

(19)



(11)

EP 3 688 298 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

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

23.04.2025 Patentblatt 2025/17

(21) Anmeldenummer: **18773402.5**

(22) Anmeldetag: **17.09.2018**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

F02D 41/22 ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

F02D 41/22; F02D 31/007; F02D 41/38;

F02D 41/3845; F02D 2041/224; F02D 2041/228;

F02D 2200/0602; F02D 2250/31

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2018/075076

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2019/057666 (28.03.2019 Gazette 2019/13)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE MIT EINEM EINSPRITZSYSTEM UND EINSPRITZSYSTEM ZUR DURCHFÜHRUNG EINES SOLCHEN VERFAHRENS**

METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING AN INJECTION SYSTEM, AND INJECTION SYSTEM FOR CARRYING OUT SUCH A METHOD

PROCÉDÉ PERMETTANT DE FAIRE FONCTIONNER UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE MUNI D'UN SYSTÈME D'INJECTION ET SYSTÈME D'INJECTION PERMETTANT LA MISE EN OEUVRE DUDIT PROCÉDÉ

(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**

(30) Priorität: **25.09.2017 DE 102017216989**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

05.08.2020 Patentblatt 2020/32

(73) Patentinhaber: **Rolls-Royce Solutions GmbH**

88045 Friedrichshafen (DE)

(72) Erfinder: **DÖLKER, Armin**

88048 Friedrichshafen (DE)

(74) Vertreter: **Kordel, Mattias et al**

Gleiss Große Schrell und Partner mbB

Patentanwälte Rechtsanwälte

Leitzstrasse 45

70469 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A2- 1 441 120

EP-A2- 2 593 654

DE-A1- 102008 043 861

DE-A1- 102015 223 703

DE-A1- 19 937 962

DE-B3- 102011 100 187

EP 3 688 298 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Einspritzsystem sowie ein Einspritzsystem für eine Brennkraftmaschine, das eingerichtet ist zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

[0002] Aus der deutschen Patentschrift DE 10 2014 213 648 B3 ist ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Einspritzsystem bekannt, bei dem ein Hochdruck in einem Hochdruckspeicher über eine niederdruckseitige Saugdrossel als erstem Druckstellglied in einem ersten Hochdruck-Regelkreis geregelt wird, wobei in einem Normalbetrieb eine Hochdruck-Störgröße über ein hochdruckseitiges Druckregelventil als zweitem Druckstellglied erzeugt wird, über welches Kraftstoff aus dem Hochdruckspeicher in ein Kraftstoffreservoir abgesteuert wird. Dabei ist vorgesehen, dass der Hochdruck in einem Schutzbetrieb mittels des Druckregelventils über einen zweiten Hochdruck-Regelkreis geregelt wird, oder dass das Druckregelventil in dem Schutzbetrieb dauerhaft geöffnet wird. Insbesondere ist dabei vorgesehen, dass eine erste Betriebsart des Schutzbetriebs gesetzt wird, wenn der Hochdruck einen ersten Druckgrenzwert erreicht oder überschreitet, wobei das Druckregelventil in der ersten Betriebsart die Regelung des Hochdrucks übernimmt. Eine zweite Betriebsart des Schutzbetriebs wird gesetzt, wenn der Hochdruck einen zweiten Druckgrenzwert überschreitet oder wenn ein Defekt eines Hochdrucksensors erkannt wird, wobei das Druckregelventil in der zweiten Betriebsart dauerhaft geöffnet wird. Auf diese Weise kann ein unzulässiger Anstieg des Hochdrucks verhindert werden.

[0003] DE 10 2011 100187 B3 beschreibt ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Einspritzsystem, das einen Hochdruckspeicher aufweist, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0004] Überschreitet der Hochdruck allerdings einen bestimmten Schwellenwert gleichwohl, werden insbesondere Bauteile von Injektoren des Einspritzsystems so stark beansprucht, dass eine Beschädigung die Folge ist oder zumindest droht. Bisher zur Regelung und Überwachung des Hochdrucks in einem Hochdruckspeicher vorgesehene Verfahren umfassen keine Maßnahmen, die geeignet sind, mit solchen Situationen umzugehen und Injektoren des Einspritzsystems effizient zu schützen.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Einspritzsystem sowie ein Einspritzsystem, welches eingerichtet ist zur Durchführung eines solchen Verfahrens, zu schaffen, wobei die genannten Nachteile vermieden werden.

[0006] Die Aufgabe wird gelöst, indem die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche geschaffen werden. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0007] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst, das zum Betreiben einer

[0008] Brennkraftmaschine mit einem Einspritzsystem - zum Einspritzen von Kraftstoff in wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine - geschaffen wird, wobei das Einspritzsystem einen Hochdruckspeicher aufweist, und wobei ein momentaner Hochdruck in dem Hochdruckspeicher mittels eines Hochdrucksensors zeitabhängig überwacht wird. Dabei ist vorgesehen, dass eine erste Alarmstufe gesetzt wird, wenn ein erster, vorbestimmter Hochdruck-Grenzwert von dem momentanen Hochdruck für eine vorbestimmte Grenz-Zeitdauer ununterbrochen überschritten ist. Alternativ wird die erste Alarmstufe gesetzt, wenn der erste vorbestimmte Hochdruck-Grenzwert durch den momentanen Hochdruck erstmals mit einer vorbestimmten, ersten Grenzhäufigkeit überschritten ist. Auf diese Weise ist es möglich, nicht nur allgemein einen Anstieg des Hochdrucks und ein Überschreiten des Hochdruck-Grenzwerts als solches zu überwachen, sondern auch festzustellen, für wie lange der momentane Hochdruck den Hochdruck-Grenzwert ununterbrochen überschreitet, und/oder mit welcher Häufigkeit der momentane Hochdruck den vorbestimmten Hochdruck-Grenzwert überschreitet. Hierbei handelt es sich um relevante Parameter mit Blick auf die Funktionsfähigkeit von Injektoren des Einspritzsystems, da diese insbesondere durch eine zu lange sowie zu häufige Belastung mit einem unzulässig hohen Druck beschädigt werden können. Die vorbestimmte Grenz-Zeitdauer und/oder die vorbestimmte, erste Grenzhäufigkeit sind dabei insbesondere so gewählt, dass bei deren Erreichen oder Überschreiten eine Beschädigung der Injektoren des Einspritzsystems zu befürchten ist, sodass Maßnahmen getroffen werden sollten, um diese zu schützen, bevorzugt aber auch auszutauschen oder zumindest einer Wartung zu unterziehen.

[0009] Besonders bevorzugt wird die erste Alarmstufe sowohl gesetzt, wenn der momentane Hochdruck - erstmals - den ersten Hochdruck-Grenzwert für die vorbestimmte Grenz-Zeitdauer ununterbrochen überschritten hat, als auch wenn der momentane Hochdruck den ersten Hochdruck-Grenzwert mit der ersten vorbestimmten Grenzhäufigkeit erstmals überschritten hat. Auf diese Weise können beide relevanten Aspekte zum Schutz der Injektoren und zur Sicherheit des Betriebs der Brennkraftmaschine beachtet werden.

[0010] Das Einspritzsystem ist eingerichtet zum Einspritzen von Kraftstoff in wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine. Der Hochdruckspeicher ist dabei bevorzugt als gemeinsamer Hochdruckspeicher für eine Mehrzahl von Kraftstoffinjektoren ausgebildet, wobei die Kraftstoffinjektoren mit dem Hochdruckspeicher strömungstechnisch verbunden und eingerichtet sind, um Kraftstoff direkt in Brennräume der Brennkraftmaschine einzuspritzen. Ein solches Einspritzsystem wird auch als Common-Rail-System bezeichnet. Ein solcher Hochdruckspeicher wird auch als gemeinsame Leiste

oder Rail, insbesondere Common Rail, bezeichnet.

[0011] Dass die erste Alarmstufe gesetzt wird, bedeutet insbesondere, dass intern in einem zur Steuerung des Einspritzsystems, vorzugsweise zur Steuerung der Brennkraftmaschine, eingerichteten Steuergerät eine entsprechende Variable, ein Flag, oder dergleichen, gesetzt wird, welche(s) die erste Alarmstufe repräsentiert. Vorzugsweise wird die erste Alarmstufe zusätzlich nach außen, insbesondere an einen Betreiber der Brennkraftmaschine, kommuniziert, insbesondere durch eine geeignete Ausgabe, sei es eine Meldung in Form einer Textausgabe, ein Aufleuchten einer hierfür vorgesehenen Signalleuchte, ein akustisches Signal, ein Vibrationssignal, oder ein anderes geeignetes Mittel, um einem Betreiber der Brennkraftmaschine das Setzen der ersten Alarmstufe zu signalisieren. Die erste Alarmstufe bedeutet insbesondere, dass eine hohe Gefahr für die Injektoren des Einspritzsystems besteht, und/oder dass bereits ein Schaden an den Injektoren zumindest eingetreten sein könnte. Die erste Alarmstufe entspricht insbesondere einem Rotalarm, bei welchem ein weiterer Betrieb der Brennkraftmaschine und insbesondere des Einspritzsystems nicht mehr oder höchstens noch eingeschränkt möglich ist.

[0012] Die Prüfung, ob der momentane Hochdruck den ersten Hochdruck-Grenzwert erstmals mit der vorbestimmten ersten Grenz-Häufigkeit überschritten hat, erfolgt bevorzugt unabhängig von der Zeitdauer der jeweiligen Überschreitungen. Es wird also insoweit nur erfasst, ob der momentane Hochdruck überhaupt den ersten Hochdruck-Grenzwert überschreitet, insbesondere unabhängig davon, für wie lange dies erfolgt.

[0013] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass eine Erfassung einer Zeitdauer der Überschreitung des ersten Hochdruck-Grenzwerts durch den momentanen Hochdruck - neu - gestartet wird, wenn der momentane Hochdruck den ersten Hochdruck-Grenzwert von unterhalb des ersten Hochdruck-Grenzwerts erreicht oder überschreitet. Dabei bedeutet "von unterhalb", dass der momentane Hochdruck von kleineren Hochdruckwerten her kommend den ersten Hochdruck-Grenzwert erreicht oder zu höheren Hochdruckwerten hin überschreitet. Die erfasste Zeitdauer wird dann mit der vorbestimmten Grenz-Zeitdauer verglichen. Sobald die erfasste Zeitdauer die vorbestimmte Grenz-Zeitdauer erreicht oder überschreitet, wird vorzugsweise die erste Alarmstufe gesetzt. Dies erfolgt vorzugsweise in Echtzeit, der momentane Hochdruck wird also dauerhaft und fortlaufend überwacht, und es wird erfasst, für wie lange er oberhalb des ersten Hochdruck-Grenzwerts verweilt oder auf dem ersten Hochdruck-Grenzwert verharrt. Dass die Erfassung dieser Zeitdauer gestartet wird, bedeutet insbesondere, dass die Erfassung neu initialisiert wird, wobei die Erfassung der Zeitdauer bei 0 Sekunden beginnt.

[0014] Es ist vorgesehen, dass ein Häufigkeitswert, der eine momentane Häufigkeit der Überschreitung des ersten Hochdruck-Grenzwerts durch den momenta-

nen Hochdruck angibt, inkrementiert wird, wenn der momentane Hochdruck den ersten Hochdruck-Grenzwert von unterhalb eines zweiten Hochdruck-Grenzwerts her erreicht oder überschreitet, wobei der zweite Hochdruck-Grenzwert kleiner ist als der erste Hochdruck-Grenzwert. Bei der Erfassung der Häufigkeit der Überschreitung des ersten Hochdruck-Grenzwerts wird somit eine Hysterese berücksichtigt, wobei der zweite Hochdruck-Grenzwert insbesondere um einen Hysterese-Differenzdruckwert kleiner ist als der erste Hochdruck-Grenzwert. Überschreitet demnach der momentane Hochdruck beispielsweise nach einem Start oder einer Inbetriebnahme der Brennkraftmaschine - dann zwangsläufig auch von unterhalb des zweiten Hochdruck-Grenzwerts her kommend - den ersten Hochdruck-Grenzwert, wird der Häufigkeitswert - insbesondere von 0 - inkrementiert, insbesondere um 1 erhöht. Fällt der momentane Hochdruck dann unter den ersten Hochdruck-Grenzwert, wobei er allerdings den zweiten Hochdruck-Grenzwert nicht unterschreitet, und überschreitet er in der Folge wieder den ersten Hochdruck-Grenzwert nach oben - allerdings nur von oberhalb des zweiten Hochdruck-Grenzwerts her kommend - wird der Häufigkeitswert nicht erneut inkrementiert. Erst wenn der momentane Hochdruck wieder unter den zweiten Hochdruck-Grenzwert abgefallen ist und danach erneut den ersten Hochdruck-Grenzwert von unten her überschreitet, wird der Häufigkeitswert erneut inkrementiert. Der momentane Hochdruck muss also von oberhalb des ersten Hochdruck-Grenzwerts unter den zweiten Hochdruck-Grenzwert abgefallen sein, damit danach der Häufigkeitswert inkrementiert wird. Dies erlaubt eine geeignete Trennung voneinander unabhängiger, für eine mögliche Schädigung der Injektoren relevanter Ereignisse, wobei Druckschwankungen um den ersten Hochdruck-Grenzwert, bei denen der zweite Hochdruck-Grenzwert nicht unterschritten wird, als zusammenhängendes Ereignis betrachtet werden. Dies kann insbesondere so aufgefasst werden, dass bei solchen Schwankungen dem Injektor kein erneuter Druckstoß vermittelt wird. Eine mögliche Beschädigung der Injektoren durch dauerhaft zu hohen Druck wird demgegenüber erfasst, indem die Zeitdauer der Überschreitung des ersten Hochdruck-Grenzwerts durch den momentan Hochdruck erfasst und mit der vorbestimmten Grenz-Zeitdauer verglichen wird.

[0015] Der Häufigkeitswert wird mit der vorbestimmten ersten Grenz-Häufigkeit verglichen. Auch dies erfolgt bevorzugt in Echtzeit, insbesondere fortlaufend und dauerhaft, wobei die erste Alarmstufe gesetzt wird, wenn der Häufigkeitswert erstmals die vorbestimmte, erste Grenz-Häufigkeit erreicht oder überschreitet.

[0016] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die erfasste Zeitdauer zurückgesetzt, also zu null gesetzt wird, wenn der momentane Hochdruck den ersten Hochdruck-Grenzwert von oberhalb des ersten Hochdruck-Grenzwerts her - also von Hochdruckwerten her kommend, die größer sind als der erste Hochdruck-Grenzwert - unterschreitet. Die Zeitdauer

wird also nicht kumuliert erfasst, sondern die Messung wird jedes Mal neu initialisiert und gestartet, wenn der momentane Hochdruck den ersten Hochdruck-Grenzwert wieder überschreitet. Somit werden bei der Erfassung der Zeitdauer nur einzelne Ereignisse separat voneinander erfasst. Die Häufigkeit der Überschreitung des ersten Hochdruck-Grenzwerts wird demgegenüber mit dem Häufigkeitswert erfasst.

[0017] Insgesamt stehen so sich ergänzende und zumindest teilweise komplementäre Maßnahmen bereit, um die Injektoren des Einspritzsystems schädigende Ereignisse zu erfassen und geeignete Maßnahmen zum Schutz der Injektoren auslösen zu können.

[0018] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass eine zweite Alarmstufe gesetzt wird, wenn der erste Hochdruck-Grenzwert durch den momentanen Hochdruck erstmals mit einer vorbestimmten, zweiten Grenz-Häufigkeit überschritten ist, wobei die zweite Grenz-Häufigkeit kleiner ist als die erste Grenz-Häufigkeit. Dass die zweite Alarmstufe gesetzt wird, bedeutet dabei - wie bereits zu der ersten Alarmstufe erläutert - insbesondere, dass eine interne Variable, ein Flag oder dergleichen gesetzt wird. Bevorzugt wird aber auch die zweite Alarmstufe nach außen hin, insbesondere an einen Betreiber der Brennkraftmaschine, kommuniziert, wie dies bereits zu der ersten Alarmstufe erläutert wurde. Insoweit wird auf die Ausführungen zu der ersten Alarmstufe verwiesen. Die zweite Alarmstufe zeigt vorzugsweise an, dass eine Beschädigung der Injektoren bei einem weiteren Betrieb der Brennkraftmaschine möglich oder sogar wahrscheinlich ist, sodass seitens des Betreibers der Brennkraftmaschine eine erhöhte Aufmerksamkeit auf deren Betrieb gelenkt werden sollte. Gegebenenfalls können auch zu diesem Zeitpunkt bereits geeignete Maßnahmen eingeleitet werden, um eine weitere Belastung der Injektoren zu verhindern oder zu verringern, beispielsweise geeignete Wartungs- und/oder Reparaturmaßnahmen. Die zweite Alarmstufe entspricht insbesondere einem Gelbalarm. Dadurch, dass die zweite Alarmstufe bei der zweiten Grenz-Häufigkeit gesetzt wird, wobei diese kleiner ist als die erste Grenz-Häufigkeit, wird gewährleistet, dass die zweite Alarmstufe, also der Gelbalarm, früher gesetzt wird als die erste Alarmstufe, mithin der Rotalarm. Somit wird ein Betreiber der Brennkraftmaschine zunächst mittels der zweiten Alarmstufe in Kenntnis davon gesetzt, dass gegebenenfalls eine unzulässig hohe Belastung der Injektoren erfolgt, wobei diese beschädigt werden können, wobei der Betreiber später, wenn tatsächlich ein Schaden bereits eingetreten ist oder kaum noch vermeidbar erscheint, durch den Rotalarm alarmiert wird.

[0019] Der Häufigkeitswert wird dabei bevorzugt mit der zweiten Grenz-Häufigkeit verglichen. Insbesondere wird der Häufigkeitswert bevorzugt mit der ersten Grenz-Häufigkeit und mit der zweiten Grenz-Häufigkeit verglichen. Auch dies erfolgt bevorzugt in Echtzeit und insbesondere dauerhaft und fortlaufend.

[0020] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist

vorgesehen, dass eine Einspritzung von Kraftstoff aus dem Hochdruckspeicher in wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine beendet wird, wenn die erste Alarmstufe gesetzt wird. Insbesondere wird die Einspritzung von Kraftstoff unmittelbar dann beendet, wenn die erste Alarmstufe gesetzt wird, insbesondere zugleich mit dem Setzen der ersten Alarmstufe. Somit wird sofort mit dem Setzen der ersten Alarmstufe eine Maßnahme eingeleitet, um die Injektoren - so sie nicht bereits beschädigt sind - vor einer Beschädigung oder zumindest vor einer weiteren, größeren Beschädigung zu schützen. Bevorzugt wird die Einspritzung für alle Brennräume der Brennkraftmaschine, d.h. für alle Injektoren des Einspritzsystems, beendet, wenn die erste Alarmstufe gesetzt wird. Ein weiteres Betreiben der Brennkraftmaschine ist dann zumindest zunächst nicht möglich.

[0021] Vorzugsweise wird allerdings die Einspritzung bei gesetzter erster Alarmstufe fortgesetzt, insbesondere wieder aufgenommen, wenn der momentane Hochdruck einen dritten Hochdruck-Grenzwert von oberhalb des dritten Hochdruck-Grenzwerts her unterschreitet, wobei der dritte Hochdruck-Grenzwert kleiner ist als der erste Hochdruck-Grenzwert. Auf diese Weise wird ein Notbetrieb der Brennkraftmaschine ermöglicht, so dass diese zumindest dann weiter betrieben werden kann, wenn momentan keine Gefahr für eine weitere Beschädigung der Injektoren besteht. So kann insbesondere bei einem Fahrzeug, ganz besonders bei einem Schiffe Fahrzeug, eine sogenannte "Limp Home"-Funktion oder Notlauffunktion bereitgestellt werden, die es ermöglicht, eine sichere Station, beispielsweise einen nächsten Hafen oder dergleichen, zu erreichen. Mit dem dritten Hochdruck-Grenzwert wird eine Hysterese bereitgestellt, die gewährleistet, dass die Einspritzung nicht hochfrequent und/oder fortwährend ein- und aussetzt, wobei zugleich gewährleistet ist, dass der momentane Hochdruck hinreichend tief unter den ersten Hochdruck-Grenzwert gesunken sein muss, um die Brennkraftmaschine ohne die Gefahr einer weiteren Beschädigung der Injektoren betreiben zu können.

[0022] Bevorzugt ist der dritte Hochdruck-Grenzwert identisch zu dem zuvor erläuterten zweiten Hochdruck-Grenzwert. Insbesondere ist er also bevorzugt um den Hysterese-Differenzdruckwert kleiner als der erste Hochdruck-Grenzwert.

[0023] Die bei gesetzter erster Alarmstufe fortgesetzte Einspritzung wird wiederum beendet, sobald der momentane Hochdruck den ersten Hochdruck-Grenzwert - von unten - erreicht oder überschreitet. Ist also die erste Alarmstufe einmal gesetzt, wird bei der Überwachung des momentanen Hochdrucks weder die Zeit der Überschreitung des ersten Hochdruck-Grenzwerts noch die Häufigkeit dieser Überschreitung weiter beachtet, sondern die Einspritzung wird stets unmittelbar dann wieder beendet, wenn der momentane Hochdruck den ersten Hochdruck-Grenzwert von unterhalb desselben wieder erreicht oder überschreitet. Auf diese Weise werden die Injektoren der Brennkraftmaschine geschützt, und es

wird gewährleistet, dass die Brennkraftmaschine zumindest im Rahmen der "Limp Home"-Funktion zumindest für eine gewisse Zeit weiter betrieben werden kann, ohne dass die Injektoren vollständig ausfallen oder zerstört werden.

[0024] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die erste Alarmstufe und/oder die zweite Alarmstufe aufgehoben wird/werden, wenn ein Stillstand der Brennkraftmaschine erkannt wird und - zugleich - eine Alarmrücksetzanforderung gesetzt ist. Um zumindest eine der Alarmstufen zurückzusetzen, insbesondere um die erste Alarmstufe zurückzusetzen, bedarf es also einer Außerbetriebnahme der Brennkraftmaschine, und zusätzlich einer Alarmrücksetzanforderung. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass die erste Alarmstufe in unzulässiger Weise während des laufenden Betriebs der Brennkraftmaschine und ohne weitere Maßnahmen zurückgesetzt wird, was letztlich zu einer endgültigen Beschädigung oder Zerstörung der Injektoren und damit der völligen Unmöglichkeit eines weiteren Betriebs der Brennkraftmaschine führen könnte. Die Alarmrücksetzanforderung kann manuell durch einen Betreiber gesetzt werden, beispielsweise durch Druck einer entsprechenden Taste, Auswahl eines entsprechenden Menüpunkts in einem Bedienungs Menü der Brennkraftmaschine, oder dergleichen. Vorzugsweise setzt der Betreiber die Alarmrücksetzanforderung manuell erst dann, wenn er davon überzeugt ist, dass ein weiterer Betrieb der Brennkraftmaschine sicher und ohne Beschädigungen der Injektoren möglich ist, beispielsweise weil die Injektoren getauscht wurden oder weil sie hinreichend genau überprüft wurden, oder weil andere Wartungs- und/oder Reparaturmaßnahmen getroffen wurden, die einen sicheren Betrieb der Brennkraftmaschine gewährleisten können. Es ist aber auch möglich, dass die Alarmrücksetzanforderung automatisch gesetzt wird, insbesondere nach einer Reparatur und/oder einem Austausch der Injektoren. Beispielsweise kann die Alarmrücksetzanforderung automatisch gesetzt werden, wenn erkannt wird, dass die alten Injektoren gegen neue Injektoren ausgetauscht wurden. Dies kann dem Steuergerät beispielsweise mittels geeigneter elektronischer Identifizierungsmittel an den Injektoren, insbesondere RFID-Etiketten oder dergleichen, gemeldet werden, woraufhin das Steuergerät dann die Alarmrücksetzanforderung automatisch setzen kann.

[0025] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die vorbestimmte Grenz-Zeitdauer von mindestens 2 Sekunden bis höchstens 3 Sekunden, vorzugsweise 2,5 Sekunden beträgt. Es hat sich herausgestellt, dass dies einer Zeitspanne entspricht, in welcher Injektoren bei unzulässig hohem Hochdruck beschädigt werden können.

[0026] Der erste Hochdruck-Grenzwert kann vorzugsweise zu 2400 bar gewählt werden.

[0027] Die erste Grenz-Häufigkeit wird vorzugsweise von mindestens 45 bis höchstens 55 gewählt, vorzugsweise beträgt sie 50 oder 51.

[0028] Alternativ oder zusätzlich wird die zweite Grenz-Häufigkeit bevorzugt von mindestens 25 bis höchstens 35 gewählt. Vorzugsweise beträgt sie 30 oder 31.

[0029] Die hier angegebenen Häufigkeiten für die erste Grenz-Häufigkeit und die zweite Grenz-Häufigkeit sind geeignete Häufigkeiten, um zum einen - im Fall der zweiten Grenz-Häufigkeit - einen Betreiber der Brennkraftmaschine vorzuwarnen, und zum anderen - im Fall der ersten Grenz-Häufigkeit - eine möglicherweise bereits stattgefundene Beschädigung oder eine unmittelbar drohende Beschädigung der Injektoren anzuzeigen.

[0030] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Einspritzung oder die fortgesetzte Einspritzung beendet wird, indem eine Soll-Einspritzmenge auf null gesetzt wird. Die Ansteuerung der Injektoren, insbesondere deren Bestromung, erfolgt dabei insbesondere abhängig von einer Soll-Einspritzmenge. Wird diese auf null gesetzt, erfolgt keine Ansteuerung oder Bestromung der Injektoren mehr, sodass die Einspritzung beendet ist.

[0031] Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass die Einspritzung oder die fortgesetzte Einspritzung beendet wird, in dem eine Bestromungsdauer für wenigstens einen Injektor, vorzugsweise für alle Injektoren, auf null gesetzt wird. Dies entspricht einer nachgelagerten Unterbindung der Einspritzung, wobei hier die Soll-Einspritzmenge von null verschieden sein kann, jedoch gleichwohl die Ansteuerung, insbesondere Bestromung der Injektoren verhindert wird, indem die hierfür vorgesehene Ansteuerdauer, nämlich die Bestromungsdauer, zu null gewählt wird. Auch dies führt im Ergebnis dazu, dass die Injektoren nicht mehr angesteuert werden, sodass die Einspritzung beendet ist.

[0032] Die Aufgabe wird auch aufgelöst, indem ein Einspritzsystem für eine Brennkraftmaschine geschaffen wird, welches wenigstens einen Injektor zum Einspritzen von Kraftstoff in wenigstens einen Brennraum der Brennkraftmaschine aufweist, sowie einen Hochdruckspeicher, der mit dem wenigstens einen Injektor in Fluidverbindung ist. Außerdem weist das Einspritzsystem einen Hochdrucksensor auf, der eingerichtet und angeordnet ist zur zeitabhängigen Erfassung eines momentanen Hochdrucks in dem Hochdruckspeicher. Das Einspritzsystem weist ein Steuergerät auf, das mit dem Hochdrucksensor wirkverbunden und eingerichtet ist, um ein Verfahren nach einer der zuvor beschriebenen Ausführungsformen durchzuführen. Dabei ergeben sich in Zusammenhang mit dem Einspritzsystem insbesondere die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert wurden.

[0033] Das Steuergerät ist vorzugsweise mit dem wenigstens einen Injektor zu dessen Ansteuerung wirkverbunden. Es ist also insbesondere auch in der Lage, die Einspritzung zu beenden, wieder fortzusetzen, und die fortgesetzte Einspritzung zu beenden.

[0034] Es ist möglich, dass es sich bei dem Steuergerät um ein separat für den Betrieb des Einspritzsystems

eingerichtetes und vorgesehenes Steuergerät handelt. Bevorzugt handelt es sich bei dem Steuergerät allerdings um ein zentrales Motorsteuergerät der Brennkraftmaschine, insbesondere eine sogenannte Engine Control Unit (ECU).

[0035] Die Erfindung betrifft schließlich auch eine Brennkraftmaschine, welche ein Einspritzsystem nach einem der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele aufweist. Dabei ergeben sich in Zusammenhang mit der Brennkraftmaschine insbesondere die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren und dem Einspritzsystem erläutert wurden.

[0036] Die Brennkraftmaschine weist vorzugsweise eine Mehrzahl von Brennräumen auf, wobei jedem Brennraum vorzugsweise zumindest ein Injektor zur Direkteinspritzung von Kraftstoff in den wenigstens einen Brennraum zugeordnet ist. Diese Injektoren sind mit dem Hochdruckspeicher strömungstechnisch verbunden, wobei der Hochdruckspeicher als gemeinsamer Hochdruckspeicher für alle Injektoren ausgebildet ist. Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise als Hubkolbenmotor ausgebildet. Das hier vorgeschlagene Verfahren sowie das Einspritzsystem sind aber auch bei anderen Arten von Brennkraftmaschinen, beispielsweise Rotationskolbenmaschinen, anwendbar.

[0037] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Brennkraftmaschine mit einem Ausführungsbeispiel eines Einspritzsystems;
- Figur 2 eine schematische Darstellung eines Hochdruck-Regelkreises zum Regeln eines Hochdrucks in einem Hochdruckspeicher des Einspritzsystems;
- Figur 3 eine schematische Darstellung eines Drehzahl-Regelkreises mit einer Möglichkeit, eine Einspritzung wahlweise durchzuführen oder zu unterbinden;
- Figur 4 eine diagrammatische Darstellung einer ersten Ausführungsform eines Verfahrens zum Betreiben eines Einspritzsystems;
- Figur 5 eine schematische, diagrammatische Darstellung einer zweiten Ausführungsform eines solchen Verfahrens, und
- Figur 6 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens in Form eines Flussdiagramms.

[0038] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Brennkraftmaschine 1, welche ein Einspritzsystem 3 aufweist. Das Einspritzsystem 3 ist bevorzugt als Comon-Rail-Einspritzsystem ausgebildet. Es weist eine Niederdruckpumpe 5 zur Förderung von Kraftstoff aus einem Kraftstoff-Reservoir 7, eine verstellbare, niederdruckseitige Saugdrossel 9 zur Beeinflussung eines diese durchströmenden Kraftstoff-

Volumenstroms, eine Hochdruckpumpe 11 zur Förderung des Kraftstoffs unter Druckerhöhung in einen Hochdruckspeicher 13, den Hochdruckspeicher 13 zum Speichern des Kraftstoffs, und eine Mehrzahl von Injektoren 15 zum Einspritzen des Kraftstoffs in Brennräume 16 der Brennkraftmaschine 1 auf. Optional ist es möglich, dass das Einspritzsystem 3 auch mit Einzelspeichern ausgeführt ist, wobei dann beispielsweise in dem Injektor 15 ein Einzelspeicher 17 als zusätzliches Puffervolumen integriert ist. Es ist ein insbesondere elektrisch ansteuerbares Druckregelventil 19 vorgesehen, über welches der Hochdruckspeicher 13 mit dem Kraftstoff-Reservoir 7 fluidverbunden ist. Über die Stellung des Druckregelventils 19 wird ein Kraftstoffvolumenstrom definiert, welcher aus dem Hochdruckspeicher 13 in das Kraftstoff-Reservoir 7 abgesteuert wird. Dieser Kraftstoffvolumenstrom wird in Figur 1 mit VDRV bezeichnet und stellt eine Hochdruck-Störgröße des Einspritzsystems 3 dar.

[0039] Das Einspritzsystem 3 weist bevorzugt kein mechanisches Überdruckventil auf, welches herkömmlicherweise vorgesehen ist und den Hochdruckspeicher 13 mit dem Kraftstoff-Reservoir 7 verbindet. Dessen Funktion kann durch das Druckregelventil 19 übernommen werden.

[0040] Die Betriebsweise der Brennkraftmaschine 1 wird durch ein elektronisches Steuergerät 21, welches bevorzugt als Motorsteuergerät der Brennkraftmaschine 1, nämlich als sogenannte Engine Control Unit (ECU) ausgebildet ist, bestimmt. Das elektronische Steuergerät 21 beinhaltet die üblichen Bestandteile eines Mikrocomputersystems, beispielsweise einen Mikroprozessor, I/O-Bausteine, Puffer und Speicherbausteine (EEPROM, RAM). In den Speicherbausteinen sind die für den Betrieb der Brennkraftmaschine 1 relevanten Betriebsdaten in Kennfeldern/Kennlinien appliziert. Über diese berechnet das elektronische Steuergerät 21 aus Eingangsgrößen Ausgangsgrößen. In Figur 1 sind exemplarisch folgende Eingangsgrößen dargestellt: Ein gemessener, noch ungefilterter Hochdruck p , der in dem Hochdruckspeicher 13 herrscht und mittels eines Hochdrucksensors 23 gemessen wird, eine aktuelle Motordrehzahl n_1 , ein Signal FP zur Leistungsvorgabe durch einen Betreiber der Brennkraftmaschine 1, und eine Eingangsgröße E. Unter der Eingangsgröße E sind vorzugsweise weitere Sensorsignale zusammengefasst, beispielsweise ein Ladeluftdruck eines Abgasturboladers. Bei einem Einspritzsystem 3 mit Einzelspeichern 17 ist ein Einzelspeicherdruk p_E bevorzugt eine zusätzliche Eingangsgröße des Steuergeräts 21.

[0041] In Figur 1 sind als Ausgangsgrößen des elektronischen Steuergeräts 21 beispielhaft ein Signal PWMSD zur Ansteuerung der Saugdrossel 9 als erstes Druckstellglied, ein Signal ve zur Ansteuerung der Injektoren 15 - welches insbesondere einen Spritzbeginn und/oder ein Spritzende oder auch eine Spritzdauer vorgibt -, ein Signal PWMDRV zur Ansteuerung des Druckregelventils 19 als zweites Druckstellglied, und eine Ausgangsgröße A dargestellt. Über das vorzugsweise puls-

weitenmodulierte Signal PWMDRV wird die Stellung des Druckregelventils 19 und damit die Hochdruck-Störgröße VDRV definiert. Die Ausgangsgröße A steht stellvertretend für weitere Stellsignale zur Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine 1, beispielsweise für ein Stellsignal zur Aktivierung eines zweiten Abgasturboladers bei einer Registeraufladung.

[0042] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Hochdruckregelkreises 25. Eingangsgrößen des Hochdruckregelkreises 25 sind ein Soll-Hochdruck p_S für das Einspritzsystem 3, der vorzugsweise betriebspunktabhängig durch das Steuergerät 21 vorgegeben, insbesondere aus einem Kennfeld ausgelesen wird, und der zur Berechnung einer Regelabweichung e_p mit einem Ist-Hochdruck p_I verglichen wird. Diese Regelabweichung e_p ist eine Eingangsgröße eines Hochdruckreglers 27, der vorzugsweise als PI(DT₁)-Algorithmus ausgeführt ist. Eine weitere Eingangsgröße des Hochdruckreglers 27 ist bevorzugt ein Proportionalbeiwert k_{pSD} . Ausgangsgröße des Hochdruckreglers 27 ist ein Kraftstoff-Volumenstrom V_{SD} für die Saugdrossel 9, zu dem in einer Additionsstelle 29 ein Kraftstoff-Sollverbrauch V_Q addiert wird. Dieser Kraftstoff-Sollverbrauch V_Q wird in einem ersten Berechnungsglied 31 in Abhängigkeit von der aktuellen Drehzahl n_I und einer Soll-Einspritzmenge Q_S berechnet und stellt eine Störgröße des Hochdruckregelkreises 25 dar. Als Summe der Ausgangsgröße V_{SD} des Hochdruckreglers 27 und der Störgröße V_Q ergibt sich ein unbegrenzter Kraftstoff-Sollvolumenstrom $V_{U,SD}$. Dieser wird in einem Begrenzungselement 33 in Abhängigkeit von der Drehzahl n_I auf einen maximalen Volumenstrom $V_{max,SD}$ für die Saugdrossel 9 begrenzt. Als Ausgang des Begrenzungselements 33 ergibt sich ein begrenzter Kraftstoff-Sollvolumenstrom $V_{S,SD}$ für die Saugdrossel 9, welcher als Eingangsgröße in eine Pumpenkennlinie 35 eingeht. Diese rechnet den begrenzten Kraftstoff-Sollvolumenstrom $V_{S,SD}$ in einen Saugdrossel-Sollstrom $I_{S,SD}$ um.

[0043] Der Saugdrossel-Sollstrom $I_{S,SD}$ stellt eine Eingangsgröße eines Saugdrossel-Stromreglers 37 dar, welcher die Aufgabe hat, den Saugdrosselstrom durch die Saugdrossel 9 zu regeln. Eine weitere Eingangsgröße des Saugdrossel-Stromreglers 37 ist unter anderem ein Ist-Saugdrosselstrom $I_{I,SD}$. Ausgangsgröße des Saugdrossel-Stromreglers 37 ist eine Saugdrossel-Sollspannung $U_{S,SD}$, welche schließlich in einem zweiten Berechnungsglied 39 in an sich bekannter Weise in eine Einschaltdauer eines pulswitenmodulierten Signals PWMSD für die Saugdrossel 9 umgerechnet wird. Mit diesem wird die Saugdrossel 9 angesteuert, wobei das Signal somit insgesamt auf eine Regelstrecke 41 wirkt, welche insbesondere die Saugdrossel 9, die Hochdruckpumpe 11, und den Hochdruckspeicher 13 aufweist. Der Saugdrosselstrom wird gemessen, wobei ein Rohmesswert $I_{R,SD}$ resultiert, welcher in einem Stromfilter 43 gefiltert wird. Das Stromfilter 43 ist vorzugsweise als PT₁-Filter ausgebildet. Ausgangsgröße dieses Stromfilters 43 ist der Ist-Saugdrosselstrom $I_{I,SD}$, welcher wie-

derum dem Saugdrossel-Stromregler 37 zugeführt wird.

[0044] Die Regelgröße des ersten Hochdruckregelkreises 25 ist der Hochdruck in dem Hochdruckspeicher 13. Rohwerte dieses Hochdrucks p werden durch den Hochdrucksensor 23 gemessen und durch ein Hochdruckfilter 45 gefiltert, welches als Ausgangsgröße den Ist-Hochdruck p_I hat. Das Hochdruckfilter 45 ist vorzugsweise durch einen PT₁-Algorithmus umgesetzt.

[0045] Ausgangsgröße des Hochdruckregelkreises 25 ist somit neben dem ungefilterten Hochdruck p der gefilterte Hochdruck oder Ist-Hochdruck p_I , der insbesondere auch als momentaner Hochdruck bezeichnet wird.

[0046] Fig. 3 zeigt einen Drehzahlregelkreis 47, der zur Drehzahlregelung verwendet wird. Die aktuelle Motordrehzahl n_I wird von einer von dem Steuergerät 21 vorgegebenen Soll-Drehzahl n_S subtrahiert, was eine Drehzahl-Regelabweichung e ergibt. Diese Drehzahl-Regelabweichung e ist eine Eingangsgröße eines Drehzahlreglers 49, hier eines PI(DT₁)-Reglers. Der Drehzahlregler 49 hat als weitere Eingangsgröße unter anderem einen Proportionalbeiwert k_{pDz} und als Ausgangsgröße ein Drehzahlregler-Moment $M_S^{PI(DT1)}$. Dieses wird mit einem Lastsignal-Moment M_S^L addiert, wobei das Lastsignal-Moment M_S^L eine Störgröße darstellt. Durch diese Störgrößenaufschaltung kann ein Anlagensignal zur Verbesserung der Dynamik des Drehzahlregelkreises 47 eingesetzt werden. Die Summe aus dem Drehzahlregler-Moment $M_S^{PI(DT1)}$ und dem Lastsignal-Moment M_S^L wird anschließend in einem Drehmoment-Begrenzer 51 nach unten auf ein minimales Soll-Moment M_S^{Min} und nach oben auf ein maximales Soll-Moment M_S^{Max} begrenzt. Zum derart begrenzten Soll-Moment M_S wird schließlich ein Reibmoment M_S^R addiert, woraus sich ein korrigiertes Soll-Moment M_{kor} ergibt. Dieses ist neben weiteren Größen wie der aktuellen Motordrehzahl n_I Eingangsgröße einer Motorsteuerung 53. Eine Ausgangsgröße der Motorsteuerung 53 ist die Soll-Einspritzmenge Q_S . Diese wird in die Brennräume 16 der Brennkraftmaschine 1 eingespritzt. Rohwerte n_r der Motordrehzahl werden erfasst und mit Hilfe eines Drehzahlfilters 55 in die momentane Ist-Drehzahl n_I umgerechnet.

[0047] Die Soll-Einspritzmenge Q_S wird dem Hochdruckspeicher 13 entnommen und mittels der Injektoren 15 in die Brennräume 16 eingespritzt. Steigt der Hochdruck in dem Hochdruckspeicher 13 für eine zu lange Zeitdauer über einen bestimmten Schwellenwert, oder übersteigt der Hochdruck in dem Hochdruckspeicher 13 den vorbestimmten Schwellenwert zu oft, kann es zu einer Beschädigung der Injektoren 15 kommen.

[0048] Gemäß dem hier vorgeschlagenen Verfahren ist daher vorgesehen, dass der Hochdruck in dem Hochdruckspeicher 13 mittels des Hochdrucksensors 23 zeitabhängig überwacht wird, wobei eine erste Alarmstufe gesetzt wird, wenn ein erster vorbestimmter Hochdruck-Grenzwert von dem momentanen Hochdruck für eine vorbestimmte Grenz-Zeitdauer ununterbrochen überschritten ist, und/oder wenn der erste vorbestimmte Hochdruck-Grenzwert durch den momentanen Hoch-

druck erstmals mit einer vorbestimmten, ersten Grenzhäufigkeit überschritten ist. Auf diese Weise kann ein Betreiber der Brennkraftmaschine 1 gewarnt werden, wenn eine Beschädigung der Injektoren 15 droht oder bereits eingetreten ist, und bevorzugt kann ein weiterer Betrieb der Brennkraftmaschine 1 zumindest zeitweise unterbunden werden, um eine weitere Beschädigung oder gar vollständige Zerstörung der Injektoren 15 zu verhindern.

[0049] Wenn die erste Alarmstufe gesetzt wird, wird bevorzugt die Einspritzung von Kraftstoff aus dem Hochdruckspeicher 13 in die Brennräume 16 beendet. Die Einspritzung wird allerdings bei gesetzter erster Alarmstufe bevorzugt fortgesetzt, wenn der momentane Hochdruck einen dritten Hochdruck-Grenzwert von oberhalb des dritten Hochdruck-Grenzwerts her unterschreitet, wobei der dritte Hochdruck-Grenzwert kleiner ist als der erste Hochdruck-Grenzwert. Die derart fortgesetzte Einspritzung - während der gesetzten ersten Alarmstufe - wird wiederum beendet, sobald der momentane Hochdruck den ersten Hochdruck-Grenzwert - von unten her - wieder erreicht oder überschreitet. Auf diese Weise können zum einen die Injektoren 15 geschont werden, zum anderen kann die Brennkraftmaschine 1 zumindest eingeschränkt weiterbetrieben werden, beispielsweise um eine sichere Station, insbesondere einen Seehafen oder dergleichen anlaufen zu können. Es wird also eine Notlauffunktion oder "Limp Home"-Funktion bereitgestellt.

[0050] Die Einspritzung oder die fortgesetzte Einspritzung wird bevorzugt beendet, indem die Soll-Einspritzmenge Q_S auf null gesetzt wird.

[0051] Es ist aber alternativ oder auch zusätzlich eine andere Vorgehensweise möglich, um die Einspritzung oder die fortgesetzte Einspritzung zu beenden, wobei diese Möglichkeit in Figur 3 dargestellt ist: Gemäß dieser Möglichkeit wird eine Bestromungsdauer BD für die Injektoren 15 auf null gesetzt. Hierzu ist bevorzugt in dem Drehzahlregelkreis 47 ein Schaltelement 57 vorgesehen, welches seinen Schaltzustand binär in Abhängigkeit von einem logischen Signal SIG ändern kann. Das logische Signal SIG kann dabei die Werte "wahr" (true - T) oder "falsch" (false - F) annehmen. Das logische Signal SIG zeigt an, ob eine Mengenbegrenzung für die Einspritzung von Kraftstoff in die Brennräume 16 über die Injektoren 15 aktiv ist. Das logische Signal SIG wird auf den Wert "wahr" gesetzt, wenn die erste Alarmstufe gesetzt wird und die Einspritzung beendet werden soll, und wenn die fortgesetzte Einspritzung beendet werden soll. Im Übrigen - und insbesondere dann, wenn die Einspritzung bei gesetzter erster Alarmstufe fortgesetzt werden soll - wird der Wert des logischen Signals SIG auf "falsch" gesetzt.

[0052] Weist das logische Signal SIG den Wert "falsch" auf, ist das Schaltelement 57 in dem in Figur 3 mit F bezeichneten Funktionszustand. In diesem Fall wird die Bestromungsdauer BD der Motorsteuerung 53 als Ausgangsgröße entnommen, wobei sie durch die Motorsteuerung 53 vorgegeben, insbesondere berechnet, be-

sonders bevorzugt aus einem Kennfeld ausgelesen wird. Weist dagegen das logische Signal SIG den Wert "wahr" auf, und ist insoweit eine Mengenbegrenzung für die Kraftstoffeinspritzung aktiv, nimmt das Schaltelement 57 seine in Figur 3 mit T bezeichnete Schaltposition ein, sodass die Bestromungsdauer BD mit dem Wert Null identisch gesetzt wird. In diesem Schaltzustand des Schaltelements 57 erfolgt demnach keine Bestromung der Injektoren 15 mehr, sodass die Einspritzung unterbleibt.

[0053] Es ist möglich, dass das Schaltelement 57 als Software-Schalter, also als rein virtueller Schalter ausgebildet ist. Alternativ ist es aber auch möglich, dass das Schaltelement 57 als physikalischer Schalter, beispielsweise als Relais, ausgebildet ist. Das logische Signal SIG kann selbstverständlich in völlig analoger Weise zu den Werten "wahr" und "falsch" auch die numerischen Werte 0 und 1 annehmen, oder andere geeignete entsprechenden Werte.

[0054] Fig. 4 zeigt eine diagrammatische Darstellung einer ersten Ausführungsform des Verfahrens zum Betreiben des Einspritzsystems 3. Dabei sind insgesamt sieben Zeitdiagramme dargestellt, in denen verschiedene Größen abhängig von der Zeit t angegeben sind. Das erste, obere Zeitdiagramm bei a) zeigt dabei den Ist-Hochdruck p_i als durchgezogene Kurve aufgetragen gegen die Zeit t . Dieser steigt zunächst, ausgehend von einem Startwert p_{Start} an. Zu einem ersten Zeitpunkt t_0 erreicht der Ist-Hochdruck p_i den ersten vorbestimmten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} und überschreitet diesen in der Folge. In dem dritten Diagramm von oben bei c) ist als durchgezogene Kurve eine aktuelle Zeitdauer Δt_A gegen die Zeit t aufgetragen, welche angibt, für wie lange der Ist-Hochdruck p_i den ersten vorbestimmten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} ununterbrochen überschreitet. Zu dem ersten Zeitpunkt t_0 wird diese aktuelle Zeitdauer Δt_A - ausgehend von dem Wert Null - hochgezählt. Zu einem zweiten Zeitpunkt t_1 erreicht der Ist-Hochdruck p_i den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} wiederum von oben und unterschreitet diesen in der Folge. Daher wird die aktuelle Zeitdauer Δt_A auf den Wert Null zurückgesetzt. Sie hat dabei zwischen dem ersten Zeitpunkt t_0 und dem zweiten Zeitpunkt t_1 eine vorbestimmte Grenz-Zeitdauer Δt_L noch nicht erreicht oder überschritten.

[0055] Zu einem dritten Zeitpunkt t_2 unterschreitet der Ist-Hochdruck p_i einen zweiten vorbestimmten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} , der um einen Hysteresedifferenzdruckwert Δp_H kleiner ist als der erste Hochdruck-Grenzwert p_{L1} . Der Ist-Hochdruck p_i fällt nach dem dritten Zeitpunkt t_2 zunächst weiter ab und steigt dann wieder an. Zu einem vierten Zeitpunkt t_3 erreicht der Ist-Hochdruck p_i wiederum den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} und überschreitet diesen in der Folge. Dies führt dazu, dass die aktuelle Zeitdauer Δt_A erneut - wiederum ausgehend von Null - hochgezählt wird. Zu einem fünften Zeitpunkt t_4 erreicht der Ist-Hochdruck p_i wiederum den ersten Hochdruck p_{L1} von oben, sodass die aktuelle Zeitdauer Δt_A , welche die Grenz-Zeitdauer Δt_L noch nicht

erreicht hat, auf den Wert Null zurückgesetzt wird. Der Ist-Hochdruck p_i fällt in der Folge noch weiter, ohne dabei den zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} zu unterschreiten. Ein anschließender Anstieg des Ist-Hochdrucks p_i führt dazu, dass der erste Hochdruck-Grenzwert p_{L1} zu einem sechsten Zeitpunkt t_5 erneut von unten her überschritten wird. Dies wiederum führt dazu, dass die aktuelle Zeitdauer Δt_A wieder hochgezählt wird, insbesondere wieder von Null ausgehend. Zu einem siebten Zeitpunkt t_6 überschreitet die aktuelle Zeitdauer Δt_A die vorbestimmte Grenz-Zeitdauer Δt_L , was dazu führt, dass die Mengenbegrenzung für die Einspritzung aktiviert wird und das logische Signal SIG seinen Wert ändert, wobei es hier auf den mit T bezeichneten Wert "wahr" gesetzt wird, was in dem vierten Diagramm von oben bei d) dargestellt ist. Dies hat - wie in Zusammenhang mit Figur 3 erläutert - zur Folge, dass kein Kraftstoff mehr in die Brennräume 16 eingespritzt wird. Die aktuelle Zeitdauer Δt_A wird zu dem siebten Zeitpunkt t_6 wieder zu Null gesetzt, mithin zurückgesetzt.

[0056] Aus dem sechsten Diagramm von oben bei f) wird deutlich, dass zugleich mit dem Erreichen der Grenz-Zeitdauer Δt_L und der Werteänderung des logischen Signals SIG von dem Wert F zu dem Wert T auch die erste Alarmstufe A1 gesetzt wird, was hier durch einen Sprung eines die erste Alarmstufe A1 anzeigenden Signals von dem Wert 0 auf den Wert 1 dargestellt ist.

[0057] Zu einem achten Zeitpunkt t_7 unterschreitet der Ist-Hochdruck p_i den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} wiederum von oben, wobei er zu einem neunten Zeitpunkt t_8 schließlich auch den zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} von oben her unterschreitet. Dies führt dazu, dass das logische Signal SIG seinen Wert erneut ändert und wieder auf "falsch", das heißt auf den Wert F, zurückgesetzt wird. Die Einspritzung wird demnach wieder freigegeben.

[0058] Bis zu einem zehnten Zeitpunkt t_9 bleibt der Ist-Hochdruck unter dem ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} . Zu dem zehnten Zeitpunkt t_9 überschreitet er den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} wiederum von unten, was dann unmittelbar - aufgrund der gesetzten ersten Alarmstufe - dazu führt, dass das logische Signal SIG wiederum auf den Wert T gesetzt wird, wodurch die Einspritzung von Kraftstoff in die Brennräume 16 wieder beendet wird.

[0059] Bis zu einem 14. Zeitpunkt t_{13} verbleibt der Ist-Hochdruck oberhalb des zweiten Hochdruck-Grenzwerts p_{L2} , sodass alle Variablen und/oder Signale unverändert bleiben. Zu dem 14. Zeitpunkt t_{13} unterschreitet der Ist-Hochdruck p_i den zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} wieder von oben, wodurch das logische Signal SIG wieder auf den Wert F zurückgesetzt wird. Die Einspritzung wird somit wieder freigegeben. Zugleich wird zu dem 14. Zeitpunkt t_{13} die Brennkraftmaschine 1 abgestellt, sodass in der Folge die in dem zweiten Diagramm von oben bei b) abgetragene aktuelle Motordrehzahl n_i von einem Drehzahlwert n_{start} auf null absinkt.

[0060] Zu einem 15. Zeitpunkt t_{14} wird der Stillstand

der Brennkraftmaschine 1 erkannt, wobei nun eine logische Variable MS, die einen Stillstand der Brennkraftmaschine anzeigt, den Wert 1 annimmt. Dies ist in dem fünften Diagramm von oben bei e) dargestellt.

[0061] Zu einem 16. Zeitpunkt t_{15} überschreitet der Ist-Hochdruck p_i erneut den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} . Dies führt dazu, dass das logische Signal SIG wieder auf den Wert T gesetzt wird. Somit wird die Einspritzung erneut deaktiviert, das heißt es wird kein Kraftstoff mehr in die Brennräume 16 eingespritzt. Zu einem 17. Zeitpunkt t_{16} unterschreitet der Ist-Hochdruck p_i wiederum den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} . Zu einem 18. Zeitpunkt t_{17} erreicht er schließlich den zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} und unterschreitet diesen in der Folge. Das logische Signal SIG wird somit zu dem 18. Zeitpunkt t_{17} wieder auf den Wert F zurückgesetzt, was bedeutet, dass die Einspritzung wieder freigegeben wird.

[0062] Zu einem 19. Zeitpunkt t_{18} wird eine Alarm-Rücksetzanforderung AR gesetzt, was in dem siebten Diagramm bei g) dadurch angezeigt ist, dass eine entsprechende Variable den Wert 1 annimmt. Da die Brennkraftmaschine 1 zu diesem 19. Zeitpunkt t_{18} stillsteht, wird die anliegende erste Alarmstufe A1 zurückgesetzt, das heißt, die entsprechende Variable wird auf den Wert Null gesetzt.

[0063] Die Einspritzung von Kraftstoff in die Brennräume 16 wird gestoppt, wenn der Ist-Hochdruck den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} während der vorbestimmten Grenz-Zeitdauer Δt_L ununterbrochen übersteigt.

[0064] Weiter zeigt Figur 4, dass die Erfassung der Zeitdauer Δt_A stets dann gestartet, insbesondere neu initialisiert und bei null begonnen wird, wenn der Ist-Hochdruck p_i den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} von unterhalb desselben erreicht oder überschreitet. Die erfasste Zeitdauer Δt_A wird außerdem mit der vorbestimmten Grenz-Zeitdauer Δt_L verglichen. Weiterhin wird deutlich, dass die erfasste Zeitdauer Δt_A zu Null gesetzt wird, wenn der momentane Hochdruck p_i den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} von oberhalb desselben her unterschreitet. Es wird auch deutlich, dass die erste Alarmstufe A1 aufgehoben wird, wenn ein Stillstand der Brennkraftmaschine 1 erkannt wird und zugleich die Alarm-Rücksetzanforderung AR gesetzt ist.

[0065] Die vorbestimmte Grenz-Zeitdauer Δt_L wird vorzugsweise von mindestens 2 s bis höchstens 3 s, besonders bevorzugt zu 2,5 s gewählt.

[0066] Fig. 5 zeigt eine schematische, diagrammatische Darstellung einer zweiten Ausführungsform des Verfahrens, die allerdings bevorzugt in Kombination mit der in Zusammenhang mit Figur 4 erläuterten ersten Ausführungsform durchgeführt wird.

[0067] Anhand von Figur 5 zeigt sich, dass der Ist-Hochdruck p_i , der wiederum in einem ersten, oberen Diagramm bei a) gegen die Zeit t aufgetragen ist, hinsichtlich einer Häufigkeit der Überschreitung des ersten Hochdruck-Grenzwerts p_{L1} überwacht wird. In dem zweiten Diagramm von oben bei b) ist die aktuelle Motordrehzahl n_i abgetragen. In einem dritten Zeitdiagramm von

oben bei c) ist ein Häufigkeitswert H_A abgetragen, der eine momentane Häufigkeit der Überschreitung des ersten Hochdruck-Grenzwerts p_{L1} durch den Ist-Hochdruck p_i angibt. In dem vierten Zeitdiagramm von oben bei d) ist wiederum das logische Signal SIG dargestellt. In dem fünften Zeitdiagramm von oben bei e) ist wiederum die logische Variable MS dargestellt. In einem sechsten Zeitdiagramm von oben bei f) ist eine zweite Alarmstufe A2 als entsprechende Variable mit den logischen Werten 0 und 1 dargestellt. In dem siebten Zeitdiagramm von oben bei g) ist die erste Alarmstufe A1 als entsprechende logische Variable mit den Werten 0 und 1 dargestellt. In dem achten Diagramm von oben bei h) ist wiederum die Alarm-Rücksetzanforderung AR dargestellt.

[0068] Anhand des ersten Zeitdiagramms bei a) zeigt sich, dass zunächst der Ist-Hochdruck p_i ausgehend von dem Startwert p_{Start} ansteigt und zu einem ersten Zeitpunkt t_0 den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} erreicht und anschließend überschreitet. Das dritte Zeitdiagramm bei c) zeigt, dass der Häufigkeitswert H_A aufgrund dieser Grenzwertüberschreitung von dem Wert 0 auf den Wert 1 inkrementiert wird. Zu einem zweiten Zeitpunkt t_1 erreicht der Ist-Hochdruck wieder den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} von oben, wobei er zu einem dritten Zeitpunkt t_2 auch einen dritten Hochdruck-Grenzwert, der hier identisch mit dem zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} gemäß Figur 4 gewählt ist, unterschreitet. Grundsätzlich kann der dritte Hochdruck-Grenzwert auch verschieden von dem zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} gewählt werden. Es entspricht aber einer bevorzugten Ausgestaltung, den dritten Hochdruck-Grenzwert gleich dem zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} zu wählen, wobei auch der dritte Hochdruck-Grenzwert dann gerade um den Hysterese-Differenzdruckwert Δp_H kleiner ist als der erste Hochdruck-Grenzwert p_{L1} . In der Folge steigt der Ist-Hochdruck p_i wieder an und überschreitet zu einem vierten Zeitpunkt t_3 erneut den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} . Dies führt dazu, dass der Häufigkeitswert H_A erneut inkrementiert wird, und zwar hier vom Wert 1 auf den Wert 2. Zu einem fünften Zeitpunkt t_4 unterschreitet der Ist-Hochdruck p_i den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} wiederum von oben. Zu einem sechsten Zeitpunkt t_5 überschreitet der Ist-Hochdruck p_i den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} wiederum von unten, ohne zuvor den zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} von oben her zu erreichen oder zu unterschreiten. Es erfolgt daher zu dem sechsten Zeitpunkt t_5 keine Inkrementierung des Häufigkeitswerts H_A .

[0069] Zu einem siebten Zeitpunkt t_6 wird der erste Hochdruck-Grenzwert p_{L1} durch den Ist-Hochdruck p_i wieder unterschritten, wobei dann auch der zweite Hochdruck-Grenzwert p_{L2} zu einem achten Zeitpunkt t_7 unterschritten wird. In der Folge über- oder unterschreitet der Ist-Hochdruck p_i den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} noch weitere Male, wie auch den zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} . Dies ist in Figur 5 durch eine punktierte Darstellung aller Zeitdiagramme angedeutet.

[0070] Zu einem neunten Zeitpunkt t_8 überschreitet der

Ist-Hochdruck p_i , das heißt der momentane Hochdruck, den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} erneut. Es wird hier zur Erläuterung angenommen, dass der Häufigkeitswert H_A dabei auf den Wert 30 inkrementiert wird.

[0071] Zu einem zehnten Zeitpunkt t_9 unterschreitet der Ist-Hochdruck p_i wiederum den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} und erreicht beziehungsweise unterschreitet zu einem elften Zeitpunkt t_{10} auch den zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} . Zu einem zwölften Zeitpunkt t_{11} überschreitet der Ist-Hochdruck p_i erneut den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} , was zur Folge hat, dass der Häufigkeitswert H_A auf den Wert 31 inkrementiert wird.

[0072] Dies führt nun dazu, dass die zweite Alarmstufe A2 gesetzt wird, wobei die entsprechende logische Variable von dem Wert 0 auf den Wert 1 gesetzt wird, was in dem sechsten Zeitdiagramm bei f) dargestellt ist. Die zweite Alarmstufe A2 wird demnach gesetzt, wenn der erste Hochdruck-Grenzwert p_{L1} durch den momentanen Hochdruck, das heißt den Ist-Hochdruck p_i erstmals mit einer vorbestimmten zweiten Grenz-Häufigkeit überschritten wird, die kleiner ist als eine erste Grenz-Häufigkeit, die für das Setzen der ersten Alarmstufe A1 definiert ist, was im Folgenden noch erläutert wird. Die zweite Grenz-Häufigkeit ist hier zu 31 gewählt. Sie kann auch bevorzugt zu 30 gewählt werden. Bevorzugt wird die zweite Grenz-Häufigkeit zwischen 25 und 35 gewählt. Der Häufigkeitswert H_A wird mit der zweiten Grenz-Häufigkeit - und wie im Folgenden noch erläutert wird - auch mit der ersten Grenz-Häufigkeit verglichen. Die zweite Alarmstufe A2 entspricht insbesondere einem Gelbalarm, durch welchen ein Betreiber der Brennkraftmaschine 1 vor einer möglichen Beschädigung der Injektoren 15 vorgewarnt wird.

[0073] Zu einem 13. Zeitpunkt t_{12} wird der erste Hochdruck-Grenzwert p_{L1} unterschritten, und zu einem 14. Zeitpunkt t_{13} wird der zweite Hochdruck-Grenzwert p_{L2} erreicht und in der Folge ebenfalls unterschritten. Im Folgenden über- und unterschreitet der Ist-Hochdruck p_i den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} und auch den zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} noch weitere Male, was wiederum durch eine punktierte Darstellung aller Zeitdiagramme angedeutet ist.

[0074] Zu einem 15. Zeitpunkt t_{14} überschreitet der Ist-Hochdruck p_i den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} erneut. Es wird zu Erläuterungszwecken angenommen, dass der Häufigkeitswert H_A dadurch auf den Wert 50 inkrementiert wird. Zu einem 16. Zeitpunkt t_{15} unterschreitet der Ist-Hochdruck p_i wiederum den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} . Zu einem 17. Zeitpunkt t_{16} überschreitet der Ist-Hochdruck p_i wieder den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} , ohne dabei zuvor den zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} erreicht oder unterschritten zu haben. Es erfolgt daher zu diesem Zeitpunkt keine Inkrementierung des Häufigkeitswerts H_A . Zu einem 18. Zeitpunkt t_{17} wird der erste Hochdruck-Grenzwert p_{L1} erneut unterschritten. Zu einem 19. Zeitpunkt t_{18} wird der zweite Hochdruck-Grenzwert p_{L2} erreicht und anschließend unterschritten.

[0075] Zu einem 20. Zeitpunkt t_{19} überschreitet der Ist-Hochdruck p_i nach einem weiteren Anstieg wieder den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} , wodurch der Häufigkeitswert H_A auf den Wert 51 inkrementiert wird. Dies führt nun dazu, dass die erste Grenz-Häufigkeit erreicht ist, wobei somit die erste Alarmstufe A1 - siehe Diagramm g) - gesetzt wird. Die erste Grenz-Häufigkeit ist somit hier bevorzugt zu 51 gewählt. Sie kann auch zu 50 gewählt werden. Allgemein wird die erste Grenz-Häufigkeit bevorzugt zwischen 45 und 55 gewählt.

[0076] Das Setzen der ersten Alarmstufe A1 führt wiederum dazu, dass die Bestromung der Injektoren 15 gestoppt wird, wodurch kein Kraftstoff mehr in die Brennräume 16 eingespritzt wird. Dies wird bewirkt, indem das logische Signal SIG seinen Wert von F auf T ändert - siehe Diagramm d).

[0077] Zu einem 21. Zeitpunkt t_{20} unterschreitet der Ist-Hochdruck p_i wieder den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} . Zu einem 22. Zeitpunkt t_{21} erreicht der Ist-Hochdruck p_i den zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} , was zur Folge hat, dass die Einspritzung wieder freigegeben wird, indem das logische Signal SIG seinen Wert von T auf F ändert. Zu einem 23. Zeitpunkt t_{22} überschreitet der Ist-Hochdruck p_i wiederum den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} , was zur Folge hat, dass die Kraftstoff-Einspritzung in die Brennräume 16 wieder gestoppt wird, indem das logische Signal SIG wiederum den Wert T annimmt. Zu einem 24. Zeitpunkt t_{23} wird die Brennkraftmaschine 1 abgestellt, was zu einem Abfall der aktuellen Motordrehzahl n_i führt. Gleichzeitig unterschreitet der Ist-Hochdruck p_i den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} . In der Folge fällt der Ist-Hochdruck p_i weiter ab und steigt dann wieder an, ohne zuvor den zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} erreicht oder unterschritten zu haben. Zu einem 25. Zeitpunkt t_{24} überschreitet der Ist-Hochdruck p_i wieder den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} . Zu einem 26. Zeitpunkt t_{25} erreicht die aktuelle Motordrehzahl n_i den Wert 0, das heißt, die Brennkraftmaschine 1 steht nun still. Somit ändert auch die logische Variable MS ihren Wert von 0 auf 1. Zu einem 27. Zeitpunkt t_{26} unterschreitet der Ist-Hochdruck p_i wieder den zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} von oben her, was zur Folge hat, dass das logische Signal SIG auf den Wert F geändert wird. Zu einem 28. Zeitpunkt t_{27} wird die Alarm-Rücksetzanforderung AR gesetzt. Dies führt, da die Brennkraftmaschine 1 stillsteht, dazu, dass sämtliche Alarme, das heißt die erste Alarmstufe A1 und die zweite Alarmstufe A2, zurückgesetzt werden. Zugleich wird auch der Häufigkeitswert H_A nach Auslösen der Alarm-Rücksetzanforderung AR im Stillstand der Brennkraftmaschine 1 auf den Wert Null zurückgesetzt.

[0078] Es zeigt sich demnach, dass der Häufigkeitswert H_A , der die momentane Häufigkeit der Überschreitung des ersten Hochdruck-Grenzwerts p_{L1} durch den momentanen Hochdruck, also den Ist-Hochdruck p_i , angibt, inkrementiert wird, wenn der momentane Hochdruck den ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} von unterhalb des zweiten Hochdruck-Grenzwerts p_{L2} her erreicht

oder überschreitet. Der Häufigkeitswert H_A wird mit der vorbestimmten Grenz-Häufigkeit, insbesondere sowohl mit der ersten Grenz-Häufigkeit als auch mit der zweiten Grenz-Häufigkeit, verglichen.

[0079] Die zweite Alarmstufe A2 wird ebenfalls aufgehoben, wenn sowohl ein Stillstand der Brennkraftmaschine 1 erkannt als auch die Alarm-Rücksetzanforderung AR gesetzt ist.

[0080] Das Steuergerät 21 ist insbesondere eingerichtet, um das hier beschriebene Verfahren durchzuführen.

[0081] Dieses wird nun in Zusammenhang mit Figur 6 näher erläutert.

[0082] Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens in Form eines Flussdiagramms. Diese Ausführungsform kann auch kumulativ mit den Ausführungsformen gemäß den Figuren 4 und 5 vorgesehen sein, wobei bevorzugt alle in Zusammenhang mit den Figuren 4 bis 6 erläuterten Verfahrensschritte und Merkmale des Verfahrens in Kombination miteinander durchgeführt werden.

[0083] Bevor das Verfahren in einem Start-Schritt S0 startet, wird bevorzugt der Wert einer Variablen M, die einen Merker darstellt und im Folgenden auch als Merker-Variable bezeichnet wird, und die die Werte 0 und 1 annehmen kann, auf 1 initialisiert. Die aktuelle Zeitdauer Δt_A wird auf den Wert null aktualisiert, und der Häufigkeitswert H_A wird ebenfalls auf den Wert null initialisiert.

[0084] In einem ersten Schritt S1 wird abgefragt, ob die erste Alarmstufe A1 gesetzt ist. Ist dies nicht der Fall, wird das Verfahren in einem zweiten Schritt S2 fortgesetzt, in dem abgefragt wird, ob der Ist-Hochdruck p_i größer ist als der erste Hochdruck-Grenzwert p_{L1} . Ist dies nicht der Fall, wird das Verfahren in einem dritten Schritt S3 fortgesetzt, in dem geprüft wird, ob die Merker-Variable M den Wert 1 aufweist, mithin gesetzt ist, was gemäß der zuvor erwähnten Initialisierung bei einem ersten Beginn des Verfahrens der Fall ist. Ist die Variable M gesetzt, wird das Verfahren in einem sechsten Schritt S6 fortgesetzt. Ist dagegen die Variable M nicht gesetzt, weist sie also den Wert 0 auf, wird mit einem vierten Schritt S4 fortgefahren. In diesem wird geprüft, ob der Ist-Hochdruck p_i kleiner oder gleich dem zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} ist. Ist dies nicht der Fall, wird der Verfahrensablauf mit dem sechsten Schritt S6 fortgesetzt. Ist dies allerdings der Fall, wird in einem fünften Schritt S5 die Merker-Variable M auf den Wert 1 gesetzt, wobei dann anschließend mit dem sechsten Schritt S6 fortgefahren wird. In dem sechsten Schritt S6 wird die aktuelle Zeitdauer Δt_A auf den Wert null gesetzt. Nach dem sechsten Schritt S6 wird ein siebter Schritt S7 ausgeführt, wobei hier das logische Signal SIG auf den Wert F gesetzt wird. Anschließend wird mit einem 33. Schritt S33 fortgefahren.

[0085] Ist das Abfrageergebnis in dem zweiten Schritt S2 positiv, ist also der Ist-Hochdruck p_i tatsächlich größer als der erste Hochdruck-Grenzwert p_{L1} , wird das Verfahren in einem achten Schritt S8 fortgesetzt. In diesem achten Schritt S8 wird geprüft, ob die aktuelle Zeitdauer Δt_A größer ist als die vorbestimmte Grenz-Zeitdauer Δt_L .

Ist dies der Fall, wird mit einem neunten Schritt S9, einem zehnten Schritt S10, einem elften Schritt S11 und anschließend mit dem 33. Schritt S33 fortgefahren. In dem neunten Schritt S9 wird der Häufigkeitswert H_A auf den Wert null gesetzt. In dem zehnten Schritt S10 wird die erste Alarmstufe A1 gesetzt. In dem elften Schritt S11 wird das logische Signal SIG auf den Wert T gesetzt.

[0086] Ist das Abfrageergebnis in dem achten Schritt S8 dagegen negativ, das heißt, ist die aktuelle Zeitdauer Δt_A kleiner oder gleich der Grenz-Zeitdauer Δt_L , so wird das Verfahren in einem zwölften Schritt S12 fortgesetzt. In diesem Schritt wird die Zeitvariable Δt_A um eine verfahrensinnige Abtastzeit T_a inkrementiert.

[0087] In einem 13. Schritt S13 wird wiederum die Merker-Variable M abgefragt. Ist diese nicht gesetzt, wird mit einem 16. Schritt S16 fortgefahren. Ist sie dagegen gesetzt, weist also den Wert 1 auf, wird der Häufigkeitswert H_A in einem 14. Schritt S14 inkrementiert. Anschließend wird die Merker-Variable M in einem 15. Schritt S15 auf den Wert null gesetzt.

[0088] In dem 16. Schritt S16 wird abgefragt, ob die zweite Alarmstufe A2 gesetzt ist. Ist diese Variable gesetzt, weist sie also den Wert 1 auf, wird mit einem 19. Schritt S19 fortgefahren. Ist sie nicht gesetzt, weist sie also den Wert null auf, wird mit einem 17. Schritt S17 fortgefahren. In diesem 17. Schritt S17 wird geprüft, ob der Häufigkeitswert H_A größer ist als die zweite Grenz-Häufigkeit H_{L2} reduziert um 1. Ist dies nicht der Fall, wird mit dem 19. Schritt S19 fortgefahren, andernfalls mit dem 18. Schritt S18, in dem die zweite Alarmstufe A2 gesetzt wird. In dem 19. Schritt S19 wird abgefragt, ob der Häufigkeitswert H_A größer ist als die erste Grenz-Häufigkeit H_{L1} reduziert um 1. Ist dies der Fall, wird mit einem 20. Schritt S20, einem 21. Schritt S21, einem 22. Schritt S22 und anschließend mit dem 33. Schritt S33 fortgefahren. Ist dies dagegen nicht der Fall, wird mit einem 23. Schritt S23 und danach mit dem 33. Schritt S33 fortgefahren. In dem 20. Schritt S20 wird der Häufigkeitswert H_A auf den Wert null gesetzt. In dem 21. Schritt S21 wird die erste Alarmstufe A1 gesetzt. In dem 22. Schritt S22 wird das logische Signal SIG auf den Wert T gesetzt. In dem 23. Schritt S23 wird dagegen das logische Signal SIG auf den Wert F gesetzt.

[0089] Ist das Abfrageergebnis in dem ersten Schritt S1 positiv, das heißt, ist die erste Alarmstufe A1 gesetzt, wird mit einem 24. Schritt S24 fortgefahren. In diesem 24. Schritt S24 wird die Merker-Variable M abgefragt. Ist diese gesetzt, wird mit einem 25. Schritt S25 fortgefahren, andernfalls mit einem 29. Schritt S29. In dem 25. Schritt S25 wird abgefragt, ob der Ist-Hochdruck p_i größer ist als der erste Hochdruck-Grenzwert p_{L1} . Ist dies der Fall, wird mit einem 26. Schritt S26, einem 27. Schritt S27 und anschließend mit dem 33. Schritt S33 fortgefahren. Ist dagegen der Ist-Hochdruck p_i kleiner oder gleich dem ersten Hochdruck-Grenzwert p_{L1} , wird mit einem 28. Schritt S28 und anschließend mit dem 33. Schritt S33 fortgefahren.

[0090] In dem 26. Schritt S26 wird die Merker-Variable

M auf den Wert null gesetzt. In dem 27. Schritt S27 wird das logische Signal SIG auf den Wert T gesetzt. In dem 28. Schritt S28 wird das logische Signal SIG auf den Wert F gesetzt.

[0091] In dem 29. Schritt S29 wird geprüft, ob der Ist-Hochdruck p_i kleiner oder gleich dem zweiten Hochdruck-Grenzwert p_{L2} ist. Ist dies der Fall, wird mit einem 30. Schritt S30, einem 31. Schritt S31 und danach mit dem 33. Schritt S33 fortgefahren. Ist dies nicht der Fall, wird mit einem 32. Schritt S32 und anschließend mit dem 33. Schritt S33 fortgefahren. In dem 30. Schritt S30 wird die Merker-Variable M auf den Wert 1 gesetzt. In dem 31. Schritt S31 wird das logische Signal SIG auf den Wert F gesetzt. In dem 32. Schritt S32 wird das logische Signal SIG auf den Wert T gesetzt.

[0092] In dem 33. Schritt S33 wird geprüft, ob zugleich - also kumulativ - die folgenden Bedingungen erfüllt sind: Die Alarm-Rücksetzanforderung AR ist gesetzt, die Brennkraftmaschine 1 steht, das heißt, die logische Variable MS ist gesetzt, und entweder die erste Alarmstufe A1 oder die zweite Alarmstufe A2 ist gesetzt. Sind diese Bedingungen kumulativ erfüllt, wird mit einem 34. Schritt S34, einem 35. Schritt S35, einem 36. Schritt S36 und einem 37. Schritt S37 fortgefahren. In dem 34. Schritt S34 wird die zweite Alarmstufe zurückgesetzt. In dem 35. Schritt S35 wird die erste Alarmstufe zurückgesetzt. In dem 36. Schritt S36 wird die aktuelle Zeitdauer Δt_A zu null gesetzt. In dem 37. Schritt S37 wird der Häufigkeitswert H_A zu null gesetzt. Anschließend endet der Programmablauf in einem Ende-Schritt S38. Ist eine der kumulierten Bedingungen des 33. Schritts S33 nicht erfüllt, endet der Programmablauf in dem Ende-Schritt S38, ohne dass zuvor die Schritte S34 bis S37 durchlaufen wurden.

[0093] Das Verfahren wird vorzugsweise fortlaufend iterativ durchgeführt, sodass es in dem Start-Schritt SO wieder beginnt, sobald es in dem Ende-Schritt S38 geendet hat. Die Initialisierung der Merker-Variable M, der aktuellen Zeitdauer Δt_A und des Häufigkeitswerts H_A mit den eingangs der Figurenbeschreibung von Figur 6 genannten Werten wird dabei nur bei einem allerersten Start des Programmablaufs, keinesfalls jedoch bei jedem Durchlauf durchgeführt, vielmehr werden bei jedem neuen Durchlauf nach einem vorangehenden Durchlauf die Werte aus dem vorhergehenden Durchlauf für diese Variablen übernommen, da ansonsten die Logik des Verfahrens nicht funktionieren würde. Die Dauer eines Durchlaufs des Verfahrens beträgt vorzugsweise jeweils die Zeitdauer des Abtastschritts T_a , wobei dies insbesondere gewährleistet, dass die aktuelle Zeitdauer Δt_A in dem zwölften Schritt S12 stets korrekt aktualisiert wird.

[0094] In Zusammenhang mit der Erfindung ergeben sich insbesondere folgende Vorteile: Die Injektoren 15 können geschädigt werden, wenn deren Bauteile infolge von zu hohen Kraftstoffdrücken in dem Hochdruckspeicher 13 zu stark belastet werden. Eine solche zu starke Belastung liegt dann vor, wenn der momentane Hochdruck entweder während einer zu langen Zeitdauer über einem ersten Grenzwert liegt, oder wenn dieser Grenz-

wert mit einer zu großen Häufigkeit überschritten wird. Das hier vorgeschlagene Verfahren ermöglicht es, die Injektoren 15 vor weiteren Schäden zu schützen, indem die Einspritzung von Kraftstoff in die Brennräume 16 in beiden Fällen deaktiviert wird. Erst wenn der Hochdruck den ersten Grenzwert um einen Hysterese-Differenzdruckwert unterschreitet, wird die Einspritzung von Kraftstoff wieder freigegeben. Dadurch kann die Brennkraftmaschine 1 trotz möglicher Vorschädigung in einer Art Notbetrieb weiterbetrieben werden, bis der Betreiber die Möglichkeit hat, eine Wartungsmaßnahme durchzuführen, insbesondere die Injektoren 15 auszutauschen. Dass ein Austausch der Injektoren 15 oder eine Wartung erforderlich ist, wird dem Betreiber durch das Auslösen der ersten Alarmstufe A1, mithin des Rotalarms, vorzugsweise mit einer entsprechenden Fehlermeldung, angezeigt. Um den Betreiber vorab zu warnen, wird frühzeitig die zweite Alarmstufe A2, mithin ein Gelbalarm, ausgelöst, und zwar dann, wenn eine bestimmte, noch zulässige Anzahl von Grenzwertüberschreitungen festgestellt wurde.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) mit einem Einspritzsystem (3), das einen Hochdruckspeicher (13) aufweist, wobei ein momentaner Hochdruck (p_i) in dem Hochdruckspeicher (13) mittels eines Hochdrucksensors (23) zeitabhängig überwacht wird, wobei geprüft wird, ob ein erster vorbestimmter Hochdruck-Grenzwert (p_{L1}) von dem momentanen Hochdruck (p_i) für eine vorbestimmte Grenz-Zeitdauer (Δt_L) ununterbrochen überschritten ist, und wobei geprüft wird, ob der erste vorbestimmte Hochdruck-Grenzwert (p_{L1}) durch den momentanen Hochdruck (p_i) erstmals mit einer vorbestimmten, ersten Grenz-Häufigkeit (H_{L1}) überschritten ist, wobei eine erste Alarmstufe (A1) gesetzt wird, wenn entweder

- a) der erste vorbestimmte Hochdruck-Grenzwert (p_{L1}) von dem momentanen Hochdruck (p_i) für die vorbestimmte Grenz-Zeitdauer (Δt_L) ununterbrochen überschritten ist, oder
- b) der erste vorbestimmte Hochdruck-Grenzwert (p_{L1}) durch den momentanen Hochdruck (p_i) erstmals mit der vorbestimmten, ersten Grenz-Häufigkeit (H_{L1}) überschritten ist,

dadurch gekennzeichnet, dass ein Häufigkeitswert (H_A), der eine momentane Häufigkeit der Überschreitung des ersten Hochdruck-Grenzwerts (p_{L1}) durch den momentanen Hochdruck (p_i) angibt, inkrementiert wird, wenn der momentane Hochdruck (p_i) den ersten Hochdruck-Grenzwert (p_{L1}) von unterhalb eines zweiten Hochdruck-Grenzwerts (p_{L2}) her erreicht oder überschreitet, wobei der zweite

Hochdruck-Grenzwert (p_{L2}) kleiner ist als der erste Hochdruck-Grenzwert (p_{L1}), und wobei der Häufigkeitswert (H_A) mit der vorbestimmten ersten Grenzhäufigkeit (H_{L1}) verglichen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Erfassung einer Zeitdauer (Δt_A) der Überschreitung des ersten Hochdruck-Grenzwerts (p_{L1}) durch den momentanen Hochdruck (p_i) gestartet wird, wenn der momentane Hochdruck (p_i) den ersten Hochdruck-Grenzwert (p_{L1}) von unterhalb des ersten Hochdruck-Grenzwerts (p_{L1}) erreicht oder überschreitet, wobei die erfasste Zeitdauer (Δt_A) mit der vorbestimmten Grenz-Zeitdauer (Δt_L) verglichen wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erfasste Zeitdauer (Δt_A) zu null gesetzt wird, wenn der momentane Hochdruck (p_i) den ersten Hochdruck-Grenzwert (p_{L1}) von oberhalb des ersten Hochdruck-Grenzwerts (p_{L1}) her unterschreitet.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zweite Alarmstufe (A2) gesetzt wird, wenn der erste Hochdruck-Grenzwert (p_{L1}) durch den momentanen Hochdruck (p_i) erstmals mit einer vorbestimmten, zweiten Grenz-Häufigkeit (H_{L2}) überschritten ist, wobei die zweite Grenz-Häufigkeit (H_{L2}) kleiner ist als die erste Grenz-Häufigkeit (H_{L1}).
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Einspritzung von Kraftstoff aus dem Hochdruckspeicher (13) in wenigstens einen Brennraum (16) der Brennkraftmaschine (1) beendet wird, wenn die erste Alarmstufe (A1) gesetzt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - a) die Einspritzung bei gesetzter erster Alarmstufe (A1) fortgesetzt wird, wenn der momentane Hochdruck (p_i) einen dritten Hochdruck-Grenzwert von oberhalb des dritten Hochdruck-Grenzwerts her unterschreitet, wobei der dritte Hochdruck-Grenzwert kleiner ist als der erste Hochdruck-Grenzwert, und
 - b) die fortgesetzte Einspritzung bei gesetzter erster Alarmstufe (A1) beendet wird, sobald der momentane Hochdruck (p_i) den ersten Hochdruck-Grenzwert (p_{L1}) erreicht oder überschreitet.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Alarmstufe (A1) und/oder die zweite Alarmstufe

(A2) aufgehoben wird/werden, wenn ein Stillstand der Brennkraftmaschine (1) erkannt wird und zugleich eine Alarm-Rücksetzanforderung (AR) gesetzt ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorbestimmte Grenz-Zeitdauer (Δt_L) von mindestens 2 s bis höchstens 3 s, und/oder die erste, vorbestimmte Grenz-Häufigkeit (H_{L1}) von mindestens 45 bis höchstens 55, und/oder die zweite vorbestimmte Grenz-Häufigkeit (H_{L2}) von mindestens 25 bis höchstens 35, gewählt wird/werden. 5 10
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einspritzung oder die fortgesetzte Einspritzung beendet wird, indem 15
 - a) eine Soll-Einspritzmenge (Q_S) auf null gesetzt wird, und/oder indem 20
 - b) eine Bestromungsdauer (BD) für wenigstens einen Injektor (15) auf null gesetzt wird.
10. Einspritzsystem (3) für eine Brennkraftmaschine (1) mit 25
 - wenigstens einem Injektor (15),
 - einem Hochdruckspeicher (13), der mit dem wenigstens einen Injektor (15) in strömungstechnischer Verbindung ist, und mit 30
 - einem Hochdrucksensor (23), der eingerichtet und angeordnet ist zur zeitabhängigen Erfassung eines momentanen Hochdrucks (p_i) in dem Hochdruckspeicher (13), 35

gekennzeichnet durch ein Steuergerät (21), das mit dem Hochdrucksensor (23) wirkverbunden und eingerichtet ist zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9. 40

Claims

1. Method for operating an internal combustion engine (1) having an injection system (3) which has a high pressure accumulator (13), wherein an instantaneous high pressure (p_i) in the high pressure accumulator (13) is monitored in a time-dependent manner by means of a high pressure sensor (23), wherein it is checked whether a first predetermined high pressure threshold value (p_{L1}) is exceeded by the instantaneous high pressure (p_i) for a predetermined threshold duration (Δt_L) in an uninterrupted manner, and wherein it is checked whether the first predetermined high pressure threshold value (p_{L1}) is exceeded by the instantaneous high pressure (p_i) for the first time with a predetermined, first threshold 45 50 55

frequency (H_{L1}), wherein a first alert level (A1) is set if either

- a) the first predetermined high pressure threshold value (p_{L1}) is exceeded by the instantaneous high pressure (p_i) for the predetermined threshold duration (Δt_L) in an uninterrupted manner, or
- b) the first predetermined high pressure threshold value (p_{L1}) is exceeded by the instantaneous high pressure (p_i) for the first time with the predetermined, first threshold frequency (H_{L1}),

characterized in that a frequency value (H_A) which indicates an instantaneous frequency of the exceeding of the first high pressure threshold value (p_{L1}) by the instantaneous high pressure (p_i) is incremented if the instantaneous high pressure (p_i) reaches or exceeds the first high pressure threshold value (p_{L1}) from below a second high pressure threshold value (p_{L2}), wherein the second high pressure threshold value (p_{L2}) is smaller than the first high pressure threshold value (p_{L1}), and wherein the frequency value (H_A) is compared with the predetermined first threshold frequency (H_{L1}).

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** a recording of a duration (Δt_A) of the exceeding of the first high pressure threshold value (p_{L1}) by the instantaneous high pressure (p_i) is started if the instantaneous high pressure (p_i) reaches or exceeds the first high pressure threshold value (p_{L1}) from below the first high pressure threshold value (p_{L1}), wherein the recorded duration (Δt_A) is compared with the predetermined threshold duration (Δt_L). 2.
3. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the recorded duration (Δt_A) is set to zero if the instantaneous high pressure (p_i) undershoots the first high pressure threshold value (p_{L1}) from above the first high pressure threshold value (p_{L1}). 3.
4. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** a second alert level (A2) is set if the first high pressure threshold value (p_{L1}) is exceeded by the instantaneous high pressure (p_i) for the first time with a predetermined, second threshold frequency (H_{L2}), wherein the second threshold frequency (H_{L2}) is smaller than the first threshold frequency (H_{L1}). 4.
5. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** an injection of fuel from the high pressure accumulator (13) into at least one combustion chamber (16) of the internal combustion engine (1) is terminated if the first alert level (A1) is set. 5.

6. Method according to Claim 5, **characterized in that**

- a) the injection is continued in the case of set first alert level (A1) if the instantaneous high pressure (p_i) undershoots a third high pressure threshold value from above the third high pressure threshold value, wherein the third high pressure threshold value is smaller than the first high pressure threshold value, and
- b) the continued injection is terminated in the case of set first alert level (A1) as soon as the instantaneous high pressure (p_i) reaches or exceeds the first high pressure threshold value (p_{L1}).

7. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the first alert level (A1) and/or the second alert level (A2) is/are cancelled if a standstill of the internal combustion engine (1) is detected and at the same time an alert reset request (AR) is made.8. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the predetermined threshold duration (Δt_L) of at least 2s to at most 3s, and/or the first predetermined threshold frequency (H_{L1}) of at least 45 to at most 55, and/or the second predetermined threshold frequency (H_{L2}) of at least 25 to at most 35 is/are selected.9. Method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the injection or the continued injection is terminated **in that**

- a) a setpoint injection quantity (Q_S) is set to zero and/or **in that**
- b) an energization period (BD) for at least one injector (15) is set to zero.

10. Injection system (3) for an internal combustion engine (1) having

- at least one injector (15),
- a high pressure accumulator (13) which is connected in terms of flow to the at least one injector (15), and having
- a high pressure sensor (23) which is configured and arranged for time-dependent recording of an instantaneous high pressure (p_i) in the high pressure accumulator (13), **characterized by** a control unit (21) which is operatively connected to the high pressure sensor (23) and configured to carry out a method according to any one of Claims 1 to 9.

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner un moteur à combustion interne (1) ayant un système d'injection (3) qui présente un accumulateur haute pression (13), une haute pression momentanée (p_i) dans l'accumulateur haute pression (13) étant surveillée au cours du temps au moyen d'un capteur haute pression (23), en vérifiant si une première valeur limite de haute pression prédéterminée (p_{L1}) est dépassée de manière ininterrompue par la haute pression instantanée (p_i) pendant une durée limite prédéterminée (Δt_L), et si la première valeur limite de haute pression prédéterminée (p_{L1}) est dépassée pour la première fois par la haute pression instantanée (p_i) avec une première fréquence limite (H_{L1}) prédéterminée, un premier niveau d'alarme (A1) étant activé si

- a) la première valeur limite de haute pression prédéterminée (p_{L1}) est dépassée de manière ininterrompue par la haute pression instantanée (p_i) pendant la durée limite prédéterminée (Δt_L), ou
- b) la première valeur limite de haute pression prédéterminée (p_{L1}) est dépassée pour la première fois par la haute pression instantanée (p_i) avec la première fréquence limite prédéterminée (H_{L1}).

caractérisé en ce qu'une valeur de fréquence (H_A), qui indique une fréquence instantanée de dépassement de la première valeur limite de haute pression (p_{L1}) par la haute pression instantanée (p_i), est incrémentée lorsque la haute pression instantanée (p_i) atteint ou dépasse la première valeur limite de haute pression (p_{L1}) à partir d'une valeur inférieure à une deuxième valeur limite de haute pression (p_{L2}), la deuxième valeur limite de haute pression (p_{L2}) étant inférieure à la première valeur limite de haute pression (p_{L1}), et la valeur de fréquence (H_A) étant comparée à la première fréquence limite prédéterminée (H_{L1}).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**une détection d'une durée (Δt_A) de dépassement de la première valeur limite de haute pression (p_{L1}) par la haute pression instantanée (p_i) est lancée lorsque la haute pression instantanée (p_i) atteint ou dépasse la première valeur limite de haute pression (p_{L1}) à partir d'une valeur inférieure à la première valeur limite de haute pression (p_{L1}), la durée enregistrée (Δt_A) étant comparée à la durée limite prédéterminée (Δt_L).

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la durée enregistrée (Δt_A) est mise à zéro lorsque la haute pression instantanée (p_i) passe en dessous de la première valeur

limite de haute pression (p_{L1}) à partir d'une valeur supérieure à la première valeur limite de haute pression (p_{L1}).

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** deuxième niveau d'alarme (A2) est activé lorsque la première valeur limite de haute pression (p_{L1}) est dépassée pour la première fois par la haute pression instantanée (p_i) avec une deuxième fréquence limite prédéterminée (H_{L2}), la deuxième fréquence limite (H_{L2}) étant inférieure à la première fréquence limite (H_{L1}). 5
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'une** injection de carburant provenant de l'accumulateur haute pression (13) dans au moins une chambre de combustion (16) du moteur à combustion interne (1) est interrompue lorsque le premier niveau d'alarme (A1) est activé. 10
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que**
 - a) l'injection se poursuit lorsque le premier niveau d'alarme (A1) est activé, si la haute pression instantanée (p_i) passe en dessous d'une troisième valeur limite de haute pression supérieure à la troisième valeur limite de haute pression, la troisième valeur limite de haute pression étant inférieure à la première valeur limite de haute pression, et 25
 - b) l'injection continue est interrompue lorsque le premier niveau d'alarme (A1) est activé, dès que la haute pression instantanée (p_i) atteint ou dépasse la première valeur limite de haute pression (p_{L1}). 30
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le premier niveau d'alarme (A1) et/ou le deuxième niveau d'alarme (A2) est/sont levé(s) lorsqu'un arrêt du moteur à combustion interne (1) est détecté et qu'une demande de réinitialisation d'alarme (AR) est simultanément émise. 35
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la durée limite prédéterminée (Δt_L) allant d'au moins 2s à 3s au maximum, et/ou la première fréquence limite prédéterminée (H_{L1}) allant d'au moins 45 à 55 au maximum, et/ou la deuxième fréquence limite prédéterminée (H_{L2}) allant d'au moins 25 à 35 au maximum, est/sont sélectionnée(s). 40
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'injection ou la poursuite de l'injection est terminée 45

- a) en mettant à zéro une quantité d'injection de consigne (Q_S), et/ou
- b) en mettant à zéro une durée d'alimentation en courant (BD) pour au moins un injecteur (15). 50

10. Système d'injection (3) pour un moteur à combustion interne (1) comprenant

- au moins un injecteur (15),
- un accumulateur haute pression (13) qui est en communication fluïdique avec le ou les injecteurs (15), et
- un capteur haute pression (23) qui est conçu et agencé pour détecter en fonction du temps une haute pression instantanée (p_i) dans l'accumulateur haute pression (13), 55

caractérisé par un appareil de commande (21) qui est en liaison fonctionnelle avec le capteur haute pression (23) et qui est conçu pour mettre en œuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 9.

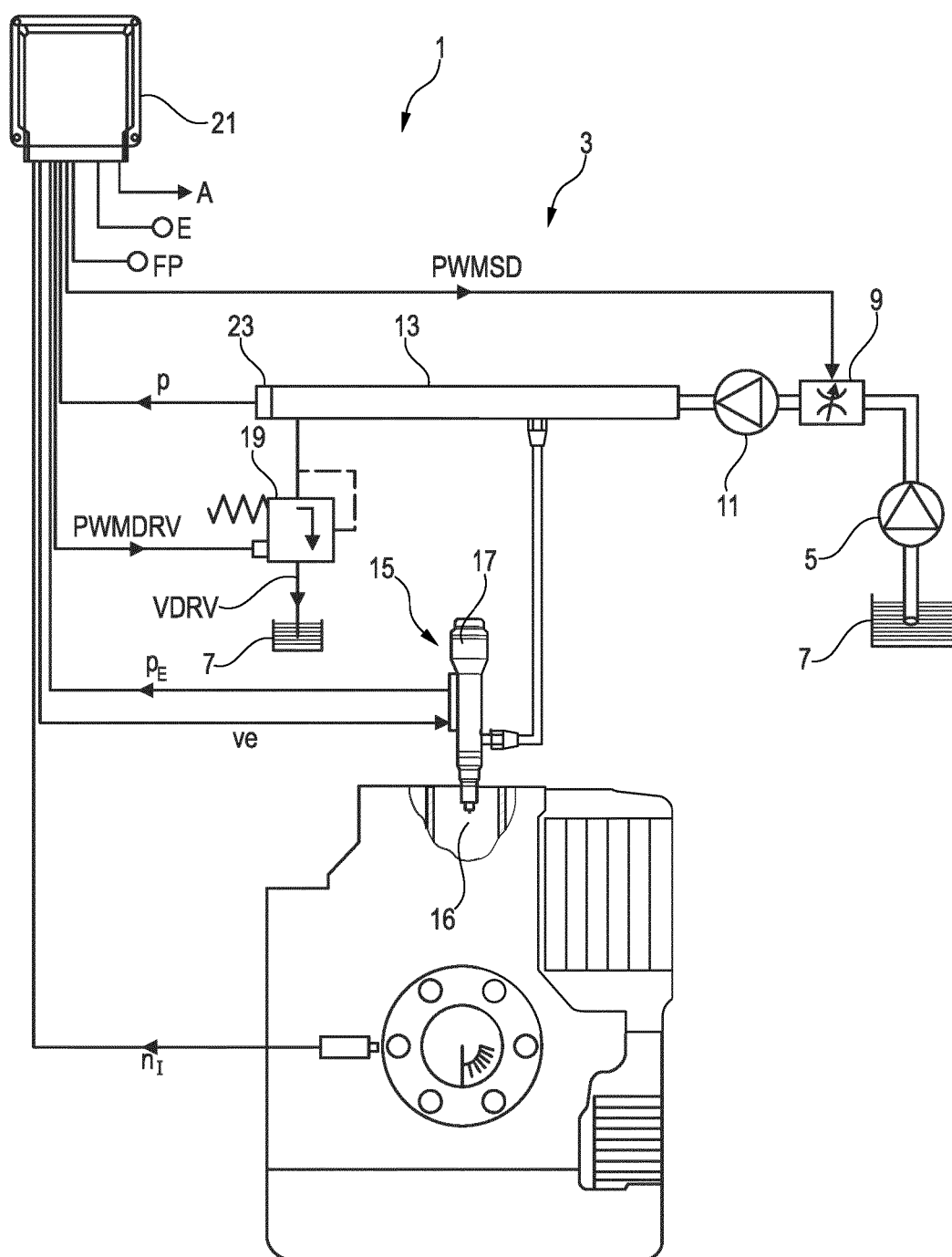


Fig. 1

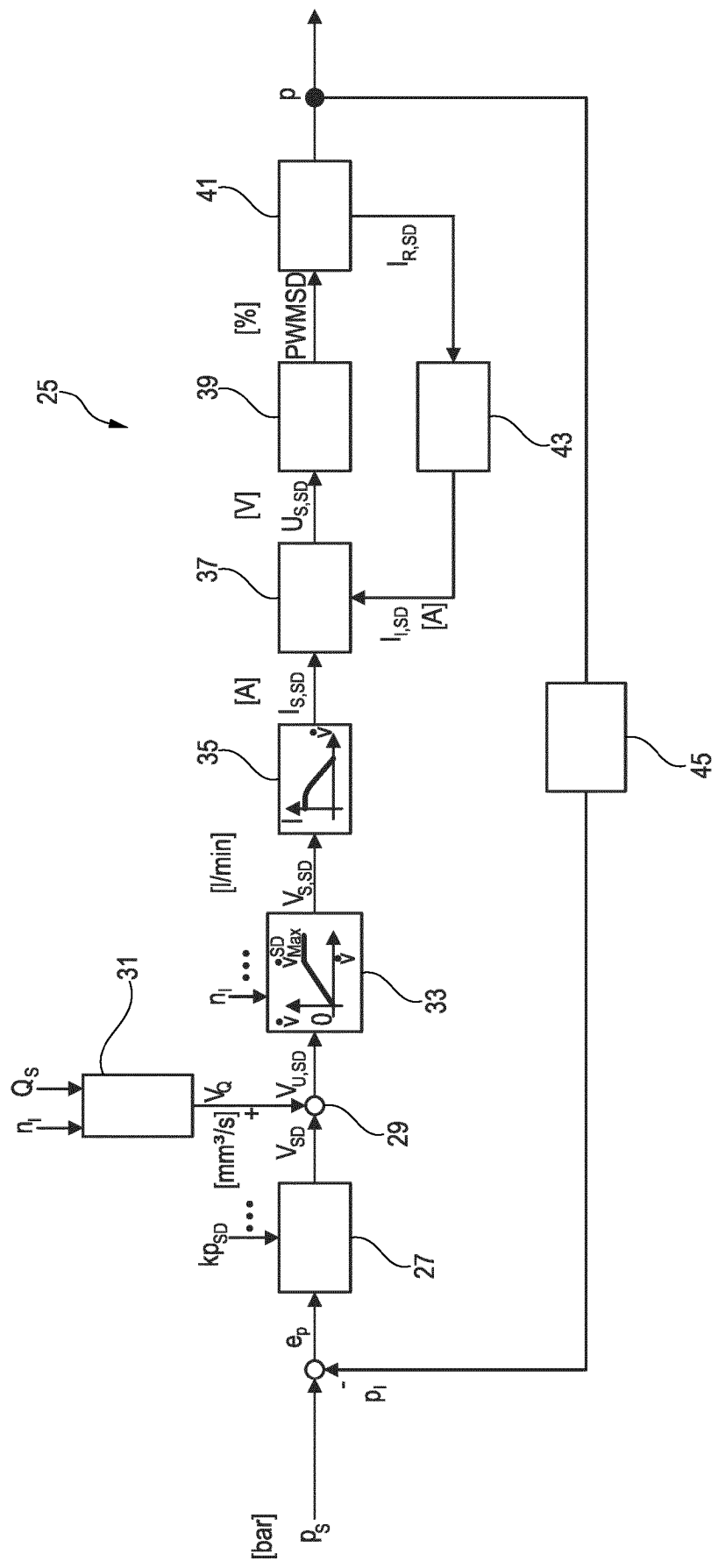


Fig. 2

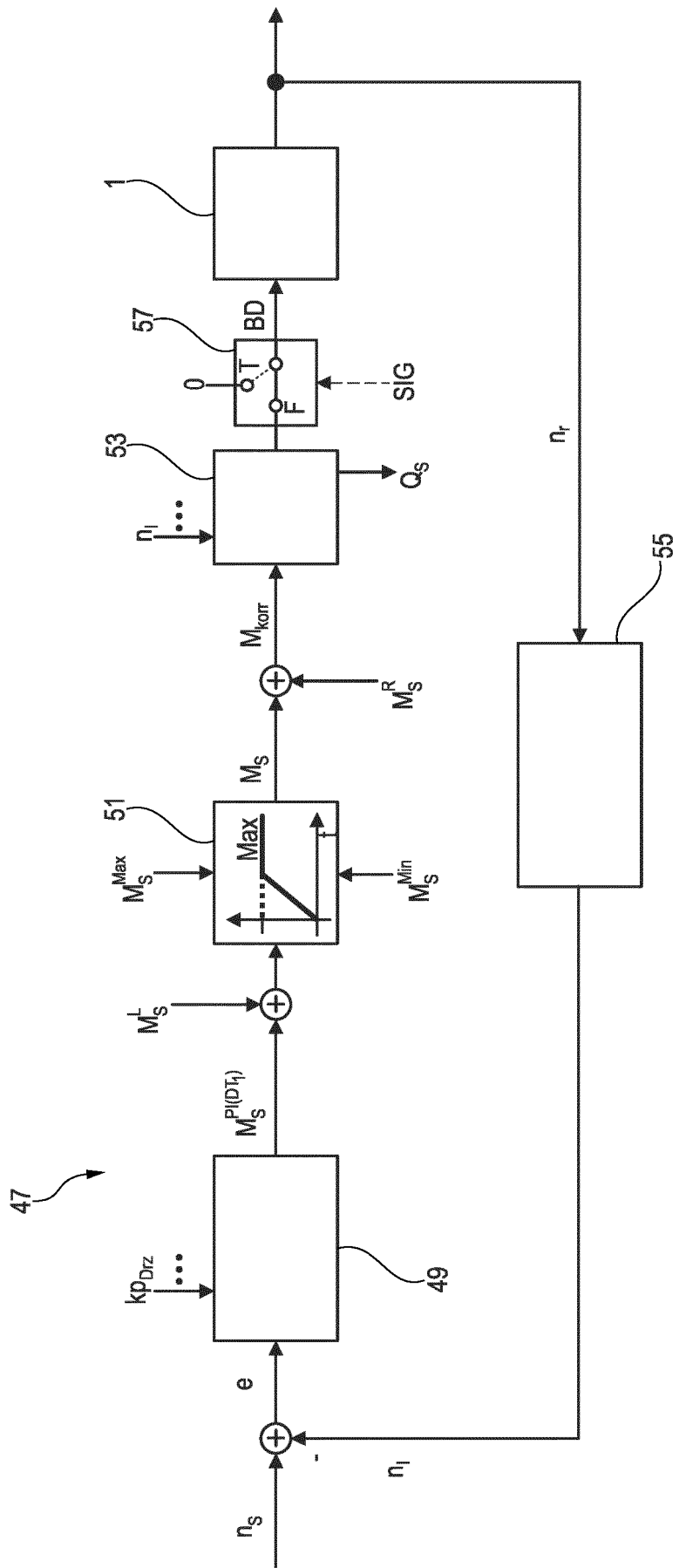


Fig. 3

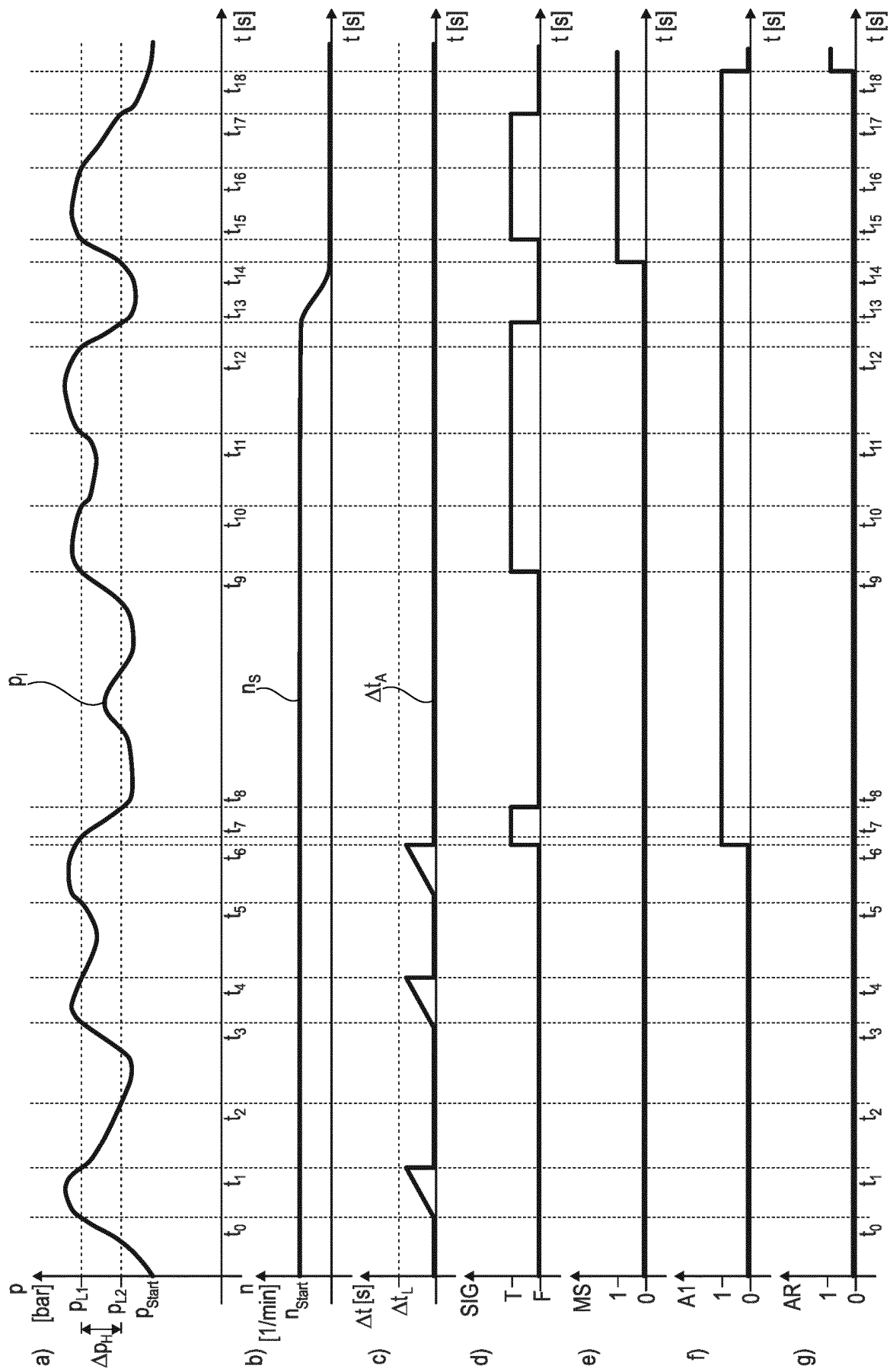


Fig. 4

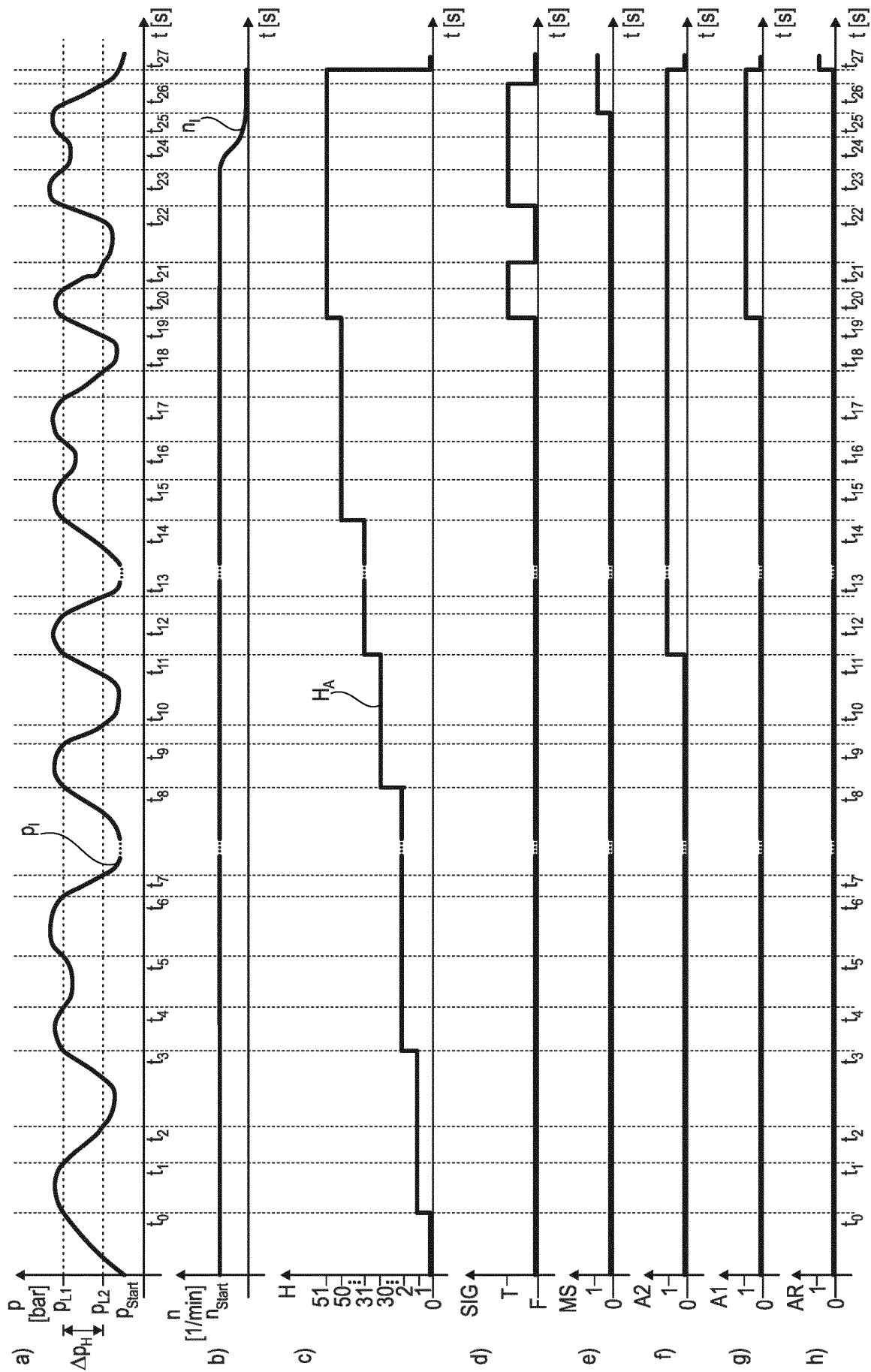


Fig. 5

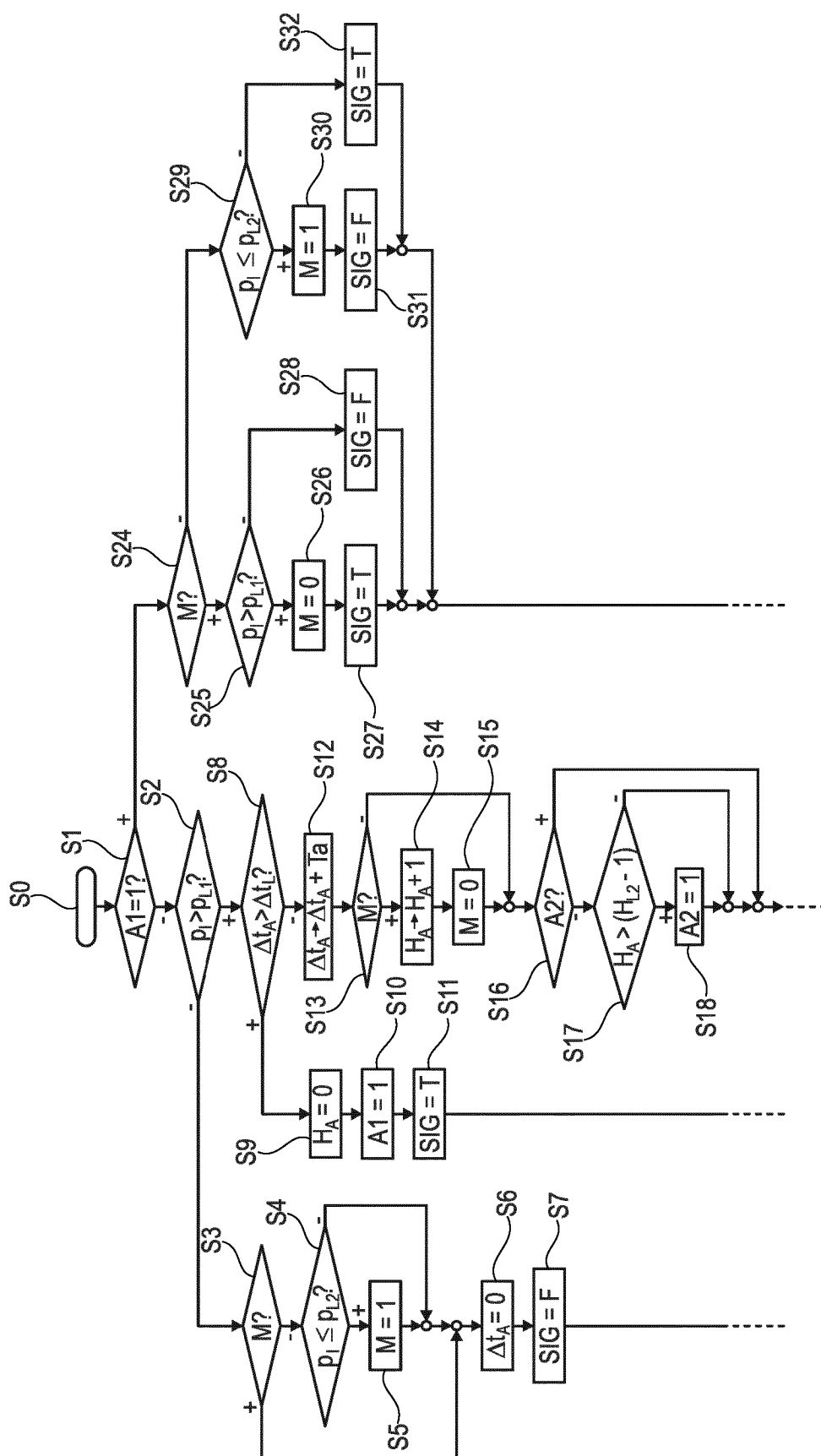


Fig. 6 (Part 1)

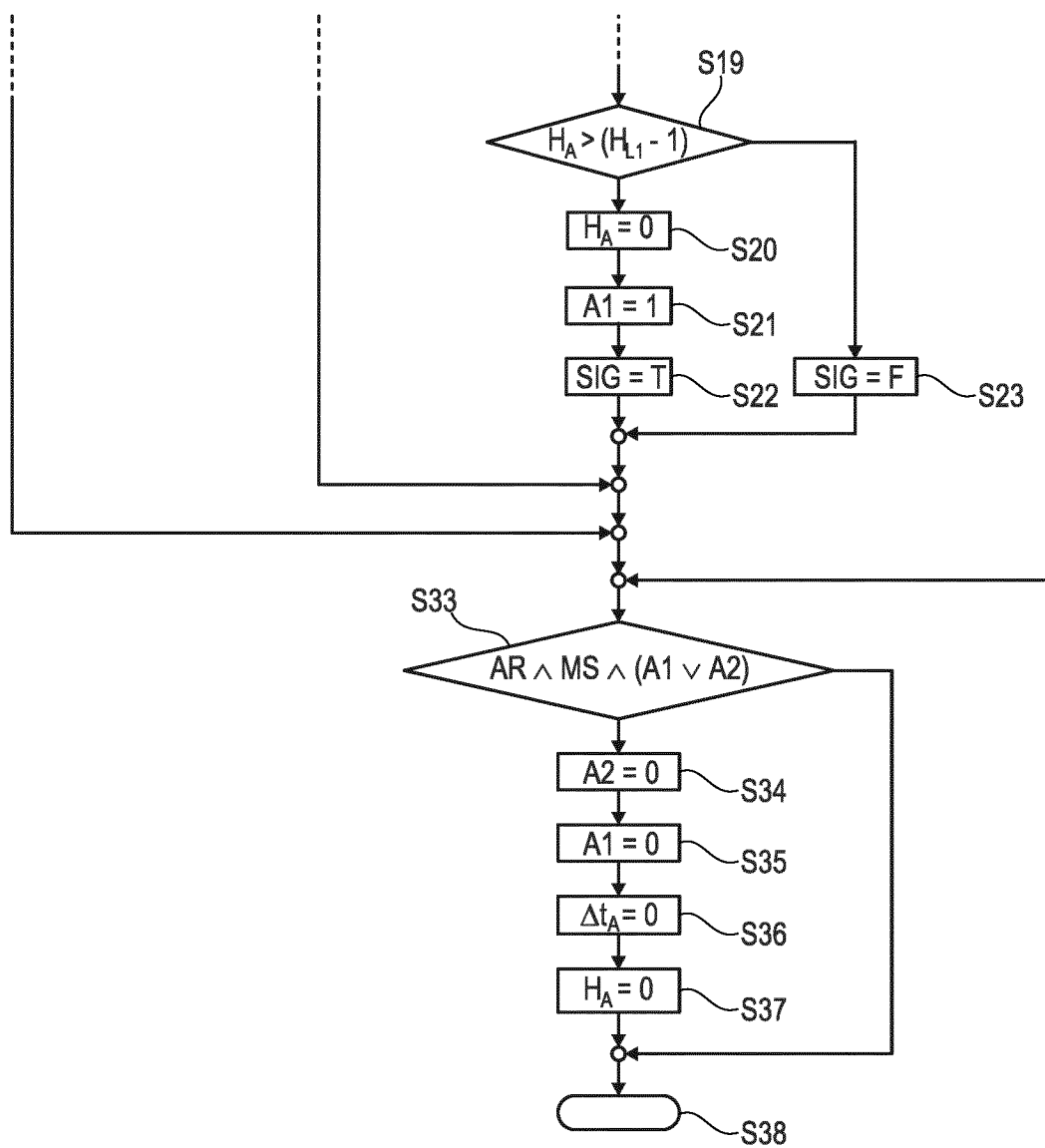


Fig. 6 (Part 2)

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 102014213648 B3 [0002]
- DE 102011100187 B3 [0003]