stellt, wie oben erwähnt, ein Motor eine Zusatzlenkkraft gemäß zum Beispiel dem Lenkdrehmoment bereit. Wenn die Anschlussspannungen des Motors niedriger oder höher als vorbestimmte Werte sind, wird angenommen, dass eine Leitungsstörung aufgetreten sein muss. Somit beseitigt die Erfindung Möglichkeiten einer falschen Erfassung aufgrund der gegenelektromotorischen Kraft des Motors, dank der Erfassung einer Störung für einen geschlossenen Schaltkreis bzw. Kurzschluss oder einer Massestörung der mit dem Motor verbundenen Energieleitungen.

**Patentansprüche**

1. Elektrische Servolenkungs Vorrichtung, umfassend:

- einen Motor (**1**), der eine Zusatzlenkkraft primär gemäß einem erfassten Lenkdrehmoment produziert;
- eine Motor-Antriebs-/Steuereinrichtung, die den Motor steuerbar antreibt, wobei die Motor-Antriebs-/Steuereinrichtung angeschlossen ist zum Empfangen einer Energieversorgungsspannung (VB+) und eines Massepotentials (VB-);
- einen ersten Erfassungsschaltkreis (**13P**) zum Erfassen der Spannung eines ersten Anschlusses (VM+) des Motors (**1**) bezüglich des Massepotentials;
- einen zweiten Erfassungsschaltkreis (**13N**) zum Erfassen der Spannung eines zweiten Anschlusses (VM-) des Motors (**1**) bezüglich des Massepotentials;
- eine Störungsbestimmungseinrichtung, gekennzeichnet durch Bestimmen, dass eine Störung aufgetreten sein muss, wenn
  - die erfasste erste Anschlussspannung (VM+)
  - und die erfasste zweite Anschlussspannung (VM-) beide höher als ein vorbestimmter Wert (VTHH, S5) werden,
  - oder wenn
  - die erfasste erste Anschlussspannung
  - und die erfasste zweite Anschlussspannung beide niedriger als ein anderer vorbestimmter Wert (VTHL, S7) werden.

2. Elektrische Servolenkungs Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Störungsbestimmungseinrichtung eine Motoranschluss-Durchschnittsspannungs-Überwachungseinheit (**13P**, **13N**, R1 bis R3, C) hat zum Erfassen von Durchschnittsspannungen auf Motoranschlüssen (VM+, VM-) durch Ausglätten der auf den Anschlüssen des Puls-getriebenen Motors auftretenden rechteckförmigen Anschlussspannungen, und wobei angenommen ist, dass eine Störung aufgetreten sein muss, wenn die Durchschnittsspannungen höher oder niedriger als die vorbestimmten Werte (VTHH, VTLL, S5, S7) werden.



3. Elektrische Servolenkungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Störungsbestimmungseinrichtung eine Motoranschlussspannungs-Überwachungseinheit (**13P**, **13N**, R1, R2) hat zum Hinzufügen einer vorbestimmten Spannung zu den Motoranschlussspannungen (VM+, VM–), so dass eine Massestörung des Motors erfasst werden kann.

4. Elektrische Servolenkungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Störungsbestimmungseinrichtung ausgebildet ist, so dass eine Störungserfassungsoperation auf der Basis der Motoranschlussspannungen (VM+, VM–) des Motors (**1**) nur durchgeführt wird, wenn der Motor nicht länger als eine vorbestimmte Zeitlänge (S4) angetrieben wird.

5. Elektrische Servolenkungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine Störungserfassungsoperation nicht auf der Basis der Motoranschlussspannungen des Motors (**1**) durchgeführt wird, wenn der Motor angetrieben wird und auf den Motor angewendete Spannungen niedriger als vorbestimmte Werte sind.

6. Elektrische Servolenkungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine Störungserfassungsoperation nicht auf der Basis der Motoranschlussspannungen (VM+, VM–) des Motors (**1**) durchgeführt wird, wenn der Motor angetrieben wird und ein dem Motor gelieferter Motorstrom niedriger als ein vorbestimmter Wert ist.

7. Elektrische Servolenkungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine Störungserfassungsoperation auf der Basis der Motoranschlussspannungen des Motors nur durchgeführt wird (S2), wenn eine Energieversorgungsspannung (VB) der Motor-Antriebs-/Steuereinrichtung innerhalb einer vorbestimmten Spanne ist.

8. Elektrische Servolenkungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei eine Erregung des Motors (**1**) gestoppt ist (S14), wenn bestimmt ist, dass eine Störung aufgetreten ist.

9. Elektrische Servolenkungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, mit ferner einem Alarmgerät, das einen Fahrer warnt, wenn bestimmt ist, dass eine Störung aufgetreten ist.

10. Elektrische Servolenkungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, mit ferner einer Schalteinrichtung (**16**), die zwischen der Motor-Antriebs-/Steuereinrichtung und der Energieversorgung oder zwischen der Motor-Antriebs-/Steuereinrichtung und der Masse bereitgestellt ist, wobei die Schalteinrichtung (**16**) die Motor-Antriebs-/Steuereinrichtung von der Energieversorgung oder von der Masse trennt, wenn bestimmt ist, dass eine Störung aufgetreten ist.

11. Elektrische Servolenkungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, mit ferner einer Schalteinrichtung (**30**) in einem aus der Motor-Antriebs-/Steuereinrichtung und einer Last gebildeten geschlossenen Schaltkreis, wobei die Schalteinrichtung (**30**) geöffnet ist, wenn bestimmt ist, dass eine Störung aufgetreten ist.

12. Elektrische Servolenkungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, mit ferner einer Kupplungseinrichtung (**5**), die den Motor (**1**) und ein Lenksystem koppelt, zum Übertragen einer Antriebskraft von dem Motor (**1**) auf das Lenksystem, wobei die Kupplungseinrichtung den Motor (**1**) mechanisch von dem Lenksystem trennt, wenn bestimmt ist, dass eine Störung aufgetreten ist.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen



FIG. 1

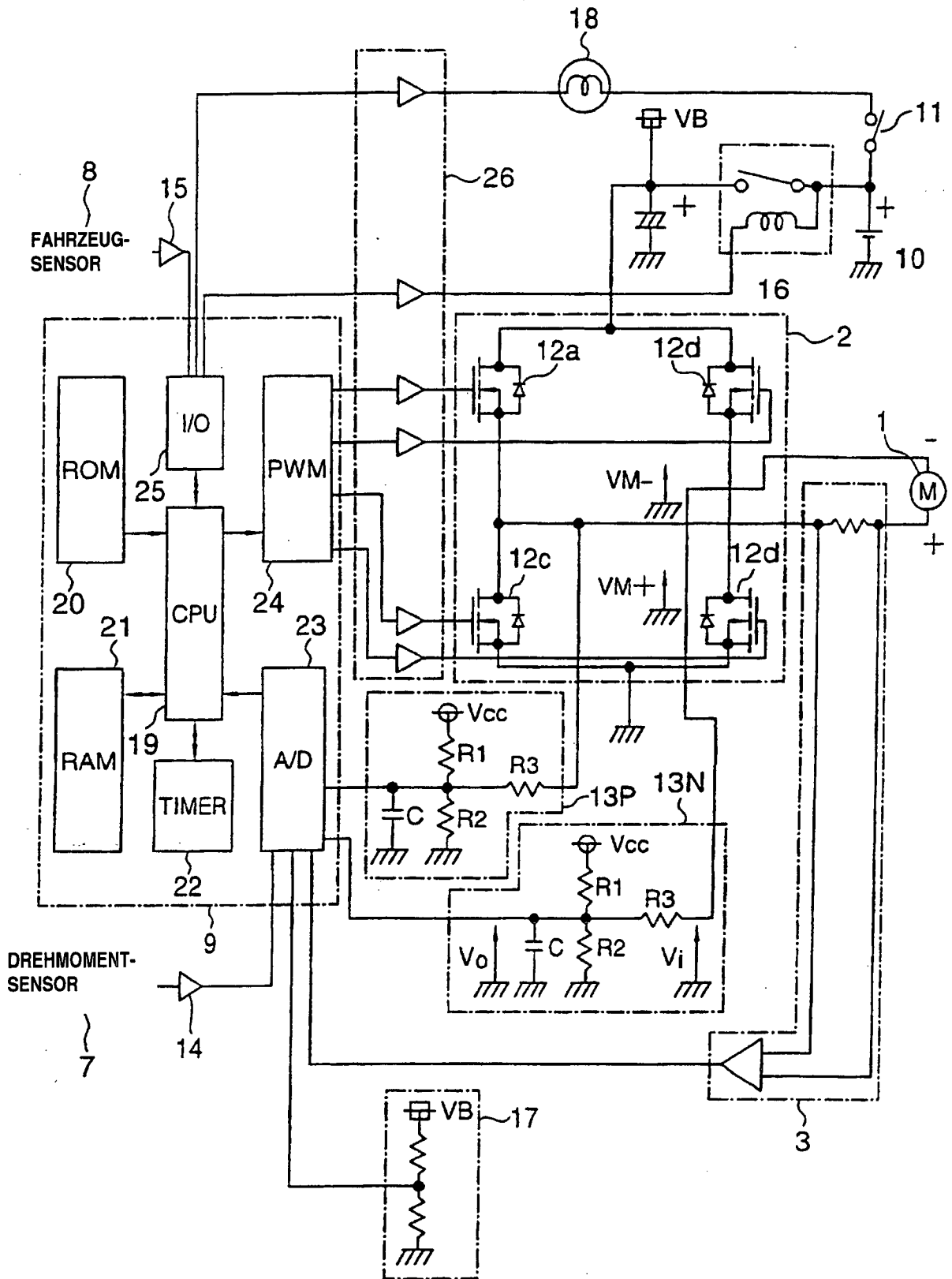
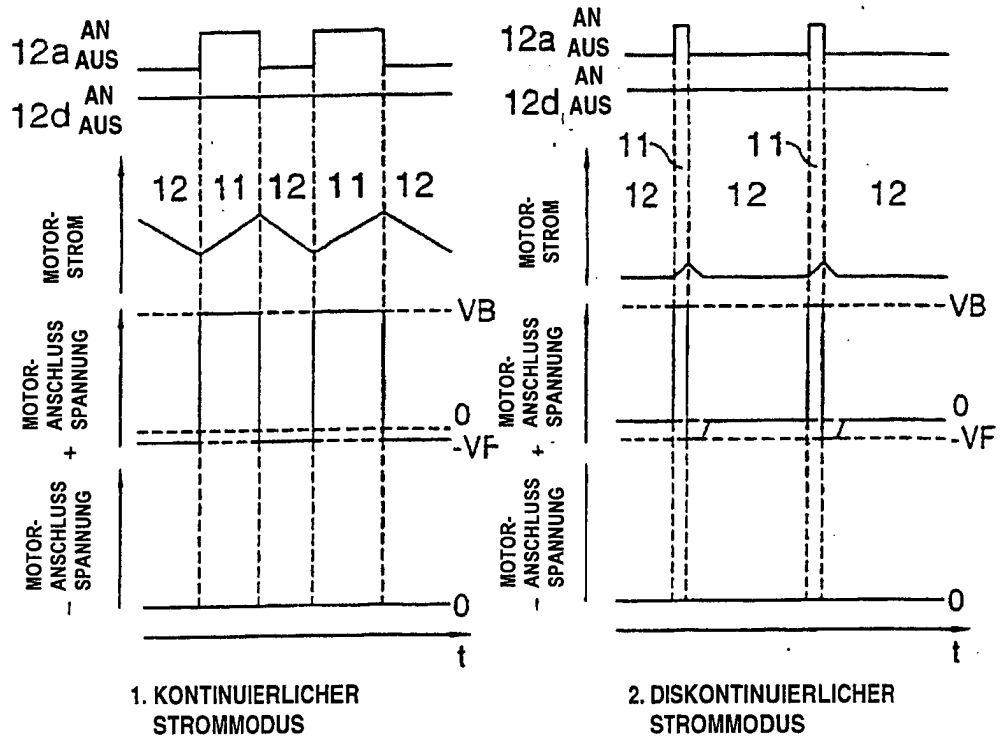
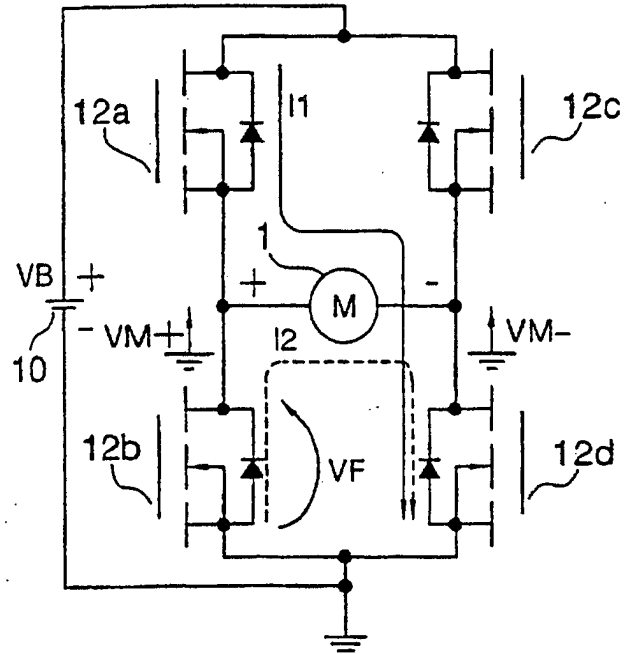
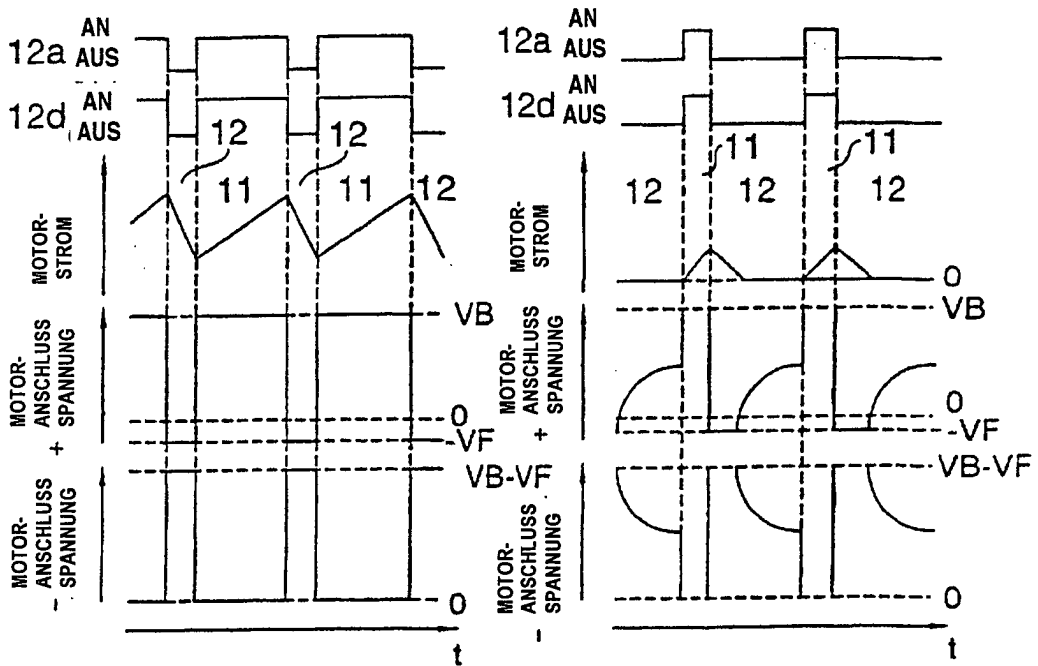
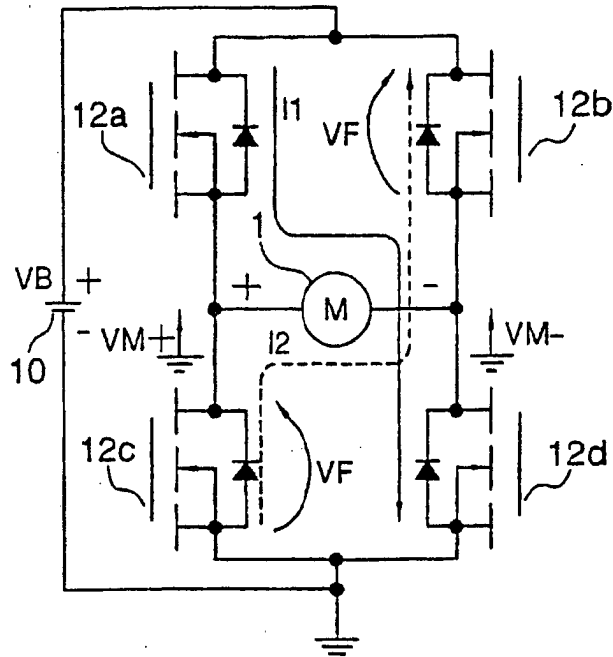


FIG. 2



EINZEL-PWM-ANTRIEBSVERFAHREN  
(12b und 12c SIND AUS)

FIG. 3



1. KONTINUIERLICHER STROMMODUS

2. DISKONTINUIERLICHER STROMMODUS

DOPPEL-PWM-ANTRIEBSVERFAHREN  
(12b und 12c SIND AUS)

FIG. 4

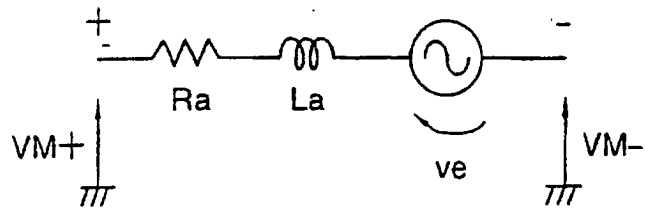


FIG. 5

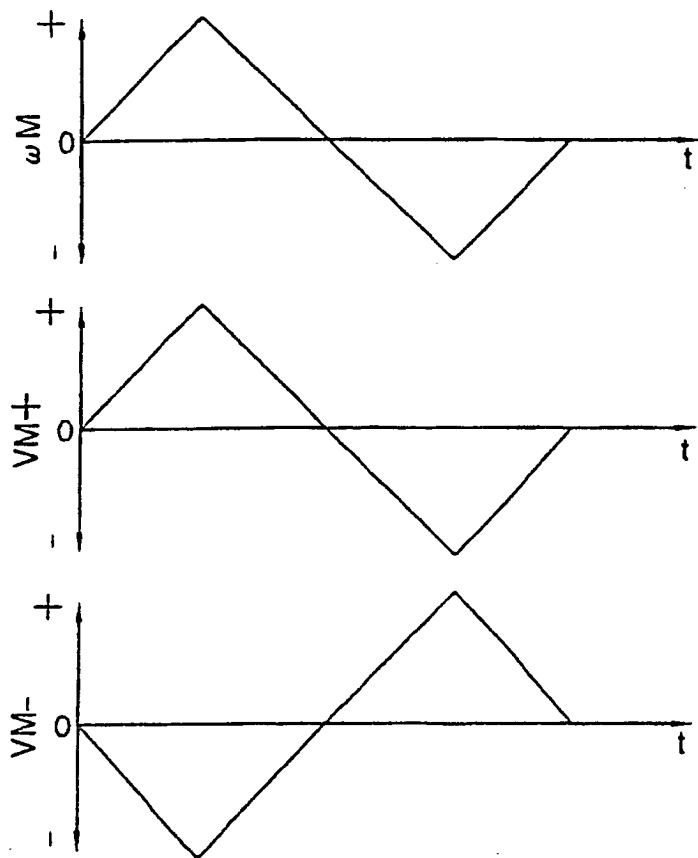


FIG. 6

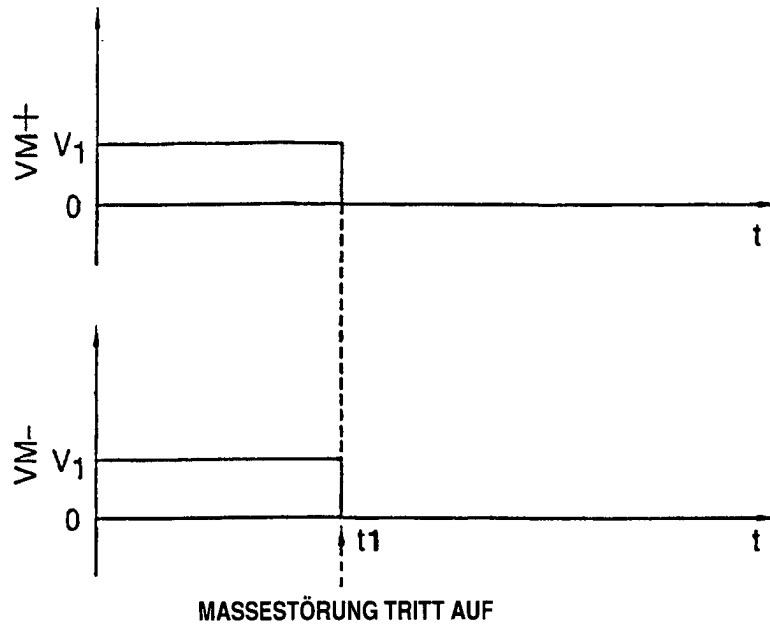


FIG. 7

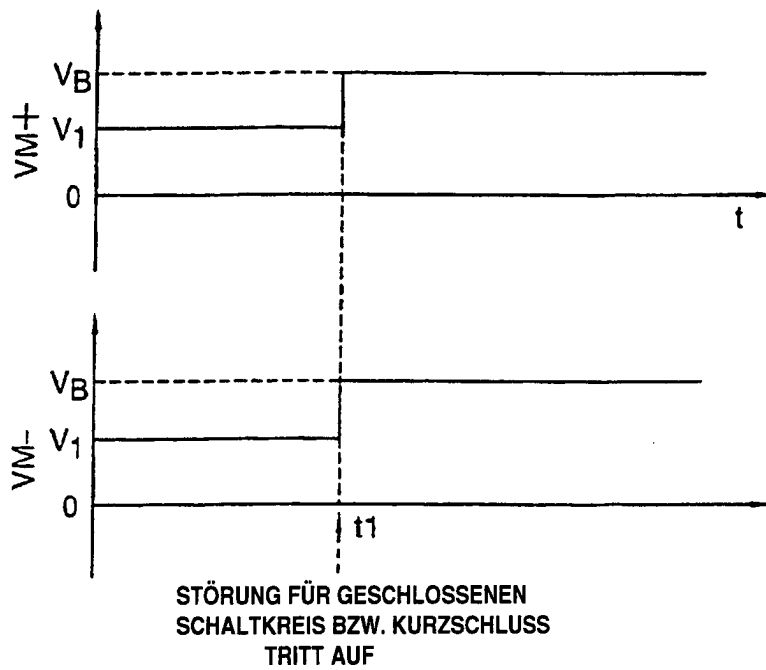


FIG. 8

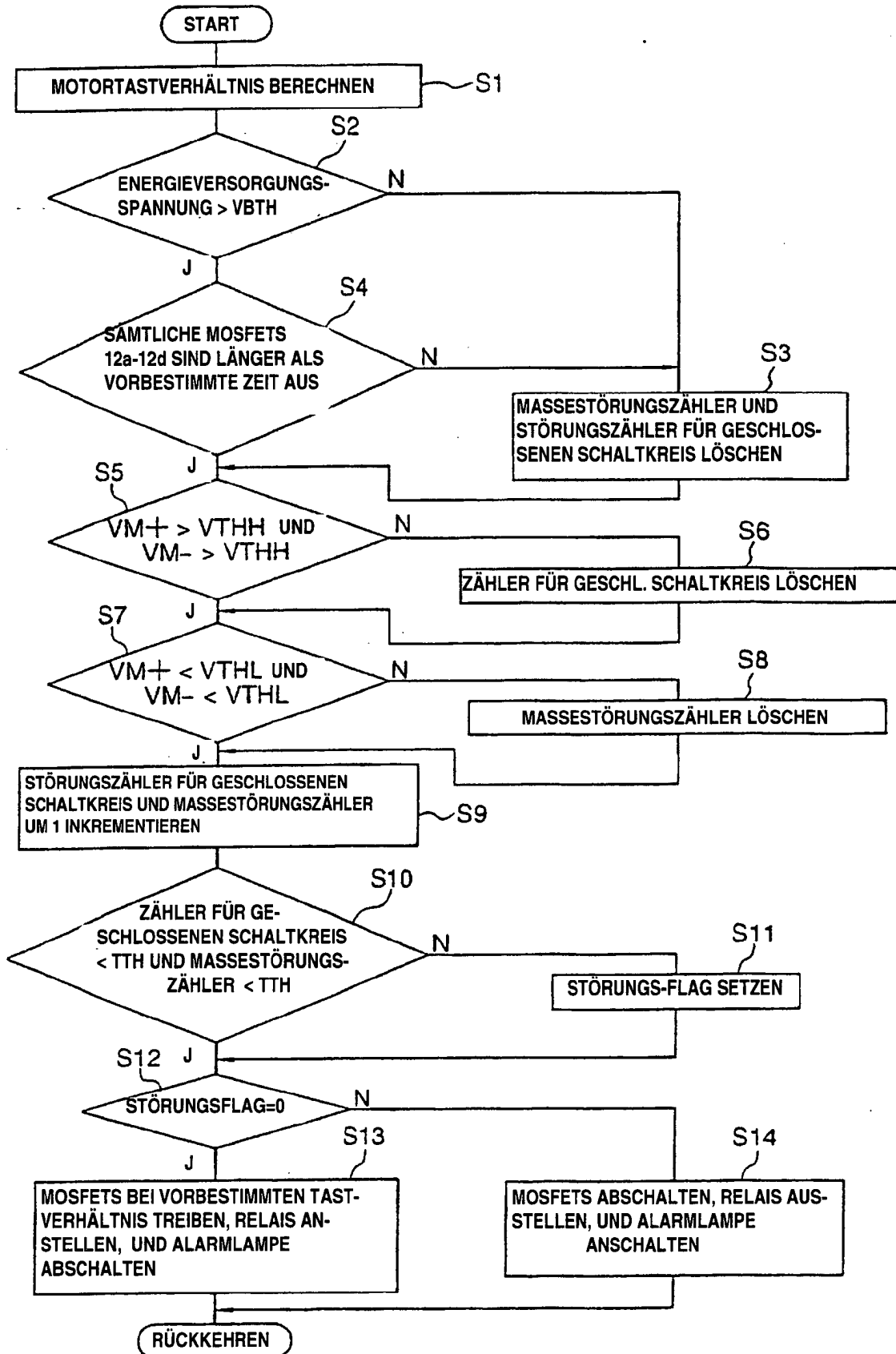




FIG. 9

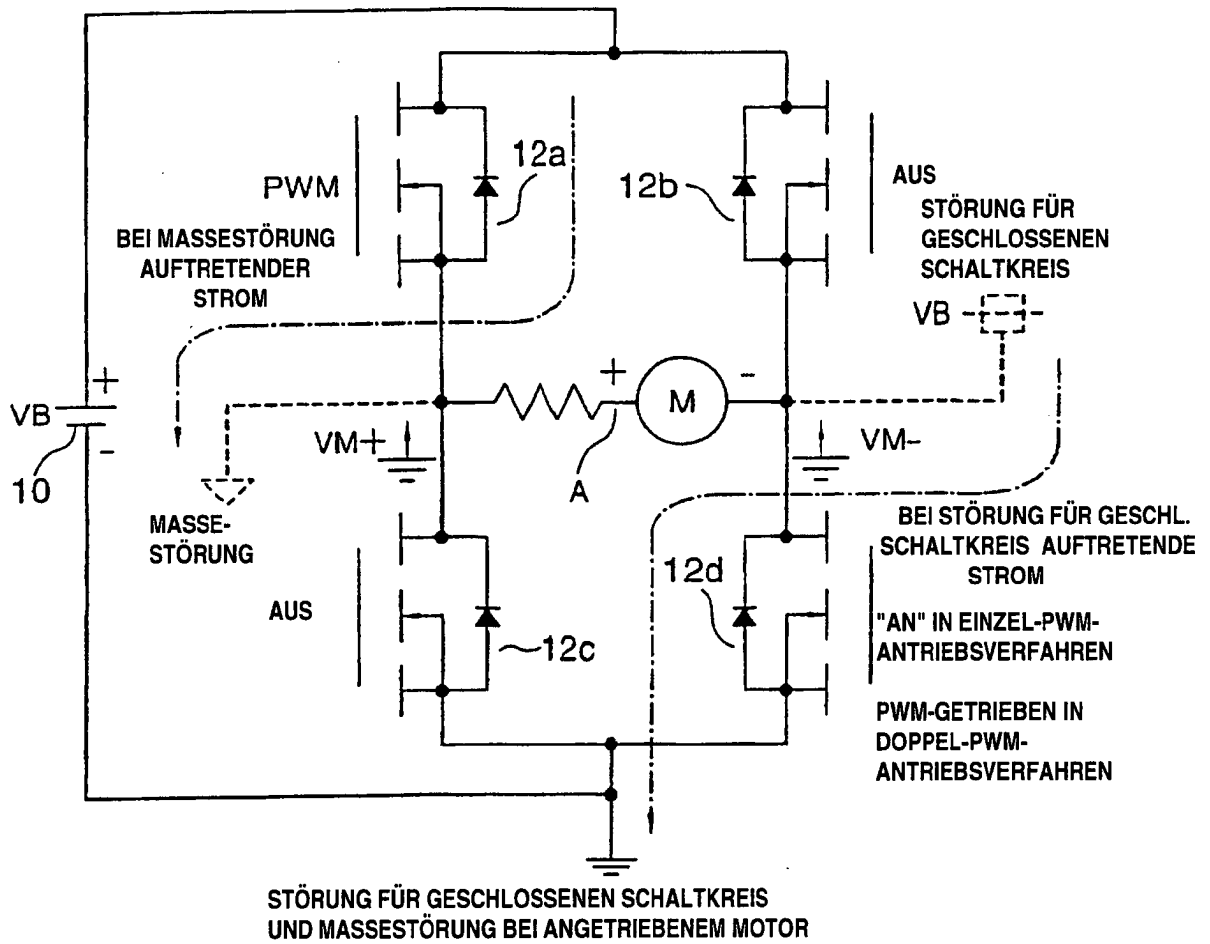


FIG. 10

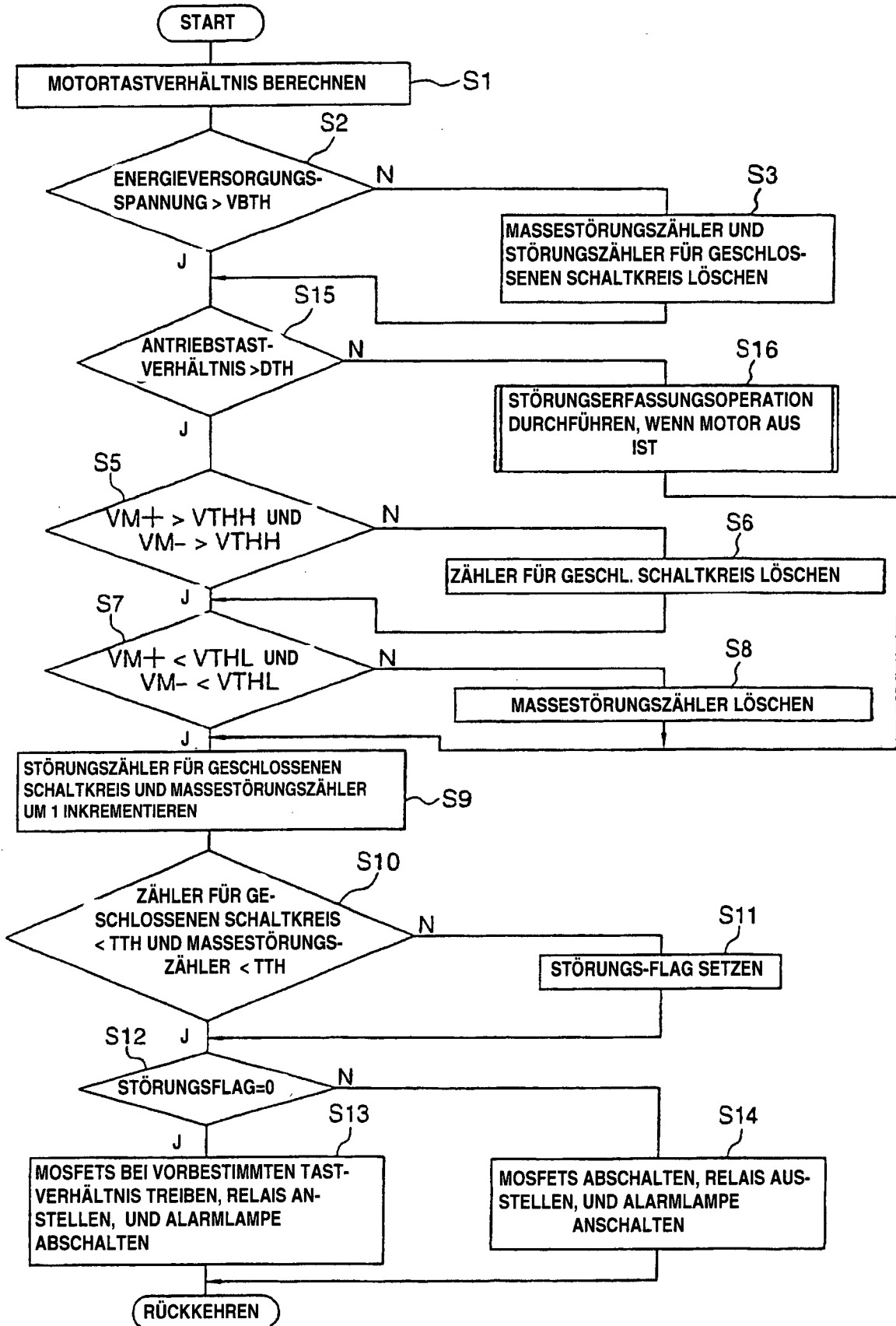




FIG. 12

