

(19)



(11)

EP 4 162 161 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

19.02.2025 Patentblatt 2025/08

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

F04B 1/295^(2020.01) F04B 49/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21730532.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

F04B 49/002; F04B 1/295; F04B 2205/18

(22) Anmeldetag: **31.05.2021**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2021/064477

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2021/244999 (09.12.2021 Gazette 2021/49)

(54) **VERFAHREN ZUR ADAPTION EINES DRUCKS EINER HYDROPUMPE EINES FAHRANTRIEBES**

METHOD FOR ADAPTING A PRESSURE OF A HYDRAULIC PUMP OF A TRACTION DRIVE

PROCÉDÉ POUR ADAPTER UNE PRESSION D'UNE POMPE HYDRAULIQUE D'UN SYSTÈME D'ENTRAÎNEMENT

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(72) Erfinder:

- **HERRMANN, Ronny**
89233 Neu-Ulm (DE)
- **MUELLER, Matthias**
89129 Langenau (DE)

(30) Priorität: **04.06.2020 DE 102020206968**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

12.04.2023 Patentblatt 2023/15

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 1 930 594 DE-A1- 102018 210 685
US-A- 4 884 475 US-A- 5 249 422
US-A1- 2020 003 206

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 4 162 161 B1

Beschreibung

TECHNISCHER BEREICH

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Adaption eines Drucks einer Hydropumpe eines Fahrtriebes, vorzugsweise ein Verfahren zum Einlernen eines Parameters einer Pumpencharakteristik oder einer Pumpenkennlinie oder einer Rechenvorschrift für die Adaption eines Drucks einer Hydropumpe eines Fahrtriebes.

STAND DER TECHNIK

[0002] Es sind hydrostatische Fahrtriebe für mobile Arbeitsmaschinen bekannt, bei denen eine Hydropumpe und ein oder mehrere Hydromotoren in einem geschlossenen hydraulischen Kreis miteinander verbunden sind. Die Hydropumpe wird von einem Verbrennungsmotor - z.B. einem Dieselmotor - angetrieben, und die Hydromotoren treiben schließlich die mobile Arbeitsmaschine - z.B. über ein jeweiliges Rad - an.

[0003] Die Hydropumpe derartiger Fahrtriebe ist oft in ihrem Fördervolumen verstellbar. Damit kann z. B. bei konstanter Drehzahl des Verbrennungsmotors der von der Hydropumpe geförderte Volumenstrom im geschlossenen Kreis verändert werden und damit eine Abtriebsdrehzahl der Hydromotoren bzw. der Räder - also eine Fahrgeschwindigkeit der mobilen Arbeitsmaschine - verstellbar werden.

[0004] Hydrostatische Axialkolbenpumpen werden u.a. in Fahrtrieben von Baumaschinen eingesetzt. Eine Teilfunktion dieser Pumpen ist es den maximal zulässigen Druck zu begrenzen. Dies ist notwendig um u.a. Momente zu limitieren als auch zulässige Maximaldrücke der Komponenten zu limitieren.

[0005] Neben dem Einsatz von verlustbehafteten Druckbegrenzungsventilen (Volumenstrom der Pumpe wird in den Tank abgesteuert) kommen Hydromechanische Druckregelventile zum Einsatz. Diese Ventile begrenzen den Hochdruck in dem sie den Stelldruck der Pumpe reduzieren und dadurch die Pumpe ihr Verdrängungsvolumen reduziert.

[0006] Ist die Pumpe elektronisch gesteuert kommen teils auch "closed loop" Druckregler bzw. gesteuerte Lösungen, die kalibriert werden, zum Einsatz, wie in der Patentanmeldung DE 10 2018 210685 A1 offenbart ist.

[0007] Der jeweiligen Methoden haben mehrere Nachteile.

[0008] Das Druckbegrenzungsventil verursacht das Erzeugen von hohen Verlusten, und darauffolgende Thermischen Belastungen, was Zusatzkosten entspricht. Darüber hinaus kann es durch ein Druckbegrenzungsventil nur ein fester Druck vorgegeben werden. Der hydraulisch mechanische Druckabschneidungsregler erzeugt Zusatzkosten vor allem bei vorhandener elektronischer Ansteuerung und hat Temperaturabhängigkeit und unterliegt Toleranzen und Driftverhalten. Darüber

hinaus ist die Auslegung auf Hochdynamisches wie stabiles Verhalten sehr komplex und es kann es nur ein fester Druck vorgegeben werden. Die elektronisch gesteuerten Lösungen mit Kalibrierung haben Temperaturabhängigkeit und unterliegen Toleranzen und Driftverhalten und kann es nur ein fester Druck vorgegeben werden.

[0009] Der in DE 10 2018 210685 A1 offenbarte elektronische "closed loop"- Regler hat die folgende Nachteile:

- Auslegung auf Hochdynamisches wie stabiles Verhalten ist komplex;
- Führen in der Regel zu hohem Ressourcenverbrauch auf Steuergerät und sind

komplex in der Beherrschung wie schwer auf Fremdsteuergeräten zu integrieren. Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren herzustellen, das die oben genannten Nachteile beseitigt.

KURZFASSUNG

[0010] Die Erfindung wird definiert durch die Ansprüche.

[0011] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Adaption eines Drucks einer Hydropumpe eines Fahrtriebes bereitgestellt, wobei der Fahrtrieb mit der Hydropumpe, die mit einer Antriebsmaschine gekoppelt ist, zur Druckmittelversorgung eines mit einem Abtrieb koppelbaren Hydromotors des Fahrtriebes versehen ist, wobei die Hydropumpe einen Stellzylinder mit wenigstens einem Zylinderraum und ein darüber verstellbares Hubvolumen hat und wenigstens ein elektrisch ansteuerbares Druckventil vorgesehen ist, über das der Zylinderraum mit einem verstellend wirksamen Stelldruck beaufschlagbar ist, und mit einer Einrichtung, über die ein Druck der Hydropumpe mittels Beeinflussung des Stelldrucks regelbar ist, wobei der Druck gesteuert regelbar ist, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- a) Berechnung eines maximal zulässigen Stelldrucks unter Berücksichtigung des Hubvolumens der Hydropumpe oder einer dieses Hubvolumen repräsentierenden Größe, der Drehgeschwindigkeit der Hydropumpe und eines maximal zulässigen Drucks der Hydropumpe;
- b) Erfassung des aktuellen Drucks der Hydropumpe;
- c) Vergleichung des aktuellen Drucks der Hydropumpe mit dem maximal zulässigen Druck;
- d) Korrektur des maximal zulässigen Stelldrucks unter Berücksichtigung des Unterschiedes zwischen dem aktuellen Druck der Hydropumpe und dem maximalen Druck.

[0012] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Adaption eines

Drucks einer Hydropumpe eines Fahrtriebes bereitgestellt, wobei der Fahrtrieb mit der Hydropumpe zur Druckmittelversorgung eines mit einem Abtrieb koppelbaren Hydromotors des Fahrtriebes versehen ist, wobei der durch die Hydropumpe erzeugte Druck mittels Beeinflussung eines Stelldrucks regelbar ist, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

a) Berechnen eines maximal zulässigen Stelldrucks unter Berücksichtigung eines Hubvolumens der Hydropumpe oder einer dieses Hubvolumen repräsentierenden Größe, der Drehgeschwindigkeit der Hydropumpe und eines maximal zulässigen Drucks der Hydropumpe;

b) Erfassen des aktuell erzeugten Drucks der Hydropumpe;

c) Vergleichen des aktuell erzeugten Drucks der Hydropumpe mit dem maximal zulässigen Druck; und

d) Adaptieren des Stelldrucks unter Berücksichtigung des Unterschiedes zwischen dem aktuellen Druck der Hydropumpe und dem maximal zulässigen Druck, indem ein Lernfaktor, der vorzugsweise ein Parameter einer Pumpencharakteristik oder einer Pumpenkennlinie oder einer Rechenvorschrift ist, korrigiert wird.

[0013] Diese Lösung ist besonders vorteilhaft, da diese durch die Korrektur des Lernfaktors das Verhalten der Hydropumpe immer adaptieren kann. Der Grund dafür ist, dass der Stelldruck unter Berücksichtigung des Lernfaktors, der in dem vorherigen Zyklus korrigiert wurde, berechnet werden kann.

[0014] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei der Lernfaktor in dem Schritt d. eingelernt wird, indem der Wert im Steuergerät fest hinterlegt wird.

[0015] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei das Verfahren ferner folgenden Schritt umfasst:

e) Vergleichen des maximal zulässigen Stelldrucks, der in dem Schritt d. adaptiert wurde, mit dem Stelldruck, der unter Berücksichtigung eines Fahrerwunsches und unabhängig von dem maximal zulässigen Druck der Hydropumpe berechnet wurde;

f) Steuerung der Hydropumpe mit dem kleineren Wert zwischen dem Stelldruck, der unter Berücksichtigung eines Fahrerwunsches und unabhängig von dem maximal zulässigen Druck der Hydropumpe berechnet wurde und dem maximal zulässigen Stelldruck.

[0016] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei

zwischen dem Schritt b und c kontrolliert wird, ob vorgegebene Bedingungen erfüllt sind; wobei der Schritt c. durchgeführt wird, wenn die vorgegebenen Bedingungen erfüllt sind. Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei eine der vorgegebenen Bedingungen ist, dass der absolute Wert des Unterschiedes zwischen dem aktuellen Druck der Hydropumpe und dem maximal zulässigen Druck größer als ein vorgegebener Wert ist.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei eine der vorgegebenen Bedingungen ist, dass der absolute Wert des Unterschiedes zwischen dem aktuellen Druck der Hydropumpe und dem maximal zulässigen Druck für ein vorgegebenes Zeitfenster größer als ein vorgegebener Wert ist.

[0018] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei in dem Schritt e. der Lernfaktor, multiplikativ oder additiv korrigiert wird.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei, wenn der aktuelle Druck der Hydropumpe höher als der maximal zulässige Druck ist, während dem genannten Schritt d. der Lernfaktor nach unten korrigiert wird.

[0020] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei, wenn der aktuelle Druck der Hydropumpe kleiner als der maximal zulässige Druck ist und vorzugsweise weitere Bedingungen aktiv sind (z.B. dass die Limitierung unter Steuerwerten des Fahrerwunsches liegt), während dem genannten Schritt d. der Lernfaktor nach oben korrigiert wird.

[0021] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei, wenn der aktuelle Druck der Hydropumpe kleiner als der maximal zulässige Druck ist und der maximal zulässige Stelldruck kleiner als der Steuerdruck ist, der unter Berücksichtigung eines Fahrerwunsches und unabhängig von dem maximal zulässigen Druck der Hydropumpe berechnet wurde, während dem genannten Schritt d. der Lernfaktor nach oben korrigiert wird.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei der Lernfaktor bei einer Fahrzeug Kalibrierung zurückgesetzt wird.

[0023] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei wenn der Unterschied zwischen dem Lernfaktor vor und nach der Korrektur größer als ein vorgegebener Wert ist, eine Diagnosemeldung erzeugt wird.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei in dem Schritt d. der aktuelle erzeugte und erfasste Druck gefiltert ist, um die Druckdynamik zu berücksichtigen.

[0025] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt, wobei der maximal zulässige Druck der Hydropumpe unter-

schiedlich für Zug- und Schlepp- oder Bremsbetrieb ist.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0026] Die vorliegende Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche Teile und / oder auf ähnliche Teile und / oder auf entsprechende Teile des Systems beziehen. Zu den Figuren:

Fig. 1 zeigt einen hydraulischen Schaltplan eines hydrostatischen Fahrtriebes gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2 zeigt Charakteristiken des hydrostatischen Fahrtriebes gemäß der Figur 1, und

Fig. 3 zeigt ein detaillierteres Blockbild eines Verfahrens zur Steuerung des hydrostatischen Fahrtriebes des Verfahrens gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 4 zeigt ein einfaches Blockbild eines Verfahren zur Adaption eines Drucks einer Hydropumpe eines Fahrtriebes gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0027] Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf bestimmte Ausführungsformen beschrieben, wie sie in den beigefügten Figuren gezeigt sind. Nichtsdestotrotz ist die vorliegende Erfindung nicht auf die besonderen Ausführungsformen beschränkt, die in der folgenden detaillierten Beschreibung beschrieben und in den Figuren gezeigt sind, sondern die beschriebenen Ausführungsformen veranschaulichen lediglich einige Aspekte der vorliegenden Erfindung, deren Schutzbereich durch die Ansprüche definiert ist.

[0028] Weitere Änderungen und Variationen der vorliegenden Erfindung sind für den Fachmann klar. Die vorliegende Beschreibung umfasst somit alle Änderungen und / oder Variationen der vorliegenden Erfindung, deren Schutzbereich durch die Ansprüche definiert ist.

[0029] Gemäß Figur 1 hat ein hydrostatischer Fahrtrieb 1 eine Hydropumpe 2, die in geschlossenem hydraulischem Kreislauf über die Arbeitsleitungen 4 und 6 mit einem nicht dargestellten Hydromotor zu dessen Druckmittelversorgung fluidisch verbunden ist. Dabei ist die Hydropumpe 2 mit einer Antriebsmaschine (nicht dargestellt) über eine Triebwelle 8 zur Übertragung eines Drehmoments gekoppelt. Die Kopplung ist dabei nicht übersetzt, so dass die Drehzahl der Antriebsmaschine und der Hydropumpe 2 identisch sind.

[0030] Die Hydropumpe 2 ist als Axialkolbenpumpe in Schrägscheibenbauweise ausgestaltet und kann in beiden Drehrichtungen und sowohl im Pumpen- als auch im Motorbetrieb betrieben werden. Sie hat ein verstellbares

Verdrängungsvolumen V_P und eine als doppelt wirkender Hydrozylinder ausgestaltete Verstelleinrichtung 10.

[0031] Der Hydrozylinder 10 hat eine erste Zylinderkammer 12 und eine der ersten entgegenwirkende, zweite Zylinderkammer 14. Die erste Zylinderkammer 12 ist über eine erste Stelldruckleitung 16 mit dem Ausgang eines ersten Druckreduzierventils 18 verbunden. Letzgenanntes ist an eine Steuerdruckleitung 20 angeschlossen, die über einen Steuerdruckanschluss p_S und über eine Speisepumpe 22, die auf der gleichen Triebwelle 8, wie die Hydropumpe 2 sitzt, mit Steuerdruckmittel versorgbar ist.

[0032] In gleicher Weise ist die zweite Zylinderkammer 14 über eine zweite Stelldruckleitung 24 mit einem zweiten Druckreduzierventil 26 verbunden, welches an die Steuerdruckleitung 20 angeschlossen ist. Die Druckreduzierventile 18, 26 sind elektromagnetisch betätigbar, wobei der jeweils in der Stelldruckleitung 16 bzw. 24 resultierende Stelldruck p_a bzw. p_b gemäß einer Ventilkennlinie proportional zu einem Ansteuerstrom I_a bzw. I_b des Elektromagnets a bzw. b ist. Über die elektromagnetische Betätigung der Druckreduzierventile 18, 26 können somit über die Vorgabe der Ansteuerströme I_a , I_b die Stelldrücke p_a , p_b der Zylinderkammern 12, 14 gesteuert werden. Zu diesem Zweck sind die Elektromagnete a, b der Druckreduzierventile 18, 26 über eine jeweilige Signalleitung 28 bzw. 30 mit einer elektronischen Steuereinheit 32 signalverbunden.

[0033] Des Weiteren hat der hydrostatische Fahrtrieb 1 eine Drehzahlerfassungseinheit 34, über die eine Drehzahl n_P der Hydropumpe 2 erfassbar und über eine Signalleitung 36 an die elektronische Steuereinheit 32 übermittelbar ist. Ebenso hat der Fahrtrieb 1 eine Drehzahlerfassungseinheit (nicht dargestellt), über die die Drehzahl n_M des Hydromotors erfassbar und über die Signalleitung 38 an die elektronische Steuereinheit 32 übermittelbar ist.

[0034] Zur sicherheitsrelevanten Druckabsicherung der Arbeitsleitungen 4, 6 gegen Überlast hat der hydrostatische Fahrtrieb 1 jeweils ein Druckbegrenzungsventil 40, das mit der jeweiligen Arbeitsleitung 4, 6 verbunden ist. Beide Druckbegrenzungsventile 40 sind mit ihren Ausgängen an eine Speisedruckleitung 44 angeschlossen, die mit der Speisepumpe 22 verbunden ist. Die Speisedruckleitung 44 ist über eine Drossel 42 mit der Steuerdruckleitung 20 fluidisch verbunden. Im Falle des Ansprechens der Druckbegrenzungsventile wird somit Druckmittel in die Speisedruckleitung 44 entspannt, wodurch energetischen Verluste geringer sind, als wenn die Entspannung zum Tank T hin geschähe. Die Druckbegrenzungsventile 40 weisen jeweils eine Speise- oder Nachsaugfunktion in Form eines Rückschlagventils auf.

[0035] Der hydrostatische Fahrtrieb 1 kann sowohl im Zugbetrieb als auch im Schlepp- oder Bremsbetrieb betrieben werden. Im Zugbetrieb arbeitet die Hydropumpe 2 im Pumpenbetrieb, im Bremsbetrieb arbeitet sie im Motorbetrieb. Zudem ist die Hydropumpe 2 reversierbar, das heißt ihr Verdrängungsvolumen V_P ist über die Ver-

stelleinrichtung 10 beidseitig einer Neutralstellung mit Nullvolumen $V_P = 0$ verstellbar. Dadurch ist bei gleichbleibender Drehrichtung der Triebwelle 8 und der Antriebsmaschine (Dieselmotor) eine Fahrtrichtungsumkehr möglich.

[0036] Die elektronische Steuereinheit 32 ist über eine Signalleitung 46 mit einer Bedienerschnittstelle in Form eines Fahrpedals (nicht dargestellt) verbunden. Über das Fahrpedal wird dabei von einem Fahrer eine Geschwindigkeitsanforderung an die elektronische Steuereinheit 32 übermittelt. Diese kann sowohl die Rückwärtsfahrt als auch die Vorwärtsfahrt betreffen. Wird das Fahrpedal betätigt, so entspricht das dem Zug- oder Pumpenbetrieb der Hydropumpe 2, wird das Fahrpedal hingegen zurückgenommen, entspricht dies dem Brems- oder Motorbetrieb der Hydropumpe 2. Auch die Betätigung einer Fahrbremse (nicht dargestellt) entspricht dem Brems- oder Motorbetrieb der Hydropumpe 2.

[0037] Die Steuereinheit ist derart ausgestaltet, dass sie anhand der genannten Betätigung den entsprechenden Betrieb ermitteln kann. Zur Auswahl einer Fahrtrichtung weist der hydrostatische Fahntrieb 1 zudem einen betätigbaren Fahrtrichtungsschalter (nicht dargestellt) auf, der über eine Signalleitung 48 mit der elektronischen Steuereinheit 32 signalverbunden ist. In Abhängigkeit seiner Stellung erfolgt die Ansteuerung der Hydropumpe 2 in ihrem reversierten oder nicht reversierten Verstellbereich, also diesseits oder jenseits der Neutralstellung des Hubvolumens der Hydropumpe 2. Für die weitere Betrachtung seien folgende Fahrzustände definiert:

Vorwärtsfahrt, Zugbetrieb: Druckbeaufschlagung der ersten Zylinderkammer 12 über die erste Stelldruckleitung 16 und das erste Druckreduzierventil 18 mit dem ersten Stellruck p_a durch Ansteuern des ersten Druckreduzierventils 18 mit dem Ansteuerstrom I_a über die Steuereinheit 32 über die erste Signalleitung 28.

[0038] Vorwärtsfahrt, Bremsbetrieb: Druckbeaufschlagung der zweiten Zylinderkammer 14 über die zweite Stelldruckleitung 24 und das zweite Druckreduzierventil 26 mit dem zweiten Stelldruck p_b durch Ansteuern des zweiten Druckreduzierventils 26 mit dem Ansteuerstrom I_b über die Steuereinheit 32 über die Signalleitung 30.

[0039] Rückwärtsfahrt, Zugbetrieb: Druckbeaufschlagung der zweiten Zylinderkammer 14 über die Kette 24, 26, 30, 32.

[0040] Rückwärtsfahrt, Bremsbetrieb: Druckbeaufschlagung der ersten Zylinderkammer 12 über die Kette 16, 18, 28, 32.

[0041] In beiden gezeigten Ausführungsbeispielen eines hydrostatischen Fahntriebs 1 ist die Hydropumpe 2 derart ausgestaltet, dass der Druck p , der in der hochdruckführenden der Arbeitsleitungen 4, 6 ansteht, dem dann wirksamen Stelldruck p_a oder p_b entgegenwirkt und in Richtung seiner eigenen Verringerung wirksam ist. Hierzu weist die Hydropumpe 2 eine konstruktiv realisierte Regelschleife auf. Im vorliegenden Fall der als

Axialkolbenpumpe in Schrägscheibenbauweise ausgestalteten Hydropumpe 2 ist dies so realisiert, dass eine Steuerscheibe der Hydropumpe 2 bezüglich einer Drehachse ihrer Zylindertrommel verdreht angeordnet ist. Mündungen derjenigen Zylinder, die mit der den Druck (Hochdruck) aufweisenden Druckniete Steuerscheibe verbunden sind, sind dadurch bezüglich einer Schwenkachse der Schrägscheibe unsymmetrisch verteilt angeordnet. Ebenso unsymmetrisch verteilt sind dann die an der Schrägscheibe abgestützten Endabschnitte der in den Zylindern geführten Arbeitskolben. Aus den somit unsymmetrisch wirkenden Stützkräften der Arbeitskolben resultiert an der Schrägscheibe ein im Pumpenbetrieb rückschwenkendes und im Motorbetrieb ausschwenkendes Moment. In der Konsequenz entsteht ein Zusammenhang in Form einer Pumpenkennlinie oder eines Kennfeldes von Pumpenkennlinien der Hydropumpe 2, in dem der jeweilige Stelldruck p_a , p_b in Abhängigkeit des Drucks p und des Hubvolumens V_P der Hydropumpe 2, sowie von deren Drehzahl n_P beschreibbar ist. Diese Kennlinien oder Kennfelder sind vermessen und in der elektronischen Steuereinheit 32 zur Verarbeitung, insbesondere zur Ausführung des später beschriebenen Verfahrens, abgelegt.

[0042] In Figur 2 ist eine Charakteristik der Hydropumpe 2 mit open-loop-control, das heißt mit direkt gesteuertem Verdrängungs- oder Hubvolumen V_P dargestellt. In Abhängigkeit des Verdrängungsvolumens V_P ist der Druck p , genauer gesagt die Druckdifferenz Δp zwischen den Arbeitsleitungen 4, 6, aufgetragen. Als Parameter ist der erste Stelldruck p_a der ersten Zylinderkammer 12 aufgetragen. Dieser steigt ausgehend vom Ursprung 0/0 an. Als begrenzende Leistung ist die Nennleistung der Dieselantriebsmaschine P_{nenn} als gestrichelte Kurve dargestellt. Ausgangspunkt der Beschreibung sei ein unbetätigtes Gas- oder Fahrpedal und eine im Leerlauf bei Leerlaufdrehzahl drehende Antriebsmaschine.

[0043] Gemäß dem Pfeil 1 erfolgt zunächst eine Betätigung des Fahrpedals durch den Bediener, wodurch die Drehzahl der Antriebsmaschine (Diesel) von Leerlauf auf Nenndrehzahl erhöht wird. Dementsprechend erfolgt über die elektronische Steuereinheit 32 in Abhängigkeit der Drehzahl des Dieselmotors ein Ansteuersignal oder Ansteuerstrom I_a für die Hydropumpe 2, genauer gesagt für deren erstes Druckreduzierventil 18.

[0044] Mit Erreichen der Nenndrehzahl der Antriebsmaschine wird eine maximale Fahrgeschwindigkeit des Fahntriebs 1 erhalten. Demgemäß wird der erste Stelldruck p_a gemäß einem in der elektronischen Steuereinheit 32 gemäß Figur 1 abgelegten Kennfeld der Hydropumpe 2 erhöht. Da noch keine Last wirkt, schwenkt die Hydropumpe 2 voll auf ihr maximales Hubvolumen $V_{P\text{max}}$ aus und liefert bei Nenndrehzahl ihren maximalen Volumenstrom Q_{max} .

[0045] Durch auftretende Fahrwiderstände stellt sich beim Fahren in einer Ebene ein Druck oder Lastdruck p , beispielsweise 250 bar, ein. Dieser Vorgang wird in Figur 2 durch den mit der Ziffer 2 bezeichneten Pfeil symbol-

isiert. Im Diagramm gemäß Figur 2 wird dann ein Punkt Q erreicht, der auf der Kurve P_{nomeng} liegt. An diesem ist der erste Stelldruck p_a bei der Nenndrehzahl so bemessen, dass die hydraulische Leistung pQ_{max} der Hydropumpe 2 der Nennleistung P_{nomeng} entspricht.

[0046] Nimmt nun, beispielsweise bei einer Bergfahrt oder bei einer Kiesaufnahme im Falle eines Radladers, die Last am Fahrentrieb 1 zu, so erhöht sich der Druck p . Aufgrund der vorgenannten Ausgestaltung der Hydropumpe 2, bei der im Zugbetrieb der Hydropumpe 2 in Vorwärtsfahrt der Arbeitsdruck p dem ersten Stelldruck p_a in Richtung einer Verringerung des Hubvolumens V_P entgegenwirkt, schwenkt der Druck p die Schwenkwiege der Hydropumpe 2 zurück, wodurch sich die Fahrt verlangsamt. Der erste Stelldruck p_a wird währenddessen nicht verändert und entspricht der den Punkt Q schneidenden, die Verringerung des Hubvolumens V_P und gleichzeitige Erhöhung des Drucks p bzw. der Druckdifferenz Δp darstellenden, Geraden (Pfeil 3).

[0047] Mit Erreichen eines Punkts L im Diagramm gemäß Figur 2 wird ein maximal zulässiger Druck p_{max} oder Abschneidedruck, bzw. eine maximale zulässige Druckdifferenz Δp_{max} erreicht.

[0048] Aufgabe der elektronischen Steuereinheit 32 ist es nun, dafür zu sorgen, dass dieses Limit p_{max} , Δp_{max} nicht überschritten wird. Demgemäß erfolgt bei weiter zunehmender Last keine weitere Erhöhung des Drucks p , indem der erste Stelldruck p_a über die Steuereinheit 32 über das Druckreduzierventil 18 gemäß Figur 1 derart abgesenkt wird, dass der Druck p_{max} nicht überschritten wird. Dementsprechend bewegt man sich in gemäß Figur 2 entlang einer Block- oder Limitkurve, die sich waagrecht vom Punkt L mit konstantem Druck p_{max} bzw. konstanter Druckdifferenz Δp_{max} nach links erstreckt. Ist also beispielsweise in der Steuereinheit 32 ein maximal zulässiger Druck p_{max} von beispielsweise 450 bar eingestellt, so greift die Steuereinheit 32 gemäß erfindungsgemäßer Druckabschneidung ein und nimmt den ersten Stelldruck p_a zurück. Dadurch kann auch bei weiter steigender Last eine Überschreitung des maximal zulässigen Drucks p_{max} verhindert werden.

[0049] Es folgt die etwas detailliertere Beschreibung des Verfahrens 52, das die Limitierung des maximalen Druckes p_{max} ermöglicht.

[0050] Wie bereits erwähnt, sind die Eingangsgrößen des Verfahrens das ermittelte oder abgeschätzte Hubvolumen V_P oder der entsprechende Schwenkwinkel α_P der Hydropumpe 2, deren Drehzahl n_P , sowie ein vorgegebenes Limit des Drucks oder Arbeitsdrucks p_{max} , in diesem Fall von 450 bar.

[0051] Gemäß Figur 1 ist in der elektronischen Steuereinheit 32 für jedes Drucklimit p_{max} eine Pumpencharakteristik oder Pumpenkennlinie oder Rechenvorschrift 82 für den Betrieb der Hydropumpe 2 im Zugbetrieb (Pumpenbetrieb) und 84 für den Brems- oder Motorbetrieb der Hydropumpe 2 abgelegt. Beschrieben ist dabei jeweils der jeweilige Stelldruck p_a bzw. p_b in Abhängigkeit der Pumpendrehzahl n_P und dem Pumpenschwenkwinkel

α_P (in Prozent des maximalen Schwenkwinkels). Die Stelldrücke p_a und p_b sind ebenso in Prozent des in der Steuerdruckleitung 20 maximal zur Verfügung stehenden Steuer- oder Stelldrucks p_{smax} dargestellt. Dabei erstreckt sich die Skala des im Motorbetrieb für die zweite Stellkammer 14 vorgesehenen zweiten Stelldrucks p_b von Null bis -50 %. Das Vorzeichen Plus und Minus repräsentiert die unterschiedlichen Wirkrichtung des Druckes aufgrund der entgegenwirkenden Stellkammern 12, 14.

[0052] In Abhängigkeit der aktuellen Werte n_P , α_P und p_{max} des Betriebszustandes des Fahrentriebes wird gemäß dem Verfahren 52 zunächst der jeweils maximal zulässige Stelldruck p_{amax} für den Zugbetrieb und p_{bmax} für den Bremsbetrieb ermittelt. Dies erfolgt bei festgesetztem Limit p_{max} permanent neu, da sich insbesondere α_P im Betrieb aufgrund von dessen Lastabhängigkeit ändert. Für den Zugbetrieb erfolgt dann der Abgleich eines angeforderten ersten Stelldrucks p_{a68} , der aus der Betätigung des Fahrpedals 68 gemäß Figur 1 herrührt. Letztgenannter Stelldruck und der ermittelte maximale zulässige erste Stelldruck p_{amax} werden von der Steuereinheit 32 verglichen und der der kleinere wird im Schritt 86 ausgewählt.

[0053] Analoges erfolgt im Schritt 88 mit dem maximal zulässigen zweiten Stelldruck p_{bmax} . Der jeweils aus den Schritten 86 und 88 ausgewählte kleinere der Stelldrücke wird dann wieder mit dem maximal zur Verfügung stehenden Steuerdruck p_{smax} multipliziert, wodurch aus dem bis dahin in Prozent angegebenem Stelldruck ein realer Stelldruck p_a oder p_b resultiert. Dieser geht in eine jeweilige Ventilkennlinie 90 bzw. 92 für das Druckreduzierventil 18 bzw. 26 ein, aus der dann der zugehörige Ansteuerstrom I_a bzw. I_b für die Ansteuerung des Druckreduzierventils 18 bzw. 26 ermittelt wird.

[0054] Auf diese Weise werden aus der Drehzahl n_P , dem Schwenkwinkel α_P , den Pumpenkennlinien 82, 84, dem maximal zulässigen Druck p , dem angeforderten Stelldruck p_{a68} und den Ventilkennlinien 90, 92 die im normalen Fahrbetrieb benötigten Stelldrücke p_a , p_b und die maximal zulässigen Stelldrücke p_{amax} , p_{bmax} ermittelt wobei der jeweils kleinere zum Ansteuerstrom I_a , I_b führt. Sollte also der gemäß Fahrerwunsch ausgegebene Stelldruck p_{a68} oberhalb des Limits p_{amax} oder p_{bmax} liegen, so wird der Ansteuerstrom p_a oder p_b begrenzt oder abgeschnitten.

[0055] In dem oben beschriebenen Verfahren ist die Auslegung auf Hochdynamisches wie stabiles Verhalten sehr komplex. Insbesondere besteht die Schwierigkeit in der Erzeugung von der Pumpencharakteristik oder der Pumpenkennlinie oder der Rechenvorschriften, die tatsächlich die Begrenzung von p_{max} , Δp_{max} ermöglichen. Insbesondere wird die vorliegende Erfindung ermöglichen, die Toleranzen, die Schwankungen des Steuerungsverhaltens über Temperatur und Alterungsverhalten auszugleichen und die zulässigen Maximaldrücke dynamisch zu adaptieren.

[0056] In der Figur 4 ist ein Verfahren nach einer Aus-

führungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt, das die oben genannten Probleme überwindet.

[0057] Die Pumpencharakteristik oder die Pumpenkennlinie oder die Rechenvorschrift (von nun an einfach "Leistungskennlinien" genannt) ist von einem Lernfaktor abhängig, der ein Parameter der Leistungskennlinien ist. Der Lernfaktor kann sowohl multiplikativ als auch additiv an die Leistungskennlinie angewandt werden, damit die Leistungskennlinien nach oben oder nach unten korrigiert werden können.

[0058] Der erste Schritt 101 ist analog zu dem in Figur 3 dargestellten Schritt 52. Insbesondere wird in Abhängigkeit der aktuellen Werte n_P , α_P und p_{max} des Betriebszustandes des Fahrtriebes zunächst der jeweils maximal zulässige Stelldruck p_{amax} für den Zugbetrieb und p_{bmax} für den Bremsbetrieb ermittelt.

[0059] In dem folgenden Schritt 102 wird die Druckdifferenz Δp zwischen den Arbeitsleitungen 4, 6, erfasst. Vorzugsweise wird der aktuell erzeugte und erfasste Druck p gefiltert, um die Druckdynamik zu berücksichtigen und die Schwankungen zu vernachlässigen.

[0060] Wenn der aktuell erzeugte Druck p der Hydropumpe 2 größer oder kleiner als der maximal zulässige Druck p_{max} ist, gibt es einen Hinweis darauf, dass die Leistungskennlinien korrigiert werden sollen (entweder weil der aktuell erzeugte Druck p zu hoch ist oder weil dieser zu niedrig ist). Deswegen kann es sein, dass der ermittelte jeweils maximal zulässige Stelldruck p_{amax} für den Zugbetrieb und p_{bmax} für den Bremsbetrieb korrigiert werden müssen.

[0061] Allerdings müssen zusätzliche Bedingungen erfüllt sein, um tatsächlich zu bestimmen, dass eine Korrektur notwendig ist.

[0062] Die erste Bedingung ist, dass der von dem maximal zulässigen Druck p_{max} abweichende erzeugte Druck p unerwünscht ist. Mit anderen Worten erklärt: es muss überprüft werden, dass der Grund, warum der von der Pumpe erzeugte Druck p vom Maximaldruck p_{max} abweicht, nicht bei dem Wunsch des Fahrers liegt, sondern in den Leistungskennlinien, durch die der maximal zulässige Stelldruck p_{amax} für den Zugbetrieb und p_{bmax} für den Bremsbetrieb in dem Schritt 101 berechnet worden sind.

[0063] Wenn diese Bedingung und eventuell zusätzliche Bedingungen, die in dem nächsten Abschnitt erläutert werden, erfüllt sind, wird der Lernfaktor nach oben oder nach unten korrigiert und der Lernfaktor wird vorzugsweise eingelernt, damit diese Korrektur der Leistungskennlinien gespeichert werden kann. Insbesondere werden die Lernfaktoren im Steuergerät fest hinterlegt, sodass bei Wiederanlauf die gelernten Faktoren bereits zur Verfügung stehen.

[0064] Zusätzliche Bedingungen können Folgende sein:

- der absolute Wert des Unterschiedes zwischen dem aktuellen erzeugten Druck p der Hydropumpe 2 und dem maximal zulässigen Druck p_{max} ist größer als

ein vorgegebener Wert; und/oder

- der absolute Wert des Unterschiedes zwischen dem aktuellen erzeugten Druck p der Hydropumpe 2 und dem maximal zulässigen Druck p_{max} für ein vorgegebenes Zeitfenster ist größer als ein vorgegebener Wert; und/oder
- die Pumpe befindet sich im Blockzustand (geschätzter Pumpenwinkel < definierter Wert); und/oder
- andere für den Fachmann bekannte Bedingungen.

[0065] Nachdem der Lernfaktor korrigiert wurde, werden der maximal zulässige Stelldruck p_{amax} für den Zugbetrieb und p_{bmax} für den Bremsbetrieb auf Basis des neuen Lernfaktors neu berechnet.

[0066] Danach werden die Stelldrücke p_{amax} und p_{bmax} mit dem maximal zur Verfügung stehenden Steuerdruck p_{smax} multipliziert, wodurch aus dem bis dahin in Prozent angegebenem Stelldruck ein realer Stelldruck p_{amax} oder p_{bmax} resultiert.

[0067] In den Schritten 103 und 104 werden parallel zu den Schritten 101 und 102 zuerst, ohne Berücksichtigung von dem Maximaldruck p_{max} , unter Berücksichtigung der Betätigung des Fahrpedals 68 die Stelldrücke p_a und p_b in Prozent des in der Steuerdruckleitung 20 maximal zur Verfügung stehenden Steuer- oder Stelldrucks p_{smax} berechnet (Schritt 103). Danach werden die Stelldrücke p_a und p_b mit dem maximal zur Verfügung stehenden Steuerdruck p_{smax} multipliziert, wodurch aus dem bis dahin in Prozent angegebenem Stelldruck ein realer Stelldruck p_a oder p_b resultiert.

[0068] In dem Schritt 105 werden die Werte der Stelldrücke von den Schritten 102 und 104 verglichen und es wird der minimale Wert für die Stelldrücke genommen.

[0069] In dem Schritt 106 gehen diese Werte in die jeweilige Ventilkennlinie 90 bzw. 92 für das Druckreduzierventil 18 bzw. 26 ein, aus der dann der zugehörige Ansteuerstrom I_a bzw. I_b für die Ansteuerung des Druckreduzierventils 18 bzw. 26 ermittelt wird.

[0070] Das mit Bezug auf Figur 4 beschriebene Verfahren kann im Fahrbetrieb immer aktiv sein und selbst erkennen, in welchen Fahrzuständen gelernt werden darf. Dabei adaptiert der Algorithmus zu niedrige wie zu hohe Drücke im Schub- (negative Drücke) wie im Zugbetrieb (positive Drücke).

[0071] Darüber hinaus kann der Lernfaktor bei einer Fahrzeugkalibrierung zurückgesetzt und im Fahrbetrieb wieder korrigiert und gelernt werden.

[0072] In einem speziellen Fall, dass der Unterschied zwischen dem Lernfaktor vor und nach der Korrektur größer als ein vorgegebener Wert ist, kann eine Diagnosesmeldung erzeugt werden.

[0073] Während die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschrieben wurde, ist es für den Fachmann klar, dass es möglich ist, verschiedene Modifikationen, Varia-

tionen und Verbesserungen der vorliegenden Erfindung im Lichte der oben beschriebenen Lehre und innerhalb des Bereichs der beigefügten Ansprüche zu realisieren, ohne von dem Schutzbereich der Erfindung abzuweichen.

[0074] Auch wenn immer über einen maximalen Druck gesprochen wurde, ist es klar, dass der maximal zulässige Druck $p_{\max}$ der Hydropumpe 2 unterschiedlich für Zug- und Schlepp- oder Bremsbetrieb ist.

[0075] Darüber hinaus wurden die Bereiche, auf denen Fachleute kundig sein dürften, hier nicht beschrieben, um die beschriebene Erfindung nicht unnötig zu verschleiern.

[0076] Dementsprechend soll die Erfindung nicht durch die spezifischen veranschaulichenden Ausführungsformen beschränkt sein, sondern nur durch den Schutzbereich der beigefügten Ansprüche.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Adaption eines Drucks (p) einer Hydropumpe (2) eines Fahrtriebes (1), wobei der Fahrtrieb mit der Hydropumpe (2) zur Druckmittelversorgung eines mit einem Abtrieb (80) koppelbaren Hydromotors (78) des Fahrtriebes (1) versehen ist, wobei der durch die Hydropumpe (2) erzeugte Druck (p) mittels Beeinflussung eines Stelldrucks (p_a, p_b) regelbar ist, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- a. Berechnen eines maximal zulässigen Stelldrucks ($p_{\max}, p_{b\max}$) unter Berücksichtigung eines Hubvolumens (V_P) der Hydropumpe (2) oder einer dieses Hubvolumen (V_P) repräsentierenden Größe (α_P), der Drehgeschwindigkeit (n_P) der Hydropumpe (2) und eines maximal zulässigen Drucks ($p_{\max}$) der Hydropumpe (2);
- b. Erfassen des aktuell erzeugten Drucks (p) der Hydropumpe (2);
- c. Vergleichen des aktuell erzeugten Drucks (p) der Hydropumpe (2) mit dem maximal zulässigen Druck ($p_{\max}$); und
- d. Adaptieren des maximal zulässigen Stelldrucks ($p_{\max}, p_{b\max}$) unter Berücksichtigung des Unterschiedes zwischen dem aktuellen Druck (p) der Hydropumpe (2) und dem maximal zulässigen Druck ($p_{\max}$), indem ein Lernfaktor, der ein Parameter einer Pumpencharakteristik oder einer Pumpenkennlinie oder einer Rechenvorschrift ist, korrigiert wird, wobei der Lernfaktor in dem Schritt d. eingelernt wird, wobei der Lernfaktor in einem Steuergerät fest hinterlegt wird, sodass bei Wiederanlauf der eingelernte Faktor bereits zu Verfügung stehen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfahren ferner folgenden Schritt umfasst:

e. Vergleichen des maximal zulässigen Stelldrucks ($p_{\max}, p_{b\max}$), der in dem Schritt d. adaptiert wurde, mit dem Stelldruck (p_a, p_b), der unter Berücksichtigung eines Fahrerwunsches und unabhängig von dem maximal zulässigen Druck ($p_{\max}$) der Hydropumpe (2) berechnet wurde;

f. Steuerung der Hydropumpe mit dem kleineren Wert zwischen dem Stelldruck (p_a, p_b) der unter Berücksichtigung eines Fahrerwunsches und unabhängig von dem maximal zulässigen Druck ($p_{\max}$) der Hydropumpe (2) berechnet wurde, und dem maximal zulässigen Stelldruck ($p_{\max}, p_{b\max}$).

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei zwischen dem Schritt b und c kontrolliert wird, ob vorgegebene Bedingungen erfüllt sind; wobei der Schritt c. durchgeführt wird, wenn die vorgegebenen Bedingungen erfüllt sind.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei eine der vorgegebenen Bedingungen ist, dass der absolute Wert des Unterschiedes zwischen dem aktuellen Druck (p) der Hydropumpe (2) und dem maximal zulässigen Druck ($p_{\max}$) größer als ein vorgegebener Wert ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei eine der vorgegebenen Bedingungen ist, dass der absolute Wert des Unterschiedes zwischen dem aktuellen Druck (p) der Hydropumpe (2) und dem maximal zulässigen Druck ($p_{\max}$) für ein vorgegebenes Zeitfenster größer als ein vorgegebener Wert ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei in dem Schritt e. der Lernfaktor, multiplikativ oder additiv korrigiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei, wenn der aktuelle Druck (p) der Hydropumpe (2) höher als der maximal zulässige Druck ($p_{\max}$) ist, während dem genannten Schritt d. der Lernfaktor nach unten korrigiert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei, wenn der aktuelle Druck (p) der Hydropumpe (2) kleiner als der maximal zulässige Druck ($p_{\max}$) ist und der maximal zulässige Stelldruck ($p_{\max}, p_{b\max}$) kleiner als der Steuerdruck (p_a, p_b) ist, der unter Berücksichtigung eines Fahrerwunsches und unabhängig von dem maximal zulässigen Druck ($p_{\max}$) der Hydropumpe (2) berechnet wurde, während dem genannten Schritt d. der Lernfaktor nach oben korrigiert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Lernfaktor bei einer Fahrzeug Kalibrierung zu-

rückgesetzt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei wenn der Unterschied zwischen dem Lernfaktor vor und nach der Korrektur größer als ein vorgegebener Wert ist, eine Diagnosemeldung erzeugt wird. 5
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei in dem Schritt d. der aktuelle erzeugte und erfasste Druck (p) gefiltert ist, um die Druckdynamik zu berücksichtigen. 10
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der maximal zulässige Druck ($p_{\max}$) der Hydropumpe (2) unterschiedlich für Zug- und Schlepp- oder Bremsbetrieb ist. 15

Claims

1. Method for adapting a pressure (p) of a hydraulic pump (2) of a traction drive (1), wherein the traction drive is provided with the hydraulic pump (2) for the purpose of supplying pressure medium to a hydraulic motor (78), which can be coupled to an output (80), of the traction drive (1), wherein the pressure (p) generated by the hydraulic pump (2) can be controlled by influencing an actuation pressure (p_a , p_b), wherein the method comprises the following steps: 20
 - a. calculating a maximum permissible actuation pressure ($p_{\max}$, $p_{b\max}$) taking into account a swept volume (V_P) of the hydraulic pump (2) or a quantity (α_P) representing this swept volume (V_P), the rotation speed (n_P) of the hydraulic pump (2) and a maximum permissible pressure ($p_{\max}$) of the hydraulic pump (2); 25
 - b. sensing the currently generated pressure (p) of the hydraulic pump (2);
 - c. comparing the currently generated pressure (p) of the hydraulic pump (2) with the maximum permissible pressure ($p_{\max}$); and
 - d. adapting the maximum permissible actuation pressure ($p_{\max}$, $p_{b\max}$) taking into account the difference between the current pressure (p) of the hydraulic pump (2) and the maximum permissible pressure ($p_{\max}$) by way of a learning factor, which is a parameter of a pump characteristic or a pump characteristic curve or a calculation specification, being corrected, wherein the learning factor is learned in step d., wherein the learning factor is permanently stored in a control device, so that the learned factor will already be available at restart. 30
2. Method according to Claim 1, wherein the method further comprises the following step: 35
 - e. comparing the maximum permissible actuation pressure ($p_{\max}$, $p_{b\max}$), which was adapted in step d., with the actuation pressure (p_a , p_b), which was calculated taking into account a driver's request and independently of the maximum permissible pressure ($p_{\max}$) of the hydraulic pump (2);
 - f. controlling the hydraulic pump with the smaller value between the actuation pressure (p_a , p_b), which was calculated taking into account a driver's request and independently of the maximum permissible pressure ($p_{\max}$) of the hydraulic pump (2), and the maximum permissible actuation pressure ($p_{\max}$, $p_{b\max}$). 40
3. Method according to either of Claims 1 and 2, wherein a check is made between steps b. and c. as to whether predetermined conditions are met; wherein step c. is carried out when the predetermined conditions are met. 45
4. Method according to Claim 3, wherein one of the predetermined conditions is that the absolute value of the difference between the current pressure (p) of the hydraulic pump (2) and the maximum permissible pressure ($p_{\max}$) is greater than a predetermined value. 50
5. Method according to Claim 4, wherein one of the predetermined conditions is that the absolute value of the difference between the current pressure (p) of the hydraulic pump (2) and the maximum permissible pressure ($p_{\max}$) is greater than a predetermined value for a predetermined time window. 55
6. Method according to any of Claims 1 to 5, wherein the learning factor is multiplicatively or additively corrected in step e.
7. Method according to any of Claims 1 to 6, wherein, when the current pressure (p) of the hydraulic pump (2) is higher than the maximum permissible pressure ($p_{\max}$), the learning factor is corrected downwards during said step d.
8. Method according to any of Claims 1 to 7, wherein, when the current pressure (p) of the hydraulic pump (2) is lower than the maximum permissible pressure ($p_{\max}$) and the maximum permissible actuation pressure ($p_{\max}$, $p_{b\max}$) is lower than the control pressure (p_a , p_b) which was calculated taking into account a driver's request and independently of the maximum permissible pressure ($p_{\max}$) of the hydraulic pump (2), the learning factor is corrected upwards during said step d.
9. Method according to any of Claims 1 to 8, wherein the learning factor is reset during vehicle calibration.

10. Method according to any of Claims 1 to 9, wherein, when the difference between the learning factor before and after the correction is greater than a predetermined value, a diagnostic message is generated.
11. Method according to any of Claims 1 to 10, wherein the current generated and sensed pressure (p) is filtered in step d. in order to take into account the pressure dynamics.
12. Method according to any of Claims 1 to 11, wherein the maximum permissible pressure ($p_{\max}$) of the hydraulic pump (2) is different for overrun and traction or braking operation.

Revendications

1. Procédé permettant d'adapter une pression (p) d'une pompe hydraulique (2) d'un système d'entraînement (1), dans lequel le système d'entraînement est pourvu de la pompe hydraulique (2) pour alimenter en fluide sous pression un moteur hydraulique (78) du système d'entraînement (1), pouvant être accouplé à un entraînement de sortie (80), dans lequel la pression (p) produite par la pompe hydraulique (2) peut être régulée sous l'influence d'une pression de réglage (p_a , p_b), le procédé comprenant les étapes suivantes consistant à :

- calculer une pression de réglage maximale admissible ($p_{\max}$, $p_{b\max}$) en tenant compte d'un volume de déplacement (V_p) de la pompe hydraulique (2) ou d'une grandeur (α_p) représentant ce volume de déplacement (V_p), de la vitesse de rotation (n_p) de la pompe hydraulique (2) et d'une pression maximale admissible ($p_{\max}$) de la pompe hydraulique (2) ;
- détecter la pression (p) actuellement produite de la pompe hydraulique (2) ;
- comparer la pression (p) actuellement produite de la pompe hydraulique (2) avec la pression maximale admissible ($p_{\max}$) ; et
- adapter la pression de réglage maximale admissible ($p_{\max}$, $p_{b\max}$) en tenant compte de la différence entre la pression actuelle (p) de la pompe hydraulique (2) et de la pression maximale admissible ($p_{\max}$) en corrigeant un facteur d'apprentissage qui est un paramètre d'une caractéristique de pompe ou d'une courbe caractéristique de pompe ou d'une règle de calcul, dans lequel le facteur d'apprentissage est appris à l'étape d., le facteur d'apprentissage étant sauvegardé de manière permanente dans un appareil de commande de sorte qu'au redémarrage le facteur appris sera déjà disponible.

2. Procédé selon la revendication 1, le procédé comprenant en outre l'étape suivante consistant à :

- comparer la pression de réglage maximale admissible ($p_{\max}$, $p_{b\max}$) qui a été adaptée à l'étape d. avec la pression de réglage (p_a , p_b) qui a été calculée en tenant compte d'un souhait du conducteur et indépendamment de la pression maximale admissible ($p_{\max}$) de la pompe hydraulique (2) ;
- commander la pompe hydraulique avec une valeur inférieure entre la pression de réglage (p_a , p_b) qui a été calculée en tenant compte d'un souhait du conducteur et indépendamment de la pression maximale admissible ($p_{\max}$) de la pompe hydraulique (2) et la pression de réglage maximale admissible ($p_{\max}$, $p_{b\max}$).

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel, entre l'étape b et c, on contrôle si des conditions prédéfinies sont satisfaites ; dans lequel l'étape c. est exécutée si les conditions prédéfinies sont satisfaites.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel l'une des conditions prédéfinies consiste en ce que la valeur absolue de la différence entre la pression actuelle (p) de la pompe hydraulique (2) et la pression maximale admissible ($p_{\max}$) est supérieure à une valeur prédéfinie.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel l'une des conditions prédéfinies consiste en ce que la valeur absolue de la différence entre la pression actuelle (p) de la pompe hydraulique (2) et la pression maximale admissible ($p_{\max}$) est supérieure à une valeur prédéfinie pendant une fenêtre temporelle prédéfinie.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le facteur d'apprentissage est corrigé par multiplication ou par addition à l'étape e.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel, lorsque la pression actuelle (p) de la pompe hydraulique (2) est supérieure à la pression maximale admissible ($p_{\max}$), le facteur d'apprentissage est corrigé vers le bas pendant ladite étape d.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel, lorsque la pression actuelle (p) de la pompe hydraulique (2) est inférieure à la pression maximale admissible ($p_{\max}$) et la pression de réglage maximale admissible ($p_{\max}$, $p_{b\max}$) est inférieure à la pression de commande (p_a , p_b) qui a été calculée en tenant compte d'un souhait du conducteur et indépendamment de la pression maximale

admissible ($p_{\max}$) de la pompe hydraulique (2), le facteur d'apprentissage est corrigé vers le haut pendant ladite étape d.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le facteur d'apprentissage est réinitialisé lors d'un étalonnage du véhicule. 5
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel, lorsque la différence entre le facteur d'apprentissage avant et après la correction est supérieure à une valeur prédéfinie, un message de diagnostic est généré. 10
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel, à l'étape d., la pression actuelle (p) produite et détectée est filtrée afin de tenir compte d'une dynamique de pression. 15
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel la pression maximale admissible ($p_{\max}$) de la pompe hydraulique (2) est différente pour un fonctionnement de traction, de remorquage ou de freinage. 20

25

30

35

40

45

50

55

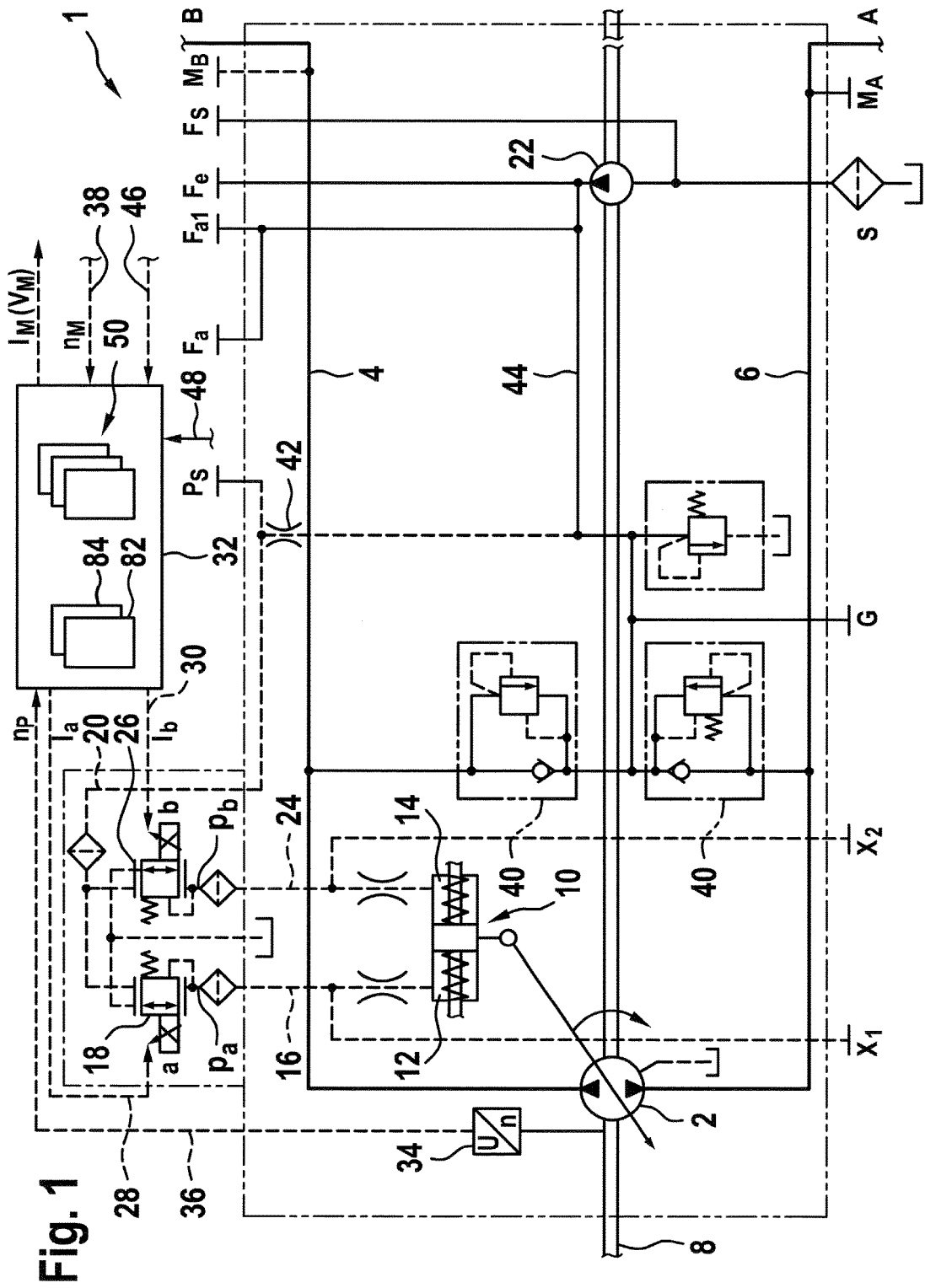


Fig. 2

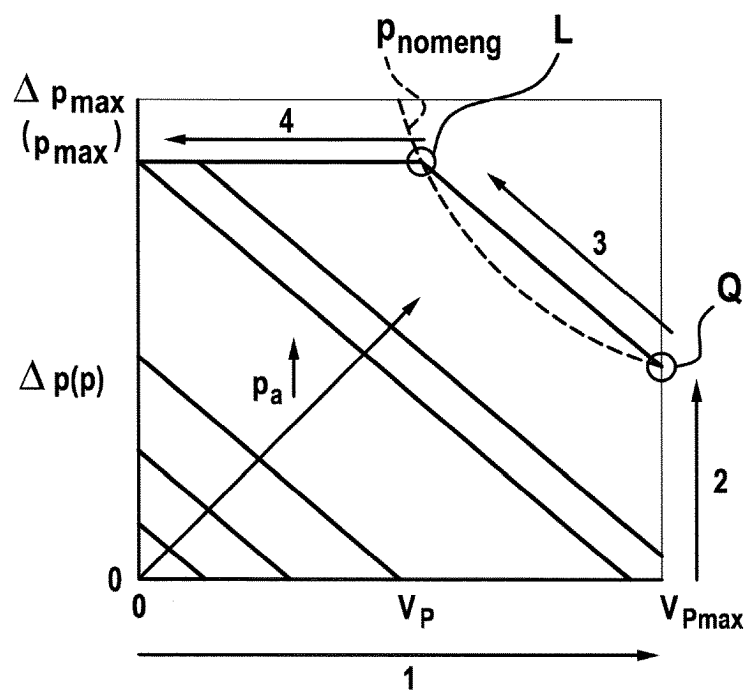
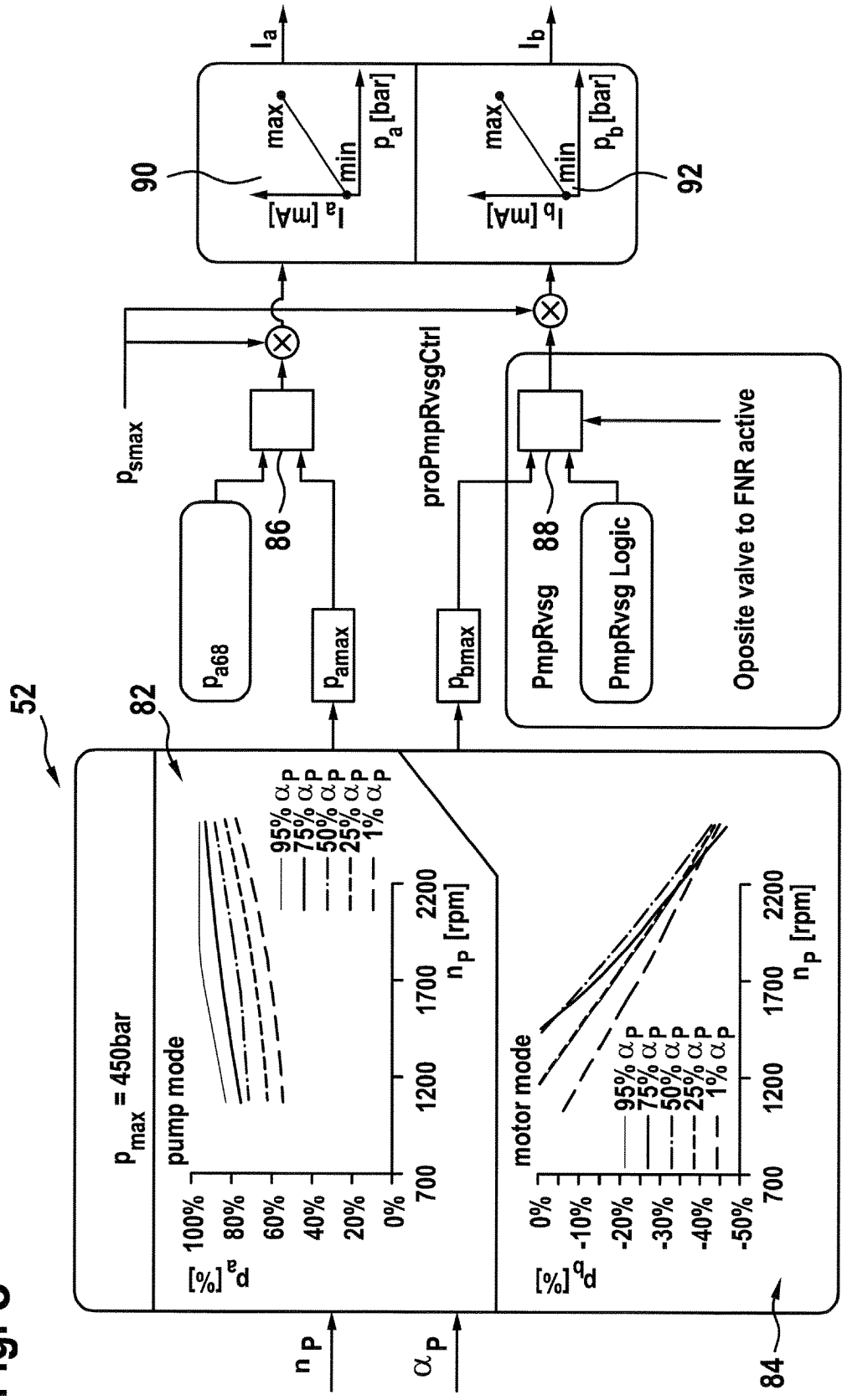


Fig. 3



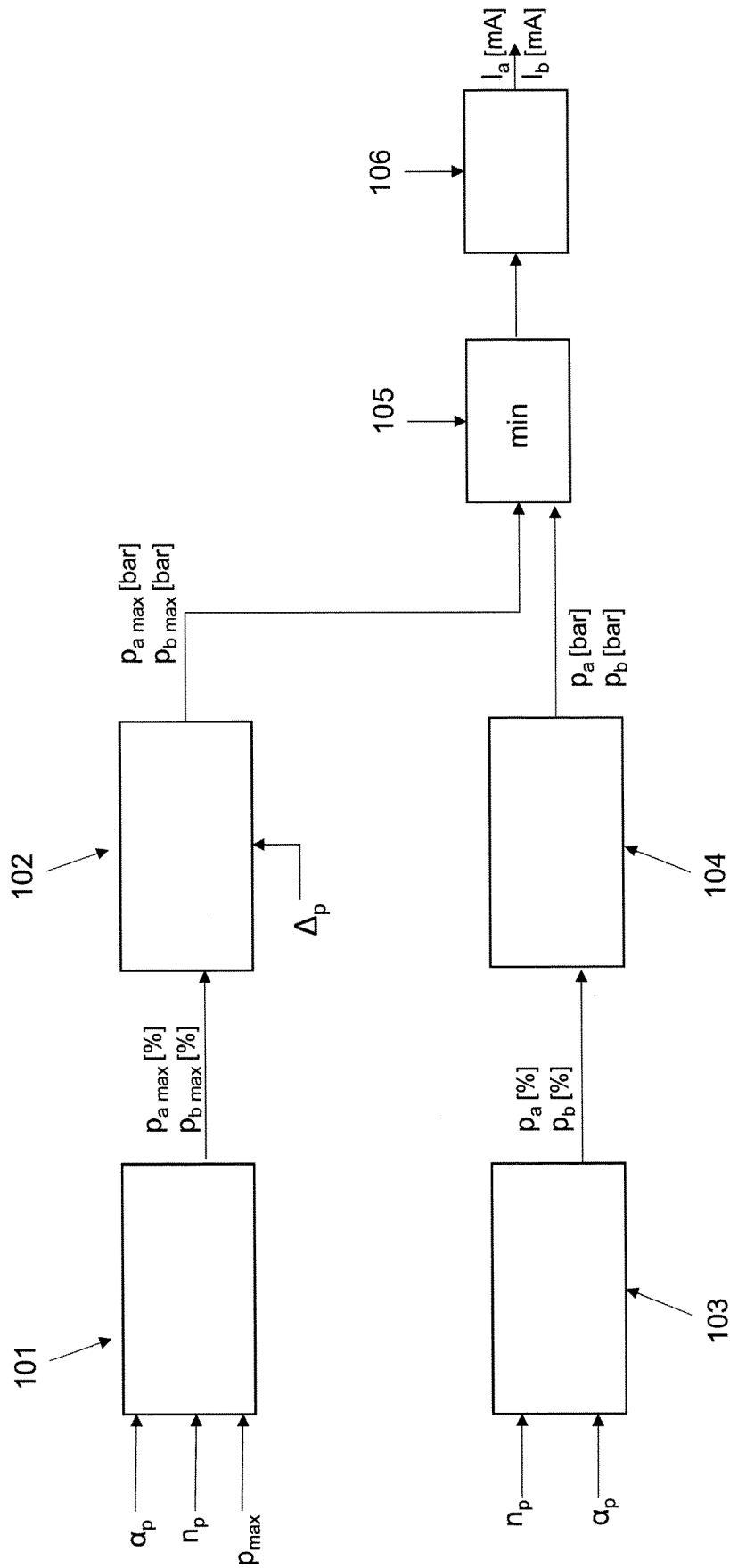


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102018210685 A1 [0006] [0009]