

(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
13. Dezember 2012 (13.12.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/167916 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/002391
- (22) Internationales Anmeldedatum: 5. Juni 2012 (05.06.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2011 103 988.4 10. Juni 2011 (10.06.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH** [DE/DE]; Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DOELKER, Armin** [DE/DE]; Im Winkel 6, 88048 Friedrichshafen (DE).
- (74) Anwalt: **WINTER, Josef**; Tognum AG, CL-P Schutzrechte, 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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 RAIL PRESSURE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR RAILDRUCKREGELUNG

Fig. 5

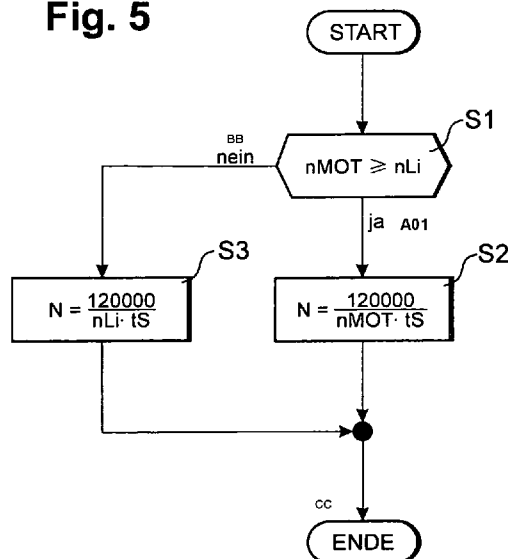


FIG. 5:
A01 Yes
BB No
CC End

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for controlling the rail pressure of an internal combustion engine in a V arrangement having an unequal ignition sequence, in which method an actual rail pressure is calculated from the measured rail pressure, a control deviation is determined on the basis of the actual rail pressure and a target rail pressure, and a manipulated variable for controlling a pressure actuator, in particular a suction throttle, is calculated in order to control the rail pressure. The invention is characterized in that the actual rail pressure is calculated from the measured rail pressure by means of a mean value filter, in that below a limit rotational speed (nLi) the rail pressure is averaged over a constant time and above the limit rotational speed (nLi) the rail pressure is averaged over a working cycle of the internal combustion engine.

(57) **Zusammenfassung:** Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Raildruckregelung einer Brennkraftmaschine in V-Anordnung mit ungleicher Zündfolge, bei dem ein Ist-Raildruck aus dem gemessenen Raildruck berechnet wird, anhand des Ist-Raildrucks sowie eines Soll-Raildrucks eine Regelabweichung bestimmt wird und bei dem eine Stellgröße zur Ansteuerung eines Druckstellglieds, insbesondere einer Saugdrossel, zur Regelung des Raildrucks berechnet wird. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Ist-Raildruck über ein Mittelwertfilter aus dem gemessenen Raildruck berechnet wird, indem unterhalb einer Grenzdrehzahl (nLi) der Raildruck über eine konstante Zeit gemittelt wird und oberhalb der Grenzdrehzahl (nLi) der Raildruck über ein Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine gemittelt wird.

Verfahren zur Raildruckregelung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Raildruckregelung einer Brennkraftmaschine in V-Anordnung mit ungleicher Zündfolge nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Brennkraftmaschinen in V-Anordnung haben auf der A- und der B-Seite ein Rail zur Zwischenspeicherung des Kraftstoffs. Am Rail angeschlossen sind die Injektoren, über welche der Kraftstoff in die Brennräume eingespritzt wird. In einer ersten Bauform des Common-Railsystems fördert eine einzelne Hochdruckpumpe den Kraftstoff unter Druckerhöhung parallel in beide Rails. Es herrscht daher der gleiche Raildruck in beiden Rails. Eine zweite Bauform des Common-Railsystems unterscheidet sich dadurch, dass eine erste Hochdruckpumpe in ein erstes Rail und eine zweite Hochdruckpumpe in ein zweites Rail fördern. Beide Bauformen sind beispielsweise aus der DE 43 35 171 C1 bekannt.

Da die Güte der Verbrennung entscheidend vom Druckniveau im Rail abhängt, wird dieses geregelt. Typischerweise umfasst ein Raildruck-Regelkreis einen Druckregler, die Saugdrossel mit Hochdruckpumpe und das Rail als Regelstrecke sowie ein Softwarefilter im Rückkopplungsweig. In diesem Raildruck-Regelkreis entspricht das Druckniveau im Rail der Regelgröße. Die gemessenen Rohwerte des Raildrucks werden über das Filter in einen Ist-Raildruck gewandelt und mit einem Soll-Raildruck verglichen. Die sich hieraus ergebende Regelabweichung wird dann über den Druckregler in ein Stellsignal für die Saugdrossel gewandelt. Das Stellsignal entspricht einem Volumenstrom mit der Einheit Liter/Minute, welches elektrisch als PWM-Signal (pulsweitenmoduliert) ausgeführt ist. Ein entsprechender Raildruck-Regelkreis ist aus der DE 10 2006 049 266 B3 bekannt.

Aus der DE 10 2007 034 317 A1 ist eine Brennkraftmaschine in V-Anordnung mit ungleicher Zündfolge und einem eigenständigen A-seitigen sowie einem eigenständigen

B-seitigen Common-Railsystem bekannt. Eine ungleiche Zündfolge ist dann gegeben, wenn beispielsweise der Zylinder A1, also der erste Zylinder auf der A-Seite, gezündet wird und im Anschluss der Zylinder A2, also der zweite Zylinder auf der A-Seite, gezündet wird. Die ungleiche Zündfolge wiederum verursacht Druckschwankungen im Rail. Zur Lösung dieser Problematik schlägt die DE 10 2007 034 317 A1 in einer ersten Lösung eine Ausgleichsleitung zwischen den beiden Rails vor. Bei einer zweiten Lösung wird der A-seitige Raildruck in einem A-seitigen Raildruck-Regelkreis mit einem PI-Regler und der B-seitige Raildruck in einem B-seitigen Raildruck-Regelkreis mit einem P-Regel geregelt. Aufgrund des fehlenden B-seitigen I-Anteils beim Regler ist diese Lösung hinsichtlich einer bleibenden Regelabweichung kritisch.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, eine verbesserte Raildruckregelung bei einer Brennkraftmaschine in V-Anordnung mit einer ungleichen Zündfolge zu entwerfen.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Raildruckregelung mit den Merkmalen von Anspruch 1. Die Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen dargestellt.

Nach der Erfindung wird der Ist-Raildruck über ein Mittelwertfilter aus dem gemessenen Raildruck berechnet, indem unterhalb einer Grenzdrehzahl der Raildruck über eine konstante Zeit gemittelt wird und oberhalb der Grenzdrehzahl der Raildruck über ein Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine gemittelt wird. Unter Arbeitsspiel sind zwei Umdrehungen der Kurbelwelle zu verstehen. Besonders bewährt hat sich diese Lösung bei einer Brennkraftmaschinen-Generatoranwendung, bei der die Motordrehzahl während des Motorbetriebs verschiedene Drehzahlbereiche durchläuft. Im stationären Drehzahlbereich, zum Beispiel bei einer konstanten Motordrehzahl von 1500 Umdrehung pro Minute zur Erzeugung einer 50 Hz Netzfrequenz, werden die arbeitsspielperiodischen Raildruckschwingungen dadurch heraus gefiltert, dass der Raildruck über ein Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine gemittelt wird. In einem Drehzahlbereich unterhalb des stationären Drehzahlbereiches, zum Beispiel von Null Umdrehungen bis zu einer Grenzdrehzahl von 1000 Umdrehungen pro Minute, wird der Raildruck hingegen über eine konstante Zeit gemittelt. Durch diese Maßnahme wird bewirkt, dass das Signal des Ist-Raildrucks unterhalb der Grenzdrehzahl nicht zu stark verzögert wird, was wiederum erst eine zufriedenstellende Regelung des Raildrucks ermöglicht. Von Vorteil ist daher eine Stabilisierung des Raildruck-Regelkreises unterhalb der Grenzdrehzahl.

Bei einer Brennkraftmaschinen-Generatoranwendung ist damit also sichergestellt, dass im stationär fahrbaren Betriebsbereich eine Mittelung des Raildrucks über ein Arbeitsspiel zuverlässig erfolgt, da die Raildruckschwingungen arbeitsspielperiodisch sind. Im Drehzahlbereich unterhalb der Grenzdrehzahl hingegen ist eine exakte Mittelung über ein Arbeitsspiel und damit auch eine exakte Herausfilterung der arbeitsspielperiodischen Raildruckschwingungen nicht erforderlich, da der Bereich unterhalb der Grenzdrehzahl nur dynamisch durchfahren wird und sich deshalb Raildruckschwingungen hier erst gar nicht nachhaltig entwickeln können.

In einer Ausgestaltung ist das Mittelwertfilter mit einem Tiefpassfilter kombiniert, wodurch hochfrequente Raildruckschwingungen, welche nicht arbeitsspielperiodisch sind, bedämpft werden.

Angewendet werden kann das Verfahren sowohl bei einer Brennkraftmaschine in V-Anordnung mit ungleicher Zündfolge und mit einem eigenständigen A-seitigen sowie einem eigenständigen B-seitigen Common-Railsystem als auch bei einer Brennkraftmaschine in V-Anordnung mit ungleicher Zündfolge, bei der eine einzige Hochdruckpumpe den Kraftstoff gleichzeitig in das A-seitige und das B-seitige Rail fördert.

In den Figuren ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel dargestellt. Es zeigen:

- Figur 1 ein Systemschaubild,
- Figur 2 ein Blockschaltbild des Raildruck-Regelkreises,
- Figur 3 eine Kennlinie,
- Figur 4 ein Zeitdiagramm und
- Figur 5 einen Programm-Ablaufplan.

Die Figur 1 zeigt ein Systemschaubild einer elektronisch gesteuerten Brennkraftmaschine 1 mit einem Common-Railsystem auf der A-Seite und einem Common-Railsystem auf der B-Seite. Das Common-Railsystem auf der A-Seite umfasst als mechanische Komponenten eine Niederdruckpumpe 3A zur Förderung von Kraftstoff aus einem Tank 2, eine Saugdrossel 4A zur Beeinflussung des Volumenstroms, eine Hochdruckpumpe 5A, ein Rail 6A und Injektoren 7A zum

Einspritzen von Kraftstoff in die Brennräume der Brennkraftmaschine 1. Das Common-Railsystem auf der B-Seite umfasst dieselben mechanischen Komponenten, welche durch den Zusatz B bei den Bezugszeichen gekennzeichnet sind.

Gesteuert wird die Brennkraftmaschine 1 über ein elektronisches Motorsteuergerät 10 (ECU). In der Figur 1 sind als Eingangsgrößen des elektronischen Motorsteuergeräts 10 exemplarisch ein A-seitiger Raildruck $p_{CR}(A)$, ein B-seitiger Raildruck $p_{CR}(B)$ und eine Größe EIN dargestellt. Der A-seitige Raildruck $p_{CR}(A)$ wird über einen A-seitigen Raildrucksensor 9A erfasst. Der B-seitige Raildruck $p_{CR}(B)$ wird über einen B-seitigen Raildrucksensor 9B erfasst. Die Größe EIN steht stellvertretend für die weiteren Eingangssignale, beispielsweise für eine Motordrehzahl oder für einen Leistungswunsch des Bedieners. Die dargestellten Ausgangsgrößen des elektronischen Motorsteuergeräts 10 sind ein PWM-Signal $SD(A)$ zur Ansteuerung der A-seitigen Saugdrossel 4A, ein leistungsbestimmendes Signal $ve(A)$ zur Ansteuerung der A-seitigen Injektoren 7A, zum Beispiel Spritzbeginn/Spritzende, ein PWM-Signal $SD(B)$ zur Ansteuerung der B-seitigen Saugdrossel 4B, ein leistungsbestimmendes Signal $ve(B)$ zur Ansteuerung der B-seitigen Injektoren 7B und eine Größe AUS. Letztere steht stellvertretend für die weiteren Stellsignale zur Steuerung der Brennkraftmaschine 1, beispielsweise ein Stellsignal zur Ansteuerung eines AGR-Ventils. Das dargestellte Common-Railsystem kann auch als Common-Railsystem mit Einzelspeichern ausgeführt sein. In diesem Fall sind dann im Injektor 7A ein Einzelspeicher 8A und im Injektor 7B ein Einzelspeicher 8B als zusätzliche Puffervolumina für den Kraftstoff integriert. Die Einzelspeicherdrücke $pE(A)$ und $pE(B)$ sind dann weitere Eingangsgrößen des elektronischen Motorsteuergeräts 10. Kennzeichnendes Merkmal der dargestellten Ausführungsform ist die von einander unabhängige Regelung des A-seitigen Raildrucks $p_{CR}(A)$ und die unabhängige Regelung des B-seitigen Raildrucks $p_{CR}(B)$.

Die Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild des A-seitigen Raildruck-Regelkreises, welcher in der Figur durch den Zusatz A bei den Bezugszeichen gekennzeichnet ist. Beide Regelkreise sind identisch aufgebaut. Im Folgenden wird der A-seitige Raildruck-Regelkreis 11A beschrieben, wobei dessen Beschreibung auch sinngemäß auf den B-seitigen Raildruck-Regelkreis zutrifft. Die Führungsgröße ist für beide Raildruck-Regelkreise identisch, hier:

ein gemeinsamer Soll-Raildruck $p_{CR}(SL)$. Berechnet wird der Soll-Raildruck in Abhängigkeit eines Soll-Moments oder in Abhängigkeit der Soll-Einspritzmenge und der Motordrehzahl.

Die Eingangsgrößen des Raildruck-Regelkreises 11A sind der Soll-Raildruck $p_{CR}(SL)$, eine Grund-Frequenz f_{PWM} für das PWM-Signal, eine Größe $E1$, die Motordrehzahl n_{MOT} , eine Zeitkonstante $T1$ und eine Zeitkonstante $T2$. Die Eingangsgröße $E1$ umfasst die Batterie-Spannung und den ohmschen Widerstand der Saugdrossel einschließlich Zuleitung, welche in die Berechnung des Ansteuersignals $SD(A)$ für die Saugdrossel 4A eingehen. Die Ausgangsgrößen des A-seitigen Raildruck-Regelkreises sind die Rohwerte des Raildrucks $p_{CR}(A)$. Gemessen werden die Rohwerte des Raildrucks $p_{CR}(A)$ vom A-seitigen Raildrucksensor 9A. Dessen Ausgangssignal p_{MESS} wird anschließend über ein Hardwarefilter 16A mit PT1-Verhalten und einer Eckfrequenz von 20 Hz gefiltert. Die Ausgangswerte p_{HW} werden durch einen A/D-Wandler 17A digitalisiert. Die Ausgangswerte p_{AD} des A/D-Wandlers 17A werden dann über zwei Informationspfade weiterverarbeitet. Ein erster Informationspfad umfasst ein Mittelwertfilter 18A und ein optionales Tiefpassfilter 19A. Der erste Informationspfad entspricht einer langsamen Filterung, über welche der Ist-Raildruck $p_{IST}(A)$ bestimmt wird. Das Mittelwertfilter 18A hat als weitere Eingangsgrößen die Motordrehzahl n_{MOT} und die Grenzdrehzahl n_{Li} . Über das Mittelwertfilter 18A wird festgelegt, ob die Mittelung des Raildrucks entweder über ein Arbeitsspiel, also zwei Umdrehungen der Kurbelwelle, erfolgt oder über eine konstante Zeit. Die Umschaltung zwischen den beiden Methoden der Mittelwertbildung erfolgt dabei bei der Grenzdrehzahl n_{Li} . Die Ausgangsgröße p_{MW} des Mittelwertfilters 18A wird dann -wie dargestellt- vom Tiefpassfilter 19A weiterverarbeitet. Dieses hat eine Zeitkonstante $T1$ als Eingangsgröße. In der Praxis wird für die Zeitkonstante ein Wert von $T1=16$ ms verwendet, was einer Frequenz von 10 Hz entspricht. Über das Tiefpassfilter 19A werden hochfrequente Raildruckschwingungen, welche nicht arbeitsspielperiodisch sind, bedämpft. Ein zweiter Informationspfad beinhaltet ein schnelles Filter 20A mit PT1-Verhalten. Das schnelle Filter 20A besitzt hierbei eine kleinere Zeitkonstante und damit einen geringeren Phasenverzug als das Mittelwertfilter 18A und das optionale Tiefpassfilter 19A. Der Ausgangswert $p_{DYN}(A)$ des schnellen Filters 20A wird unter anderem verwendet, um eine Schnellbestromung der Saugdrossel durchzuführen, wodurch eine höhere Dynamik bei einem Lastabwurf erzielt wird.

An einem Punkt A wird der Ist-Raildruck $p_{IST}(A)$ mit dem Soll-Raildruck $p_{CR}(SL)$ verglichen. Hieraus resultiert die Regelabweichung $ep(A)$, aus welcher ein Druckregler 12A mit zumindest PID-Verhalten einen Soll-Volumenstrom VSL als Stellgröße berechnet. Der Soll-Volumenstrom VSL hat die physikalische Einheit Liter/Minute. Danach wird der Soll-Volumenstrom begrenzt (nicht dargestellt) und dem Soll-Volumenstrom VSL über eine Pumpen-Kennlinie 13A ein elektrischer Soll-Strom i_{SL} zugeordnet. Der Soll-Strom i_{SL} wird in einer Berechnung 14A in ein PWM-Signal $SD(A)$ umgerechnet. Das PWM-Signal $SD(A)$ ist die Einschaltdauer und die Frequenz f_{PWM} entspricht der Grundfrequenz des PWM-Signals $SD(A)$. Bei der Umrechnung werden unter anderem die Schwankungen der Betriebsspannung und der ohmsche Widerstand der Saugdrossel einschließlich der elektrischen Zuleitungen mitberücksichtigt. Mit dem PWM-Signal $SD(A)$ wird dann die Magnetspule der A-seitigen Saugdrossel beaufschlagt. Dadurch wird der Weg des Magnetkerns verändert, wodurch der Förderstrom der Hochdruckpumpe frei beeinflusst wird. Die Hochdruckpumpe 5A, die Saugdrossel 4A und das Rail 6A entsprechen einer A-seitigen Regelstrecke 15A. Damit ist der A-seitige Regelkreis 11A geschlossen.

Die Figur 3 zeigt eine Kennlinie 21. Über die Kennlinie 21 wird in Abhängigkeit der Motordrehzahl n_{MOT} eine Mittelungszeit dT berechnet. Die Mittelungszeit dT entspricht also der Zeit über welche die Raildruckwerte vom Mittelwertfilter (Fig. 2: 18A) gemittelt werden. Die Kennlinie 21 setzt sich aus einer abszissenparallelen Geraden 22 und einer Hyperbel 23 zusammen. Bei kleineren Motordrehzahlwerten als eine Grenzdrehzahl $n_{Li}=1000$ 1/min wird über die Gerade 22 eine konstante Mittelungszeit $dT=120$ ms bestimmt. Dieser Bereich ist in der Figur 3 schraffiert dargestellt. Die Mittelungszeit $dT=120$ ms errechnet sich aus der Dauer eines Arbeitsspiels bei einer Drehzahl von 1000 1/min. Ein Arbeitsspiel entspricht zwei Umdrehungen der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine, also 720° Kurbelwellenwinkel. Unterhalb der Grenzdrehzahl n_{Li} wird der Raildruck mit einer konstanten Mittelungszeit $dT=120$ ms gefiltert. Bei größeren Motordrehzahlwerten n_{MOT} als die Grenzdrehzahl $n_{Li}=1000$ 1/min entspricht die Mittelungszeit dT einem Arbeitsspiel, was die Hyperbel 23 ergibt. So berechnet sich zum Beispiel bei einer Motordrehzahl $n_{MOT}=1500$ 1/min eine Mittelungszeit $dT=80$ ms oder bei einer Motordrehzahl $n_{MOT}=2000$ 1/min eine Mittelungszeit von $dT=60$ ms.

Die Figur 4 besteht aus den Teilfiguren 4A bis 4C, welche verschiedene Zustandsgrößen zeigen. Über der Zeit t sind dargestellt: die Motordrehzahl n_{MOT} in Figur 4A, die Mittelungszeit dT in Figur 4B und der gemittelte Raildruck p_{MW} in Figur 4C.

In der Figur 4A sind der Startvorgang und eine Lastaufschaltung bei einer Brennkraftmaschinen-Generatoranordnung dargestellt. Die Soll-Drehzahl n_{SL} ist als strichpunktierte Linie und die Grenzdrehzahl n_{Li} als gestrichelte Linie in der Figur 4A eingezeichnet. Die Soll-Drehzahl bleibt konstant bei $n_{SL}=1500$ 1/min, was einer Frequenz von 50 Hz entspricht. Die Motordrehzahl n_{MOT} erreicht zum Zeitpunkt t_1 die Grenzdrehzahl von $n_{Li}=1000$ 1/min. Zum Zeitpunkt t_2 wird die Soll-Drehzahl von $n_{SL}=1500$ 1/min erreicht. Nach einem Drehzahlüberschwinger ist die Motordrehzahl n_{MOT} zum Zeitpunkt t_4 auf der Soll-Drehzahl n_{SL} eingeschwungen. Zum Zeitpunkt t_6 erfolgt eine Lastaufschaltung, was zu einem Einbrechen der Motordrehzahl n_{MOT} führt. Im Zeitraum t_7 bis t_8 unterschreitet die Motordrehzahl die Grenzdrehzahl n_{Li} . Aufgrund der Soll-Istabweichung der Motordrehzahl wird nun mehr Kraftstoff eingespritzt, wodurch sich die Motordrehzahl n_{MOT} wieder erhöht. Zum Zeitpunkt t_9 erreicht die Motordrehzahl n_{MOT} wieder das Drehzahlniveau der Soll-Drehzahl n_{SL} und ist zum Zeitpunkt t_{10} auf der Soll-Drehzahl n_{SL} eingeschwungen.

Die Figur 4B zeigt die Mittelungszeit dT , über welche die Raildruckwerte, beispielsweise der A-seitige Raildruck $p_{CR}(A)$, gemittelt werden. Bis zum Zeitpunkt t_1 ist die Motordrehzahl n_{MOT} kleiner als die Grenzdrehzahl n_{Li} . Über die Kennlinie der Figur 3 wird daher eine konstante Mittelungszeit $dT=120$ ms berechnet. Im Drehzahlbereich unterhalb der Grenzdrehzahl n_{Li} ist eine exakte Mittelung über ein Arbeitsspiel nicht erforderlich, da dieser Bereich nur dynamisch durchfahren wird und sich deshalb Raildruckschwingungen hier erst gar nicht entwickeln. Die Mittelung über eine konstante Zeit wirkt sich stabilisierend auf die Raildruck-Regelung aus, da das Signal des Ist-Raildrucks nicht zu stark verzögert wird. Nach dem Zeitpunkt t_1 ist die Motordrehzahl n_{MOT} größer als die Grenzdrehzahl n_{Li} . Jetzt wird die Mittlungszeit dT in Abhängigkeit der Motordrehzahl n_{MOT} berechnet und zwar über die Hyperbel der Figur 3. Demzufolge sinkt die Mittelungszeit dT mit zunehmender Motordrehzahl n_{MOT} . Da der Raildruck nunmehr über ein Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine gemittelt wird, werden die arbeitsspielperiodischen Schwankungen des Raildrucks herausgefiltert.

Zum Zeitpunkt t_4 ist die Motordrehzahl n_{MOT} auf der Soll-Drehzahl $n_{SL}=1500$ 1/min eingeschwungen. Damit ist auch die Mittelungszeit auf den Wert $dT=80$ ms eingeschwungen. Erfolgt nun zum Zeitpunkt t_6 eine Lastaufschaltung, so steigt die Mittelungszeit dT aufgrund der sinkenden Motordrehzahl an. Im Zeitraum t_7/t_8 unterschreitet die Motordrehzahl die Grenzdrehzahl $n_{Li}=1000$ 1/min. Nunmehr wird über die Kennlinie der Figur 3, hier: Gerade 22, eine konstante Mittelungszeit von $dT=120$ ms berechnet. Ab dem Zeitpunkt t_8 übersteigt die Motordrehzahl n_{MOT} wieder die Grenzdrehzahl n_{Li} , sodass die Mittelungszeit nunmehr wieder in Abhängigkeit der Motordrehzahl (Fig. 3: Hyperbel 23) berechnet wird.

Das Diagramm der Figur 4C zeigt den gemittelten Raildruck p_{MW} , welcher zunächst ansteigt und zum Zeitpunkt t_3 den konstanten Soll-Raildruck $p_{CR}(SL)=800$ bar erreicht. Nach einem Überschwinger pendelt sich der gemittelte Raildruck p_{MW} zum Zeitpunkt t_5 auf dem Soll-Raildruck $p_{CR}(SL)$ ein. Wie dargestellt wirkt sich der Drehzahleinbruch infolge der Lastaufschaltung nur geringfügig auf den gemittelten Raildruck p_{MW} aus.

In der Figur 5 ist das Verfahren in einem Programm-Ablaufplan als Unterprogramm dargestellt. Bei S1 wird geprüft, ob die Motordrehzahl n_{MOT} größer/gleich der Grenzdrehzahl n_{Li} ist. In der Praxis wird $n_{Li}=1000$ 1/min gewählt. Liegt die Motordrehzahl n_{MOT} oberhalb der Grenzdrehzahl n_{Li} , Abfrageergebnis S1: ja, so wird bei S2 die Anzahl der Werte N , über welche der Raildruck gemittelt wird, entsprechend der Motordrehzahl n_{MOT} und der Abtastzeit t_S berechnet. Für $n_{MOT}=1500$ 1/min und einer Abtastzeit $t_S=1$ ms ergibt dies eine Anzahl von $N=80$ Werten. Ist die Motordrehzahl n_{MOT} kleiner als die Grenzdrehzahl n_{Li} , Abfrageergebnis S1: nein, so wird bei S3 die Anzahl N nicht in Abhängigkeit der Motordrehzahl n_{MOT} berechnet, sondern anhand der konstant vorgegebenen Grenzdrehzahl n_{Li} . Für eine Grenzdrehzahl $n_{Li}=1000$ 1/min sind dies $N=120$ Werte. Danach ist der Programm-Ablaufplan beendet.

Bezugszeichen

1	Brennkraftmaschine
2	Tank
3A, 3B	Niederdruckpumpe
4A, 4B	Saugdrossel
5A, 5B	Hochdruckpumpe
6A, 6B	Rail
7A, 7B	Injektor
8A, 8B	Einzel Speicher (optional)
9A, 9B	Rail Drucksensor
10	elektronisches Motorsteuergerät (ECU)
11A, 11B	Raildruck-Regelkreis
12A, 12B	Druckregler
13A, 13B	Pumpen-Kennlinie
14A, 14B	Berechnung PWM-Signal
15A, 15B	Regelstrecke
16A, 16B	Hardwarefilter
17A, 17B	A/D-Wandler
18A, 18B	Mittelwertfilter
19A, 19B	Tiefpassfilter (PT1-Filter, optional)
20A, 20B	schnelles Filter (PT1-Filter)
21	Kennlinie
22	Gerade
23	Hyperbel

Patentansprüche

1. Verfahren zur Raildruckregelung einer Brennkraftmaschine (1) in V-Anordnung mit ungleicher Zündfolge, bei dem ein Ist-Raildruck aus dem gemessenen Raildruck berechnet wird, anhand des Ist-Raildrucks sowie eines Soll-Raildrucks eine Regelabweichung bestimmt wird und bei dem eine Stellgröße zur Ansteuerung eines Druckstellglieds, insbesondere einer Saugdrossel, zur Regelung des Raildrucks berechnet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Ist-Raildruck ($p_{IST}(A)$, $p_{IST}(B)$) über ein Mittelwertfilter (18A, 18B) aus dem gemessenen Raildruck ($p_{CR}(A)$, $p_{CR}(B)$) berechnet wird, indem unterhalb einer Grenzdrehzahl (n_{Li}) der Raildruck ($p_{CR}(A)$, $p_{CR}(B)$) über eine konstante Zeit gemittelt wird und oberhalb der Grenzdrehzahl (n_{Li}) der Raildruck ($p_{CR}(A)$, $p_{CR}(B)$) über ein Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine (1) gemittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ergänzend der Ist-Raildruck ($p_{IST}(A)$, $p_{IST}(B)$) über ein Tiefpassfilter (19A, 19B) berechnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Raildruck ($p_{CR}(A)$) des Common-Railsystems auf der A-Seite über einen A-seitigen Raildruck-Regelkreis (11A) sowie der Raildruck ($p_{CR}(B)$) des Common-Railsystems auf der B-Seite über einen B-seitigen Raildruck-Regelkreis (11B) jeweils unabhängig von einander geregelt werden und ein gemeinsamer Soll-Raildruck (p_{SL}) als Führungsgröße für beide Raildruck-Regelkreise (11A, 11B) festgesetzt wird.

4. Verfahren nach einem der vorausgegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der gemeinsame Soll-Raildruck ($p_{CR}(SL)$) in Abhängigkeit eines Soll-Moments oder in Abhängigkeit der Soll-Einspritzmenge und der Motordrehzahl (n_{MOT}) berechnet wird.

1 / 4

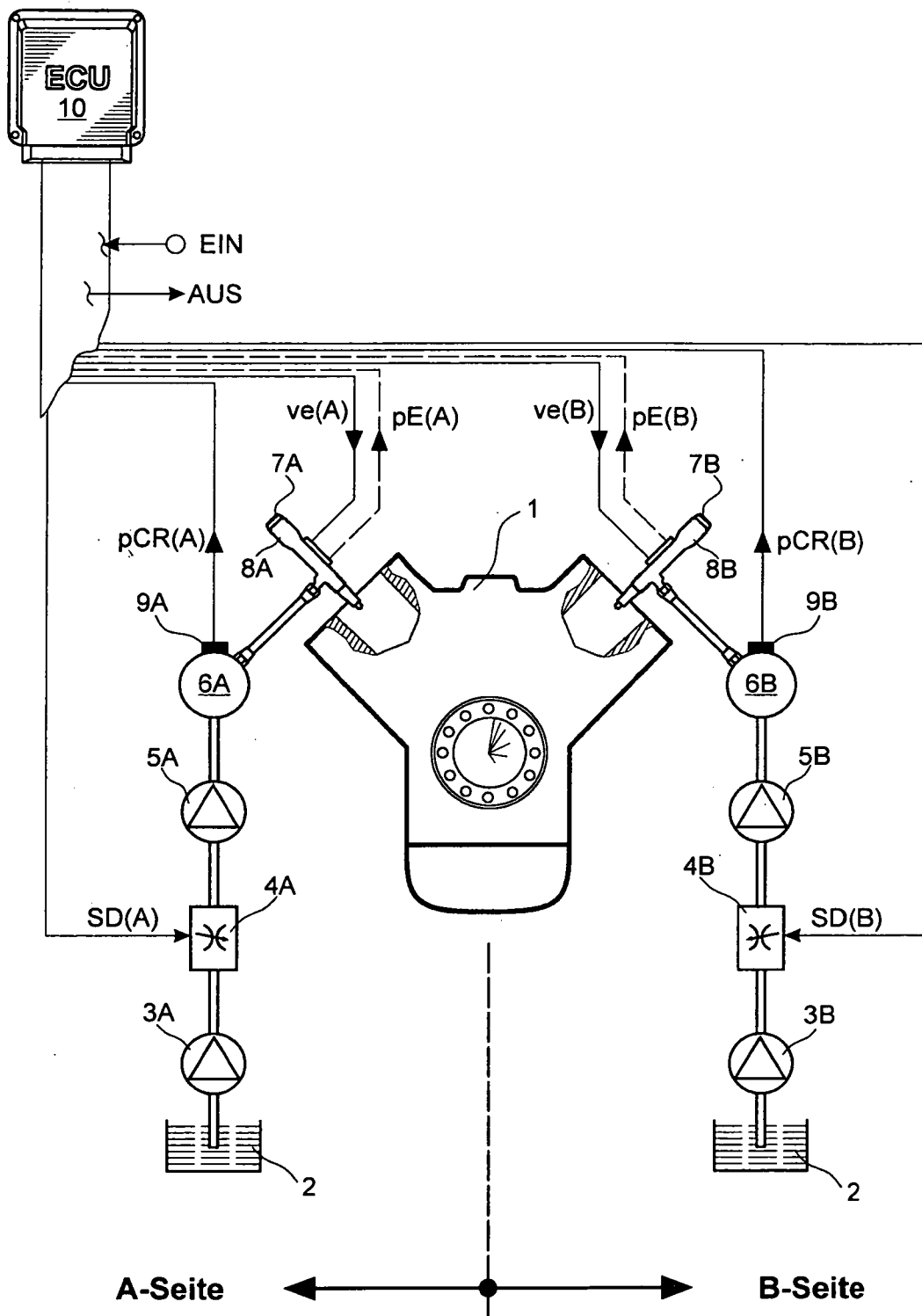


Fig. 1

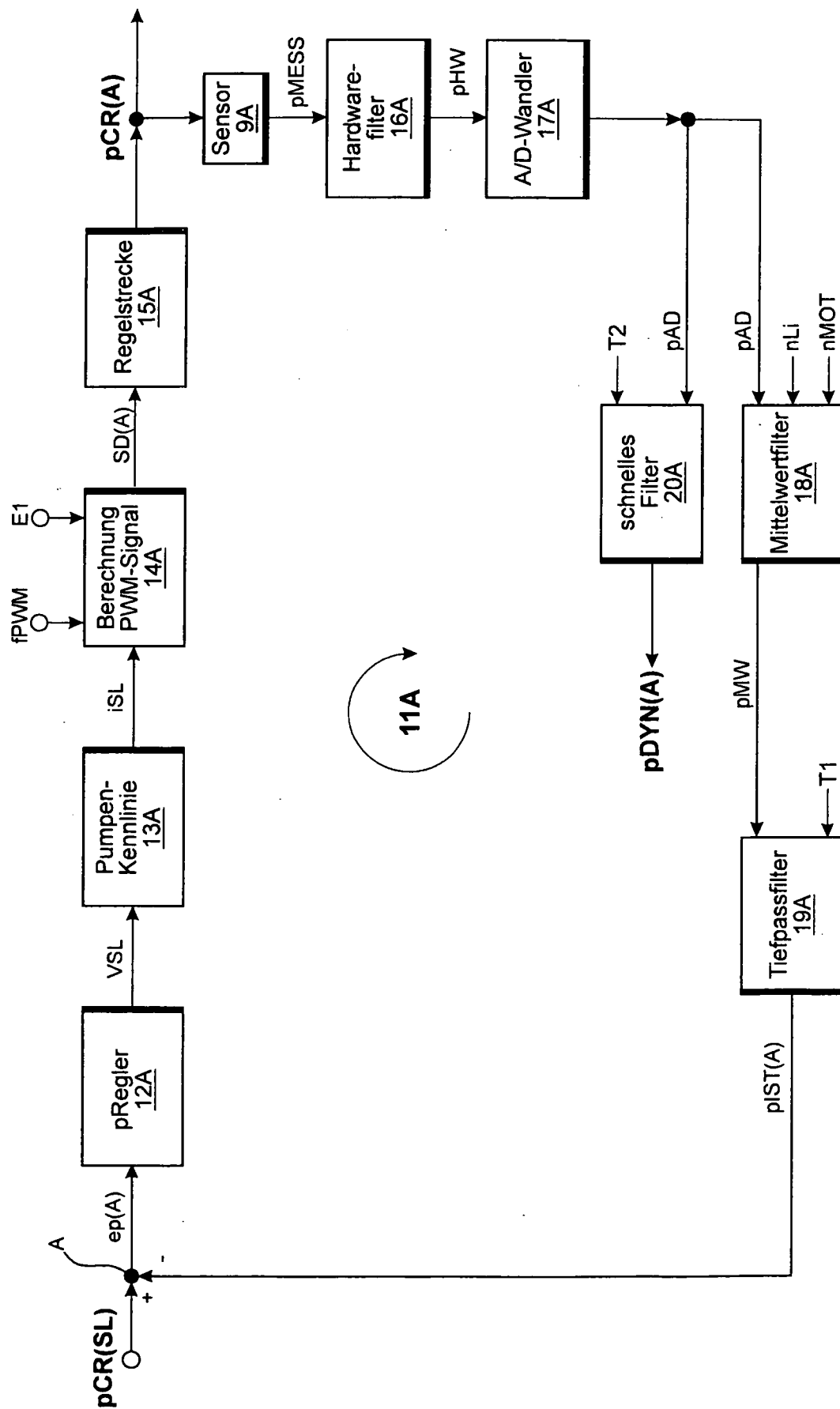


Fig. 2

3 / 4

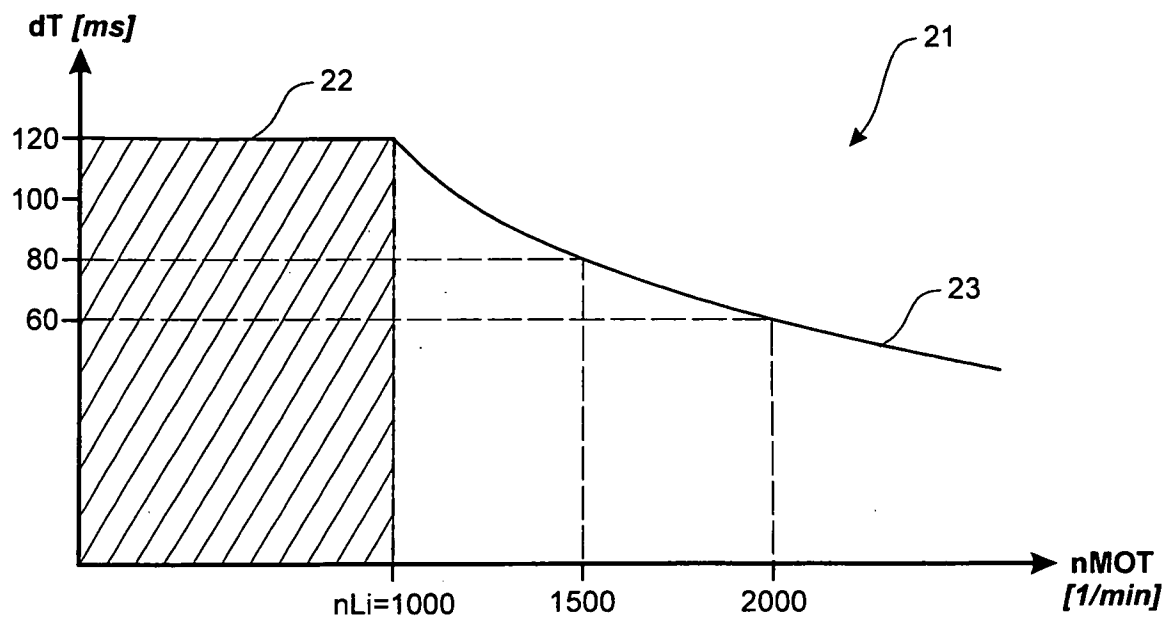


Fig. 3

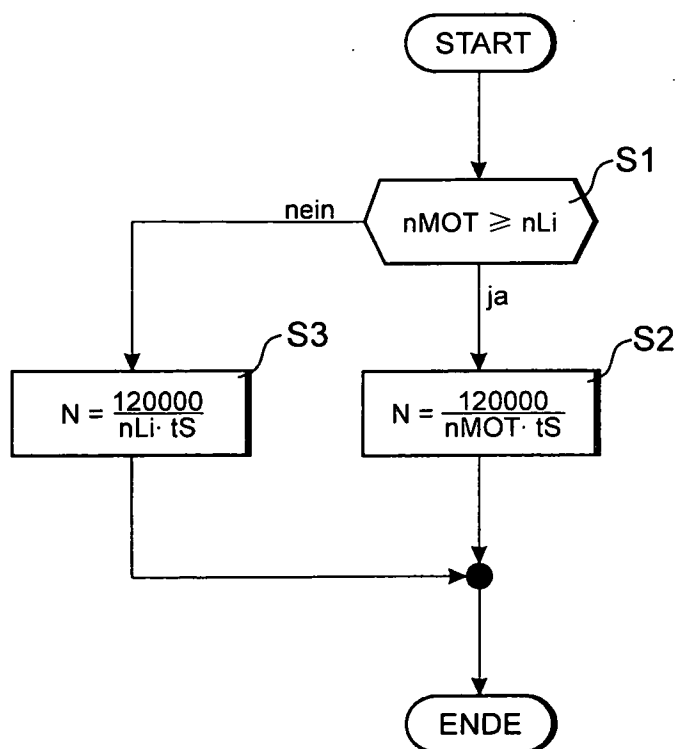


Fig. 5

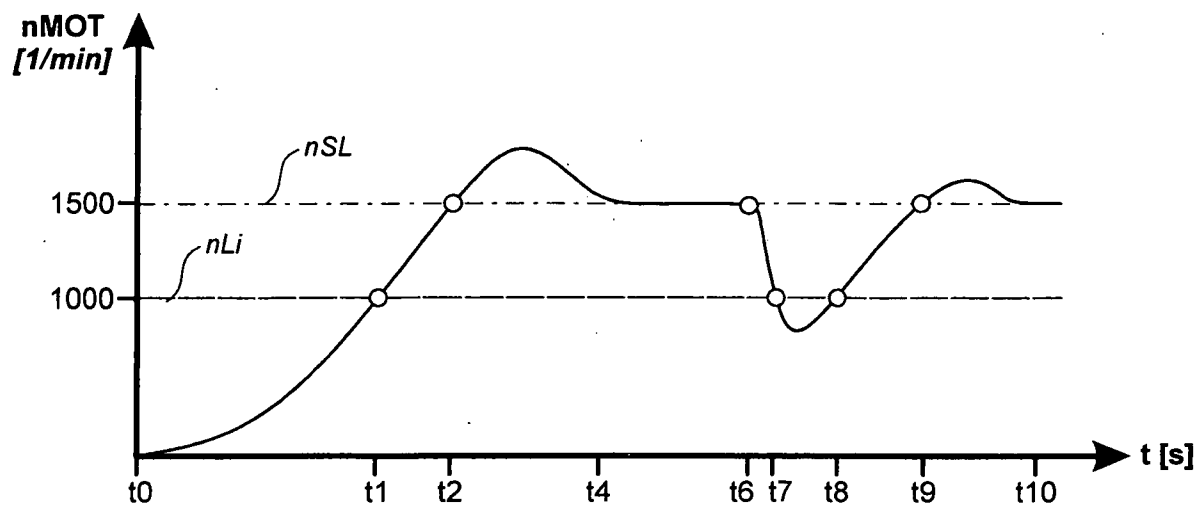


Fig. 4A

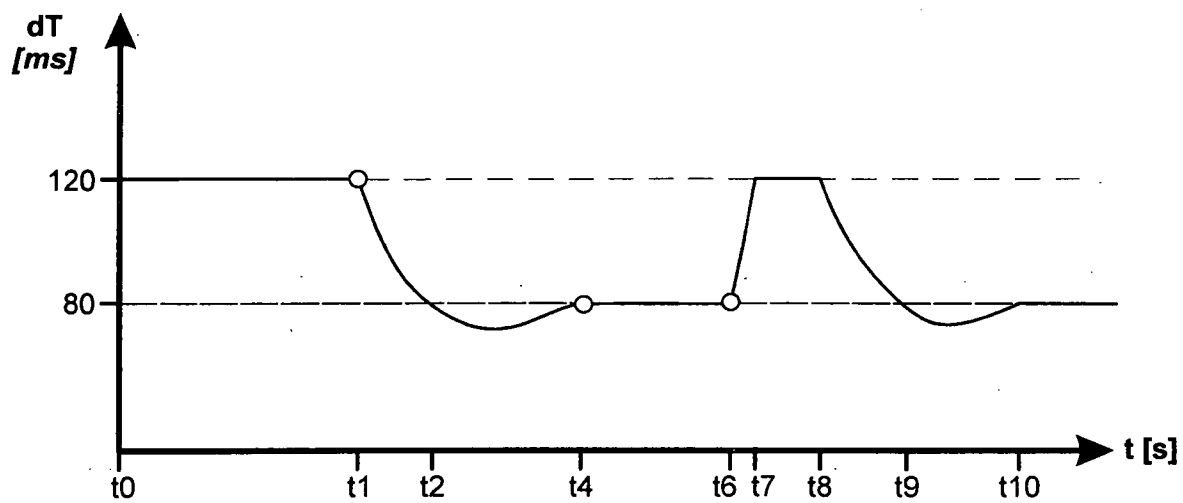


Fig. 4B

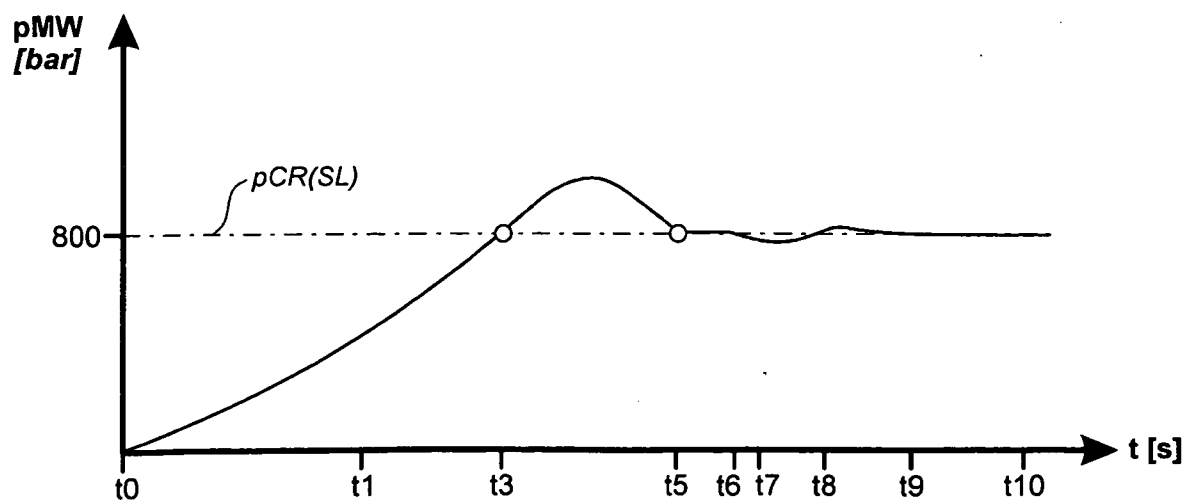


Fig. 4C