



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 34 222 B4 2009.04.09**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **198 34 222.5**
 (22) Anmeldetag: **29.07.1998**
 (43) Offenlegungstag: **04.02.1999**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **09.04.2009**

(51) Int Cl.⁸: **B60L 7/24 (2006.01)**
B60T 8/58 (2006.01)
B60T 13/66 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
P 9-220124 30.07.1997 JP
P 9-270530 17.09.1997 JP

(73) Patentinhaber:
Aisin Seiki K.K., Kariya, Aichi, JP

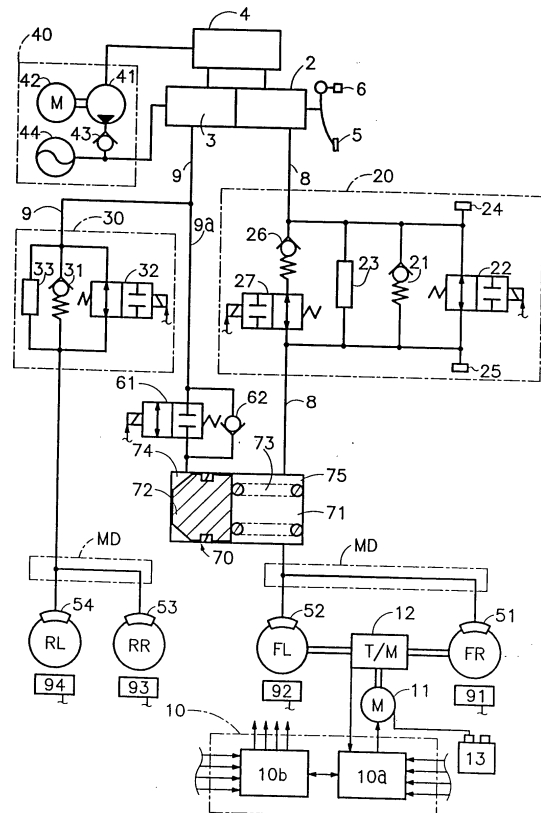
(74) Vertreter:
TBK-Patent, 80336 München

(72) Erfinder:
Kuno, Tetsuya, Toyota, Aichi, JP; Terazawa, Tadashi, Toyota, Aichi, JP; Urababa, Shingo, Toyota, Aichi, JP; Ohori, Harumi, Toyota, Aichi, JP; Asano, Kenji, Toyota, Aichi, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 40 28 290 C1
DE 44 35 953 A1
DE 43 27 206 A1
JP 07-3 36 806 AA
JP 05-1 61 210 AA

(54) Bezeichnung: **Bremsregelsystem für ein elektrisch betriebenes Fahrzeug**

(57) Hauptanspruch: Bremsregelsystem zur Regelung einer Bremskraft, die auf ein Rad (FR, FL, RR, RL) eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs aufgebracht wird, das die folgenden Bauteile aufweist:
 einen Elektromotor (11), der wirksam mit dem Rad (FR, FL, RR, RL) zur Drehung des Rads verbunden ist;
 eine Batterie (13), die auf dem Fahrzeug montiert ist und mit dem Elektromotor (11) zum Antrieb des Elektromotors elektrisch verbunden ist;
 eine Motorregelvorrichtung zur Regelung des Elektromotors, um eine Drehkraft auf das Rad (FR, FL, RR, RL) aufzubringen und um ein regenerierendes Bremsmoment auf das Rad aufzubringen;
 einen Radbremszylinder (51-54), der auf das Rad (FR, FL, RR, RL) wirkend montiert ist, zur Aufbringung einer hydraulischen Bremskraft auf das Rad;
 eine Druckregelvorrichtung (10) zur Lieferung eines unter Druck stehenden Bremsfluids an den Radbremszylinder (51-54) in Reaktion auf den Betrieb eines manuell betätigten Bremslements (5), um die hydraulische Bremskraft auf das Rad (FR, FL, RR,...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Bremsregelungssystem für ein elektrisch betriebenes Fahrzeug, um einen regenerierenden Bremsbetrieb und einen hydraulischen Bremsbetrieb durchzuführen, und insbesondere auf ein Bremsregelungssystem, das dazu angepasst ist, ein regenerierendes Bremsmoment zu reduzieren und eine hydraulische Bremskraft zuzufügen, um den Mangel an regenerierendem Bremsmoment zu kompensieren, wenn die Spannung einer Batterie eine vorbestimmte obere Grenze überschreitet, um dadurch die Batterie zu schützen.

[0002] In einem elektrisch betriebenen Fahrzeug, das mit einem Elektromotor als Kraftquelle versehen ist, dient der Elektromotor auch als Generator zum Durchführen des regenerierenden Bremsbetriebs, um Energie durch Aufladen einer Batterie wiederzugewinnen, und um die Energie zum Antreiben des Motors zu verwenden. Da die Bremskraft, die auf die Fahrzeigräder mittels dem regenerierenden Bremsbetrieb aufgebracht wird, begrenzt ist, muss sie durch einen hydraulischen Bremsbetrieb kompensiert werden.

[0003] Deshalb werden sowohl der regenerierende Bremsbetrieb als auch der hydraulische Bremsbetrieb durchgeführt, wie in der japanischen Patentoffenlegungsveröffentlichung JP 05-161210 AA offenbart ist. Gemäß dem herkömmlichen Bremsregelungssystem für das elektrisch betriebene Fahrzeug, wie es in der Veröffentlichung JP 05-1612101 AA offenbart ist, wird das regenerierende Bremsmoment reduziert, um die Batterie zu schützen, wenn die Spannung der Batterie ansteigt, um einen vorbestimmten Grenzwertpegel zu überschreiten, wodurch die Bremskraft durch den regenerierenden Bremsbetrieb reduziert wird. Wenn die Regelung zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments jedoch initiiert wird, wenn das regenerierende Bremsmoment schnell reduziert wird, wird die Kompensation durch den hydraulischen Bremsbetrieb verzögert, so dass eine Verlangsamung des Fahrzeugs temporär reduziert werden kann. Als ein Ergebnis wird das Gefühl eines Fahrzeugführers bei seiner Bremsbetätigung verändert werden.

[0004] Ferner wird das regenerierende Bremsmoment temporär reduziert, gemäß dem herkömmlichen Bremsregelungssystem, wie es in der japanischen Patentoffenlegungsveröffentlichung JP 05-161210 AA offenbart ist, so dass es dann, wenn die Spannung der Batterie abnimmt, um den regenerierenden Bremsbetrieb zu ermöglichen, wieder begonnen wird. In diesem Fall verbleibt die Bremskraft so wie die hydraulische Bremskraft, die den Mangel der Bremskraft kompensiert, wenn das regenerierende Bremsmoment reduziert wurde. Deshalb wird die

Verlangsamung des Fahrzeugs durch Wiederbeginnen mit dem regenerierenden Bremsbetrieb zunehmen. Mit anderen Worten, es wird eine zusätzliche Bremskraft entgegen der Absicht des Fahrzeugführers aufgebracht. Als ein Ergebnis wird das Gefühl des Fahrzeugführers bei seinem Bremsvorgang verschlechtert.

[0005] Ferner zeigt die DE 44 35 953 A1 ein elektrisch betriebenes Fahrzeug mit einem gattungsgemäßen Bremsregelsystem, in dem ein Gesamtbremsmoment aus einem hydraulischen Bremsmoment und einem elektrischen Bremsmoment erhalten wird. Dabei wird das hydraulische Bremsmoment so eingestellt, dass im Falle einer Antiblockierregelung die Regelung des Gesamtbremsmoments auf Basis des elektrischen Bremsmoments in einem regenerativen Bereich durchgeführt wird. Es wird also verhindert, dass für die Antiblockierregelung Bremsenergie aus der Batterie aufgebracht werden muss. Ferner ist beschrieben, dass bei hoher Batterieladung diese Regelung im regenerativen Bereich weniger relevant ist, um eine Überladung der Batterie zu vermeiden. Insbesondere soll in diesem Fall regeneratives Bremsen verhindert werden.

[0006] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Bremsregelsystem zu schaffen, bei dem ein Bremsgefühl verbessert ist.

[0007] Diese Aufgabe wird mit einem Bremsregelungssystem gelöst, dass die Merkmale des Patentanspruchs 1 aufweist.

[0008] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Patentansprüchen definiert.

[0009] Insbesondere ist das erfindungsgemäße Bremsregelungssystem für ein elektrisch betriebenes Fahrzeug in der Lage, eine schnelle Kompensation durch eine hydraulische Bremsenregelung zu ermöglichen, wenn eine Regelung zur Reduzierung eines regenerierenden Bremsmoments initiiert wird, um ein geeignetes Bremsgefühl zu gewährleisten.

[0010] Ferner ist das erfindungsgemäße Bremsregelungssystem für ein elektrisch betriebenes Fahrzeug angepasst, einen gleichmäßigen Bremsbetrieb zu ermöglichen, bis das Fahrzeug stoppt, sogar wenn die Spannung einer Batterie eine vorbestimmte obere Grenze überschreitet, um ein geeignetes Bremsgefühl zu gewährleisten.

[0011] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Bremsregelungssystem zur Regelung einer Bremskraft vorgesehen, die auf ein Rad eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs aufgebracht wird. Das Bremsregelungssystem enthält einen Elektromotor, der in Wirkverbindung mit einem Rad zur Drehung des Rades verbunden ist. Eine Batterie ist auf dem Fahr-

zeug montiert und elektrisch mit dem Elektromotor verbunden, um den Elektromotor anzutreiben. Eine Motorregelvorrichtung zur Regelung des Elektromotors ist vorgesehen, um eine Drehkraft an dem Rad aufzubringen und um ein regenerierendes Bremsmoment auf das Rad aufzubringen. Ein Radbremszylinder ist vorgesehen, der auf das Rad wirkend montiert ist, um eine hydraulische Bremskraft auf das Rad aufzubringen. Eine Druckregelvorrichtung ist zur Lieferung von unter Druck stehendem Bremsfluid an den Radbremszylinder in Reaktion auf den Betrieb eines manuell betätigten Bremslements, um eine hydraulische Bremskraft auf das Rad aufzubringen und um den Druck in dem Radbremszylinder zu regeln, vorgesehen. Eine Spannungserfassungseinrichtung ist zur Erfassung einer Spannung der Batterie vorgesehen. Eine Reduziereinrichtung ist zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments vorgesehen, wenn die Spannung der Batterie, die durch die Erfassungseinrichtung erfasst wurde, eine vorbestimmte obere Grenze überschreitet.

[0012] Bei dem Bremsregelungssystem, wie es vorstehend beschrieben wurde, kann die Kompensationseinrichtung dazu angepasst sein, die Druckregelvorrichtung zu betätigen, um das unter Druck stehende Bremsfluid an den Radbremszylinder zu liefern, wenn eine Rate zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments durch die Reduziervorrichtung eine vorbestimmte Rate überschreitet. Oder die Kompensationseinrichtung kann dazu angepasst sein, die Druckregelvorrichtung zu betätigen, um das unter Druck stehende Bremsfluid an den Radbremszylinder zu liefern, wenn ein Betrag des regenerierenden Bremsmoments, das durch die Reduziervorrichtung reduziert wurde, einen vorbestimmten Betrag überschreitet.

[0013] Das Bremsregelungssystem weist ferner eine Haltevorrichtung zum Halten der Reduziervorrichtung in einem Zustand zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments auf, wenn der Betrag, der durch die Reduziervorrichtung in einer vorbestimmten Zeitdauer reduziert wird, sich im Übergang von einer Zunahme zu einer Abnahme befindet, wobei die Druckregelvorrichtung die hydraulische Bremskraft nach dem Übergang von der Zunahme zur Abnahme des Reduzierbetrags auf das Rad weiter aufbringt, bis das Fahrzeug stoppt.

[0014] Die Druckregelvorrichtung weist vorzugsweise einen statischen Druckgenerator zur Komprimierung des Bremsfluids, das in einem Speicher gespeichert war, in Reaktion auf den Betrieb des manuell betätigten Bremslements, um einen statischen hydraulischen Druck zu erzeugen, eine Hilfskraftquelle zur Komprimierung des Bremsfluids, das in dem Speicher gespeichert ist, unabhängig von dem Betrieb des manuell betriebenen Bremslements, um einen Lastendruck zu erzeugen, und einen dynamischen

Druckgenerator zur Regulierung des Arbeitsdrucks in Reaktion auf die Betätigung des manuell betriebenen Bremslements, um einen dynamischen hydraulischen Druck zu erzeugen.

[0015] Die oben genannten Aspekte und die nachfolgende Beschreibung werden unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen leicht verständlich, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen:

[0016] [Fig. 1](#) ist ein Blockschaltbild, das ein Bremsregelungssystem für ein elektrisch betriebenes Fahrzeug gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0017] [Fig. 2](#) ist ein Flußdiagramm, das einen Bremsregelungsbetrieb gemäß dem obigen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0018] [Fig. 3](#) ist ein Flußdiagramm, das einen regenerierenden Bremsregelungsbetrieb gemäß dem obigen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0019] [Fig. 4](#) ist ein Flußdiagramm, das eine Regelung zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments gemäß dem obigen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0020] [Fig. 5](#) ist ein Diagramm, das ein Verhältnis zwischen einem Hauptzylinderdruck und einem Radzylinderdruck im Bezug zu ersten und zweiten Sicherheitsventilen, einem Proportionalventil und einem Magnetventil in einer Grenzdruckumschaltvorrichtung gemäß dem obigen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0021] [Fig. 6](#) ist ein Diagramm, das den regenerierenden Bremsregelungsbetrieb gemäß dem obigen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0022] [Fig. 7](#) ist ein Flußdiagramm, das eine Regelung zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0023] [Fig. 8](#) ist ein Diagramm, das den regenerierenden Bremsregelungsbetrieb gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0024] [Fig. 9](#) ist ein Diagramm, das Veränderungen der Spannung einer Batterie, des regenerierenden Bremsmoments, des Hauptzylinderdrucks und des Radzylinderdrucks gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0025] Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) ist schema-

tisch ein Bremsregelungssystem für ein elektrisch betriebenes Fahrzeug gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt, das ein Bremsregelungssystem enthält, das einen Elektromotor **11** hat, zur Durchführung des regenerierenden Bremsbetriebs und ein hydraulisches Druckregelgerät, zum Durchführen eines hydraulischen Bremsbetriebs. Das hydraulische Druckregelgerät hat einen Hauptzylinder **2**, der als statischer Druckgenerator dient, einen Regler **3**, der als ein dynamischer Druckgenerator dient, von denen beide in Reaktion auf das Betätigen eines Bremspedals **5** betrieben werden. Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) sind Radbremszylinder **51**, **52**, **53**, **54** wirksam auf den Rädern (FR), (FL), (RR), (RL) montiert, um jeweils eine Bremskraft daran aufzubringen. Das Rad (FR) bezeichnet ein Rad an der vorderen rechten Seite, gesehen von der Position eines Fahrersitzes, das Rad (FL) bezeichnet ein Rad an der vorderen linken Seite, das Rad (RR) bezeichnet ein Rad an der hinteren rechten Seite und das Rad (RL) bezeichnet ein Rad an der hinteren linken Seite. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wurde ein Zweikreisssystem für vorne und hinten verwendet, um den Kreislauf in einen vorderen Druckkreis und einen hinteren Druckkreis aufzuteilen.

[0026] Gemäß der vorliegenden Erfindung wurde ein frontgetriebenes System verwendet, so dass die Vorderräder (FR), (FL) angetrieben werden, und die Hinterräder (RR), (RL) nicht angetrieben werden. Die Vorderräder (FR), (FL) sind durch ein Getriebe **12** mit dem Elektromotor **11** verbunden. Der Elektromotor **11** wird durch eine elektronische Regeleinheit **10** geregelt, die einen Mikrocomputer **10a** zur Regelung des Elektromotors **11** enthält, der als eine Motorregeleinheit dient, und durch einen Mikrocomputer **10b** zur Regelung des hydraulischen Bremsdrucks, der als eine hydraulische Regeleinheit dient. Die grundlegende Konstruktion eines jeden Mikrocomputers ist ähnlich zu der einen, die in der früheren Veröffentlichung wie der japanischen Patentoffenlegungsveröffentlichung JP 07-336806 AA offenbart ist, so dass eine weitere Erläuterung diesbezüglich weggelassen wird. Der Elektromotor **11**, der in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel verwendet wird, ist ein Induktionsmotor, der einen Rotor mit Permanentmagneten zur Schaffung magnetischer Pole hat, und einen Stator mit Drei-Phasen Drähten, an die Wechselstrom herangeführt wird, um ein magnetisches Feld zur Drehung des Rotors zu erzeugen. Deshalb ist ein Antriebskreis (nicht gezeigt), der durch den Mikrocomputer geregelt wird, mit einer Vielzahl an Invertern (nicht gezeigt) versehen. Wenn der Rotor des Elektromotors **11** in Abhängigkeit von der Drehung der Räder (FR), (FL) gedreht wird, kann der Elektromotor **11** durch Erzeugen eines magnetischen Feldes zur Verhinderung der Rotordrehung gebremst werden. Die elektrische Kraft, die in dem Stator erzeugt wird, wird wiedergewonnen, um eine Batterie **13** zu laden,

wodurch die Räder gebremst werden, d. h., um den regenerierenden Bremsbetrieb durchzuführen.

[0027] Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) hat der Hauptzylinder **2** eine Kammer, die mit einem Niederdruckspeicher **4** zur Speicherung von Bremsflüssigkeit darin verbunden ist. In einem Hauptdurchlass **8**, der die Druckkammer des Hauptzylinders **2** mit den Vorderadbremszylindern **51**, **52** verbindet, ist eine Grenzdruckumschaltvorrichtung **20** angeordnet, um den hydraulischen Bremsbetrieb zu dem regenerierenden Bremsbetrieb hinzuzufügen und den ersteren gegen den letzten zu tauschen. In einem Hauptdurchlass **9**, der die eine andere der Druckkammern des Hauptzylinders **2** mit den hinteren Radbremszylindern **53**, **54** verbindet steht, ist eine Grenzdruckumschaltvorrichtung **30** angeordnet, die sich etwas von der Grenzdruckumschaltvorrichtung **20** unterscheidet, wie später beschrieben wird. Der Regler **3** ist mit einer Hilfskraftquelle **40** verbunden, und beide davon werden mit dem Niederdruckspeicher **4** verbunden, der mit dem Hauptbremszylinder **2** verbunden ist. Die Hilfskraftquelle **40** enthält eine Hydraulikpumpe **41** und einen Akkumulator **44**. Die Hydraulikpumpe **41** wird durch einen Elektromotor **42** betrieben, um das Bremsfluid in dem Speicher **4** unter Druck zu setzen und um es durch ein Absperrventil **43** in den Akkumulator **44** auszustoßen. Der Elektromotor **42** wird aktiviert, wenn der Druck in dem Akkumulator **44** niedriger als eine vorbestimmte untere Grenze ist, und er wird gestoppt, wenn der Druck in dem Akkumulator **44** eine vorbestimmte obere Grenze überschreitet. Demgemäß wird der Arbeitsdruck von dem Akkumulator **44** in den Regler **3** geliefert, der den Arbeitsdruck in Reaktion auf einen Steuerdruck des Hauptzylinderdruckausgangs von dem Hauptzylinder (**2**) regelt, um einen geregelten Druck im Verhältnis zum Hauptzylinderdruck zu erzeugen, um im wesentlichen derselbe Druck wie der Hauptzylinderdruck zu sein, ähnlich wie ein bekannter Regler. Ein Teil des geregelten Drucks ist zum Unterstützen oder Verstärken des Betriebs des Hauptzylinders **2** vorgesehen.

[0028] In der Grenzdruckumschaltvorrichtung **20** sind ein erstes Sicherheitsventil **21**, ein Magnetventil **22**, ein Proportionalventil **23** und ein zweites Sicherheitsventil **26** parallel zueinander angeordnet. Ferner ist ein Magnetventil **27** seriell an dem zweiten Sicherheitsventil **26** angeordnet. Das erste Sicherheitsventil **21** ist dazu angepasst, in einer solchen Art und Weise zu funktionieren, dass es den Hauptdurchlass **8** geschlossen hält, bis der hydraulische Druck, der durch den Hauptzylinder **2** erzeugt wird, d. h. der Hauptzylinderdruck, einen vorbestimmten Druck (Pc) erreicht, und das betätigt wird, um den Hauptdurchlass **8** zu öffnen, wenn der Hauptzylinderdruck den vorbestimmten Druck (Pc) überschreitet. Das zweite Sicherheitsventil **26** ist dazu angepasst, in einer solchen Art und Weise zu funktionieren, dass es gehal-

ten wird, um den Hauptdurchlass **8** zu schließen, bis der Hauptzylinderdruck einen vorbestimmten Druck (P_b) erreicht, der niedriger als der vorbestimmte Druck (P_c) ist, und das betätigt wird, um den Hauptdurchlass **8** zu öffnen, wenn der Hauptzylinderdruck den vorbestimmten Druck (P_b) überschreitet.

[0029] Das Magnetventil **22** wird durch die elektronische Regeleinheit **10** angesteuert, um in Reaktion auf eine maximale regenerierende Bremskraft geöffnet oder geschlossen zu werden. Ferner wird das Magnetventil **27** durch die elektronische Regeleinheit **10** angesteuert, um in Reaktion auf die maximale regenerierende Bremskraft geöffnet oder geschlossen zu werden, genauer gesagt in Reaktion auf eine maximale Fahrzeuggeschwindigkeit oder auf ein maximales regenerierendes Bremsmoment. Das Proportionalventil **23** hat eine solche Charakteristik, dass der Hauptzylinderdruck in Reaktion auf das Betätigen des Bremspedals **5** zunimmt, um ihn an die Radbremszylinder **51**, **52** zu liefern. Das Proportionalventil **23** hat im wesentlichen denselben Aufbau wie jener eines herkömmlichen Proportionalventils zur Verwendung in einer Bremskraftverteilungsregelung für vorne und hinten, aber es hat einen Haltepunkt in seiner Eingangs-Ausgangscharakteristik, um auf einem niedrigeren Druck festgesetzt zu sein, als das herkömmliche Proportionalventil, was nachfolgend detailliert beschrieben wird. Ein Paar Drucksensoren **24**, **25** sind jeweils mit der stromaufwärtigen Leitung und der stromabwärtigen Leitung des ersten Sicherheitsventils **21** und des Magnetventils **22** verbunden.

[0030] Die Grenzdruckumschaltvorrichtung **30**, die für den hinteren Druckkreislauf vorgesehen ist, enthält ein Sicherheitsventil **31**, ein Magnetventil **32** und ein Proportionalventil **33**, die parallel zueinander angeordnet sind. Sie enthält keine dem zweiten Sicherheitsventil **26** und dem Magnetventil **27** entsprechende Ventile, aber sie kann diese enthalten. Das Sicherheitsventil **31** funktioniert in einer solchen Art und Weise, dass es gehalten wird, um den Hauptdurchlass **9** zu schließen, bis der Hauptzylinderdruck einen vorbestimmten Druck (P_c) erreicht, und das betätigt wird, um den Hauptdurchlass **9** zu öffnen, wenn der Hauptzylinderdruck den vorbestimmten Druck (P_c) überschreitet. Das Magnetventil **32** wird im Wesentlichen auf dieselbe Art und Weise wie das Magnetventil **22** angesteuert, um in Reaktion auf das regenerierende Bremsmoment geöffnet oder geschlossen zu werden, und das Proportionalventil **33** funktioniert im wesentlichen auf dieselbe Art und Weise wie das Proportionalventil **23**.

[0031] Das erste Sicherheitsventil **21**, das Magnetventil **22** und das Proportionalventil **23** haben in der Grenzdruckumschaltvorrichtung **20** solche Charakteristika, wie sie in [Fig. 5](#) gezeigt sind. Das Proportionalventil **23** hat eine solche Charakteristik, dass der Hauptzylinderdruck in Reaktion auf das Betätigen

des Bremspedals **5** zunimmt, wenn der Bremsbetrieb begonnen wird, so dass der hydraulische Druck in dem Radzylinder, d. h. der Radzylinderdruck, proportional zur Zunahme des Hauptzylinderdrucks zunimmt. Wenn der Hauptzylinderdruck einen vorbestimmten Druck " P_a " erreicht, wird der Radzylinderdruck gehalten, um im Wesentlichen konstant zu bleiben, und danach wird er in Reaktion auf die Zunahme des Hubs des Bremspedals **5** um einen kleinen Betrag erhöht. Der vorbestimmte Druck " P_a " wird so niedrig eingestellt, wie ein Wert, der es ermöglicht, dass das Bremsfluid in die Radbremszylinder gefüllt wird, um einen Bremsklotz (nicht gezeigt) an eine Bremsscheibe (nicht gezeigt) anzulegen. Somit hat das Proportionalventil **23** verschiedene Funktionen wie eine Funktion zum Füllen des Bremsfluids in das Bremssystem beim Start des Bremsbetriebs, eine Funktion zur Blockierung des Drucks bis das Sicherheitsventil **21** arbeitet und eine Funktion zum Zurückleiten des Bremsfluids von dem Radbremszylinder **51** etc. an den Hauptzylinder **2**.

[0032] Das erste Sicherheitsventil **21** arbeitet in einer solchen Art und Weise, dass es geschlossen ist, bis der Hauptzylinderdruck einen vorbestimmten Druck (P_c) erreicht, wie durch eine zweipunktige – gestrichelte Linie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, und dass es geöffnet wird, wenn der Hauptzylinderdruck den vorbestimmten Druck (P_c) überschreitet, und danach der Radzylinderdruck proportional zu dem Anstieg des Hauptzylinderdrucks zunimmt. Das zweite Sicherheitsventil **26** arbeitet in einer solchen Art und Weise, dass es geschlossen ist, bis der Hauptzylinderdruck einen vorbestimmten Druck (P_b) erreicht, der niedriger als der vorbestimmte Druck (P_c) ist, wie durch eine durchgezogene Linie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, und dass es geöffnet wird, wenn der Hauptzylinderdruck den vorbestimmten Druck (P_b) überschreitet, und danach der Radzylinderdruck proportional zur Zunahme des Hauptzylinderdrucks zunimmt. Das Magnetventil **27** ist zur Regelung des Betriebs des Sicherheitsventils **26** vorgesehen, während das Magnetventil **22** eine solche Charakteristik hat, dass der Radzylinderdruck dem Hauptzylinderdruck entspricht, wenn sich das Magnetventil **22** in seiner geöffneten Position befindet, wie durch eine gestrichelte Linie in [Fig. 5](#) angezeigt ist. Mit anderen Worten, eine Zone, die in [Fig. 5](#) durch die gestrichelte Linie umgeben ist, die die Charakteristik des Magnetventils **22** anzeigt, und durchgehende Linien zeigen die Charakteristika des ersten Sicherheitsventils **21** oder des zweiten Sicherheitsventils **26** an und das Proportionalventil **23** ist eine Druckabnahmezone, in der der regenerierende Bremsbetrieb anstelle des hydraulischen Bremsbetriebs durchgeführt werden soll.

[0033] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, ist das Bremspedal **5** mit einem Bremsschalter **6** versehen, der angeschaltet wird, wenn das Bremspedal **5** gedrückt wird, und der mit der elektronischen Regeleinheit **10** ver-

bunden ist, die ebenso mit den Drucksensoren **24**, **25** verbunden ist. Eine Schaltposition des Getriebes **12** wird erfasst, um dessen Ausgangssignal in die elektronische Regeleinheit **10** einzuspeisen. Ferner sind Radgeschwindigkeitssensoren **91** bis **94** jeweils für die Räder (FR), (FL), (RR), (RL) vorgesehen und mit der elektronischen Regeleinheit **10** verbunden, um Pulssignale, die proportional zu den Drehzahlen der Räder oder der Radgeschwindigkeiten sind, jeweils darin einzuspeisen.

[0034] Des Weiteren ist ein Hilfszylinder **70** in dem Hauptdurchlass **8** zwischen der Grenzdruckumschaltvorrichtung **20** und den vorderen Radbremszylindern **51**, **52** angeordnet und mit einem Hilfsdurchlass **9a** verbunden, der von dem Hauptdurchlass **9** getrennt ist. Der Hilfszylinder **70** umfasst ein zylindrisches Gehäuse **71** mit einer Innenbohrung, die darin ausgebildet ist, und einen Kolben **72**, der gleitfähig in der Innenbohrung des Gehäuses **71** aufgenommen ist, um darin eine erste Druckkammer **74** und eine zweite Druckkammer **75** auf der gegenüberliegenden Seite des Kolbens **72** zu bilden. Eine Feder **73** ist in der zweiten Druckkammer **75** angeordnet, um den Kolben **72** nach links in [Fig. 1](#) zu drängen, um das Volumen der zweiten Druckkammer **75** auf sein Maximalvolumen zu erhöhen, so dass das Volumen der ersten Druckkammer **74** minimal wird. Ein Magnetventil **61** ist am Hilfsdurchlass **9a** angeordnet, der mit der ersten Druckkammer **74** verbunden ist. Parallel zu dem Magnetventil **61** ist ein Absperrventil **62** angeordnet. Das Magnetventil **61** ist ein normalerweise geschlossenes Zwei-Öffnungs-Zwei-Positionselektromagnetisches Ventil, das geschlossen ist, wenn es sich in seiner Ruhestellung befindet, und das geöffnet ist, um die erste Druckkammer **74** mit dem Regler **3** durch den Hilfsdurchlass **9a** zu verbinden, wenn es sich in seiner Betriebsstellung befindet. Das Absperrventil **62** ist dazu vorgesehen, es dem Bremsfluid zu gestatten, von dem Hilfszylinder **70** zum Regler **3** zu strömen und den Umkehrstrom zu blockieren.

[0035] Gemäß dem Hilfszylinder **70** wird deshalb dann, wenn das Magnetventil **61** geöffnet ist, der geregelte Druck, der im wesentlichen gleich dem Hauptzylinderdruck ist, an die erste Druckkammer **74** geliefert und der Radzylinderdruck wird an die zweite Druckkammer **75** geliefert, so dass der geregelte Druckausgang von dem Regler **3** und der Radzylinderdruck in dem Radbremszylinder fluidisch getrennt sind. Wenn der geregelte Druck und der Radzylinderdruck nicht jeweils an die ersten und zweiten Druckkammern **74**, **75** geliefert werden, befindet sich der Kolben **72** an einer Position, wo das Volumen der ersten Druckkammer **74** minimal ist, wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist. Wenn der geregelte Druck von dem Regler **3** durch das Magnetventil **61** in dessen geöffneter Position an die erste Druckkammer **74** geliefert wird, wird der Kolben **72** in eine solche Richtung gestoßen, so dass die zweite Druckkammer **75** entgegen der Vor-

spannkraft der Feder **73** zusammengedrückt wird, so dass das unter Druck stehende Bremsfluid von der zweiten Druckkammer **75** durch den Hauptdurchlass **8** in die Radbremszylinder **51**, **52** ausgestoßen wird, um den Druck darin zu erhöhen. In diesem Fall wird das Bremsfluid nicht übermäßig in die Radbremszylinder **51**, **52** geliefert, weil die Menge des Bremsfluids, das in die Radbremszylinder **51**, **52** geliefert wird, auf das Maximalvolumen der zweiten Druckkammer **75** begrenzt ist. In der vorliegenden Erfindung kann der geregelte Druck jedoch direkt in die Radbremszylinder **51**, **52** geliefert werden, wenn das Magnetventil **61** geöffnet ist, so dass der Hilfszylinder **70** weggelassen werden kann.

[0036] Wie durch eine einpunktige – gestrichelte Linie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, kann ein Modulator (MD), der eine Vielzahl an Magnetventilen hat, zwischen dem Hilfszylinder **70** und den Radbremszylindern **51**, **52** und zwischen der Grenzdruckumschaltvorrichtung **30** und den Radbremszylindern **53**, **54** angeordnet werden, um durch die elektronische Regeleinheit **10** geregelt zu werden. Gemäß dem Modulator (MD) kann nicht nur eine Antilockregelung, sondern auch eine Traktionsregelung, eine Bremskraftverteilungsregelung für vorne und hinten, eine Lenkungsregelung durch Bremsen und dergleichen durchgeführt werden.

[0037] Gemäß dem Bremsregelsystem, wie es in [Fig. 1](#) aufgebaut ist, wird die hydraulische Pumpe **41** durch den Elektromotor **42** angetrieben, um den Arbeitsdruck in dem Akkumulator **44** zu sammeln, wie vorstehend beschrieben wurde. In dem Fall, in dem die Magnetventile in den Positionen angeordnet sind, die in [Fig. 1](#) gezeigt sind, wird der Hauptzylinderdruck von dem Hauptzylinder **2** abgegeben, wenn das Bremspedal **5** gedrückt wird, und der geregelte Druck wird an den Regler **3** ausgegeben. Anschließend wird der Bremsregelbetrieb durch die elektronische Regeleinheit **10** initiiert, so dass das Programm, das den Flussdiagrammen, die in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) gezeigt sind, entspricht, ausgeführt wird, während sich das Fahrzeug bewegt.

[0038] Unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) schreitet das Programm zu Schritt **102** fort, wenn ein Zündschalter (nicht gezeigt) bei Schritt **101** angeschaltet wird, wo eine Anfangsüberprüfung durchgeführt wird. Das heißt, die Zustände des Elektromotors **11**, des Getriebes **12** und der Batterie **13** werden erfasst, um festzustellen, ob der Zustand zum Starten des regenerierenden Bremsbetriebs erfüllt ist oder nicht. Wenn das Fahrzeug beispielsweise mit einer sehr niedrigen Fahrgeschwindigkeit fährt, oder wenn der Druck in der Batterie **13** dazu neigt, anzusteigen, oder wenn die Batterie **13** voll geladen wurde, oder wenn eine Fehlfunktion auftritt, oder wenn das Getriebe **12** in seine Neutralstellung geschaltet wird, wird festgestellt, dass der Zustand zum Starten des regenerie-

renden Bremsbetriebs nicht erfüllt wurde, so dass eine bestimmte Warnung erfolgt.

[0039] Wenn die Startbedingung des regenerierenden Bremsbetriebs erfüllt wurde, schreitet das Programm zu Schritt **103** fort, wo eine Bedingung zur Durchführung einer hydraulischen Druckregelung, die erfolgen soll, wenn sich das Fahrzeug mit einer relativ hohen Geschwindigkeit bewegt, erfüllt wurde oder nicht. Wenn die Bedingung erfüllt wurde, schreitet das Programm zu den Schritten **104**, **105** fort, wo die regenerierende Bremsregelung und die hydraulische Druckregelung, die erfolgen soll, wenn sich das Fahrzeug mit einer hohen Geschwindigkeit bewegt, gemäß einer Unterroutine (nicht gezeigt) ausgeführt wird. Ansonsten schreitet das Programm zu Schritt **106** fort. Bei Schritt **106** wurde eine Bedingung zur Durchführung einer hydraulischen Druckregelung, die erfolgen soll, wenn sich das Fahrzeug mit einer relativ niedrigen Geschwindigkeit bewegt, erfüllt oder nicht. Wenn die Bedingung erfüllt wurde, schreitet das Programm zu den Schritten **107**, **108** fort, wo die regenerierende Bremsregelung und die hydraulische Druckregelung, die erfolgen soll, wenn sich das Fahrzeug mit der relativ niedrigen Geschwindigkeit bewegt, gemäß einer Unterroutine (nicht gezeigt) ausgeführt wird. Wenn die Bedingung nicht erfüllt wurde, schreitet das Programm zu Schritt **109** fort, wo festgestellt wird, ob der Zündschalter (nicht gezeigt) an – oder ausgeschaltet wurde. Demgemäß werden die Schritte **103** bis **108** wiederholt ausgeführt, bis festgestellt wird, dass der Zündschalter ausgeschaltet wurde.

[0040] Die regenerierende Bremsregelung, die bei den Schritten **104**, **107** ausgeführt werden soll, wird im nachfolgenden unter Bezugnahme auf [Fig. 3](#) erläutert. Zu Beginn wird bei Schritt **201** die Spannung (V_b) der Batterie erfasst. Anschließend wird festgestellt, ob der Bremsschalter **6** angeschaltet oder ausgeschaltet wurde. Wenn der Bremsschalter **6** angeschaltet wurde, schreitet das Programm zu Schritt **203** fort, wo eine Schaltposition des Getriebes **12** festgestellt wird. Wenn die Schaltposition in einem Fahrbereich (D) oder einem Motorbremsbereich (B) angeordnet ist, schreitet das Programm zu Schritt **204** fort. Der Motorbremsbereich (B) ist ein Bereich, der speziell für das elektrisch betriebene Fahrzeug vorgesehen ist, wobei eine Bremsbedingung, ähnlich einer Motorbremse ohne Betätigen des Bremspedals **5** erzielt wird. Anschließend wird bei Schritt **204** das regenerierende Bremsmoment festgesetzt, in Abhängigkeit von dem Steuerungsmodus, wenn sich das Fahrzeug mit einer hohen Geschwindigkeit bewegt, oder dem Steuerungsmodus, wenn sich das Fahrzeug mit einer niedrigen Geschwindigkeit bewegt. Anschließend wird bei Schritt **205** festgestellt, ob die Spannung (V_b) der Batterie einen vorbestimmten oberen Grenzwert (V_{bmax}) überschritten hat. Wenn das Ergebnis positiv ist, schreitet das Programm zu

Schritt **206** fort, wo eine Regelung zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments durchgeführt wird, wie später detailliert beschrieben wird. Wenn das Ergebnis bei den Schritten **202**, **203**, **205** negativ ist, kehrt das Programm zur Hauptroutine zurück.

[0041] [Fig. 4](#) zeigt die Routine der Regelung zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments, die bei Schritt **206** ausgeführt wird. Zu Beginn wird eine Reduzierrate oder ein Reduzierverhältnis (C_d) mit einer vorbestimmten Rate oder einem vorbestimmten Verhältnis (K_c) bei Schritt **301** verglichen. Wenn festgestellt wird, dass die Reduzierrate (C_d) gleich oder größer als die vorbestimmte Rate (K_c) ist, schreitet das Programm zu Schritt **303** fort. Wenn festgestellt wird, dass die Reduzierrate (C_d) kleiner als die vorbestimmte Rate (K_c) ist, schreitet das Programm zu Schritt **302** fort, wo eine reduzierte Menge (A_d) des regenerierenden Bremsmoments mit einer vorbestimmten Menge (K_a) ist, verglichen wird. Wenn festgestellt wird, dass die reduzierte Menge (A_d) gleich oder größer als der vorbestimmte Wert (K_a) ist, schreitet das Programm zu Schritt **303** fort. Wenn festgestellt wird, dass die reduzierte Menge (A_d) kleiner als der vorbestimmte Wert (K_a) ist, kehrt das Programm zur Routine zurück, wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist. Bei Schritt **303** wird eine Druckzunahmerate (P_i) des Hauptzylinderdrucks mit einer vorbestimmten Zunahmerate (K_p) verglichen. Wenn festgestellt wird, dass die Druckzunahmerate (P_i) gleich oder kleiner als die vorbestimmte Zunahmerate (K_p) ist, schreitet das Programm zu Schritt **304** fort. Wenn festgestellt wird, dass die Druckzunahmerate (P_i) größer als die vorbestimmte Zunahmerate (K_p) ist, kehrt das Programm zur Routine zurück, wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist. Bei Schritt **304** wird festgestellt, ob die Regelung erfolgt, wenn sich das Fahrzeug mit einer relativ niedrigen Geschwindigkeit bewegt. Wenn das Ergebnis positiv ist, kehrt das Programm zur Routine zurück, wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist. Wenn festgestellt wird, dass die Regelung durchgeführt wird, wenn sich das Fahrzeug mit keiner niedrigen Geschwindigkeit bewegt, schreitet das Programm zu Schritt **305** fort, wo sich das Magnetventil **61** in seiner geöffneten Position befindet, so dass der geregelte Druck von der Hilfsdruckquelle **40** an den Hilfszylinder **70** geliefert wird, wodurch die reduzierte Menge des regenerierenden Bremsmoments sofort kompensiert wird.

[0042] [Fig. 6](#) zeigt Schwankungen der Drehzahl des Motors, der Spannung der Batterie und des regenerierenden Bremsmoments gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel. Das Bremspedal **5** wird bei einem Punkt "a" in [Fig. 6](#) herabgedrückt und der regenerierende Bremsbetrieb wird initiiert, während sich die hydraulische Bremsbetriebsregelung in ihrem Standby-Zustand befindet, d. h. in einem solchen Zustand, in dem der Hauptzylinderdruck und der geregelte Druck in Reaktion auf das Herabdrücken des Bremspedals **5** abgegeben werden, aber noch nicht

zur Aufbringung der Bremskraft an das Rad tätig waren. Und, wenn die Regelung zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments bei dem Punkt "b" initiiert wird, wird das regenerierende Bremsmoment schnell reduziert. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die hydraulische Bremsregelung durch den geregelten Druck durch den Hilfszylinder 70 ausgeführt, um das reduzierte Bremsmoment zu kompensieren. Außerdem wird unmittelbar nachdem die Bedingungen, die in dem Flussdiagramm von Fig. 4 aufgelistet sind, erfüllt wurden, das regenerierende Bremsmoment durch die hydraulische Bremsregelung kompensiert. Das heißt, die folgenden Bedingungen können als "UND" Bedingungen verwendet werden:

- (1) die Abnahmerate des regenerierenden Bremsmoments ist gleich oder höher als die vorbestimmte Rate, oder die reduzierte Menge ist gleich oder größer als die vorbestimmte Menge;
- (2) die Druckzunahmerate des Hauptzylinderdrucks ist gleich oder kleiner als die vorbestimmte Zunahmerate;
- (3) der Bremsschalter 6 ist an, und
- (4) die Regelung ist nicht diejenige, die erfolgen soll, wenn sich das Fahrzeug mit einer niedrigen Geschwindigkeit bewegt.

[0043] Unter Bezugnahme auf die Fig. 7 bis Fig. 9 wird ein anderes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erläutert, wobei die Fig. 1 bis Fig. 3 und die Fig. 5 darin enthalten sind, so wie sie sind. Fig. 7 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel der Routine der Regelung zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments, das bei Schritt 206 in Fig. 3 ausgeführt werden soll, wobei eine PI-Regelung bei Schritt 401 ausgeführt wird und ein gewünschter Wert (Tbv) des regenerierenden Bremsmoments, der zur PI-Regelung erforderlich ist, mit einem Bezugswert (Tbc) bei Schritt 402 verglichen wird. Ein Beispiel der PI-Regelung, die bei Schritt 401 ausgeführt wird, ist in Fig. 8 erläutert. Auf der Grundlage der P-Wirkung, d. h. einer Proportionalwirkung, die proportional zu einer Differenz (Vd) zwischen der Spannung (Vb) der Batterie und der oberen Grenze (Vbmax) wirkt, wie in Fig. 8(A) gezeigt ist, die die Schwankung der Spannung der Batterie darstellt, und einer I-Wirkung, d. h. einer integralen Wirkung, die die Differenz (Vd) zwischen der Spannung (Vb) der Batterie und der oberen Grenze (Vbmax) integriert, wie durch eine gestrichelte Fläche in Fig. 8(A) gezeigt ist, wird eine geregelte Variable erhalten, wie durch eine schraffierte Fläche in Fig. 8(B) gezeigt ist. Anschließend wird die geregelte Variable in Fig. 8(B) von dem regenerierenden Bremsmoment subtrahiert, wie in Fig. 8(C) gezeigt ist. Somit wird allgemein der regenerierende Bremsbetrieb bei einem Punkt "a" in Fig. 8(C) begonnen und die Regelung zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments wird bei einem Punkt "b" initiiert. Anschließend wird das ursprüngliche regenerierende Bremsmoment bei ei-

nem Punkt "c" in Fig. 8(C) wiedergewonnen.

[0044] Unter Bezugnahme auf Fig. 7, wenn festgestellt wird, dass ein absoluter Wert des gewünschten Werts (Tbv) gleich oder größer als der Bezugswert (Tbc) ist, schreitet das Programm zu Schritt 403 fort. Wenn festgestellt wird, dass der absolute Wert des gewünschten Werts (Tbv) kleiner als der Bezugswert (Tbc) ist, kehrt das Programm zur Routine in Fig. 3 zurück. Bei Schritt 403 wird der gewünschte Wert (Tbv_(n-1)), der im vorherigen Zyklus erhalten wurde, mit dem gewünschten Wert (Tbv_(n)) verglichen, der im vorliegenden Zyklus erhalten wird. Wenn festgestellt wird, dass der gewünschte Wert (Tbv_(n)), der im vorliegenden Zyklus erhalten wurde, kleiner als der gewünschte Wert (Tbv_(n-1)), der im vorherigen Zyklus erhalten wurde, ist, was einem Punkt "h" in Fig. 8 entspricht, bedeutet das, dass die geregelte Variable, d. h., die reduzierte Menge, die bei jeder vorbestimmten Periode erforderlich ist, von einer Zunahme der Menge zu einer Abnahme der Menge verändert wurde. Anschließend wird der gewünschte Wert (Tbv_(n)) bei Schritt 404 in dem Speicher gespeichert. Das Programm schreitet des Weiteren zu Schritt 405 fort, wo der gewünschte Wert (Tbv_(n)) als der gewünschte Wert (Tbv) für das regenerierende Bremsmoment in dem folgenden regenerierenden Bremsbetrieb festgesetzt wird. Das heißt, das regenerierende Bremsmoment wird geregelt, wie durch eine zweipunktier-te-gestrichelte Linie in Fig. 8(C) angezeigt ist, wodurch das regenerierende Bremsmoment minimiert wird.

[0045] Fig. 9 zeigt Schwankungen der Spannung der Batterie, des regenerierenden Bremsmoments, des Hauptzylinderdrucks, und des Radzylinderdrucks gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel. Das Bremspedal 5 wird bei einem Punkt "a" in Fig. 9 herabgedrückt und der regenerierende Bremsbetrieb wird initiiert während sich die hydraulische Bremsbetriebsregelung in ihrem Standby-Zustand befindet, d. h. in einem solchen Zustand, in dem der Hauptzylinderdruck und der geregelte Druck in Reaktion auf das Drücken des Bremspedals 5 ausgegeben werden, aber noch nicht zum Aufbringen der Bremskraft an das Rad gewirkt haben. Außerdem wird die hydraulische Bremsregelung durch den geregelten Druck durch den Hilfszylinder 70 ausgeführt, um das reduzierte Bremsmoment zu kompensieren, wenn die Regelung zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments bei dem Punkt "b" initiiert wird. Danach wird das regenerierende Bremsmoment gemäß dem früheren Bremssystem, das vorher beschrieben wurde, wiedergewonnen, um den ursprünglichen Wert davon bei einem Punkt "c" vorzusehen, wie durch eine gestrichelte Linie in Fig. 9 gezeigt ist. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das regenerierende Bremsmoment jedoch aufrechterhalten, um der Minimalwert zu sein, d. h. der Wert bei einer Position "h", der durch eine durch-

gezogene Linie in [Fig. 9](#) gezeigt ist. Als ein Ergebnis wird die Bremskraft mittels dem hydraulischen Bremsmoment, das erhalten wird, nachdem der geregelte Druck aufgebracht wurde, und dem regenerierenden Bremsmoment gleichmäßig auf das Rad aufgebracht, so dass das Bremsgefühl im Vergleich zum früheren System sehr stark verbessert ist.

Patentansprüche

1. Bremsregelsystem zur Regelung einer Bremskraft, die auf ein Rad (FR, FL, RR, RL) eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs aufgebracht wird, das die folgenden Bauteile aufweist:

einen Elektromotor (11), der wirksam mit dem Rad (FR, FL, RR, RL) zur Drehung des Rads verbunden ist;

eine Batterie (13), die auf dem Fahrzeug montiert ist und mit dem Elektromotor (11) zum Antrieb des Elektromotors elektrisch verbunden ist;

eine Motorregelvorrichtung zur Regelung des Elektromotors, um eine Drehkraft auf das Rad (FR, FL, RR, RL) aufzubringen und um ein regenerierendes Bremsmoment auf das Rad aufzubringen;

einen Radbremszylinder (51–54), der auf das Rad (FR, FL, RR, RL) wirkend montiert ist, zur Aufbringung einer hydraulischen Bremskraft auf das Rad;

eine Druckregelvorrichtung (10) zur Lieferung eines unter Druck stehenden Bremsfluids an den Radbremszylinder (51–54) in Reaktion auf den Betrieb eines manuell betätigten Bremslements (5), um die hydraulische Bremskraft auf das Rad (FR, FL, RR, RL) aufzubringen, und zum Regeln des Drucks in dem Radbremszylinder (51–54);

eine Spannungserfassungsvorrichtung zur Erfassung der Spannung der Batterie (13); und

eine Reduziervorrichtung zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments, wenn die Spannung der Batterie (13), die durch die Spannungserfassungsvorrichtung erfasst wurde, eine vorbestimmte obere Grenze überschreitet;

gekennzeichnet, durch eine Haltevorrichtung, zum Halten der Reduziervorrichtung in einem Zustand zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments, wenn ein Betrag, der durch die Reduziervorrichtung in einer vorbestimmten Periode reduziert wird, sich im Übergang von einer Zunahme zu einer Abnahme befindet, wobei die Druckregelvorrichtung (10) nach dem Übergang von der Zunahme zur Abnahme des Reduzierbetrags, die hydraulische Bremskraft auf das Rad (FR, FL, RR, RL) weiter aufbringt, bis das Fahrzeug stoppt.

2. Bremsregelsystem nach Anspruch 1, mit einer statischen Druckerzeugungsvorrichtung zum Komprimierendes Bremsfluids, das in einem Speicher (4) gespeichert ist, in Reaktion auf den Betrieb des manuell betätigten Bremslements (5), um einen statischen hydraulischen Druck zu erzeugen; einer Hilfskraftquelle zum Komprimieren des Brems-

fluids, das in dem Speicher (4) gespeichert ist, ungeachtet eines Betriebs des manuell betätigten Bremslements (5), um einen Arbeitsdruck zu erzeugen; und

einer dynamischen Druckerzeugungsvorrichtung zur Regelung des Arbeitsdrucks in Reaktion auf den Betrieb des manuell betätigten Bremslements (5), um einen dynamischen hydraulischen Druck zu erzeugen; und

wobei die Druckregelvorrichtung (10) dazu angepasst ist, den dynamischen hydraulischen Druck an den Radbremszylinder (51–54) zu liefern, um die hydraulische Bremskraft an das Rad (FR, FL, RR, RL) aufzubringen, das mit dem Elektromotor (11) verbunden ist, und um die Lieferung des dynamischen hydraulischen Drucks an den Radbremszylinder aufrechtzuerhalten, um die hydraulische Bremskraft an das Rad (FR, FL, RR, RL) aufzubringen, nach dem Übergang von der Zunahme zur Abnahme des Betrags, der von der Reduziervorrichtung reduziert wurde, bis das Fahrzeug stoppt.

3. Bremsregelsystem nach Anspruch 1, ferner mit einer Kompensationsvorrichtung zur Betätigung der Druckregelvorrichtung (10), um das unter Druck stehende Bremsfluid an den Radbremszylinder (51–54) zu liefern, wenn das regenerierende Bremsmoment, das durch die Reduziervorrichtung reduziert wurde, einen vorbestimmten Pegel überschreitet.

4. Bremsregelsystem nach Anspruch 3, wobei die Kompensationsvorrichtung dazu angepasst ist, die Druckregelvorrichtung (10) zu betätigen, um das unter Druck stehende Bremsfluid an den Radbremszylinder (51–54) zu liefern, wenn eine Rate zur Reduzierung des regenerierenden Bremsmoments durch die Reduziervorrichtung eine vorbestimmte Rate überschreitet.

5. Bremsregelsystem nach Anspruch 3, wobei die Kompensationsvorrichtung dazu angepasst ist, die Druckregelvorrichtung (10) zu betätigen, um das unter Druck stehende Bremsfluid an den Radbremszylinder (51–54) zu liefern, wenn ein Betrag des regenerierenden Bremsmoments, das durch die Reduziervorrichtung reduziert wurde, einen vorbestimmten Betrag überschreitet.

6. Bremsregelsystem nach Anspruch 3, wobei die Druckregelvorrichtung (10) folgende Bauteile aufweist:

eine statische Druckerzeugungsvorrichtung zum unter Druck setzen des Bremsfluids, das in einem Speicher (4) gespeichert ist, in Reaktion auf den Betrieb des manuell betätigten Bremslements (5), um einen statischen hydraulischen Druck zu erzeugen; eine Hilfskraftquelle zum Komprimieren des Bremsfluids, das in dem Speicher (4) gespeichert ist, unabhängig von dem Betrieb des manuell betätigten Bremslements (5), um einen Arbeitsdruck zu erzeugen;

gen; und
eine dynamische Druckerzeugungsvorrichtung zur Regulierung des Arbeitsdrucks in Reaktion auf den Betrieb des manuell betätigten Bremslements (5), um einen dynamischen hydraulischen Druck zu erzeugen, und
wobei die Druckregelvorrichtung (10) dazu angepasst ist, den dynamischen hydraulischen Druck an den Radbremszylinder (51–54) zu liefern, um die hydraulische Bremskraft auf das Rad (FR, FL, RR, RL) aufzubringen, das mit dem Elektromotor verbunden ist.

7. Bremsregelsystem nach Anspruch 6, wobei die Kompensationsvorrichtung dazu angepasst ist, die Druckregelvorrichtung (10) zu betätigen, um das unter Druck stehende Bremsfluid an den Radbremszylinder (51–54) zu liefern, wenn eine Druckzunahmerate des statischen hydraulischen Drucks, der von der statischen Druckerzeugungsvorrichtung ausgehen wird, kleiner als eine vorbestimmte Zunahmerate ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

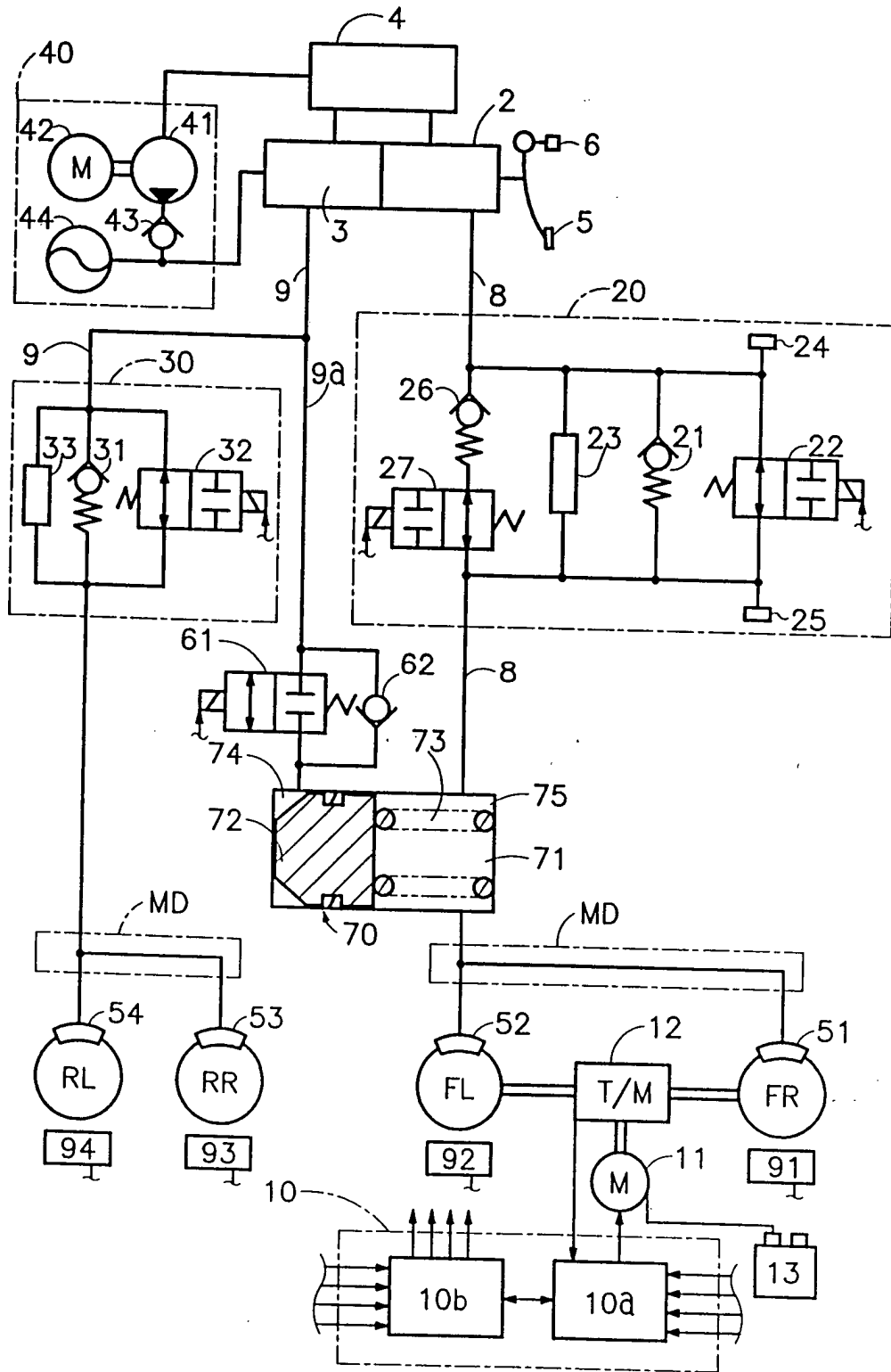


FIG. 2

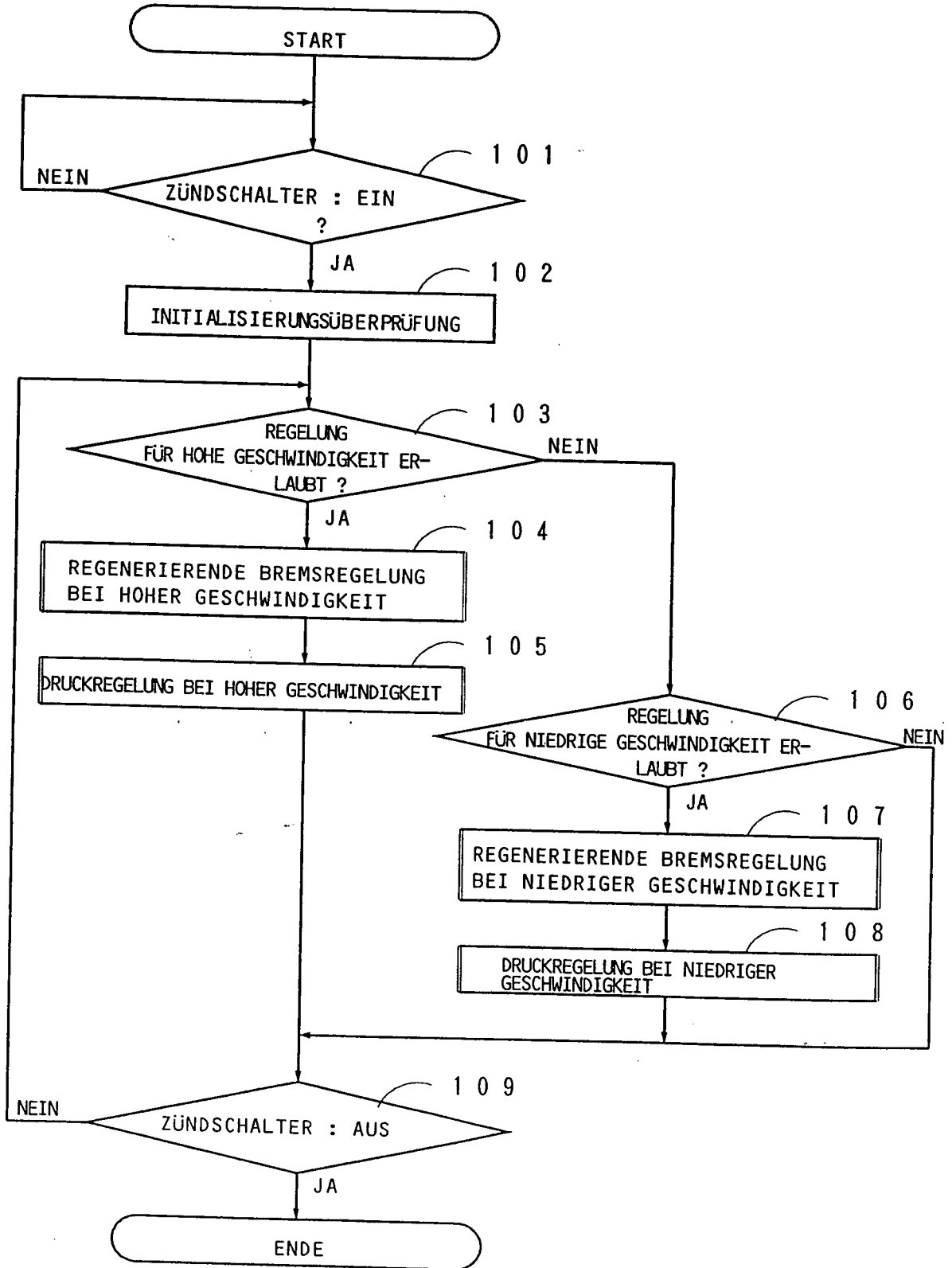


FIG. 3

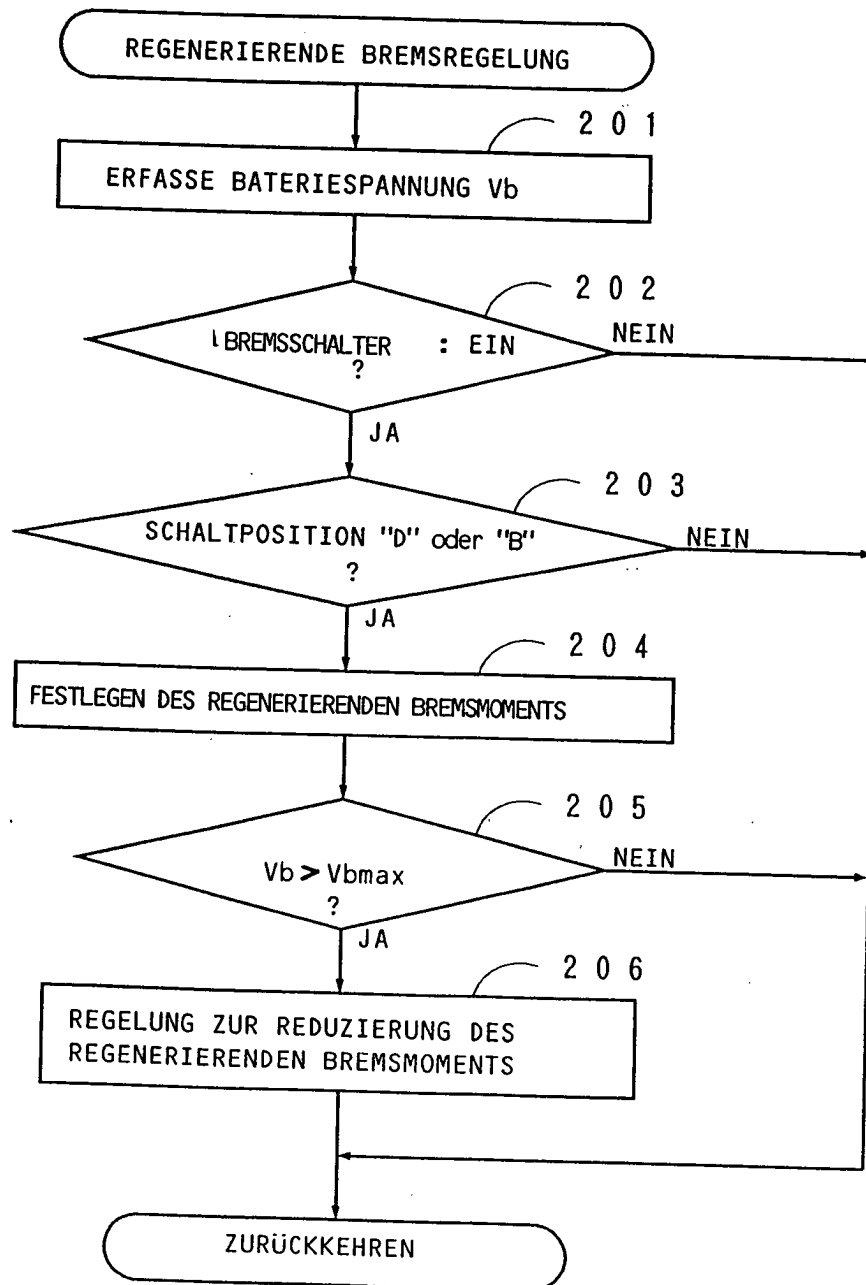


FIG. 4

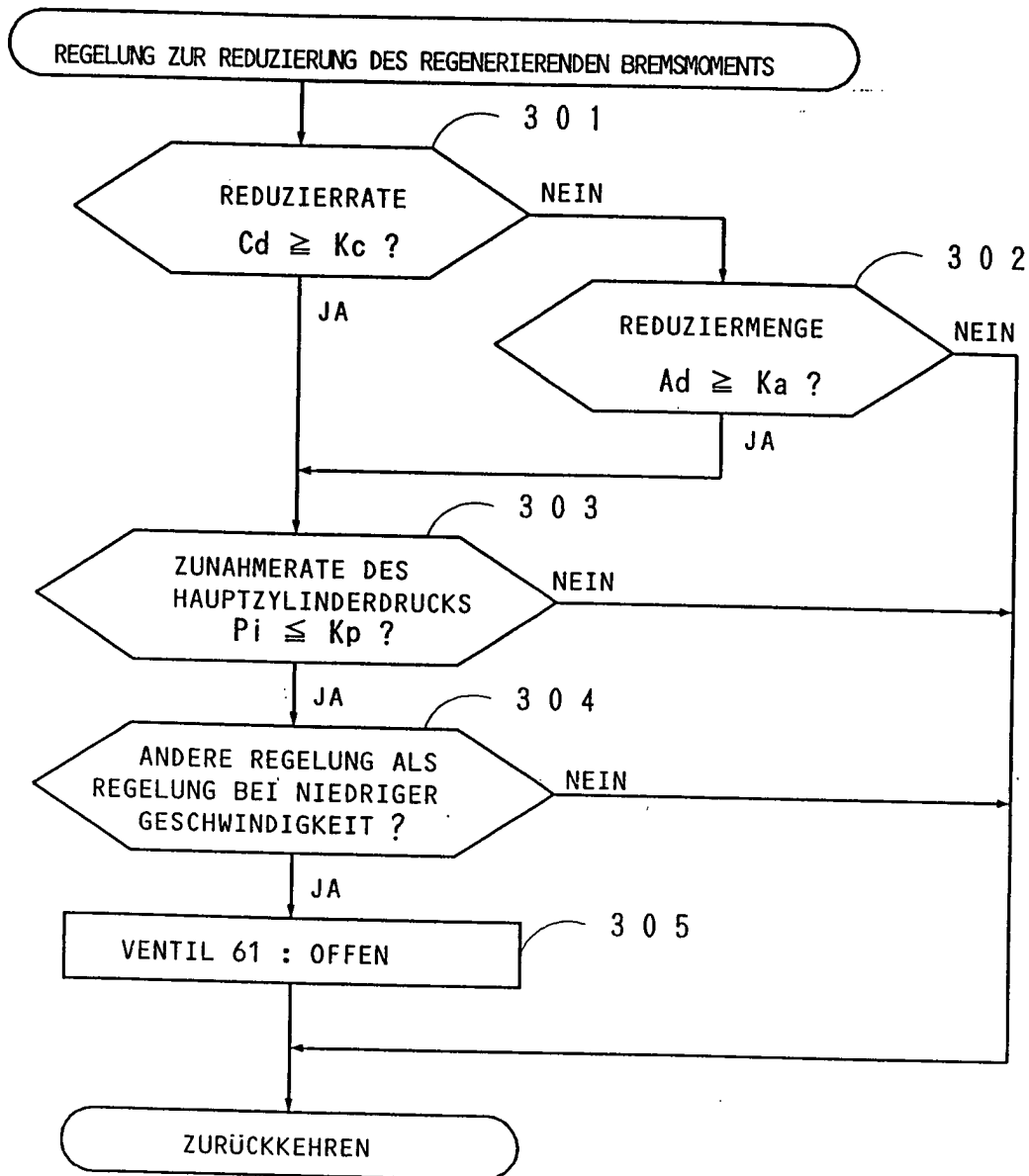


FIG. 5

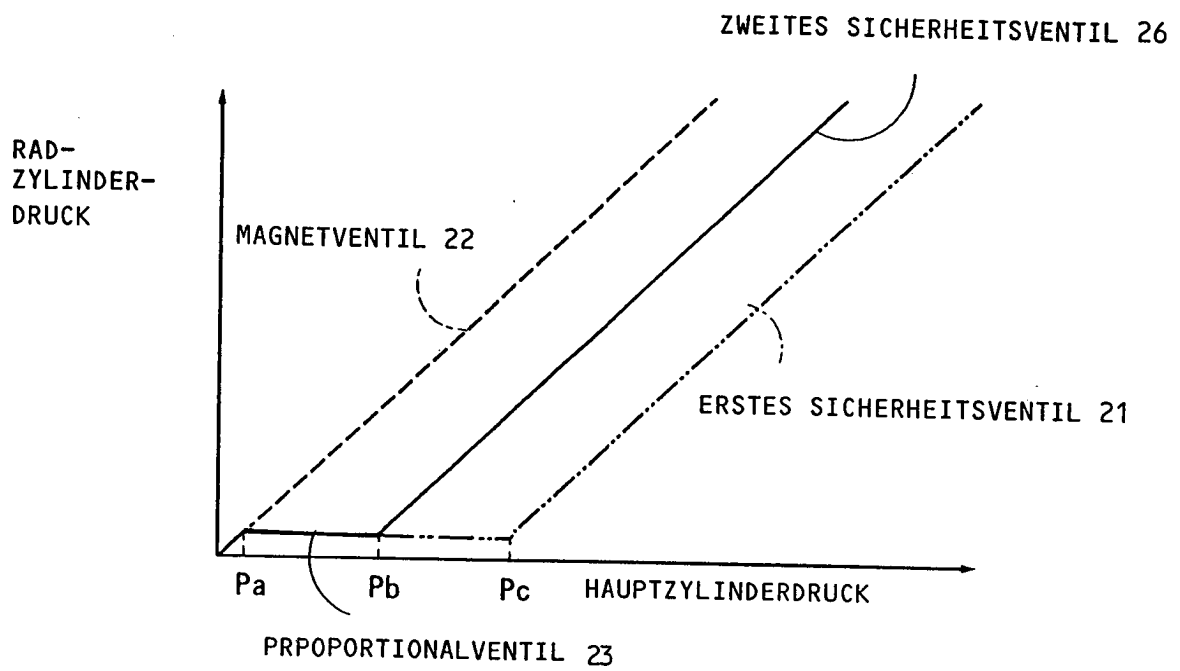


FIG. 6

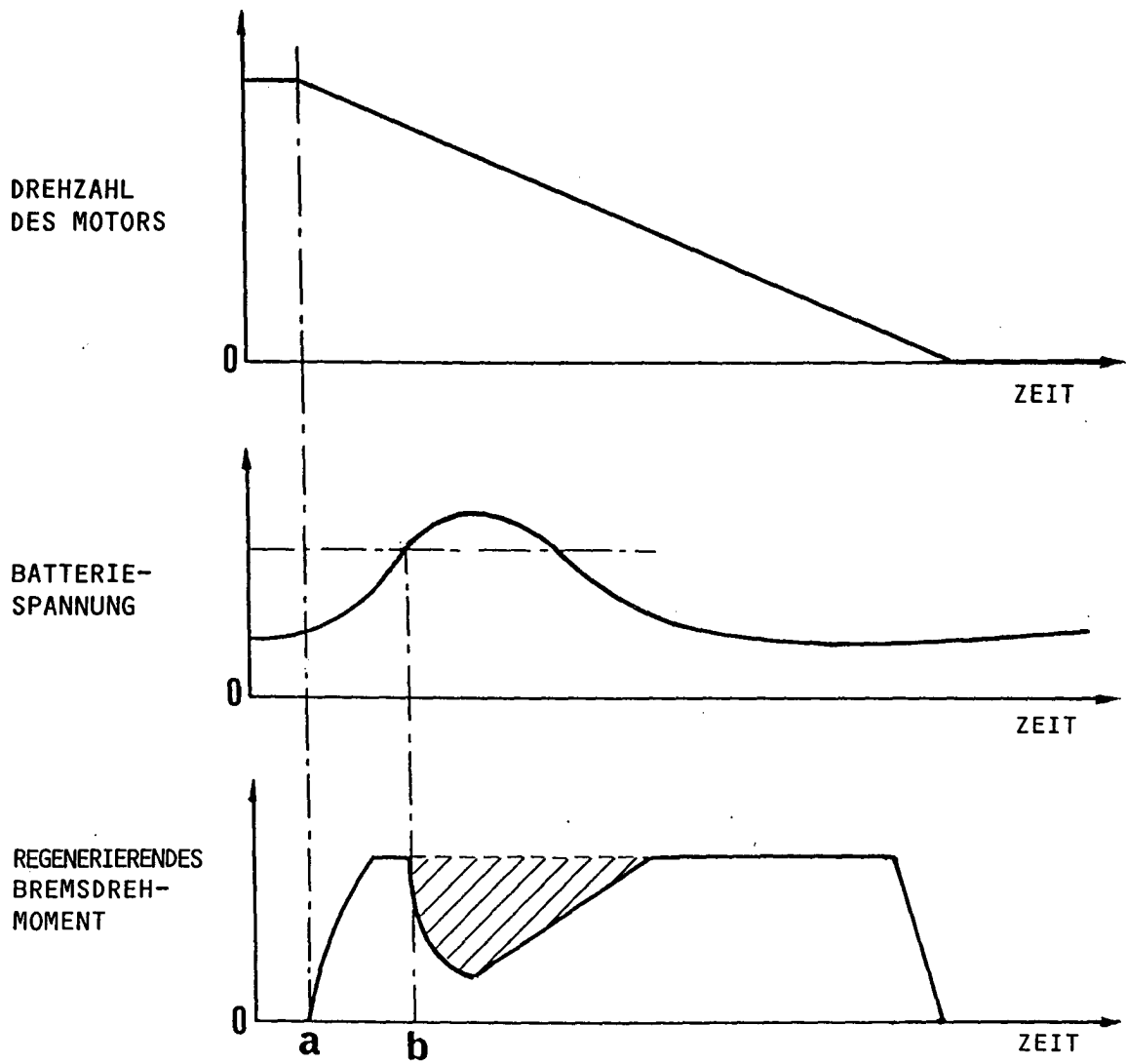


FIG. 7

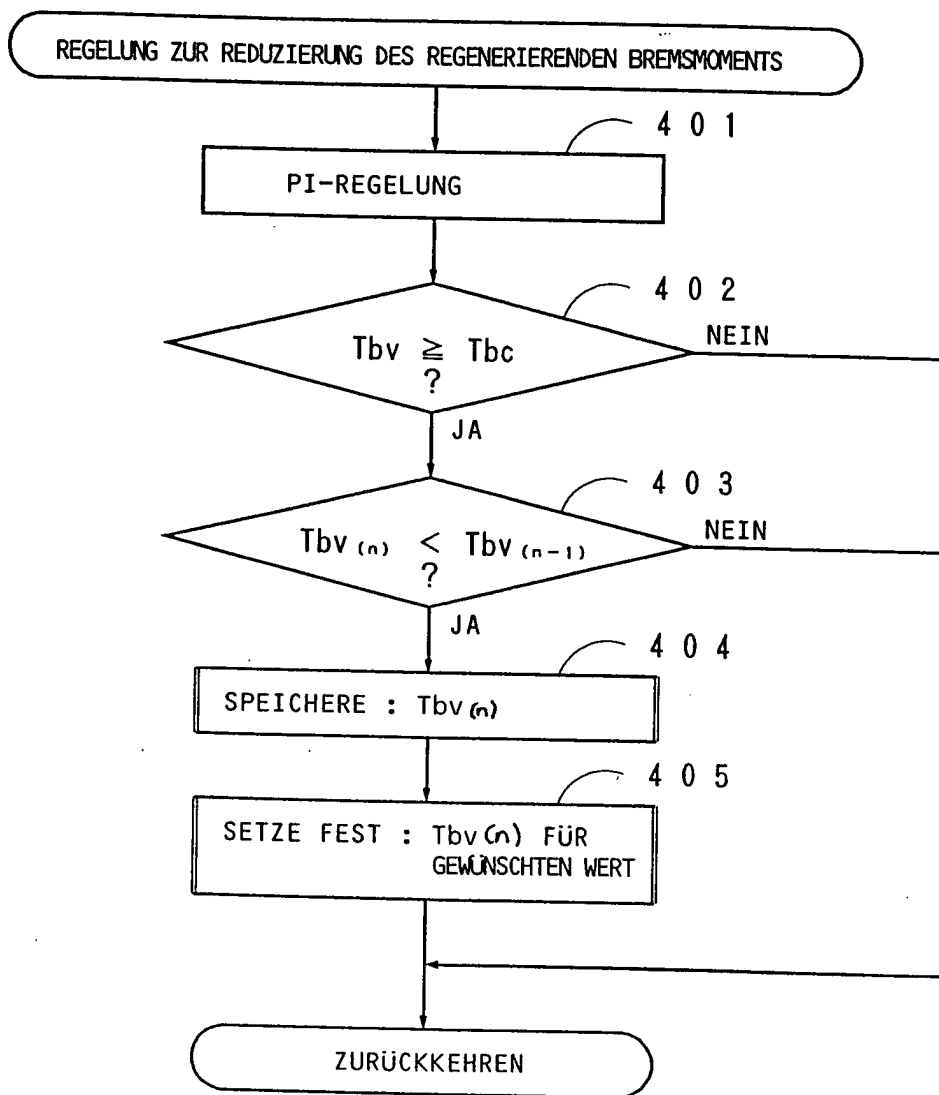


FIG. 8

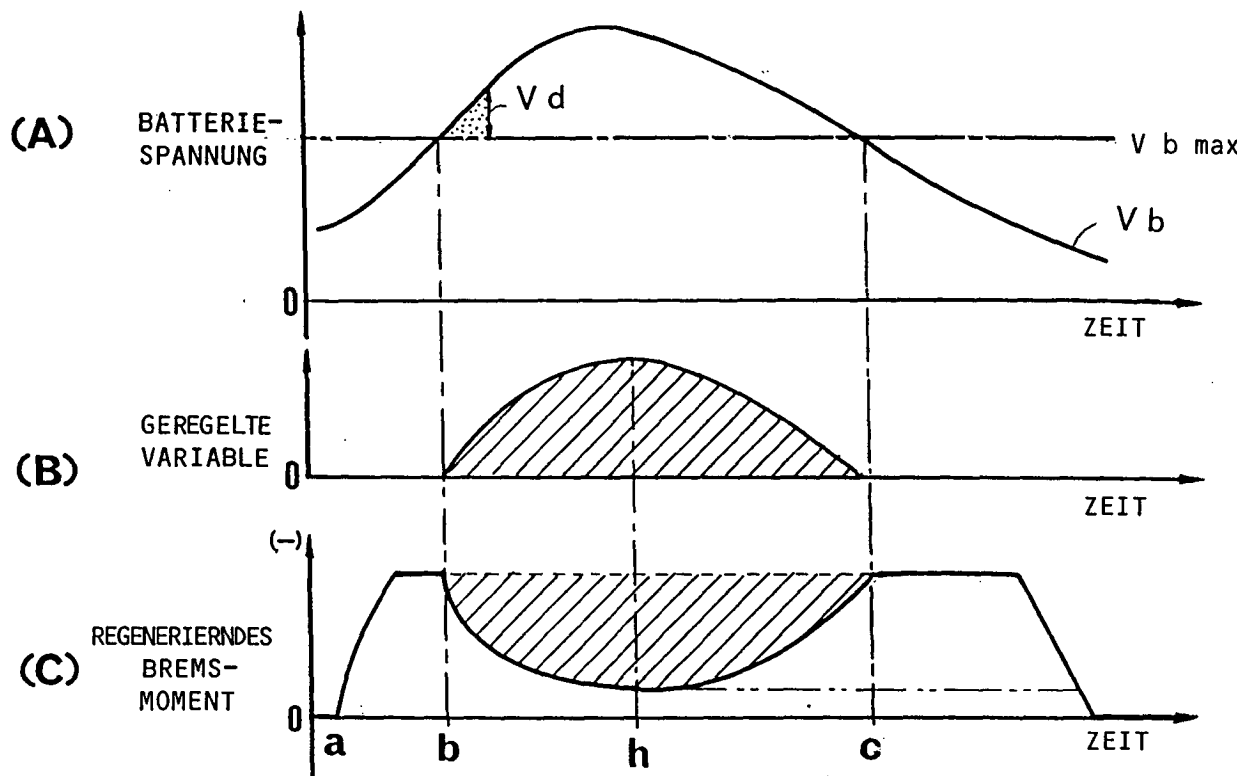


FIG. 9

