(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 195 34 265 B4** 2005.05.04

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **195 34 265.8**
(22) Anmeldetag: **15.09.1995**
(43) Offenlegungstag: **21.03.1996**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **04.05.2005**

(51) Int Cl.[7]: **B60T 8/32**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
222256/94 16.09.1994 JP

(71) Patentinhaber:
Tokico Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP

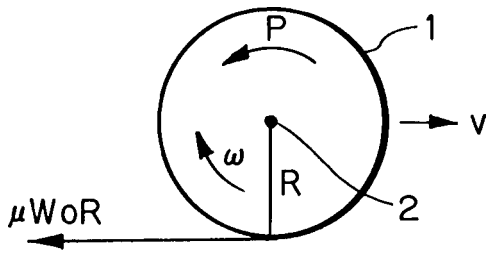
(74) Vertreter:
HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(72) Erfinder:
Kitano, Yutaka, Tokio/Tokyo, JP; Sakuma, Masaru, Yamanashi, JP; Takayama, Toshio, Yamanashi, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 44 00 960 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Gerät zur Antiblockierregelung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Antiblockierregelung, wobei der Bremsflüssigkeitsdruck in einem Radzylinder (13) reduziert und anschließend wieder derart erhöht wird, dass das auf ein Fahrzeugrad wirkende Bremsdrehmoment, in das durch einen Bremsmechanismus auf dasselbe Fahrzeugrad ausgeübte Bremssystemdrehmoment einbezogen ist, aufgrund der Antiblockierregelung bezogen auf die Zeit linear erhöht wird, und wobei die Änderungsrate (k) des Reibungskoeffizienten (μ) der Straßenoberfläche im Hinblick auf die Radschlupfrate, die ein Verhältnis einer Differenz zwischen einer Fahrzeuggeschwindigkeit und einer Umfangsgeschwindigkeit eines Rads zur Fahrzeuggeschwindigkeit darstellt, während des Erhöhens des Bremsflüssigkeitsdruck derart bestimmt wird, dass der Bremsflüssigkeitsdruck dann wieder reduziert wird, wenn die Änderungsrate (k) unter einen vorbestimmten Schwellenwert absinkt, wobei das Verfahren die Änderungsrate (k) durch Ausführen der folgenden Schritte berechnet:
Erhalten der Radgeschwindigkeit ($R\omega n_{+1}$) beim Zeitpunkt (tn_{+1}), der der mittlere Zeitpunkt zwischen einem ersten und einem zweiten Zeitpunkt (tn, tn_{+2}) mit derselben Radgeschwindigkeit ($R\omega n$) ist,
Subtrahieren der Radgeschwindigkeit ($R\omega n$) beim ersten Zeitpunkt (tn) oder beim...



Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Gerät für eine Antischlupfregelung, mit dem ein Blockieren von Rädern beim Bremsen vermieden wird.

[0002] Bei einem bekannten Gerät zur Antiblockierregelung zum Vermeiden des Blockierens von Rädern beim Bremsen reduziert ein Modulator während des Ausführens einer Antiblockierregelung den Bremsfluiddruck in einem Radzylinder und hiernach erhöht es diesen wieder unter bestimmten Bedingungen, so daß das Bremsdrehmoment (Gesamtbremsdrehmoment einschließlich Bremssystemdrehmoment) im Hinblick auf die Zeit linear erhöht wird. In diesem Zustand der erneuten Druckzunahme wird die Antiblockierregelung beispielsweise in der folgenden Weise erreicht. Wird anhand der von einem Radgeschwindigkeitsdetektor bestimmten Information festgestellt, daß die Radbeschleunigung einen vorbestimmten Schwellwert in einem Bereich übersteigt, in dem die Radgeschwindigkeit abnimmt, wird davon ausgegangen, daß die Veränderungsrate k des Reibungskoeffizienten der Straßenfläche im Hinblick auf die Radschlupfrate in einem Bereich liegt, in dem sich eine stabile Bremsbedingung einstellt, die durch $k>0$ gekennzeichnet ist, und der Zustand der erneuten Druckzunahme wird aufrecht erhalten. Sinkt die Änderungsrate k unter den Schwellwert ab, wird festgestellt, dass die Änderungsrate in einem Bereich liegt, in dem sich eine instabile Bremsbedingung einstellt, die durch $k<0$ gekennzeichnet ist, und der Bremsfluiddruck wird durch den Modulator reduziert.

[0003] In dieser Beschreibung ist mit dem Begriff "Bremsdrehmoment" ein Gesamtdrehmoment zum Ausführen des Bremsvorgangs an eine Rad gemeint, das ein durch ein Bremssystem erzeugtes Bremsdrehmoment enthält und ein durch den Motorbremseffekt erzeugtes Drehmoment und dergleichen. Der Begriff "Bremssystemdrehmoment" bedeutet ein Drehmoment, das durch ein Bremssystem erzeugt wird.

Stand der Technik

[0004] Im übrigen haben die Erfinder ein Verfahren zum Berechnen der Änderungsrate k erfunden, und zwar aus der an vier Punkten erfassten Radgeschwindigkeit und anderen Faktoren, zum Verbessern des oben erwähnten Antiblockierregelungs-Gerätes. Für das verbesserte Verfahren wurde ein Patent in Japan angemeldet, und diese Anmeldung wurde in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 7-81542 veröffentlicht, die der DE 44 00 960 A1 entspricht.

[0005] Bei diesem Verfahren, das in dieser japanischen Patentoffenlegungsschrift beschrieben ist, ist die Verarbeitungszeit für die Berechnung relativ lang, da die Veränderungsrate k des Reibungskoeffizienten der Straßenfläche im Hinblick auf das Radschlupfverhältnis aus den Werten der an vier Punkten erfassten Radgeschwindigkeit berechnet werden muss, und demnach besteht ein Bedarf für eine weitere Verbesserung.

Aufgabenstellung

[0006] Eine Aufgabe der Erfindung besteht in der Schaffung eines Antiblockier-Regelungsverfahrens und eines Gerätes, das dieses Verfahren benützt, in dem die Verarbeitungszeit zum Berechnen weiter verkürzt wird, wenn bestimmt wird, ob das System stabil oder instabil ist, durch die Veränderungsrate k des Reibungskoeffizienten der Straßenfläche im Hinblick auf die Radschlupfrate.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Antiblockierregelung, wobei der Bremsflüssigkeitsdruck in einem Radzylinder reduziert und anschließend wieder derart erhöht wird, dass das auf ein Fahrzeugrad wirkende Bremsdrehmoment, in das durch einen Bremsmechanismus auf dasselbe Fahrzeugrad ausgeübte Bremssystemdrehmoment einbezogen ist, aufgrund der Antiblockierregelung bezogen auf die Zeit linear erhöht wird, und wobei die Änderungsrate des Reibungskoeffizienten der Straßenoberfläche im Hinblick auf die Radschlupfrate, die ein Verhältnis einer Differenz zwischen einer Fahrzeuggeschwindigkeit und einer Umfangsgeschwindigkeit eines Rads zur Fahrzeuggeschwindigkeit darstellt, während des Erhöhens des Bremsflüssigkeitsdruck derart bestimmt wird, dass der Bremsflüssigkeitsdruck dann wieder reduziert wird, wenn die Änderungsrate unter einen vorbestimmten Schwellenwert absinkt, wobei das Verfahren die Änderungsrate durch Ausführen der folgenden Schritte berechnet: Erhalten der Radgeschwindigkeit beim Zeitpunkt, der mittlere Zeitpunkt zwischen einem ersten und einem zweiten Zeitpunkt mit derselben Radgeschwindigkeit ist, Subtrahieren der Radgeschwindigkeit beim ersten Zeitpunkt oder beim zweiten Zeitpunkt von dieser Radgeschwindigkeit beim mittleren Zeitpunkt, Erhöhen des Subtraktionsergebnisses um den Faktor vier und Dividieren dieses erhöhten Ergebnisses durch die Zeitdauer zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt, Erhalten eines Kehrwertes des Divisionsergebnisses, Subtrahieren eines Kehrwertes der Radbeschleunigung beim ersten Zeitpunkt von diesem Kehrwert, Multiplizieren des Subtraktionsergebnisses mit der Fahrzeuggeschwindigkeit und einem Wert, der dadurch erhalten wird, dass die Zunahmerate des Bremsdrehmoments, die ein differentieller Wert des Bremsdrehmoments über der Zeit ist, beim mittleren Zeitpunkt durch das Produkt aus den konstanten Werten für eine Radlast und einen Radwirkradius geteilt wird, und anschließendes Erhöhen des Multiplikationsergebnisses um den Faktor drei.

[0008] Ferner wird die Aufgabe gelöst durch ein Gerät zur Antiblockierregelung mit einem Radgeschwindigkeitsdetektor zum Erfassen einer Radgeschwindigkeit, einem Modulator, der den Bremsfluiddruck in einem Radzylinder zumindest absenken oder anheben kann, und einer Steuervorrichtung zum Steuern des Betriebs des Modulators, wobei die Steuervorrichtung bei einer Antiblockierregelung mittels einer Berechnungseinrichtung die Veränderungsrate nach dem Verfahren gemäß Anspruch 1 berechnet und eine entsprechende Steuerung des Modulators bewirkt und wobei die Steuervorrichtung den Bremsfluiddruck durch den Modulator auch absenkt, wenn die Veränderungsrate unter einen vorbestimmten Schwellenwert abnimmt.

Ausführungsbeispiel

[0009] Die Erfindung wird nun detaillierter unter Bezug auf die beiliegende Zeichnung beschrieben; es zeigen:

[0010] Fig. 1 eine schematische Darstellung zum Zeigen einer Bewegung eines Fahrzeugrades, bei dem eine Steuerung gemäß einer Ausführungsform dieser Erfindung ausgeführt wird;

[0011] Fig. 2 ein Graph zum Darstellen einer Beziehung zwischen dem Schlupfverhältnis des Rads, dem Reibungskoeffizienten der Straßenfläche und der Seitenführungskraft;

[0012] Fig. 3 einen Graphen zum Darstellen einer Beziehung zwischen der Zeit und der Radgeschwindigkeit beim Ausführen der Antischlupfregelung gemäß der Ausführungsform;

[0013] Fig. 4A eine Beziehung zwischen der Radgeschwindigkeit Rω, dem Reibungskoeffizienten μ der Straßenfläche und dem Bremsdrehmoment P/(WoR) bei einem Regelverfahren gemäß der Ausführungsform dieser Erfindung in einem Bereich, in dem die Radgeschwindigkeit von einem Zustand der Beschleunigung in einen Zustand der Verzögerung übergeht und wenn keine Schwingung bei der Radgeschwindigkeit auftritt;

[0014] Fig. 4B einen Abschnitt der Fig. 4A für ein verbessertes Verständnis des Vorgangs beim Bestimmen der Fläche A1;

[0015] Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Antiblockier-Regelungsgeräts gemäß einer Ausführungsform dieser Erfindung.

[0016] Ein Antiblockier-Regelungsverfahren gemäß einer Ausführungsform dieser Erfindung wird nun unter Bezug auf die Zeichnung erläutert.

[0017] In der folgenden Beschreibung wird, wie schematisch in Fig. 1 gezeigt ist, die auf ein Rad **1** ausgelegte Last durch Wo gekennzeichnet, der Wirkungsradius des Rads **1** durch R, die Winkelgeschwindigkeit des Rads durch ω, der Differentialkoeffizient der Winkelgeschwindigkeit durch ω', das Trägheitsmoment des Rads um die Achse **2** durch I, das an die Achse **2** angelegte Drehmoment durch P und der zwischen dem Rad **1** und einer Straßenfläche wirkende Reibungskoeffizient der Straßenfläche durch μ. Die Last Wo kann beispielsweise durch eine lokal wirkende Standardlast dargestellt werden, die auf ein betrachtetes Rad ausgeübt wird und die aus dem Fahrzeuggewicht oder anderen ähnlichen Werte bestimmt wird. Für den Radius R kann ein Standardwert für den Wirkradiums der Räder benützt werden.

[0018] Allgemein ist die Beziehung zwischen der Radschlupfrate λ und dem Reibungskoeffizienten μ der Straßenfläche so wie in Fig. 2 dargestellt, in der die Veränderungsrate k ausgedrückt durch $k = d\mu/d\lambda$ sich wie folgt ändert:
$k > 0$ in dem durch X gekennzeichneten Bereich,
$k = 0$ in dem durch Y gekennzeichneten Punkt, und
$k < 0$ in dem durch Z gekennzeichneten Bereich.

[0019] In diesen Ausdrücken wird die Radschlupfrate λ durch die folgende Gleichung erhalten:

$$\lambda = 1 - R\omega/v,$$

wobei Rω einer Radgeschwindigkeit entspricht, die durch ein von einem Radgeschwindigkeitsdetektor (wird später beschrieben) abgegebenes Signal bestimmt wird und v eine imaginäre Fahrzeuggeschwindigkeit ist, die aus der Radgeschwindigkeit und anderen Faktoren abgeleitet wird.

[0020] Liegen Bedingungen gemäß dem X-Bereich vor, in dem die Schlupfrate niedriger als diejenige in dem Y-Punkt ist, in dem k=0 gilt, wird bestimmt, daß das System in einem stabilen Bremszustand ist, in dem ein Radblockieren niemals auftritt. Liegen andererseits Bedingungen gemäß dem Z-Bereich vor, in dem die Schlupfrate λ größer als diejenige in dem Y-Punkt ist, wird bestimmt, daß das System in einem instabilen Bremszustand ist, in dem die Seitenführungskraft, die in Fig. 2 anhand der gestrichelten Linie Fc dargestellt ist, herabgesetzt ist, und die Radblockierung tritt tendentiell auf.

[0021] Während des Ausführens der Antischlupfregelung weist die Beziehung zwischen der Zeit und der Radgeschwindigkeit Rω Merkmale auf, die in Fig. 3 gezeigt sind. Diese Ausführungsform entspricht einem Verfahren zum Berechnen der Veränderungsrate k, das benützt wird, um während des Vorgangs zum Steuern eines Zeitablaufs für das erneute Absenken des Bremsdrucks in dem Bereich TM1 eine Beurteilung durchzuführen. Dieser Bereich TM1 ist der Bereich, in dem das Rad **1** von einem Be-

schleunigungszustand in einen Verzögerungszustand übergeht, und zwar bei einer Bedingung, daß keine Schwingungsveränderung der Radgeschwindigkeit auftritt, wenn während der Antischlupfregelung der Druck des Bremsfluids in einem Radzylinder reduziert wird und anschließend erneut angehoben wird, so daß das Bremsdrehmoment, in das das Bremssystemdrehmoment mit einbezogen ist, im Hinblick auf die Zeit linear zunimmt. Die Regelung anderer Punkte, beispielsweise des Zeitpunkts, bei dem die Druckreduzierung in einem frühen Zustand des Bremsbetriebs beginnt, dem Zeitpunkt, bei dem der Betriebsmodus von einem Druckabsenkzustand in einen Zustand der erneuten Druckzunahme übergeht, und des Zeitpunkts, bei dem ein erneutes Absenken eines Drucks in einem Bereich TM2 erreicht wird, in dem das Rad passend verzögert wird, erfolgt gemäß einem gebräuchlichen Verfahren.

[0022] Wird die auf das Rad ausgeübte Last durch Wo dargestellt, und der fiktive Radius des Rads durch R, die Winkelgeschwindigkeit des Rads durch ω, der Differentialkoeffizient der Winkelgeschwindigkeit durch ω', das Trägheitsmoment um die Achse durch I, das an die Achse angelegte Drehmoment durch P und die Gravitationsbeschleunigung durch g, wie oben erwähnt, so erhält man die folgende Gleichung:

$$R\omega' = (g/Co)\{\mu - P/(WoR)\} \quad (1)$$

wobei gilt $Co = 1/(WoR^2/g)$.

[0023] Zu einer bestimmten Zeit tn, erhält man den folgenden Ausdruck:

$$R\omega'n = (g/Co)[\mu n - \{P/(WoR)\}n] \quad (2)$$

[0024] Die Beziehung zwischen der Schlußfrate des Rads λ und der Radgeschwindigkeit Rω und der Fahrtgeschwindigkeit v wird durch die folgende Gleichung ausgedrückt:

$$\lambda = 1 - (R\omega/v) \quad (3).$$

[0025] Durch Differenzieren beider Seiten der Gleichung (3) nach der Zeit unter Konstanthalten der Fahrzeuggeschwindigkeit v erhält man die folgende Gleichung:

$$\lambda' = -(R\omega'/v) \quad (4)$$

[0026] Die Verzögerungsrate k, die die Veränderungsrate des Reibungskoeffizienten μ der Straßenfläche im Hinblick auf die Radschlupfrate λ darstellt, wird durch die folgende aufgrund der Definition selbsterklärende Gleichung ausgedrückt:

$$k = \mu'/\lambda' \quad (5).$$

[0027] Aus den Gleichungen (4) und (5) erhält man:

$$\mu' = -(k/v)R\omega' \quad (6).$$

[0028] Die Fig. 4 zeigt die Radgeschwindigkeit Rω, den Reibungskoeffizienten μ der Straßenfläche und das Bremsdrehmoment P/(WoR) in dem in Fig. 3 gezeigten Bereich TM1. Dieser Bereich TM1 ist ein Bereich, in dem sich die Radgeschwindigkeit von einem Beschleunigungszustand in einen Verzögerungszustand verändert, während der Bremsfluiddruck abgesenkt wird, und anschließend das Bremsdrehmoment linear im Hinblick auf die Zeit erhöht wird, mit einer Zunahmerate Q des Bremsdrehmoments, unter einer Antischlupfregelung. Dieser Bereich TM1 kann durch ein Signal des Radgeschwindigkeitsdetektors bestimmt werden. Die Merkmale der Beziehung zwischen μ und λ und der Werte k, v, Wo und Co werden als konstant angenommen.

[0029] In Fig. 4A werden der Reibungskoeffizient μ der Straßenfläche und das Bremsdrehmoment P/(WoR) in den Klammern [ ] der Gleichung (2) als Werte ohne Dimensionsangabe gezeigt. Gilt die Bedingung $\mu > P/(WoR)$, so wird das Rad beschleunigt, und gilt die Bedingung $\mu < P/(WoR)$, so wird das Rad verzögert.

[0030] Die Radgeschwindigkeit wird in jedem Zeitintervall eines vorbestimmten Werts T/2 erfaßt, so daß die Bedingung $R\omega n = R\omega n_{+2}$ erhalten wird, wobei die Radgeschwindigkeit Rωn im Zeitpunkt tn ist, sowie Rwn_{+1} im Zeitpunkt tn_{+i} und Rwn_{+2} im Zeitpunkt tn_{+2}.

[0031] In der Fig. 4A ist die Beziehung zwischen dem Reibungskoeffizienten μn der Straßenfläche im Zeitpunkt tn und im Reibungskoeffizienten μn_{+2} der Straßenfläche im Zeitpunkt tn_{+2} derart, daß die jeweils zwischen den Linien μ und P/(WoR) definierten Flächen A1 und A2 gleich sind, da $R\omega n = R\omega n_{+2}$ gilt.

[0032] Zunächst wird die Fläche A1 wie folgt erhalten:
Der Punkt E entsprechend der maximalen Radgeschwindigkeit $R\omega_E$ wird als ein Ursprung eines Koordinatensystems betrachtet, und die Achse x_1 wird auf der linken Seite des Ursprungs gezeichnet. Die Kurve ($\mu_E \approx \mu n$) wird durch y_1 dargestellt, und die Kurve y_1 wird durch eine Approximation anhand der folgenden quadratischen Kurve dargestellt:

$$Y_1 \fallingdotseq \{(\mu_n - \mu_E)/(T/2 - \Delta T)^2\}x_1^2$$

[0033] Demnach läßt sich die Fläche A1 durch die folgende Gleichung ausdrücken, wobei gilt: $a = T/2 - \Delta T$:

$$A_1 \fallingdotseq \int_0^a \{(\mu_n - \mu_E)(x_1/a)^2 + (Q/(WoR))x_1\}dx_1$$
$$= (1/3)(\mu_n - \mu_E)a + (1/2)(Q/(WoR))a^2 \quad (7)$$

Diese Beziehung wird detaillierter unter Bezug auf Fig. 4B beschrieben. In Fig. 4B stellt die Fläche A1 eine Summe der Teilbereiche Y_1 und Y_2 dar.

$Y_1 = ax_1^2$

wobei gilt, $\alpha a^2 = \mu_n - \mu_E$.

[0034] Demnach ist:

$\alpha = (\mu_n - \mu_E)/a^2$.

[0035] Demnach ist

$y_1 = \{(\mu_n - \mu_E)/a^2\}x_1^2$

[0036] Andererseits gilt

$y_2 = (Q/WoR)x_1$.

[0037] Als Ergebnis erhält man

$Y_1 + Y_2 = \int_0^a[\{(\mu_n - \mu_E)/a^2\}x_1^2 + (Q/WoR)x_1]dx_1$
$= [\{(\mu_n - \mu_E)/3a^2\}x_1^3 + (Q/2WoR)x_1^2]_0^a$
$= (1/3)(\mu_n - \mu_E)a + (1/2)(Q/WoR)a^2$

Formelssatz S. 11 oben

[0038] In diesem Ausdruck ist Q/(WoR) die Zunahmerate des Bremsdrehmoments in dem Bereich ($tn \approx tn_{+1}$), geteilt durch das Produkt der Radlast und des wirksamen Radradius. In dieser Ausführungsform wird der Wert Q dargestellt durch die Zunahmerate des Bremsdrehmoments, die von einer Zunahmerate des Drucks in dem Radzylinder abhängt. Die letztere ist durch die Merkmale einer Pumpe bestimmt, sowie dem Radzylinder und der diese verbindenden Übertragungsleitung für das Hydraulikfluid.

[0039] Anschließend wird die Fläche A2 durch die folgenden Schritte erhalten:
Der Punkt E wird als ein Ursprung eines Koordinatensystems betrachtet, und die Achse x_2 wird auf der rechten Seite dieses Ursprungs gezeichnet. Die Kurve ($\mu_E \approx tn_{+2}$) wird durch y_2 dargestellt, und die Kurve y_2 wird approximativ durch die folgende Gleichung dargestellt:

$y_2 \fallingdotseq \{(\mu n - \mu_E)/(T/2 + \Delta T)^2\}x_2^2$

[0040] Demnach erhält man die fläche A2 durch die folgende Beziehung, wobei gilt $b = T/2 - \Delta T$:

$A_2 = \int_0^b\{(Q/(WoR)x_2 - (\mu_n - \mu_E)(x_2/b)^2\}dx_2$
$= (1/2)(Q/(WoR))b^2 - (1/3)(\mu_n - \mu_E)b$ (8)

[0041] Da für die Flächen diese Beziehung A1 = A2 gilt, erhält man:

$(1/3)(\mu n - \mu_E)(T/2 - \Delta T) + (1/2)(Q/WoR)(T/2-\Delta T)^2 \fallingdotseq$
$-(1/3)(\mu n - \mu_E)(T/2 + \Delta T) + (1/2)(Q/(WoR)(T/2 + \Delta T)^2$.

[0042] Demnach gilt:

$(2/3)(\mu n - \mu_E)(T/2) \fallingdotseq 2(Q/(WoR))(T/2)\Delta T$.

[0043] Entsprechend gilt:

$(\mu n - \mu_E) \fallingdotseq 3(Q/(WoR))\Delta T$. (9)

[0044] Mit der Gleichung (9) wird die Fläche A1 wie folgt bestimmt:

$A_1 \fallingdotseq (Q/(WoR))\Delta T(T/2 - \Delta T) + (1/2)(Q/(WoR))(T/2 - \Delta T)^2 \fallingdotseq (1/2)(Q/(WoR))(T/2)^2\{1 - (\Delta T/(T/2))^2\}$ (10)

[0045] Die Fläche ΔA, die von E, F und μn_{+1} umgeben ist, wird wie folgt erhalten, wenn man approximativ von einer Dreiecksform für diese Fläche ausgeht:

$\Delta A \fallingdotseq (1/2)(Q/(WoR))(\Delta T)^2$
$= (1/2)(Q/(WoR))(T/2)^2(\Delta T/(T/2))^2$

[0046] Demnach gilt:

$(R\omega n_{+1} - R\omega n) = (g/C)(A_1 - \Delta A) \fallingdotseq (1/2)(g/C)(Q/(WoR))(T/2)^2\{1 - 2(\Delta T/(T/2))^2\}$. (11)

[0047] Wird die Gleichung (9) benützt, so ist die folgende Beziehung aus der Fig. 4 offensichtlich:

$R\omega n' = (g/C)\{(Q/(WoR))(T/2 - \Delta T)+(\mu n - \mu_E)\} \fallingdotseq (g/C)(Q/(WoR))(T/2 + 2\Delta T)$
$= (g/C)(Q/(WoR))(T/2)\{1 + 2\Delta T/(T/2)\}$ (12)

[0048] Aus beiden Gleichungen (11) und (12) folgt:

$\{2(R\omega n_{+1} - R\omega n)/(T/2)\}/R\omega n' \{1 - 2(\Delta T/(T/2))^2\}/\{1 + 2\Delta T/(T/2)\}$
$= 1 - 2(\Delta T/(T/2))\{1 + \Delta T/(T/2)\}/\{1 + 2\Delta T/(T/2)\}$.

[0049] Demnach glt:

$1 - \{2(R\omega n_{+1} - R\omega n)/(T/2)\}/R\omega n'$
$= 2(\Delta T/(T/2))\{1 + \Delta T/(T/2)\}/\{1 + 2\Delta T/(T/2)\}$. (13)

[0050] Andererseits gilt:

$(R\omega n_{+1} - R\omega n) = (v/k)(\mu n - \mu_{+1}) = (v/k)\{(\mu n - \mu_E) - (\mu n_{+1} - \mu_E)\}$
$= (v/k)(\mu n - \mu_E)\{1 - \Delta A/A_1\} \fallingdotseq (v/k)3(Q/(WoR))\Delta T[1 - (\Delta T/(T/2))^2/\{1 - (\Delta T/(T/2))^2\}]$. (14)

[0051] Danach gilt:

$\Delta T/(T/2) \fallingdotseq (k/v)(1/3)(1/(Q/(WoR))\{(R\omega n_{+1} - R\omega n)/(T/2)\} \times \{1 - (\Delta T/(T/2))^2\}/\{1 - 2(\Delta T/(T/2))^2\}$.

[0052] Durch Substitution dieses Ausdrucks in die Gleichung (13) erhält man:

$$1 - \{2(R\omega n_{+1} - R\omega n)/(T/2)\}R\omega n' \{(k/v)(1/3)(1/(Q/(WoR)))\}\{2(R\omega n_{+1} - R\omega n)/(T/2)\} \times [(1 + \Delta T/(T/2))\{1 - (\Delta T/(T/2))^2\} /\{1 + 2\Delta T/(T/2)\}\{1 - 2(\Delta T/(T/2))^2\}] \quad (15)$$

[0053] Da der Term in den eckigen Klammern [ ] auf der rechten Seite der Gleichung (15) näherungsweise eins ist, gilt:

$$1 - \{2(R\omega n_{+1} - R\omega n)/(T/2)\}/R\omega n' \fallingdotseq \{(k/v)(1/3)(1/(Q/(WoR)))\}\{2(R\omega n_{+1} - R\omega n)/(T/2)\}.$$

[0054] Demnach gilt:

$$k \fallingdotseq 3v(Q/(WoR))[1/(\{2(R\omega n_{+1} - R\omega n)/(T/2)\} - 1/R\omega n'] \quad (16)$$

$$= 3v(Q/(WoR))[1/\{4(R\omega n_{+1} - R\omega n)/T\} - 1/R\omega n'] \quad (17)$$

[0055] Da Rωn = Rωn + 2, gilt, kann auch ausgedrückt werden durch k,

$$k \fallingdotseq 3v(Q/(WoR)). \quad (18)$$

[0056] Zusammenfassend wird die Veränderungsrate k des Reibungskoeffizienten der Straßenfläche im Hinblick auf das Schlupfverhältnis des Rads durch die folgenden Schritte berechnet: Bestimmen der Radgeschwindigkeit Rωn+1 in einem Zeitpunkt tn_{+1}, der den Mittenpunkt von einem ersten Zeitpunkt tn und dem zweiten Zeitpunkt tn_{+2} mit derselben Radgeschwindigkeit darstellt, Subtrahieren der Radgeschwindigkeit Rω im ersten Zeitpunkt tn oder von $R\omega n_{+2}$ im zweiten Zeitpunkt von der Radgeschwindigkeit $R\omega n_{+1}$, Erhöhen des Subtraktionsergebnisses $(R\omega n_{+1} - R\omega n)$ oder $(R\omega n_{+1} - R\omega n_{+2})$ um den Faktor vier und Dividieren dieses erhöhten Ergebnisses durch die Zeitperiode T zwischen dem ersten Zeitpunkt tn und dem zweiten Zeitpunkt tn_{+2}, Erhalten eines Kehrwertes des Divisionsergebnisses, Subtrahieren eines Kehrwertes der Radbeschleunigung Rωn' im ersten Zeitpunkt tn von diesem Kehrwert, Multiplizieren dieses Subtraktionsergebnisses mit Q/(WoR) und mit der Fahrzeuggeschwindigkeit v, wobei der erste Wert erhalten wird, indem die Zunahmerate Q des Bremsdrehmoments im Mittenpunkt tn_{+1} durch das Produkt der Radlast und des Radwirkradius R dividiert wird, und anschließendes erhöhen des Multiplikationsergebnisses um den Faktor drei.

[0057] In dieser Ausführungsform wird dann, wenn die Veränderungsrate k, die durch die Gleichungen in (17) oder (18) erhalten wird, unter einem vorbestimmten Schwellwert (z.B. Null) abnimmt, die Steuerung der Startdruckabnahme nach dem erneuten Anheben des Drucks bei der Antischlupfregelung erreicht.

[0058] Eine Antischlupfregelung, in der das soeben beschriebene Berechnungsverfahren eingesetzt wird, wird nun beschrieben.

[0059] Die Fig. 5 zeigt ein Bremsfluidsystem, in dem eine Antischlupfregelung für ein Fahrzeug eingesetzt wird. Das System enthält einen Hauptzylinder **12**, durch den bei Betätigen eines Bremspedals **11** ein Bremsfluiddruck aufgebaut wird, einen Radzylinder **13** zum Bremsen eines Rads mit Hilfe des vom Hauptzylinder und einem zwischengeschalteten Modulator **14** übertragenen Fluiddrucks. Der Radzylinder **13** ist ein bei Scheibenbremsen, Trommelbremsen und dergleichen eingesetztes hydraulisches Stellglied.

[0060] Der Modulator **14** enthält ein normal geschlossenes elektromagnetisches Ventil **15**, einen Speicherbehälter variabler Kapazität **16**, eine Pumpe **17** zum Einsaugen eines Bremsfluids aus dem Reservoir **16** und zum Pumpen desselben und ein Strömungssteuerventil **18**. Das Strömungssteuerventil **18** wirkt in der folgenden Weise. Wenn keine Antischlupfregelung durchgeführt wird und das normalerweise geschlossene elektromagnetische Ventil **15** geschlossen ist, bewirkt es eine Verbindung zwischen dem Hauptzylinder **12** und dem Radzylinder **13**. Liegt bei der Antischlupfregelung ein Druckabbauzustand vor, so blockiert das Strömungssteuerventil zusammen mit dem normalerweise geschlossenen elektromagnetischen Ventil, das elektrisch zum Öffnen erregt wird, die Verbindung zwischen dem Hauptzylinder **12** und dem Radzylinder **13** und stellt im selben Zeitpunkt eine Verbindung zwischen dem Radzylinder **13** und dem Speicherbehälter **16** her, damit das Bremsfluid von dem Radzylinder **13** in den Speicherbehälter **16** abgeleitet werden kann. Liegt bei der Antischlupfregelung ein Zustand der erneuten Druckzunahme vor und ist das normalerweise geschlossene elektromagnetische Ventil **15** geschlossen, so wird das in den Speicherbehälter **16** gepumpte Bremsfluid durch die Pumpe **17** dem Radzylinder **13** mit einer konstanten Rate pro Stunde so zugeführt, daß die Zunahmerate des Bremsdrehmoments konstant gehalten wird.

[0061] In dem Bremsdruckabbauzustand der Antischlupfregelung wird das in den Speicherbehälter **16** abgeleitete Bremsfluid wieder zu der Hauptzylinderseite durch die Pumpe **8** zurückgeleitet.

[0062] Das normalerweise geschlossene elektromagnetische Ventil **15** und die Pumpe **17** sind mit einer Steuerung **19** verbunden. Mit der Steuerung ist ein Radgeschwindigkeitsdetektor **20** verbunden, zum Erfassen der Drehgeschwindigkeit des Rads **1**, damit Impulse in Abhängigkeit der Drehgeschwindigkeit ausgegeben werden.

[0063] Im Zusammenhang mit einer Beurteilung für den Beginn einer Antischlupfregelung (Beginn des Anfangsdruckabbaus) werden gebräuchliche Verfahren eingesetzt. So wird zum Beispiel die Schlupfrate oder ein Umfang des Radschlupfes in bezug auf die

gedachte Radgeschwindigkeit berechnet, auf der Grundlage des Ausgangssignals des Radgeschwindigkeitsdetektors **20**, und wenn die Schlupfrate oder der Umfang des Schlupfes einen vorbestimmten Schwellwert übersteigt, wird bestimmt, daß das Rad tendentiell blockiert und die Antischlupfregelung wird gestartet. Alternativ kann die Antischlupfregelung durch ein anderes gebräuchliches Verfahren zum Beurteilen eines Regelungsstarts gestartet werden, bei dem dann, wenn die Verzögerung des Rads einen vorbestimmten Schwellwert übersteigt, bestimmt wird, daß das Rad tendentiell blockiert, und die Antischlupfregelung wird gestartet. Weiter ähnliche Schritte für die Beurteilung oder eine Kombination der Schritte können bei der Erfindung benützt werden.

[0064] Auch im Zusammenhang mit der Beurteilung des Zeitpunkts, in dem sich der Druckabbauzustand bei der Antischlupfregelung in den Zustand des erneuten Druckaufbaus verändert, können benützt werden. Beispielsweise kann die Steuerung dann, wenn die Schlupfrate oder der Umfang des Schlupfes, unter einem vorbestimmten Schwellwert während des Druckabbauzustandes absinken, festlegen, daß die Tendenz des Rads **1** zum Blockieren nicht länger vorliegt, und die erneute Druckzunahme auslösen. Alternativ kann die Steuerung **19** bestimmen, daß die Blockierungstenedenz des Rads **1** nicht mehr vorliegt, und die Antischlupfregelung wieder aufnehmen, wenn die Verzögerung des Rads **1** unter einen vorbestimmten Schwellwert absinkt. Eine Kombination dieser Schritte kann auch benützt werden.

[0065] Der neue Teil der Steuerung **19** wird nun beschrieben.

[0066] Während die Antischlupfregelung durchgeführt wird, wird auf der Grundlage dessen, was in einem Speicher gespeichert ist, beurteilt, welcher der Regelungszustände gültig ist, ein Druckabbauzustand, in dem der Bremsfluiddruck in dem Radzylinder reduziert wird, ein Haltezustand, in dem der Bremsdruck aufrecht erhalten wird, oder ein Zustand der erneuten Druckzunahme, in dem der Bremsdruck erneut angehoben wird. Befindet sich die Regelung entweder in dem Druckabbauzustand oder dem Druckhaltezustand, so werden unterschiedliche Schritte ausgeführt, die sich für diese Zustände eignen, wie es bei einer gebräuchlichen Regelung üblich ist. Befindet sich die Regelung in dem Zustand der erneuten Druckzunahme, so wird auf der Grundlage des Ausgangssignals des Radgeschwindigkeitsdetektors **20** eine Beurteilung durchgeführt, um zu bestimmen, ob eine Schwingungsveränderung der Radgeschwindigkeit vorliegt.

[0067] Liegt eine Schwindungsveränderung der Radgeschwindigkeit vor, so erfolgt eine Steuerung, die sich für das Vorliegen einer Schwingungsveränderung eignet, wie es bei einem gebräuchlichen Verfahren erfolgt. Liegt keine Schwingungsveränderung vor, so wird eine Abtastzeit so beobachtet, daß eine Radgeschwindigkeit für jeden der Abtastzeitpunkte zum Abtasten der Radgeschwindigkeit mit einem konstanten Zeitintervall bestimmt wird. Es wird beurteilt, ob eine Abtastzeit erfaßt wird. Wird diese erfaßt, so wird die Radgeschwindigkeit Rω in einer "Stapel"-Form gespeichert. Im Rahmen dieser Beschreibung entspricht eine "Stapel"-Speichervorrichtung einer Vorrichtung mit mehreren Speicherbereichen zum sequentiellen Speichern neuer Daten derart, daß die ältesten Daten von dem was in der Speichervorrichtung gespeichert ist, gelöscht werden, wenn die neuesten Daten gespeichert werden. Wird keine Abtastzeit erfaßt, so wird bestimmt, ob sich das Rad in einem Bereich befindet, in dem das Rad von einem Beschleunigungszustand zu einem Verzögerungszustand übergeht, oder in dem Bereich, in dem das Rad beständig verzögert wird, auf der Grundlage der Radgeschwindigkeit Rω, die durch das Signal des Radgeschwindigkeitsdetektors **20** bestimmt wird. Befindet sich das Rad in dem Bereich, in dem es ständig verzögert wird, so erfolgt eine gebräuchliche Regelung. Befindet sich das Rad andererseits in dem Bereich, in dem es von dem Beschleunigungszustand in den Verzögerungszustand übergeht, so wird die Veränderungsrate k mit den zuvor beschriebenen Schritten berechnet.

[0068] Die Steuerung **19** vergleicht den Wert der Veränderungsrate k, der wie oben berechnet wird, mit einem vorbestimmten Schwellwert, und liegt dieser unterhalb des Schwellwerts, so wechselt die Steuerung der Antischlupfregelung von dem Druckzunahmezustand in den Druckabnahmezustand.

[0069] In dem Antischlupfregelungs-Gerät, in dem die Antischlupfregelung der vorhergehenden Ausführungsform eingesetzt wird, reduziert die Steuerung **19**, während die Antischlupfregelung erfolgt, den Bremsfluiddruck in dem Radzylinder **13** durch den Modulator **14** und erhöht diesen hiernach unter bestimmten Bedingungen derart, daß das Bremsdrehmoment im Hinblick auf die Zeit linear zunimmt. Während der Druck in dieser Weise wieder erhöht wird, berechnet die Steuerung die Veränderungsrate k des Reibungskoeffizienten der Straßenfläche im Hinblick auf die Radschlupfrate durch die Ausführung der folgenden Schritte:
Bestimmen der Radgeschwindigkeit Rωn+1 in einem Zeitpunkt tn_{+1}, der den Mittenpunkt von einem ersten Zeitpunkt tn und dem zweiten Zeitpunkt tn_{+2} mit derselben Radgeschwindigkeit darstellt, Subtrahieren der Radgeschwindigkeit Rω im ersten Zeitpunkt tn oder von $Rωn_{+2}$ im zweiten Zeitpunkt von der Radgeschwindigkeit $Rωn_{+1}$, Erhöhen des Subtraktionsergebnisses ($Rωn_{+1}$ – Rωn) oder ($Rωn_{+1}$ – $Rωn_{+2}$) um den Faktor vier und Dividieren dieses erhöhten Ergebnisses durch die Zeitperiode T zwischen dem ers-

ten Zeitpunkt tn und dem zweiten Zeitpunkt tn_{+2}, Erhalten eines Kehrwertes des Divisionsergebnisses, Subtrahieren eines Kehrwertes der Radbeschleunigung Rωn' im ersten Zeitpunkt tn von diesem Kehrwert, Multiplizieren dieses Subtraktionsergebnisses mit Q/(WoR) und mit der Fahrzeuggeschwindigkeit v, wobei der erste Wert erhalten wird, indem die Zunahmerate Q des Bremsdrehmoments im Mittenpunkt tn_{+1} durch das Produkt der Radlast und des Radwirkradius R dividiert wird und anschließendes Erhöhen des Multiplikationsergebnisses um den Faktor **3**. Die Steuerung **19** senkt den Bremsfluiddruck mit dem Modulator **14** erneut ab, wenn die Veränderungsrate unter einen vorbebestimmten Schwellwert abnimmt.

[0070] Demnach kann im Zusammenhang mit der Berechnung der Veränderungsrate k des Reibungskoeffizienten der Straßenfläche relativ zu der Radschlupfrate die Zahl der Zeitpunkte, in der die Radgeschwindigkeit für die Berechnung erfaßt werden sollte, reduziert werden, wodurch die Zeit für den Berechnungsvorgang herabgesetzt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Antiblockierregelung, wobei der Bremsflüssigkeitsdruck in einem Radzylinder (**13**) reduziert und anschließend wieder derart erhöht wird, dass das auf ein Fahrzeugrad wirkende Bremsdrehmoment, in das durch einen Bremsmechanismus auf dasselbe Fahrzeugrad ausgeübte Bremssystemdrehmoment einbezogen ist, aufgrund der Antiblockierregelung bezogen auf die Zeit linear erhöht wird, und wobei die Änderungsrate (k) des Reibungskoeffizienten (μ) der Straßenoberfläche im Hinblick auf die Radschlupfrate, die ein Verhältnis einer Differenz zwischen einer Fahrzeuggeschwindigkeit und einer Umfangsgeschwindigkeit eines Rads zur Fahrzeuggeschwindigkeit darstellt, während des Erhöhens des Bremsflüssigkeitsdruck derart bestimmt wird, dass der Bremsflüssigkeitsdruck dann wieder reduziert wird, wenn die Änderungsrate (k) unter einen vorbestimmten Schwellenwert absinkt, wobei das Verfahren die Änderungsrate (k) durch Ausführen der folgenden Schritte berechnet:
Erhalten der Radgeschwindigkeit ($R\omega n_{+1}$) beim Zeitpunkt (tn_{+1}), der der mittlere Zeitpunkt zwischen einem ersten und einem zweiten Zeitpunkt (tn, tn_{+2}) mit derselben Radgeschwindigkeit (Rωn) ist,
Subtrahieren der Radgeschwindigkeit (Rωn) beim ersten Zeitpunkt (tn) oder beim zweiten Zeitpunkt (tn_{+2}) von dieser Radgeschwindigkeit ($R\omega n_{+1}$) beim mittleren Zeitpunkt (tn_{+1}),
Erhöhen des Subtraktionsergebnisses ($R\omega n_{+1} - R\omega n$; $R\omega n_{+1} - R\omega n_{+2}$) um den Faktor vier und Dividieren dieses erhöhten Ergebnisses durch die Zeitdauer (T) zwischen dem ersten und dem zweiten Zeitpunkt (tn, to_{+2}),
Erhalten eines Kehrwertes des Divisionsergebnisses, Subtrahieren eines Kehrwertes der Radbeschleunigung (Rωn') beim ersten Zeitpunkt (tn) von diesem Kehrwert, Multiplizieren des Subtraktionsergebnisses mit der Fahrzeuggeschwindigkeit (v) und einem Wert (Q/(WoR)), der dadurch erhalten wird, daß die Zunahmerate (Q) des Bremsdrehmoments, die ein differentieller Wert des Bremsdrehmoments über der Zeit ist, beim mittleren Zeitpunkt (tn_{+1}) durch das Produkt aus den konstanten Werten für eine Radlast (Wo) und einen Radwirkradius (R) geteilt wird, und
anschließendes Erhöhen des Multiplikationsergebnisses um den Faktor drei.

2. Gerät zur Antiblockierregelung mit einem Radgeschwindigkeitsdetektor (**20**) zum Erfassen einer Radgeschwindigkeit, einem Modulator (**14**), der den Bremsfluiddruck in einem Radzylinder (**13**) zumindest absenken oder anheben kann, und einer Steuervorrichtung (**19**) zum Steuern des Betriebs des Modulators (**14**), wobei die Steuervorrichtung (**19**) bei einer Antiblockierregelung mittels einer Berechnungseinrichtung die Veränderungsrate (k) nach dem Verfahren gemäß Anspruch 1 berechnet und eine entsprechende Steuerung des Modulators (**14**) bewirkt und wobei die Steuervorrichtung (**19**) den Bremsfluiddruck durch den Modulator (**14**) auch absenkt, wenn die Veränderungsrate (k) unter einen vorbestimmten Schwellenwert abnimmt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

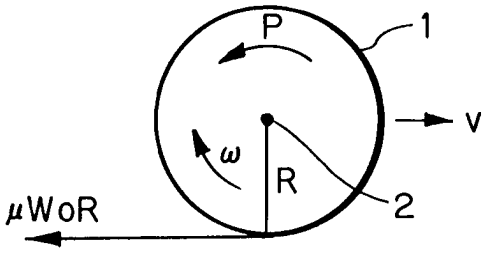


Fig. 2

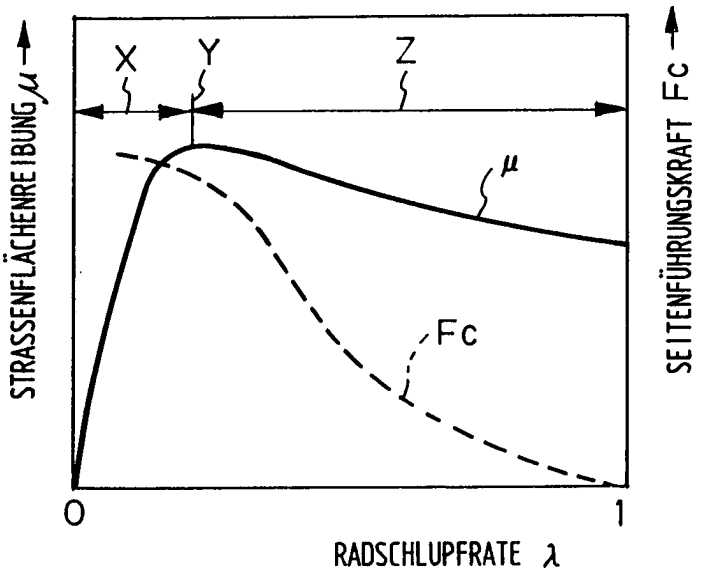
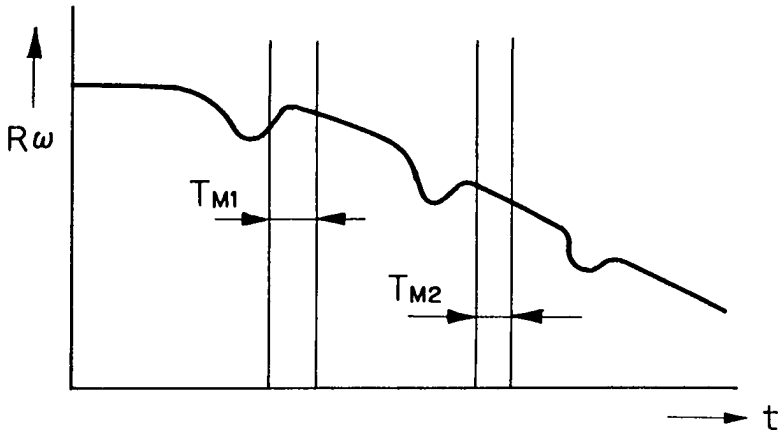


Fig. 3



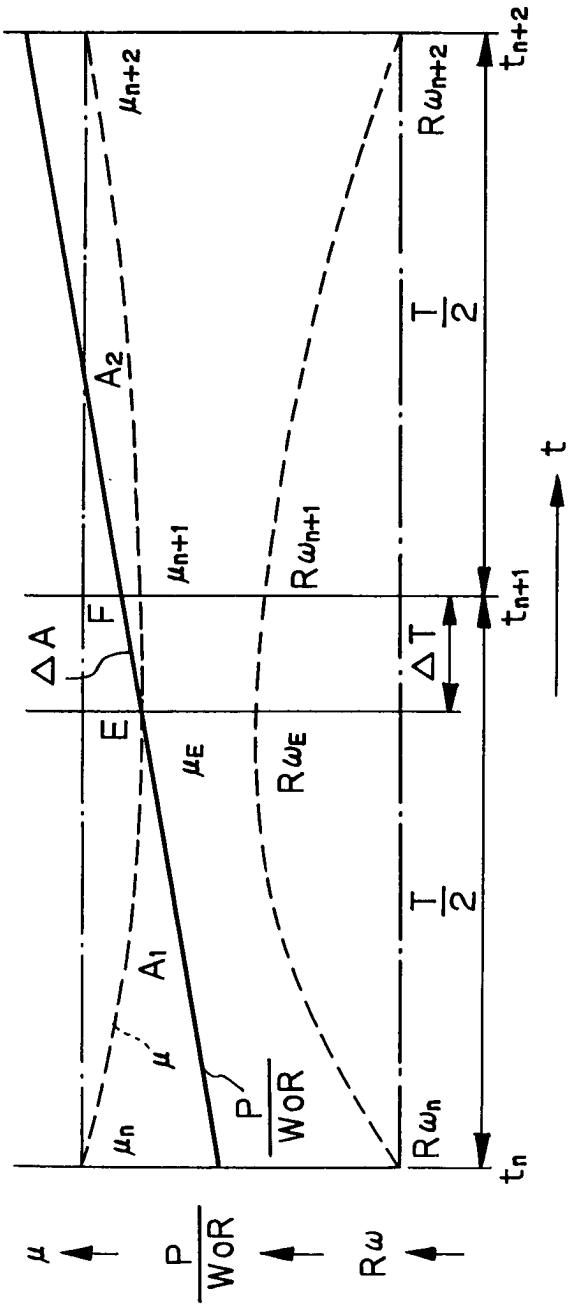

μ
P/WoR
Rω
μn
μ
A1
P/WoR
E
μE
RωE
ΔA
F
A2
μn+1
Rωn+1
μn+2
Rωn
Rωn+2
T/2
T/2
ΔT
tn
tn+1
tn+2
t

Fig. 4A

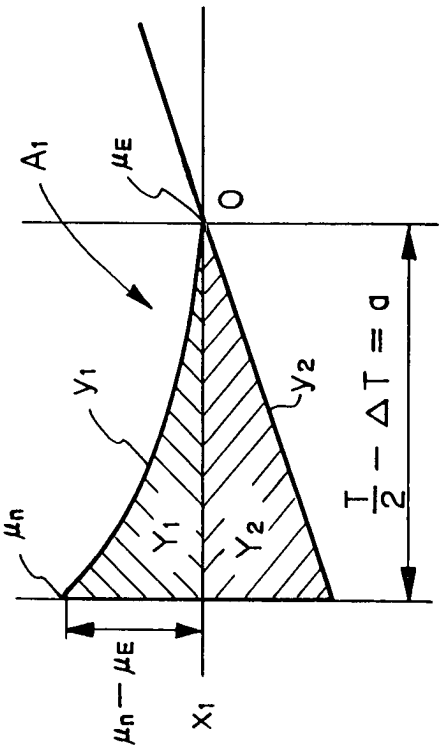

A1
μE
O
y1
y2
Y1
Y2
μn
μn − μE
x1
T/2 − ΔT = a

Fig. 4B

Fig. 5

