



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 016 300.2**

(22) Anmeldetag: **16.08.2012**

(43) Offenlegungstag: **28.02.2013**

(51) Int Cl.: **B60T 1/10 (2012.01)**

**B60T 13/66 (2012.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2011-185625 29.08.2011 JP**

(74) Vertreter:  
**Hoefler & Partner, 81543, München, DE**

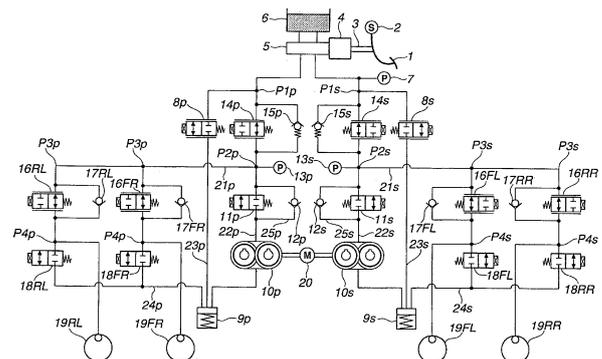
(71) Anmelder:  
**Hitachi Automotive Systems, Ltd., Ibaraki, JP**

(72) Erfinder:  
**Watanabe, Asahi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung, die für ein Fahrzeug mit einem regenerativen Bremssystem verwendet wird, weist einen Bremskreis, der einen Hauptzylinder und einen Radzylinder verbindet; eine Pumpe; ein Auslass-Absperrventil; einen Vorratsbehälter, der eine Bremsflüssigkeit speichern kann, die aus dem Hauptzylinder strömt; und eine Steuerungs-/Regelungseinheit auf. Die Steuerungs-/Regelungseinheit weist einen Bremsflüssigkeitsspeicherungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt auf, der die Bremsflüssigkeit speichert, die aus dem Hauptzylinder in den Vorratsbehälter strömt; einen Druckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt, der das Auslass-Absperrventil in eine Ventil-Schließrichtung steuert/ regelt und die im Vorratsbehälter gespeicherte Bremsflüssigkeit dem Radzylinder durch die Pumpe zuführt, worauf sich der Radzylinderdruck erhöht; und einen Druckverringereungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt auf, der, wenn das regenerative Bremssystem arbeitet, die dem Radzylinder zugeführte und unter Druck gesetzte Bremsflüssigkeit durch die Pumpe in den Vorratsbehälter füllt, worauf sich der Radzylinderdruck verringert.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung.

**[0002]** Eine Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung des Standes der Technik wurde z. B. in der vorläufigen japanischen Patentanmeldung Nr. 2009-029173 (nachfolgend „JP 2009-029173“ bezeichnet) offenbart.

**[0003]** Bei der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung in JP 2009-029173 weist eine Bremsvorrichtung ein hydraulisches Bremssystem und ein regeneratives Bremssystem auf und eine Differenz zwischen einer Anforderungs-Bremskraft gemäß einer Bremsanforderung eines Fahrers und einer hydraulischen Bremskraft ist als regenerative Ziel-Bremskraft festgelegt, wodurch eine Verschlechterung des Bremspedalgefühls während einer Ausführung des regenerativen Bremsens unterdrückt wird.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0004]** Da bei der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung JP 2009-029173 die Differenz zwischen der Anforderungs-Bremskraft und der hydraulischen Bremskraft jedoch als die regenerative Ziel-Bremskraft festgelegt ist, kann das regenerative Bremsen nicht adäquat ausgeführt werden. Demzufolge besteht die Möglichkeit, dass eine effektive Energierückgewinnung während der Ausführung des regenerativen Bremsens nicht erreicht wird.

**[0005]** Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung bzw. ein Verfahren zum Steuern einer Bremse einer Bremsvorrichtung bereitzustellen, die das regenerative Bremsen effektiv ausführen können. Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale des Anspruchs 1, 15 bzw. 20. Die Unteransprüche offenbaren bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

**[0006]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst eine Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung, die für ein Fahrzeug mit einem regenerativen Bremssystem verwendet wird: eine Pumpe, die in einem Bremskreis vorgesehen ist und von einem Elektromotor angetrieben wird; einen ersten Bremskreis, der einen Hauptzylinder, der einen Bremsflüssigkeitsdruck durch eine Bremsenbetätigung eines Fahrers erzeugt, und einen Radzylinder verbindet, der so eingerichtet ist, dass der Bremsflüssigkeitsdruck darauf einwirkt und ein Radzylinderdruck erhöht und verringert wird; einen zweiten Bremskreis, der den ersten Bremskreis und eine Ausstoßseite der Pumpe verbindet; ein Auslass-Absperrventil, das auf einer Seite des Hauptzylinders in Bezug auf einen Verbindungspunkt des zweiten Bremskreises am ersten Bremskreis vorgesehen ist; einen dritten

Bremskreis, der einen Punkt, der auf der Seite des Hauptzylinders in Bezug auf das Auslass-Absperrventil am ersten Bremskreis positioniert ist, und eine Ansaugseite der Pumpe verbindet; einen Vorratsbehälter, der auf der Ansaugseite der Pumpe am dritten Bremskreis vorgesehen ist und eine Bremsflüssigkeit speichern kann, die aus dem Hauptzylinder strömt; und eine Steuerungs-/Regelungseinheit, umfassend: einen Bremsflüssigkeitspeicher-Steuerungs-/Regelungsabschnitt, der die Bremsflüssigkeit, die aus dem Hauptzylinder durch eine Bremsenbetätigung des Fahrers ausströmt, im Vorratsbehälter speichert; einen Druckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt, der das Auslass-Absperrventil in eine Ventil-Schließrichtung steuert und die im Vorratsbehälter gespeicherte Bremsflüssigkeit dem Radzylinder durch die Pumpe zuführt, worauf sich der Radzylinderdruck erhöht; und einen Druckverringereungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt, der, wenn das regenerative Bremssystem arbeitet, die dem Radzylinder zugeführte und unter Druck gesetzte Bremsflüssigkeit durch die Pumpe in den Vorratsbehälter füllt bzw. einleitet, worauf sich der Radzylinderdruck verringert.

**[0007]** Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst eine Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung, die für ein Fahrzeug mit einem regenerativen Bremssystem verwendet wird: eine Pumpe, die in einem Bremskreis vorgesehen ist und von einem Elektromotor angetrieben wird; einen ersten Bremskreis, der einen Hauptzylinder, der einen Bremsflüssigkeitsdruck durch eine Bremsenbetätigung eines Fahrers erzeugt, und einen Radzylinder verbindet, der so eingerichtet ist, dass der Bremsflüssigkeitsdruck darauf einwirkt und ein Radzylinderdruck erhöht und verringert wird; einen zweiten Bremskreis, der den ersten Bremskreis und eine Ausstoßseite der Pumpe verbindet; ein Auslass-Absperrventil, das auf einer Seite des Hauptzylinders in Bezug auf einen Verbindungspunkt des zweiten Bremskreises am ersten Bremskreis vorgesehen ist; einen dritten Bremskreis, der einen Punkt, der auf der Seite des Hauptzylinders in Bezug auf das Auslass-Absperrventil am ersten Bremskreis positioniert ist, und eine Ansaugseite der Pumpe verbindet; einen Vorratsbehälter, der auf der Ansaugseite der Pumpe am dritten Bremskreis vorgesehen ist und eine Bremsflüssigkeit speichern kann, die aus dem Hauptzylinder ausströmt; ein Pumpen-Auslassventil, das am zweiten Bremskreis angeordnet ist; einen Ausstoß-Ölkanal, der parallel zum zweiten Bremskreis vorgesehen ist und ein Einwegeventil aufweist, das eine Strömung der Bremsflüssigkeit nur in eine Richtung ermöglicht, in die die Bremsflüssigkeit aus der Pumpe ausgestoßen wird; und eine Steuerungs-/Regelungseinheit, umfassend: einen Druckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt, der die im Vorratsbehälter gespeicherte Bremsflüssigkeit dem Radzylinder durch die Pumpe zuführt; und einen Druck-

verringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt, der, wenn das regenerative Bremssystem arbeitet, die dem Radzylinder zugeführte und unter Druck gesetzte Bremsflüssigkeit durch das Pumpen-Auslassventil und die Pumpe in den Vorratsbehälter füllt.

**[0008]** Gemäß noch einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Verfahren zum Steuern einer Bremse einer Bremsvorrichtung, die für ein Fahrzeug mit einem regenerativen Bremssystem verwendet wird: einen Vorratsbehälter, der eine Bremsflüssigkeit speichert, die durch eine Bremsenbetätigung eines Fahrers aus einem Hauptzylinder strömt; und eine Pumpe, die eine bidirektionale Drehung ermöglicht, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: Abpumpen der im Vorratsbehälter gespeicherten Bremsflüssigkeit durch eine Drehung in Vorwärtsdrehrichtung der Pumpe und zuführen der Bremsflüssigkeit zu einem Radzylinder; und Zurückführen der Bremsflüssigkeit im Radzylinder zum Vorratsbehälter durch eine Drehung in einer Rückwärtsdrehrichtung der Pumpe als Reaktion auf einen Anstieg einer vom regenerativen Bremssystem erzeugten regenerativen Bremskraft.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0009]** Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus nachfolgender Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen. Darin zeigt:

**[0010]** **Fig. 1** einen Hydraulikkreis eines hydraulischen Bremssystems eines Ausführungsbeispiels 1;

**[0011]** **Fig. 2** ein Steuerungs-/Regelungsblockschaltbild einer Steuerungs-/Regelungseinheit des Ausführungsbeispiels 1;

**[0012]** **Fig. 3** ein Steuerungs-/Regelungsblockschaltbild eines Motorantriebs-Steuerungs-/Regelungsabschnitts des Ausführungsbeispiels 1;

**[0013]** **Fig. 4** eine Zeichnung, die Hydraulikwege während einer Ausführung einer Normaldruckerhöhungssteuerung/-regelung des Ausführungsbeispiels 1 veranschaulicht;

**[0014]** **Fig. 5** eine Zeichnung, die Hydraulikwege während einer Ausführung einer Normaldruckverringerungssteuerung/-regelung des Ausführungsbeispiels 1 veranschaulicht;

**[0015]** **Fig. 6** eine Zeichnung, die Hydraulikwege während einer Ausführung einer kooperativen Druckerhöhungssteuerung/-regelung einer regenerativen Bremse des Ausführungsbeispiels 1 veranschaulicht;

**[0016]** **Fig. 7** eine Zeichnung, die Hydraulikwege während einer Ausführung einer kooperativen Druck-

verringerungssteuerung/-regelung einer regenerativen Bremse des Ausführungsbeispiels 1 veranschaulicht;

**[0017]** **Fig. 8** eine Zeichnung, die Hydraulikwege während einer Ausführung einer Pedalhub-Erzeugungssteuerung/-regelung des Ausführungsbeispiels 1 veranschaulicht;

**[0018]** **Fig. 9** eine Zeichnung, die Betriebsmodi des Ausführungsbeispiels 1 veranschaulicht;

**[0019]** **Fig. 10** ein Zeitschaubild, das ein Beispiel der Funktionsweise veranschaulicht;

**[0020]** **Fig. 11** eine Schnittansicht einer Pumpe des Ausführungsbeispiels 1;

**[0021]** **Fig. 12** eine Zeichnung, die Hydraulikwege während einer Ausführung einer Pedalhub-Erzeugungssteuerung/-regelung eines Ausführungsbeispiels 2 veranschaulicht;

**[0022]** **Fig. 13** einen Hydraulikkreis eines hydraulischen Bremssystems eines Ausführungsbeispiels 3;

**[0023]** **Fig. 14** einen Hydraulikkreis eines hydraulischen Bremssystems eines Ausführungsbeispiels 4; und

**[0024]** **Fig. 15** eine Zeichnung, die Hydraulikwege während einer Ausführung einer kooperativen Druckverringerungssteuerung/-regelung einer regenerativen Bremse des Ausführungsbeispiels 4 veranschaulicht.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0025]** Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, das regenerative Bremsen effektiv auszuführen.

**[0026]** Ausführungsbeispiele einer Bremssteuerungs/-regelungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

[Ausführungsbeispiel 1]

**[0027]** Ein hydraulisches Bremssystem eines Ausführungsbeispiels 1 wird erläutert. Das hydraulische Bremssystem des Ausführungsbeispiels 1 wird für ein Fahrzeug, wie z. B. ein Hybridfahrzeug und ein Elektrofahrzeug verwendet, das mit einem regenerativen Bremssystem versehen ist.

[Konfiguration des Hydraulikkreises]

**[0028]** **Fig. 1** zeigt einen Hydraulikkreis des hydraulischen Bremssystems. Ein Bremspedal **1** wird durch eine Niederdrückkraft eines Fahrers betätigt. Das Bremspedal **1** ist mit einem Bremspedalhubsensor (einem Bremsenbetätigungsstatus-Erfassungsabschnitt) **2** versehen, der einen Bremspedal-Hubweg erfasst. Eine elektrische Verstärkereinheit **4** ist an einem oberen Ende einer Bremsstange **3** vorgesehen, die am Bremspedal **1** befestigt ist. Die elektrische Verstärkereinheit **4** stellt eine Schubkraft oder eine Antriebskraft für die Bremsstange **3** durch einen Elektromotor bereit und unterstützt dem Fahrer beim Niederdrücken des Bremspedals bei seiner/ihrer Bremsbetätigung.

**[0029]** Ein Hauptzylinder **5** führt eine in einem Reservebehälter **6** gespeicherte Bremsflüssigkeit gemäß dem Hubweg des Bremspedals **1** dem Hydraulikkreis zu.

**[0030]** Der Hydraulikkreis wird durch einen primären Hydraulikkreis, der die Bremsflüssigkeit Radzylindern **19FR**, **19RL** eines rechten Vorderrads FR und eines linken Hinterrads RL zuführt, und einen sekundären Hydraulikkreis gebildet, der die Bremsflüssigkeit Radzylindern **19FL**, **19RR** eines linken Vorderrads FL und eines rechten Hinterrads RR zuführt.

**[0031]** In der Zeichnung sind Elemente oder Bauteile, die zum primären Hydraulikkreis gehören, mit einem zu den jeweiligen Bezugszeichen hinzugefügten „p“ bezeichnet, während Elemente oder Bauteile, die zum sekundären Hydraulikkreis gehören, mit einem zu den jeweiligen Bezugszeichen hinzugefügten „s“ bezeichnet sind. Da beide Konfigurationen der primären und sekundären Hydraulikkreise nahezu identisch sind, werden in der nachfolgenden Beschreibung die Elemente oder Bauteile der primären und sekundären Hydraulikkreise, die keine entsprechenden Erläuterungen erfordern, ohne Unterscheidung erläutert.

**[0032]** Das hydraulische Bremssystem weist eine Pumpe **10** auf, die von einem Elektromotor **20** angetrieben wird, und dadurch kann ein Hydraulikdruck durch die Pumpe **10** neben der Erzeugung des Hydraulikdrucks durch die Bremspedalbetätigung des Fahrers erzeugt werden. Diese Pumpe **10** ist eine Zahnradpumpe, die sich bidirektional bzw. vor und zurück drehen kann. Die Pumpe **10** kann außerdem die Bremsflüssigkeit aus den Radzylindern **19** durch eine Rückwärtsdrehung der Pumpe **10** zurückgewinnen, die entgegengesetzt zu einer Drehung ist, bei der der Hydraulikdruck erzeugt wird.

**[0033]** Wie in **Fig. 1** gezeigt, weist das hydraulische Bremssystem einen ersten Bremskreis **21**, der vom Hauptzylinder **5** zum Radzylinder bzw. zu den Rad-

zylindern über P1, P2, P3, P4 verbunden ist, einen zweiten Bremskreis **22**, der von einer Ausstoßseite der Pumpe **10** mit P2 verbunden ist, wenn der Hydraulikdruck erzeugt wird, einen dritten Bremskreis **23**, der von P1 mit einer Ansaugseite der Pumpe **10** verbunden ist, wenn der Hydraulikdruck erzeugt wird, und einen vierten Bremskreis **24** auf, der von P4 mit einem später beschriebenen Vorratsbehälter **9** verbunden ist.

**[0034]** Am ersten Bremskreis **21** ist ein Auslass-Absperrventil **14** auf einer Seite des Hauptzylinders **5** in Bezug auf einen Verbindungspunkt (P2) vorgesehen, das den ersten Bremskreis **21** und den zweiten Bremskreis **22** verbindet. Dieses Auslass-Absperrventil **14** ist ein in Ruhestellung offenes Proportionalventil. Ein Überdruckventil **15** ist parallel zum Auslass-Absperrventil **14** vorgesehen. Dieses Überdruckventil **15** wird geöffnet, wenn ein Druck auf der Seite des Hauptzylinders **5** des Auslass-Absperrventils **14** gleich hoch oder höher als ein vorgegebener Druck in Bezug auf einen Druck auf einer Seite des Radzylinders **19** des Auslass-Absperrventils **14** wird. Der Druck auf der Seite des Hauptzylinders **5** des Auslass-Absperrventils **14** wird dadurch daran gehindert, sich auf oder unter einen vorgegebenen Druck in Bezug auf den Druck auf der Seite des Hauptzylinders **19** des Auslass-Absperrventils **14** während einer Ausführung einer kooperativen regenerativen Bremssteuerung/-regelung zu reduzieren.

**[0035]** Am ersten Bremskreis **21** ist ferner ein Druckerhöhungsventil **16** zwischen einem Verzweigungspunkt (P3), der von jedem Radzylinder **19** abzweigt, und einem Verbindungspunkt (P4) vorgesehen, der den ersten Bremskreis **21** und den vierten Bremskreis **24** verbindet. Dieses Druckerhöhungsventil **16** ist ein in Ruhestellung offenes Proportionalventil.

**[0036]** Darüber hinaus ist an einem ersten Bremskreis **21s** des sekundären Hydraulikkreises ein Hauptzylinderdrucksensor **7** vorgesehen, der einen Hauptzylinderdruck auf einer Seite des Hauptzylinders **5** in Bezug auf einen Verbindungspunkt (P1s) erfasst, der den Hauptzylinder **5** und einen dritten Bremskreis **23s** verbindet. Am ersten Bremskreis **21** ist zudem ein Ausstoßdrucksensor **13**, der einen Ausstoßdruck der Pumpe **10** erfasst, am Verbindungspunkt (P2) vorgesehen, der den ersten Bremskreis **21** und den zweiten Bremskreis **22** verbindet.

**[0037]** Am zweiten Bremskreis **22** ist ein Pumpen-Auslassventil **11** vorgesehen. Dieses Pumpen-Auslassventil **11** ist ein in Ruhestellung geschlossenes EIN-/AUS-Ventil. Ein Ausstoß-Ölkanal **25** ist parallel zum zweiten Bremskreis **22** vorgesehen, um das Pumpen-Auslassventil **11** zu umgehen. Am Ausstoß-Ölkanal **25** ist ein Einwegeventil **12** vorgesehen. Dieses Einwegeventil **12** ermöglicht eine Strömung der

Bremsflüssigkeit in eine Richtung, in die die Pumpe **10** die Bremsflüssigkeit zur Seite der Radzylinder **19** ausstößt und verhindert eine Bremsflüssigkeitsströmung in die entgegengesetzte Richtung.

**[0038]** Am dritten Bremskreis **23** ist der Vorratsbehälter **9** vorgesehen. Zudem ist ein Einlass-Absperrventil **8** zwischen dem Hauptzylinder **5** und dem Vorratsbehälter **9** am dritten Bremskreis **23** vorgesehen. Dieses Einlass-Absperrventil **8** ist in Ruhestellung geschlossenes Proportionalventil.

**[0039]** Am vierten Bremskreis **24** ist ein Druckreduzierungsventil **18** vorgesehen. Dieses Druckreduzierungsventil **18** ist in Ruhestellung geschlossenes EIN-/AUS-Ventil.

[Konfiguration der Steuerungs-/Regelungseinheit]

**[0040]** **Fig. 2** ist ein Steuerungs-/Regelungsblockschaltbild einer integrierten Steuerungs-/Regelungseinheit **30** und einer Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit **31**. Die integrierte Steuerungs-/Regelungseinheit **30** weist einen Anforderungs-Bremskraft-Berechnungsabschnitt **30a**, einen Berechnungsabschnitt **30b** für eine regenerative Ziel-Bremskraft und einen Berechnungsabschnitt **30c** für einen erforderlichen Radzylinderdruck auf.

**[0041]** Der Anforderungs-Bremskraft-Berechnungsabschnitt **30a** berechnet eine Anforderungs-Bremskraft des Fahrers auf der Basis des Bremspedalhubwegs, der vom Bremspedalhubsensor **1** eingegeben wurde.

**[0042]** Der Berechnungsabschnitt **30b** für eine regenerative Ziel-Bremskraft berechnet eine regenerative Ziel-Bremskraft, die von der regenerativen Bremse erzeugt wird. Die regenerative Bremskraft wird als Bremskraft berechnet, die auf der Basis z. B. einer Ladungsmenge einer Batterie effizient regeneriert werden kann.

**[0043]** Der Berechnungsabschnitt **30c** für einen erforderlichen Radzylinderdruck berechnet eine Bremskraft, die vom hydraulischen Bremssystem aus einer Differenz zwischen der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers und der regenerativen Ziel-Bremskraft erzeugt wird und berechnet einen Radzylinderdruck der erforderlich ist, wenn die berechnete Bremskraft erzeugt wird.

**[0044]** Die Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit **31** weist einen Pedalhuberzeugungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (einen Bremsflüssigkeitspeicher-Steuerungs-/Regelungsabschnitt) **31a**, einen kooperativen regenerativen Bremsdruckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31b**, einen kooperativen regenerativen Bremsdruckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31c**,

einen Normaldruckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31d**, einen Normaldruckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31e**, einen Radzylinderdruck-Berechnungsabschnitt **31f** und einen Motorantriebs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31g** auf.

**[0045]** Der Pedalhuberzeugungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31a** führt eine Steuerung/Regelung aus, um den Bremspedalhubweg während der Ausführung des regenerativen Bremsens zu steuern/zu regeln. Genauer gesagt schließt der Pedalhuberzeugungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31a** das Auslass-Absperrventil **14** und öffnet das Einlass-Absperrventil **8**. Anhand dieser Steuerung/Regelung wird die Bremsflüssigkeit die durch die Bremsenbetätigung des Fahrers aus dem Hauptzylinder **5** strömt, im Vorratsbehälter **9** gespeichert.

**[0046]** Der kooperative regenerative Bremsdruckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31b** führt eine Steuerung/Regelung aus, um den Radzylinderdruck zu erhöhen, wenn die Bremskraft durch das regenerative Bremsen geringer als die Anforderungs-Bremskraft ist (d. h. wenn die Anforderungs-Bremskraft durch die regenerative Bremskraft nicht abgedeckt werden kann).

**[0047]** Genauer gesagt schließt der kooperative regenerative Bremsdruckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31b** das Auslass-Absperrventil **14** und führt die im Vorratsbehälter **9** gespeicherte Bremskraft dem Radzylinder **19** durch die Pumpe **10** zu, worauf sich der Radzylinderdruck erhöht.

**[0048]** Der kooperative regenerative Bremsdruckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31c** führt eine Steuerung/Regelung aus, um den Radzylinderdruck zu verringern, wenn die Bremskraft durch das regenerative Bremsen die Anforderungs-Bremskraft erfüllt (d. h. wenn die Anforderungs-Bremskraft durch die regenerative Bremskraft abgedeckt werden kann). Genauer gesagt schließt der kooperative regenerative Bremsdruckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31c** das Auslass-Absperrventil **14**, öffnet das Pumpen-Auslassventil **11** und schickt die Bremsflüssigkeit im Radzylinder **19** durch die Pumpe **10** zum Vorratsbehälter **9**, worauf sich der Radzylinderdruck verringert.

**[0049]** Der kooperative regenerative Bremsdruckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31c** weist hierzu einen Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31h** auf.

**[0050]** Der Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31h** steuert/regelt eine Menge der Bremsflüssigkeit, die vom Radzylinder zum Vorratsbehälter **9** zurückgeführt wird. Wenn das Pumpen-Auslassventil **11** geöffnet ist, wirkt der

Radzylinderdruck auf die Pumpe **10** ein und versucht daraufhin die Pumpe **10** in die Rückwärtsdrehrichtung anzutreiben. Der Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31h** steuert/regelt die Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge, indem er der Pumpe **10** eine Drehungshemmung (oder einen Drehungswiderstand) in eine Vorwärtsdrehrichtung durch den Elektromotor **20** verleiht. Mit anderen Worten steuert/regelt der Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31h** die Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge durch eine Steuerung/Regelung einer Drehzahl in Rückwärtsdrehrichtung des Elektromotors **20**.

**[0051]** Der Normaldruckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31d** führt eine Steuerung/Regelung aus, um den Radzylinderdruck durch oder als Reaktion auf den Bremsvorgang eines Fahrers zu erhöhen. Genauer gesagt öffnet der Normaldruckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31d** das Auslass-Absperrventil **14** und führt die Bremsflüssigkeit, die aus dem Hauptzylinder **5** strömt dem Radzylinder **19** zu, worauf sich der Radzylinderdruck erhöht.

**[0052]** Der Normaldruckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31e** führt eine Steuerung/Regelung aus, um den Radzylinderdruck durch oder als Reaktion auf den Bremsvorgang eines Fahrers zu steuern/zu regeln. Genauer gesagt öffnet der Normaldruckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31e** das Auslass-Absperrventil **14** und führt die Bremsflüssigkeit vom Radzylinder **19** zum Reservebehälter **6** zurück, worauf sich der Radzylinderdruck verringert.

**[0053]** Der Radzylinderdruck-Berechnungsabschnitt **31f** berechnet den Hydraulikdruck jedes Radzylinders **19** aus dem Ausstoßdruck der Pumpe **10** durch den Ausstoßdrucksensor **13** und einem Steuerungs-/Regelungswert des Druckerhöhungsventils **16**.

**[0054]** Der Motorantriebs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31g** steuert/regelt eine relative Strom-Einschaltdauer, die zum Elektromotor **20** gesendet wird. **Fig. 3** ist ein Steuerungs-/Regelungsblockschaltbild des Motorantriebs-Steuerungs-/Regelungsabschnitts **31g**. Der Motorantriebs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31g** weist eine Drehzahl-Steuerungs-/Regelungsvorrichtung **32a**, einen Stromkompensator **32b**, einen Druckverringerungs-Referenz-Einschaltdauer-Einstellabschnitt **32c** und einen Vorratsbehälter-Flüssigkeitsmenge-Schätzabschnitt **32d** auf.

**[0055]** Die Drehzahl-Steuerungs-/Regelungsvorrichtung **32a** gibt eine Differenz zwischen einem Ziel-Ausstoßdruck und einem momentanen Ausstoßdruck ein und berechnet einen Differenzdrehzahl-Befehlswert. Der Ziel-Ausstoßdruck wird gemäß dem er-

forderlichen Radzylinderdruck eingestellt. Der Differenzdrehzahl-Befehlswert wird auf eine Drehzahl des Elektromotors **20** eingestellt, der einen zu einem Defizit des Ziel-Ausstoßdrucks äquivalenten Bremsdruck erzeugen kann.

**[0056]** Der Stromkompensator **32b** gibt eine Differenz zwischen dem Differenzdrehzahl-Befehlswert und einem Motordrehzahl-Schätzwert ein, und berechnet eine Befehls-Strom-Einschaltdauer.

**[0057]** Der Druckverringerungs-Referenz-Einschaltdauer-Einstellabschnitt **32c** konvertiert bzw. wandelt eine Menge der Bremsflüssigkeit, die durch die Pumpe **10** entweicht, aus dem momentanen Ausstoßdruck in die Strom-Einschaltdauer um. Die Befehls-Strom-Einschaltdauer des Elektromotors **20** wird mit dieser der Befehls-Strom-Einschaltdauer hinzugefügten umgewandelten Einschaltdauer eingestellt.

**[0058]** Der Vorratsbehälter-Flüssigkeitsmenge-Schätzabschnitt **32d** überwacht oder checkt eine Änderung des Ausstoßdrucks und schätzt die im Vorratsbehälter **9** gespeicherte Bremsflüssigkeitsmenge. Wenn die Bremsflüssigkeitsmenge im Vorratsbehälter **9** groß ist, besteht ein Risiko, dass die Druckverringerung bei der Ausführung einer ABS-Steuerung/Regelung nicht durchgeführt werden kann. Wenn die Bremsflüssigkeitsmenge im Vorratsbehälter groß ist und der Druck ansteigt, besteht ferner ein Risiko, dass das Dichtvermögen der Pumpe **10** nicht gewährleistet werden kann. Wenn die Bremsflüssigkeitsmenge im Vorratsbehälter **9** ansteigt und der Druck im Vorratsbehälter höher als der vom Ausstoßdrucksensor **13** erfasste Ausstoßdruck wird, wird die Rückwärtsdrehung des Elektromotors **20** daher unterbunden.

**[0059]** Hinsichtlich der Gewährleistung dieses Dichtverhaltens der Pumpe **10** erfolgt später eine detaillierte Beschreibung.

[Funktion des hydraulischen Bremssystems]

**[0060]** Nachfolgend wird die Funktion des hydraulischen Bremssystems erläutert. Da im hydraulischen Bremssystem des Ausführungsbeispiels 1 die Brems-Steuerung/Regelung zusammen mit dem regenerativen Bremssystem ausgeführt wird, unterscheidet sich die Steuerung/Regelung nicht nur hinsichtlich einer Veränderung der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers, sondern auch einer Veränderung des regenerativen Bremsens. In der nachfolgenden Beschreibung werden (a) eine Normaldruckerhöhungs-Steuerung/Regelung, (b) eine Normaldruckverringerungs-Steuerung/Regelung, (c) eine regenerative kooperative Bremsdruck-erhöhungs-Steuerung/Regelung, (d) eine regenerative kooperative Bremsdruckverringerungs-Steue-

rung/Regelung und (e) eine Pedalhuberzeugungs-Steuerung/Regelung erläutert.

(a) Normaldruckerhöhungs-Steuerung/Regelung

**[0061]** **Fig. 4** ist eine Zeichnung, die Hydraulikwege während einer Ausführung der Normaldruckerhöhungs-Steuerung/Regelung veranschaulicht. Die Normaldruckerhöhungs-Steuerung/Regelung ist eine Steuerung/Regelung, die, wenn sich der Bremspedal-Hubweg durch eine Bremsenbetätigung des Fahrers vergrößert, die Bremsflüssigkeit aus dem Hauptzylinder **5** dem Radzylinder **19** direkt zuführt. Das Einlass-Absperrventil **8**, das Auslass-Absperrventil **14**, das Druckerhöhungsventil **16**, das Druckreduzierungsventil **18**, das Pumpen-Auslassventil **11** und die Pumpe **10** werden hierbei folgendermaßen gesteuert/geregelt:

Einlass-Absperrventil **8**: geschlossen  
 Auslass-Absperrventil **14**: offen  
 Druckerhöhungsventil **16**: offen  
 Druckreduzierungsventil **18**: geschlossen  
 Pumpen-Auslassventil **11**: geschlossen  
 Pumpe **10**: gestoppt

**[0062]** Die Bremsflüssigkeit wird in der nachstehenden Reihenfolge zugeführt:

Reservebehälter **6** → Hauptzylinder **5** → Auslass-Absperrventil **14** → Druckerhöhungsventil **16** → Radzylinder **19**.

(b) Normaldruckverringerungs-Steuerung/Regelung

**[0063]** **Fig. 5** ist eine Zeichnung, die Hydraulikwege während einer Ausführung der Normaldruckverringerungs-Steuerung/Regelung veranschaulicht. Die Normaldruckverringerungs-Steuerung/Regelung ist eine Steuerung/Regelung, die, wenn der sich Bremspedalhubweg durch eine Bremsenbetätigung des Fahrers verringert, die Bremsflüssigkeit aus dem Radzylinder **19** wieder in den Reservebehälter **6** zurückgewinnt. Wenn die Bremsflüssigkeit im Vorratsbehälter **9** gespeichert wird, wird die Bremsflüssigkeit aus dem Vorratsbehälter **9** wieder in den Reservetank **6** zurückgewonnen bzw. zurückgeführt. Das Einlass-Absperrventil **8**, das Auslass-Absperrventil **14**, das Druckerhöhungsventil **16**, das Druckreduzierungsventil **18**, das Pumpen-Auslassventil **11** und die Pumpe **10** werden hierbei folgendermaßen gesteuert/geregelt:

Einlass-Absperrventil **8**: geschlossen  
 Auslass-Absperrventil **14**: offen  
 Druckerhöhungsventil **16**: offen  
 Druckreduzierungsventil **18**: geschlossen  
 Pumpen-Auslassventil **11**: offen  
 Pumpe **10**: Vorwärtsdrehung

**[0064]** Die Bremsflüssigkeit wird der nachstehenden Reihenfolge zugeführt: Radzylinder **19** Druckerhöhungsventil **16** → Auslass-Absperrventil **14** → Hauptzylinder **5** → Reservebehälter **6**. Wenn die Bremsflüssigkeit im Vorratsbehälter **9** gespeichert wird, wird außerdem der Elektromotor **20** eingeschaltet, so dass sich die Pumpe **10** in der Vorwärtsdrehrichtung dreht, und die Bremsflüssigkeit wird in der nachstehenden Reihenfolge zugeführt:

Vorratsbehälter **9** Pumpe **10** Pumpen-Auslassventil **11** Auslass-Absperrventil **14** → Hauptzylinder **5** → Reservetank **6**.

(c) Regenerative kooperative Bremsdruckerhöhungs-Steuerung/Regelung

**[0065]** **Fig. 6** ist eine Zeichnung, die Hydraulikwege während der Ausführung der regenerativen kooperativen Bremsdruckerhöhungs-Steuerung/Regelung veranschaulicht. Die regenerative kooperative Bremsdruckerhöhungs-Steuerung/Regelung ist eine Steuerung/Regelung, die die den Hydraulikdruck (die hydraulische Bremskraft) erzeugende Bremsflüssigkeit, die äquivalent zu einem Defizit der Bremskraft beim regenerativen Bremsen während der Ausführung des regenerativen Bremsens ist, vom Vorratsbehälter **9** dem Radzylinder **19** durch die Pumpe **10** zuführt. Das Einlass-Absperrventil **8**, das Auslass-Absperrventil **14**, das Druckerhöhungsventil **16**, das Druckreduzierungsventil **18**, das Pumpen-Auslassventil **11** und die Pumpe werden hierbei folgendermaßen gesteuert/geregelt:

Einlass-Absperrventil **8**: geschlossen  
 Auslass-Absperrventil **14**: geschlossen  
 Druckerhöhungsventil **16**: offen  
 Druckreduzierungsventil **18**: geschlossen  
 Pumpen-Auslassventil **11**: offen  
 Pumpe **10**: Vorwärtsdrehrichtung

**[0066]** Die Bremsflüssigkeit wird in der nachstehenden Reihenfolge zugeführt:

Vorratsbehälter **9** Pumpe **10** Pumpen-Auslassventil **11** (oder Einwegeventil **12**) Druckerhöhungsventil **16** Radzylinder **19**.

(d) Regenerative kooperative Bremsdruckverringerungs-Steuerung/Regelung

**[0067]** **Fig. 7** ist eine Zeichnung, die Hydraulikwege während der Ausführung der regenerativen kooperativen Bremsdruckverringerungs-Steuerung/Regelung anschaulicht. Die regenerative kooperative Bremsdruckverringerungs-Steuerung/Regelung ist eine Steuerung/Regelung, die den Hydraulikdruck (die hydraulische Bremskraft) erzeugende Bremsflüssigkeit, die äquivalent zur Bremskraft durch das regenerative Bremsen während der Ausführung des regenerativen Bremsens ist, vom Radzylinder **19** durch die Pumpe **10** in den Vorratsbehälter **9** zu-

rückführt. Das Einlass-Absperrventil **8**, das Auslass-Absperrventil **14**, das Druckerhöhungsventil **16**, das Druckreduzierungsventil **18**, das Pumpen-Auslassventil **11** und die Pumpe **10** werden hierbei folgendermaßen gesteuert/geregelt:

Einlass-Absperrventil **8**: geschlossen  
 Auslass-Absperrventil **14**: geschlossen  
 Druckerhöhungsventil **16**: offen  
 Druckreduzierungsventil **18**: geschlossen  
 Pumpen-Auslassventil **11**: offen  
 Pumpe **10**: Rückwärtsdrehung

**[0068]** Die Bremsflüssigkeit wird in der nachstehenden Reihenfolge zugeführt:  
 Hauptzylinder **5** → Einlass-Absperrventil **8** → Vorratsbehälter **9**.

(Betriebsmodus)

**[0069]** [Fig. 9](#) ist eine Betriebsmodi darstellende Zeichnung, die kennzeichnet, welche Steuerung/Regelung von (a) bis (e) einem Zustand entsprechend ausgeführt wird. Die Steuerung/Regelung wird durch die Bremsanforderung des Fahrers (den Hubweg des Bremspedals **1**), die regenerative Bremskraft und die hydraulische Bremskraft ausgewählt.

**[0070]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Verringern“, die regenerative Bremskraft: „Verringern“ und die hydraulische Bremskraft: „Verringern“ lautet, wird (b) die Normaldruckverringerungs-Steuerung/Regelung ausgeführt.

**[0071]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Verringern“, die regenerative Bremskraft: „Verringern“ und die hydraulische Bremskraft: „Halten“ lautet, werden (b) die Normaldruckverringerungs-Steuerung/Regelung und (c) die regenerative kooperative Bremsdruckerhöhungs-Steuerung/Regelung durchgeführt.

**[0072]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Verringern“, die regenerative Bremskraft: „Verringern“ und die hydraulische Bremskraft: „Erhöhen“ lautet, werden (b) die Normaldruckverringerungs-Steuerung/Regelung und (c) die regenerative kooperative Bremsdruckerhöhungs-Steuerung/Regelung durchgeführt.

**[0073]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Verringern“, die regenerative Bremskraft: „Halten“ und die hydraulische Bremskraft: „Verringern“ lautet, wird (b) die Normaldruckverringerungs-Steuerung/Regelung durchgeführt.

**[0074]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Verringern“, die regenerative Bremskraft: „Erhöhen“ und die hydraulische Bremskraft: „Verringern“ lautet, werden (b) die Normaldruckverringerungs-Steue-

rung/Regelung und (d) die regenerative kooperative Bremsdruckverringerungs-Steuerung-/Regelung durchgeführt.

**[0075]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Halten“, die regenerative Bremskraft: „Verringern“ und die hydraulische Bremskraft: „Erhöhen“ lautet, wird (c) die regenerative kooperative Bremsdruckerhöhungs-Steuerung/Regelung durchgeführt.

**[0076]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Halten“, die regenerative Bremskraft: „Halten“ und die hydraulische Bremskraft: „Halten“ lautet, werden sowohl das Auslass-Absperrventil **14** als auch das Einlass-Absperrventil **8** geschlossen und der Hydraulikdruck wird gehalten.

**[0077]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Halten“, die regenerative Bremskraft: „Erhöhen“ und die hydraulische Bremskraft: „Verringern“ lautet, wird (d) die regenerative kooperative Bremsdruckverringerungs-Steuerung/Regelung durchgeführt.

**[0078]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Erhöhen“, die regenerative Bremskraft: „Verringern“ und die hydraulische Bremskraft: „Erhöhen“ lautet, werden (c) die regenerative kooperative Bremsdruckverringerungs-Steuerung/Regelung und (e) die Pedalhuberzeugungs-Steuerung/Regelung durchgeführt.

**[0079]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Erhöhen“, die regenerative Bremskraft: „Halten“ und die hydraulische Bremskraft: „Erhöhen“ lautet, wird (a) die normal Druckerhöhungs-Steuerung/Regelung durchgeführt.

**[0080]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Erhöhen“, die regenerative Bremskraft: „Erhöhen“ und die hydraulische Bremskraft: „Verringern“ lautet, werden (d) die regenerative kooperative Bremsdruckverringerungs-Steuerung/Regelung und (e) die Pedalhuberzeugungs-Steuerung/Regelung durchgeführt.

**[0081]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Erhöhen“, die regenerative Bremskraft: „Erhöhen“ und die hydraulische Bremskraft: „Halten“ lautet, wird (e) die Pedalhuberzeugungs-Steuerung/Regelung durchgeführt.

**[0082]** Wenn die Bremsanforderung des Fahrers: „Erhöhen“, die regenerative Bremskraft: „Erhöhen“ und die hydraulische Bremskraft: „Erhöhen“ lautet, werden (c) die regenerative kooperative Bremsdruckerhöhungs-Steuerung/Regelung und (e) die Pedalhuberzeugungs-Steuerung/Regelung durchgeführt.

[Arbeitsweise und Funktion]

(Beispiel der Arbeitsweise)

**[0083]** Ein Beispiel der Arbeitsweise der Steuerung/Regelung im hydraulischen Bremssystem wird nachfolgend beschrieben. **Fig. 10** ist ein Zeitschaubild, das ein Beispiel der Arbeitsweise veranschaulicht. Wenn die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers zu einem Zeitpunkt  $t_1$  erzeugt wird, wird zuerst die Bremskraft durch das regenerative Bremsen erzeugt bzw. diese steigt an. Zu diesem Zeitpunkt ist das Auslass-Absperrventil **14** geschlossen und das Einlass-Absperrventil **8** geöffnet, worauf die Bremsflüssigkeit vom Hauptzylinder **5** in den Vorratsbehälter **9** zugeführt wird, wodurch der Hub des Bremspedals **1** sichergestellt wird.

**[0084]** Wenn die regenerative Bremskraft nicht der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers nicht entsprechen oder folgen kann (d. h. wenn die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers nicht durch die regenerative Bremskraft abgedeckt werden kann) wird zu einem Zeitpunkt  $t_2$  der Elektromotor **20** in die Vorwärtsdrehrichtung gedreht und der Radzylinderdruck erhöht sich durch die Zufuhr von Bremsflüssigkeit, die äquivalent zu einem Defizit der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers ist, vom Vorratsbehälter **9** zum Radzylinder **19**.

**[0085]** Obwohl die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers gehalten wird, da die regenerative Bremskraft ansteigt wird zu einem Zeitpunkt  $t_3$  der Elektromotor **20** in die Rückwärtsdrehrichtung gedreht und der Radzylinderdruck reduziert sich durch das Zurückführen der Bremsflüssigkeit, die äquivalent zu einer redundanten Bremskraft ist, vom Radzylinder **19** in den Vorratsbehälter **9**. Zu diesem Zeitpunkt ist das Einlass-Absperrventil **8** geschlossen und das Pumpen-Auslassventil **11** ist geöffnet.

**[0086]** Wenn sich die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers zu einem Zeitpunkt  $t_4$  verringert, wird die Bremsflüssigkeit im Radzylinder **19** in den Reservebehälter **6** zurückgeführt. Zu diesem Zeitpunkt ist das Pumpen-Auslassventil **11** geschlossen und das Auslass-Absperrventil **14** ist geöffnet.

**[0087]** Wenn zu einem Zeitpunkt  $t_5$  kein Radzylinderdruck mehr vorhanden ist, weil eine redundante Bremsflüssigkeit entgegen der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers im Vorratsbehälter **9** erzeugt wird, wird der Elektromotor in die Vorwärtsdrehrichtung gedreht und die redundante Bremsflüssigkeit im Vorratsbehälter **9** wird auch in den Reservebehälter **6** befördert. Zu diesem Zeitpunkt ist das Auslass-Absperrventil **14** geöffnet.

**[0088]** Wenn die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers zu einem Zeitpunkt  $t_5'$  konstant wird, wird der

Elektromotor **20** gestoppt und das Auslass-Absperrventil wird geschlossen.

**[0089]** Wenn es der regenerativen Bremskraft zu einem Zeitpunkt  $t_6$  beginnend an der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers mangelt, wird der Elektromotor **20** in die Vorwärtsdrehrichtung gedreht und der Radzylinderdruck wird durch die Zufuhr von Bremsflüssigkeit, die äquivalent zum Defizit der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers ist, vom Vorratsbehälter **9** zum Radzylinder **19** erhöht.

**[0090]** Nach einem Zeitpunkt  $t_7$  sind sowohl das Auslass-Absperrventil **14** als auch das Einlass-Absperrventil **8** geschlossen und der Radzylinderdruck wird gehalten.

(Verbesserung der Effizienz  
des regenerativen Bremsens)

**[0091]** Im Falle des hydraulischen Bremssystems wie im Ausführungsbeispiel 1, wobei der Hauptzylinder **5** und der Radzylinder **19** durch den Hydraulikkreis verbunden sind, ändert sich der Hauptzylinderdruck beim Versuch die hydraulische Bremskraft trotz des Haltens des Bremspedals **1** zu verändern, und dies verschlechtert das Bremspedalgefühl.

**[0092]** Bei den Vorrichtungen des Standes der Technik wird eine Steuerung/Regelung durchgeführt, so dass ein Defizit an hydraulischer Bremskraft bei der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers durch die regenerative Bremskraft zurückgewonnen oder kompensiert wird. Dies bedeutet, dass die hydraulische Bremskraft vorwiegend genutzt wird und die regenerative Bremskraft als Hilfs- oder Zusatzbremskraft durch das Defizit bei der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers genutzt wird, die durch das Bremsen bei alleiniger Verwendung der hydraulischen Bremskraft auftritt. Aus diesem Grund kann das regenerative Bremsen nicht adäquat ausgeführt werden und es besteht eine Möglichkeit, dass eine effiziente Energierückgewinnung während der Ausführung des regenerativen Bremsens nicht erreicht werden kann.

**[0093]** Daher wird im Ausführungsbeispiel 1 die regenerative kooperative Bremsdruckerhöhungs-Steuerung/Regelung ausgeführt, bei der, wenn das regenerative Bremssystem arbeitet, das Auslass-Absperrventil **14** in eine Ventil-Schließrichtung gesteuert wird, und die im Vorratsbehälter **9** gespeicherte Bremsflüssigkeit durch die Pumpe **10** zum Hauptzylinder **19** befördert wird, worauf sich der Radzylinderdruck erhöht.

**[0094]** Außerdem wird die regenerative kooperative Bremsdruckverringerungs-Steuerung/Regelung durchgeführt, bei der, wenn das regenerative Bremssystem arbeitet, das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Schließrichtung gesteuert wird und die Brems-

flüssigkeit im Radzylinder durch die Pumpe **10** in den Vorratsbehälter **9** eingeleitet wird oder fließt, worauf sich der Radzylinderdruck verringert.

**[0095]** Anhand dieser Steuerung/Regelung ist es möglich, den Radzylinderdruck ungeachtet des Bremspedalhubs zu erhöhen und zu verringern, und die hydraulische Bremskraft kann gemäß der regenerativen Bremskraft gesteuert/geregelt werden. Demzufolge kann das regenerative Bremsen adäquat durchgeführt werden und die effiziente Energierückgewinnung kann während der Ausführung des regenerativen Bremsens erreicht werden.

**[0096]** Zudem wird im Ausführungsbeispiel 1 die Pedalhuberzeugungs-Steuerung/Regelung ausgeführt, bei der die durch die Bremsenbetätigung des Fahrers aus dem Hauptzylinder **5** ausströmende Bremsflüssigkeit im Vorratsbehälter **9** gespeichert wird.

**[0097]** Anhand dieser Steuerung/Regelung ist es möglich, die hydraulische Bremskraft gemäß der regenerativen Bremskraft ungeachtet des Bremspedalhubs zu steuern/zu regeln, wobei der Bremspedalhub gesichert ist. Demzufolge kann das regenerative Bremsen adäquat durchgeführt werden und die effiziente Energierückgewinnung kann während der Ausführung des regenerativen Bremsens erreicht werden.

(Miniaturisierung des Druckreduzierungsventils)

**[0098]** Um die Bremsflüssigkeit vom Radzylinder **19** in den Vorratsbehälter **9** zurückzuführen, wird das Druckreduzierungsventil **18** geöffnet. Wenn versucht wird, den Radzylinderdruck durch das Druckreduzierungsventil **18** oder das EIN-/AUS-Ventil zu steuern/zu regeln, wird das Öffnen/Schließen des Ventils kontinuierlich wiederholt und dies erzeugt kontinuierlich ein Geräusch während der normalen Bremsbetätigung.

**[0099]** Um das Geräusch zu reduzieren, könnte ein Proportionalventil als das Reduzierungsventil **18** eingesetzt werden. Jedoch sind die Kosten des Proportionalventils im Vergleich zum EIN-/AUS-Ventil hoch. Darüber hinaus wird eine Größe eines in Ruhestellung geschlossenen Proportionalventils beträchtlich, das an einer Position verwendet wird, wo ein relativ hoher Druck wie der Radzylinderdruck einwirkt. Daher muss eine starke Feder zum Sicherstellen eines geschlossenen Ventilzustand selbst im Zustand eines hohen Drucks und zudem ein großer Elektromagnet verwendet werden, der Steuern/regeln kann, wobei das Überwinden dieser starken Feder während einer Ventilöffnungssteuerung/-regelung erforderlich ist.

**[0100]** Aus diesem Grund wird im Ausführungsbeispiel 1 die Zahnradpumpe als die Pumpe **10** einge-

setzt, die sich bidirektional drehen kann. Mit dieser Anordnung kann das Druckreduzierungsventil **18** als das EIN-/AUS-Ventil betätigt werden und dies kann die Kosten reduzieren und die Minimierung des Ventils ermöglichen.

(Niederhalten des Energieverbrauchs)

**[0101]** Durch das Stoppen der Drehung der Pumpe **10** und andauerndes Drehen der Pumpe **10** in die Vorwärtsdrehrichtung, kann der Rückstrom der Bremsflüssigkeit verhindert werden. Um die Pumpe **10** zu stoppen und in die Vorwärtsdrehrichtung zu drehen, ist es jedoch erforderlich, den Elektromotor **20** die ganze Zeit gegen den Radzylinderdruck zu betätigen (den Elektromotor **20** mit Energie zu versorgen). Im Ausführungsbeispiel 1 sind daher das Pumpen-Auslassventil **11** und das Einwegeventil **12** vorgesehen, die lediglich die Strömung der Bremsflüssigkeit in die Richtung ermöglichen, in die die Bremsflüssigkeit aus der Pumpe **10** ausgestoßen wird. Selbst wenn der Elektromotor **20** nicht betätigt wird, kann mit dieser Anordnung die Rückströmung der Bremsflüssigkeit verhindert werden und der Energieverbrauch wird niedergehalten.

(Steuerung/Regelung der Rückführungsmenge)

**[0102]** Im Ausführungsbeispiel 1 wird die Rückführungsmenge der Bremsflüssigkeit, die vom Radzylinder **19** durch das Pumpen-Auslassventil **11** und die Pumpe **10** durch die Betätigung des Pumpen-Auslassventils **11** in Ventil-Öffnungsrichtung in den Vorratsbehälter **9** strömt, gesteuert/geregelt. Genauer gesagt wird die Bremsflüssigkeit-Rückführungsmenge gesteuert/geregelt, indem der Pumpe **10** die Rotationshemmung verliehen wird. Mit anderen Worten wird die Bremsflüssigkeit-Rückführungsmenge durch Steuern/Regeln der Drehzahl des Elektromotors **20** gesteuert/geregelt. Mit dieser Steuerung/Regelung kann der Radzylinderdruck durch die Pumpe **10** gesteuert/geregelt werden.

(Miniaturisierung des Pumpen-Auslassventils)

**[0103]** Gleichmaßen wie zuvor beim Druckreduzierungsventil **18** beschrieben, sind im Falle des Proportionalventils dessen Kosten hoch und dessen Größe wird beträchtlich.

**[0104]** Daher wird im Ausführungsbeispiel 1 das in Ruhestellung geschlossene EIN-/AUS-Ventil als Pumpen-Auslassventil **11** eingesetzt. Dadurch können die Kosten des Pumpen-Auslassventils **11** niedergehalten werden und die Miniaturisierung des Ventils kann erreicht werden.

(Steuerung/Regelung der  
Vorratsbehälter-Flüssigkeitsmenge)

**[0105]** Das in Ruhestellung geschlossene Einlass-Absperrventil **8** ist zwischen dem Hauptzylinder **5** und dem Vorratsbehälter **9** am dritten Bremskreis **23** angeordnet. Mit dieser Anordnung kann die Bremsflüssigkeitsmenge im Vorratsbehälter **9** exakt gesteuert/geregelt werden.

(Steuerung/Regelung der Pumpen-Ausstoßmenge)

**[0106]** Im Ausführungsbeispiel 1 wird der erforderliche Radzylinderdruck, der auf der Basis der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers erreicht wird, berechnet und der an den Motor angelegte Stromwert wird auf der Basis des Radzylinderdrucks und des erforderlichen Radzylinderdrucks eingestellt oder gesteuert/geregelt. Anhand dieser Steuerung/Regelung kann die Bremsflüssigkeit-Ausstoßmenge der Pumpe **10** exakt gesteuert/geregelt werden und die Bremsflüssigkeit (der Bremsflüssigkeitsdruck) kann dem Radzylinder **19** gemäß der Bremskraft zugeführt werden, an der es mangelt bzw. die nicht vorhanden ist.

(Erhöhung der Bremskraft gemäß der  
Erhöhung der Anforderungs-Bremskraft)

**[0107]** Wenn im Ausführungsbeispiel 1 eine Tendenz in Richtung einer Erhöhung der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers durch den Bremspedalhubsensor **2** erfasst wird, wird das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Öffnungsrichtung betätigt. Mit dieser Betätigung ist es möglich, die Bremskraft als Reaktion auf den Anstieg der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers zu erhöhen.

(Verringerung der Bremskraft gemäß der  
Verringerung der Anforderungs-Bremskraft)

**[0108]** Wenn im Ausführungsbeispiel 1 eine Tendenz in Richtung einer Verringerung der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers durch den Bremspedalhubsensor **2** erfasst wird, wird das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Öffnungsrichtung betätigt. Mit dieser Betätigung ist es möglich, die Bremskraft als Reaktion auf die Verringerung der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers zu verringern.

(Sicherstellen der Bremskraft, wenn sich  
die regenerative Bremskraft verringert)

**[0109]** Um im Ausführungsbeispiel 1 die Bremskraft abzudecken oder zu kompensieren, die einer Verringerung der vom regenerativen Bremssystem erzeugten regenerativen Bremskraft entspricht, fördert die Pumpe **10** die in den Vorratsbehälter geflossene und gespeicherte Bremsflüssigkeit zum Radzylinder **19**, wodurch der Radzylinderdruck erhöht wird und die Bremskraft sichergestellt wird. Mit dieser Pumpenbe-

tätigungs-Steuerung/Regelung ist bzw. entspricht die Gesamt-Bremskraft aus der regenerativen Bremskraft und der hydraulischen Bremskraft der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers. Dies bedeutet, dass die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers durch den kombinierte Gesamtbetrag aus der regenerativen Bremskraft und der hydraulischen Bremskraft gewährleistet werden kann.

(Sicherstellen des Bremspedalhubes)

**[0110]** Im Ausführungsbeispiel 1 wird während der Bremsenbetätigung des Fahrers das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Schließrichtung gesteuert/geregelt und das Einlass-Absperrventil **8** in die Ventil-Öffnungsrichtung gesteuert/geregelt, worauf die aus dem Hauptzylinder **5** ausströmende Bremsflüssigkeit in den Vorratsbehälter **9** strömt und darin gespeichert wird. Dadurch ist es selbst in einem Fall, bei dem die Bremskraft lediglich durch die regenerative Bremskraft sichergestellt wird (selbst in einem Fall, bei dem die Anforderungs-Bremskraft lediglich durch die regenerative Bremskraft abgedeckt wird) möglich, den Bremspedalhub sicherzustellen, wodurch sich das Bremspedalgefühl verbessert.

(Gewährleisten des Dichtverhaltens der Pumpe)

**[0111]** [Fig. 11](#) ist eine Schnittansicht der Pumpe **10**. Die Pumpe **10** wird durch eine Antriebswelle **10a**, die sich einstückig mit einer Drehwelle des Elektromotors **20** dreht, einem Antriebszahnrad **10a**, das an der Antriebswelle **10a** befestigt ist und sich einstückig mit der Antriebswelle **10a** dreht, einem Abtriebszahnrad **10c**, das mit dem Antriebszahnrad **10b** im Eingriff steht, einer Abtriebswelle **10d**, an der das Abtriebszahnrad **10c** befestigt ist und die sich einstückig mit dem Abtriebszahnrad **10c** dreht, einen Dichtungsblock **10e**, der Zahnräder der Antriebs- und Abtriebszahnräder **10b** und **10c** abdichtet, und einem Gehäuse **10f** gebildet, das diese Bauteile darin beherbergt.

**[0112]** Im Gehäuse **10f** ist eine Ansaugöffnung **10g** in einem Zwischenraum ausgebildet, der durch den Dichtungsblock **10e** und die Antriebs- und Abtriebszahnräder **10b** und **10c** definiert oder umschlossen wird. Diese Ansaugöffnung **10g** ist mit dem dritten Bremskreis **23** verbunden. Außerdem ist im Gehäuse **10f** eine Ausstoßöffnung **10h** an den Außenumfangseiten der Antriebs- und Abtriebszahnräder **10b** und **10c** ausgebildet. Diese Ausstoßöffnung **10h** ist mit den zweiten Bremskreis **22** verbunden.

**[0113]** Wenn beide Zähne der Antriebs- und Abtriebszahnräder **10b** und **10c** im Eingriff stehen und durch die Zahnradrehung die Ansaugöffnung **10g** passieren, wird die Bremsflüssigkeit der Pumpe **10** zugeführt (d. h., dass die Pumpe **10** die Bremsflüssigkeit ansaugt): Wenn die Antriebs- und Abtriebszahn-

räder **10b** und **10c** sich dann mit den beiden durch den Dichtungsblock **10e** abgedichteten Zähnen drehen, wird die Bremsflüssigkeit der Seite der Ausstoßöffnung **10h** zugeführt (d. h., dass die Pumpe **10** die Bremsflüssigkeit ausstößt).

**[0114]** Wenn sich die Pumpe **10** in die Vorwärtsdrehrichtung dreht, wird eine Fläche, die in **Fig. 11** durch schräge Linien dargestellt ist, zu einer Fläche mit hohem Druck, während eine Fläche, die durch Punkte dargestellt ist, zu einer Fläche mit niedrigem Druck wird. Demzufolge werden die Antriebs- und Abtriebszahnäder **10b** und **10c** gegen den Dichtungsblock **10e** (in Pfeilrichtungen in **Fig. 11**) gepresst, worauf Dichtungsbereiche zwischen den Zahnrändern der Antriebs- und Abtriebszahnäder **10b** und **10c** und den Dichtungsblock **10e** gebildet werden.

**[0115]** Wenn die Fläche, die durch Punkte dargestellt ist, zur Fläche mit hohem Druck wird, da die Antriebs- und Abtriebszahnäder **10b** und **10c** in eine sich vom Dichtungsblock **10e** entfernende Richtung gepresst werden, separieren sich die Zahnäder der Antriebs- und Abtriebszahnäder **10b** und **10c** vom Dichtungsblock **10e**, wobei das Dichtverhalten somit nicht mehr sichergestellt werden kann.

**[0116]** Wenn im Ausführungsbeispiel 1 die Bremsflüssigkeitsmenge im Vorratsbehälter **9** ansteigt und der Druck im Vorratsbehälter **9** höher als der vom Ausstoßdrucksensor **13** erfasste Druck wird, wird somit die Rückwärtsdrehung des Elektromotors **20** unterbunden.

**[0117]** Anhand dieser Steuerung/Regelung ist es möglich, zu verhindern dass der Hydraulikdruck an der Ansaugöffnung **10g** höher wird als der Hydraulikdruck an der Seite der Ausstoßöffnung **10h**, wodurch das Dichtverhaltens der Pumpe **10** gewährleistet wird.

**[0118]** Nachfolgend werden die Effekte erläutert. Die Bremssteuerungs-/Regelungsvorrichtung des Ausführungsbeispiels 1 weist die nachfolgenden Effekte auf.

(1) Die Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung, die für das Fahrzeug mit dem regenerativen Bremssystem verwendet wird, umfasst: die Pumpe **10**, die im Bremskreis vorgesehen ist und vom Elektromotor **20** angetrieben wird; den ersten Bremskreis **21**, der den Hauptzylinder **5**, der den Bremsflüssigkeitsdruck durch die Bremsenbetätigung des Fahrers erzeugt, und den Radzylinder **19** verbindet, der so eingerichtet ist, dass der Bremsflüssigkeitsdruck einwirkt und sich der Bremsflüssigkeitsdruck erhöht und verringert; den zweiten Bremskreis **22**, der den ersten Bremskreis **21** und die Ausstoßseite der Pumpe **10** verbindet; das Auslass-Absperrventil **14**, das auf der Seite des Hauptzylinders **5** in Bezug auf

den Verbindungspunkt (P2) des zweiten Bremskreises **22** am ersten Bremskreis **21** vorgesehen ist; den dritten Bremskreis **23**, der den Punkt (P1), der auf der Seite des Hauptzylinders **5** in Bezug auf das Auslass-Absperrventil **14** am ersten Bremskreis vorgesehen ist, und die Ansaugseite der Pumpe **10** verbindet; den Vorratsbehälter **9**, der auf der Ansaugseite der Pumpe **10** am dritten Bremskreis **23** vorgesehen ist und die Bremsflüssigkeit speichern kann, die aus dem Hauptzylinder **5** strömt; und die Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit **31**, umfassend: den Pedalhuberzeugungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (den Bremsflüssigkeitsspeicher-Steuerungs-/Regelungsabschnitt) **31a**, der die Bremsflüssigkeit speichert, die durch die Bremsenbetätigung des Fahrers aus dem Hauptzylinder **5** in den Vorratsbehälter **9** strömt; den regenerativen kooperativen Bremsdruckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31b**, der, wenn das regenerative Bremssystem arbeitet, das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Schließrichtung steuert/regelt und die im Vorratsbehälter **9** gespeicherte Bremsflüssigkeit durch die Pumpe **10** dem Radzylinder **19** zuführt, worauf sich der Radzylinderdruck erhöht; und den regenerativen kooperativen Bremsdruckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31c**, der, wenn das regenerative Bremssystem arbeitet, das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Schließrichtung steuert/regelt und die Bremsflüssigkeit im Radzylinder **19** durch die Pumpe **10** in den Vorratsbehälter **9** füllt, worauf sich der Radzylinderdruck verringert.

**[0119]** Somit kann das regenerative Bremssystem präzise ausgeführt werden und die effiziente Energierückgewinnung kann während der Ausführung des regenerativen Bremsens erreicht werden.

(2) die Pumpe **10** ist die Zahnradpumpe, die eine bidirektionale Drehung ausführen kann.

**[0120]** Folglich kann das EIN-/AUS-Ventil als Druckreduzierungsventil **18** verwendet werden und dies führt nicht nur zu einer Kostenreduzierung sondern außerdem zu einer Größenreduzierung.

(3) Die Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung weist ferner das ein Pumpen-Auslassventil (**11**), das am zweiten Bremskreis (**22**) angeordnet ist; und einen Ausstoß-Ölkanal (**25**) auf, der parallel zum zweiten Bremskreis (**22**) vorgesehen ist und das Einwegeventil (**12**) aufweist, das eine Strömung der Bremsflüssigkeit nur in die Richtung ermöglicht, in die die Bremsflüssigkeit aus der Pumpe (**10**) ausgestoßen wird.

**[0121]** Wenn der Elektromotor **20** nicht eingeschaltet ist, kann somit der Rückfluss der Bremsflüssigkeit verhindert und der Energieverbrauch niedergehalten werden.

(4) Der regenerative kooperative Bremsdruckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31c** weist den Bremsflüssigkeits-Rückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31h** auf, der die Rückführungsmenge der Bremsflüssigkeit steuert/regelt, die vom Radzylinder **19** durch das Pumpen-Auslassventil **11** und die Pumpe **10** durch die Betätigung des Pumpen-Auslassventils **11** in die Ventil-Öffnungsrichtung in den Vorratsbehälter **9** strömt.

**[0122]** Daher ist es möglich, den Radzylinderdruck durch die Pumpe **10** zu steuern/zum regeln.

(5) Der Bremsflüssigkeits-Rückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31h** verleiht der Pumpe **10** einen Drehungswiderstand.

**[0123]** Daher ist es möglich, den Radzylinderdruck durch die Pumpe **10** zu steuern/zum regeln.

(6) Der Bremsflüssigkeits-Rückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31h** steuert/regelt die Drehzahl des Elektromotors **20**.

**[0124]** Daher ist es möglich, den Radzylinderdruck durch die Pumpe **10** zu steuern/zum regeln.

(7) Das Pumpen-Auslassventil **11** ist das in Ruhestellung geschlossene EIN-/AUS-Ventil.

**[0125]** Demzufolge kann nicht nur eine Kostenreduzierung, sondern auch eine Kostenreduzierung des Pumpen-Auslassventils **11** erreicht werden.

(8) Das in Ruhestellung geschlossene Einlass-Absperrventil **8** ist zwischen dem Hauptzylinder **5** und dem Vorratsbehälter **9** am dritten Bremskreis **23** angeordnet.

**[0126]** Anhand dieser Anordnung kann die Bremsflüssigkeitsmenge im Vorratsbehälter **9** exakt gesteuert/geregelt werden.

(9) Die Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung weist ferner den Bremspedalhubsensor **2**, der den Bremsenbetätigungszustand des Fahrers erfasst; den Anforderungs-Bremskraft-Berechnungsabschnitt **30a**, der die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers aus dem erfassten Bremsenbetätigungszustand berechnet; den Radzylinderdruck-Berechnungsabschnitt **31f**, der den Hydraulikdruck des Radzylinders **19** berechnet; und den Berechnungsabschnitt **30c** für einen erforderlichen Radzylinderdruck, der einen erforderlichen Radzylinderdruck berechnet, der auf der Basis der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers erreicht wird, die vom Anforderungs-Bremskraft-Berechnungsabschnitt **30a** berechnet wurde und die Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit **31** umfasst den Motorantrieb-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31g**, der den am Elektromo-

tor **20** angelegten Stromwert auf der Basis des berechneten Radzylinderdrucks und des berechneten erforderlichen Radzylinderdrucks steuert/regelt.

**[0127]** Somit kann die Bremsflüssigkeit-Ausstoßmenge der Pumpe **10** präzise gesteuert/geregelt werden und die Bremsflüssigkeit (der Bremsflüssigkeitsdruck) kann dem Radzylinder **19** gemäß der Bremskraft zugeführt werden, an der es mangelt.

(10) Die Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit **31** weist den Normaldruckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31d** auf, der, wenn die Tendenz in Richtung zu einer Erhöhung der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers durch den Bremspedalhubsensor **2** erfasst wird, das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Öffnungsrichtung betätigt.

**[0128]** Es ist daher möglich, die Bremskraft als Reaktion auf den Anstieg der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers zu erhöhen.

(11) Die Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit **31** weist den Normaldruckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31e** auf, der, wenn die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers durch den Bremspedalhubsensor **2** erfasst wird, das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Öffnungsrichtung betätigt.

**[0129]** Es ist daher möglich, die Bremskraft als Reaktion auf die Reduzierung der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers zu verringern.

(12) Die Pumpe **10** fördert die Bremsflüssigkeit, die in den Vorratsbehälter **9** hineinströmt und gespeichert ist, zum Radzylinder **19**, um die Bremskraft zu kompensieren, die der Verringerung der regenerativen Bremskraft entspricht, die vom regenerativen Bremssystem erzeugt wird, und erhöht den Radzylinderdruck, um die Bremskraft sicherzustellen. Mit diesem Vorgang wird die Gesamt-Bremskraft aus der regenerativen Bremskraft und der hydraulischen Bremskraft die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers. Das heißt, die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers kann durch den kombinierten Gesamtbetrag der regenerativen Bremskraft und der hydraulischen Bremskraft gewährleistet werden.

(13) Die Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit **31** weist den Pedalhuberzeugungsabschnitt (den Pedalhuberzeugungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt) **31a** auf, der während der Bremsenbetätigung des Fahrers das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Schließrichtung steuert/regelt und das Einlass-Absperrventil **8** in die Ventil-Öffnungsrichtung steuert/regelt und die aus dem Hauptzylinder **5** ausströmende Bremsflüssigkeit in den Vorratsbehälter **9** füllt.

**[0130]** Demzufolge ist es selbst im Fall, bei dem die Bremskraft lediglich durch die regenerative Bremskraft sichergestellt wird (selbst im Fall, bei dem die Anforderungs-Bremskraft lediglich von der regenerativen Bremskraft abgedeckt wird) möglich, den Bremspedalhub sicherzustellen, wodurch sich das Bremspedalgefühl verbessert.

[Ausführungsbeispiel 2]

**[0131]** Ein hydraulisches Bremssystem eines Ausführungsbeispiels 2 wird erläutert. Im Ausführungsbeispiel 11 ist während der Ausführung der Pedalhuberzeugungs-Steuerung-/Regelung das Einlass-Absperrventil 8 geöffnet und das Auslass-Absperrventil 14 geschlossen, worauf die Bremsflüssigkeit im Vorratsbehälter 9 durch den dritten Bremskreis 23 zugeführt wird. Jedoch unterscheidet sich ein Bremsflüssigkeitsweg (Hydraulikweg) des Ausführungsbeispiels 2 von dem des Ausführungsbeispiels 1.

[Funktionsweise des hydraulischen Bremssystems]

**[0132]** Fig. 12 ist eine Darstellung, die die Hydraulikwege während einer Ausführung der Pedalhuberzeugungs-Steuerung/Regelung veranschaulicht. In der Pedalhuberzeugungs-Steuerung/Regelung werden das Einlass-Absperrventil 8, das Auslass-Absperrventil 14, das Druckerhöhungsventil 16, das Druckreduzierungsventil 18, das Pumpen-Auslassventil 11 und die Pumpe 10 wie folgt gesteuert/geregelt.

Einlass-Absperrventil 8: geschlossen  
 Auslass-Absperrventil 14: offen  
 Druckerhöhungsventil 16: offen  
 Druckreduzierungsventil 18: geschlossen  
 Pumpe-Auslassventil 11: offen  
 Pumpe 10: Rückwärtsdrehung

**[0133]** Die Bremsflüssigkeit wird in der folgenden Reihenfolge zugeführt: Hauptzylinder 5 Auslass-Absperrventil 14 → Pumpe 10 → Vorratsbehälter 9. Obwohl der Elektromotor 20 nicht eingeschaltet ist, dreht sich die Pumpe in der Rückwärtsdrehrichtung durch den Widerstand bzw. Rücktrieb des Bremsflüssigkeitsdrucks (der Bremsflüssigkeit).

[Arbeitsweise]

**[0134]** Im Ausführungsbeispiel 2 werden während der Bremsenbetätigung des Fahrers das Auslass-Absperrventil 14 und das Pumpen-Auslassventil 11 in die Ventil-Schließrichtung gesteuert/geregelt, worauf die aus dem Hauptzylinder 5 strömende Bremsflüssigkeit im Vorratsbehälter 9 gespeichert wird. Dadurch ist es selbst in einem Fall, bei dem die Bremskraft lediglich durch die regenerative Bremskraft sichergestellt wird (selbst in einem Fall, bei dem die Anforderungs-Bremskraft lediglich durch die regenerati-

ve Bremskraft abgedeckt wird) möglich, den Bremspedalhub sicherzustellen, wodurch sich das Bremspedalgefühl verbessert.

[Effekt]

(14) Der Pedalhuberzeugungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt 31a führt die Steuerung/Regelung so aus, dass während der Bremsenbetätigung des Fahrers das Auslass-Absperrventil 14 und das Pumpen-Auslassventil 11 in die Ventil-Öffnungsrichtung gesteuert/geregelt werden, worauf die aus dem Hauptzylinder 5 strömende Bremsflüssigkeit in den Vorratsbehälter 9 strömt und darin gespeichert wird.

**[0135]** Somit ist es selbst in einem Fall, bei dem die Bremskraft lediglich durch die regenerative Bremskraft sichergestellt wird (selbst falls die Anforderungs-Bremskraft lediglich von der regenerativen Bremskraft abgedeckt wird) möglich, den Bremspedalhub sicherzustellen, wodurch sich das Bremspedalgefühl verbessert.

[Ausführungsbeispiel 3]

**[0136]** Ein hydraulisches Bremssystem eines Ausführungsbeispiels 3 wird erläutert. Im Ausführungsbeispiel 1 ist das Einlass-Absperrventil 8 vorgesehen. Im Ausführungsbeispiel 3 ist das Einlass-Absperrventil 8 jedoch nicht vorgesehen sondern es ist ein Rückschlagventil 26 am Vorratsbehälter 9 vorgesehen.

**[0137]** Fig. 13 ist ein Hydraulikkreis des hydraulischen Bremssystems. Der Vorratsbehälter 9 weist das Rückschlagventil 26 auf. Das Rückschlagventil 26 schließt sich, wenn eine vorgegebene Menge der Bremsflüssigkeit im Vorratsbehälter 9 gespeichert ist oder wenn ein Druck des dritten Bremskreises 23 zu einem hohen Druck wird, der einen vorgegebenen Hydraulikdruck überschreitet. Dadurch dass die Strömung der Bremsflüssigkeit in den Vorratsbehälter 9 unterbunden ist, wird verhindert, dass der hohe Druck an der Ansaugöffnung 10g der Pumpe 10 anliegt.

**[0138]** Das Rückschlagventil 26 ermöglicht die Strömung der Bremsflüssigkeit in den Vorratsbehälter 9 wenn die Pumpe arbeitet und der Druck des dritten Bremskreises 23 niedrig wird.

**[0139]** Im Ausführungsbeispiel 3 ist zudem eine Unterdruck-Verstärkereinheit 28 am oberen Ende der Bremsstange 3 vorgesehen, die am Bremspedal 1 befestigt ist. Die Unterdruck-Verstärkereinheit 28 stellt eine Schubkraft oder eine Antriebskraft an der Bremsstange 3 unter Verwendung eines Motor-Unterdrucks bereit und unterstützt das Niederdrücken des Bremspedals durch den Fahrer bei seiner/ihrer Bremsbetätigung. Die Unterdruck-Verstärkereinheit

**28** ist so eingerichtet, dass die Unterdruck-Verstärkereinheit **28** nicht funktioniert, bis der Hubweg des Bremspedals **1** einen vorgegebenen Hubweg (Verlust-Hub) erreicht.

[Effekt]

(15) Der Vorratsbehälter **9** ist mit dem Rückschlagventil **26** versehen. Daher ist es nicht erforderlich, das Einlass-Absperrventil **8** am dritten Bremskreis **23** vorzusehen, und das System kann vereinfacht werden.

[Ausführungsbeispiel 4]

**[0140]** Ein hydraulisches Bremssystem eines Ausführungsbeispiels 4 wird erläutert. Im Ausführungsbeispiel 1 ist das Pumpen-Auslassventil **11** am zweiten Bremskreis **22** angeordnet. Im Ausführungsbeispiel 4 unterscheidet sich eine Anordnungsposition des Pumpen-Auslassventils **11** von der des Ausführungsbeispiels 1.

**[0141]** [Fig. 14](#) zeigt einen Hydraulikkreis des hydraulischen Bremssystems. Wie aus der Darstellung ersichtlich, ist ein fünfter Bremskreis **27** vorgesehen, der einen Verbindungspunkt (P5), der zwischen den Druckerhöhungsventilen **16FR**, **16FL** an der Vorderachse des ersten Bremskreises **21** und den entsprechenden Radzylindern **19FR**, **19FL** positioniert ist, mit dem zweiten Bremskreis verbindet. Ferner ist das Pumpen-Auslassventil **11** an diesem fünften Bremskreis **27** angeordnet. Zudem ist das Einwegeventil **12** auf einer zur Pumpe **10** gegenüberliegenden Seite in Bezug auf einen Verbindungspunkt (P6) angeordnet, der den fünften Bremskreis **27** und den zweiten Bremskreis **22** verbindet.

**[0142]** Darüber hinaus ist jeder Radzylinder **19** mit einem Radzylinderdrucksensor **29** versehen, der den Radzylinderdruck erfasst.

[Funktionsweise des hydraulischen Bremssystems]

**[0143]** [Fig. 15](#) ist eine Zeichnung, die Hydraulikwege während der Ausführung der regenerativen kooperativen Bremsdruckverringerungs-Steuerung/Regelung veranschaulicht. Wie zuvor beschrieben ist die regenerative kooperative Bremsdruckverringerungs-Steuerung/Regelung die Steuerung/Regelung, welche die den Hydraulikdruck (die hydraulische Bremskraft) erzeugende Bremsflüssigkeit, die äquivalent zur Bremskraft durch das regenerative Bremsen während der Ausführung des regenerativen Bremsens ist, vom Radzylinder **19** durch die Pumpe **10** in den Vorratsbehälter **9** zurückgewinnt bzw. zurückführt. Das Auslass-Absperrventil **14**, das Druckerhöhungsventil **16**, das Druckreduzierungsventil **18**, das Pumpen-Auslassventil **11** und die Pumpe werden hierbei wie folgt gesteuert/geregelt.

Auslass-Absperrventil **14**: geschlossen  
Druckerhöhungsventil **16**: offen  
Druckreduzierungsventil **18**: geschlossen  
Pumpe-Auslassventil **11**: offen  
Pumpe **10**: Rückwärtsdrehung

**[0144]** Die Bremsflüssigkeit wird in der nachfolgenden Reihenfolge zurückgeführt:  
Radzylinder **19** → Druckerhöhungsventil **16** → Pumpen-Auslassventil **11** → Pumpe **10** → Vorratsbehälter **9**.

[Effekt]

(16) Der fünfte Bremskreis **27**, der den Verbindungspunkt, der zwischen den Druckerhöhungsventilen **16FR**, **16FL** an der Vorderradseite des ersten Bremskreises **21** und den entsprechenden Radzylindern **19FR**, **19FL** am zweiten Bremskreis positioniert ist, mit dem zweiten Bremskreis **22** verbindet, ist vorgesehen; Zudem ist das Pumpen-Auslassventil **11** an diesem fünften Bremskreis **27** angeordnet.

**[0145]** Wenn das Auslass-Absperrventil **14** durch die Funktion des Überdruckventils **5** geschlossen ist, kann ein Druck von P2 am Bremskreis ein niedrigerer Druck als ein Druck von P1 sein. Daher ist es in diesem Zustand durch Drehen der Pumpe in die Rückwärtsdrehrichtung und Öffnen des Pumpen-Auslassventils **11** möglich, die Bremsflüssigkeit im Radzylinder **19** in den Vorratsbehälter **9** zurückzuführen.

[Weitere Ausführungsbeispiele]

**[0146]** Die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung wurden zuvor auf der Basis der Ausführungsbeispiele 1 bis 4 erläutert. Jedoch ist der Aufbau oder das System der vorliegenden Erfindung nicht auf die Ausführungsbeispiele 1 bis 4 beschränkt.

**[0147]** Im Ausführungsbeispiel 1 wird z. B. die elektrische Verstärkereinheit **4** verwendet. Im Falle des Hybridfahrzeugs kann jedoch die Unterdruck-Verstärkereinheit eingesetzt werden.

**[0148]** Im Ausführungsbeispiel 1 wird ferner die regenerative kooperative Bremsdruckerhöhungs-Steuerung/Regelung durchgeführt, um das Pumpen-Auslassventil **11** zu öffnen. Das Pumpen-Auslassventil **11** könnte jedoch weiter im geschlossenen Ventilzustand gesteuert/geregelt werden.

**[0149]** Die obigen Ausführungsbeispiele können, wie zuvor erläutert, vorteilhafte Effekte erzeugen. Zusätzlich dazu werden modifizierte Beispiele, die im Wesentlichen die gleichen Effekte wie die obigen Ausführungsbeispiele aufweisen, nachfolgend erläutert.

(a) In der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung steuert/regelt der Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31h** die Drehzahl des Elektromotors **20**.

**[0150]** Es ist somit möglich, den Radzylinderdruck durch die Pumpe **10** zu steuern/zu regeln.

(b) In der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung ist das Pumpen-Auslassventil **11** das in Ruhestellung geschlossene EIN-/AUS-Ventil.

**[0151]** Demzufolge kann nicht nur eine Kostenreduzierung sondern zusätzlich eine Größenreduzierung des Pumpen-Auslassventils **11** erreicht werden.

(c) In der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung ist das in Ruhestellung geschlossene Einlass-Absperrventil **8** zwischen dem Hauptzylinder **5** und dem Vorratsbehälter **9** am dritten Bremskreis **23** angeordnet.

**[0152]** Anhand dieser Anordnung kann die Bremsflüssigkeitsmenge im Vorratsbehälter **9** exakt gesteuert/geregelt werden.

(d) In der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung weist die Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung den Bremspedalhubsensor **2**, der den Bremsenbetätigungsstatus des Fahrers erfasst; den Anforderungs-Bremskraft-Berechnungsabschnitt **30a**, der die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers aus dem erfassten Bremsenbetätigungsstatus berechnet; den Radzylinderdruck-Berechnungsabschnitt **31f**, der den Hydraulikdruck des Radzylinders **19** berechnet; und den Berechnungsabschnitt **30c** für einen erforderlichen Radzylinderdruck auf, der den erforderlichen Radzylinderdruck berechnet, der auf der Basis der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers erreicht wird, die vom Anforderungs-Bremskraft-Berechnungsabschnitt **30a** berechnet wurde; und die Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit **31** weist den Motorantrieb-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31g** auf, der den an den Elektromotor **20** angelegten Stromwert auf der Basis des berechneten Radzylinderdrucks und des berechneten erforderlichen Radzylinderdrucks steuert/regelt.

**[0153]** Somit kann die Bremsflüssigkeits-Ausstoßmenge der Pumpe **10** exakt gesteuert/geregelt werden und die Bremsflüssigkeit (der Bremsflüssigkeitsdruck) kann dem Radzylinder **19** gemäß der Bremskraft zugeführt werden, an der es mangelt.

(e) In der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung weist die Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit **31** den Normaldruckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31d** auf, der, wenn eine Tendenz in Richtung einer Verringerung der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers

durch den Bremspedalhubsensor (den Bremsenbetätigungsstatus-Erfassungsabschnitt) **2** erfasst wird, das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Öffnungsrichtung betätigt.

**[0154]** Es ist möglich, die Bremskraft als Reaktion auf die Verringerung der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers zu reduzieren.

(g) In der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung fördert die Pumpe **10** die Bremsflüssigkeit, die in den Vorratsbehälter **9** hineinströmt und darin gespeichert wird, zum Radzylinder **19**, um die Bremskraft zu kompensieren, die der Verringerung der regenerativen Bremskraft entspricht, die vom regenerativen Bremssystem erzeugt wird, und erhöht den Radzylinderdruck, um die Bremskraft sicherzustellen.

**[0155]** Mit diesem Vorgang wird die Gesamt-Bremskraft aus der regenerativen Bremskraft und der hydraulischen Bremskraft die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers. Das heißt, die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers kann durch den kombinierten Gesamtbetrag der regenerativen Bremskraft und der hydraulischen Bremskraft gewährleistet werden.

(h) In der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung weist die Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit **31** den Pedalhub-Erzeugungabschnitt (den Pedalhuberzeugung-Steuerungs-/Regelungsabschnitt) **31a** auf, der während der Bremsenbetätigung des Fahrers das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Schließrichtung steuert/regelt und das Einlass-Absperrventil **8** in die Ventil-Öffnungsrichtung steuert/regelt und die aus dem Hauptzylinder **5** ausfließende Bremsflüssigkeit in den Vorratsbehälter **9** füllt.

**[0156]** Selbst in dem Fall, bei dem die Bremskraft lediglich durch die regenerative Bremskraft sichergestellt wird (selbst in dem Fall, bei dem die Anforderungs-Bremskraft lediglich von der regenerativen Bremskraft abgedeckt wird) ist es somit möglich, den Bremspedalhub sicherzustellen, wodurch das Bremspedalgefühl verbessert wird.

(i) In der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung weist die Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit **31** den Pedalhuberzeugungabschnitt (den Pedalhuberzeugung-Steuerungs-/Regelungsabschnitt) **31a** auf, der während der Bremsenbetätigung des Fahrers das Auslass-Absperrventil **14** und das Pumpen-Auslassventil **11** in die Ventil-Öffnungsrichtung steuert/regelt und die Bremsflüssigkeit, die aus dem Hauptzylinder **5** strömt, in den Vorratsbehälter füllt.

**[0157]** Selbst in dem Fall, bei dem die Bremskraft lediglich durch die regenerative Bremskraft (selbst in dem Fall, bei dem die Anforderungs-Bremskraft lediglich von der regenerativen Bremskraft abgedeckt wird,) sichergestellt wird, ist es möglich, den Brems-

pedalhub sicherzustellen, wodurch sich das Bremspedalgefühl verbessert.

(j) Die Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung, die für das Fahrzeug mit dem regenerativen Bremssystem verwendet wird, umfasst: die Pumpe **10**, die im Bremskreis vorgesehen ist und vom Elektromotor **20** angetrieben wird; den ersten Bremskreis **21**, der den Hauptzylinder **5**, der den Bremsflüssigkeitsdruck durch eine Bremsenbetätigung des Fahrers erzeugt und den Radzylinder verbindet, der so eingerichtet ist, dass der Bremsflüssigkeitsdruck darauf einwirkt und sich der Radzylinderdruck erhöht und verringert; der zweite Bremskreis **22**, der den ersten Bremskreis **21** und die Ausstoßseite der Pumpe **10** verbindet; das Auslass-Absperrventil **14**, das auf der Seite des Hauptzylinders **5** in Bezug auf den Verbindungspunkt (P2) des zweiten Bremskreises **22** am ersten Bremskreis **21** vorgesehen ist; den dritten Bremskreis **23**, der den Punkt (P1), der auf der Seite des Hauptzylinders **5** in Bezug auf das Auslass-Absperrventil **14** am ersten Bremskreis **21** positioniert ist, und die Ansaugseite der Pumpe **10** verbindet; den Vorratsbehälter **9**, der auf der Ansaugseite der Pumpe **10** am dritten Bremskreis **23** vorgesehen ist und die Bremsflüssigkeit speichern kann, die aus dem Hauptzylinder **5** herausströmt; das Pumpen-Auslassventil **11**, das am zweiten Bremskreis **22** angeordnet ist; den Ausstoß-Öl Kanal **25**, der parallel zum zweiten Bremskreis **22** vorgesehen ist und das Einwegeventil **12** aufweist, das die Strömung der Bremsflüssigkeit lediglich in die Richtung ermöglicht, in die die Bremsflüssigkeit aus der Pumpe **10** ausgestoßen wird; und die Steuerungs-/Regelungseinheit **31**, umfassend: den regenerativen kooperativen Bremsdruckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31b**, der, wenn das regenerative Bremssystem arbeitet, die im Vorratsbehälter **9** gespeicherte Bremsflüssigkeit dem Radzylinder **19** durch die Pumpe **10** zuführt; und der regenerative kooperative Bremsdruckverringereungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31c**, der, wenn das regenerative Bremssystem arbeitet, die dem Radzylinder **19** zugeführte Bremsflüssigkeit durch das Pumpen-Auslassventil **11** und die Pumpe **10** in den Vorratsbehälter **9** füllt.

**[0158]** Auf diese Weise kann das regenerative Bremsen exakt ausgeführt werden und die Energierückgewinnung kann während der Ausführung des regenerativen Bremsens erreicht werden.

(k) In der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung weist die Steuerungs-/Regelungseinheit **31** den Bremsflüssigkeitsspeicherungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31a** auf, der das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Schließrichtung betätigt und die durch die Bremsenbetätigung des Fahrers aus dem Hauptzylinder **5** herausströmende Bremsflüssigkeit im Vorratsbehälter **9** speichert.

**[0159]** Daher ist es möglich, den Bremspedalhub sicherzustellen und das Bremspedalgefühl zu verbessern.

(l) In der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung weist der regenerative kooperative Bremsdruckverringereungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31c** den Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31h** auf, der die Rückführungsmenge der Bremsflüssigkeit steuert/regelt, die vom Radzylinder **19** durch das Pumpen-Auslassventil **11** und die Pumpe **10** durch die Betätigung des Pumpen-Auslassventils **11** in die Ventil-Öffnungsrichtung in den Vorratsbehälter **9** strömt, und der Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31h** steuert/regelt die Drehzahl des Elektromotors **20**.

**[0160]** Daher ist es möglich, den Radzylinderdruck durch die Pumpe **10** zu steuern/zu regeln.

(m) Die Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung weist ferner den Bremspedalhubsensor **2**, der den Bremsenbetätigungszustand des Fahrers erfasst; den Anforderungs-Bremskraft-Berechnungsabschnitt **30a**, der die Anforderungs-Bremskraft des Fahrers aus dem erfassten Bremsenbetätigungszustand berechnet; den Radzylinderdruck-Berechnungsabschnitt **31f**, der den Hydraulikdruck des Radzylinders **19** berechnet; und den Berechnungsabschnitt für einen erforderlichen Radzylinderdruck **30c** auf, der den erforderlichen Radzylinderdruck berechnet, der auf der Basis der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers erreicht wird, die durch den Anforderungs-Bremskraft Berechnungsabschnitt **30a** berechnet wurde, und die Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit **31** weist den Motorantrieb-Steuerungs-/Regelungsabschnitt **31g** auf, der den an den Elektromotor **20** angelegten Stromwert auf der Basis des berechneten Radzylinderdrucks und des berechneten erforderlichen Radzylinderdrucks steuert/regelt.

**[0161]** Demzufolge kann die Bremsflüssigkeit-Ausstoßmenge der Pumpe **10** präzise gesteuert/geregelt werden und die Bremsflüssigkeit (der Bremsflüssigkeitsdruck) kann dem Radzylinder **19** gemäß der Bremskraft zugeführt werden, an der es mangelt.

(n) Wenn in der Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung die Tendenz in Richtung eines Anstiegs der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers durch den Bremsenbetätigungszustand-Erfassungsabschnitt **2** erfasst wird, betätigt die Steuerungs-/Regelungseinheit **31** das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Öffnungsrichtung, und wenn die Tendenz in Richtung einer Verringerung der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers durch den Brem-

senbetätigungszustand-Erfassungsabschnitt **2** erfasst wird, betätigt die Steuerungs-/Regelungseinheit das Auslass-Absperrventil **14** in die Ventil-Öffnungsrichtung.

**[0162]** Daher ist es möglich, die Bremskraft als Reaktion auf die Erhöhung der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers zu erhöhen und möglich die Bremskraft als Reaktion auf die Verringerung der Anforderungs-Bremskraft des Fahrers zu reduzieren.

(o) Beim Verfahren zum Steuern/Regeln einer Bremse der Bremsvorrichtung, die für das Fahrzeug mit dem regenerativen Bremssystem verwendet wird, umfasst die Bremsvorrichtung: den Vorratsbehälter **9**, der die Bremsflüssigkeit speichert, die vom Hauptzylinder **5** durch die Bremsenbetätigung des Fahrers herausströmt; und die Pumpe, die eine bidirektionale Drehung ausführen kann, wobei das Verfahren umfasst: Auspumpen der im Vorratsbehälter **9** gespeicherten Bremsflüssigkeit durch die Drehung in die Vorratsrichtung der Pumpe **10** und Zuführen der Bremsflüssigkeit zum Radzylinder **19**; und Zurückführen der Bremsflüssigkeit im Radzylinder **19** zum Vorratsbehälter **9** durch die Drehung in die Rückwärtsdrehrichtung der Pumpe **10** als Reaktion auf eine Erhöhung der regenerativen Bremskraft, die vom regenerativen Bremssystem erzeugt wird.

**[0163]** Somit kann das regenerative Bremsen adäquat ausgeführt werden und die effiziente Energierückgewinnung kann während der Ausführung des regenerativen Bremsens erreicht werden.

**[0164]** Die gesamten Inhalte der japanischen Patentanmeldung Nummer 2011-185625 vom 29. August 2011 werden hiermit durch Bezugnahme miteinander bezogen.

**[0165]** Obwohl die Erfindung zuvor mit Bezug auf bestimmte Ausführungsformen der Erfindung beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. Modifikationen und Variationen der oben beschriebenen Ausführungsformen werden dem Fachmann angesichts der obigen Lehre einleuchten. Der Schutzzumfang der Erfindung ist mit Bezug auf die nachfolgenden Ansprüche definiert.

Zusammenfassend ist festzustellen:

**[0166]** Eine Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung, die für ein Fahrzeug mit einem regenerativen Bremssystem verwendet wird, weist einen Bremskreis, der einen Hauptzylinder und einen Radzylinder verbindet; eine Pumpe; ein Auslass-Absperrventil; einen Vorratsbehälter, der eine Bremsflüssigkeit speichern kann, die aus dem Hauptzylinder strömt; und eine Steuerungs-/Regelungseinheit auf. Die Steuerungs-/Regelungseinheit weist ei-

nen Bremsflüssigkeitsspeicherungs-Steuerung-/Regelungsabschnitt auf, der die Bremsflüssigkeit speichert, die aus dem Hauptzylinder in den Vorratsbehälter strömt; einen Druckerhöhungs-Steuerung-/Regelungsabschnitt, der das Auslass-Absperrventil in eine Ventil-Schließrichtung steuert/regelt und die im Vorratsbehälter gespeicherte Bremsflüssigkeit dem Radzylinder durch die Pumpe zuführt, worauf sich der Radzylinderdruck erhöht; und einen Druckverringerungs-Steuerung-/Regelungsabschnitt auf, der, wenn das regenerative Bremssystem arbeitet, die dem Radzylinder zugeführte und unter Druck gesetzte Bremsflüssigkeit durch die Pumpe in den Vorratsbehälter füllt, worauf sich der Radzylinderdruck verringert.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Bremspedal
<b>2</b>	Bremspedalhubsensor
<b>3</b>	Bremsstange
<b>4</b>	elektrische Verstärkereinheit
<b>5</b>	Hauptzylinder
<b>6</b>	Reservebehälter
<b>7</b>	Hauptzylinderdrucksensor
<b>8</b>	Einlass-Absperrventil
<b>9</b>	Vorratsbehälter
<b>10</b>	Pumpe
<b>11</b>	Pumpen-Auslassventil
<b>12</b>	Einwegeventil
<b>13</b>	Ausstoßdrucksensor
<b>14</b>	Auslass-Absperrventil
<b>15</b>	Überdruckventil
<b>16</b>	Druckerhöhungsventil
<b>18</b>	Druckreduzierungsventil
<b>19, 19FR, 19FR, 19RL, 19</b>	Radzylinder
<b>RR</b>	
<b>20</b>	Elektromotor
<b>21</b>	erster Bremskreis
<b>22</b>	zweiter Bremskreis
<b>23</b>	dritter Bremskreis
<b>24</b>	vierter Bremskreis
<b>25</b>	Ausstoß-Ölkanal
<b>26</b>	Rückschlagventil
<b>27</b>	fünfter Bremskreis
<b>28</b>	Unterdruck-Verstärkereinheit
<b>29</b>	Radzylinderdrucksensor
<b>30</b>	Steuerungs-/Regelungseinheit
<b>30a</b>	Anforderungs-Bremskraft-Berechnungsabschnitt
<b>30b</b>	Berechnungsabschnitt für eine regenerative Bremskraft

<b>30c</b>	Berechnungsabschnitt für einen erforderlichen Radzylinderdruck
<b>31</b>	Hydraulikdruck-Steuerungs-/Regelungseinheit
<b>31a</b>	Pedalhuberzeugungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt
<b>31b</b>	Regenerativer kooperativer Bremsdruck-erhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt
<b>31c</b>	Regenerativer kooperativer Bremsdruckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt
<b>31d</b>	Normaldruckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt
<b>31e</b>	Normaldruckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt
<b>31f</b>	Radzylinderdruck-Berechnungsabschnitt
<b>31g</b>	Motorantriebs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt
<b>31h</b>	Bremsflüssigkeit-Rückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt
<b>32a</b>	Drehzahl-Steuerungs-/Regelungsvorrichtung
<b>32b</b>	Stromkompensator
<b>32c</b>	Druckverringerungs-Referenz-Einschalt-dauer-Einstellabschnitt
<b>32d</b>	Vorratsbehälter-Flüssigkeitsmenge-Schätzabschnitt
<b>FL, FR</b>	linkes, rechtes Vorder-rad
<b>RL, RR</b>	linkes, rechtes Hinter-rad

**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 2009-029173 [[0002](#), [0002](#), [0003](#), [0004](#)]
- JP 2011-185625 [[0164](#)]

## Patentansprüche

1. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung, die für ein Fahrzeug mit einem regenerativen Bremssystem verwendet wird, umfassend:

eine Pumpe (10), die in einem Bremskreis vorgesehen ist und von einem Elektromotor (20) angetrieben wird;

einen ersten Bremskreis (21), der einen Hauptzylinder (5), der einen Bremsflüssigkeitsdruck durch eine Bremsbetätigung eines Fahrers erzeugt, und einen Radzylinder verbindet, der so eingerichtet ist, dass der Bremsflüssigkeitsdruck darauf einwirkt und ein Radzylinderdruck erhöht und verringert wird;

einen zweiten Bremskreis (22), der den ersten Bremskreis (21) und eine Ausstoßseite der Pumpe (10) verbindet;

ein Auslass-Absperrventil (14), das auf einer Seite des Hauptzylinders (5) in Bezug auf einen Verbindungspunkt (P2) des zweiten Bremskreises (22) am ersten Bremskreis (21) vorgesehen ist;

einen dritten Bremskreis (23), der einen Punkt (P1), der auf der Seite des Hauptzylinders (5) in Bezug auf das Auslass-Absperrventil (14) am ersten Bremskreis (21) positioniert ist, und eine Ansaugseite der Pumpe (10) verbindet;

einen Vorratsbehälter (9), der auf der Ansaugseite der Pumpe (10) am dritten Bremskreis (23) vorgesehen ist und eine Bremsflüssigkeit speichern kann, die aus dem Hauptzylinder (5) ausströmt; und

eine Steuerungs-/Regelungseinheit (31), umfassend: einen Bremsflüssigkeitspeicher-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31a), der die Bremsflüssigkeit, die aus dem Hauptzylinder (5) durch eine Bremsbetätigung des Fahrers ausströmt, im Vorratsbehälter (9) speichert;

einen Druckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31b), der das Auslass-Absperrventil (14) in eine Ventil-Schließrichtung steuert/regelt und die im Vorratsbehälter (9) gespeicherte Bremsflüssigkeit dem Radzylinder (19) durch die Pumpe (10) zuführt, worauf sich der Radzylinderdruck erhöht; und

einen Druckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31c), der, wenn das regenerative Bremssystem arbeitet, die dem Radzylinder (19) zugeführte und unter Druck gesetzte Bremsflüssigkeit durch die Pumpe (10) in den Vorratsbehälter (9) füllt, worauf sich der Radzylinderdruck verringert.

2. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei:

die Pumpe (10) eine Zahnradpumpe ist, die eine bidirektionale Drehung ausführen kann.

3. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, ferner umfassend:

ein Pumpen-Auslassventil (11), das am zweiten Bremskreis (22) angeordnet ist; und

einen Ausstoß-Ölkanal (25), der parallel zum zweiten Bremskreis (22) vorgesehen ist und ein Einwegeven-

til (12) aufweist, das eine Strömung der Bremsflüssigkeit nur in eine Richtung ermöglicht, in die die Bremsflüssigkeit aus der Pumpe (10) ausgestoßen wird.

4. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei:

der Druckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31c) einen Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31h) aufweist, der eine Rückführungsmenge der Bremsflüssigkeit steuert/regelt, die vom Radzylinder (19) in den Vorratsbehälter (9) durch das Pumpen-Auslassventil (11) und die Pumpe (10) durch eine Betätigung des Pumpen-Auslassventils (11) in eine Ventil-Öffnungsrichtung strömt.

5. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach Anspruch 4, wobei:

der Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31h) der Pumpe (10) einen Drehungswiderstand verleiht.

6. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, wobei:

der Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31h) eine Drehzahl des Elektromotors (20) steuert/regelt.

7. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei:

das Pumpen-Auslassventil (11) ein in Ruhestellung geschlossenes EIN-/AUS-Ventil ist.

8. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei:

ein in Ruhestellung geschlossenes Einlass-Absperrventil (8) zwischen dem Hauptzylinder (5) und dem Vorratsbehälter (9) am dritten Bremskreis (23) vorgesehen ist.

9. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, ferner umfassend:

einen Bremsbetätigungsstatus-Erfassungsabschnitt (2), der einen Bremsbetätigungsstatus des Fahrers erfasst;

einen Anforderungs-Bremskraft-Berechnungsabschnitt (30a), der eine Anforderungs-Bremskraft des Fahrers aus dem erfassten Bremsbetätigungsstatus berechnet;

einen Radzylinderdruck-Berechnungsabschnitt (31f), der einen Hydraulikdruck des Radzylinders (19) berechnet; und

einen Berechnungsabschnitt (30c) für einen erforderlichen Radzylinderdruck, der einen erforderlichen Radzylinderdruck berechnet, der auf der Basis der Bremskraftanforderung des Fahrers erreicht wird, die durch den Anforderungs-Bremskraft-Berechnungsabschnitt (30a) berechnet wurde, und wobei die Steuerungs-/Regelungseinheit (31) einen Motor-Antriebsabschnitt (31g) aufweist, der einen am Elek-

tromotor (20) angelegten Stromwert auf der Basis des berechneten Radzylinderdrucks und des berechneten erforderlichen Radzylinderdrucks steuert/regelt.

10. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach Anspruch 9, wobei:

wenn eine Tendenz zu einer Erhöhung der Bremskraftanforderung des Fahrers durch den Bremsenbetätigungszustand-Erfassungsabschnitt (2) erfasst wird, die Steuerungs-/Regelungseinheit (31) das Auslass-Absperrventil (14) in die Ventil-Öffnungsrichtung betätigt.

11. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, wobei:

wenn eine Tendenz zu einer Verringerung der Bremskraftanforderung des Fahrers durch den Bremsenbetätigungszustand-Erfassungsabschnitt (2) erfasst wird, die Steuerungs-/Regelungseinheit (31) das Auslass-Absperrventil (14) in die Ventil-Öffnungsrichtung betätigt.

12. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei:

die Pumpe (10) die in den Vorratsbehälter (9) strömende und darin gespeicherte Bremsflüssigkeit zum Radzylinder fördert, um die Bremskraft zu kompensieren, die einer Verringerung einer vom regenerativen Bremssystem erzeugten Bremskraft entspricht, und den Radzylinderdruck erhöht.

13. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei:

die Steuerungs-/Regelungseinheit (31) einen Pedalhübe-erzeugungsabschnitt (31a) aufweist, der während der Bremsenbetätigung des Fahrers das Auslass-Absperrventil (14) in die Ventil-Schließrichtung und das Einlass-Absperrventil (8) in die Ventil-Öffnungsrichtung steuert/regelt und die aus dem Hauptzylinder (5) strömende Bremsflüssigkeit in den Vorratsbehälter (9) füllt.

14. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 13, wobei:

die Steuerungs-/Regelungseinheit (31) einen Pedalhübe-erzeugungsabschnitt (31a) aufweist, der während der Bremsenbetätigung des Fahrers das Auslass-Absperrventil (14) und das Pumpen-Auslassventil (11) in die Ventil-Öffnungsrichtung steuert/regelt und die aus dem Hauptzylinder (5) strömende Bremsflüssigkeit in den Vorratsbehälter (9) füllt.

15. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung, die für ein Fahrzeug mit einem regenerativen Bremssystem verwendet wird, umfassend:

eine Pumpe (10), die in einem Bremskreis vorgesehen ist und von einem Elektromotor (20) angetrieben wird;

einen ersten Bremskreis (21), der einen Hauptzylinder (5), der einen Bremsflüssigkeitsdruck durch ei-

ne Bremsbetätigung eines Fahrers erzeugt, und einen Radzylinder (19) verbindet, der so eingerichtet ist, dass der Bremsflüssigkeitsdruck darauf einwirkt und ein Radzylinderdruck erhöht und verringert wird; einen zweiten Bremskreis (22), der den ersten Bremskreis (21) und eine Ausstoßseite der Pumpe (10) verbindet;

ein Auslass-Absperrventil (14), das auf einer Seite des Hauptzylinders (5) in Bezug auf einen Verbindungspunkt (P2) des zweiten Bremskreises (22) am ersten Bremskreis (21) vorgesehen ist;

einen dritten Bremskreis (23), der einen Punkt (P1), der auf der Seite des Hauptzylinders (5) in Bezug auf das Auslass-Absperrventil (14) am ersten Bremskreis (21) positioniert ist, und eine Ansaugseite der Pumpe (10) verbindet;

einen Vorratsbehälter (9), der auf der Ansaugseite der Pumpe (10) am dritten Bremskreis (23) vorgesehen ist und eine Bremsflüssigkeit speichern kann, die aus dem Hauptzylinder (5) ausströmt;

ein Pumpen-Auslassventil (11), das am zweiten Bremskreis (22) angeordnet ist;

einen Ausstoß-Ölkanal (25), der parallel zum zweiten Bremskreis (22) vorgesehen ist und ein Einwegeventil (12) aufweist, das eine Strömung der Bremsflüssigkeit nur in eine Richtung ermöglicht, in die die Bremsflüssigkeit aus der Pumpe (10) ausgestoßen wird; und

eine Steuerungs-/Regelungseinheit (31), umfassend: einen Druckerhöhungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31b), der die im ersten Vorratsbehälter (9) gespeicherte Bremsflüssigkeit dem Radzylinder (19) durch die Pumpe (10) zuführt; und

einen Druckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31c), der, wenn das regenerative Bremssystem arbeitet, die dem Radzylinder (19) zugeführte und unter Druck gesetzte Bremsflüssigkeit durch das Pumpen-Auslassventil (11) und die Pumpe (10) in den Vorratsbehälter (9) füllt.

16. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach Anspruch 15, wobei:

die Steuerungs-/Regelungseinheit (31) einen Bremsflüssigkeitsspeicher-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31a) aufweist, der das Auslass-Absperrventil (14) in eine Ventil-Schließrichtung betätigt und die Bremsflüssigkeit, die aus dem Hauptzylinder (5) durch eine Bremsenbetätigung des Fahrers strömt, im Vorratsbehälter (9) speichert.

17. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, wobei:

der Druckverringerungs-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31c) einen Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31h) aufweist, der eine Rückführungsmenge der Bremsflüssigkeit steuert/regelt, die vom Radzylinder (19) in den Vorratsbehälter (9) durch das Pumpen-Auslassventil (11) und die Pumpe (10) durch eine Betätigung des

Pumpen-Auslassventils (11) in eine Ventil-Öffnungsrichtung strömt, und der Bremsflüssigkeitsrückführungsmenge-Steuerungs-/Regelungsabschnitt (31h) eine Drehzahl des Elektromotors (20) steuert.

Zurückführen der Bremsflüssigkeit im Radzylinder (19) zum Vorratsbehälter (9) durch eine Drehung in Rückwärtsdrehrichtung der Pumpe (10) als Reaktion auf einen Anstieg einer vom regenerativen Bremssystem erzeugten regenerativen Bremskraft.

18. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, ferner umfassend: einen Bremsenbetätigungszustand-Erfassungsabschnitt (2), der einen Bremsenbetätigungszustand des Fahrers erfasst; einen Anforderungs-Bremskraft-Berechnungsabschnitt (30a), der eine Anforderungs-Bremskraft des Fahrers aus dem erfassten Bremsenbetätigungszustand berechnet; einen Radzylinderdruck-Berechnungsabschnitt (31f), der einen Hydraulikdruck des Radzylinders (19) berechnet; und einen Berechnungsabschnitt (30c) für einen erforderlichen Radzylinderdruck, der einen erforderlichen Radzylinderdruck berechnet, der auf der Basis der Bremskraftanforderung des Fahrers erreicht wird, die durch den Anforderungs-Bremskraft-Berechnungsabschnitt (30a) berechnet wurde, und wobei die Steuerungs-/Regelungseinheit (31) einen Motor-Antriebsabschnitt (31g) aufweist, der einen am Elektromotor (20) angelegten Stromwert auf der Basis des berechneten Radzylinderdrucks und des berechneten erforderlichen Radzylinderdrucks steuert/regelt.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

19. Bremssteuerungs-/regelungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, wobei: wenn eine Tendenz zu einer Erhöhung der Bremskraftanforderung des Fahrers durch den Bremsenbetätigungszustand-Erfassungsabschnitt (2) erfasst wird, die Steuerungs-/Regelungseinheit (31) das Auslass-Absperrventil (14) in die Ventil-Öffnungsrichtung betätigt, und wenn eine Tendenz zu einer Verringerung der Bremskraftanforderung des Fahrers durch den Bremsenbetätigungszustand-Erfassungsabschnitt (2) erfasst wird, die Steuerungs-/Regelungseinheit (31) das Auslass-Absperrventil (14) in die Ventil-Öffnungsrichtung betätigt.

20. Verfahren zum Steuern einer Bremse einer Bremsvorrichtung, die für ein Fahrzeug mit einem regenerativen Bremssystem verwendet wird, wobei die Bremsvorrichtung umfasst: einen Vorratsbehälter (9), der eine Bremsflüssigkeit speichert, die durch eine Bremsenbetätigung eines Fahrers aus einem Hauptzylinder (5) strömt; und eine Pumpe (10), die eine bidirektionale Drehung ermöglicht, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: Abpumpen der im Vorratsbehälter (9) gespeicherten Bremsflüssigkeit durch eine Drehung in Vorwärtsdrehrichtung der Pumpe (10) und Zuführen der Bremsflüssigkeit zu einem Radzylinder (19); und

Anhängende Zeichnungen

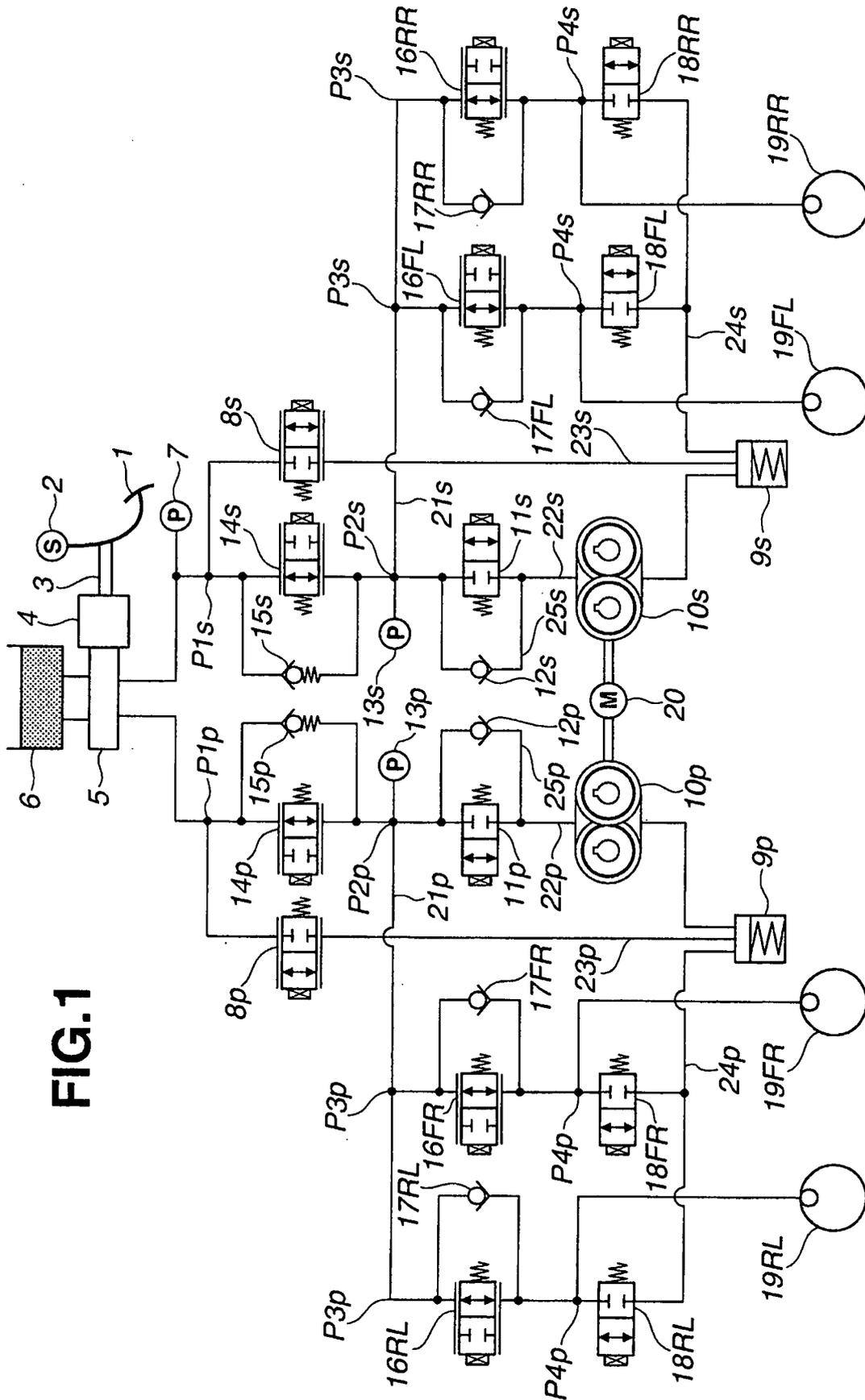


FIG.1

FIG.2

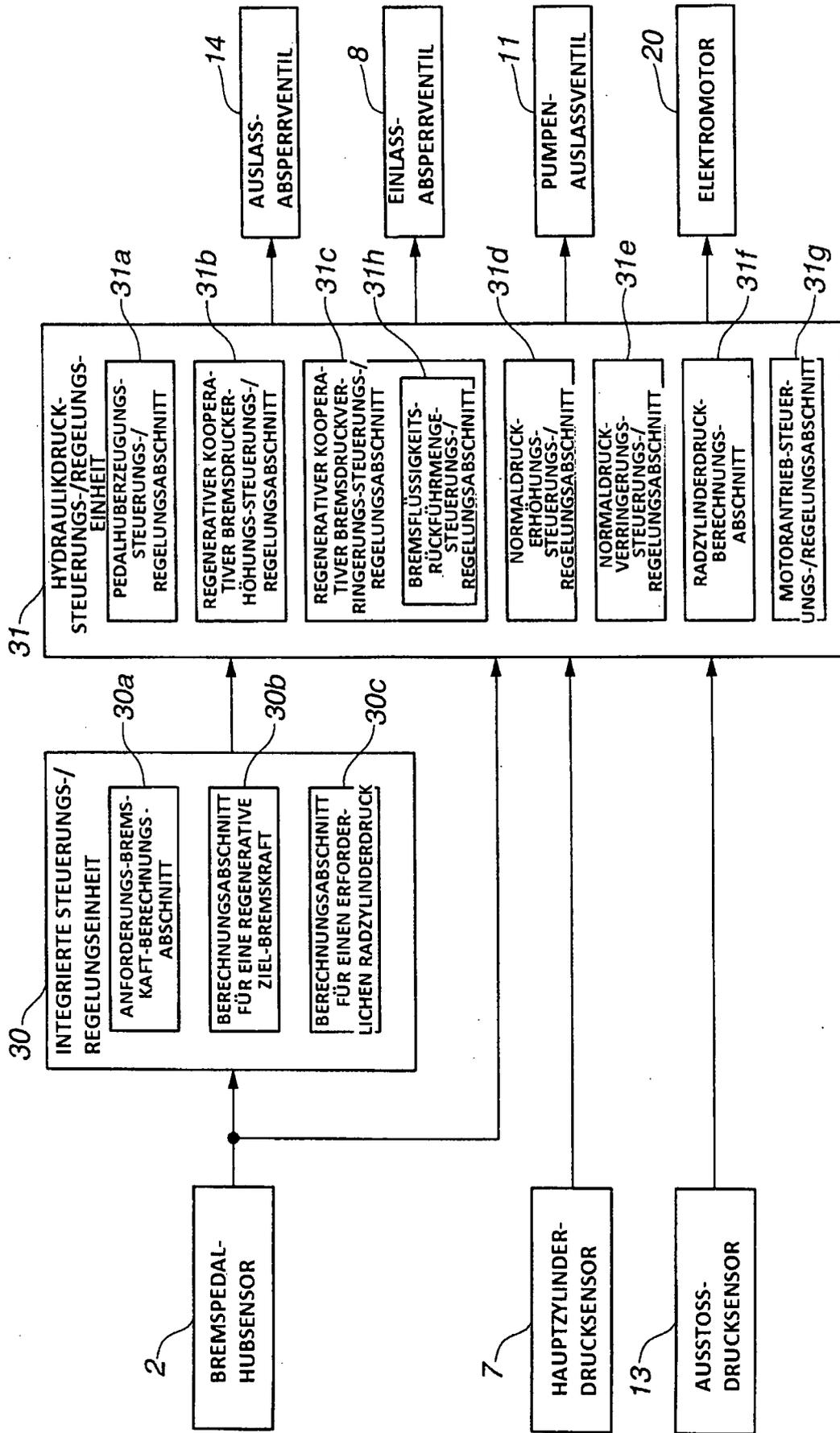
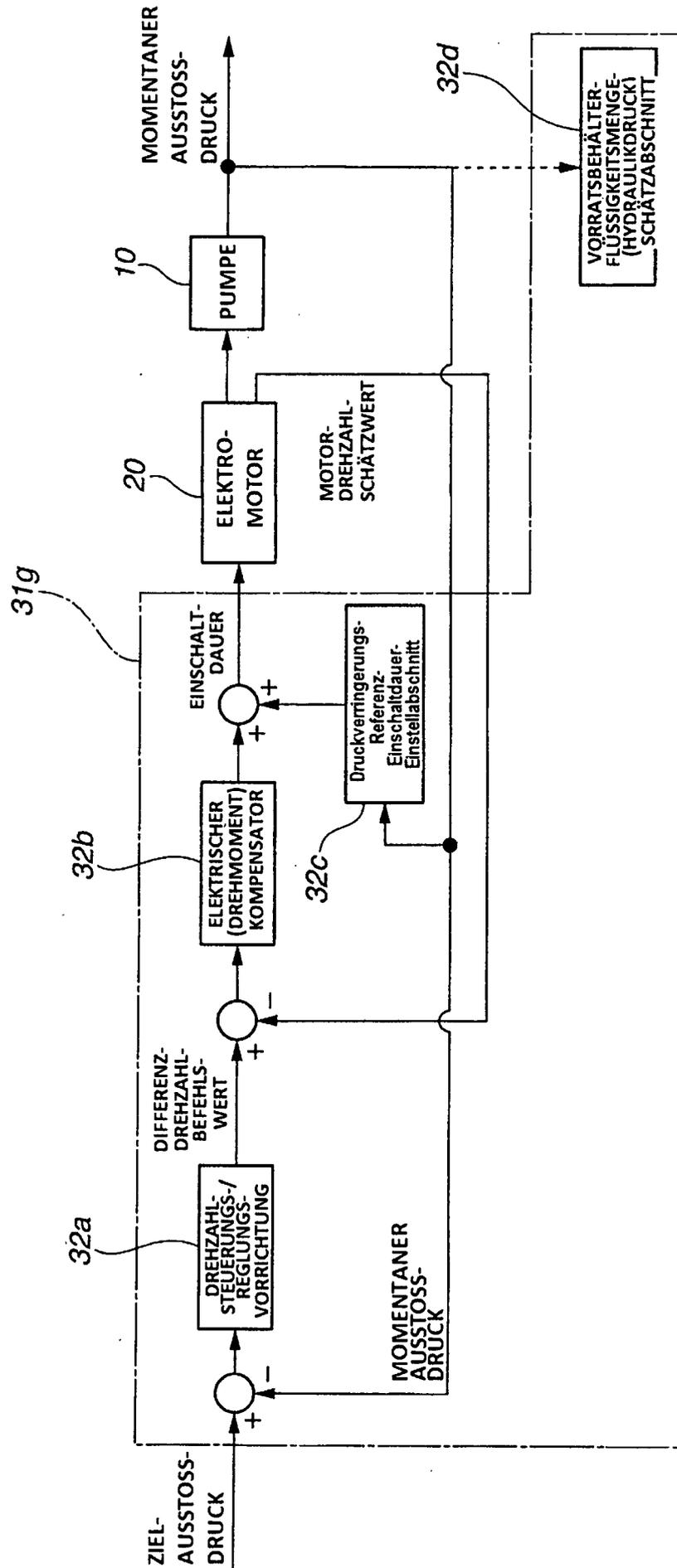


FIG.3



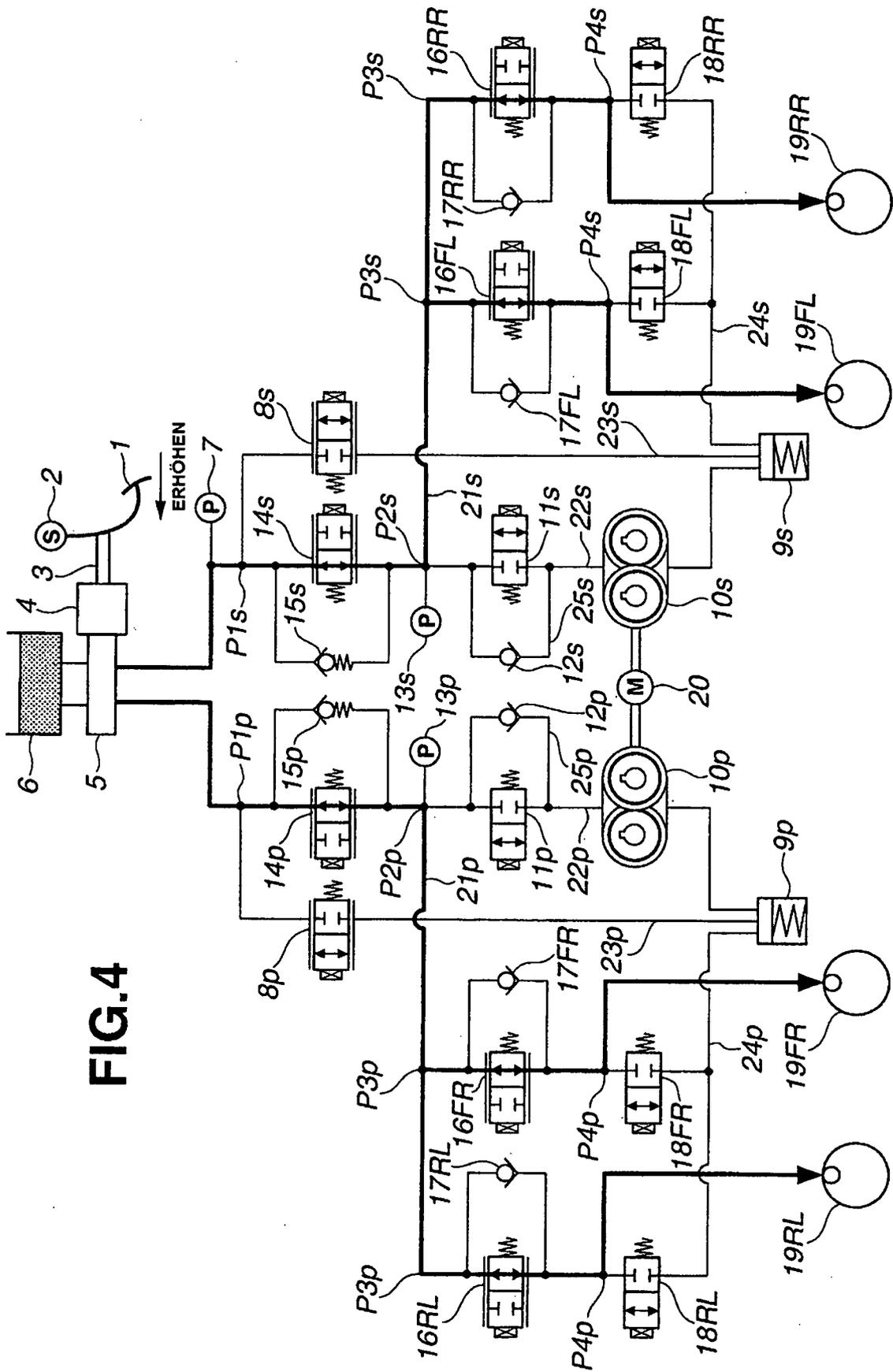


FIG.4

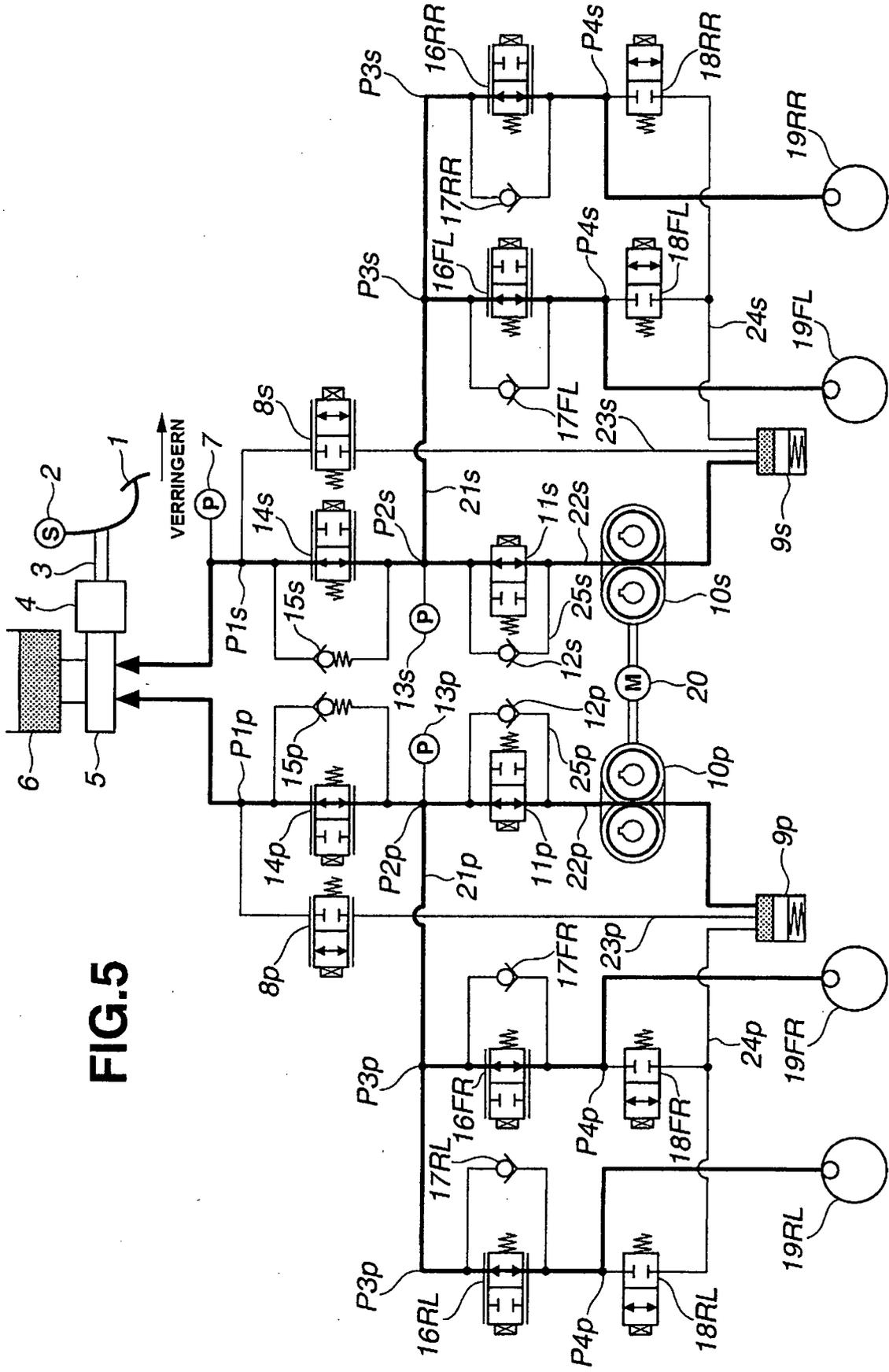


FIG.5

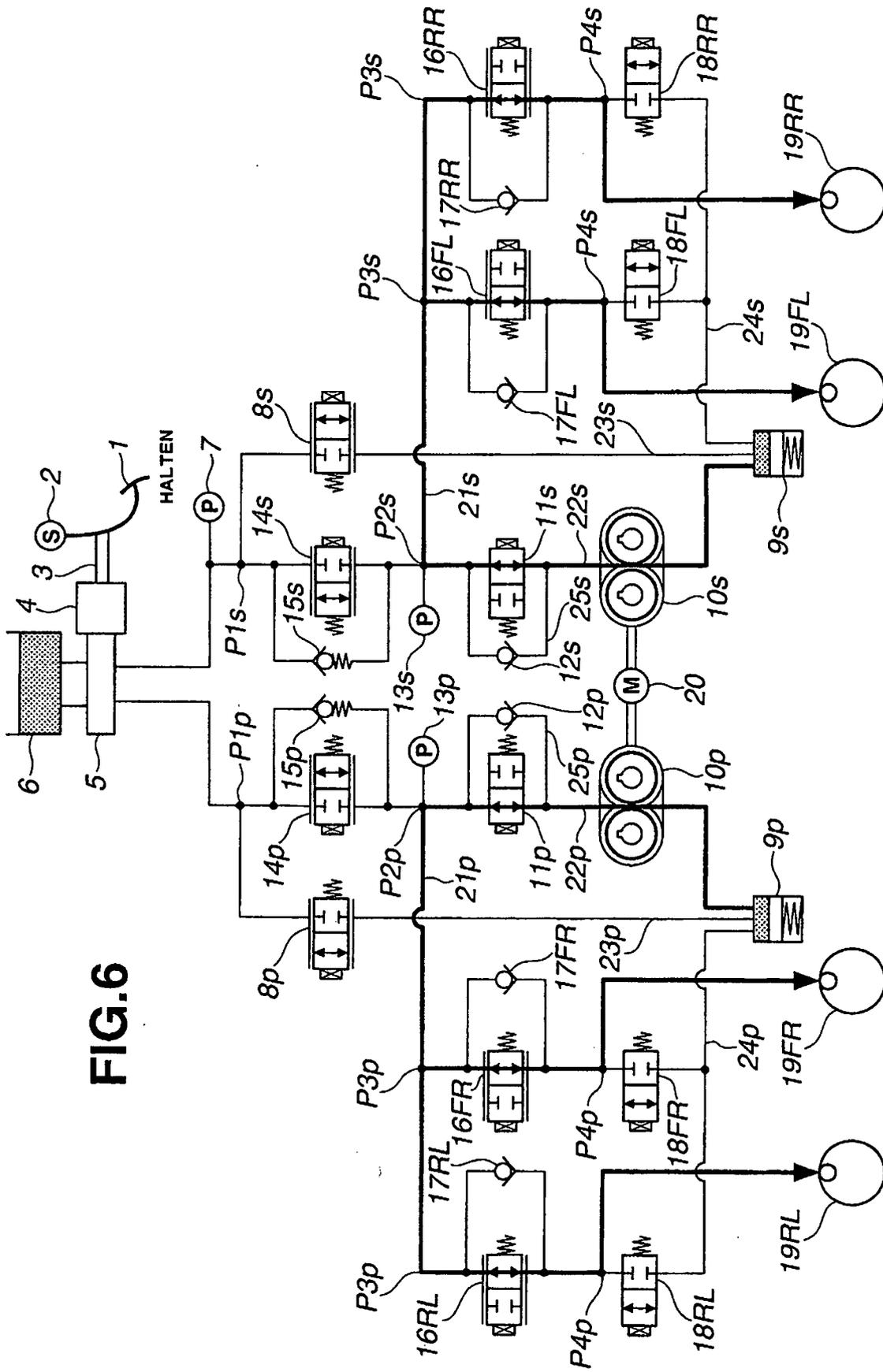


FIG.6

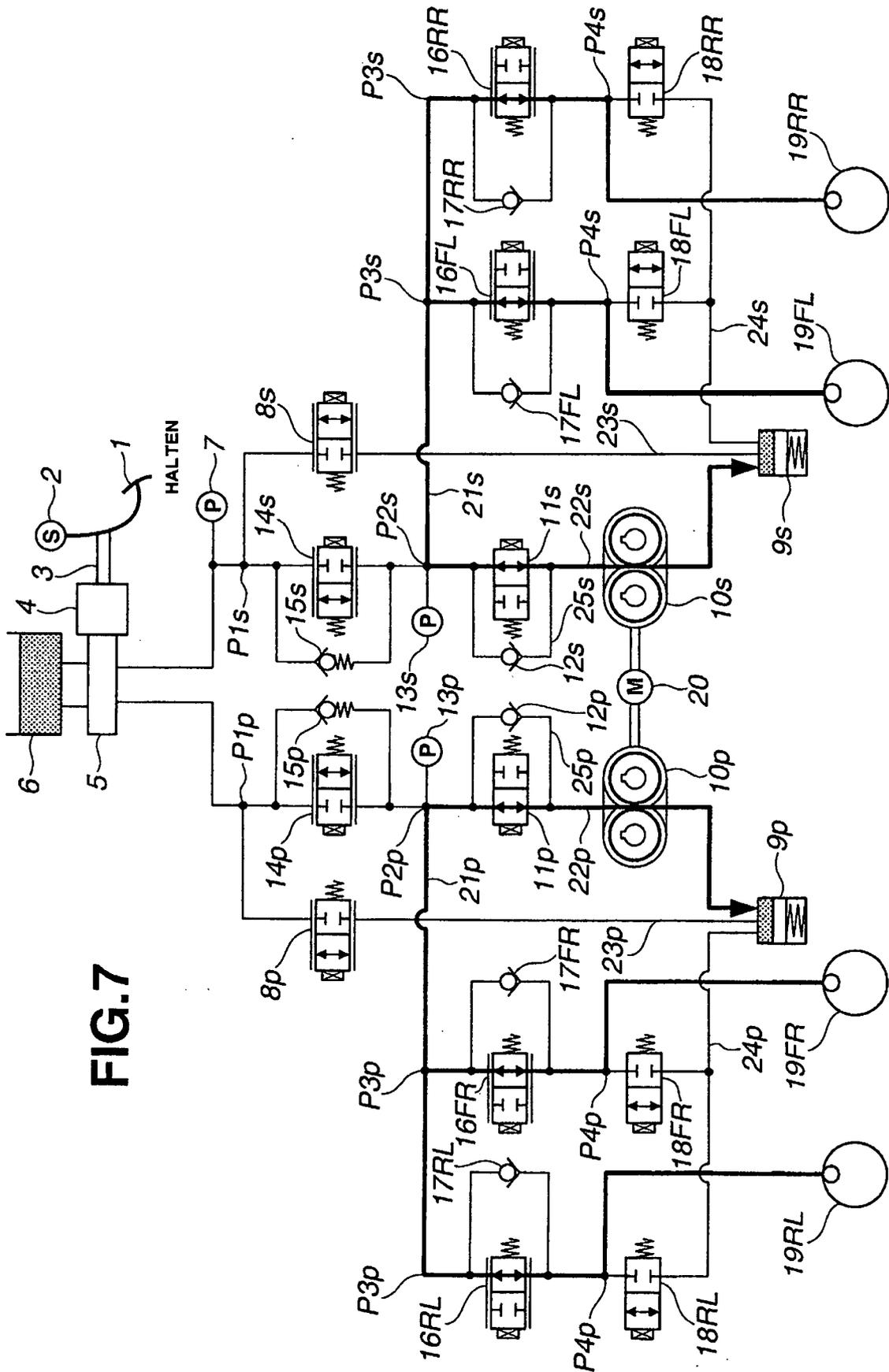


FIG.7

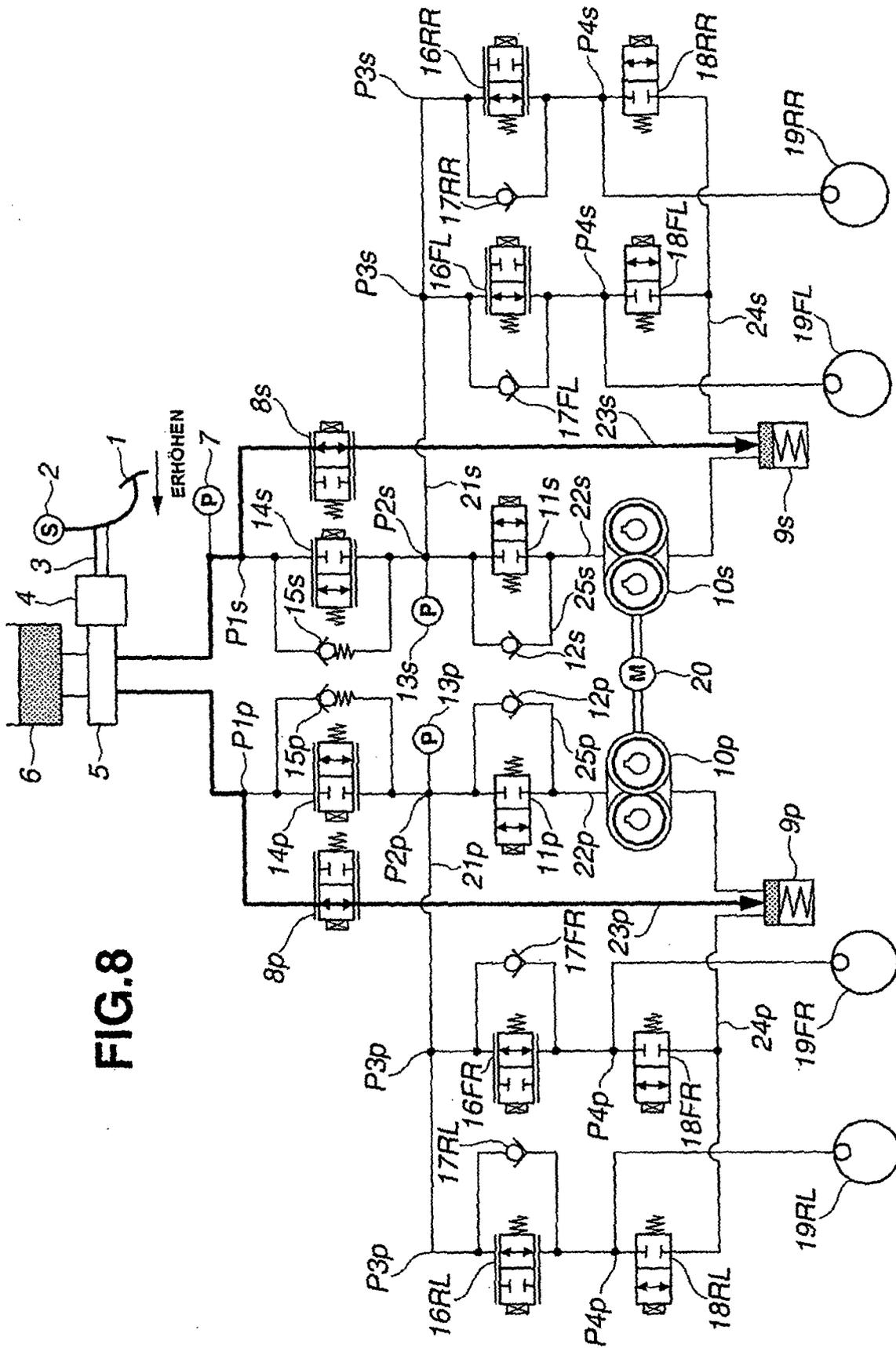
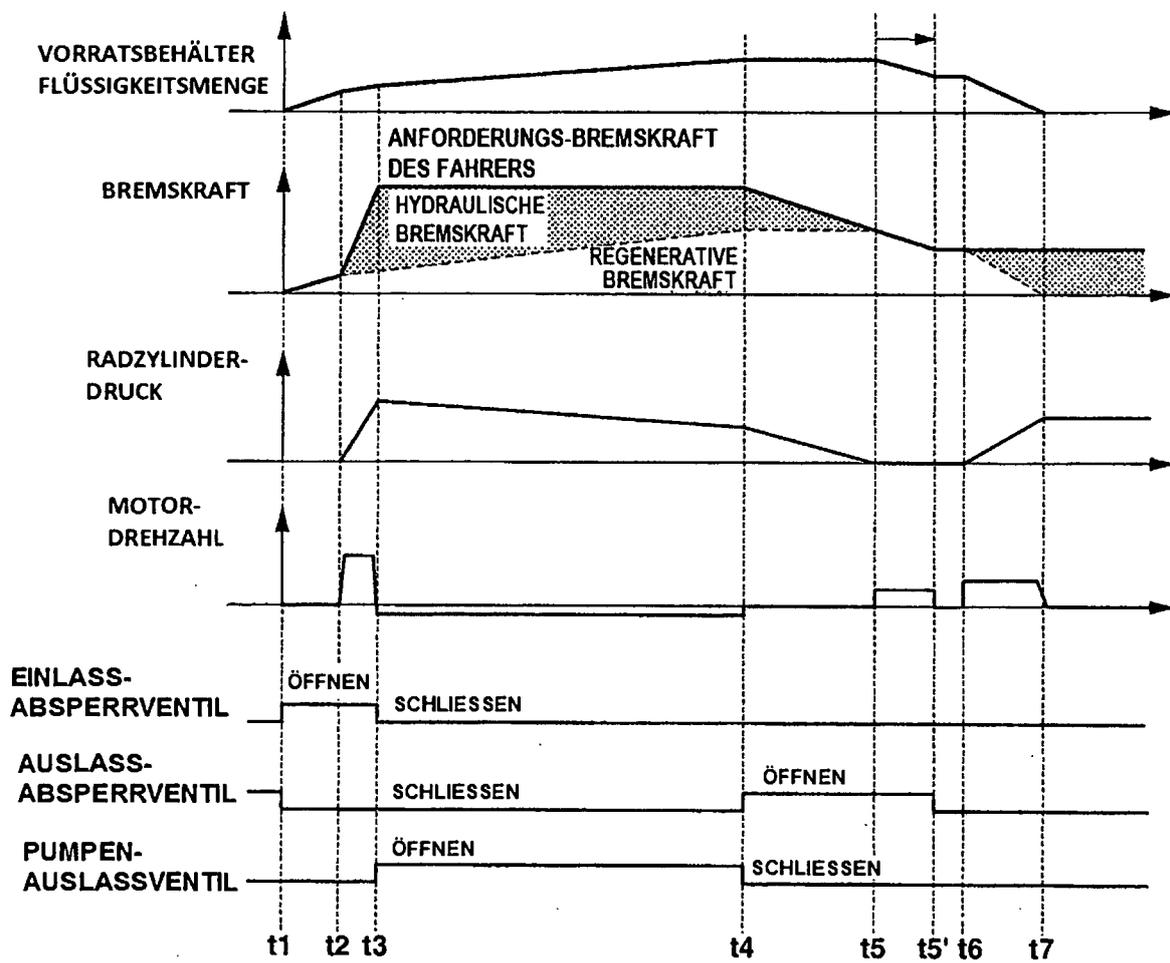


FIG. 8

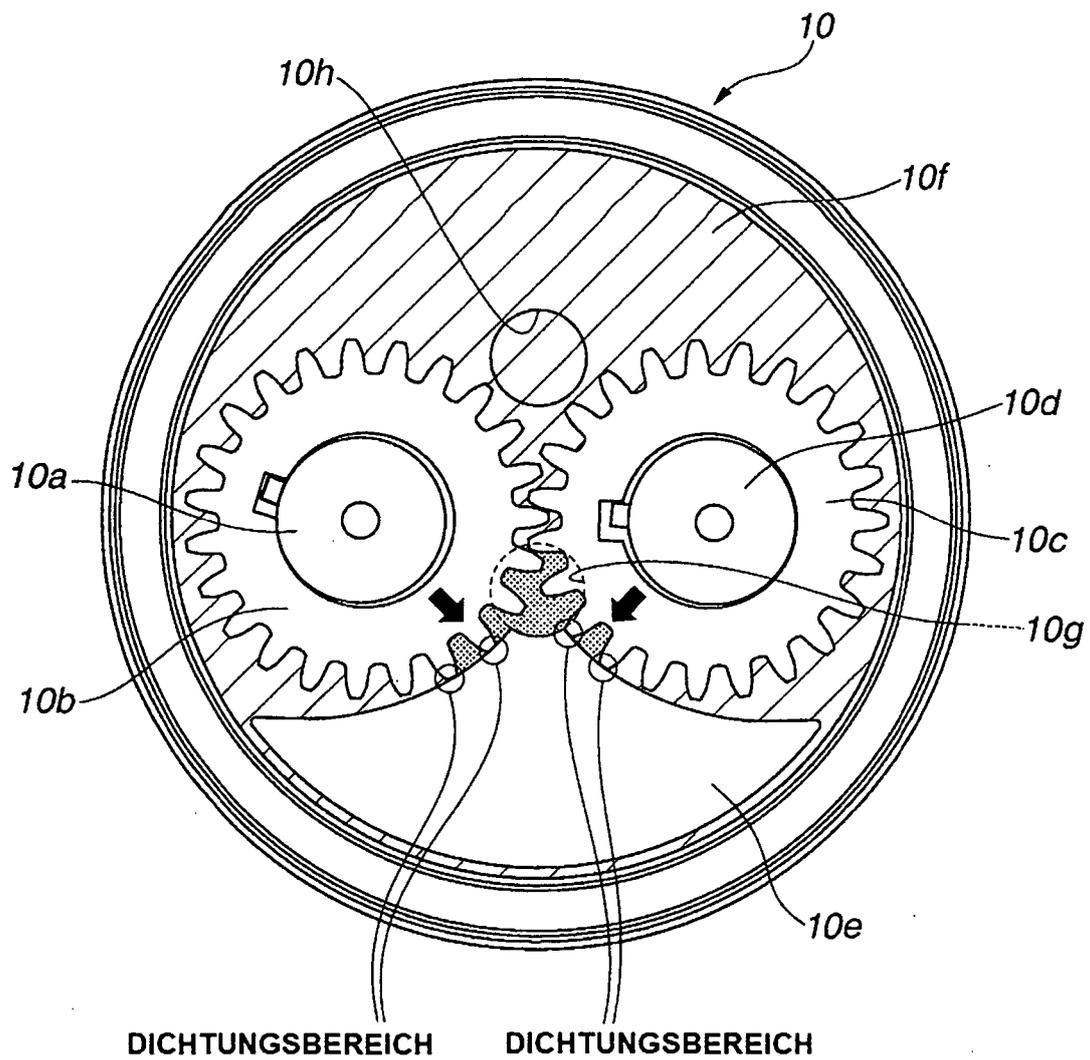
**FIG.9**

ANFORDERUNGS-BREMS- KRAFT DES FAHRERS (BREMSPEDALHUB)	REGENERATIVE BREMSKRAFT	HYDRAULISCHE BREMSKRAFT	STEUERUNG/ REGELUNG
VERRINGERN	VERRINGERN	VERRINGERN	(b)
		HALTEN	(b) + (c)
		ERHÖHEN	(b) + (c)
	HALTEN	VERRINGERN	(b)
	ERHÖHEN	VERRINGERN	(b) + (d)
HALTEN	VERRINGERN	ERHÖHEN	(c)
	HALTEN	HALTEN	AUSLASS- UND EINLASS- ABSPERRVENTILE BEIDE GESCHLOSSEN
	ERHÖHEN	VERRINGERN	(d)
ERHÖHEN	VERRINGERN	ERHÖHEN	(c) + (e)
	HALTEN	ERHÖHEN	(a)
	ERHÖHEN	VERRINGERN	(d) + (e)
		HALTEN	(e)
		ERHÖHEN	(c) + (e)

FIG.10



**FIG.11**



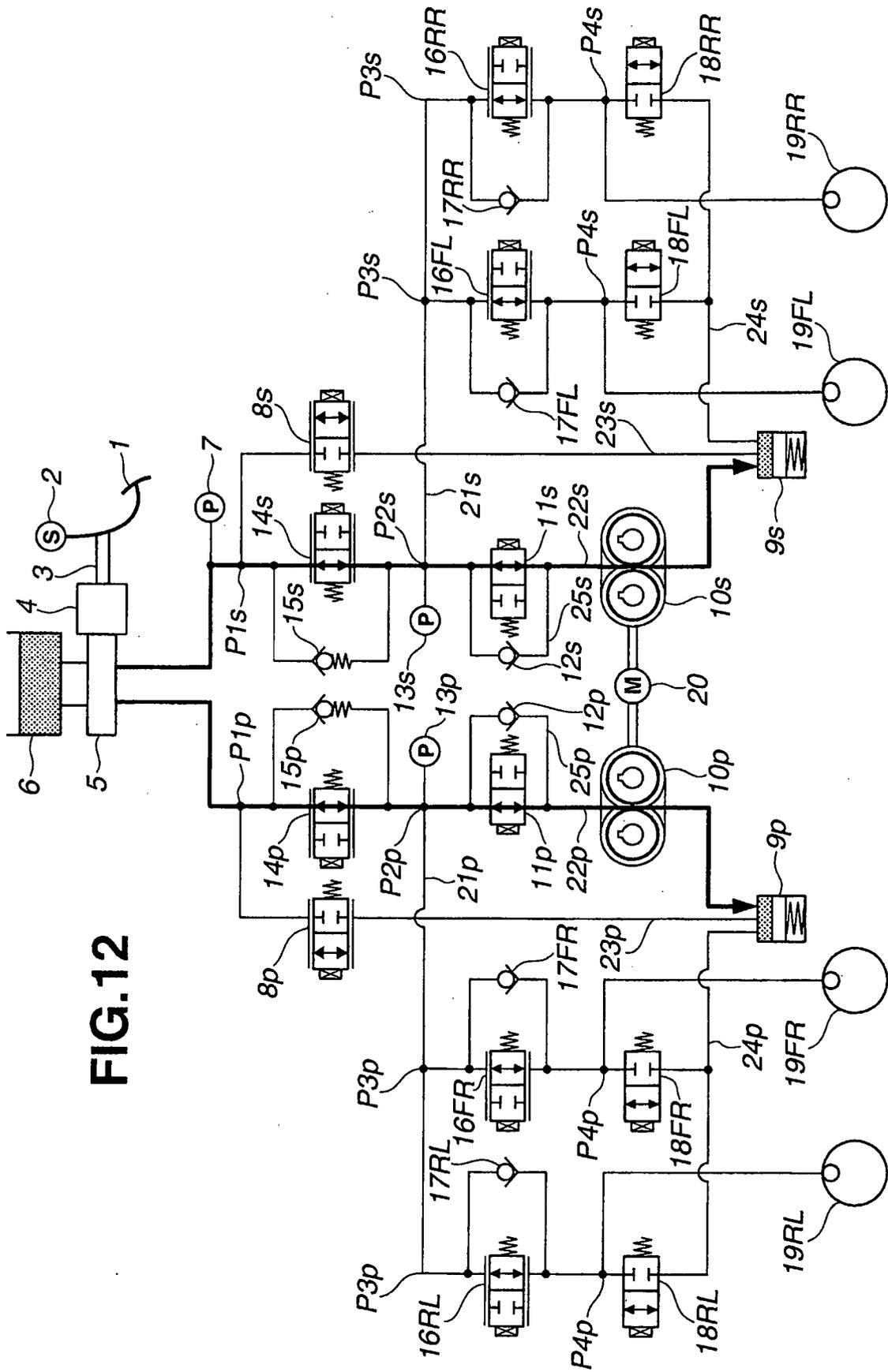


FIG.12

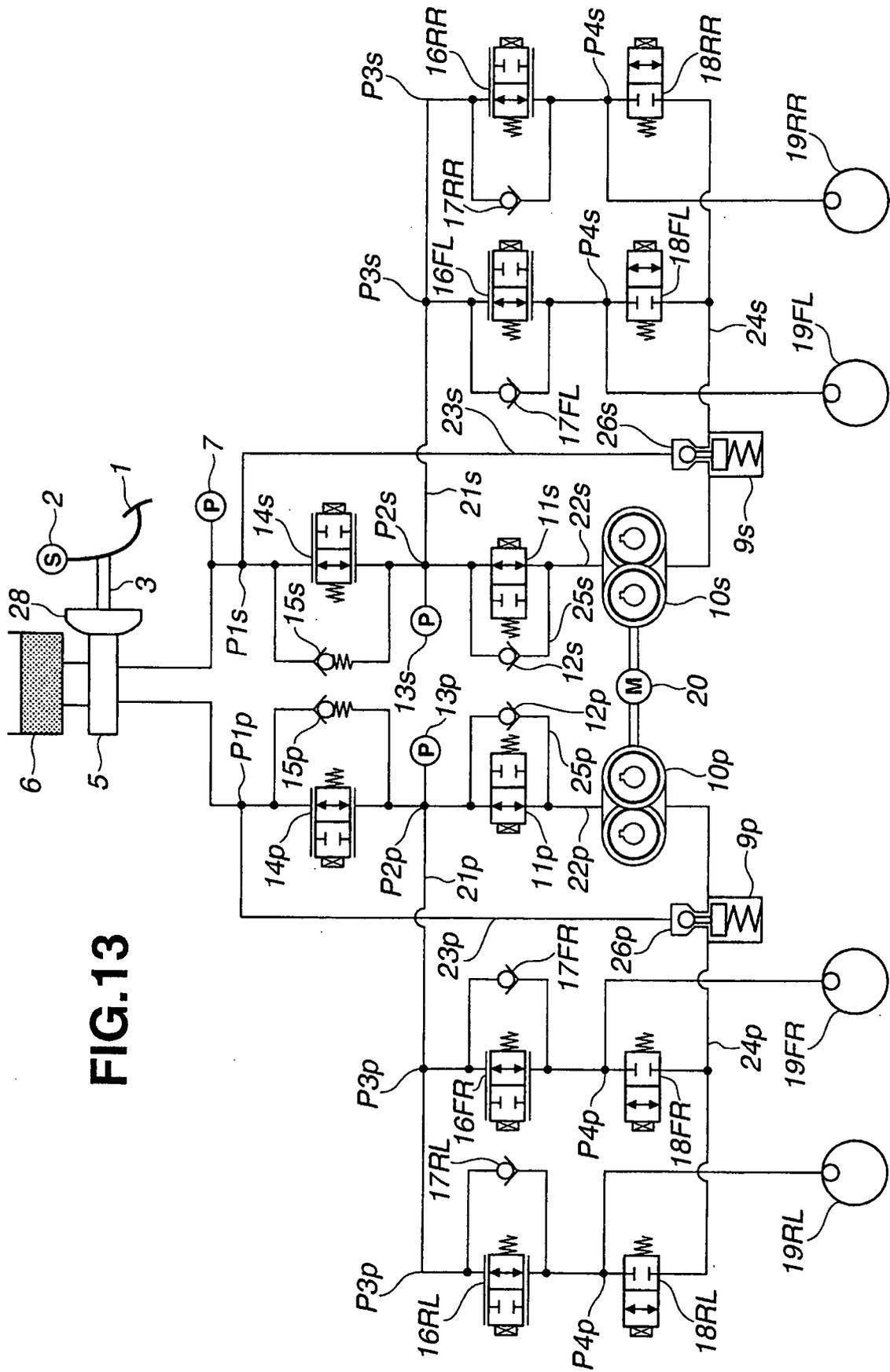


FIG. 13

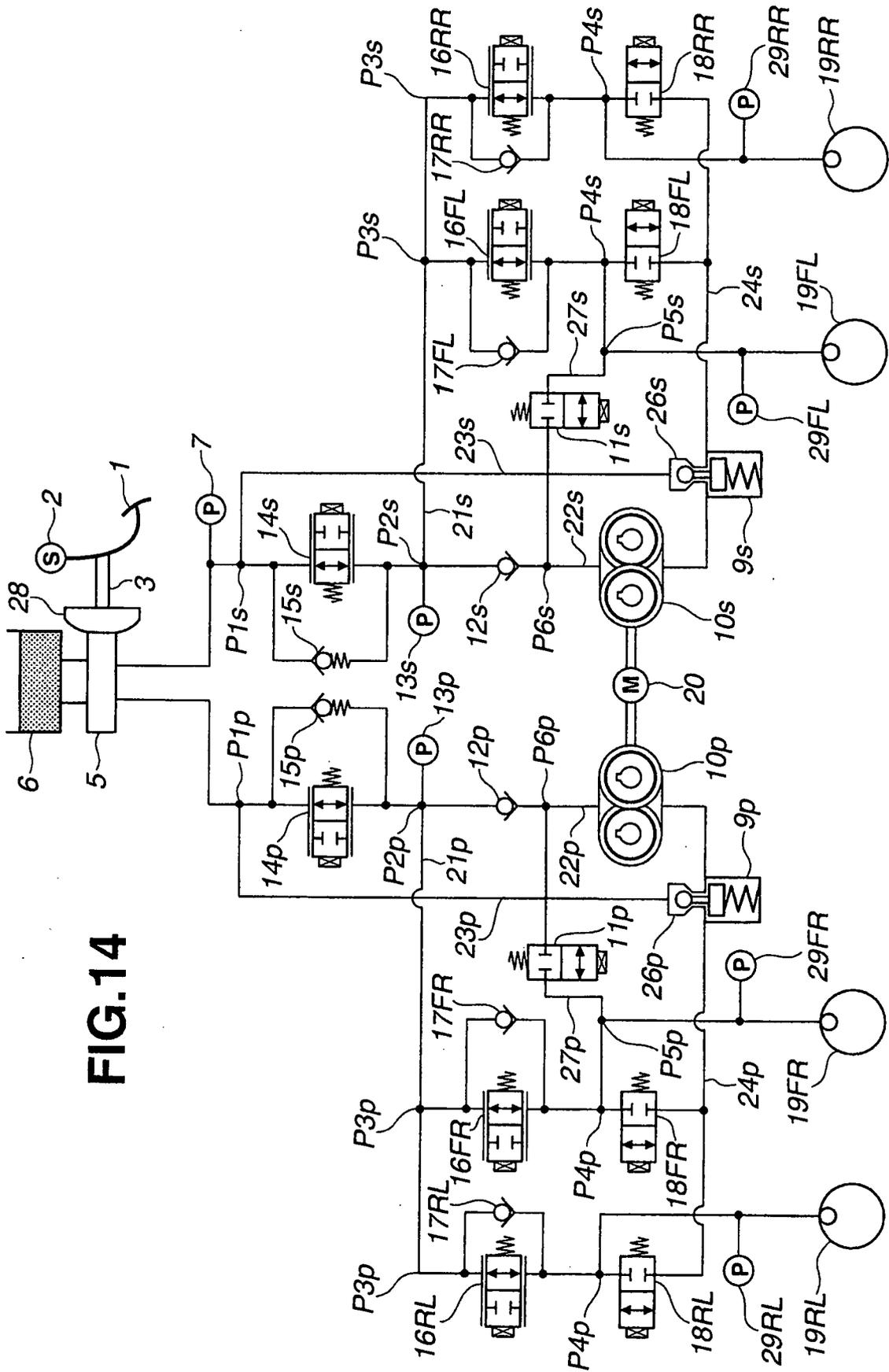


FIG.14

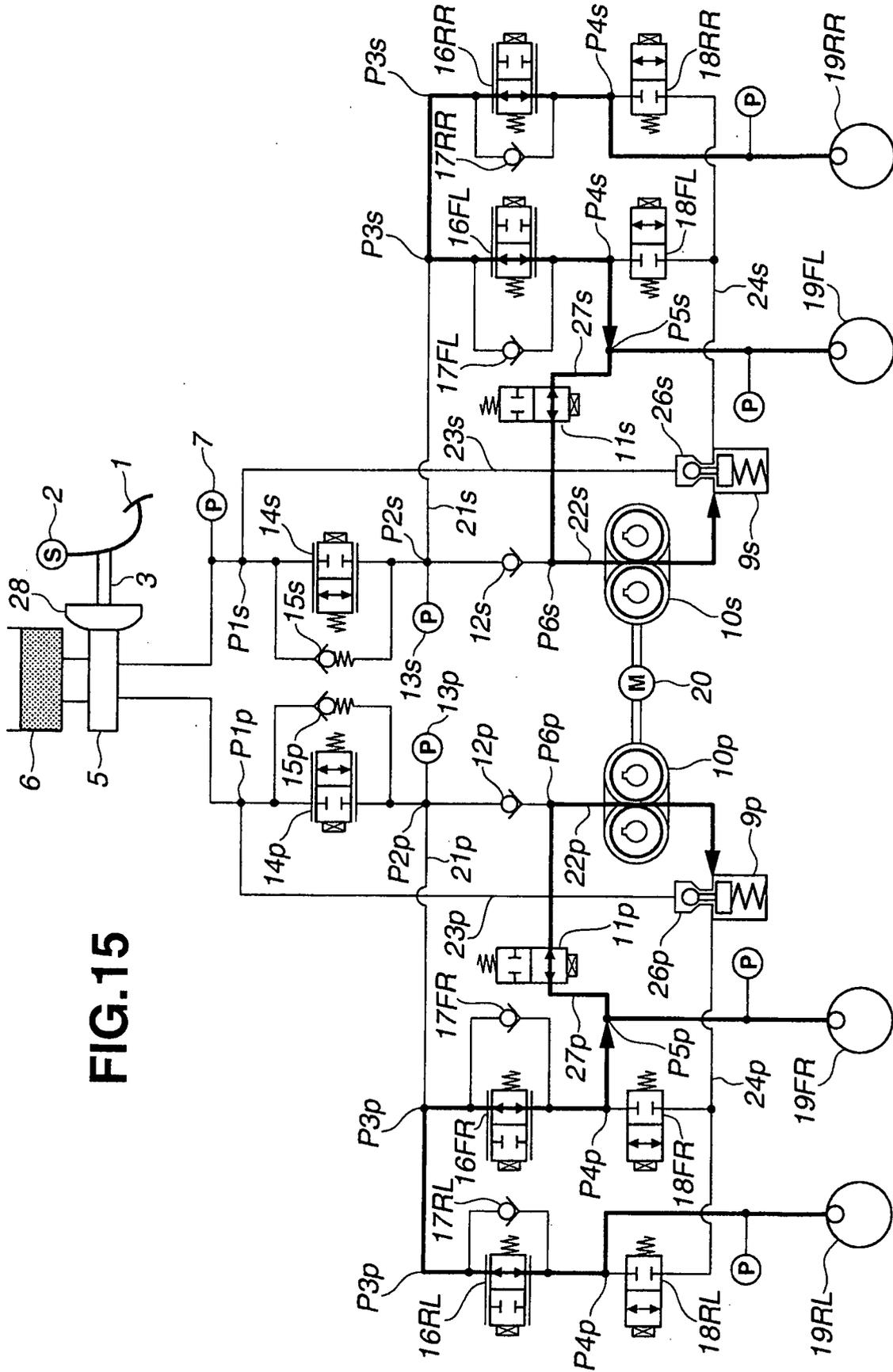


FIG.15