



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.04.2001 Patentblatt 2001/14

(51) Int. Cl.⁷: **F02D 41/38**

(21) Anmeldenummer: **00108928.3**

(22) Anmeldetag: **27.04.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH
70442 Stuttgart (DE)**

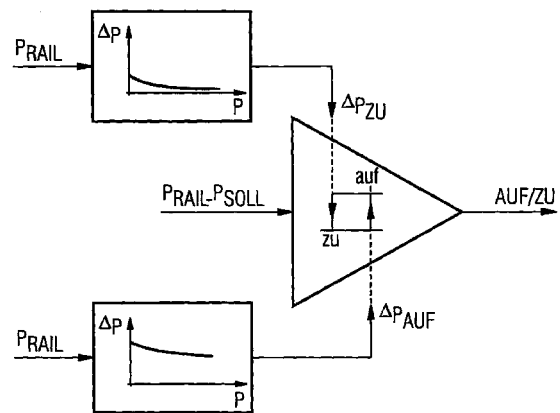
(72) Erfinder:
• **Kellner, Andreas
71696 Moeglingen (DE)**
• **Hammer, Juergen
70734 Fellbach (DE)**

(30) Priorität: **30.09.1999 DE 19946908**

(54) **Verfahren zum Abbau des Raildrucks in einem Common-Rail-System für Brennkraftmaschinen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abbau des Rail-Drucks in einem Common-Rail-System für Brennkraftmaschinen mittels eines Druck-Abbau-Ventils, das von einer elektronischen Steuerung angesteuert ist, durch die das Druck-Abbau-Ventil abhängig von der Regelabweichung $p_{\text{Rail}} - p_{\text{Soll}}$ mit einer Hysterese-kennlinie geöffnet oder geschlossen wird. Erfindungsgemäß sind die Hysterese-grenzen für den Öffnungs- und Schließvorgang des Druck-Abbau-Ventils über ein Rechenschema, das in der elektronischen Steuerung abgelegt ist, variabel gestaltet.

FIG 5



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abbau des Rail-Drucks in einem Common-Rail-System für Brennkraftmaschinen gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

[0002] Das Druck-Abbau-Ventil bei Brennkraftmaschinen mit einem Common-Rail-System hat die Aufgabe, im Zwei-Steller-Konzept des Druckregelkreises mit sauggedrosselter Hochdruckpumpe, den Druckabbau in bestimmten Betriebspunkten der Brennkraftmaschine zu bewerkstelligen. Die Funktion des Druck-Abbau-Ventils tritt vorzugsweise im Schub und bei sogenannten Leergasstößen in Kraft.

[0003] In heutigen Common-Rail-Systemen übernimmt das Druck-Abbau-Ventil als Stellglied im Druckregelkreis u.a. die Druckabbaufunktion.

[0004] Aus der DE 195 48 278 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung des Drucks in einem Speicher eines Common-Rail-Systems beschrieben. Zur Regelung des Drucks wird eine Regelmenge vom Speicher in einen Niederdruckbereich abgelassen. Desweiteren ist vorgesehen, daß ein zweiter Regler auf den Niederdruckbereich einwirkt.

[0005] Aus der DE 197 31 994 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine mit einem Common Rail System bekannt, bei dem über ein Druckregelventil oder Druck-Abbau-Ventil das Rail mit dem Kraftstoffvorratsbehälter verbunden ist. Das Druckregel- oder Abbauventil ist über eine Spule steuerbar.

[0006] In weiten Betriebsbereichen einer Brennkraftmaschine ist das Druck-Abbau-Ventil geschlossen. Die Regelung des Hochdrucks erfolgt dabei über den Mengensteller, welcher der Hochdruck-Pumpe eine Menge zwischen 0 und 100% zumißt. Für den Druckabbau ist dabei die Einspritz-, Steuer- und Leckagemenge an den Injektoren ausreichend.

[0007] Jedoch in einzelnen Betriebspunkten der Brennkraftmaschine wie z.B. im Schubbetrieb oder bei Leergasstößen ist dieser Druckabbau zu langsam, so daß es hierdurch zu unakzeptablen Geräuschen der Brennkraftmaschine bei Wiederaufnahme der Last kommen kann.

[0008] Hier kommt der Druckabbau durch das Druckabbau-Ventil zum Tragen.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, den Druckabbau in bestimmten einzelnen Betriebspunkten der Brennkraftmaschine über das Druck-Abbau-Ventil schneller und angepaßt zu bewerkstelligen.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch den kennzeichnenden Teil des Hauptanspruchs gelöst.

[0011] Die Erfindung hat die wesentlichen Vorteile, daß der Druckabbau gemäß einer Solldruckvorgabe mit hoher Regelgüte erfolgt. Es ergibt sich dadurch eine Minimierung der Absteuermenge über das Druckabbauventil. Der Einsatz der Druckabbauventil-Struktur ist

im Motorbetriebskennfeld frei wählbar. Der Ventilsitzverschleiß am Druckabbauventil ist durch Anpassung der Schaltgrenzen minimiert (Minimierung der Anzahl von Schaltvorgängen).

[0012] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0013] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Figuren dargestellt.

[0014] Es zeigen:

Fig. 1: ein Zeitdiagramm für den Öffnungs- und Schließvorgang des Druck-Abbau-Ventils,

Fig. 2: die Durchflußrate als Funktion der Druckdifferenz,

Fig. 3: den Druckverlauf im Rail bei einem Öffnungs-Schließvorgang,

Fig. 4: die parametrisierten Kennfelder Δp_{auf} und Δp_{zu} als Funktion des Raildrucks,

Fig. 5: ein Struktogramm,

Fig. 6: ein Blockschaltbild.

[0015] In Fig. 6 sind die für das Verständnis der Erfindung erforderlichen Bauteile eines Kraftstoffversorgungssystems einer Brennkraftmaschine mit Hochdruckeinspritzung dargestellt. Das dargestellte System wird üblicherweise als Common-Rail-System bezeichnet.

[0016] Mit 100 ist ein Kraftstoffvorratsbehälter bezeichnet. Dieser steht über ein erstes Filter 105, einer vorzugsweise steuerbaren Vorförderpumpe 110 mit einem zweiten Filter 115 in Verbindung. Vom zweiten Filter 115 gelangt der Kraftstoff über eine Leitung zu einem Ventil 120. Die Verbindungsleitung zwischen dem Filtermittel 115 und dem Ventil 120 steht über ein Niederdruckbegrenzungsventil 140 mit dem Vorratsbehälter 100 in Verbindung. Das Ventil 120 ist die Zumeßeinheit ZME 122 und steht mit einer Hochdruckpumpe 125 in Verbindung.

[0017] Die Zumeßeinheit ZME ist saugseitig an der Hochdruckpumpe angeordnet. Als Zumeßeinheit kann beispielsweise ein magnetgesteuertes Proportionalventil eingesetzt werden, das über die Spule 122 steuerbar ist.

[0018] Die Hochdruckpumpe ist mit einem Rail 130 verbunden. Das Rail wird auch als Speicher bezeichnet und steht über Kraftstoffleitungen mit verschiedenen Injektoren 131 in Kontakt. Über ein Druckregelventil oder Druck-Abbau-Ventil 135 ist das Rail 130 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 100 verbindbar. Das Druckregelventil oder Druck-Abbau-Ventil 135 ist mittels einer Spule 136 steuerbar.

[0019] Die Leitungen zwischen dem Ausgang der Hochdruckpumpe 125 und dem Eingang des Druckre-

gelventils oder Druck-Abbau-Ventils 135 werden als Hochdruckbereich bezeichnet. In diesem Bereich steht der Kraftstoff unter hohem Druck. Der Druck im Hochdruckbereich, insbesondere im Speicher, wird mittels eines Sensors 145 erfaßt. Die Leitungen zwischen dem Tank 100 und der Hochdruckpumpe 125 werden als Niederdruckbereich bezeichnet.

[0020] Eine Steuerung 160 beinhaltet einen Druckregler und beaufschlagt die entsprechenden Stellelemente, wie beispielsweise die Spule 136 des Druckregelventils oder Druck-Abbau-Ventils 135 und/oder die Zumeßeinheit 122, mit Ansteuersignalen. Die Steuerung 160 verarbeitet verschiedene Signale verschiedener Sensoren 165 und 166, die den Betriebszustand der Brennkraftmaschine und/oder des Kraftfahrzeugs, das die Brennkraftmaschine antreibt, charakterisieren. Ein solcher Betriebszustand ist beispielsweise die Drehzahl N der Brennkraftmaschine oder ein Temperaturwert.

[0021] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Steuerung weitere oder andere Stellelemente ansteuert. Zur Regelung des Druckes P im Hochdruckbereich können alternativ und/oder zusätzlich weitere Stellelemente eingesetzt werden. Dies sind beispielsweise eine in der Fördermenge verstellbare elektrische Vorförderpumpe 110, eine steuerbare Hochdruckpumpe 125 und/oder ein elektrisch steuerbares Druckregelventil 140 im Niederdruckbereich.

[0022] Diese Einrichtung arbeitet wie folgt: Der Kraftstoff, der sich im Vorratsbehälter befindet, wird von der Vorförderpumpe 110 durch die Filtermittel 105 und 115 gefördert. Ausgangsseitig der Vorförderpumpe 110 ist der Kraftstoff mit einem Druck von einigen bar beaufschlagt.

[0023] Wenn der Druck im Niederdruckbereich des Kraftstoffsystems einen vorgebbaren Druck erreicht hat, so öffnet das Niederdruckbegrenzungsventil 140 und gibt die Verbindung zwischen dem Ausgang der Vorförderpumpe 110 und dem Vorratsbehälter 100 frei. Mittels des Niederdruckbegrenzungsventils 140 wird der Druck im Niederdruckbereich auf Werte von ca. 5 bar gehalten.

[0024] Die Ausgestaltung des Niederdruckbereichs, insbesondere die Anordnung der Ventile und Filter ist nur beispielhaft dargestellt. Die Art, die Anordnung und/oder die Anzahl der Elemente kann auch unterschiedlich sein.

[0025] Die Hochdruckpumpe 125 fördert den Kraftstoff vom Niederdruckbereich in den Hochdruckbereich. Die Hochdruckpumpe 125 baut im Rail 130 einen sehr hohen Druck auf. Üblicherweise werden bei Systemen für fremdgezündete Brennkraftmaschinen Druckwerte von etwa 30 bis 100 bar und bei selbstzündenden Brennkraftmaschinen Druckwerte von etwa 1000 bis 2000 bar erzielt. Über die Injektoren 131 kann der Kraftstoff unter hohem Druck den einzelnen Zylindern der Brennkraftmaschine zugemessen werden.

[0026] Mittels des Sensors 145 wird der Druck im

Rail bzw. im gesamten Hochdruckbereich erfaßt. Der Druck wird über die Zumeßeinheit ZME 120 geregelt, die mit einer Spule 122 ansteuerbar ist und die die Fördermenge der Hochdruckpumpe 125 verstellen kann. Mittels des Druck-Abbau-Ventils 135, das mit einer Spule 136 ansteuerbar ist, kann der Druck im Hochdruckbereich schnell abgebaut werden.

[0027] Als Vorförderpumpe 110 werden üblicherweise mechanische Vorförderpumpen eingesetzt. Es können aber auch Elektrokraftstoffpumpen mit einem Gleichstrom-Motor (DC-Motoren) oder einem elektrisch komutierten Gleichstrom-Motor (EC-Motoren) eingesetzt werden. Für höhere Fördermengen, die insbesondere bei Nutzkraftfahrzeugen erforderlich sind, können auch mehrere parallel geschaltete Vorförderpumpen eingesetzt werden. In diesem Fall werden wegen der höheren Lebensdauer und höheren Verfügbarkeit vorzugsweise EC-Motoren verwendet.

[0028] Von der Hochdruckpumpe 125 wird die Fördermenge QP in das Rail 130 gefördert. Über das Druck-Abbau-Ventil 135 wird die Menge QDAV in den Niederdruckbereich abgelassen. Die Druckaufbaumenge QR steht für den Druckaufbau zur Verfügung. Über die Injektoren 131 gelangt die Zumessmenge QI zu den Injektoren 131. Die Menge QI setzt sich zusammen aus der eingespritzten Kraftstoffmenge QK, der Leckagemenge und einer Steuermenge der Injektoren. Die Leckagemenge und die Steuermenge gelangen wieder zurück in den Niederdruckbereich. Die eingespritzte Kraftstoffmenge gelangt in die Brennkraftmaschine.

[0029] Die Fig. 1 zeigt das typische Zeitverhalten für einen Öffnungs- und Schließvorgang des Druckabbauventils. Dabei stellt $\Delta t_{\text{ein/aus}}$ die minimale Zeit dar, die vergeht von einem Öffnungs- und sofortigen Schließvorgang. Δt_{raster} ist die Zeit die zum Abfragen des Öffnungs- und Schließvorgangs gehört. Dabei gelten die Bedingungen:

$$\Delta t_{\text{ein/aus}} < \Delta t_{\text{raster}} + \Delta t_{\text{aus}}, \text{ sowie}$$

$$\Delta t_{\text{aus}} < \Delta t_{\text{raster}}$$

[0030] Fig. 2 zeigt die Flußrate über der Druckdifferenz Δp . In Fig. 3 ist noch einmal veranschaulicht, wie die Zeiten und die Druckdifferenzen zusammenhängen. Über die beiden Gleichungen

$$Q(\Delta p)_{\text{DAV}} = \Delta t_i \cdot A \cdot (2/\rho)^{1/2} \Delta p^{1/2}_{\text{DAV}}$$

$$\Delta p = Q(\Delta p)_{\text{DAV}} / E_{\text{pRail}} \cdot V_{\text{Rail}}$$

mit

- 55 $Q(\Delta p)$ = Absteuermenge durch das DAV
 Δt_i = Öffnungszeit DAV ($t_{\text{ein/aus}}$ für Δp_{auf})
 A = Drosselquerschnitt DAV Δt_{aus} für Δp_{zu}
 ρ = Dichte Kraftstoff

Δp	= Druckdifferenz am DAV
E_o	= Elastizitätsmodul Kraftstoff (Funktion des Raildrucks)
V_{Rail}	= Railvolumen
ρ	= Druckabfall im Rail

ergibt sich eine parametrische Kennfeldschar für Δp_{auf} und Δp_{zu} gemäß Fig. 4. Gemäß Fig. 5 wird der Rail-Druck in einem Common-Rail-System mittels des Druck-Abbau-Ventils 135 von einer Spule und einer elektronischen Steuerung angesteuert, wobei das Druck-Abbau-Ventil 135 abhängig von der Regelabweichung $p_{\text{Rail}} - p_{\text{Soll}}$ mit einer Hysteresekennlinie geöffnet oder geschlossen wird. Erfindungsgemäß sind die Hysteresegrenzen für den Öffnungs- und Schließvorgang des Druck-Abbau-Ventils 135 über ein Rechenschema, das in der elektronischen Steuerung abgelegt ist, variabel gestaltet. Die Hysteresegrenzen zum Öffnen und Schließen des Druck-Abbau-Ventils 135 sind als Kennfeldgrößen parametrisiert, wobei die obere Hysteresegrenze zum Öffnen des Druck-Abbau-Ventils 135 abhängig ist von einem ersten Kennfeld, bei dem die Ausgangsgröße Δp_{auf} eine Funktion des Drucks p_{Rail} ist und wobei die untere Hysteresegrenze zum Schließen des Druckabbauventils 135 abhängig ist von einem zweiten Kennfeld, bei dem die Ausgangsgröße Δp_{zu} eine Funktion des Raildrucks p_{Rail} ist.

[0031] Das erste Kennfeld $\Delta p_{\text{auf}}(p_{\text{Rail}})$ und das zweite Kennfeld $\Delta p_{\text{zu}}(p_{\text{Rail}})$ sind durch die mathematisch-physikalischen Beziehungen so dimensioniert, daß $\Delta p_{\text{auf}}(p_{\text{Rail}})$ die minimal darstellbare Druckdifferenz Δp_{auf} für einen Öffnungs- und Schließvorgang des Druck-Abbau-Ventils darstellt und das zweite Kennfeld $\Delta p_{\text{zu}}(p_{\text{Rail}})$ die minimal akzeptable Druckdifferenz Δp_{zu} darstellt, wodurch sichergestellt ist, daß das Druck-Abbau-Ventil ohne Unterschwingen des Ist-Drucks schließbar ist.

Bezugszeichenliste

[0032]

100	Kraftstoffvorratsbehälter
105	erstes Filter
110	Vorförderpumpe
115	zweites Filter
120	Ventil
122	Zumeßeinheit
125	Hochdruckpumpe
130	Rail
131	Injektoren
135	Druckregelventil oder Druck-Abbau-Ventil
136	Spule
140	Niederdruckbegrenzungsventil
145	Sensor
160	Steuerung
165	Sensoren
166	Sensoren

Patentansprüche

- Verfahren zur Regelung des Rail-Drucks in einem Common-Rail-System für eine Brennkraftmaschine mittels eines Druck-Abbau-Ventils, das von einer elektronischen Steuerung angesteuert ist, wobei das Druck-Abbau-Ventil abhängig von einer Regelabweichung ($p_{\text{Rail}} - p_{\text{Soll}}$) ansteuerbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Hysteresegrenzen (Δp_{auf} , Δp_{zu}) für den Öffnungs- und Schließvorgang des Druck-Abbau-Ventils variabel vorgebar sind.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Hysteresegrenzen (Δp_{auf} , Δp_{zu}) abhängig vom Raildruck (p_{Rail}) vorgebar sind.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine obere Hysteresegrenze (Δp_{zu}) zum Schließen des Druck-Abbau-Ventils in einem ersten Kennfeld als Funktion des Raildrucks (p_{Rail}) abgelegt ist.
- Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Hysteresegrenze (Δp_{auf}) zum Öffnen des Druck-Abbau-Ventils in einem zweiten Kennfeld als Funktion des Raildrucks (p_{Rail}) abgelegt ist.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Kennfeld ($\Delta p_{\text{auf}}(p_{\text{Rail}})$) und das erste Kennfeld ($\Delta p_{\text{zu}}(p_{\text{Rail}})$) als eine mathematisch physikalische Beziehung im Steuergerät abgelegt ist, wobei die Beziehungen gelten

$$Q(\Delta p)_{\text{DAV}} = \Delta t_i * A (2/\rho)^{1/2} * (\Delta p)^{1/2}$$

$$\Delta p = Q(\Delta p) / E_{\text{Rail}} * V_{\text{Rail}}$$

mit

$Q(\Delta p)$	= Absteuermenge durch das DAV
Δt_i	= Öffnungszeit DAV Δt_{ein} /aus für Δp_{auf}
A	= Drosselquerschnitt DAV Δt_{aus} für Δp_{zu}
ρ	= Dichte Kraftstoff
Δp_{DAV}	= Druckdifferenz am DAV
E_{Rail}	= Elastizitätsmodul Kraftstoff (Funktion Raildruck, Temperatur)
V_{Rail}	= Railvolumen

- Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Kennfeld ($\Delta p_{\text{auf}}(p_{\text{Rail}})$) und das zweite Kennfeld ($\Delta p_{\text{zu}}(p_{\text{Rail}})$) so dimensioniert sind, daß $\Delta p_{\text{auf}}(p_{\text{Rail}})$ die minimal darstellbare Druckdifferenz (Δp_{auf}) für einen Öffnungs- und Schließvorgang des Druck-Abbau-Ventils darstellt und das zweite Kennfeld ($\Delta p_{\text{zu}}(p_{\text{Rail}})$) die minimal akzeptable Druckdifferenz (Δp_{zu}) dar-

stellt, wodurch sichergestellt ist, daß das Druck-
Abbau-Ventil ohne Unterschwingen des Ist-Drucks
schließbar ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

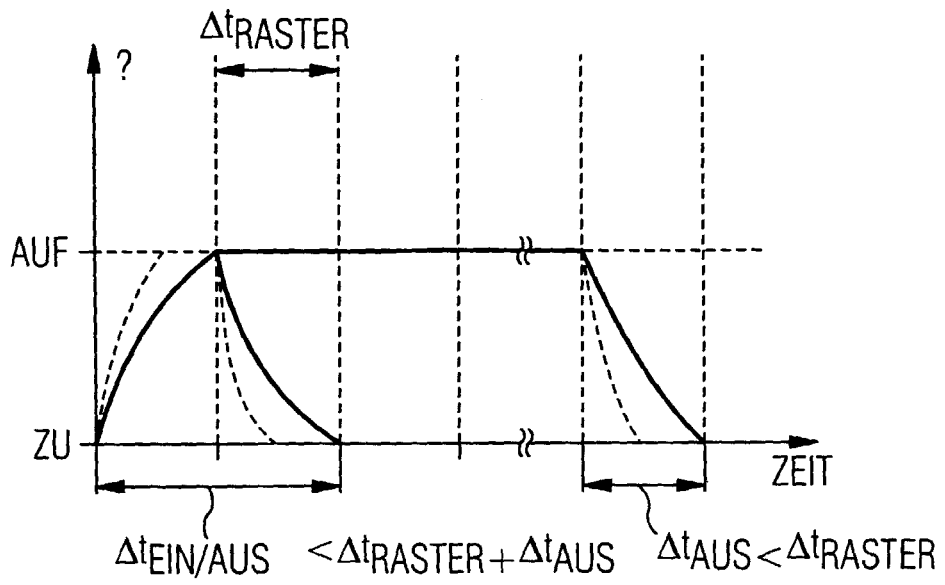


FIG 2

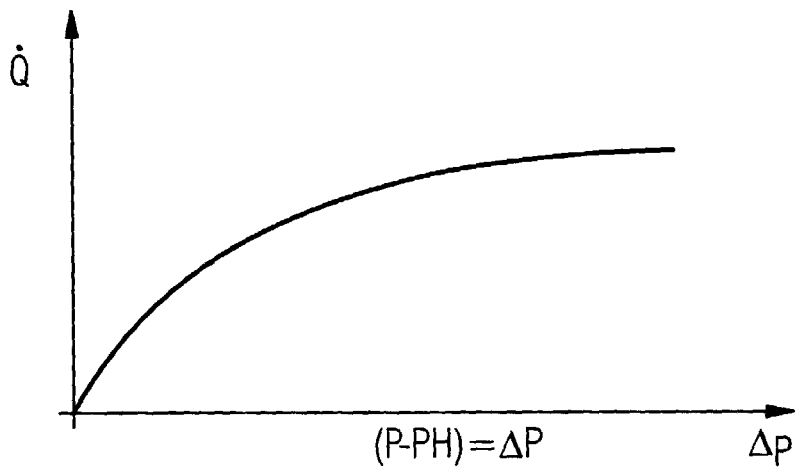


FIG 3

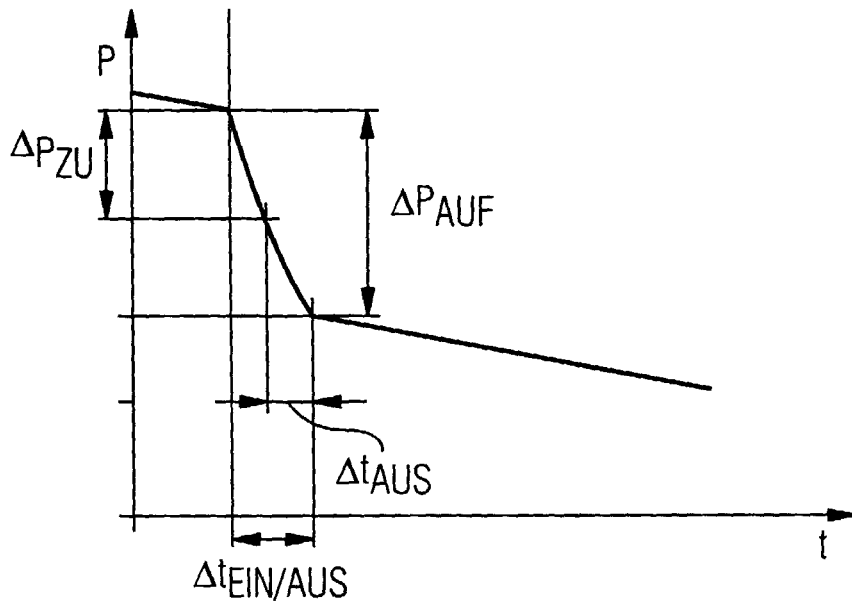


FIG 4

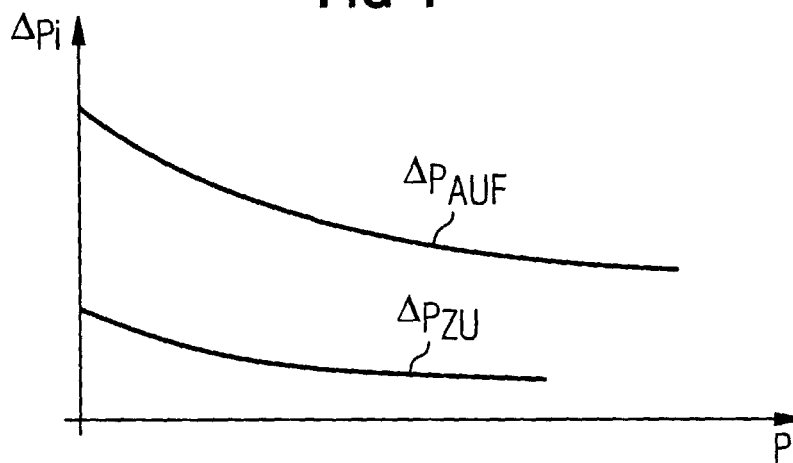


FIG 5

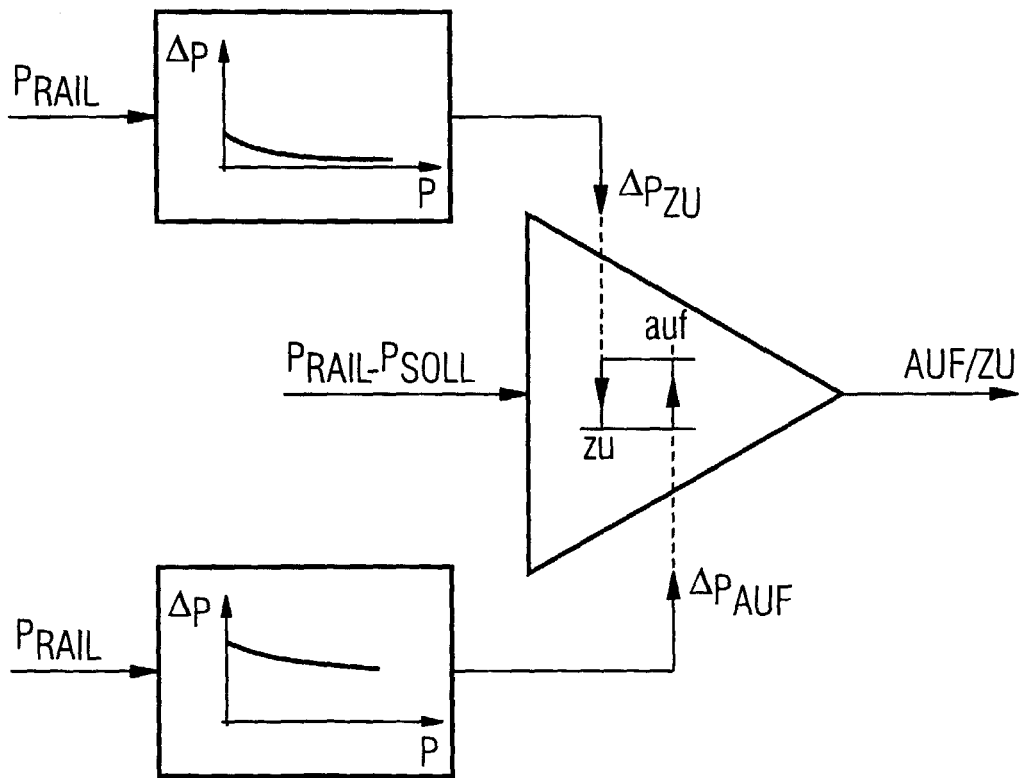


FIG 6

