

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
4. Dezember 2014 (04.12.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/191099 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/38 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/001399

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Mai 2014 (23.05.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 009 147.0 31. Mai 2013 (31.05.2013) DE

(71) Anmelder: **MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH**
[DE/DE]; Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: **DÖLKER, Armin**; Im Winkel 6, 88048
Friedrichshafen (DE).

(74) Anwalt: **WINTER, Josef**; ROLLS-ROYCE POWER
SYSTEMS AG, Intellectual Property/CLP, Maybachplatz
1, 88045 Friedrichshafen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A PRESSURE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM REGELN EINES DRUCKS

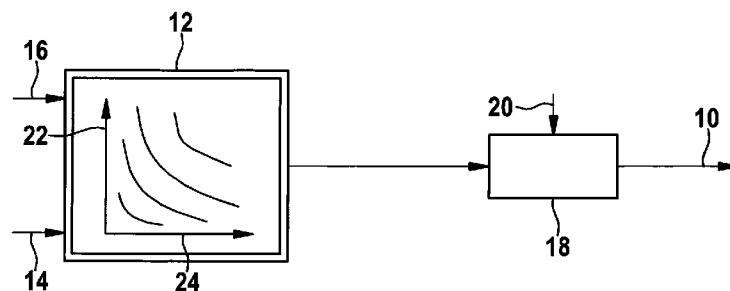


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method and an assembly for controlling the pressure in a high-pressure region of an injection system in an internal combustion engine.

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Verfahren und eine Anordnung zum Regeln des Drucks in einem Hochdruckbereich eines Einspritzsystems in einem Verbrennungsmotor vorgestellt.

WO 2014/191099 A2

BESCHREIBUNG

5 Verfahren zum Regeln eines Drucks

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln eines Drucks in einem Hochdruckbereich eines Einspritzsystems in einem Verbrennungsmotor und eine Anordnung zur Durchführung des vorgestellten Verfahrens.

10

In Verbrennungsmotoren werden Einspritzsysteme zum Einbringen des Kraftstoffs in die Brennräume eingesetzt. Unter dem Begriff Common-Rail-Einspritzung ist ein Einspritzsystem bekannt, das auch als Speichereinspritzung bezeichnet wird.

15 Bei einer Common-Rail-Einspritzung fördert eine Hochdruckpumpe Kraftstoff aus einem Niederdruckbereich in einen Druckspeicher, das sogenannte Rail. Dabei wird der Zulaufquerschnitt typischerweise über eine Saugdrossel bestimmt. An das Rail angeschlossen sind Injektoren, mit denen der Kraftstoff in die Brennräume, die Zylinder, eingespritzt wird.

20 Es ist erforderlich, den Druck im Rail auf einem bestimmten Niveau zu halten, um eine ausreichende Güte der Verbrennung zu gewährleisten. Hierzu ist eine Druckregelung vorgesehen. Diese umfasst bspw. einen Druckregler, die Saugdrossel mit der Hochdruckpumpe und das Rail. Der Druck im Rail ist somit die Regelgröße. Die gemessenen Druckwerte werden typischerweise über ein Filter in einen Ist-Raildruck gewandelt und mit einem Soll-Raildruck
25 verglichen. Die sich hieraus ergebende Abweichung wird über den Druckregler in ein Stellsignal für die Saugdrossel gewandelt. Der Druckregler, die Hochdruckpumpe mit Saugdrossel und das Rail bilden den Hochdruckregelkreis.

Es ist ein Hochdruckregelkreis bekannt, bei dem der Kraftstoffhochdruck mit Hilfe der
30 Saugdrossel geregelt wird. Der Kraftstoff wird hierbei mit Hilfe einer einzigen Hochdruckpumpe gefördert.

Außerdem bekannt ist eine Regelung des Kraftstoffhochdrucks, wiederum mit Hilfe einer Saugdrossel, wenn ein Common-Rail-System mit getrennten Rails vorliegt.

Die Druckschrift DE 103 42 130 A1 beschreibt ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit direkter Kraftstoffeinspritzung. Dabei wird der Kraftstoffdruck im Kraftstoffspeicher bzw. im Rail erfasst und eine Einspritzdauer auf Grundlage des erfassten Werts berechnet.

Weiterhin sind Einspritzsysteme bekannt, bei denen mehr als eine Kraftstoffsorte verbrannt werden. Einspritzsysteme, bei denen zwei unterschiedliche Kraftstoffarten bzw. -typen eingesetzt werden, werden als Dual-Fuel-Einspritzsysteme bezeichnet. Bei einem Dual-Fuel-Einspritzsystem können sowohl Dieseldieselkraftstoff als auch Benzin in den Brennraum des Motors eingespritzt werden.

Vor diesem Hintergrund werden ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Anordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 11 vorgestellt. Ausführungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und der Beschreibung.

Das vorgestellte Verfahren dient zum Regeln eines Drucks in einem Hochdruckbereich eines Einspritzsystems in einem Verbrennungsmotor, welcher mindestens eine Hochdruckpumpe umfasst, bei dem ein Sollhochdruck mit einem Isthochdruck verglichen wird, um eine Regelabweichung zu ermitteln, wobei die Regelabweichung eine Eingangsgröße eines Reglers darstellt, wobei die mindestens eine Hochdruckpumpe über ein Magnetventil gesteuert wird und als eine Stellgröße des Hochdruckregelkreises ein Winkel verwendet wird, bei dem eine Förderung von Kraftstoff durch die mindestens eine Hochdruckpumpe beginnen soll.

In Ausgestaltung wird der Winkel aus einem Sollvolumenstrom ermittelt. Weiterhin kann der Winkel mit einem Kennfeld ermittelt werden, dessen Eingangsgrößen die Motordrehzahl und der Sollvolumenstrom sind.

Als Regler kann ein PI(DT₁)-Hochdruckregler verwendet werden.

In einer weiteren Ausgestaltung sind eine Anzahl von Hochdruckpumpen vorgesehen, wobei die Anzahl bei der Berechnung des Sollvolumenstroms berücksichtigt wird.

Das Verfahren kann weiterhin in einem Hochdruckbereich eines Einspritzsystems durchgeführt werden, in dem mehrere Kraftstoffsorten verbrannt werden.

- Es wird weiterhin eine Anordnung zum Regeln eines Drucks in einem Hochdruckbereich eines Einspritzsystems in einem Verbrennungsmotor, welcher mindestens eine Hochdruckpumpe umfasst, vorgestellt, die insbesondere zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens ausgebildet ist. Dabei wird ein Sollhochdruck mit einem Isthochdruck verglichen, um eine Regelabweichung zu ermitteln, wobei die Regelabweichung eine Eingangsgröße eines Reglers darstellt, wobei die mindestens eine Hochdruckpumpe über ein Magnetventil gesteuert wird und als eine Stellgröße des Hochdruckregelkreises ein Winkel verwendet wird, bei dem eine Förderung von Kraftstoff durch die mindestens eine Hochdruckpumpe beginnen soll.

Als Regler kann ein $PI(DT_1)$ -Hochdruckregler dienen.

- Weiterhin kann die Anordnung für ein Einspritzsystem vorgesehen sein, in dem mehrere Kraftstoffsorten verbrannt werden.

- Bei dem vorgestellten Verfahren fördern somit in Ausgestaltung eine oder mehrere Hochdruckpumpen den Kraftstoff, bspw. Dieseldieselkraftstoff, in das Kraftstoff-Rail. Der Dieseldiesel-Hochdruck wird dabei üblicherweise mit Hilfe einer Saugdrossel auf den Dieseldiesel-Sollhochdruck geregelt. Eine oder mehrere weitere Hochdruckpumpen fördern bei einem Dual-Fuel-Einspritzsystem das Benzin in ein zweites separates Kraftstoff-Rail. Hierbei wird der Benzin-Hochdruck mit Hilfe einer Magnetventil-gesteuerten Hochdruckpumpe auf den Benzin-Sollhochdruck geregelt. Die Benzin-Hochdruckpumpe wird von der Nockenwelle angetrieben. Durch eine entsprechende Übersetzung ist die Drehzahl der Benzin-Hochdruckpumpe mit der Motordrehzahl identisch.

- Es ist zu beachten, dass ein Fördervorgang durch die Magnetventil-gesteuerte Hochdruckpumpe vier Phasen umfasst. In Phase 1 wird der Kolben der Benzin-Hochdruckpumpe nach unten bewegt. Das Magnetventil ist nicht bestromt, d. h. der Ansaugkanal ist offen. Dadurch wird in diesem Fall das Benzin aus dem Kraftstofftank angesaugt.

In Phase 2 bewegt sich der Kolben der Hochdruckpumpe nach oben. Das Magnetventil ist zunächst immer noch unbestromt, so dass weiterhin Benzin in das Zylinderinnere der Hochdruckpumpe strömen kann.

- 5 In Phase 3 wird das Magnetventil mit einem Stromsignal beaufschlagt, was zur Folge hat, dass der Ansaugkanal verschlossen wird. Da der Kolben der Hochdruckpumpe weiterhin in der Aufwärtsbewegung ist, wird im Inneren des Zylinders nun ein Druck aufgebaut. Übersteigt der Zylinderinnendruck schließlich den Raildruck, so wird das Benzin in das Rail gefördert.
- 10 Das Stromsignal, mit dem die Magnetventile beaufschlagt werden, ist aufgebaut wie das Stromsignal eines Injektors, hat also eine Anstiegsphase, eine Haltephase und eine Phase abfallenden Stroms. Zu beachten ist, dass die Förderung des Kraftstoffs dann beginnt, wenn die Anstiegsphase (pull-in time) abgeschlossen ist und die Haltephase beginnt.
- 15 In Phase 4 ist die Bestromung nicht mehr aktiv. Der Kolben ist weiterhin in der Aufwärtsbewegung. Durch den Zylinderinnendruck bleibt das Magnetventil geschlossen. Erreicht der Kolben den oberen Totpunkt, so ist die gesamte Kraftstoffmenge ausgestoßen. Anschließend bewegt sich der Kolben wieder nach unten.
- 20 Das vorgestellte Verfahren hat, zumindest in einigen der Ausführungen, folgende Merkmale:
- die Benzin-Hochdruckpumpe ist Magnetventil-gesteuert,
 - der Benzin-Sollhochdruck ist abhängig vom Sollmoment und der Motordrehzahl,
- 25
- die Stellgröße des Benzin-Hochdruckregelkreises ist der Förderbeginn; jede der Benzin-Hochdruckpumpen wird mit diesem Winkel beaufschlagt,
 - der Förderbeginn ist die Ausgangsgröße des Benzin-Pumpenkennfeldes, wenn der Motor läuft.
- 30 Eingangsgrößen dieses Kennfeldes sind die Motordrehzahl und der Sollvolumenstrom,
- der Sollvolumenstrom stellt den Soll-Kraftstoffvolumenstrom einer einzelnen Benzin-Hochdruckpumpe dar,

- der Gesamt-Kraftstoffsollvolumenstrom ist die begrenzte Summe des $PI(DT_1)$ -Hochdruckregler-Ausgangs und des Soll-Benzinverbrauchs als Störgröße,
- der Gesamt-Kraftstoffsollvolumenstrom wird durch die Anzahl der Benzin-Hochdruckpumpen dividiert, das Ergebnis stellt die Eingangsgröße des Benzin-Pumpenkennfeldes dar,
- der Proportionalbeiwert des Hochdruckreglers wird aus einem konstanten und einem dynamischen, vom Benzin-Hochdruck abhängigen Anteil berechnet,
- der integrierende Anteil des Benzin-Hochdruckreglers wird auf den Wert Null gesetzt, wenn der Motor noch in der Startphase ist und ein vorgebbarer Initialisierungshochdruck noch nicht erreicht ist,
- hat der Motor die Startphase verlassen oder den Initialisierungshochdruck erreicht, so wird der integrierende Anteil des Hochdruckreglers nach unten auf die negative Störgröße und nach oben in Abhängigkeit der Motordrehzahl begrenzt, wenn eine vorgebbare Grenzdrehzahl überschritten wird.

Es ist zu berücksichtigen, dass das beschriebene Verfahren sowohl bei einem einzelnen Rail als auch bei getrennten Rails verwendet werden kann.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen.

Es versteht sich, dass die voranstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Die Erfindung ist anhand von Ausführungsformen in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben.

Figur 1 zeigt die Berechnung des Sollhochdrucks.

Figur 2 zeigt die Berechnung des Benzin-Sollverbrauchs.

Figur 3 zeigt einen geschlossenen Benzin-Hochdruckregelkreis.

5 Figur 4 zeigt den Algorithmus des Benzin-Hochdruckreglers.

Figur 5 zeigt die Berechnung des dynamischen Proportionalbeiwerts.

Figur 6 zeigt die Begrenzung des Benzin-Sollvolumenstroms.

10

Figur 7 zeigt ein Flussdiagramm der Benzin-Hochdruckregelung.

Figur 1 zeigt, wie der Sollhochdruck des Benzin-Hochdruckreglers berechnet wird. Dabei wird der Sollhochdruck 10 zunächst aus einem 3-dimensionalen Kennfeld 12 mit den Eingangsgrößen
15 Motordrehzahl 14 und Sollmoment 16 ermittelt. Anschließend erfolgt noch eine Filterung mit Hilfe eines PT1-Filters 18. Eine Filterkonstante 20 kann ebenfalls vorgegeben werden. In dem Kennfeld 12 sind Verläufe des Sollmoments an einer Ordinate 22 über der Motordrehzahl an einer Abszisse 24 aufgetragen.

20 Figur 2 zeigt die Berechnung des Benzin-Sollverbrauchs 50, welcher die Störgröße des Benzin-Hochdruckreglers darstellt. Für diese Berechnung wird das Bezugszeichen 43 verwendet, siehe Figur 3.

Ist der Motor noch nicht synchronisiert, so erfolgt keine Einspritzung. In diesem Fall hat das
25 logische Signal 46 den Wert "wahr", und der Schalter 44 nimmt die obere Position ein. Dies bedeutet, dass der Benzin-Sollverbrauch 50 in diesem Fall identisch 0 ist. Bei erfolgter Synchronisierung nimmt der Schalter 44 die untere Position ein, d. h. in diesem Fall ist der Benzin-Sollverbrauch 50 mit dem Ausgangssignal 40 der Berechnungseinheit 42 identisch. Bei dieser Berechnungseinheit handelt es sich um einen Multiplikator mit den Eingangssignalen
30 Motordrehzahl 14, Anzahl aktiver Zylinder 32, Einspritzsollmenge 34 und einer Konstanten 36.

Figur 3 stellt den geschlossenen Benzin-Hochdruckregelkreis dar, der insgesamt mit der Bezugsziffer 100 bezeichnet ist. Die Differenz von Sollhochdruck 70 und gemessenem

Isthochdruck 72 ist die Regelabweichung 74. Diese stellt die Eingangsgröße eines PI(DT₁)-Reglers 76 dar. Die Ausgangsgröße 78 des PI(DT₁)-Reglers 76 wird mit der Störgröße 50 addiert, es ergibt sich der unbegrenzte Benzin-Sollvolumenstrom 82. Dieser wird in Abhängigkeit der Motordrehzahl 14 begrenzt (Block 86).

5

Da der Kraftstoff durch mehrere Förderpumpen gefördert wird, wird der begrenzte Sollvolumenstrom 88 anschließend durch die Anzahl der Pumpen 90 dividiert. Damit ist der resultierende Sollvolumenstrom 16 auf eine einzelne Pumpe bezogen. Mit Hilfe eines 3-dimensionalen Kennfeldes, dem Benzin-Pumpenkennfeld 12, mit den Eingangsgrößen

10 Motordrehzahl 14 und Sollvolumenstrom 16 wird der Winkel 92 ermittelt, bei dem die Förderung des Kraftstoffs beginnen soll.

Bei stehendem Motor kann kein Kraftstoff gefördert werden. In diesem Fall hat das logische Signal 94 den Wert "wahr" und der Schalter 93 nimmt die obere Position ein, wodurch der

15 Förderwinkel auf den Wert 0 ° gesetzt wird.

Mit dem resultierenden Förderwinkel 95 wird jede einzelne Benzin-Hochdruckpumpe 96 beaufschlagt. Dieser Winkel stellt die Stellgröße des Benzin-Hochdruckkreises 100 dar, der zudem ein Druckfilter 98 umfasst. Weiterhin zeigt die Darstellung ein Rail 102, in welches der

20 Kraftstoff von den Hochdruckpumpen 96 gefördert wird.

Figur 4 zeigt den PI(DT₁)-Algorithmus des Benzin-Hochdruckreglers. In Figur 3 wird für diesen Algorithmus das Bezugszeichen 76 verwendet.

25 Der Proportionalbeiwert 403 setzt sich additiv aus einem vorgebbaren, konstanten Wert 402 und einem dynamischen, vom Benzin-Hochdruck abhängigen Wert 401 zusammen. Der Proportionalbeiwert 403 wird mit der Hochdruck-Regelabweichung 74 multipliziert, wodurch sich der Proportional-Anteil 404 des PI(DT₁)-Algorithmusses ergibt. Die Hochdruck-Regelabweichung 74 wird dabei als Differenz von Benzin-Sollhochdruck 70 und Benzin-

30 Isthochdruck 72 berechnet.

Zur Berechnung des integrierenden Anteils (I-Anteil) des PI(DT₁)-Algorithmusses wird die aktuelle Hochdruck-Regelabweichung 74 zunächst mit der um einen Abtastschritt verzögerten Hochdruck-Regelabweichung 406 addiert. Diese Summe 407 wird mit Faktor 408 multipliziert,

wodurch sich das Produkt 409 ergibt. Dieses Produkt 409 wird mit dem um einen Abtastschritt verzögerten I-Anteil 411 addiert. Die Summe 412 ist das Eingangssignal des Funktionsblocks 413. Weitere Eingangssignale des Funktionsblocks 413 sind u. a. die Motoristdrehzahl 14. Der Funktionsblock 413 begrenzt den integrierenden Anteil des $PI(DT_1)$ -Algorithmusses nach unten und nach oben, wenn der Schalter 415 in der unteren Position ist. Die untere Grenze ist hierbei mit der negativen Störgröße 50 des Benzin-Hochdruckreglers, vgl. Figuren 2 und 3, identisch. Die obere Grenze ist identisch mit der oberen Begrenzung des Sollvolumenstroms 82: Die obere Grenze ist konstant, wenn die Motoristdrehzahl 84 kleiner oder gleich einer vorgebbaren Grenzdrehzahl ist. Ist die Motordrehzahl größer als diese Grenzdrehzahl, so ist die obere Grenze proportional zur Motordrehzahl, vgl. Figur 6.

Ist der Schalter 415 in der oberen Position, so ist der integrierende Anteil identisch 0. Dies ist dann der Fall, wenn das logische Signal 416 den Wert "wahr" annimmt. Das Signal 416 nimmt den Wert "wahr" dann an, wenn der Isthochdruck 72 kleiner als ein vorgebbarer Grenzwert 428 ist und der Motor gleichzeitig noch in der Startphase ist, d. h. die Leerlaufdrehzahl nach dem Starten des Motors noch nicht erreicht hat. In diesem Fall nimmt Signal 429 den Wert 1 an. Der I-Anteil 417 des $PI(DT_1)$ -Algorithmusses wird noch mit dem Faktor 418 multipliziert. Das Ergebnis 419 wird schließlich zum Proportional-Anteil 404 hinzuaddiert.

Bei der Berechnung des DT_1 -Anteils wird die um einen Abtastschritt verzögerte aktuelle Hochdruck-Regelabweichung 406 von der aktuellen Hochdruck-Regelabweichung 74 subtrahiert. Die Differenz 420 wird anschließend mit dem Faktor 421 multipliziert, wodurch sich das Produkt 422 ergibt. Zu diesem Produkt wird der um einen Abtastschritt verzögerte und mit dem Faktor 425 multiplizierte DT_1 -Anteil 426 addiert, wodurch sich der aktuelle DT_1 -Anteil 427 ergibt. Die Summe von Proportional-Anteil 404, I-Anteil 419 und DT_1 -Anteil 427 ergibt schließlich den $PI(DT_1)$ -Anteil 78.

Bei den Funktionsblöcken 405, 410 und 423 handelt es sich um Totzeitglieder, welche das jeweilige Eingangssignal um einen Abtastschritt verzögern.

30

Die Berechnung des dynamischen Proportionalbeiwerts 401 ist in Figur 5 dargestellt. Dieser Wert ist an einer Ordinate 200 über dem Benzin-Hochdruck an einer Abszisse 202 aufgetragen.

Ist der Benzin-Hochdruck kleiner als der Grenzwert 204, so ist der dynamische Proportionalbeiwert mit dem konstanten, vorgebbaren Wert 206 identisch.

- Ist der Benzin-Hochdruck größer als der Grenzwert 208, so ist der dynamische
- 5 Proportionalbeiwert mit dem konstanten, ebenfalls vorgebbaren Wert 210 identisch.

Ist der Benzin-Hochdruck kleiner oder gleich dem oberen Grenzwert 208 und größer oder gleich dem unteren Grenzwert 204, so ist der dynamische Proportionalbeiwert linear vom Benzin-Hochdruck abhängig.

10

Figur 6 stellt die Begrenzung des Benzin-Sollvolumenstroms 82 dar. In Figur 3 wird hierfür das Bezugszeichen 86 verwendet.

- Liegt ein Motorstopp vor, so ist das Signal 510 mit dem Wert "wahr" identisch und der Schalter
- 15 509 nimmt die obere Position ein. Damit ist der begrenzte Benzin-Sollvolumenstrom 88 identisch 0.

Liegt hingegen kein Motorstopp vor, so ist der begrenzte Benzin-Sollvolumenstrom 88 mit dem Ausgang des Schalters 504, Signal 508, identisch.

20

- Der obere Begrenzungswert des Benzin-Sollvolumenstroms ist identisch mit Signal 507, dem Ausgangswert des Funktionsblocks 505. Ist der unbegrenzte Benzin-Sollvolumenstrom 82 größer als der obere Begrenzungswert 507, so nimmt der Schalter 504 die untere Position ein, d. h. in diesem Fall ist das Signal 508 mit dem Signal 507 identisch. Somit ist der begrenzte
- 25 Benzin-Sollvolumenstrom 88 immer dann, wenn kein Motorstopp vorliegt und der obere Begrenzungswert überschritten wird, mit dem oberen Begrenzungswert 507 des Benzin-Sollvolumenstroms identisch. Der obere Begrenzungswert 507 wird hierbei als Ausgang des Funktionsblocks 505 in Abhängigkeit der Motordrehzahl 14 berechnet: Ist die Motordrehzahl kleiner oder gleich als die vorgebbare Grenzdrehzahl 506, so nimmt das Signal 507 einen
- 30 konstanten Wert an. Ist die Motordrehzahl größer als die Grenzdrehzahl 506, so steigt der obere Begrenzungswert 507 linear mit der Motordrehzahl an.

Ist der unbegrenzte Benzin-Sollvolumenstrom 82 kleiner oder gleich als der obere Begrenzungswert 507, so nimmt der Schalter 504 die obere Position ein. In diesem Fall ist das

Signal 508 mit dem Ausgang des Schalters 502 identisch. Nimmt der unbegrenzte Benzin-Sollvolumenstrom 82 einen negativen Wert an, so wird die obere Position des Schalters 502 aktiv, d. h. in diesem Fall ist der Ausgang des Schalters 502 mit dem Wert 0 identisch. Ist der unbegrenzte Benzin-Sollvolumenstrom 82 hingegen größer oder gleich 0, so nimmt der Schalter
5 502 die untere Position ein, wodurch dessen Ausgang mit dem unbegrenzten Benzin-Sollvolumenstrom 82 identisch ist.

Figur 7 stellt in einem Flussdiagramm den Betrieb der Benzin-Hochdruckregelung dar. In Schritt S1 wird der Benzin-Hochdruck 72 eingelesen. In Schritt S2 wird die Benzin-
10 Hochdruckregelabweichung 74 als Differenz von Benzin-Sollhochdruck 70 und Benzin-Isthochdruck 72 berechnet.

Mit Schritt S3 wird die Ausgangsgröße des PI(DT₁)-Hochdruckreglers berechnet. Mit Schritt S4 wird der unbegrenzte Sollvolumenstrom als Summe von PI(DT₁)-Hochdruckregler-
15 Ausgangsgröße und Benzin-Sollverbrauch berechnet (Störgrößenaufschaltung). Mit Schritt S5 wird der Benzin-Sollvolumenstrom begrenzt.

In Schritt S6 wird der begrenzte Sollvolumenstrom durch die Anzahl der Benzin-Hochdruckpumpen dividiert. In Schritt S7 wird der Förderwinkel 95 als Ausgangsgröße des
20 Benzin-Pumpenkennfeldes berechnet. In Schritt S8 wird abgefragt, ob der Motor steht. Ist dies der Fall, so wird der Förderwinkel auf den Wert 0 ° gesetzt (Schritt 10). Steht der Motor nicht, so ist der Förderwinkel mit der Ausgangsgröße des Benzin-Pumpenkennfeldes identisch (Schritt 9). Im folgenden wird der Programmablauf wieder mit dem Schritt S1 fortgesetzt.

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Regeln eines Drucks in einem Hochdruckbereich eines Einspritzsystems in einem Verbrennungsmotor, welcher mindestens eine Hochdruckpumpe umfasst, bei dem
5 ein Sollhochdruck mit einem Isthochdruck verglichen wird, um eine Regelabweichung zu ermitteln, wobei die Regelabweichung eine Eingangsgröße eines Reglers darstellt, wobei die mindestens eine Hochdruckpumpe über ein Magnetventil gesteuert wird und als eine Stellgröße des Hochdruckregelkreises ein Winkel verwendet wird, bei dem eine Förderung von Kraftstoff durch die mindestens eine Hochdruckpumpe beginnen soll.
10
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Winkel aus einem Sollvolumenstrom ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der Winkel mit einem Kennfeld ermittelt wird,
15 dessen Eingangsgrößen die Motordrehzahl und der Sollvolumenstrom sind.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem als Regler ein $PI(DT_1)$ -Hochdruckregler verwendet wird.
- 20 5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem der Proportionalbeiwert in Abhängigkeit des Isthochdrucks berechnet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem der integrierende Anteil mit dem Wert 0 initialisiert wird, solange der Motor noch in der Startphase ist und der Isthochdruck kleiner als ein
25 vorgebbarer Grenzwert ist.
7. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem der integrierende Anteil nach oben in Abhängigkeit der Motordrehzahl begrenzt wird, wenn eine vorgebbare Grenzdrehzahl überschritten wird.
- 30 8. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem der integrierende Anteil nach unten auf den negativen Kraftstoff-Sollverbrauch begrenzt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem eine Anzahl von Hochdruckpumpen vorgesehen ist, wobei die Anzahl bei der Berechnung des Sollvolumenstroms berücksichtigt wird.
- 5 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, das in einem Hochdruckbereich eines Einspritzsystems durchgeführt wird, in dem mehrere Kraftstoffsorten verbrannt werden.
- 10 11. Anordnung zum Regeln eines Drucks in einem Hochdruckbereich eines Einspritzsystems in einem Verbrennungsmotor, welcher mindestens eine Hochdruckpumpe umfasst, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei ein Sollhochdruck mit einem Isthochdruck verglichen wird, um eine Regelabweichung zu ermitteln, wobei die Regelabweichung eine Eingangsgröße eines Reglers darstellt, wobei die mindestens eine Hochdruckpumpe über ein Magnetventil gesteuert wird und als eine Stellgröße des Hochdruckregelkreises ein Winkel verwendet wird, bei dem eine Förderung von Kraftstoff durch die mindestens eine Hochdruckpumpe
15 beginnen soll.
12. Anordnung nach Anspruch 11, bei der als Regler ein PI(DT₁)-Hochdruckregler dient.
- 20 13. Anordnung nach Anspruch 11 oder 12, die für ein Einspritzsystem ausgelegt ist, in dem mehrere Kraftstoffsorten verbrannt werden.

1 / 6

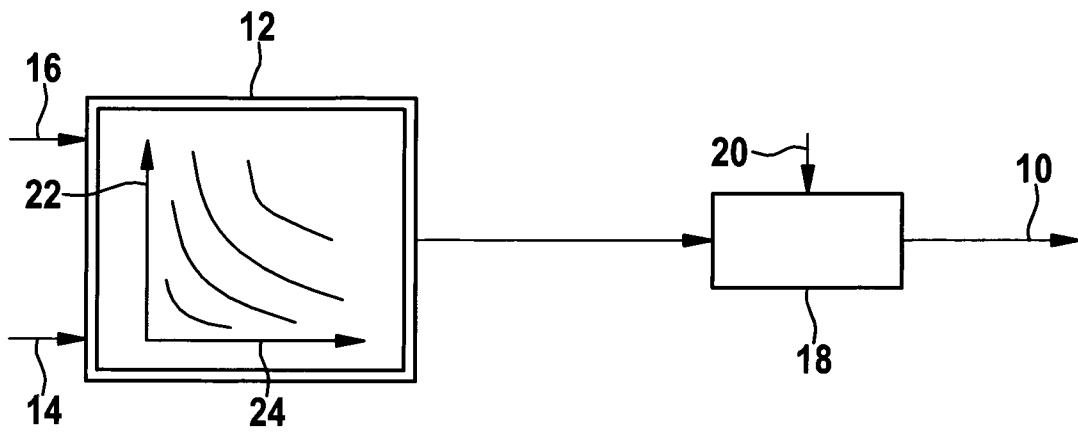


Fig. 1

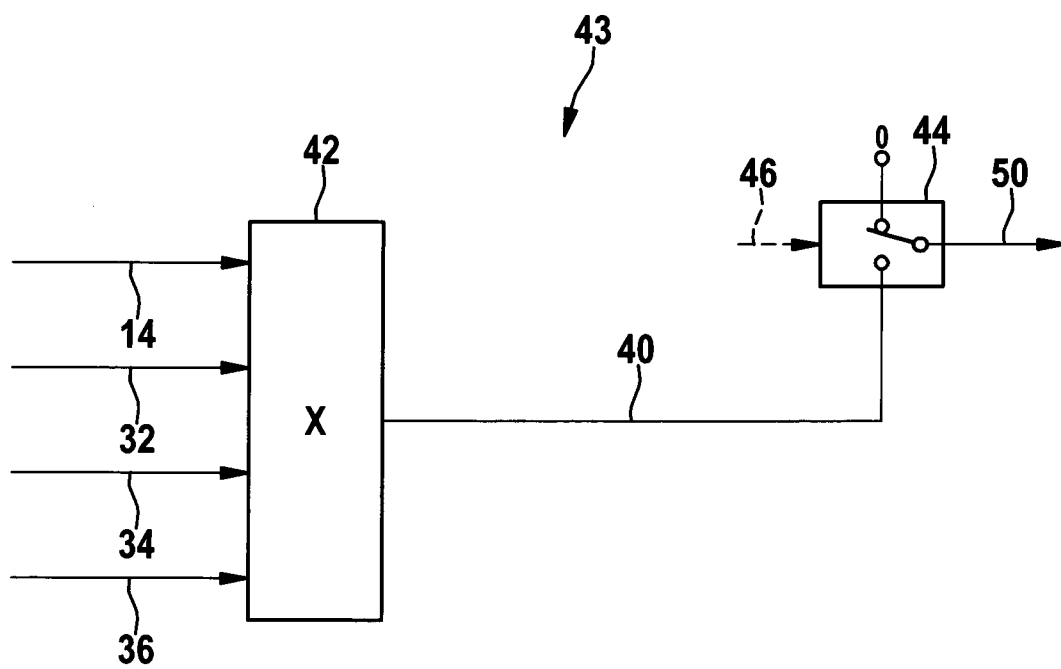


Fig. 2

2 / 6

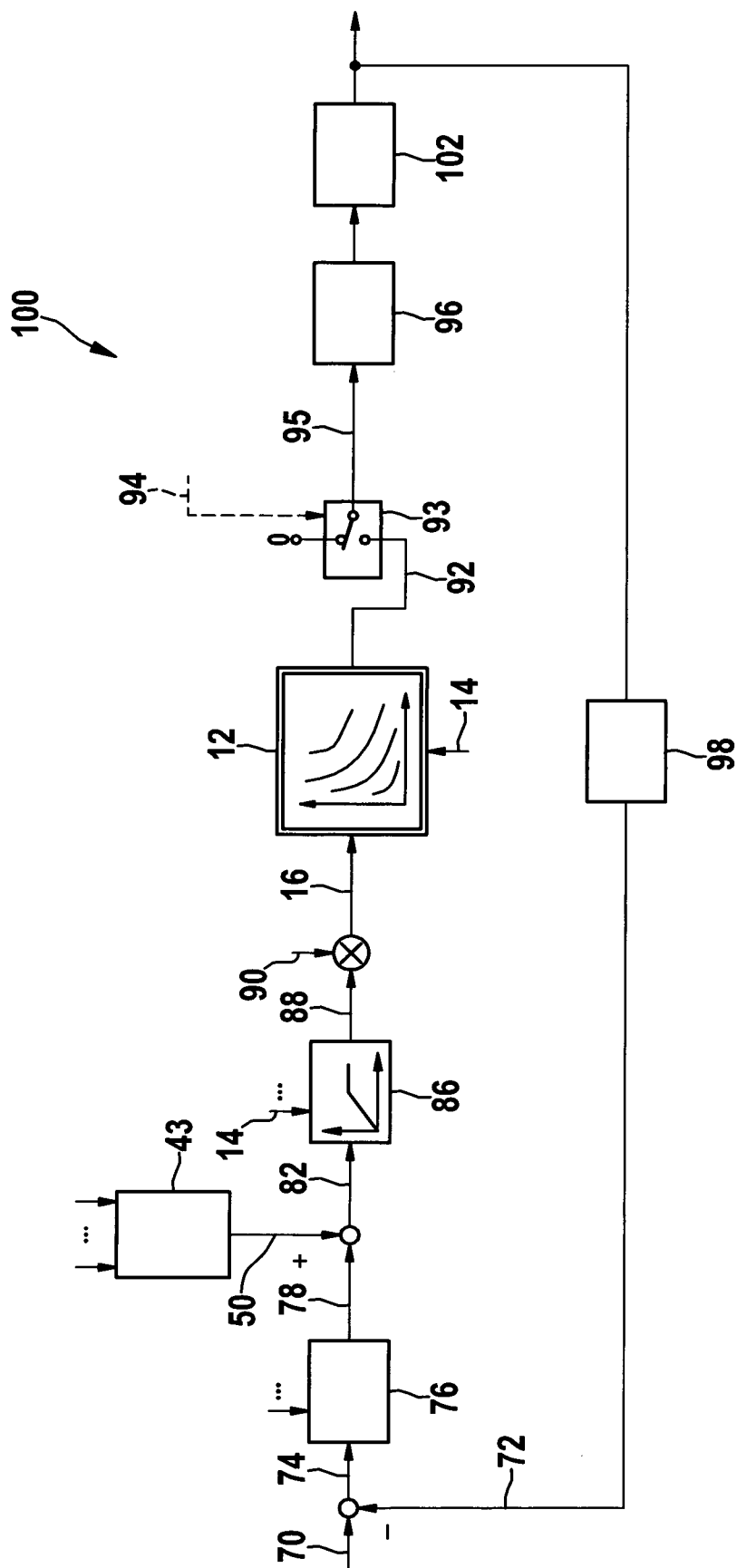


Fig. 3

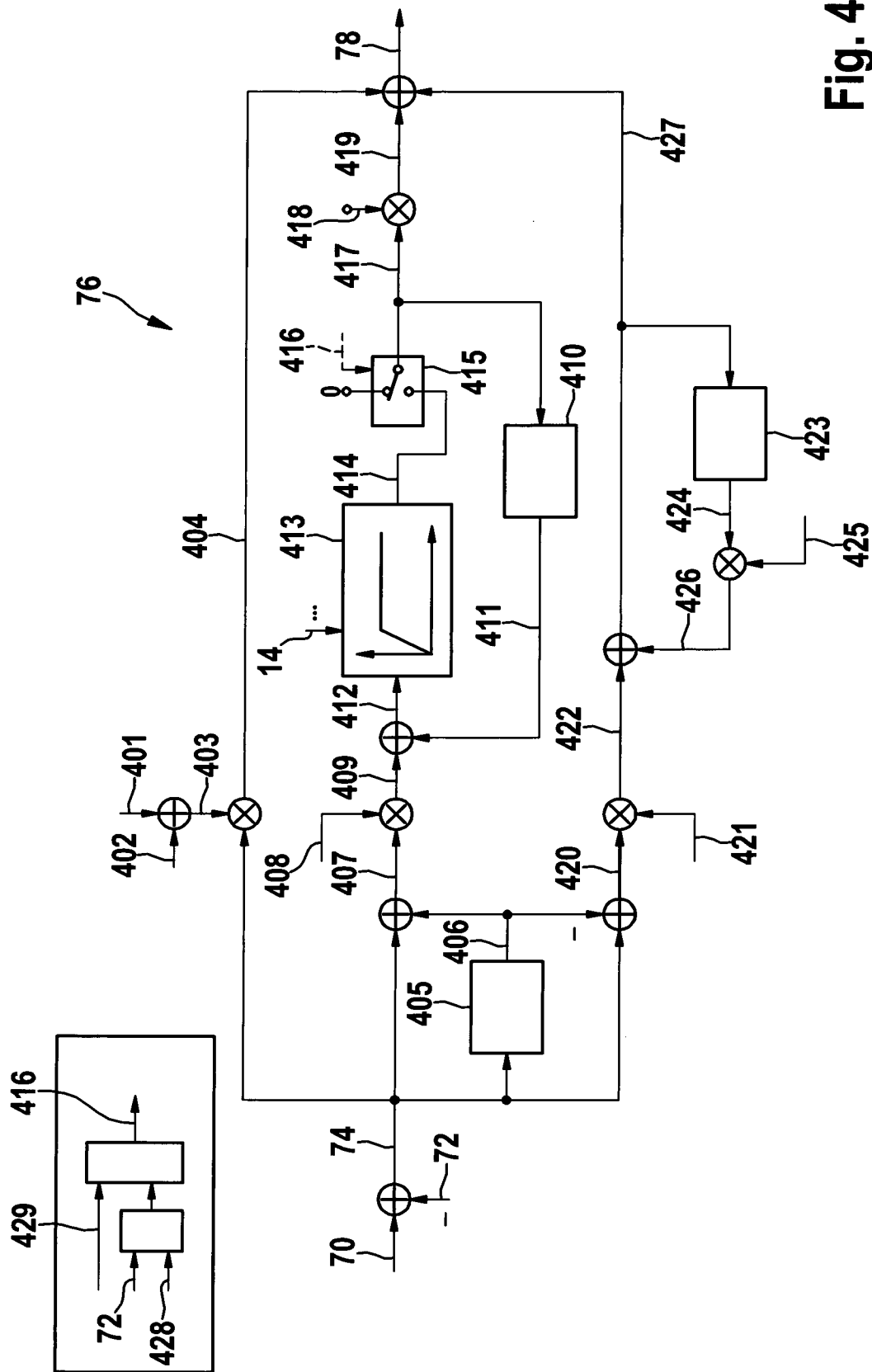


Fig. 4

4 / 6

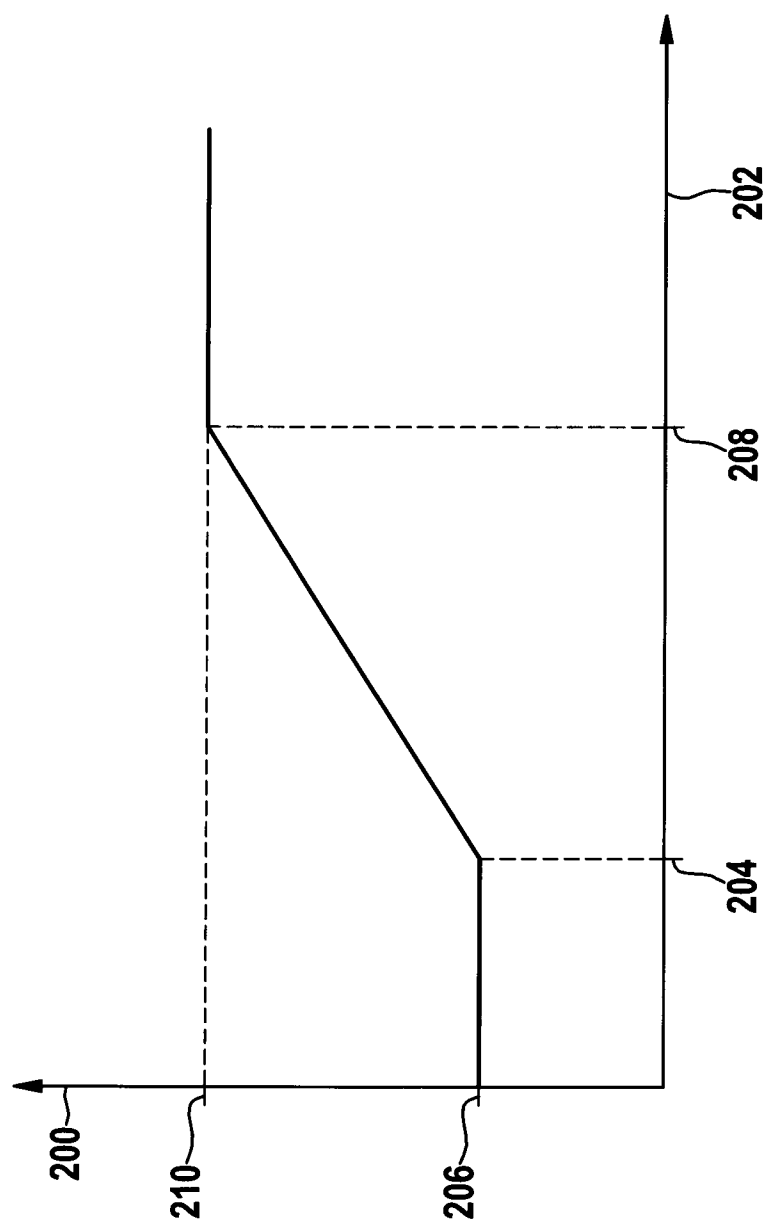


Fig. 5

5 / 6

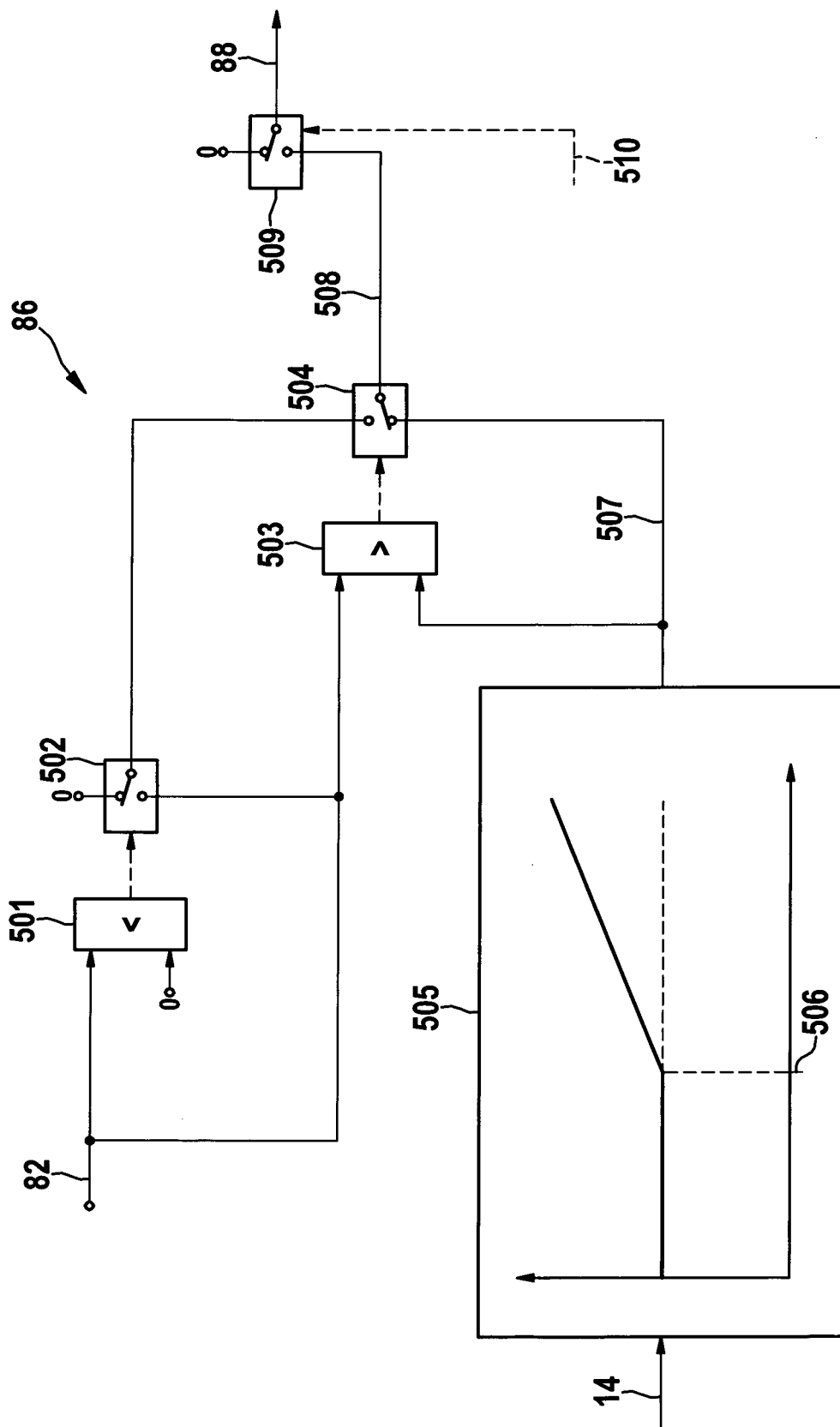


Fig. 6

6 / 6

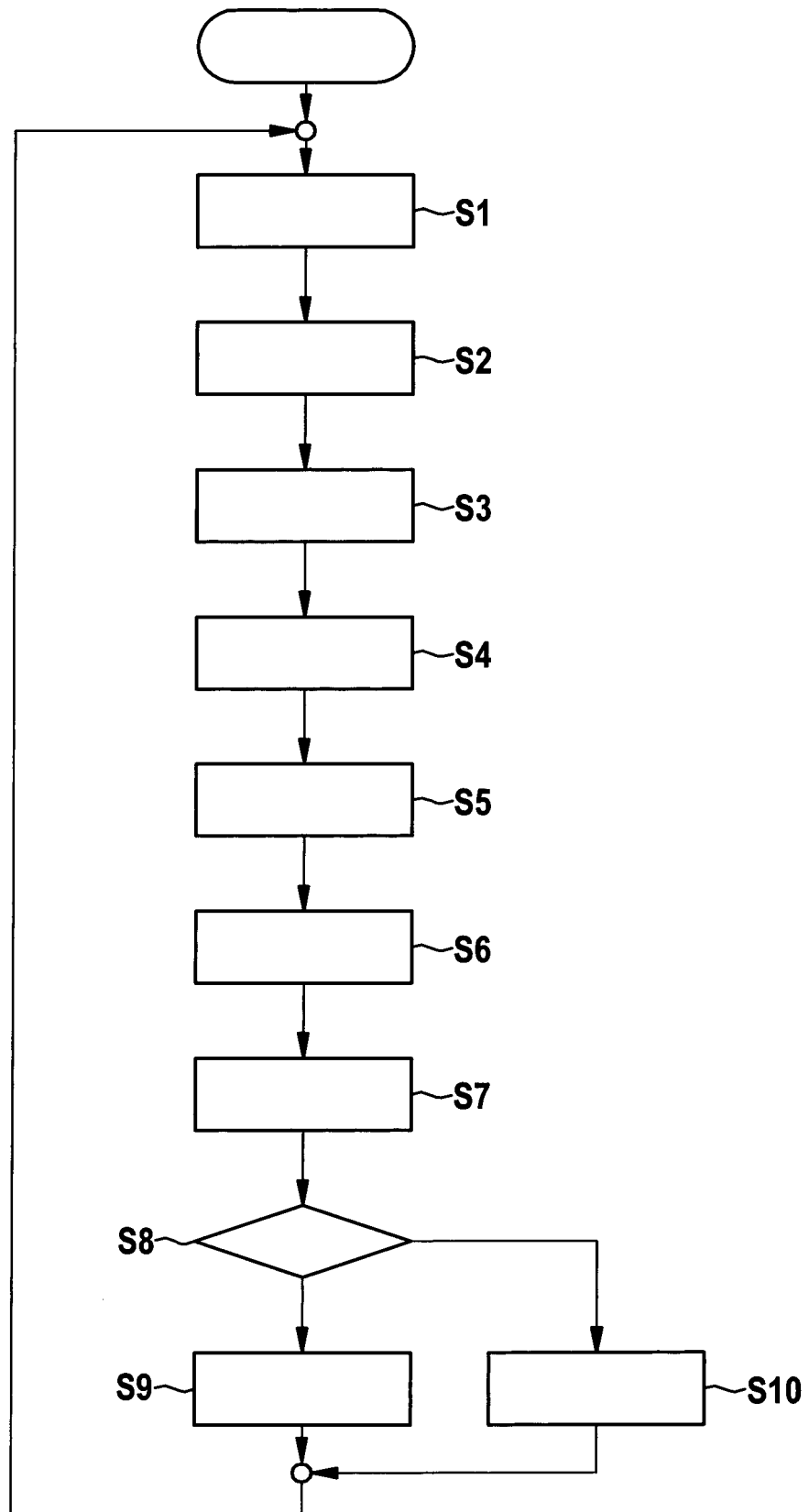


Fig. 7