



(10) **DE 11 2018 001 221 T5** 2019.11.21

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/163789**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 001 221.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2018/005826**
(86) PCT-Anmeldetag: **20.02.2018**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **13.09.2018**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **21.11.2019**

(51) Int Cl.: **H02P 6/16 (2016.01)**
F16H 61/32 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2017-042626 07.03.2017 JP

(74) Vertreter:
**KUHLEN & WACKER Patent- und
Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,
DE**

(71) Anmelder:
**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref.,
JP**

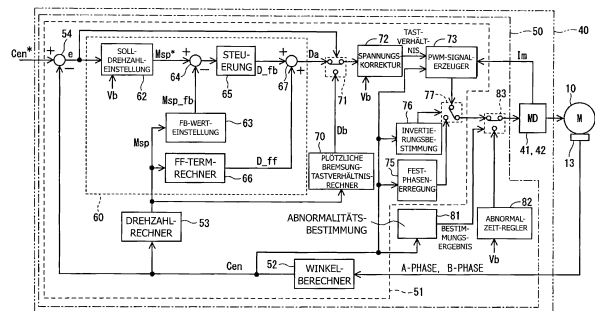
(72) Erfinder:
Kamio, Shigeru, Kariya-city, Aichi-pref., JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Schalbereichssteuerungsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine Schalbereichssteuerungsvorrichtung (40) schaltet einen Schaltbereich durch Steuern eines Ein-/Aus-Betriebs von mehreren Schaltelemente (411-416, 421-426) in einer Treiberschaltung (41, 42) zum Antreiben eines Motors (10). Ein Abnormalitäts-Bestimmungsschnitt (81) bestimmt, ob ein Drehwinkelsensor (13), der einen Drehwinkel eines Motors (10) erfasst, abnormal ist. Eine Normalzeit-Regler (51) steuert einen Antrieb des Motors (10) unter Verwendung eines Erfassungswerts des Drehwinkelsensors (13), wenn der Drehwinkelsensor (13) normal ist. Eine Abnormalzeit-Steuerung (82) führt eine Abnormalzeit-Steuerung durch, bei der die Erregungsphase jede Erregungsphasenschaltdauer geschaltet wird, ohne den Erfassungswert des Drehwinkelsensors (13) zu verwenden, wenn der Drehwinkelsensor (13) abnormal ist. Die Abnormalzeit-Steuerung (82) stellt eine Stromabsenkungsperiode ein, in der ein Tastverhältnis weniger als 100% in mindestens einem Teil einer Erregungsdauer beträgt, in der die Einschaltung in einer Phase in einer gleichen Richtung fortgesetzt wird.



BeschreibungQUERVERWEIS AUF EINE
ÄHNLICHE ANMELDUNG

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht den Vorteil der Priorität aus der am 7. März 2017 eingereichten japanischen Patentanmeldung Nr. 2017-042626. Die gesamte Offenbarungsgehalte aller oben genannten Anmeldungen sind hierin durch Verweis mit aufgenommen.

TECHNISCHES GEBIET

[0002] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf eine Schaltbereichssteuerungsvorrichtung.

STAND DER TECHNIK

[0003] Es ist allgemein bekannt, dass eine Schaltbereichumschaltvorrichtung einen Motor als Reaktion auf eine Schaltbereichsumschaltanfrage eines Fahrers zum Umschalten eines Schaltbereichs steuert. In der Patentliteratur 1 wird beispielsweise ein geschalteter Reluktanzmotor als Antriebsquelle für einen Schaltbereichsschaltmechanismus verwendet. Im Folgenden wird ein geschalteter Reluktanzmotor als „SR-Motor“ bezeichnet.

LITERATUR ZUM STAND DER TECHNIK

PATENTLITERATUR

[0004] Patentliteratur 1: JP 3886042 B

KURZFASSUNG DER ERFINDUNG

[0005] In der Patentliteratur 1 wird, wenn ein Encoder-Zählwert abnormal wird, die Steuerung von der F/B-Steuerung auf die Steuerung mit offenem Regelkreis umgestellt. Bei der Steuerung im offenen Regelkreis kann es bei starken Vibrationen eines Motors unmöglich sein, den Antrieb des Motors entsprechend zu steuern. Eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung ist es, eine Schaltbereichssteuerungsvorrichtung bereitzustellen, die einen Schaltbereich entsprechend schalten kann, wenn ein Drehwinkelsensor abnormal bzw. fehlerhaft ist.

[0006] Eine Schaltbereichssteuerungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung steuert den Ein-/Aus-Betrieb bzw. die Ein-/Aus-Schaltvorgänge bzw. den Zweipunktbetrieb von Schaltelementen in einer Treiberschaltung, treibt einen Motor an und schaltet einen Schaltbereich. Die Schaltbereichssteuerungsvorrichtung beinhaltet einen Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt, einen Normalzeit-Regler bzw. Normalzeit-Controller und einen Abnormalzeit-Regler bzw. Abnormalzeit-Controller. Der Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt bestimmt eine Abnormalität bzw. Anormalität eines Drehwinkelsensors, der einen Drehwinkel des Motors erfasst. Der Normalzeit-Regler steuert einen Antrieb des Motors über einen Erfassungswert des Drehwinkelsensors als Reaktion darauf, dass der Drehwinkelsensor normal ist. Der Abnormalzeit-Regler führt eine Abnormalzeit-Steuerung durch, die eine Erregungsphase jede Erregungsphasenschaltdauer schaltet, ohne den Erfassungswert des Drehwinkelsensors als Reaktion darauf zu verwenden, dass der Drehwinkelsensor abnormal ist. Der Abnormalzeit-Regler stellt eine Stromabsenkungsperiode ein, während ein Tastverhältnis weniger als 100% in mindestens einem Teil einer Erregungsdauer beträgt, während der die Erregung in einer Phase in derselben bzw. gleichen Richtung fortgesetzt wird. Gemäß dieser Konfiguration kann es in einer abnormalen Zeit des Drehwinkelsensors möglich sein, Vibrationen des Motors zu verhindern und den Motor entsprechend einem gewünschten Schaltbereichs entsprechend in eine Soll- bzw. Zielposition zu drehen, ohne den Erfassungswert des Drehwinkelsensors zu verwenden.

lität bzw. Anormalität eines Drehwinkelsensors, der einen Drehwinkel des Motors erfasst. Der Normalzeit-Regler steuert einen Antrieb des Motors über einen Erfassungswert des Drehwinkelsensors als Reaktion darauf, dass der Drehwinkelsensor normal ist. Der Abnormalzeit-Regler führt eine Abnormalzeit-Steuerung durch, die eine Erregungsphase jede Erregungsphasenschaltdauer schaltet, ohne den Erfassungswert des Drehwinkelsensors als Reaktion darauf zu verwenden, dass der Drehwinkelsensor abnormal ist. Der Abnormalzeit-Regler stellt eine Stromabsenkungsperiode ein, während ein Tastverhältnis weniger als 100% in mindestens einem Teil einer Erregungsdauer beträgt, während der die Erregung in einer Phase in derselben bzw. gleichen Richtung fortgesetzt wird. Gemäß dieser Konfiguration kann es in einer abnormalen Zeit des Drehwinkelsensors möglich sein, Vibrationen des Motors zu verhindern und den Motor entsprechend einem gewünschten Schaltbereichs entsprechend in eine Soll- bzw. Zielposition zu drehen, ohne den Erfassungswert des Drehwinkelsensors zu verwenden.

Figurenliste

[0007] Die oben genannten und andere Aufgabe, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren ersichtlich. In den Figuren ist das Folgende gezeigt:

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht, die ein Shift-by-Wire-System gemäß einer Ausführungsform darstellt;

Fig. 2 ist ein schematisches Konfigurationsdiagramm, das das Shift-by-Wire-System gemäß der Ausführungsform darstellt;

Fig. 3 ist ein Schaltplan, der einen Motor und einen Motortreiber gemäß der Ausführungsform darstellt;

Fig. 4 ist ein Blockdiagramm, das eine Schaltbereichssteuerungsvorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht;

Fig. 5 ist eine erklärende Ansicht zur Erläuterung der Solldrehzahleinstellung entsprechend der Ausführungsform;

Fig. 6A ist eine erklärende Ansicht zur Erläuterung eines FF-Tastverhältnisses in der Beschleunigungssteuerung gemäß der Ausführungsform;

Fig. 6B ist eine erklärende Ansicht zur Erläuterung eines FF-Tastverhältnisses in normaler Steuerung gemäß der Ausführungsform;

Fig. 6C ist eine erklärende Ansicht zur Erläuterung ein FF-Tastverhältnis bei der Verzögerungssteuerung gemäß der Ausführungsform;

Fig. 7 ist eine erläuternde Ansicht zur Erläuterung eines festen Tastverhältnisses gemäß der Ausführungsform;

Fig. 8A ist ein Zeitdiagramm zur Erläuterung der offenen Antriebssteuerung gemäß der Ausführungsform;

Fig. 8B ist eine vergrößerte Ansicht eines Teils VIII B von **Fig. 8A**;

Fig. 9 ist ein Zeitdiagramm zur Erläuterung einem Tastverhältnis in der offenen Antriebssteuerung gemäß der Ausführungsform;

Fig. 10 ist eine erklärende Ansicht, die einen Zusammenhang zwischen einer Batteriespannung und einem Abnormalzeit-Tastverhältnis gemäß der Ausführungsform veranschaulicht;

Fig. 11 ist eine erklärende Ansicht, die einen Zusammenhang zwischen der Batteriespannung und einem Tastverhältnisgradienten gemäß der Ausführungsform veranschaulicht;

Fig. 12 ist ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Verarbeitung der Shift-by-Wire-Steuerung gemäß der Ausführungsform;

Fig. 13 ist ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines Normalzeit-Steuerungsverfahrens gemäß der Ausführungsform;

Fig. 14 ist ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines Modusbestimmungsverfahrens gemäß der Ausführungsform;

Fig. 15 ist ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines PWM-Steuerungsverfahrens gemäß der Ausführungsform;

Fig. 16 ist ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines Abnormalzeit-Steuerungsverfahrens gemäß der Ausführungsform; und

Fig. 17 ist ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines Abnormalitätsbestimmungsverfahrens gemäß der Ausführungsform.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

(Ausführungsform)

[0008] Die **Fig. 1** bis **Fig. 17** veranschaulichen eine Schaltbereichssteuerungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform. Wie in den **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellt, beinhaltet ein Shift-by-Wire-System 1, das ein Schaltbereichsschaltmechanismus 20, einen Motor 10, einen Schaltbereichsschaltmechanismus 20, einen Parksperrmechanismus 30, eine Schaltbereichssteuerungsvorrichtung 40 und dergleichen. Der Motor 10 dreht sich durch den Empfang bzw. die Aufnahme von elektrischer Energie aus einer Batterie 45 (siehe **Fig. 3**), die an/in einem Fahrzeug montiert ist (nicht dargestellt), und fungiert als Antriebsquelle für den Schaltbereichsschaltmechanismus 20. Der Mo-

tor 10 ist konfiguriert, um die Intensität bzw. Stärke eines Stroms durch Feedback-Steuerung bzw. Rückkopplungssteuerung zu ändern. Ein Motor, der einen Befehl für jede Phase ändern kann, wird als Motor 10 verwendet. Der Motor 10 der vorliegenden Ausführungsform ist ein bürstenloser Permanentmagnet-Gleichstrommotor. Wie in **Fig. 3** dargestellt, verfügt der Motor 10 über zwei Wicklungssätze 11 und 12. Der erste Wicklungssatz 11 beinhaltet eine U1-Spule 111, eine V1-Spule 112 und eine W1-Spule 113. Der zweite Wicklungssatz 12 beinhaltet eine U2-Spule 121, eine V2-Spule 122 und eine W2-Spule 123.

[0009] Wie in **Fig. 2** dargestellt, erfasst ein als Drehwinkelsensor fungierender Encoder 13 eine Drehposition eines Rotors (nicht dargestellt) im Motor 10. Der Encoder 13 ist beispielsweise ein magnetischer Drehgeber und wird durch einen Magneten, der sich integral mit dem Rotor dreht, einen magnetischen Detektions-Hall-IC und dergleichen konfiguriert. Der Encoder 13 gibt A- und B-Phasenimpulssignale in jedem vorgegebenen Winkel synchron zur Drehung des Rotors aus. Ein Verzögerer 14 ist zwischen einer Motorwelle, die die rotierende Welle des Motors 10 ist, und einer Ausgangswelle bzw. Abtriebswelle 15 angeordnet, die die Drehung des Motors 10 verzögert und die Drehung an die Ausgangswelle 15 abgibt. Die Drehung des Motors 10 wird auf den Schaltbereichsschaltmechanismus 20 übertragen. Die Ausgangswelle 15 weist einen Ausgangswellensensor 16 auf, der den Winkel der Ausgangswelle 15 erfasst. Der Ausgangswellensensor 16 ist z.B. ein Potentiometer.

[0010] Wie in **Fig. 1** dargestellt, beinhaltet der Schaltbereichsschaltmechanismus 20 eine Rastplatte 21, eine Rastfeder 25 und dergleichen und überträgt die vom Verzögerer 14 abgegebene Antriebskraft auf ein Handventil 28 und den Parksperrmechanismus 30. Die Rastplatte 21 ist an der Ausgangswelle 15 befestigt und wird vom Motor 10 angetrieben. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Richtung, in der die Rastplatte 21 von einem Basisabschnitt der Rastfeder 25 wegbewegt wird, als Vorwärtsdrehrichtung und die Richtung, in der sich die Rastplatte 21 dem Basisabschnitt nähert, als Rückwärtsdrehrichtung bzw. Invers-Drehrichtung bzw. als invertierte Drehrichtung definiert.

[0011] Die Rastplatte 21 weist einen Stift 24 auf, der parallel zur Ausgangswelle 15 vorsteht. Der Stift 24 ist mit dem Handventil 28 gekoppelt. Da die Rastplatte 21 vom Motor 10 angetrieben wird, bewegt sich das Handventil 28 axial. Das heißt, der Schaltbereichsschaltmechanismus 20 wandelt die Drehbewegung des Motors 10 in eine lineare Bewegung um und überträgt die lineare Bewegung auf das Handventil 28. Das Handventil 28 ist in einem Ventilkörper 29 angeordnet. Während sich das Handventil 28 axial bewegt, wird ein hydraulischer Versorgungskanal zu einer Hydraulikkupplung (nicht dargestellt) geschaltet

und der Schaltzustand der hydraulischen Kupplung ebenfalls geschaltet, so dass ein Schaltbereich geändert wird. In der Rastplatte **21** auf ihrer Seite der Rastfeder **25** sind vier Aussparungen **22** ausgebildet, um das Handventil **28** an den den jeweiligen Bereichen entsprechenden Positionen zu halten. Die Aussparungen **22** entsprechen einem D-Bereich, einem N-Bereich, einem R-Bereich und einem P-Bereich, jeweils von einer Basisabschnittsseite der Rastfeder **25**.

[0012] Die Rastfeder **25** ist ein elastisch verformbares Plattenelement und weist an ihrem distalen Ende eine Rastwalze **26** bzw. Rastrolle **26** auf. Die Rastwalze **26** wird in eine der Aussparungen **22** eingesetzt. Die Rastfeder **25** drückt die Rastwalze **26** auf eine drehbare Mittelseite der Rastplatte **21**. Wenn eine vorbestimmte oder größere Rotationskraft auf die Rastplatte **21** aufgebracht wird, verformt sich die Rastfeder **25** elastisch und die Rastrolle **26** bewegt sich dann über die Aussparungen **22**. Da die Rastrolle **26** in eine der Aussparungen **22** eingebaut ist, ist das Schwingen der Rastplatte **21** begrenzt, die axiale Position des Handventils **28** und der Zustand des Parksperrmechanismus **30** werden bestimmt und der Schaltbereich eines Automatikgetriebes **5** eingestellt.

[0013] Der Parksperrmechanismus **30** beinhaltet eine Parkstange **31**, einen Kegel **32**, eine Parksperrstange **33**, einen Schaft **34** und ein Parkgetriebe **35**. Die Parkstange **31** ist im Wesentlichen L-förmig ausgebildet und mit ihrem einen Ende **311** an der Rastplatte **21** befestigt. Der Kegel **32** ist am anderen Ende **312** der Parkstange **31** angeordnet. Der Kegel **32** ist so geformt, dass er in Richtung des anderen Endes **312** an Durchmesser abnimmt. Wenn die Rastplatte **21** in Rückwärtsdrehrichtung schwenkt, bewegt sich der Kegel **32** in Richtung eines Pfeils P.

[0014] Die Parksperrstange **33** liegt an einer konischen Fläche des Kegels **32** an und ist um die Welle **34** schwenkbar. Die Parksperrstange **33** weist einen Vorsprung **331** auf, der mit dem Parkrad **35** auf seiner Seite des Parkgetriebes **35** ineinandergreifen kann. Wenn sich die Rastplatte **21** in Rückwärtsdrehrichtung dreht und sich der Kegel **32** in Pfeilrichtung P bewegt, wird die Parksperrstange **33** nach oben geschoben und der Vorsprung **331** greift in das Parkgetriebe **35** ein. Andererseits, wenn sich die Rastplatte **21** in Vorwärtsdrehrichtung bewegt und der Kegel **32** in Richtung eines Pfeils notP bewegt, wird das Netz des Vorsprungs **331** mit dem Parkgetriebe **35** freigegeben.

[0015] Das Parkgetriebe **35** ist an einer Achse (nicht dargestellt) befestigt, um mit dem Vorsprung **331** der Parksperrstange **33** ineinander greifen zu können. Wenn das Parkgetriebe **35** mit dem Vorsprung **331** in Eingriff kommt, wird die Drehung der Achse eingeschränkt. Wenn der Schaltbereich der andere

notP-Bereich als der P-Bereich ist, wird das Parkgetriebe **35** nicht durch die Parksperrstange **33** verriegelt, so dass die Drehung der Achse nicht durch den Parksperrmechanismus **30** behindert wird. Wenn der Schaltbereich der P-Bereich ist, wird das Parkgetriebe **35** durch die Parksperrstange **33** gesperrt und die Drehung der Achse dadurch eingeschränkt.

[0016] Wie in den **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt, beinhaltet die Schaltbereichssteuerungsvorrichtung **40** Motortreiber **41** und **42**, die als Treiberschaltungen fungieren, eine ECU **50** und dergleichen. Der Motortreiber **41** ist ein dreiphasiger Wechselrichter, der die Stromversorgung des ersten Wicklungssatzes **11** schaltet. Im Motortreiber **41** sind die Schaltelemente **411** bis **416** über eine Brücke verbunden. Ein Ende der U1-Spule **111** ist mit einer Verbindungsstelle der gepaarten U-Phasenschaltelemente **411** und **414** verbunden. Ein Ende der V1 -Spule **112** ist mit einer Verbindungsstelle der gepaarten V-Phasenschaltelemente **412** und **415** verbunden. Ein Ende der W1-Spule **113** ist mit einer Verbindungsstelle der gepaarten W-Phasenschaltelemente **413** und **416** verbunden. Die anderen Enden der Spulen **111** bis **113** sind an einem Verbindungsabschnitt **115** miteinander verbunden.

[0017] Der Motortreiber **42** ist ein dreiphasiger Wechselrichter, der die Stromversorgung des zweiten Wicklungssatzes **12** schaltet. Im Motortreiber **42** sind die Schaltelemente **421** bis **426** brückengekoppelt. Ein Ende der U2-Spule **121** ist mit einer Verbindungsstelle der gepaarten U-Phasenschaltelemente **421** und **424** verbunden. Ein Ende der V2-Spule **122** ist mit einer Verbindungsstelle der gepaarten V-Phasenschaltelemente **422** und **425** verbunden. Ein Ende der W2-Spule **123** ist mit einer Verbindungsstelle der gepaarten W-Phasenschaltelemente **423** und **426** verbunden. Andere Enden der Spulen **121** bis **123** sind an einem Verbindungsabschnitt **125** miteinander verbunden. Während die Schaltelemente **411** bis **416** und **421** bis **426** in der vorliegenden Ausführungsform MOSFETs sind, können diese Schaltelemente andere Elemente wie IGBTs sein.

[0018] Ein Motorrelais **46** ist zwischen dem Motortreiber **41** und der Batterie **45** angeordnet. Ein Motorrelais **47** ist zwischen dem Motortreiber **42** und der Batterie **45** angeordnet. Die Motorrelais **46** und **47** werden eingeschaltet, wenn ein Startschalter, wie beispielsweise ein Zündschalter, eingeschaltet wird und der Motor **10** mit Strom versorgt wird. Darüber hinaus werden die Motorrelais **46** und **47** ausgeschaltet, wenn der Startschalter ausgeschaltet wird, und die Stromversorgung des Motors **10** ist blockiert. Ein Spannungssensor **48**, der eine Batteriespannung **Vb** erfasst, ist auf einer potenzialfreien Seite der Batterie **45** angeordnet. Die Batteriespannung **Vb** entspricht der „Eingangsspannung“ in der vorliegenden Ausführungsform. Die Schaltbereichssteuerungsvorrichtung

40 beinhaltet einen Stromsensor (nicht dargestellt), der einen Motorstrom I_m erfasst.

[0019] Die ECU **50** steuert den Ein-/Aus-Betrieb der Schaltelemente **411** bis **416** und **421** bis **426** und steuert so den Antrieb des Motors **10**. Die ECU **50** steuert auch den Antrieb eines hydraulischen Getriebesteuermagneten **6** basierend auf einer Fahrzeuggeschwindigkeit, einer Gas(pedal)öffnung, einem Bremsschalterzustand, einem vom Fahrer gewünschten Schaltbereich und dergleichen. Durch die Steuerung des hydraulischen Getriebesteuermagneten **6** werden die Getriebegänge gesteuert. Die Anzahl der hydraulischen Getriebesteuermagneten **6** entspricht der Anzahl der Getriebegänge. Während das einzelne ECU **50** den Antrieb des Motors **10** und des Magneten **6** in der vorliegenden Ausführungsform steuert, können ein Motorsteuergerät, das den Motor **10** steuert, und ein Magnetventil, das AT-ECU steuert, separat vorgesehen werden. Im Folgenden wird im Wesentlichen die Antriebssteuerung des Motors **10** beschrieben.

[0020] Wie in **Fig. 4** dargestellt, beinhaltet die ECU **50** ein Normalzeit-Regler **51**, einen Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt **81**, ein Abnormalzeit-Regler **82**, einen Signalschaltabschnitt **83** und dergleichen und wird von einem Mikrocontroller konfiguriert. Verfahren in der ECU **50** können Softwareverfahren bzw. Softwareprozesse sein, die von einer CPU ausgeführt werden, die Programme ausführt, die in einer Solid-State-Speichervorrichtung wie einem ROM gespeichert sind, oder Hardwareverfahren bzw. Hardwareprozesse, die von einer speziellen elektronischen Schaltung ausgeführt werden.

[0021] Der Normalzeit-Regler **51** beinhaltet einen Winkelrechner **52**, einen Drehzahlrechner **53**, einen Winkelabweichungsrechner **54**, eine Rückkopplungssteuerung **60**, einem plötzlichen Bremsung-Tastverhältnisrechner **70**, einen Tastverhältnisschaltabschnitt **71**, einen Spannungskorrigierer **72**, einen PWM-Signalgenerator **73**, einen Festphasenerregungssteuerung **75**, einen Invertierungsbestimmungsabschnitt **76** und einen Normalsignalausgangsabschnitt **77**.

[0022] Der Winkelrechner **52** berechnet einen Ist-Zählwert C_{en} , der ein Zählwert des Encoders **13** ist, basierend auf den vom Encoder **13** ausgegebenen A- und B-Phasenimpulsen. Der Ist-Zählwert C_{en} ist ein Wert, der auf den tatsächlichen mechanischen und elektrischen Winkeln des Motors **10** basiert. Das heißt, der Ist-Zählwert C_{en} kann in einen aktuellen Motorwinkel θ_m umgerechnet werden. Der Drehzahlrechner **53** berechnet eine Motordrehzahl M_{sp} , d.h. die Drehzahl des Motors **10** basierend auf dem Ist-Zählwert C_{en} .

[0023] Der Winkelabweichungsrechner **54** berechnet die Differenz zwischen einem Soll-Zählwert C_{en}^* basierend auf einem vom Fahrer angeforderten Schaltbereich, der durch Betätigung eines Schalthebels (nicht dargestellt) eingegeben wird, und dem Ist-Zählwert C_{en} . Im Folgenden wird der Absolutwert der Differenz zwischen dem Soll-Zählwert C_{en}^* und dem Ist-Zählwert C_{en} als Winkelabweichung e definiert. Der Ist-Zählwert C_{en} wird als „Istwinkel“ betrachtet. Der Soll-Zählwert C_{en}^* wird als „Sollwinkel“ betrachtet.

[0024] Die Rückkopplungssteuerung **60** beinhaltet einen Soll-drehzahleinstellabschnitt **62**, einen Feedback-Werteinstellabschnitt **63**, einen Drehzahlabweichungsrechner **64**, eine Steuerung **65**, einen Feedforwardtermrechner **66**, einen Addierer **67** und dergleichen. Im Folgenden wird das Feedback bzw. die Rückkopplung entsprechend als „FB“ bezeichnet. Die Vorsteuerung bzw. das „Feedforward“ wird entsprechend als „FF“ bezeichnet.

[0025] Der Soll-drehzahleinstellabschnitt **62** berechnet eine Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* , d.h. die Soll-drehzahl des Motors **10** basierend auf der Winkelabweichung e . Basierend auf einer in **Fig. 5** dargestellten Speicherabbildung wird beispielsweise die Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* mit zunehmender Winkelabweichung e erhöht, wenn die Winkelabweichung e kleiner oder gleich einem vorgegebenen Wert e_a ist. Wenn die Winkelabweichung e größer als der vorgegebene Wert e_a ist, ist die Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* ein vorgegebener Maximalwert. Zusätzlich wird die Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* auf eine Soll-drehzahl sp_1 (z.B. 1000 U/min) eingestellt, wenn die Winkelabweichung e ein Winkelbestimmungsschwellenwert e_{th} ist. Die Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* wird mit zunehmender Batteriespannung V_b erhöht.

[0026] Wenn der Steuerzustand des Motors **10** Modus **2** oder Modus **3** (später beschrieben) ist, d.h. stationäre Steuerung oder Verzögerungssteuerung, führt der der FB-Werteinstellabschnitt **63** eine Phasenvorlaufkompensation durch, die die Phase der Motordrehzahl M_{sp} vorantreibt und einen Drehzahlphasenvorlaufwert M_{sp_pl} auf einen Drehzahlrückkopplungswert M_{sp_fb} einstellt. Wenn der Steuerzustand des Motors **10** Modus **1** ist, d.h. Beschleunigungsregelung, führt der FB-Werteinstellabschnitt **63** nicht die Phasenvorlaufkompensation durch und stellt die Motordrehzahl M_{sp} auf den Drehzahlrückkopplungswert M_{sp_fb} ein. Es wird davon ausgegangen, dass der Drehzahlphasenvorlaufwert M_{sp_pl} der auch in das Konzept der „Motordrehzahl“ einbezogen wird.

[0027] Der Drehzahlabweichungsrechner **64** berechnet eine Drehzahlabweichung ΔM_{sp} aus der Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* und dem Drehzahlrückkopplungswert M_{sp_fb} . Die Steuerung **65** berechnet

ein FB-Tastverhältnis bzw. eine FB-Duty D_{fb} z.B. durch P-Regelung oder PI-Regelung, so dass die Drehzahlabweichung ΔM_{sp} 0 ist, d.h. die Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* mit dem Drehzahlrückkopplungswert $M_{sp\ fb}$ übereinstimmt.

[0028] Der FF-Term-Rechner **66** berechnet ein FF-Tastverhältnis bzw. eine FF-Duty D_{ff} basierend auf dem Steuerzustand des Motors **10**. Das FF-Tastverhältnis D_{ff} in der Beschleunigungssteuerung ist ein maximales Beschleunigungs-Tastverhältnis, das basierend auf einer Speicherabbildung in **Fig. 6A** berechnet wird und mit zunehmender Motordrehzahl M_{sp} zunimmt. In der vorliegenden Ausführungsform wird die FF-Tastverhältnis D_{ff} als maximales Tastverhältnis berechnet, bis die Motordrehzahl M_{sp} größer oder gleich der Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* ist. Das FF-Tastverhältnis D_{ff} in der stationären Steuerung ist ein Drehzahlhaltetastverhältnis, das auf der Grundlage einer in **Fig. 6B** dargestellten Speicherabbildung berechnet wird. Das Drehzahlhaltetastverhältnis ist ein Tastverhältnis zum Halten der Motordrehzahl M_{sp} im Leerlauf und nimmt mit zunehmender Motordrehzahl M_{sp} zu. Das FF-Tastverhältnis D_{ff} in der Verzögerungssteuerung ist ein Verzögerungskorrekturtastverhältnis, das auf der Grundlage einer in **Fig. 6C** dargestellten Speicherabbildung berechnet wird. Das Verzögerungskorrekturtastverhältnis ist eine Korrekturtastverhältnis zum Erreichen der Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* . Wenn sich der Motor **10** in Vorwärtsrichtung dreht, ist der Wert des Verzögerungskorrekturtastverhältnisses negativ und nimmt mit zunehmender Motordrehzahl M_{sp} ab. Das heißt, mit zunehmender Motordrehzahl M_{sp} steigt der Absolutwert des Verzögerungskorrekturtastverhältnis.

[0029] Die **Fig. 6A**, **Fig. 6B** und **Fig. 6C** zeigen einen Fall, in dem sich der Motor **10** in Vorwärtsdrehrichtung dreht. Wenn sich der Motor **10** in Rückwärtsdrehrichtung dreht, wird das Vorzeichen des FF-Tastverhältnis D_{ff} umgekehrt. Das Gleiche gilt für ein festes Tastverhältnis D_b (siehe unten). Während eine Beschreibung gegeben wurde, die davon ausgeht, dass das FF-Tastverhältnis D_{ff} basierend auf der Motordrehzahl M_{sp} in der vorliegenden Ausführungsform berechnet wird, kann das FF-Tastverhältnis D_{ff} basierend auf der Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* anstelle der Motordrehzahl M_{sp} berechnet werden. Der Addierer **67** fügt den FB-Tastverhältnis D_{fb} zum FF-Tastverhältnis D_{ff} hinzu und berechnet so einen korrigierten FB-Tastverhältnis D_a .

[0030] Bei der Rückkopplungssteuerung der vorliegenden Ausführungsform kann durch Änderung eines Tastverhältnisses mittels PWM-Steuerung oder dergleichen der in den Spulen **111** bis **113** und **121** bis **123** fließende Strom und das Drehmoment geändert werden. In der vorliegenden Ausführungsform wird der Motor **10** durch Einschalten eines Schaltelements auf einer ersten Phasen-Hochspannungsseite

und eines Schaltelements auf einer zweiten Phasen-Hochspannungsseite, der sogenannten 120°-Erregung, angetrieben. Gemäß der 120°-Erregung wird, da die erste Phase und die zweite Phase jeden elektrischen Winkel von 60° wechseln, eine Erregungsphase geschaltet. In den Wicklungssätzen **11** und **12** wird so ein rotierendes Magnetfeld erzeugt, so dass der Motor **10** gedreht wird. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Drehrichtung des Motors **10** beim Drehen der Ausgangswelle **15** die Vorwärtsdrehrichtung als Vorwärtsrichtung definiert. Weiterhin ist das Tastverhältnis, wenn der Motor **10** ein positives Drehmoment ausgibt, als positive Tastverhältnis definiert, das Tastverhältnis, wenn der Motor **10** ein negatives Drehmoment ausgibt, als negative Tastverhältnis, und der mögliche Tastverhältnisbereich liegt zwischen -100[%] und 100[%]. Das heißt, wenn sich der Motor **10** nach vorne dreht, ist das Tastverhältnis positiv. Andererseits, wenn sich der Motor **10** in umgekehrter bzw. reversierter Richtung dreht, ist das Tastverhältnis negativ. Wenn ein Bremsmoment (d.h. ein negatives Drehmoment) erzeugt wird, um den Motor **10** zu stoppen, ist die Drehrichtung des Motors **10** die Vorwärtsdrehrichtung, aber das Tastverhältnis ist negativ. Ebenso ist das Tastverhältnis positiv, wenn ein Bremsmoment erzeugt wird, um den Motor **10** zu stoppen, der sich in umgekehrter Reihenfolge dreht.

[0031] Der plötzliche Bremsung-Tastverhältnisrechner **70** berechnet ein festes Tastverhältnis D_b gemäß einer Eildrehzahl M_{sp_i} , d.h. der Motordrehzahl M_{sp} beim Start der plötzlichen Bremssteuerung, d.h. die Winkelabweichung e ist kleiner als ein Winkelbestimmungsschwellenwert e_{th} . Das feste Tastverhältnis D_b ist ein Tastverhältnis bei einem „plötzlichen“ bzw. „harten“ Bremsen. Wie in **Fig. 7** dargestellt, ist der Wert der festen Tastverhältnis D_b beim Vorwärtsdrehen des Motors **10** negativ. Wenn die Eildrehzahl M_{sp_i} niedriger ist als eine vorgegebene Drehzahl sp_2 , steigt mit zunehmender Eildrehzahl M_{sp_i} der Absolutwert des festen Tastverhältnis D_b . Wenn die Eildrehzahl höher oder gleich der vorgegebenen Drehzahl sp_2 ist, beträgt das feste Tastverhältnis D_b - 100[%].

[0032] Der Tastverhältnisschaltabschnitt **71** schaltet ein Signalerzeugungstastverhältnis zwischen einem korrigierten FB-Tastverhältnis D_a und dem festen Tastverhältnis D_b um. In der vorliegenden Ausführungsform, wenn die Winkelabweichung e größer oder gleich dem Winkelbestimmungsschwellenwert e_{th} ist, wird das korrigierte FB-Tastverhältnis D_a als Signalerzeugungstastverhältnis ausgewählt und an den Spannungskorrigierer **72** ausgegeben. Wenn die Winkelabweichung e kleiner als der Winkelbestimmungsschwellenwert e_{th} ist, wird das feste Tastverhältnis D_b als Signalerzeugungstastverhältnis ausgewählt und an den Spannungskorrigierer **72** ausgegeben.

[0033] Der Spannungskorrigierer **72** korrigiert die korrigierte FB-Duty Da ausgewählt oder das feste Tastverhältnis Db ausgewählt bei der Batteriespannung Vb, um einen Tastverhältniskommandowert zu berechnen. Der PWM-Signalgenerator **73** erzeugt ein Befehlssignal Spwm zum Schalten der Schaltelemente **411** bis **416** und **421** bis **426** basierend auf dem Tastverhältniskommandowert oder dem Ist-Zählwert Cen. Der PWM-Signalgenerator **73** passt auch das Befehlssignal Spwm so an, dass ein Motorstrom Im einen Stromgrenzwert Im_max nicht überschreitet.

[0034] Der Festphasenerregungsregler **75** führt die Festphasenerregungssteuerung durch. Die Festphasenerregungssteuerung ist eine Steuerung zum Stoppen der Drehung des Motors **10**. In der Festphasenerregungssteuerung wird eine feste Phase gemäß einem elektrischen Winkel ausgewählt und ein Befehlssignal Sfix zum Schalten der Schaltelemente **411** bis **416** und **421** bis **426** erzeugt, so dass ein Strom in der gewählten Festphase in einer vorbestimmten Richtung fließt. Eine Anregungsphase ist damit fixiert bzw. festgelegt. Wenn die Anregungsphase festgelegt ist, stoppt der Motor **10** in einem vorbestimmten elektrischen Winkel entsprechend der Anregungsphase. Die Festphasenerregungsregler **75** wählt eine feste Phase und eine Anregungsrichtung basierend auf dem Ist-Zählwert Cen aus, so dass der Motor **10** in einem elektrischen Winkel stoppt, der der aktuellen Rotorposition am nächsten ist.

[0035] In der vorliegenden Ausführungsform wird die Festphasenerregungssteuerung während einer Festphasenerregungsdauer Ta fortgesetzt. Das Tastverhältnis während einer Festphasenerregungsperiode für die Festphasenerregungssteuerung ist maximiert und konstant. Alternativ kann das Tastverhältnis während einer ersten Periode maximiert werden, bis eine vorbestimmte Zeit vom Beginn an vergeht, und in einer zweiten Periode, von der die vorbestimmte Zeit vergeht, bis zum Ende der Festphasenerregungssteuerung, kann das Tastverhältnis schrittweise bzw. graduell geändert werden, so dass ein Motorstrom 0 ist, wenn die Festphasenerregungssteuerung endet. Alternativ kann das Tastverhältnis während der zweiten Zeitdauer ein vorgegebener Wert sein, dessen Absolutwert kleiner als das maximale Tastverhältnis ist. Da der Motorstrom, wenn die Festphasenerregungssteuerung endet, reduziert wird, ist es möglich, die Vibration einer Motorwelle zu reduzieren, wenn die Erregung von der Festphasenerregungssteuerung abgeschaltet wird, und einen Zustand, in dem die Ausgangswelle **15** an einer gewünschten Position stoppt, angemessen zu halten.

[0036] Der Invertierungsbestimmungsabschnitt **76** bestimmt, ob die Drehung des Motors **10** basierend auf dem Ist-Zählwert Cen invertiert wird. Der Normal-signalausgangsabschnitt **77** schaltet ein Signal, das

während der normalen Steuerung an die Motortreiber **41** und **42** ausgegeben wird. In der vorliegenden Ausführungsform wird, wenn sich der Motor **10** in einer Drehrichtung entsprechend einem gewünschten Schaltbereich dreht, d.h. bevor die Drehung des Motors **10** invertiert wird, das im PWM-Signalgenerator **73** erzeugte Befehlssignal Spwm ausgewählt. Wenn der Motor **10** invertiert wird bzw. ist, wird das in der Festphasenerregungsregler **75** erzeugte Befehlssignal Sfix ausgewählt.

[0037] Der Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt **81** überwacht eine Abnormalität des Encoders **13**. Wenn sich der Ist-Zählwert Cen über eine Abnormalitätsdauer Te während der Erregung eines Motors nicht ändert, bestimmt der Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt **81**, dass eine Abnormalität im Encoder **13** auftritt. Beispiele für die Abnormalität des Encoders **13** sind nicht nur eine Abnormalität des Encoders **13** selbst, sondern auch das Unterbrechen von mit dem Encoder **13** verbundenen Leitungen. Wenn eine Abnormalität im Encoder **13** auftritt, führt der Abnormalzeit-Regler **82** als Abnormalzeit-Steuerung eine offene Antriebssteuerung durch, um eine Erregungsphase direkt zu steuern, ohne den Ist-Zählwert Cen zu verwenden. In der offenen Antriebssteuerung werden die Schaltelemente **411** bis **416** und **421** bis **426** ein- und ausgeschaltet, so dass die Erregungsphase jede vorgegebene Erregungsphasenschaltdauer Pc (z.B. alle 5[ms]) geschaltet wird.

[0038] Der Signalschaltabschnitt **83** schaltet ein Signal, das an die Motortreiber **41** und **42** ausgegeben ist, entsprechend einem Ergebnis der Abnormalitätsbestimmung des Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt **81**. Insbesondere, wenn der Encoder **13** normal ist, wird ein durch den Normalsignalausgangsabschnitt **77** ausgewähltes Signal an die Motortreiber **41** und **42** ausgegeben. Wenn der Encoder **13** abnormal ist, wird ein von dem Abnormalzeit-Regler **82** erzeugtes Signal an den Motortreiber **41** und **42** ausgegeben.

[0039] Die offene Antriebssteuerung wird anhand der **Fig. 8A**, **Fig. 8B** und **Fig. 9** beschrieben. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass der Motor **10** in Vorwärtsrichtung gedreht wird, um einen Schaltbereich von einem P-Bereich in einen D-Bereich zu ändern. Wie in **Fig. 8A** dargestellt, ist der Schaltbereich vor einer Zeit x1 der P-Bereich und der Motorwinkel in diesem Fall als θ_p definiert. Wenn der vom Fahrer gewünschte Schaltbereich zum Zeitpunkt x1 vom P-Bereich auf den D-Bereich umgeschaltet wird, wie durch eine abwechselnd lange und kurze Strichlinie angezeigt, wird die Soll- bzw. Zielposition des Motorwinkels θ_m auf einen Winkel θ_d eingestellt. Wenn der Encoder **13** normal ist, wird der Motor **10** durch eine Rückkopplungssteuerung mit dem Ist-Zählwert Cen, wie durch eine durchgezogene Linie angezeigt, angetrieben, so dass der Motor **10** schnell auf den Win-

kel θ_d gedreht wird. Andererseits kann bei abnormalem Encoder **13** die Rückkopplungssteuerung über den Zählwert des Encoders **13** nicht ausgeführt werden. Aus diesem Grund wird der Motor **10** bei geöffneter Antriebssteuerung ohne Verwendung des Ist-Zählwertes C_n in den Winkel θ_d gedreht. In der offenen Antriebssteuerung, wie durch eine unterbrochene Linie angezeigt, dauert es länger, bis der Motor **10** in den Winkel θ_d gedreht wird, als im Normalfall, um die Vibration des Motors **10** zu reduzieren.

[0040] Fig. **8B** ist eine vergrößerte Ansicht eines Teils VIII B in Fig. **8A**. In Fig. **8B** wird der theoretische Motorwinkel θ_m , der durch das Schalten einer Erregungsphase erhalten wird, durch eine gestrichelte Linie angezeigt, während der Motorwinkel θ_m bei offener Antriebssteuerung mit einem Tastverhältnis von 100% durch eine durchgezogene Linie angezeigt wird. Fig. **8B** veranschaulicht den Motorwinkel θ_m im geöffneten Antrieb mit einem Tastverhältnis von 100% während einer einzigen Erregungsphasenschaltdauer P_c . Wie in Fig. **8B** dargestellt, wird in der offenen Antriebssteuerung die Erregungsphase jede Erregungsphasenschaltdauer P_c geschaltet, so dass der Motor **10** schrittweise angetrieben wird. In der vorliegenden Ausführungsform wird ein bürstenloser Gleichstrommotor mit größerem Drehmoment als ein SR-Motor als Motor **10** verwendet. Wenn das Tastverhältnis auf 100[%] eingestellt ist und ein Schaltelement in der Erregungsphase während einer Erregungsdauer P_k (siehe Fig. **9**) eingeschaltet bleibt, wie durch die durchgezogene Leitung in Fig. **8B** angezeigt, vibriert der Motor **10** stark und der Antrieb des Motors **10** kann daher nicht ordnungsgemäß gesteuert werden. Im Folgenden wird ein Zustand, in dem der Motor **10** stark vibriert und somit der Antrieb des Motors **10** nicht entsprechend gesteuert werden kann, als „out-of-step“ bezeichnet.

[0041] Fig. **9** veranschaulicht ein Tastverhältnis in der offenen Antriebssteuerung gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Fig. **9** veranschaulicht die Aufgaben des Schaltelements **411** als U-Phasen-Oberarmelement, des Schaltelements **414** als U-Phasen-Unterarmelement, des Schaltelements **412** als V-Phasen-Oberarmelement, des Schaltelements **415** als V-Phasen-Unterarmelement, des Schaltelements **413** als W-Phasen-Oberarmelement und des Schaltelements **416** als W-Phasen-Unterarmelement in der offenen Antriebssteuerung. In Fig. **9** wird das U-Phasen-Oberarmelement z.B. mit „U-Oberteil“ abgekürzt. Die Schaltmuster der Schaltelemente **421** bis **426** im Motortreiber **42** sind ähnlich denen des Motortreibers **41**, so dass dessen Beschreibung entfällt. Zwischen den Motortreibern **41** und **42** kann eine Erregungsphasendifferenz vorhanden sein. Um Komplexität zu vermeiden, ist in Fig. **9** nur eine einzige Erregungsphasenschaltdauer P_c angegeben.

[0042] Wie in Fig. **9** dargestellt, wird in der offenen Antriebssteuerung jede Erregungsphasenschaltdauer P_c ein einzuschaltendes Schaltelement geschaltet. In der vorliegenden Ausführungsform beträgt ein Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f in der offenen Antriebssteuerung weniger als 100%. Wie in Fig. **10** dargestellt, wird das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f entsprechend der Batteriespannung V_b eingestellt. Insbesondere wird das Tastverhältnis, wenn die Batteriespannung V_b ein normaler unterer Grenzwert V_{b1} ist, auf D_{f1} kleiner als 100% eingestellt. Wenn die Batteriespannung V_b kleiner als eine vorgegebene Spannung V_{b2} ist, während die Batteriespannung V_b steigt, verringert sich das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f . Wenn die Batteriespannung V_b größer oder gleich der vorgegebenen Spannung V_{b2} ist, wird das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f auf einen vorgegebenen Wert D_{f2} (z.B. 30%) eingestellt.

[0043] Wie in Fig. **9** dargestellt, werden zum Zeitpunkt der UV-Phasen Anregung, bei der die Schaltelemente **411** und **415** eingeschaltet werden und ein Strom von der U1-Spule **111** zur V1-Spule **112** fließt, die Schaltelemente **411** und **415** ein- und ausgeschaltet gesteuert, so dass die Rate einer Ein-Periode die des Abnormalzeit-Tastverhältnisses D_f ist. Da es sich bei dem Tastverhältnis um das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f handelt, das kleiner als 100% ist, kann das Tastverhältnis im Vergleich zu einem Fall, in dem die Schaltelemente **411** und **415** mit einer Erregungsdauer von 100% eingeschaltet bleiben, reduziert werden. Auch in einem Fall, in dem sich die Erregungsphase von der UV-Phase unterscheidet, werden die Schaltelemente ein- und ausgeschaltet, so dass die Rate der Einschaltzeit des entsprechenden Schaltelements das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f ist. Dadurch kann die Erregungsmenge im Vergleich zu einem Fall, in dem das Schaltelement eingeschaltet bleibt, reduziert werden. Dadurch ist es möglich, die Schwingungen des Motors **10** zu reduzieren und ein Auslaufen zu verhindern.

[0044] Das Tastverhältnis wird schrittweise geändert, wenn die Erregungsdauer P_k beginnt und endet. Insbesondere wird beim Beginn der Erregungsdauer P_k das Erregungsdauer P_k schrittweise auf das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f erhöht, die entsprechend der Batteriespannung V_b eingestellt wird. Wenn die Erregungsdauer P_k endet, wird das Tastverhältnis schrittweise auf 0 reduziert.

[0045] Wie in Fig. **11** dargestellt, ist die Tastverhältnisänderung pro Zeiteinheit, wenn ein Tastverhältnis zum Zeitpunkt des Beginns und Endes der Erregungsdauer P_k schrittweise geändert wird, als ein Tastverhältnisgradient ΔD definiert. Der Tastverhältnisgradient ΔD wird entsprechend der Batteriespannung V_b eingestellt. Insbesondere, wenn die Batteriespannung V_b der normale untere Grenzwert V_{b1} ist, ist der Absolutwert des Tastverhältnisgradient ΔD

ein Maximalwert $\Delta D1$. Wenn die Batteriespannung V_b kleiner als eine vorgegebene Spannung V_{b3} ist, sinkt mit zunehmender Batteriespannung V_b der Absolutwert des Tastverhältnisgradient ΔD . Wenn die Batteriespannung V_b größer oder gleich der vorgegebenen Spannung V_{b3} ist, wird der Absolutwert des Tastverhältnisgradient ΔD auf einen vorgegebenen Wert $\Delta D2$ eingestellt. Da das Tastverhältnis zum Zeitpunkt des Beginns und Endes der Erregungsdauer P_k schrittweise geändert wird, wird eine plötzliche Stromänderung durch das Schalten einer Erregungsphase reduziert. Dadurch ist es möglich, die Schwingungen des Motors **10** zu reduzieren und ein Auslaufen zu verhindern.

[0046] Die vorgegebene Spannung V_{b2} kann gleich der vorgegebenen Spannung V_{b3} oder verschieden von der vorgegebenen Spannung V_{b3} sein. Für den Beginn und das Ende der Erregungsdauer P_k können verschiedene Speicherabbildungen verwendet werden, so dass sich die Absolutwerte des Tastverhältnisgradient ΔD voneinander unterscheiden können. In den **Fig. 10** und **Fig. 11** ist ein Beispiel beschrieben, in dem das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f und der Tastverhältnisgradient ΔD linear mit zunehmender Batteriespannung V_b abnehmen. Das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f und der Tastverhältnisgradient ΔD können jedoch nichtlinear oder schrittweise abnehmen.

[0047] Die Verarbeitung der Shift-by-Wire-Steuerung gemäß der Ausführungsform wird mit Bezug auf ein Flussdiagramm von **Fig. 12** beschrieben. Diese Verarbeitung wird von der ECU **50** mit einer vorgegebenen Zeitdauer durchgeführt, während ein Startschalter, wie beispielsweise ein Zündschalter, eingeschaltet wird. Im Folgenden wird „Schritt“ in Schritt **S100** abgekürzt zu „S“. „Schritte“ in anderen Schritten werden ebenfalls abgekürzt.

[0048] Ob ein Encoder-Abnormalitätsflag (bzw. -zeichen) gesetzt ist, wird zunächst bei **S100** festgelegt. In **Fig. 12** ist das Encoder-Abnormalitätsflag mit „X_FAIL“ gekennzeichnet. Ein Zustand, in dem das Encoder-Abnormalitätsflag gesetzt ist, ist als „1“ und ein Zustand, in dem das Encoder-Abnormalitätsflag nicht gesetzt ist, als „0“ definiert. Wenn festgestellt wird, dass das Encoder-Abnormalitätsflag nicht gesetzt ist (NO bei **S100**), fährt das Verfahren mit **S200** fort und die ECU **50** führt die Normalzeit-Steuerung durch. Wenn bestimmt wird, dass das Encoder-Abnormalitätsflag gesetzt ist (JA bei **S100**), fährt das Verfahren mit **S300** fort und die ECU **50** führt eine Abnormalzeit-Steuerung durch. Bei **S400** nach **S200** oder **S300** führt die ECU **50** ein Abnormalitätsbestimmungsverfahren durch.

[0049] Das Normalzeit-Steuerungsverfahren bei **S200** wird anhand eines Flussdiagramms in **Fig. 13** beschrieben. Bevor der Normalzeit-Steuerungsver-

fahren beschrieben wird, werden die Steuerungsmodi des Motors **10** beschrieben. Modus **1** ist „Beschleunigungssteuerung“, und die Drehung des Motors **10** wird beschleunigt. Modus **2** ist eine „stationäre Steuerung“, und die Drehzahl des Motors **10** wird im Wesentlichen konstant gehalten. Modus **3** ist eine „Verzögerungssteuerung“, und die Drehung des Motors **10** wird verzögert. Modus **4** ist ein „plötzliche Bremssteuerung“, und eine plötzliche Bremse wird auf die Drehung des Motors **10** angewendet. Modus **5** ist eine „Festphasenerregungssteuerung“, und der Motor **10** wird gestoppt. Modus **0** ist eine „Erregung-Aussteuerung“, und die Erregung des Motors **10** wird gestoppt.

[0050] Die ECU **50** bestimmt bei **S201**, ob ein vom Fahrer gewünschter Schaltbereich geändert wird. Wenn festgestellt wird, dass der Schaltbereich der Fahrer Anforderung nicht geändert wird (NO bei **S201**), fährt das Verfahren mit **S203** fort. Wenn festgestellt wird, dass der vom Fahrer angeforderte Schaltbereich geändert wird (JA bei **S201**), fährt das Verfahren mit **S202** fort.

[0051] Die ECU **50** schaltet ein Motor-10-Erregungsflag bei **S202** ein. Die ECU **50** stellt auch den Steuerzustand auf Modus **1** ein, also die Beschleunigungsregelung. Die ECU **50** bestimmt bei **S203**, ob das Erregungsflag eingeschaltet ist. Wenn bestimmt wird, dass das Erregungsflag ausgeschaltet ist (NO bei **S203**), fährt das Verfahren mit **S210** fort. Wenn bestimmt wird, dass das Erregungsflag eingeschaltet ist (JA bei **S203**), fährt das Verfahren mit **S204** fort. Der Soll-Drehzahleinstellabschnitt **62** setzt die Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* in **S204**. Der Normalzeit-Regler **51** führt ein Modusbestimmungsverfahren bei **S205** durch.

[0052] Das Modusbestimmungsverfahren wird mit Bezug auf **Fig. 14** beschrieben. Der Normalzeit-Regler **51** bestimmt bei **S251**, ob der Steuermodus Modus **1** ist. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus nicht Modus **1** (NO bei **S251**) ist, fährt das Verfahren mit **S254** fort. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus Modus **1** ist (JA bei **S251**), fährt das Verfahren mit **S252** fort.

[0053] Der Normalzeit-Regler **51** bestimmt bei **S252**, ob die Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* kleiner als die aktuelle Motordrehzahl M_{sp} ist. Wenn bestimmt wird, dass die Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* größer oder gleich der aktuellen Motordrehzahl M_{sp} (NO bei **S252**) ist, wird Modus **1** fortgesetzt. Wenn bestimmt wird, dass die Soll-Motordrehzahl M_{sp}^* niedriger ist als die aktuelle Motordrehzahl M_{sp} (JA bei **S252**), fährt das Verfahren mit **S253** fort. Der Normalzeit-Regler **51** stellt den Steuermodus auf Modus **2**, die stationäre Steuerung, bei **S253** ein.

[0054] Bei **S254**, zu dem das Verfahren fortgesetzt wird, wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus nicht Modus **1** ist (NO bei **S251**), bestimmt der Normalzeit-Regler **51**, ob der Steuermodus Modus **2** ist. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus nicht Modus **2** ist (NO bei **S254**), fährt das Verfahren mit **S257** fort. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus Modus **2** ist (JA bei **S254**), fährt das Verfahren mit **S255** fort.

[0055] Der Normalzeit-Regler **51** bestimmt bei **S255**, ob ein Stromwert $M_{sp}^{*(n)}$ der Soll-Motordrehzahl kleiner als ein vorheriger Wert $M_{sp}^{*(n-1)}$ ist. Wenn bestimmt wird, dass $M_{sp}^{*(n)}$ der Soll-Motordrehzahl größer oder gleich dem vorherigen Wert $M_{sp}^{*(n-1)}$ (NO bei **S255**) ist, wird Modus **2** fortgesetzt. Wenn bestimmt wird, dass $M_{sp}^{*(n)}$ der Soll-Motordrehzahl kleiner als der vorherige Wert $M_{sp}^{*(n-1)}$ ist (JA bei **S255**), fährt das Verfahren mit **S256** fort. Der Normalzeit-Regler **51** stellt den Steuermodus bei **S256** auf Modus **3**, also die Verzögerungssteuerung, ein.

[0056] Bei **S257**, zu dem das Verfahren fortgesetzt wird, wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus nicht die Modi **1** und **2** ist (NO bei **S254**), bestimmt der Normalzeit-Regler **51**, ob der Steuermodus Modus **3** ist. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus nicht Modus **3** (NO bei **S257**) ist, fährt das Verfahren mit **S260** fort. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus Modus **3** ist (JA bei **S257**), fährt das Verfahren mit **S258** fort.

[0057] Der Normalzeit-Regler **51** bestimmt bei **S258**, ob die Winkelabweichung e kleiner als der Winkelbestimmungsschwellenwert e_{th} ist. Wenn bestimmt wird, dass die Winkelabweichung e größer oder gleich dem Winkelbestimmungsschwellenwert e_{th} (NO bei **S258**) ist, wird der Modus **3** fortgesetzt. Wenn bestimmt wird, dass die Winkelabweichung e kleiner als der Winkelbestimmungsschwellenwert e_{th} (JA bei **S258**) ist, fährt das Verfahren mit **S259** fort. Der Normalzeit-Regler **51** stellt den Steuermodus bei **S259** auf Modus **4**, also die plötzliche Bremssteuerung, ein.

[0058] Bei **S260**, zu dem das Verfahren fortgesetzt wird, wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus nicht die Modi **1** bis **3** ist (NO bei **S257**), bestimmt der Normalzeit-Regler **51**, ob der Steuermodus Modus **4** ist. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus nicht Modus **4** (NO bei **S260**) ist, fährt das Verfahren mit **S263** fort. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus Modus **4** (JA bei **S260**) ist, fährt das Verfahren mit **S261** fort.

[0059] Der Invertierungsbestimmungsabschnitt **76** bestimmt bei **S261**, ob der Motor **10** invertiert ist. Wenn der Motor **10** in eine Richtung entgegengesetzt zu einer Drehrichtung gedreht wird, die basierend auf einem Bereich vor oder nach dem Umschalten eines

Schaltbereichs bestimmt wird, wird bestimmt, dass der Motor **10** invertiert wird. Wenn bestimmt wird, dass der Motor **10** nicht invertiert ist (NO bei **S261**), wird der Modus **4** fortgesetzt. Wenn bestimmt wird, dass der Motor **10** invertiert ist (JA bei **S261**), fährt das Verfahren mit **S262** fort. Der Normalzeit-Regler **51** stellt den Steuermodus auf Modus **5**, die Festphasenerregungssteuerung, bei **S262** ein.

[0060] Bei **S263**, zu dem das Verfahren fortgesetzt wird, wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus nicht die Modi **1** bis **4** ist (NO bei **S260**), ist der Steuermodus Modus **5** und der Normalzeit-Regler **51** erhöht einen Timerwert T_c , der ein Zählwert eines Timers zum Messen einer Dauer der Festphasenerregungssteuerung ist. Die ECU **50** bestimmt bei **S264**, ob der Timerwert T_c größer als ein Zeitdauer-Bestimmungsschwellenwert T_{th} ist. Der Zeitdauer-Bestimmungsschwellenwert T_{th} wird entsprechend einer Festphasenerregungsdauer T_a (z.B. 100 ms) eingestellt, während die Festphasenerregungssteuerung fortgesetzt wird. Wenn bestimmt wird, dass der Timerwert T_c kleiner oder gleich dem Zeitdauer-Bestimmungsschwellenwert T_{th} (NO bei **S264**) ist, wird der Modus **5** fortgesetzt. Wenn bestimmt wird, dass der Timerwert T_c größer als der Zeitdauer-Bestimmungsschwellenwert T_{th} (JA bei **S264**) ist, fährt das Verfahren mit **S265** fort. Der Normalzeit-Regler **51** stellt den Steuermodus bei **S265** auf Modus **0**, d.h. die Erregung-Aus-Steuerung, ein.

[0061] Zurück zu **Fig. 13**, bei **S206**, wo das Verfahren im Anschluss an das Modusbestimmungsverfahren fortgesetzt wird, bestimmt der Normalzeit-Regler **51**, ob der Steuermodus einer der Modi **1** bis **4** ist. Wenn der Steuermodus einer der Modi **1** bis **4** ist, wird die PWM-Steuerung am Motor **10** ausgeführt. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus von den Modi **1** bis **4** verschieden ist (NO bei **S206**), fährt das Verfahren mit **S208** fort. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus einer der Modi **1** bis **4** ist (JA bei **S206**), fährt das Verfahren mit **S207** fort.

[0062] Der Normalzeit-Regler **51** steuert den Antrieb des Motors **10** mit der PWM-Steuerung an **S207**. Die PWM-Steuerung wird mit Bezug auf **Fig. 15** beschrieben. Der Normalzeit-Regler **51** bestimmt bei **S271**, ob der Steuermodus einer der Modi **1** bis **3** ist. Wenn der Steuermodus einer der Modi **1** bis **3** ist, wird die Rückkopplungssteuerung am Motor **10** ausgeführt. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus keiner der Modi **1** bis **3** ist, d.h. Modus **4** (NO bei **S271**), fährt das Verfahren mit **S278** fort. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus einer der Modi **1** bis **3** ist (JA bei **S271**), fährt das Verfahren mit **S272** fort.

[0063] Der Normalzeit-Regler **51** bestimmt bei **S272**, ob der Steuermodus Modus **1** ist. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus Modus **1** ist (JA bei **S272**), fährt das Verfahren mit **S273** fort. Wenn be-

stimmt wird, dass der Steuermodus nicht Modus **1** ist, d.h. Modus **2** oder **3** (NO bei **S272**), fährt das Verfahren mit **S274** fort.

[0064] Der Feedback-Werteinstellabschnitt **63** gibt die Motordrehzahl Msp an den Drehzahlabweichungsrechner **64** als Drehzahlrückkopplungswert Msp_fb bei **S273** aus. Der Feedback-Werteinstellabschnitt **63** gibt einen Phasenvorlaufkompensationswert Msp_pl der Motordrehzahl Msp an den Drehzahlabweichungsrechner **64** als Drehzahlrückkopplungswert Msp_fb bei **S274** aus.

[0065] Die Steuerung **65** berechnet das Feedback-Tastverhältnis bzw. Rückmeldetastverhältnis D_{fb} an **S275**. Der Feedforward-Term-Rechner **66** bzw. Vorwärtsbetrieb-Term-Rechner **66** berechnet das Feedforward-Tastverhältnis D_{ff} bzw. Vorwärtsbetrieb-tastverhältnis D_{ff} entsprechend dem Steuermodus an **S276**. Der Addierer **67** addiert das Feedback-Tastverhältnis D_{fb} zum Feedforward-Tastverhältnis D_{ff} und berechnet so das korrigierte Feedback-Tastverhältnis D_a bei **S277**.

[0066] Bei **S278**, zu dem das Verfahren fortgesetzt wird, wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus Modus **4** ist (NO bei **S271**), stellt der plötzliche Bremsung-Tastverhältnisrechner **70** das feste Tastverhältnis D_b entsprechend der Eildrehzahl Msp_i ein. Wenn das feste Tastverhältnis D_b eingestellt ist, wird der eingestellte Wert beibehalten. Der PWM-Signalgenerator **73** erzeugt das Befehlssignal Spwm basierend auf dem berechneten korrigierten Feedback-Tastverhältnis D_a oder dem festen Tastverhältnis D_b in **S279**. Die ECU **50** steuert den Antrieb des Motors **10** basierend auf dem erzeugten Befehlssignal Spwm.

[0067] Zurück zu **Fig. 13**, bei **S208**, zu dem das Verfahren fortgesetzt wird, wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus von den Modi **1** bis **4** verschieden ist (NO bei **S206**), bestimmt der Normalzeit-Regler **51**, ob der Steuermodus Modus **5** ist. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus Modus **5** (JA bei **S208**) ist, fährt das Verfahren mit **S209** fort. Wenn bestimmt wird, dass der Steuermodus nicht Modus **5** (NO bei **S208**) ist, d.h. der Steuermodus Modus **0** ist, fährt das Verfahren mit **S210** fort. Der Normalzeit-Regler **51** führt die Festphasenerregungssteuerung an **S209** aus. Insbesondere erzeugt die Festphasenerregungsregler **75** das Befehlssignal Sfix zum Erregen einer festen Phase gemäß dem Ist-Zählwert Cen. Die ECU **50** steuert den Antrieb des Motors **10** basierend auf dem erzeugten Befehlssignal Sfix. Die ECU **50** schaltet die Stromversorgung des Motors **10** an **S210** ab.

[0068] Der Abnormalzeit-Steuerungsverfahren bei **S300** wird anhand eines Flussdiagramms in **Fig. 16** beschrieben. Bei dem Abnormalzeit-Steuerungsver-

fahren wird die Zeit ab Beginn der Regelung mit abnormaler Zeit gemessen. Die Abnormalzeit-Regler **82** bestimmt bei **S301**, ob der Motor **10** unter Spannung steht. Ob der Motor **10** unter Spannung steht, wird z.B. anhand eines Erregungsflags bestimmt. Wenn bestimmt wird, dass der Motor **10** nicht unter Spannung steht (NO bei **S301**), fährt das Verfahren mit **S309** fort. Wenn bestimmt wird, dass der Motor **10** unter Spannung steht (JA bei **S301**), fährt das Verfahren mit **S302** fort.

[0069] Die Abnormalzeit-Regler **82** stellt das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f basierend auf der Batteriespannung V_b bei **S302** ein. Der Abnormalzeit-Regler **82** stellt den Tastverhältnisgradient ΔD basierend auf der Batteriespannung V_b bei **S303** ein. Der Abnormalzeit-Regler **82** stellt die Tastverhältnisse der jeweiligen Phasen entsprechend der Zeit ein, die seit Beginn des Abnormalzeit-Steuerungsverfahrens bei **S304** verstrichen ist.

[0070] Der Abnormalzeit-Regler **82** bestimmt, ob es sich um ein Timing zum Schalten einer Erregungsphase handelt, basierend auf der Zeit, die ab Beginn des Abnormalzeit-Steuerungsverfahrens bei **S305** verstrichen ist. Wenn bestimmt wird, dass es sich um den Zeitpunkt des Schaltens einer Erregungsphase (JA bei **S305**) handelt, fährt das Verfahren mit **S306** fort. Wenn bestimmt wird, dass es sich nicht um den Zeitpunkt des Schaltens einer Erregungsphase (NO bei **S305**) handelt, fährt das Verfahren mit **S307** fort.

[0071] Der Abnormalzeit-Regler **82** schaltet eine Erregungsphase bei **S306**. Insbesondere wird das Tastverhältnis eines Schaltelements, das von einem Aus-Zustand in einen Ein-Zustand übergeht, schrittweise auf das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f mit dem Tastverhältnisgradient ΔD umgestellt. Darüber hinaus wird das Tastverhältnis eines Schaltelements, das von einem Ein-Zustand in einen Aus-Zustand übergeht, schrittweise auf 0 mit einer Steigung $-\Delta D$ geändert. Der Abnormalzeit-Regler **82** schaltet die Erregungsphase nicht um und setzt die aktuelle Erregungsphase bei **S307** fort. Insbesondere wird das zu steuernde Schaltelement nicht verändert und ein Zweipunktbetrieb mit dem auf **S302** eingestellten Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f fortgesetzt.

[0072] Der Abnormalzeit-Regler **82** bestimmt bei **S308**, ob der Motor **10** in eine Zielposition gedreht wird. Da der Zählwert des Encoders **13** bei dem Abnormalzeit-Steuerungsverfahren nicht verwendet werden kann, erfolgt die Bestimmung basierend auf einem Zählwert für die Anzahl der Schaltzeiten einer Erregungsphase oder die Zeit ab Beginn des Abnormalzeit-Steuerungsverfahrens oder dergleichen. Wenn bestimmt wird, dass der Motor **10** nicht in die Zielposition gedreht wird (NO bei **S308**), wird das Verfahren bei **S309** nicht durchgeführt. Wenn bestimmt wird, dass der Motor **10** in die Zielposition

gedreht wird (JA bei **S308**), fährt das Verfahren mit **S309** fort. Die ECU **50** schaltet die Stromversorgung des Motors **10** an **S309** aus. Wenn die Stromversorgung des Motors **10** bereits abgeschaltet ist, wird der Zustand der Abschaltung der Stromversorgung fortgesetzt.

[0073] Das Abnormalitätsbestimmungsverfahren bei **S400** wird anhand eines Flussdiagramms in **Fig. 17** beschrieben. Der Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt **81** bestimmt bei **S401**, ob der Motor **10** unter Spannung steht. Ähnlich wie bei der Bestimmung bei **S301** wird beispielsweise anhand eines Erregungsflags bestimmt, ob der Motor **10** erregt ist. Wenn bestimmt wird, dass der Motor **10** nicht unter Spannung steht (NO bei **S401**), werden Verfahren nach **S402** nicht durchgeführt. Wenn bestimmt wird, dass der Motor **10** unter Spannung steht (JA bei **S401**), fährt das Verfahren mit **S402** fort.

[0074] Der Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt **81** bestimmt bei **S402**, ob sich der Ist-Zählwert Cen des Encoders **13** während der Abnormalitätsdauer T_e ändert. Wenn bestimmt wird, dass sich der Ist-Zählwert Cen während der Abnormalitätsdauer T_e (JA bei **S402**) ändert, fährt das Verfahren mit **S403** fort. Wenn bestimmt wird, dass sich der Ist-Zählwert Cen während der Abnormalitätsdauer T_e (NO bei **S402**) nicht ändert, fährt das Verfahren mit **S404** fort. Der Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt **81** setzt das Encoder-Abnormalitätsflag bei **S403** zurück. Der Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt **81** setzt das Encoder-Abnormalitätsflag auf **S404**.

[0075] Wenn sich der Ist-Zählwert Cen während der Erregung eines Motors über die Abnormalitätsdauer T_e nicht ändert, wird bestimmt, dass eine Abnormalität im Encoder **13** in der vorliegenden Ausführungsform auftritt. Wenn eine Abnormalität im Encoder **13** auftritt, wird eine offene Antriebssteuerung, die nicht den Ist-Zählwert Cen verwendet, d.h. den Zählwert des Encoders **13**, als Abnormalzeit-Steuerung ausgeführt. Gemäß der offenen Antriebssteuerung kann der Motor **10** durch periodisches Schalten einer Erregungsphase ohne Verwendung des Ist-Zählwertes Cen angetrieben werden. Folglich ist selbst bei einer Abnormalität des Encoders **13** der Schaltbereich entsprechend schaltbar und die schwache Basisleistung wird verbessert.

[0076] Da das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f in der offenen Antriebssteuerung in der vorliegenden Ausführungsform weniger als 100% beträgt, ist der Erregungsbetrag des Motors **10** geringer als in einem Fall, in dem das Tastverhältnis 100% beträgt. Somit ist es möglich, die Vibration des Motors **10** zu reduzieren und den Motor **10** entsprechend einem gewünschten Schaltbereich ohne Außertastverhältnissetzung bzw. out-of-step in eine Soll- bzw. Zielposition zu drehen. Da das Tastverhältnis zum Zeit-

punkt des Schaltens einer Erregungsphase schrittweise geändert wird, wird eine plötzliche Stromänderung durch das Schalten einer Erregungsphase reduziert. Somit ist es möglich, die Vibration des Motors **10** zum Zeitpunkt des Schaltens einer Erregungsphase zu reduzieren und den Motor **10** entsprechend einem gewünschten Schaltbereich ohne out-of-step in eine Zielposition zu drehen.

[0077] Wie vorstehend beschrieben, ist die Schaltbereichssteuerungsvorrichtung **40** gemäß der vorliegenden Ausführungsform eine Schaltbereichssteuerungsvorrichtung, die den Ein-/Aus-Betrieb der Schaltelemente **411** bis **416** des Motortreibers **41** und der Schaltelemente **421** bis **426** des Motortreibers **42** steuert, um den Motor **10** anzutreiben und damit einen Schaltbereich zu schalten. Die Schaltbereichssteuerungsvorrichtung **40** beinhaltet den Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt **81**, die Normalzeit-Steuerung **51** und der Abnormalzeit-Regler **82**. Der Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt **81** erfasst eine Abnormalität des Encoders **13**, der den Drehwinkel des Motors **10** erfasst. Wenn der Encoder **13** normal ist, steuert der Normalzeit-Regler **51** den Antrieb des Motors **10** über einen Erfassungswert des Encoders **13**. Wenn der Encoder **13** abnormal ist, führt der Abnormalzeit-Regler **82** eine offene Antriebssteuerung aus, d.h. eine Abnormalzeit-Steuerung, bei der die Erregungsphase jede Erregungsphasenschaltdauer P_c geschaltet wird, ohne den Erfassungswert des Encoders **13** zu verwenden. Der Abnormalzeit-Regler **82** stellt eine Stromabsenkungsperiode ein, in der das Tastverhältnis in mindestens einem Teil der Erregungsdauer P_k , während der die Einschaltung in einer Phase in der gleichen Richtung fortgesetzt wird, weniger als 100% beträgt.

[0078] Wenn das U-Phasen-Schaltelement **411** eingeschaltet und das U-Phasen-Schaltelement **414** ausgeschaltet ist, wird die Erregung in der U1-Spule **111** in Strömungsrichtung in den Anschlussabschnitt **115** fortgesetzt. Wenn das Tastverhältnis 100% beträgt, bleibt der Ein-Zustand des Schaltelements **411** über die Erregungsdauer P_k erhalten. In der vorliegenden Ausführungsform wird das Tastverhältnis zumindest in einem Teil der Erregungsdauer P_k auf weniger als 100% reduziert und die Zeitdauer, in der das Schaltelement **411** abgeschaltet wird, eingestellt. Die Strommenge ist somit geringer als bei einem Tastverhältnis von 100%. Dadurch kann bei abnormalem Encoder **13** die Vibration des Motors **10** reduziert und gleichzeitig der Motor **10** entsprechend einem gewünschten Schaltbereich entsprechend in eine Zielposition gedreht werden, ohne einen Erfassungswert des Encoders **13** zu verwenden.

[0079] Der Abnormalzeit-Regler **82** für die abnormale Zeit stellt das Tastverhältnis auf das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f ein, das weniger als 100% beträgt, über die gesamte Erregungsdauer P_k . Da die Strom-

menge über das Erregungsdauer P_k reduziert werden kann, kann die Vibration des Motors **10** entsprechend reduziert werden. Das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f ist entsprechend der Batteriespannung V_b variabel. Dadurch ist es möglich, die Vibration des Motors **10** entsprechend der Batteriespannung V_b besser zu reduzieren.

[0080] Zum Zeitpunkt des Beginns der Erregungsdauer P_k ändert der Abnormalzeit-Regler **82** schrittweise das Tastverhältnis der Schaltelemente **411** bis **416** und **421** bis **426**, die von einem Aus-Zustand in einen Ein-Zustand von 0 bis zu einem vorgegebenen Tastverhältnis geschaltet werden sollen. Das Tastverhältnis wird in der vorliegenden Ausführungsform schrittweise auf das Abnormalzeit-Tastverhältnis D_f umgestellt. Der Abnormalzeit-Regler **82** ändert schrittweise das Tastverhältnis der Schaltelemente **411** bis **416** und **421** bis **426**, die am Ende der Erregungsdauer P_k von einem Ein-Zustand in einen Aus-Zustand auf 0 geschaltet werden sollen. Da beim Schalten einer Erregungsphase eine plötzliche Stromänderung reduziert werden kann, kann die Vibration des Motors **10** entsprechend reduziert werden. „Ein-Zustand“ ist ein Zustand, in dem Ein- und Ausschalten mit einem vorgegebenen Tastverhältnis wiederholt wird. Bei 100% Tastverhältnis bleiben die Schaltelemente **411** bis **416** und **421** bis **426** eingeschaltet.

[0081] Der Tastverhältnisgradient ΔD , wenn das Tastverhältnis zum Zeitpunkt des Beginns oder Endes einer Erregungsdauer schrittweise geändert wird, ist je nach Batteriespannung V_b variabel. Dadurch ist es möglich, die Vibration des Motors **10** entsprechend der Batteriespannung V_b besser zu reduzieren.

(Andere Ausführungsformen)

[0082] Gemäß der obigen Ausführungsform ist in der Abnormalzeit-Steuerung das Tastverhältnis über die gesamte Erregungsdauer ein Abnormalzeit-Tastverhältnis, das weniger als 100% beträgt, und wird dann zum Zeitpunkt des Beginns oder Endes der Erregungsdauer schrittweise geändert. Gemäß anderen Ausführungsformen muss bei der Abnormalzeit-Steuerung, wenn es sich bei dem Tastverhältnis um ein Abnormalzeit-Tastverhältnis handelt, das über die gesamte Erregungsdauer weniger als 100% beträgt, das zum Zeitpunkt des Beginns der Erregungsdauer geltende Tastverhältnis nicht schrittweise geändert werden, und das Tastverhältnis kann gleichzeitig mit dem Beginn der Erregungsdauer in die abnormale Zeitfunktion geändert werden. Wenn es sich bei dem Tastverhältnis um das Abnormalzeit-Tastverhältnis handelt, die über die gesamte Erregungsdauer weniger als 100% beträgt, muss das Tastverhältnis zum Zeitpunkt des Endes der Erregungsdauer nicht schrittweise geändert werden, und das Tast-

verhältnis kann gleichzeitig mit dem Ende der Erregungsdauer auf 0 geändert werden.

[0083] Gemäß anderer Ausführungsformen kann bei der Abnormalzeit-Steuerung, wenn das Tastverhältnis zu Beginn oder am Ende der Erregungsdauer schrittweise geändert wird, das Tastverhältnis während einer anderen Zeitdauer als dem Zeitpunkt, zu dem das Tastverhältnis schrittweise geändert wird, 100% betragen und das entsprechende Schaltelement eingeschaltet bleiben. In diesem Fall ist die Zeitdauer, in dem das Tastverhältnis schrittweise geändert wird, eine aktuelle Stromabsenkungsperiode. Folglich wird bei der Abnormalzeit-Steuerung in mindestens einem Teil der Erregungsdauer die Stromabsenkungsperiode, in der das Tastverhältnis unter 100% liegt, eingestellt. Der Erregungsbetrag ist somit geringer als in dem Fall, in dem die Erregung mit einem Tastverhältnis von 100% über die gesamte Erregungsdauer durchgeführt wird. Somit ist es möglich, die Vibration eines Motors zu reduzieren und den Motor **10** ohne out-of-step in eine Zielposition zu drehen.

[0084] Das Abnormalzeit-Tastverhältnis ist hinsichtlich einer Eingangsspannung in der obigen Ausführungsform variabel. Das abnormale Tastverhältnis muss nicht entsprechend einer Eingangsspannung eingestellt werden und kann in anderen Ausführungsformen ein vorgegebener Wert sein. Der Tastverhältnisgradient zum Zeitpunkt des Beginns oder Endes einer Erregungsdauer ist entsprechend einer Eingangsspannung in der obigen Ausführungsform variabel. Der Tastverhältnisgradient zum Zeitpunkt des Beginns oder Endes einer Erregungsdauer muss nicht entsprechend einer Eingangsspannung eingestellt werden und kann in anderen Ausführungsformen ein vorgegebener Wert sein. Die Eingangsspannung ist eine Batteriespannung in der obigen Ausführungsform. Andere Werte als die Batteriespannung können in anderen Ausführungsformen verwendet werden, sofern sich die Werte auf eine Spannungseingabe in einen Motortreiber beziehen.

[0085] In der obigen Ausführungsform ist die Erregungsphasenschaltdauer konstant. In anderen Ausführungsformen kann die Erregungsphasenschaltdauer vom Beginn der Abnormalzeit-Steuerung bis zur Schaltung der Erregungsphase für eine vorbestimmte Zeit länger sein als diejenige, nachdem die Erregungsphase für die vorbestimmte Zeit geschaltet wurde. Da die Erregungsphasenschaltdauer unmittelbar nach Beginn der Abnormalzeit-Steuerung, in der ein Motor zu schwingen droht, verlängert wird, kann die Vibration des Motors zu Beginn der Abnormalzeit-Steuerung geeignet reduziert werden.

[0086] Der Motor ist ein permanentmagnetischer bürstenloser Drehstrommotor in der obigen Ausführungsform. Der Motor ist nicht auf einen bürstenlosen Drehstrommotor beschränkt und jeder Motor kann

in anderen Ausführungen verwendet werden. Zwei Wicklungssätze sind in einem Motor in der obigen Ausführungsform vorhanden. Ein Wicklungssatz oder drei oder mehr Wicklungssätze können in anderen Ausführungsformen verwendet werden.

[0087] In der obigen Ausführungsform wird während der Normalzeit-Steuerung der Erfassungswert eines Drehwinkelsensors verwendet, um eine Soll-drehzahl basierend auf einer Winkelabweichung einzustellen, und der Antrieb eines Motors wird durch eine Drehzahl-Feedback-Steuerung gesteuert. Durch Umschalten von der Drehzahl-Feedback-Steuerung auf die plötzliche Bremssteuerung und dann auf die Festphasenerregungssteuerung wird ein Motor an einer Zielposition angehalten. In anderen Ausführungsformen kann die Normalzeit-Steuerung jede Steuerung sein, die den Erfassungswert des Drehwinkelsensors verwendet.

[0088] Der Antrieb eines Motors wird durch eine sogenannte 120°-Erregung in der obigen Ausführungsform gesteuert. Eine andere Steuerung als die 120°-Erregung kann in anderen Ausführungsformen ausgeführt werden. So kann beispielsweise eine sogenannte 180°-Erregung durchgeführt werden. Alternativ kann die Normalzeit-Steuerung auch eine PWM-Steuerung mit einem Dreieckswellenvergleichsverfahren oder einem Sofort-Vektorauswahlverfahren sein.

[0089] In der obigen Ausführungsform, wenn sich der Drehzahlzustand in der stationären Steuerung oder Verzögerungssteuerung befindet, wird ein Phasenvorlaufwert, der einem phasenverschobene Filterverfahren unterzogen wird, zurückgeführt. In anderen Ausführungsformen, wenn sich der Drehzahlzustand in der Beschleunigungssteuerung befindet, kann ein Wert, der dem phasenverschobene Filterverfahren unterworfen ist, zurückgeführt werden. Das phasenverschobene Filterverfahren in mindestens einem von einem stationären und einem verzögerten Zustand kann entfallen. Das Verfahren zum Bestimmen des Drehzahlzustandes ist nicht auf das in der obigen Ausführungsform beschriebene Verfahren beschränkt und kann jedes Verfahren sein, das ein Bestimmungsverfahren unter Verwendung eines Differenzwertes einer Motordrehzahl beinhaltet.

[0090] In der obigen Ausführungsform wird das Umschalten von der Rückkopplungssteuerung auf die plötzliche Bremssteuerung mit festem Tastverhältnis durch Verwendung eines Winkelbestimmungsschwellenwerts bestimmt. In anderen Ausführungsformen kann der Winkelbestimmungsschwellenwert entsprechend einer Motordrehzahl variabel sein. Wenn beispielsweise die Motordrehzahl steigt, kann sich der Winkelbestimmungsschwellenwert entsprechend erhöhen. In der obigen Ausführungsform wird das feste Tastverhältnis bei der plötzlichen Brems-

steuerung entsprechend einer Eildrehzahl eingestellt. In anderen Ausführungsformen kann das feste Tastverhältnis ein vorgegebener Wert (z. B. die maximale Tastverhältnis) unabhängig von der Eildrehzahl sein.

[0091] Bei der Festphasenerregungssteuerung ist das Tastverhältnis bis zum Ablauf der Tastverhältnisfixierungszeit das maximale Tastverhältnis in der obigen Ausführungsform. Das Tastverhältnis bis zum Ablauf der Tastverhältnisfixierungszeit in der Festphasenerregungssteuerung muss in anderen Ausführungsformen nicht das maximale Tastverhältnis sein. Das Tastverhältnisänderungsverfahren in der Festphasenerregungssteuerung kann entfallen und das Tastverhältnis kann während der Festphasenerregung in anderen Ausführungsformen konstant sein.

[0092] Der Encoder wird als Drehwinkelsensor verwendet, der den Drehwinkel eines Motors in der obigen Ausführungsform erfasst. Der Drehwinkelsensor ist nicht auf den Encoder beschränkt und jeder Sensor, wie beispielsweise ein Resolver, kann in anderen Ausführungsformen verwendet werden. Andere Werte als ein Encoder-Zählwert können anstelle des Encoder-zählwertes zurückgegeben werden, sofern die Werte in einen Motordrehwinkel umgewandelt werden können. Das Gleiche gilt für die Auswahl einer festen Phase in der Festphasenerregungssteuerung.

[0093] Die Rastplatte beinhaltet vier Aussparungen in der obigen Ausführungsform. Die Rastplatte kann beliebig viele Aussparungen in anderen Ausführungsformen aufweisen. So kann beispielsweise die Rastplatte zwei Aussparungen zum Umschalten zwischen einem P-Bereich und einem notP-Bereich aufweisen. Darüber hinaus können sich der Schaltbereichsschaltmechanismus und der Parksperrmechanismus von denen der obigen Ausführungsform unterscheiden.

[0094] Zwischen einer Motorwelle und einer Ausgangswelle ist in der obigen Ausführungsform eine Verzögerer angeordnet. Während der Verzögerer in der obigen Ausführungsform nicht im Detail beschrieben ist, kann der Verzögerer jeder Verzögerer sein, der ein Zykloidgetriebe, ein Planetengetriebe oder ein Stirnradgetriebe verwendet, das das Drehmoment von einem Verzögerungsmechanismus im Wesentlichen koaxial zur Motorwelle auf eine Antriebswelle überträgt, oder eine beliebige Kombination dieser Getriebe. In anderen Ausführungsformen kann die zwischen der Motorwelle und der Ausgangswelle angeordnete Verzögerer entfallen oder andere Mechanismen als die Verzögerungsvorrichtung können zwischen der Motorwelle und der Ausgangswelle angeordnet werden. Wie vorstehend beschrieben, ist die vorliegende Offenbarung nicht auf die oben genannte Ausführungsform beschränkt und kann in verschiedenen Modi implementiert werden, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen.

[0095] Die vorliegende Offenbarung wurde in Übereinstimmung mit den Ausführungsformen erstellt. Die vorliegende Offenbarung beschränkt sich jedoch nicht nur auf die Ausführungsformen und Strukturen. Das heißt, die vorliegende Offenbarung umfasst auch verschiedene Modifikationen und Variationen im Rahmen von Äquivalenten. Darüber hinaus fallen auch andere Kombinationen und andere Formen, einschließlich verschiedener Kombinationen und verschiedener Formen von nur einem Element oder mehr oder weniger, in den Anwendungsbereich und Geist der vorliegenden Offenbarung.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2017042626 [0001]
- JP 3886042 B [0004]

Patentansprüche

1. Schaltbereichssteuerungsvorrichtung, die den Ein-/Aus-Betrieb einer Mehrzahl von Schaltelementen (411 bis 416, 421 bis 426) in einer Treiberschaltung (41, 42) steuert, einen Motor (10) antreibt und einen Schaltbereich schaltet, wobei die Schaltbereichssteuerungsvorrichtung das Folgende umfasst: einen Abnormalitäts-Bestimmungsabschnitt (81), der eine Abnormalität eines Drehwinkelsensors (13) bestimmt, der einen Drehwinkel des Motors erfasst; einen Normalzeit-Regler (51), der einen Antrieb des Motors unter Verwendung eines Erfassungswerts des Drehwinkelsensors als Reaktion darauf steuert, dass der Drehwinkelsensor normal ist; und ein Abnormalzeit-Regler (82), der eine Abnormalzeit-Steuerung ausführt, die eine Erregungsphase jede Erregungsphasenschaltdauer schaltet, ohne den Erfassungswert des Drehwinkelsensors als Reaktion dessen zu verwenden, dass der Drehwinkelsensor abnormal ist,

wobei:

die Abnormalzeit-Steuerung eine Stromabsenkungsperiode einstellt, während der ein Tastverhältnis weniger als 100% in mindestens einem Teil einer Erregungsdauer beträgt, während der die Einschaltung in einer Phase in einer gleichen Richtung fortgesetzt wird.

2. Die Schaltbereichssteuerungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei:

die Abnormalzeit-Steuerung ein Tastverhältnis auf ein Abnormalzeit-Tastverhältnis mit weniger als 100% über eine gesamte Zeitdauer der Erregungsdauer einstellt.

3. Die Schaltbereichssteuerungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei:

das Abnormalzeit-Tastverhältnis gemäß einer Eingangsspannung für die Treiberschaltung variabel ist.

4. Die Schaltbereichssteuerungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei:

zu einem Zeitpunkt des Beginns der Erregungsdauer die Abnormalzeit-Steuerung das Tastverhältnis der Schaltelemente, die von einem Aus-Zustand in einen Ein-Zustand geschaltet werden, von 0 in einen vorbestimmten Tastverhältniszustand graduell ändert.

5. Die Schaltbereichssteuerungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei:

zu einem Zeitpunkt des Endes der Erregungsdauer die Abnormalzeit-Steuerung das Tastverhältnis der Schaltelemente, das von einem Ein-Zustand in einen Aus-Zustand geschaltet wird, schrittweise auf 0 ändert.

6. Die Schaltbereichssteuerungsvorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, wobei:

ein Tastverhältnisgradient, der eine Tastverhältnisänderung pro Zeiteinheit ist, wenn ein Tastverhältnis zu einem Zeitpunkt des Beginns oder Endes der Erregungsdauer schrittweise geändert wird, gemäß einer Eingangsspannung der Treiberschaltung variabel ist.

Es folgen 15 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

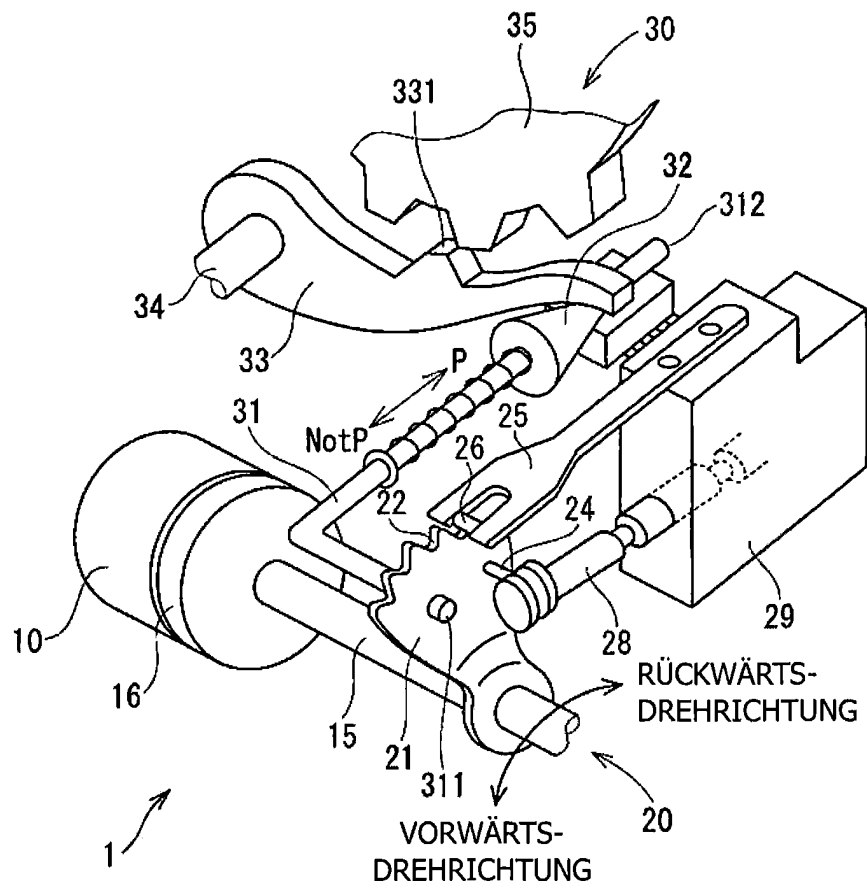


FIG. 2

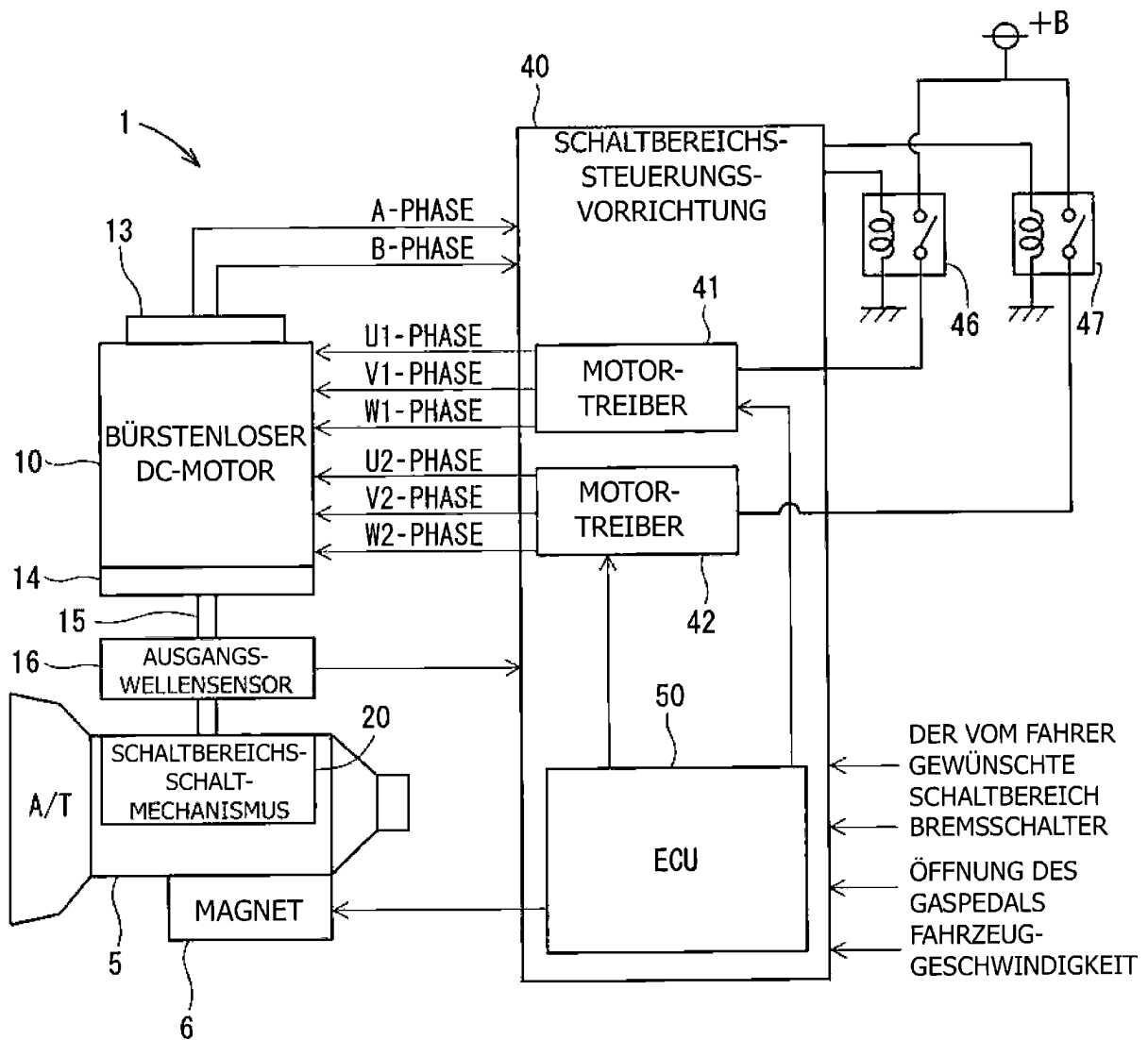


FIG. 3

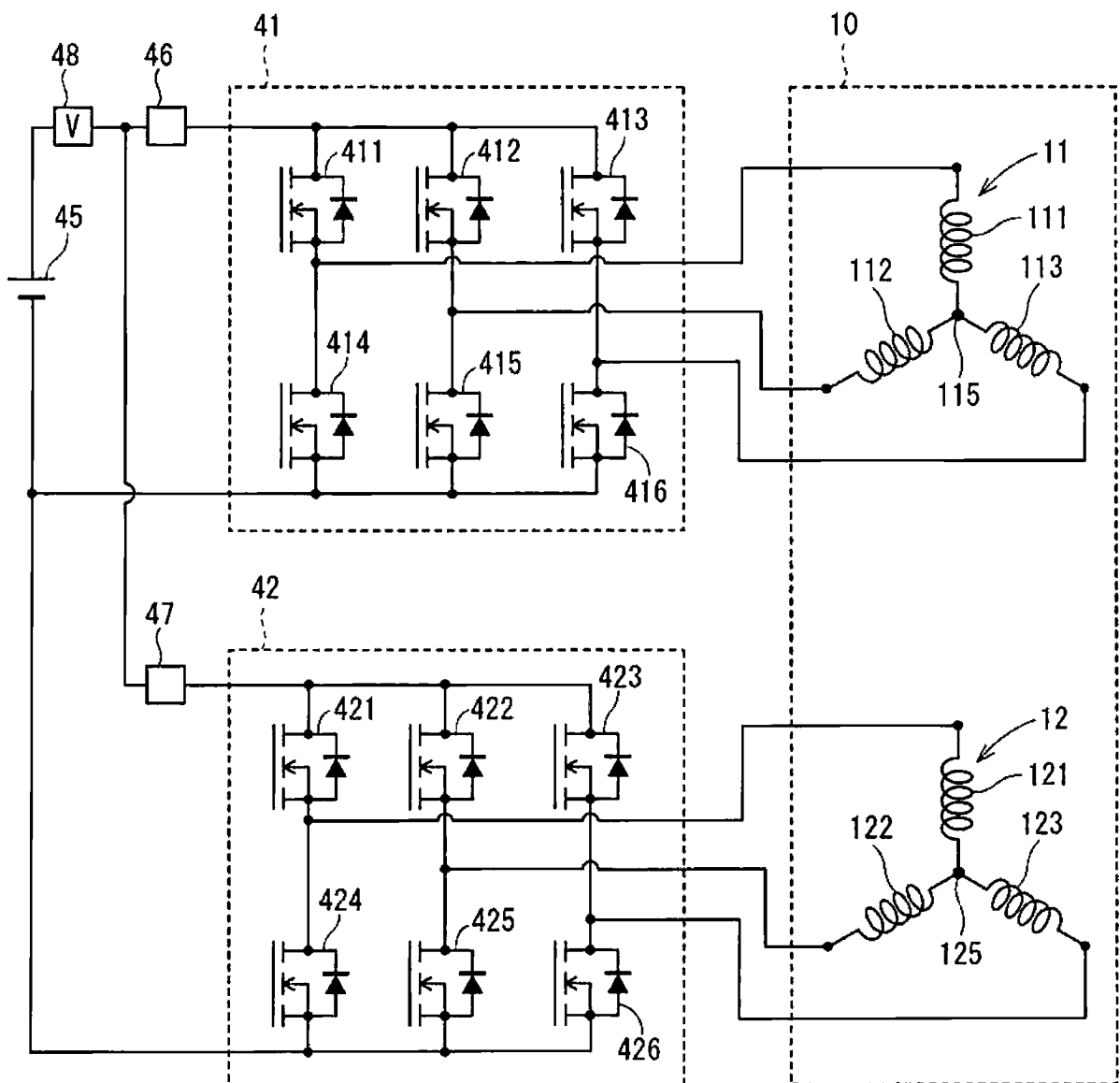


FIG. 4

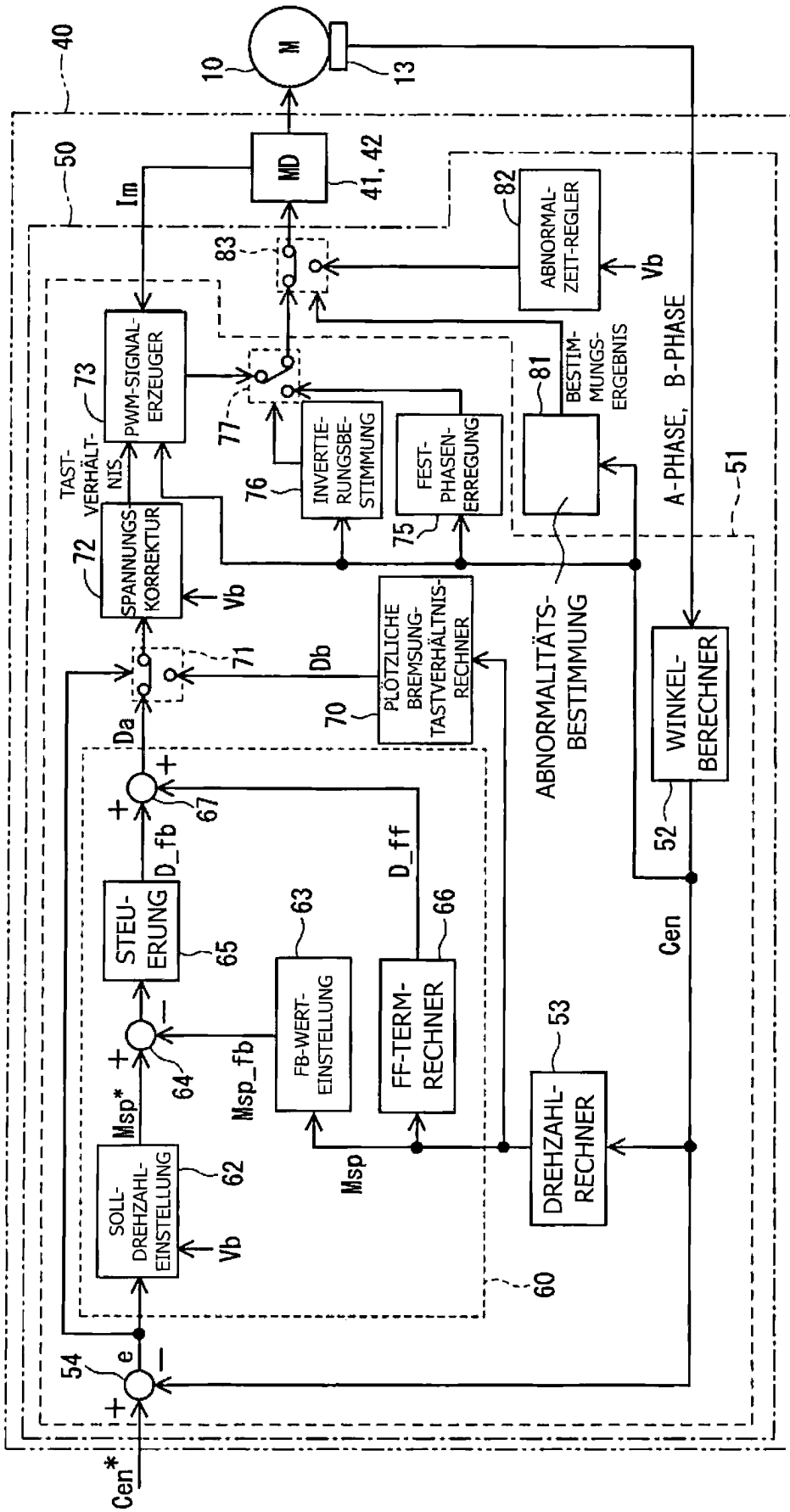


FIG. 5

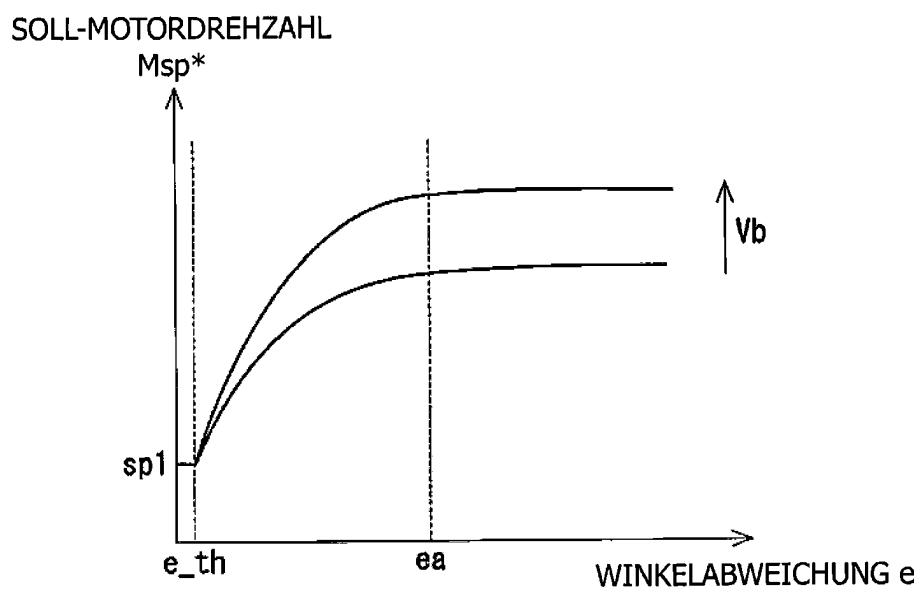


FIG. 6A

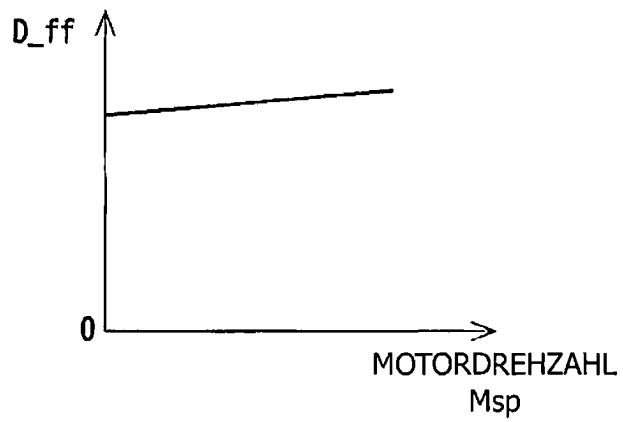


FIG. 6B

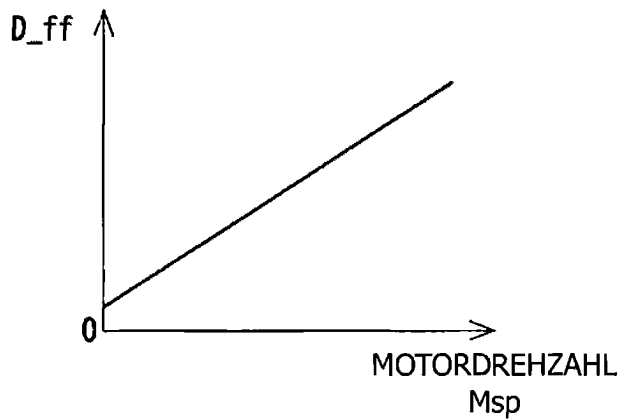


FIG. 6C

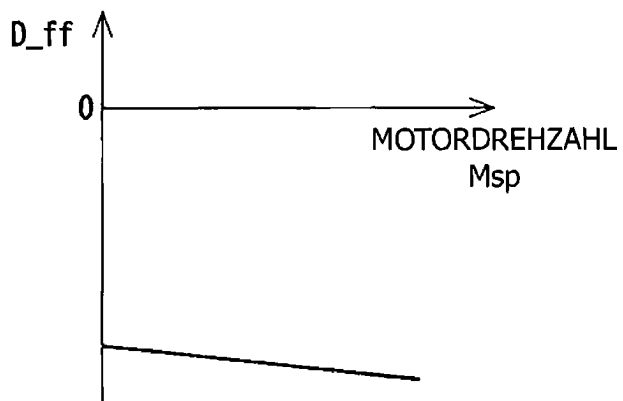


FIG. 7

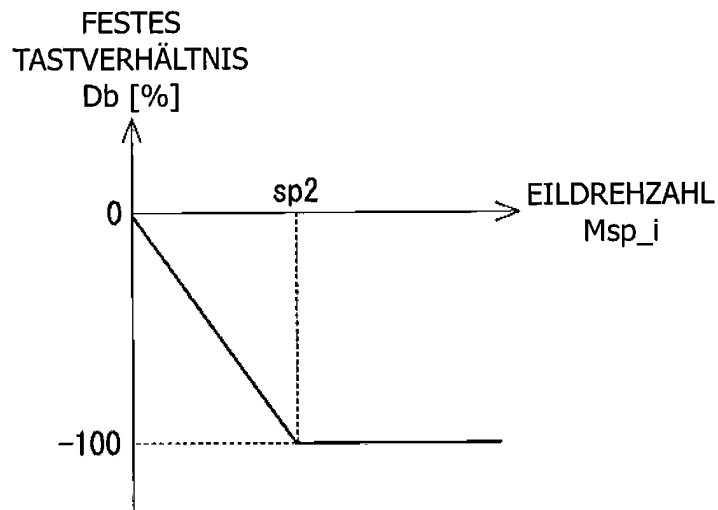


FIG. 8A

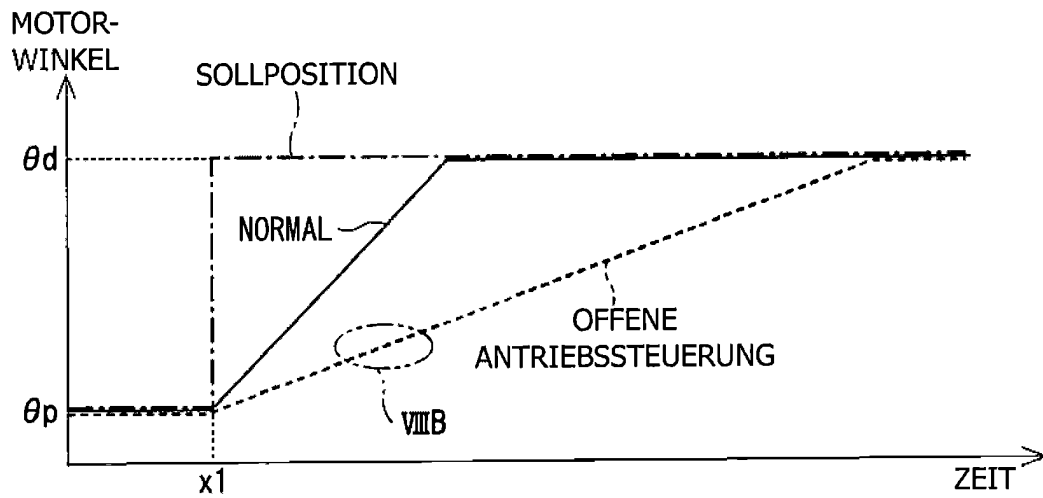


FIG. 8B

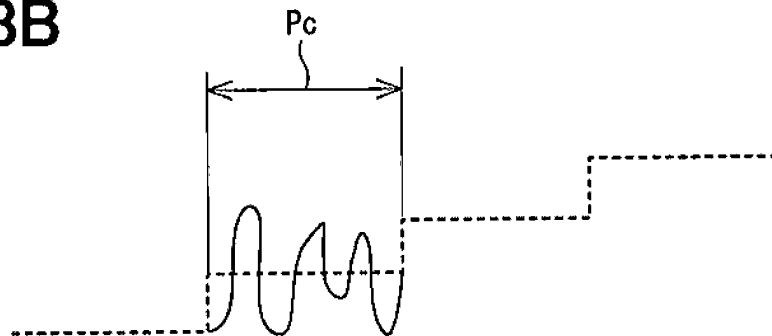


FIG. 9

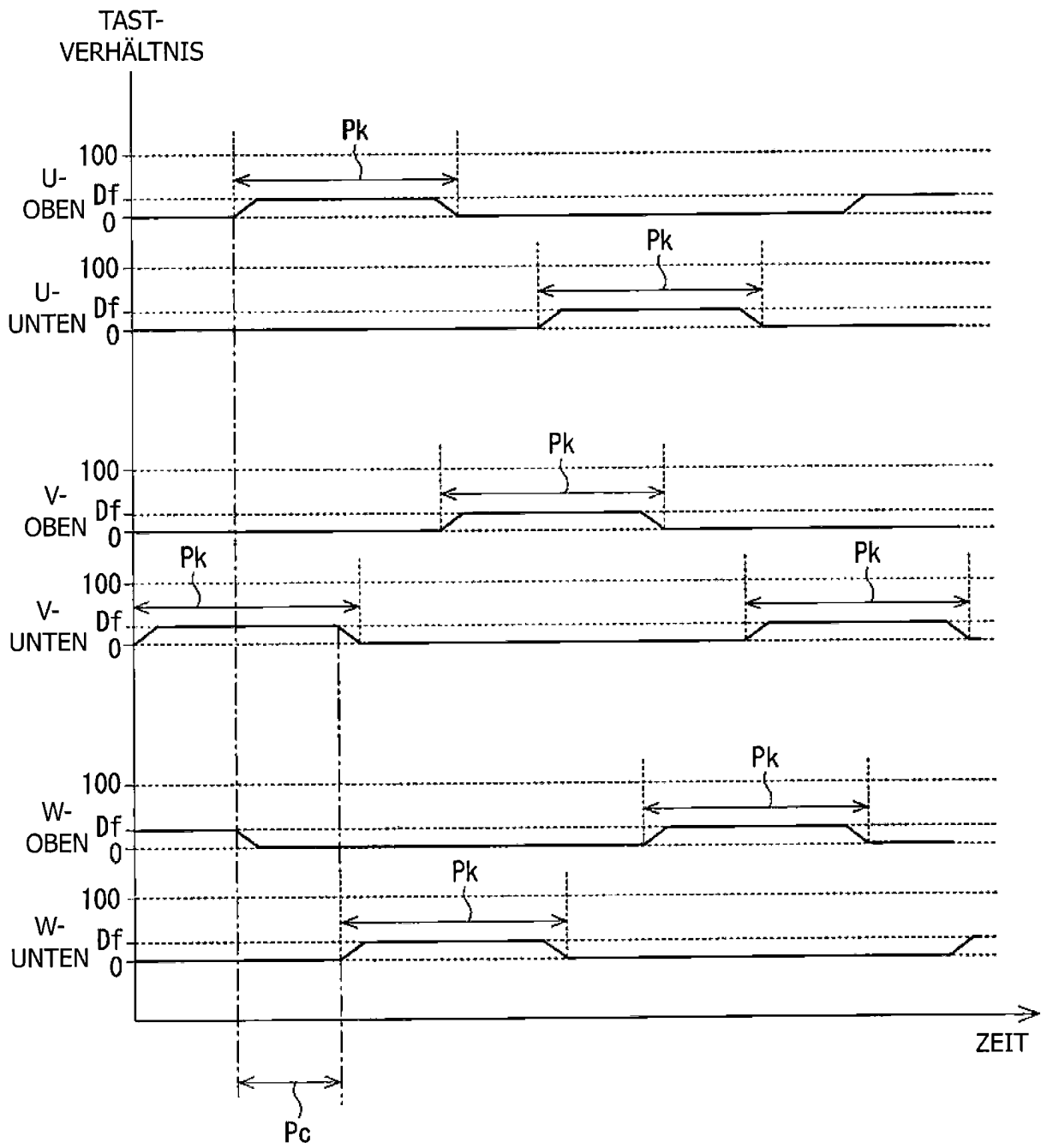


FIG. 10

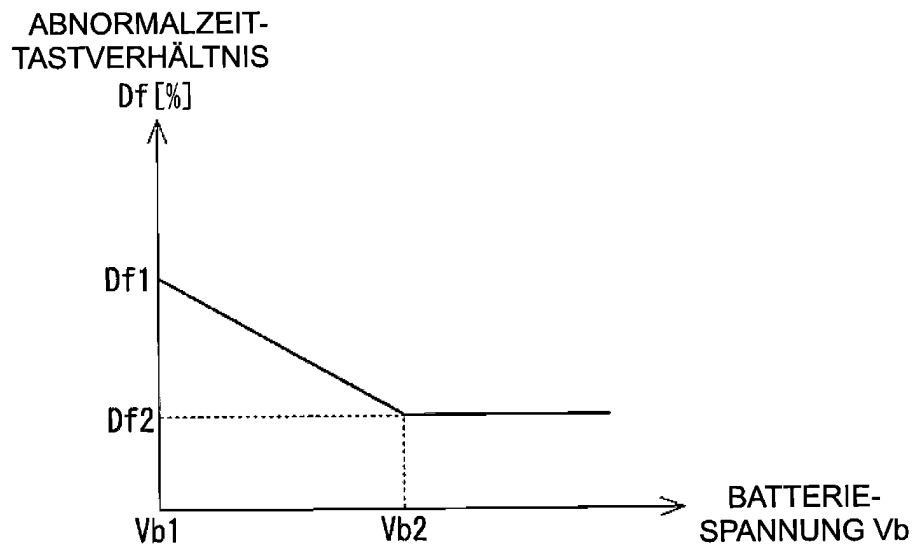


FIG. 11

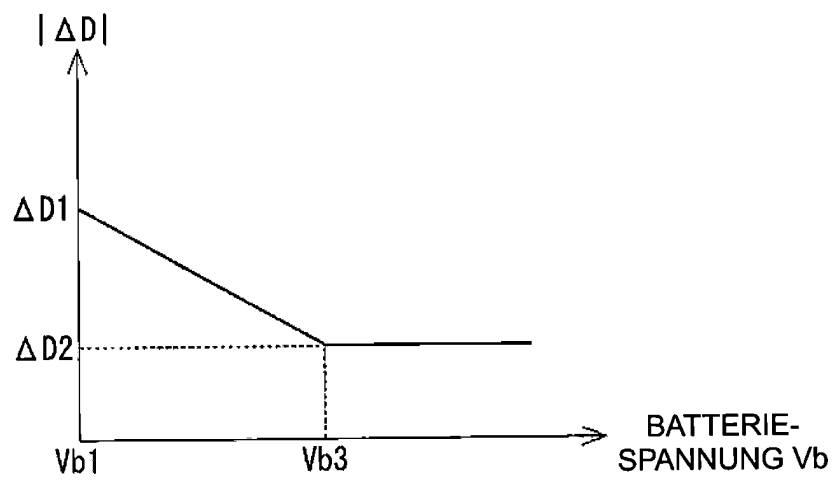


FIG. 12

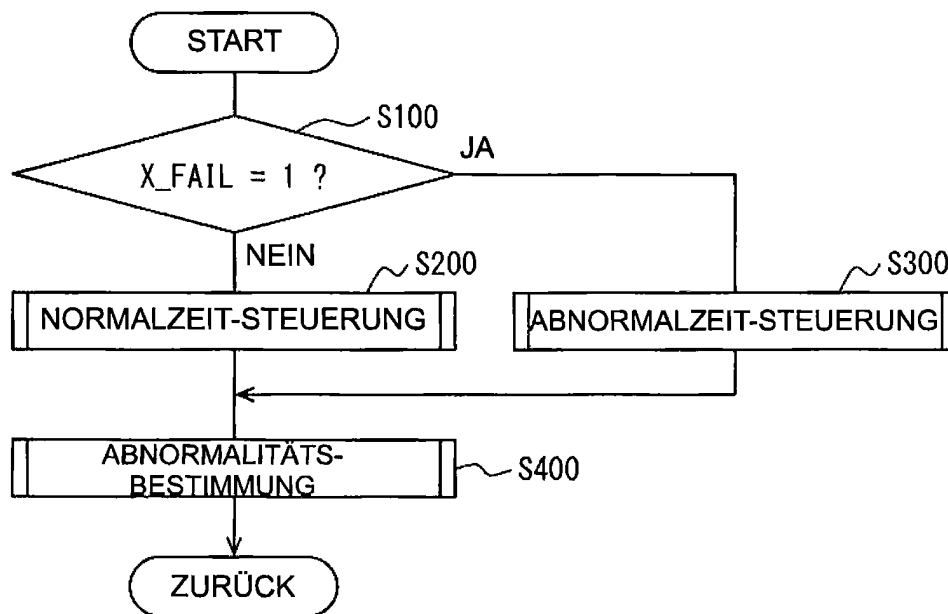


FIG. 13

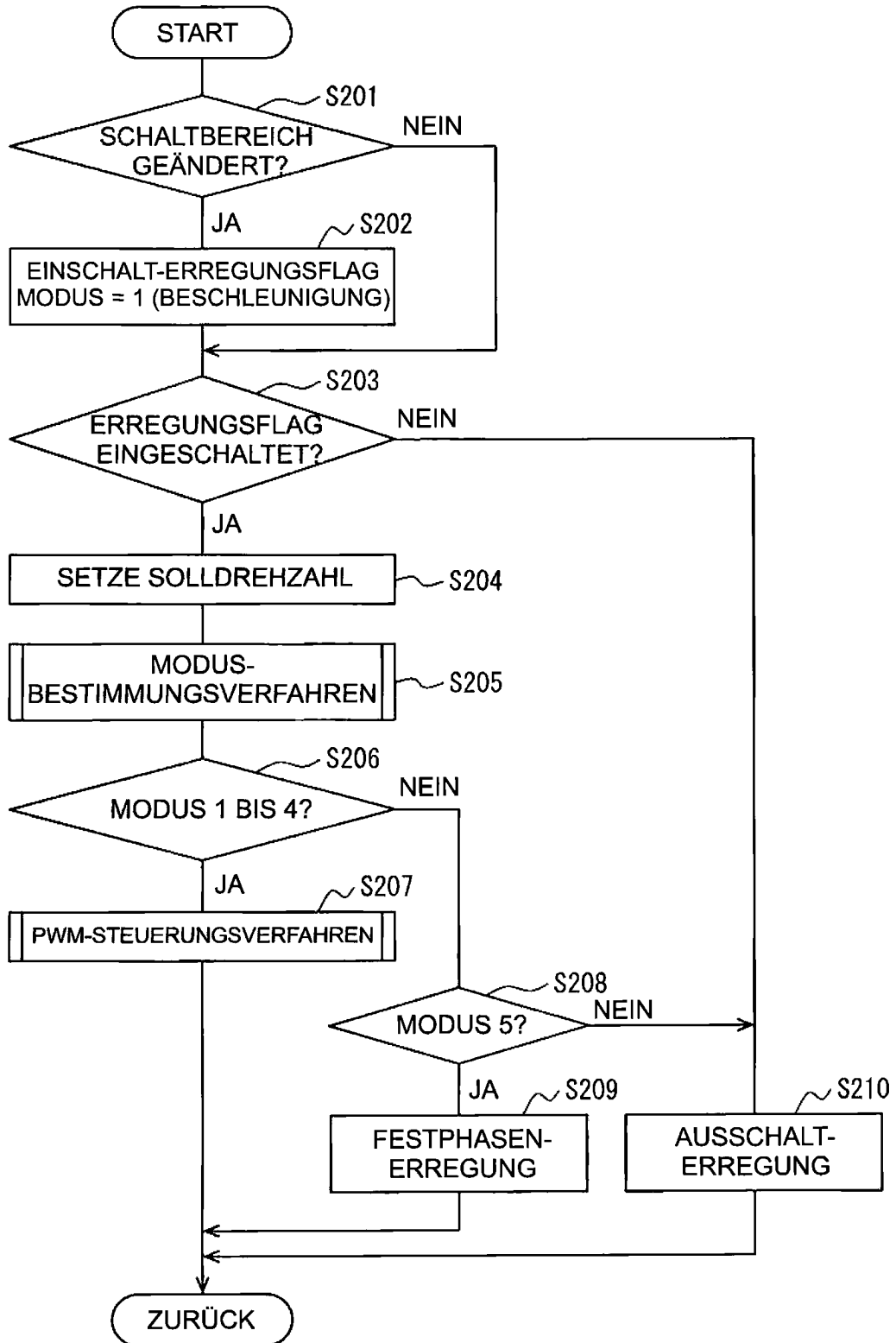


FIG. 14

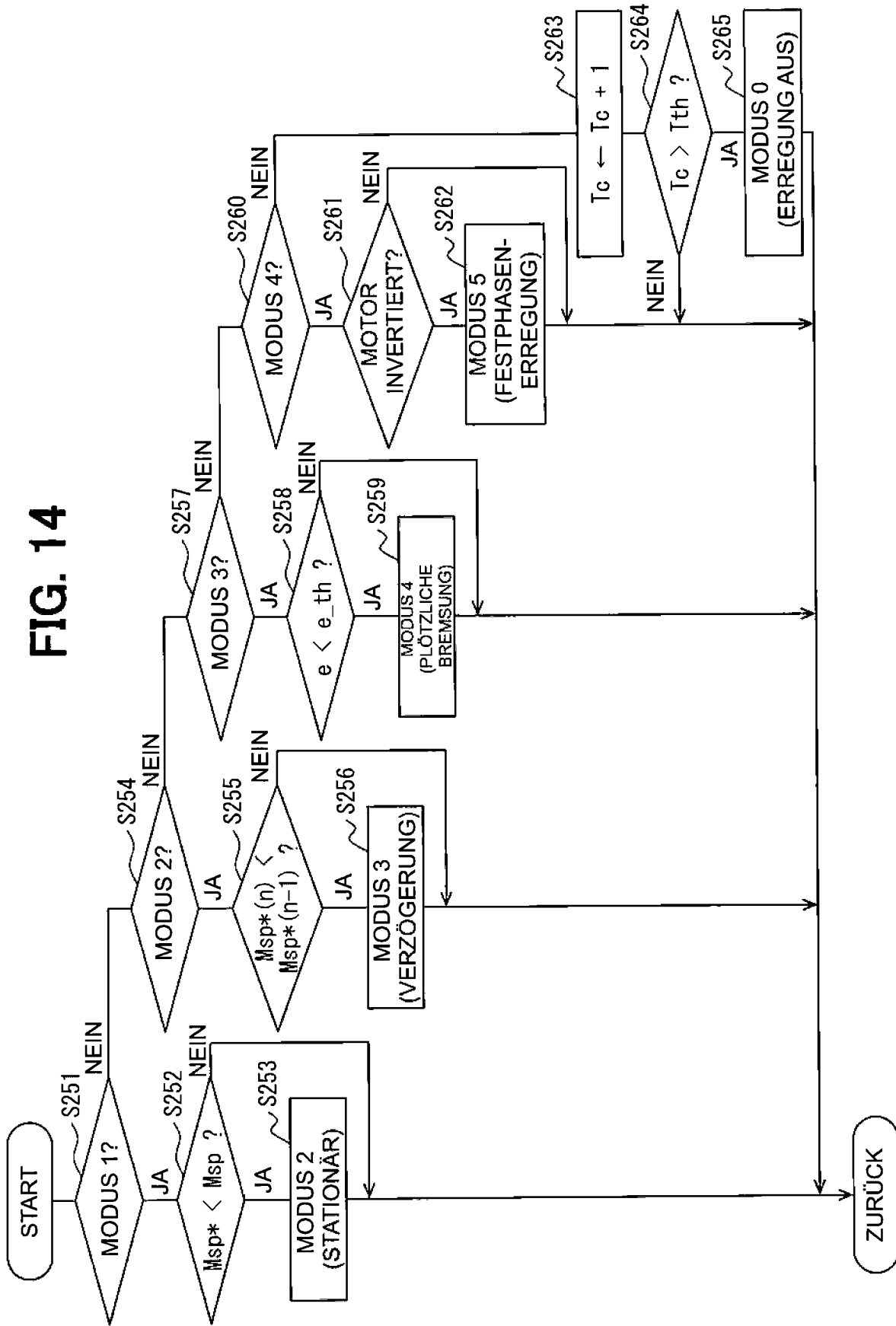


FIG. 15

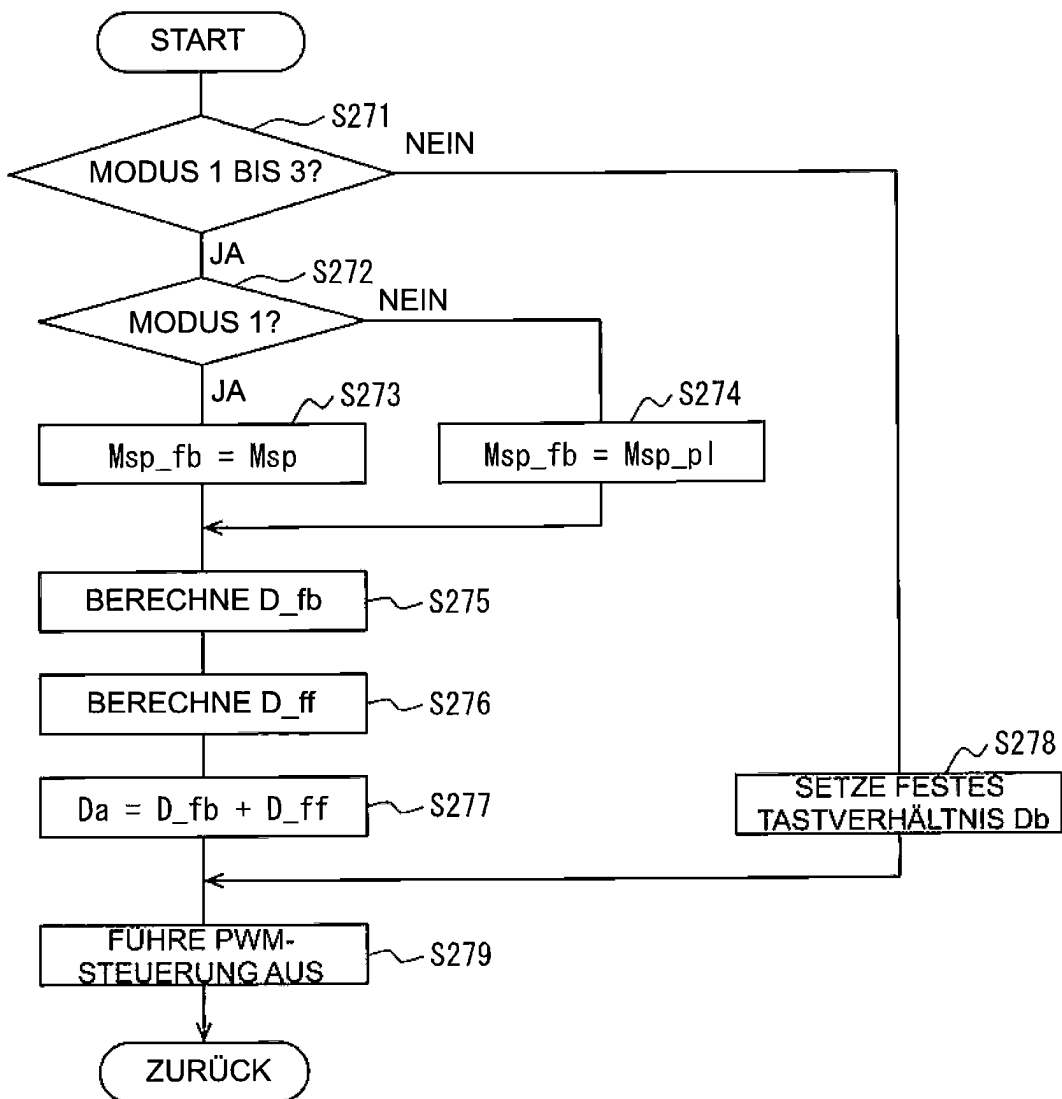


FIG. 16

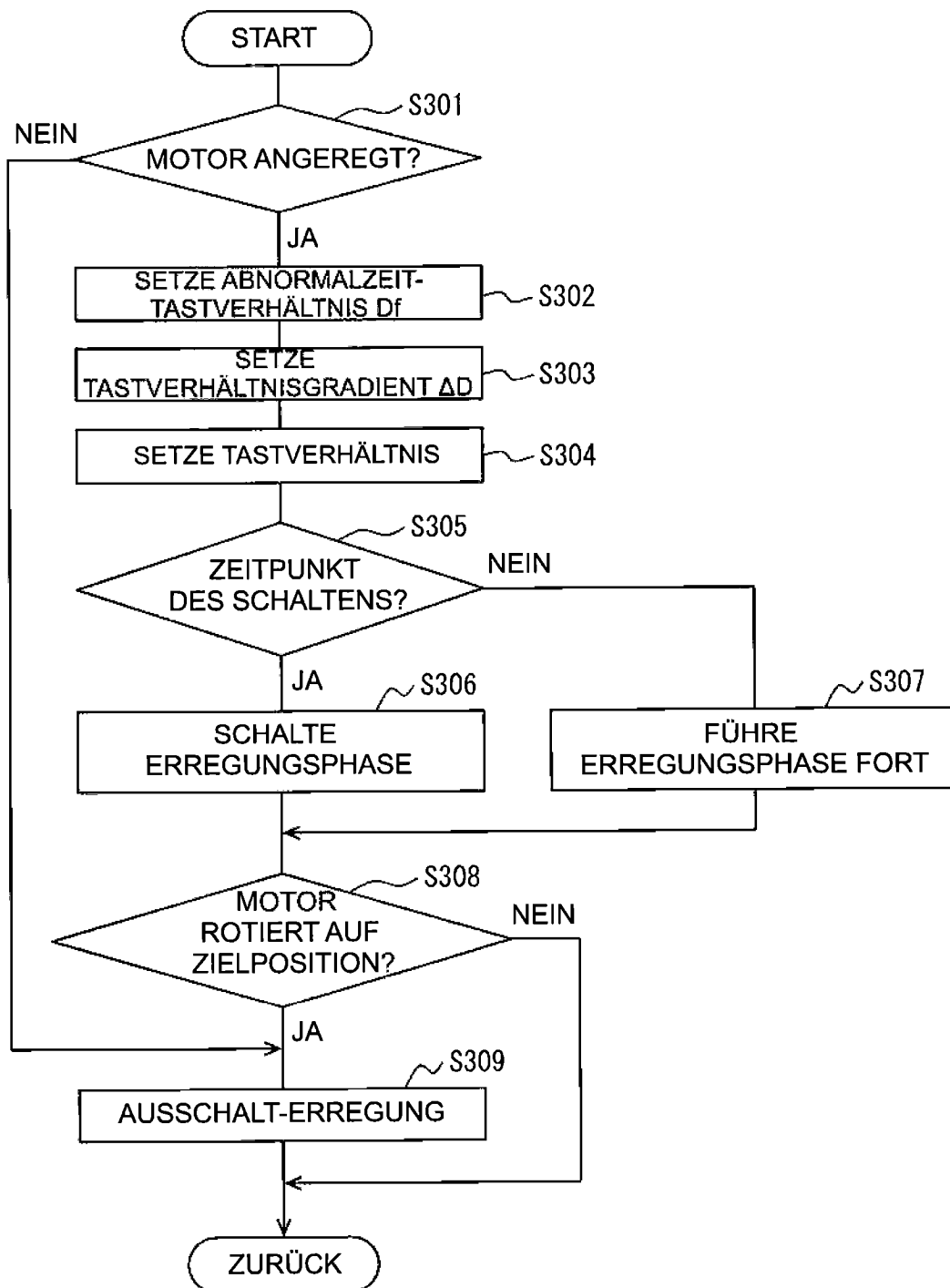


FIG. 17

