



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 016 662 A1** 2009.10.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 016 662.6**

(22) Anmeldetag: **01.04.2008**

(43) Offenlegungstag: **15.10.2009**

(51) Int Cl.⁸: **F02D 41/38** (2006.01)
F02D 41/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Continental Automotive GmbH, 30165 Hannover, DE

(72) Erfinder:

Fritsch, Jürgen, Dr., 93059 Regensburg, DE; Li, Hui, 93053 Regensburg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

JP 62-1 86 034 AA

US 69 64 261 B2

DE 10 2006 023468 B3

DE 195 21 791 A1

DE 10 2004 022267 A1

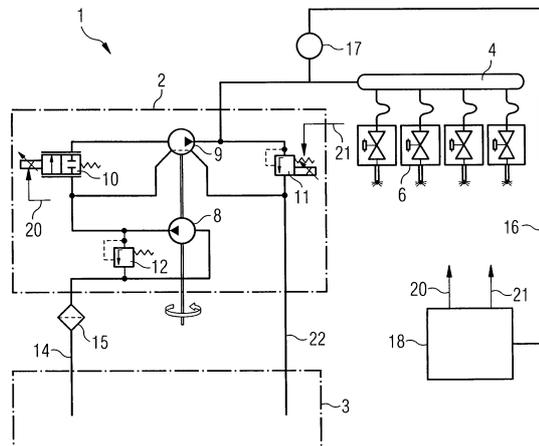
Hubertus Günther, "Das Common Rail System von Siemens", Technik- Profi (Beilage zu Auto, Motor Sport), Stuttgart (Verein, Motor- Verl.), 2003, Nr.40, S.4-8, ZBD-ID 2100166-2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Einrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Kraftfahrzeugmotor**

(57) Zusammenfassung: Bei dem Verfahren wird der Kraftstoffdruck in einem Hochdruck-Speicherbehälter (Common-Rail) 4 aufrechterhalten und der Kraftstoff durch zeitlich gesteuerte Injektoren 6 in die Zylinder eines Kraftfahrzeugmotors eingespritzt. Dabei wird die eingespritzte Kraftstoffmenge online laufend ermittelt, indem die Kraftstoffmenge anhand eines von einem Drucksensor 17 gemessenen Drucksignals berechnet, mit der gewünschten Kraftstoffmenge verglichen und durch eine Korrektur eines Einspritzparameters korrigiert wird. Einspritzparameter sind insbesondere die Dauer der Einspritzung und die Einspritzenergie.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 und eine Einrichtung nach dem Oberbegriff von Anspruch 8. Diese dienen zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Kraftfahrzeugmotor, bei dem der Kraftstoffdruck in einem Hochdruck-Speicherbehälter (Common-Rail) aufrecht erhalten und der Kraftstoff durch zeitlich gesteuerte Injektoren in die Zylinder eines Kraftstoffmotors eingespritzt wird.

[0002] Bei bekannten Einspritzsystemen (DE 10 2004 022 267 A1; teknik Profi 40_2003, Seiten 4–8) wird die Einspritzdauer mit Kennfeldern (als TI-map bezeichnet) bestimmt, deren Eingangsgrößen der Einspritzdruck und die gewünschte Kraftstoffmenge sind. Da ein solches Kennfeld als Durchschnittswerte der für einzelne Injektoren gemessenen Kennfelder erstellt wird, spritzt jeder Injektor eine etwas unterschiedliche Kraftstoffmenge ein. Ungenauigkeiten bei der Einspritzmenge sind also unvermeidbar.

[0003] Die Ungenauigkeiten werden in der betrieblichen Praxis dadurch verringert, dass die Einspritzmenge jedes Injektors einzeln gemessen wird, und dass die Injektoren daraufhin in Gruppen klassifiziert werden. Für jede Gruppe wird dann das Durchschnitts-Kennfeld korrigiert. Die Korrektur wird für vorgegebene Betriebspunkte optimiert und für weitere Betriebspunkte interpoliert. Die Korrektur wird vor Betriebsbeginn des Kraftfahrzeugs durchgeführt und die Korrekturwerte werden über dessen Lebensdauer beibehalten.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mit dem die von jedem einzelnen Injektor eingespritzte Kraftstoffmenge individuell exakt gesteuert und diese exakte Steuerung über die gesamte Lebensdauer des Injektors beibehalten wird.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Einspritzanlage nach Anspruch 8 gelöst. Bei dem Verfahren wird die eingespritzte Kraftstoffmenge online, das heißt direkt während des Betriebs, laufend ermittelt, indem die Kraftstoffmenge anhand eines von einem Drucksensor gemessenen Drucksignals berechnet, mit der gewünschten Kraftstoffmenge verglichen und durch eine Korrektur eines Einspritzparameters korrigiert wird. Die Druckdifferenz zwischen dem oberen und dem unteren Wert des Raildruckes bei einer Einspritzung entspricht der Einspritzmenge.

[0006] Zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen niedergelegt.

[0007] Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, dass herstellungsbedingte Abweichungen

der von den Injektoren eingespritzten Kraftstoffmenge individuell und über deren Lebensdauer kompensiert werden. Die dadurch ermöglichte sehr genaue Steuerung der Kraftstoffeinspritzung verringert die Kraftstoffkosten und die Umweltbelastung.

[0008] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

[0009] [Fig. 1](#) eine Einspritzanlage, in der das erfindungsgemäße Verfahren angewendet wird, in einer schematischen Darstellung;

[0010] [Fig. 2](#) ein Messdiagramm des Einspritzdruckes über dem Winkel der Hochdruckpumpe;

[0011] [Fig. 3A–Fig. 3B](#) drei Diagramme zum Veranschaulichen der physikalischen Grundlagen der Erfindung, und

[0012] [Fig. 4](#) das Ablaufdiagramm eines Programms, mit dem das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird.

[0013] Eine Einspritzanlage **1** besteht im Wesentlichen aus einem Pumpenaggregat **2**, das Kraftstoff, zum Beispiel Diesel-Kraftstoff, aus einem Kraftstoff-Tank **3** ansaugt und unter hohem Druck einem Hochdruck-Verteilerrohr oder Common-Rail **4** zuführt. Von dem Common-Rail **4** wird der Kraftstoff über Injektoren **6** in die einzelnen Zylinder eines Kraftfahrzeug-Motors eingespritzt. Der Motor ist hier nicht dargestellt, da er allgemein bekannt ist und von der Erfindung in seinem Aufbau nicht verändert wird.

[0014] Das Pumpenaggregat **2** weist auf eine Kraftstoff-Förderpumpe **8**, eine Hochdruckpumpe **9**, ein Durchflussventil **10**, das den Kraftstoff-Volumenstrom steuert, ein Stetigdruckventil **11** und ein Druckbegrenzungsventil **12**. Der Kraftstoff wird aus dem Tank **3** über eine Leitung **14**, die ein Kraftstoff-Filter **15** enthält, angesaugt.

[0015] Eine Signalleitung **16** übermittelt den von einem Drucksensor **17** erfassten Druck in dem Common-Rail **4**, im folgenden Raildruck genannt, an ein Steuergerät **18**. Dieses Steuergerät, das die Motorelektronik enthält, steuert das Durchflussventil **10** über eine Steuerleitung **20** und das Stetigdruckventil **11** über eine Steuerleitung **21**. Diese Steuerleitungen sind der besseren Übersichtlichkeit wegen in der [Fig. 1](#) nur angedeutet und nicht durchgezogen.

[0016] Der Raildruck wird mit den Ventilen **10** und **11** geregelt oder gesteuert. So kann, wenn das Durchflussventil **10** ganz geöffnet ist, in dem Stetigdruckventil **11** eine Kraft eingestellt werden, die einem vorgegebenen Druckwert entspricht. Wird dieser Wert des Druckes überstiegen, so öffnet das Ven-

til und der Kraftstoff fließt durch eine Rücklaufleitung **22** in den Kraftstofftank **3** zurück. Der Raildruck kann aber auch gesteuert werden, indem das Stetigdruckventil **11** auf einen hohen Druckwert eingestellt wird und das Durchflussventil **10** von dem Steuergerät **18** so gesteuert wird, das der gewünschte Druck über die Hochdruckpumpe **9** in den Common-Rail **4** aufgebaut wird.

[0017] Aus dem Messdiagramm von [Fig. 2](#) ist der Einspritzdruck in Megapascal (MPa) über dem Kurbelwellenwinkel in Grad Kurbelwellenumdrehungen (°KW) ersichtlich. Folgende Werte und Punkte sind hervorgehoben und folgende Bezugszeichen werden darin verwendet:

P, PFU	Kraftstoffdruck
H	oberer (Wert)
L	unterer (Wert)
PFU_H	oberer Wert des Kraftstoffdrucks
PFU_L	unterer Wert des Kraftstoffdrucks
EOI	Ende der Einspritzung
SOP	Beginn des Pumpens
TDC	oberer Totpunkt
TDC_P	oberer Totpunkt des Kolbens der Hochdruckpumpe
Δp	Druckdifferenz PFU_H – DFU_L

[0018] Die jeweils tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge wird aus dem Drucksignal berechnet. Physikalische Grundlage ist Gleichung für den Aufbau des Druckes p:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{E}{V} \cdot \Sigma Q_i \quad (I)$$

worin E der Kompressionsmodul des Kraftstoffs, V das Volumen des Common-Rails **4** und Q_i der Volumenfluss hinein in den oder heraus aus dem Common-Rail-Innenraum sind. Bei Betrachten einer sehr kurzen Einspritzzeit kann die Gleichung (I) angenähert werden durch folgende Gleichung:

$$\Delta p = \frac{E}{V} \cdot (MF_INJ / \rho / a_0) \quad (II)$$

[0019] Darin sind MF_INJ die eingespritzte Kraftstoffmasse, ρ die Kraftstoffdichte und a_0 eine betriebspunktabhängige, experimentell zu ermittelnde Konstante. Mit Gleichung (II) kann die eingespritzte Kraftstoffmasse berechnet werden als:

$$MF_INJ = \Delta p \cdot \rho \cdot V / E - P \cdot a_0 \quad (III)$$

[0020] Der Zusammenhang $\Delta p(INJ) \rightarrow MF_INJ$, das heißt die Umsetzung einer Einspritzdruckdifferenz in eine eingespritzte Kraftstoffmasse, ist in den [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#) und [Fig. 3C](#) anschaulich dargestellt, wobei a_0 in diesem Beispiel gleich null ist. In [Fig. 3A](#) ist der Volumendurchfluss Q_p der Hochdruckpumpe **9** über der Zeit t dargestellt. Die Pfeile seg_0, seg_1 und so weiter zeigen den Beginn der aufeinanderfolgenden

Segmente oder Takte des Arbeitsspiels des Motors an.

[0021] In [Fig. 3B](#) ist der aus dem Common-Rail **4** heraustretende Volumenstrom Q_{nj} (in Volumen pro Zeiteinheit) über der Zeit dargestellt; er entspricht der Einspritzmenge (in Kraftstoffmasse pro Einspritzung).

[0022] In [Fig. 3C](#) ist der Raildruck P_RAIL über der Zeit dargestellt. Es ist aus diesen Figuren zu ersehen, dass die Druckdifferenz $\Delta P(INJ)$ zwischen dem oberen und dem unteren Druckwert bei einer Einspritzung der Einspritzmenge entspricht.

[0023] Bei dem aus [Fig. 4](#) ersichtlichen Ablaufdiagramm eines bei dem erfindungsgemäßen Verfahren abgearbeiteten Programms erfolgt nach dem Start in einem Schritt

S1: eine Erfassung des Drucks durch den Drucksensor **17** mit einer hohen Messfrequenz, zum Beispiel mit einer Messung jede Millisekunde. In einem Schritt

- S2: erfolgt eine Ermittlung des oberen und des unteren Wertes des Kraftstoffdrucks PFU_H beziehungsweise PFU_L. Dieser Werte sind die Drücke in dem Bereich des Winkels TDC der Hochdruckpumpe. Die Messwerte werden zweckmäßigerweise gefiltert, entweder durch eine Tiefpassfilterung oder durch eine Mittelung zwischen dem Ende der Einspritzung und dem Beginn des Pumpens. In einem Schritt
- S3 wird der Druckeinbruch Delt_PFU aufgrund der Einspritzung, das heißt die Druckdifferenz zwischen den Werten PFU_H und PFU_L berechnet. Aus dem Druckeinbruch Delt_PFU wird die eingespritzte Kraftstoffmasse MF_INJ_SUM wie beschrieben berechnet. Betriebsparameter wie die Kraftstofftemperatur TFU in dem Common-Rail 4 können dabei berücksichtigt werden. Die Kraftstoffmasse kann auch aus einem durch Kalibrierung der Einspritzanlage erstellten Kennfeld entnommen werde. In einem Schritt
- S4 wird die Korrektur oder Änderung ΔTI der Dauer der Einspritzung TI durch eine PI-Regelung der Differenz zwischen dem aufsummierten Sollwert der eingespritzten Kraftstoffmenge SOLL_MF_INJ_SUM und dem zugehörigen Istwert MF_INJ_SUM ermittelt. Entsprechend wird als weiterer Einspritzparameter der Sollwert der Einspritzenergie EGY_SP ermittelt, was in [Fig. 4](#) nur angedeutet ist. In einem Schritt
- S5 werden schließlich die korrigierten Werte der Einspritzdauer TI_k und der Einspritzenergie EGY_SP_k durch addieren der ermittelten Korrekturwerte ΔTI und ΔEGY_SP zu den unkorrigierten, herkömmlich gebildeten Werten der Einspritzdauer TI beziehungsweise der Einspritzenergie EGY_SP gebildet. Damit ist ein Durchgang des Programms am

ENDE.

[0024] Die Programmschritte S1 bis S3 werden für jedes Segment des aktiven Motors erneut abgearbeitet.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102004022267 A1 [\[0002\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Kraftfahrzeugmotor, bei dem der Kraftstoffdruck in einem Hochdruck-Speicherbehälter (4) aufrecht erhalten und der Kraftstoff durch zeitlich gesteuerte Injektoren (6) in die Zylinder des Kraftfahrzeugmotors eingespritzt wird,

dadurch gekennzeichnet,

– dass die eingespritzte Kraftstoffmenge (MF_INJ) laufend ermittelt wird, indem die Kraftstoffmenge anhand eines von einem Drucksensor gemessenen Drucksignals berechnet, mit der gewünschten Kraftstoffmenge verglichen und durch eine Korrektur eines Einspritzparameters (TI, ENY) korrigiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckdifferenz ($\Delta P(\text{INJ})$) zwischen dem oberen und dem unteren Wert des Raildruckes (P_RAIL) bei einer Einspritzung der Einspritzmenge entspricht.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

– der obere Wert des Kraftstoffdrucks (PFU_H) ermittelt wird;
 – dass der Druckeinbruch aufgrund der Einspritzung (Delt_PFU) berechnet wird, und
 – dass aus dem Druckeinbruch (Delt_PFU) die eingespritzte Kraftstoffmasse MF_INJ_SUM berechnet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die eingespritzte Kraftstoffmasse (MF_INJ) nach der Gleichung $MF_INJ = \Delta p \cdot \rho \cdot V/E - P \cdot a_0$ berechnet wird, worin Δp die Druckdifferenz zwischen dem oberen Wert des Kraftstoffdrucks (PFU_H) und dem unteren Wert des Kraftstoffdrucks (PFU_L), ρ die Dichte des Kraftstoffs, V das Volumen des Common-Rails (4) und E der Kompressionsmodul des Kraftstoffs sind.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messwerte des Kraftstoffdrucks (PFU_H, PFU_H) gefiltert werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Korrektur (ΔTI) der Dauer der Einspritzung (TI) durch eine PI-Regelung der Differenz zwischen dem Sollwert (SOLL_MF_INJ_SUM) und dem Istwert (MF_INJ_SUM) der eingespritzten Kraftstoffmenge ermittelt wird.

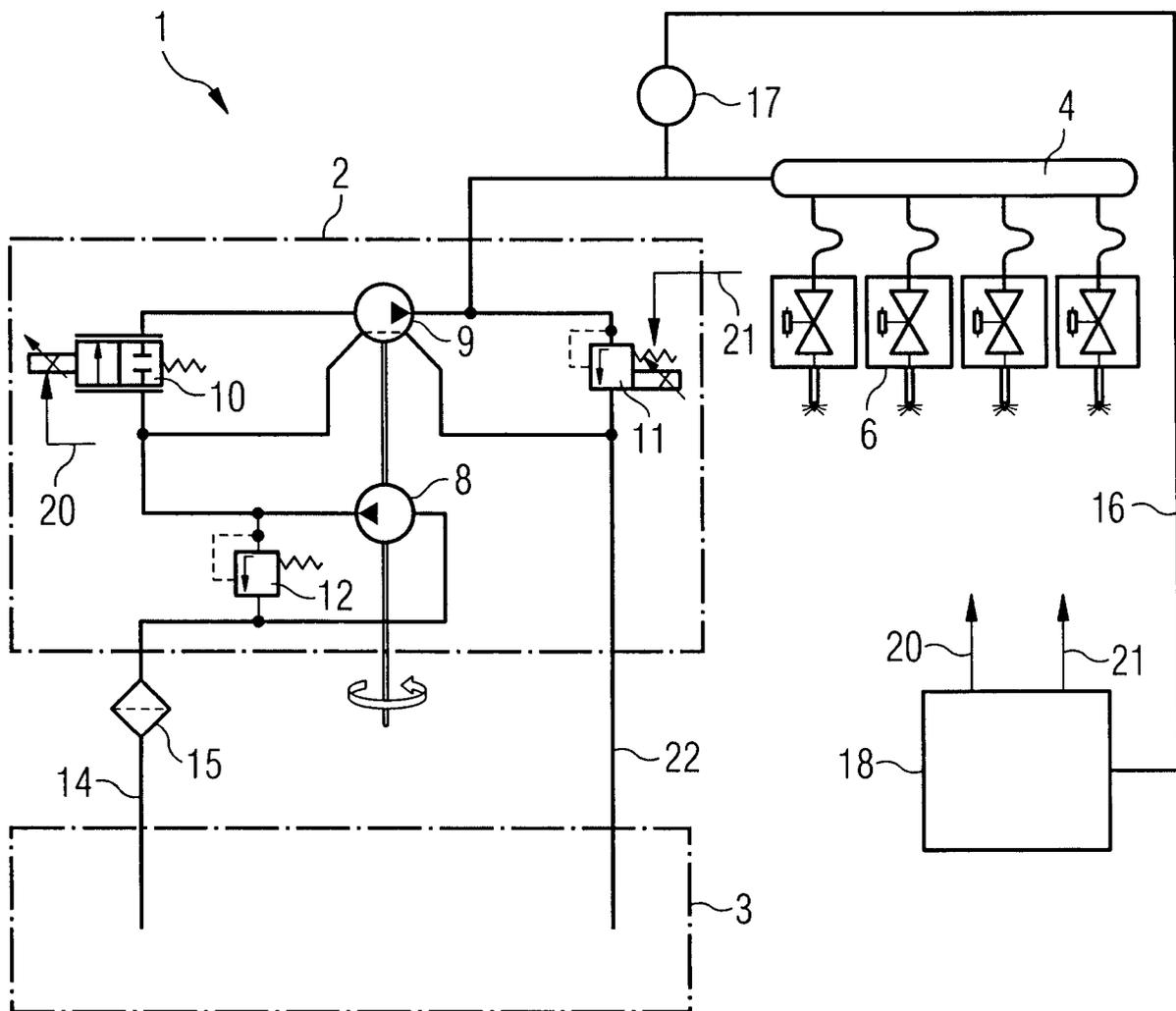
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass korrigierte Werte der Einspritzdauer (TI_k) und der Einspritzenergie (EGY_SP_k) durch Addieren der ermittelten Korrekturwerte (ΔTI , ΔEGY_SP) zu den unkorrigierten Werten der Ein-

spritzdauer (TI) beziehungsweise der Einspritzenergie (EGY_SP) gebildet werden.

8. Einspritzanlage zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Kraftfahrzeugmotor mit einem Hochdruck-Speicherbehälter (4), in dem der Kraftstoffdruck aufrecht erhalten wird und mit zeitlich gesteuerten Injektoren (6), durch die der Kraftstoff durch in die Zylinder eines Kraftfahrzeugmotors eingespritzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die eingespritzte Kraftstoffmenge (MF_INJ) laufend ermittelt wird, indem die Kraftstoffmenge anhand eines von einem Drucksensor (17) gemessenen Drucksignals (PFU) berechnet, mit der gewünschten Kraftstoffmenge verglichen und entsprechend korrigiert wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG 1



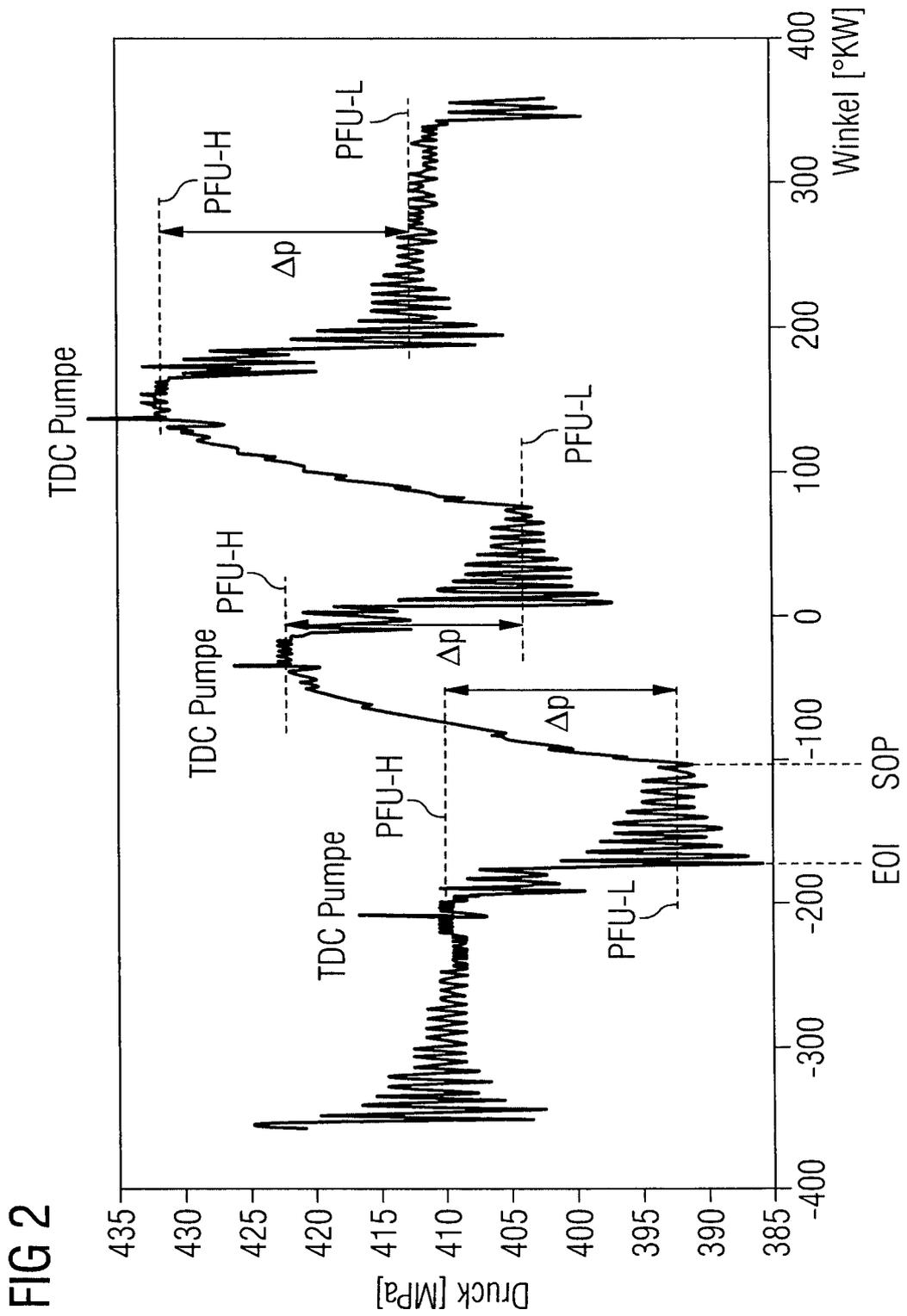


FIG 2

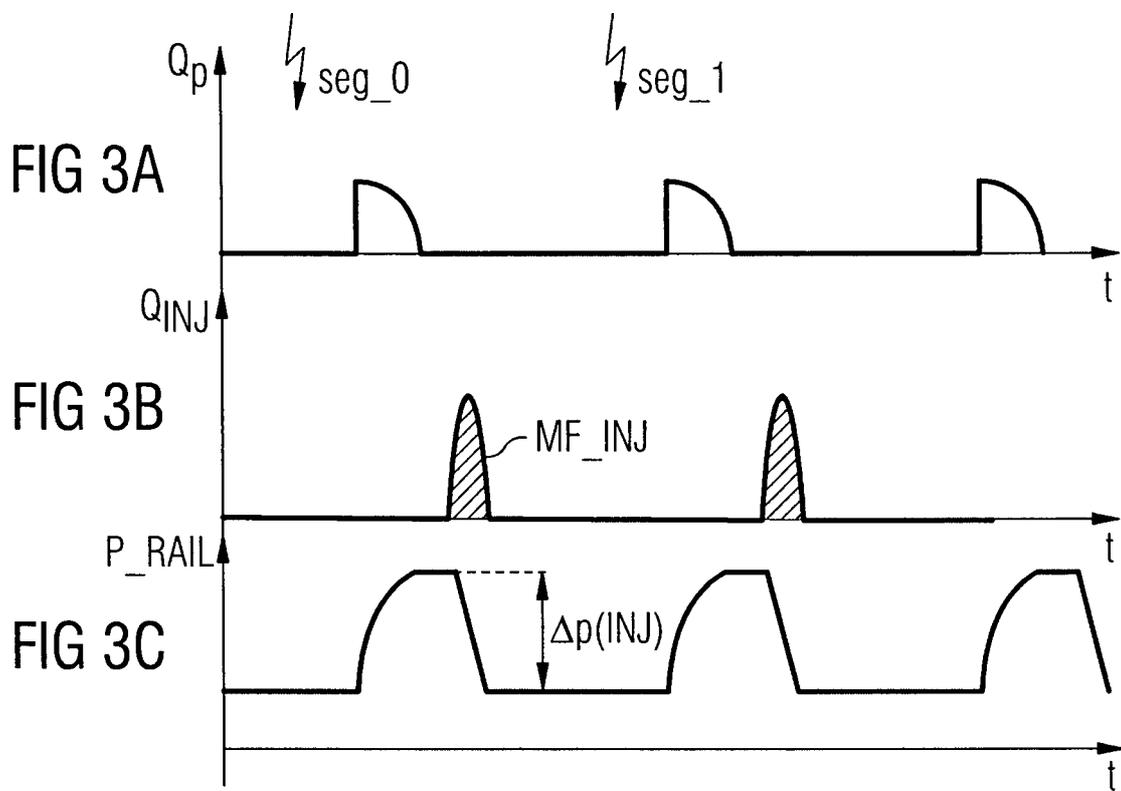


FIG 4

