(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 195 16 120 B4** 2004.03.18

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **195 16 120.3**
(22) Anmeldetag: **05.05.1995**
(43) Offenlegungstag: **09.11.1995**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.03.2004**

(51) Int Cl.[7]: **B60T 8/32**
F16H 59/42

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

(66) Innere Priorität:
P 44 16 007.0 06.05.1994

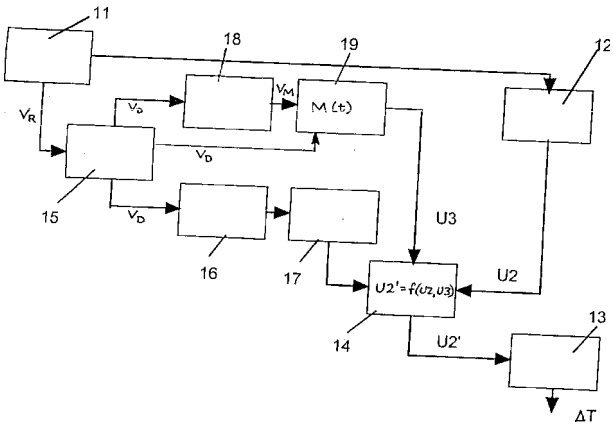
(71) Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Wiss, Helmut, 71696 Möglingen, DE; Maier, Rolf, Dipl.-Ing. Dr., 71394 Kernen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 38 41 977 A1
DE 37 31 075 A1

(54) Bezeichnung: **Antiblockierregelsystem**

(57) Hauptanspruch: Antiblockierregelsystem für ein Fahrzeug, enthaltend Radgeschwindigkeitssensoren (11), eine Auswerteschaltung, der die von den Radgeschwindigkeitsensoren ermittelten Radgeschwindigkeitssignale (V_R) zugeführt werden und die nach einem vorgegebenen Regelgesetz hieraus Bremsdrucksteuersignale (ΔT) für den Rädern zugeordnete Bremsdrucksteuereinrichtungen erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit (VD) am Differential der Antriebsachse ermittelt wird, und aus einer Frequenzanalyse (Block 16) dieser Geschwindigkeit (VD) auf das Vorliegen von Antriebsstrangschwingungen erkannt wird, und in Reaktion auf die erkannten Antriebsstrangschwingungen die Ansteuerzeiten (ΔT) der Bremsdrucksteuereinrichtungen derart beeinflußt werden,daß die Antriebsstrangschwingungen abklingen.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Antiblockierregelsysteme mit den Merkmalen des Oberbe-. griffs des Anspruchs 1 sind z. B. aus der DE 37 31 075 A1 und DE 38 41 977 A1 bekannt.

Aufgabenstellung

[0002] Bei der ABS-Regelung treten, insbesondere bei Fahrzeugen mit Frontantrieb, Schwingungen an den Antriebsrädern auf, die durch Elastizitäten zwischen Motor und Rad hervorgerufen werden.
[0003] Die Erfindung geht aus von einem Antiblockierregelsystem für ein Fahrzeug, enthaltend Radgeschwindigkeitssensoren, eine Auswerteschaltung, der die von den Radgeschwindigkeitsensoren ermittelten Radgeschwindigkeitssignale zugeführt werden und die nach einem vorgegebenen Regelgesetz hieraus Bremsdrucksteuersignale für den Rädern zugeordnete Bremsdrucksteuereinrichtungen erzeugt.
[0004] Durch die Erfindung werden die obengenannten Schwingungen erkannt und durch geeignete Maßnahmen gedämpft. Hierzu wird zunächst ein Schwingungssignal erzeugt, das charakteristisch für das Vorhandensein solcher Schwingungen ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, die Geschwindigkeit am Differential der Antriebsachse zu ermitteln und aus einer Frequenzanalyse dieser Geschwindigkeit auf das Vorliegen von Antriebsstrangschwingungen zu erkennen. In Reaktion auf die erkannten Antriebsstrangschwingungen werden dann die Ansteuerzeiten der Bremsdrucksteuereinrichtungen derart beeinflußt, daß die Antriebsstrangschwingungen abklingen.
[0005] Zur Erkennung der Antriebsstrangschwingungen kann erfindungsgemäß ermittelt werden, ob der Geschwindigkeit am Differential der Antriebsachse ein Signal mit einer Frequenz überlagert ist, die in einem durch die Antriebsstrangschwingungen bestimmten Bereich liegt. Wird ein solches Signal ermittelt, so wird dann ein Überlagerungssignal erzeugt und bei Auftreten des Überlagerungssignals hieraus ein Schwingungssignal gebildet. Dieses Schwingungssignal wird mit einer Schwelle verglichen, wobei bei Überschreiten der Schwelle ein Antriebsstrangschwingungssignal, das das Vorliegen von Antriebsstrangschwingungen repräsentiert. Wie schon erwähnt wird dann in Reaktion auf die Erzeugung des Antriebsstrangschwingungssignals die Ansteuerzeiten der Bremsdrucksteuereinrichtungen derart beeinflußt, daß die Antriebsstrangschwingungen abklingen.
[0006] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird weiterhin die auf die Radgeschwindigkeit reduzierte bzw. bezogene Motordrehgeschwindigkeit ermittelt und daraus bei Vorhandensein des Schwingungssignals die Änderungen des Torsionsmomentes im Antriebsstrang ermittelt. Danach werden die Stellgrößen des ABS-Reglers, z. B. die Ansteuerzeiten der Magnetventile, die den Bremsdruck in den Radzylindern der angetriebenen Räder einsteuern, entsprechend diesem Torsionsmoment im Sinne einer Dämpfung, d. h. eines Abklingens der Antriebsstrangschwingung korrigiert.
[0007] Die Motordrehzahl kann gemessen und die auf die Radgeschwindigkeit bezogene Motorgeschwindigkeit durch Berücksichtigung der Gangstufe ermittelt wird. Ebenso kann die auf die Radgeschwindigkeit bezogene Motorgeschwindigkeit aus der Geschwindigkeit am Differential durch Filterung bestimmt werden.
[0008] Vorteilhafterweise kann die Geschwindigkeit am Differential aus den Radgeschwindigkeiten der beiden angetriebenen Räder ermittelt werden.

Ausführungsbeispiel

[0009] Anhand der Zeichnung werden Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert.
[0010] Es zeigen: **Fig.** 1a und 1b Blockschaltbilder eines ABS-Reglers in zwei Ausgestaltungen der Erfindung
[0011] **Fig.** 2 ein Blockschaltbild eines anders gestalteten ABS mit Schwingungskorrektor
[0012] **Fig.** 3 eine Filteranordnung
[0013] In **Fig.** 1a und b ist mit 11 ein Block bezeichnet, der die Radgeschwindigkeiten eines Fahrzeugs bestimmt. Dieser Block enthält den einzelnen Rädern oder Radgruppen zugeordnete Radgeschwindigkeitssensoren. Diese Radgeschwindigkeitssignale werden einem Block **12** zugeführt, der Teil der Auswerteschaltung ist und der die Radgeschwindigkeiten z. B. nach Maßgabe der aus der DE 37 31 075 A1 bekannten Lehre auswertet. Am Ausgang des Blocks **12** werden Signale U2 (z. B. entsprechend der genannten Offenlegungsschrift) abgegeben, die dann normalerweise in einem Block **13** in Ansteuerzeiten ΔT für die Bremsdrucksteuereinrichtungen (z. B. von 3/3-Ventilen) umgerechnet werden. Entscheidenden Einfluß auf die Umrechnung haben die Druckaufbau- und Druckabbaugradienten (Verstärkungsfaktoren).
[0014] Bei der Erfindung wird, wenn Antriebsstrangschwingungen auftreten, den Größen U2 für die verschiedenen Räder in einem Block **14** jeweils ein Signal U3 überlagert, das den ermittelten Änderungen des Torsionsmomentes im Antriebsstrang entspricht. Es entsteht eine korrigierte Größe U2', in der das Torsionsmoment berücksichtigt ist und aus der in Block **13** Ansteuerzeiten ΔT berechnet werden, die ein Abklingen der Strang-

schwingung, also deren Dämpfung, bewirken.

[0015] Das Korrektionssignal U3 wird wie folgt erzeugt:

In einem Block **15** wird aus den Geschwindigkeiten der angetriebenen Räder die Drehgeschwindigkeit am Differential ermittelt. Dieses Geschwindigkeitssignal wird einem Block **16** zugeführt, der durch Filterung überwacht, ob dem Geschwindigkeitssignal ein Signal mit einer Frequenz überlagert ist, die in einem vorgegebenen Frequenzbereich liegt, der für die Strangschwingungen des Fahrzeugs charakteristisch ist. In einem Block **17** wird aus dem Verlauf der Differentialgeschwindigkeit ein Schwingungssignal erzeugt, indem z. B. die Krümmung der Differentialgeschwindigkeit durch eine Tiefpaßfilterung ausgewertet wird.

[0016] Übersteigt dieses Signal eine vorgegebene Schwelle, so wird vom Block **17** ein Ausgangssignal erzeugt, das anzeigt, daß Antriebsstrangschwingungen entsprechender Größe vorliegen.

[0017] Die Blöcke **16** und **17** dienen also zur Erkennung von Antriebsstrangschwingungen. Als Indikatoren für diese Schwingungen dient in Block **16** die Frequenz des Signals VD und in Block **17** eine Ersatzgröße für die Schwingungsamplitude.

[0018] Der Eingang von Block **16** ist die Drehgeschwindigkeit VD am Differential. In Block **16** wird die Schwingungsfrequenz von VD ermittelt, beispielsweise durch Messung der Zeitdauer zwischen zwei Maxima oder zwei Minima von VD, und geprüft, ob die Schwingungsfrequenz in dem für Antriebsstrangschwingungen typischen Frequenzbereich (i.a. 5 bis 12 Hz) ließt.

[0019] In Block **17** wird die "Krümmung" von VD durch zweimaliges Ableiten (Differenzieren) von VD nach der Zeit ermittelt. Die Krümmung ist beispielsweise dann groß, wenn sich die Beschleunigung dVD/dt zwischen zwei Abtastzeitpunkten stark ändert (was z.B. bei einem Extremum oder Peak von VD der Fall ist). Für eine feste Frequenz ist die Schwingungsamplitude umso größer, je größer die Krümmung des Signals VD ist. Diese Krümmung wird durch einen Tiefpaß gefiltert.

[0020] Antriebsstrangschwingungen werden dann angenommen, wenn die beiden Kriterien {Schwingungsfrequenz von VD liegt im typischen Frequenzbereich (bspw. 5 bis 12 Hz) und das tiefpaßgefilterte Krümmungssignal überschreitet einen Schwellwert} von Block **16** und **17** gleichzeitig erfüllt sind.

[0021] Falls der Ausgang des Blocks **17** anzeigt, daß gerade Antriebsstrangschwingungen auftreten, so wird der Eingang U2 durch U3 {U3 = Konstante·M(t)} korrigiert zu U2' = f(U2, U3).

[0022] Die Drehgeschwindigkeit am Differential VD wird auch einem Block **18** zugeführt, der ein Bandpaßfilter darstellt. Das Filter kann ein lineares Filter **2**. Ordnung z. B. ein DT2-Filter sein, wie es in **Fig.** 3 dargestellt ist. Hierin sind in der **Fig.** 3 die Blöcke **18a** und **18b** Tiefpässe, der Block **18c** ein Differenzierer und die Elemente **18d** und **18e** Überlagerungsstufen. Am Ausgang des Blocks **18** erhält man die reduzierte bzw. die auf die Radgeschwindigkeit bezogene Motordrehgeschwindigkeit VM.

[0023] In einer in **Fig.** 1b gezeigten zweiten Ausgestaltung der Erfindung wird die reduzierte bzw. die auf die Radgeschwindigkeit bezogene Motordrehgeschwindigkeit VM ausgehend von der gemessenen Motordrehzahl N_{mot} in einem Block **18'** wie folgt berechnet:

$$VM\ [rad/s] = [2 \cdot p \cdot N_{mot}]/[60 \cdot G]$$

mit

N_{mot}: Mittels Block **9** gemessene Motordrehzahl [Upm]

G: Gesamtübersetzungsverhältnis von Getriebe und Differential (Block **10**)

p: Faktor

[0024] Bei stationärer, schwingungsfreier Fahrt ist VM gleich der Drehgeschwindigkeit VD am Differential (d.h. dem Mittelwert der beiden Raddrehgeschwindigkeiten). Das so erhaltene Signal VM wird nicht (oder bei schlechter Signalgüte relativ schwach) gefiltert.

[0025] Das Torsionsmoment M(t) im Antriebsstrang wird in einem Block **19** nach Maßgabe der folgenden Beziehung ermittelt:

$$M(t) = C * \frac{c}{r_R} * [VM\ (t - t_T) - VD\ (t - t_T)]$$

[0026] Hierin bedeuten:

$C = A \cdot \omega$

c = Steifigkeit zwischen Motor und Antriebsräder

r_R = Radradius

ω = Frequenz der Schwingung

A = Amplitude der Momentenschwingung

t_T = eine Phasenverschiebung

[0027] Das Torsionsmoment $M_{(t)}$ zum Zeitpunkt t ist also proportional zur Differenz der Motordrehgeschwin-

digkeit und der Drehgeschwindigkeit am Differential zum Zeitpunkt ($t - t_T$).

[0028] Die Stellgröße U2 kann nun um eine dem ermittelten Torsionsmoment proportionale Größe U3 korrigiert werden, so daß es zum Abklingen der Antriebsstrangschwingungen kommt. Aus der nun korrigierten Stellgröße U2' werden im Block **13** Ventilansteuerzeiten ΔT berechnet. Der ABS-Algorithmus stellt über die Ventilansteuerzeiten Druckänderungen im Radbremszylinder ein, die wiederum zu Bremsmomentenänderungen am Rad führen:

$$\Delta M_B = \Delta T \cdot Grad \cdot C_B$$

ΔM_B = Änderung des Bremsmomentes
C_B = Bremsenkonstante
Grad = Druckgradient (unterschiedlich für Druckaufbau und Druckabbau

[0029] Diese vom ABS-Algorithmus vorgegebene Bremsmomentenänderung wird nun um das Torsionsmoment korrigiert:

$$\Delta M_B' = \Delta M_B + M(t)$$

[0030] Setzt man beide Gleichungen ein, so erhält man die korrigierte Ventilansteuerzeit ΔT':

$$\Delta T' = \Delta T + \frac{M(t)}{Grad \cdot C_B}$$

[0031] Das Ausführungsbeispiel der **Fig.** 2 zeigt ein ABS, bei dem aus den Radgeschwindigkeitssignalen der Geschwindigkeitssensoren **21** und einer in einem Block **22** gebildeten Referenzgeschwindigkeit in einem Block **23** ein Instabilitätskriterium abgeleitet wird, das ein Ausgangssignal abgibt, wenn das Instabilitätskriterium eine Schwelle überschreitet. Das Instabilitätskriterium kann z. B. entsprechend der DE 38 41 977 A1 gebildet sein.

[0032] Gibt der Block **23** ein Signal ab, weil Instabilität vorliegt, so wird über einen Schalter **26** ein Druckabbausignal eines Blocks **24** zu einem Block **25** gelangen, indem eine Ansteuerzeit für Druckabbau berechnet wird, so daß Druck an der entsprechenden Radbremse abgebaut wird (Ventil **30**). Zeigt ein Stabilitätskriterium aus Block **23** an, daß kein Überschreiten einer Schwelle vorliegt, so wird der (symbolische) Schalter **26** in die gestrichelte Stellung gebracht und eine Druckaufbaupulsreihe des Blocks **27** wird wirksam. Liegt keine Instabilität vor, so verbleibt der Schalter **26** in der Stellung, in der der Druckaufbau durch. entsprechende Ventilansteuersignale des Blocks **24** aufrechterhalten wird.

[0033] Mit **28** ist ein Block bezeichnet, der den Blöcken **15** bis **18** der **Fig.** 1 entspricht und bei Vorliegen eines Schwingungssignals ein Korrektursignal an eine Überlagerungsstufe **29** gibt, in der die Druckabbau- und Druckaufbaudauer entsprechend der Änderung des Torsionsmomentes korrigiert wird.

Patentansprüche

1. Antiblockierregelsystem für ein Fahrzeug, enthaltend Radgeschwindigkeitssensoren (**11**), eine Auswerteschaltung, der die von den Radgeschwindigkeitsensoren ermittelten Radgeschwindigkeitssignale (V_R) zugeführt werden und die nach einem vorgegebenen Regelgesetz hieraus Bremsdrucksteuersignale (ΔT) für den Rädern zugeordnete Bremsdrucksteuereinrichtungen erzeugt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Geschwindigkeit (VD) am Differential der Antriebsachse ermittelt wird, und aus einer Frequenzanalyse (Block **16**) dieser Geschwindigkeit (VD) auf das Vorliegen von Antriebsstrangschwingungen erkannt wird, und in Reaktion auf die erkannten Antriebsstrangschwingungen die Ansteuerzeiten (ΔT) der Bremsdrucksteuereinrichtungen derart beeinflußt werden, daß die Antriebsstrangschwingungen abklingen.

2. Antiblockierregelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erkennung der Antriebsstrangschwingungen ermittelt wird, ob der Geschwindigkeit (VD) am Differential der Antriebsachse ein Signal mit einer Frequenz überlagert ist, die in einem durch die Antriebsstrangschwingungen bestimmten Bereich liegt, und daß dann ein Überlagerungssignal erzeugt wird, daß bei Auftreten des Überlagerungssignals hieraus ein Schwingungssignal gebildet wird, daß dieses mit einer Schwelle verglichen wird, wobei bei Überschreiten der Schwelle ein Antriebsstrangschwingungssignal erzeugt wird und in Reaktion auf die Erzeugung des Antriebsstrangschwingungssignals die Ansteuerzeiten der Bremsdrucksteuereinrichtungen derart beeinflußt werden, daß die Antriebsstrangschwingungen abklingen.

3. Antiblockierregelsystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß weiterhin die auf die Radgeschwindigkeit bezogene Motorgeschwindigkeit (VM) bestimmt wird, daß aus der Differenz dieser Motorgeschwindigkeit (VM) und der Geschwindigkeit (VD) am Differential das auf den Antriebsstrang einwirkende, sich ändernde Torsionsmoment [M(t)] ermittelt wird und daß mit diesem Torsionsmoment [M(t)] die Ansteuerzeiten (ΔT) der Bremsdrucksteuereinrichtungen derart beeinflußt werden, daß die Antriebsstrangschwingungen abklingen.

4. Antiblockierregelsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Motordrehzahl (N_{mot}) gemessen und die auf die Radgeschwindigkeit bezogene Motorgeschwindigkeit (VM) durch Berücksichtigung der Gangstufe ermittelt wird.

5. Antiblockierregelsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die auf die Radgeschwindigkeit bezogene Motorgeschwindigkeit (VM) aus der Geschwindigkeit (VD) am Differential durch Filterung bestimmt wird.

6. Antiblockierregelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit (VD) am Differential aus den Radgeschwindigkeiten der beiden angetriebenen Räder ermittelt wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

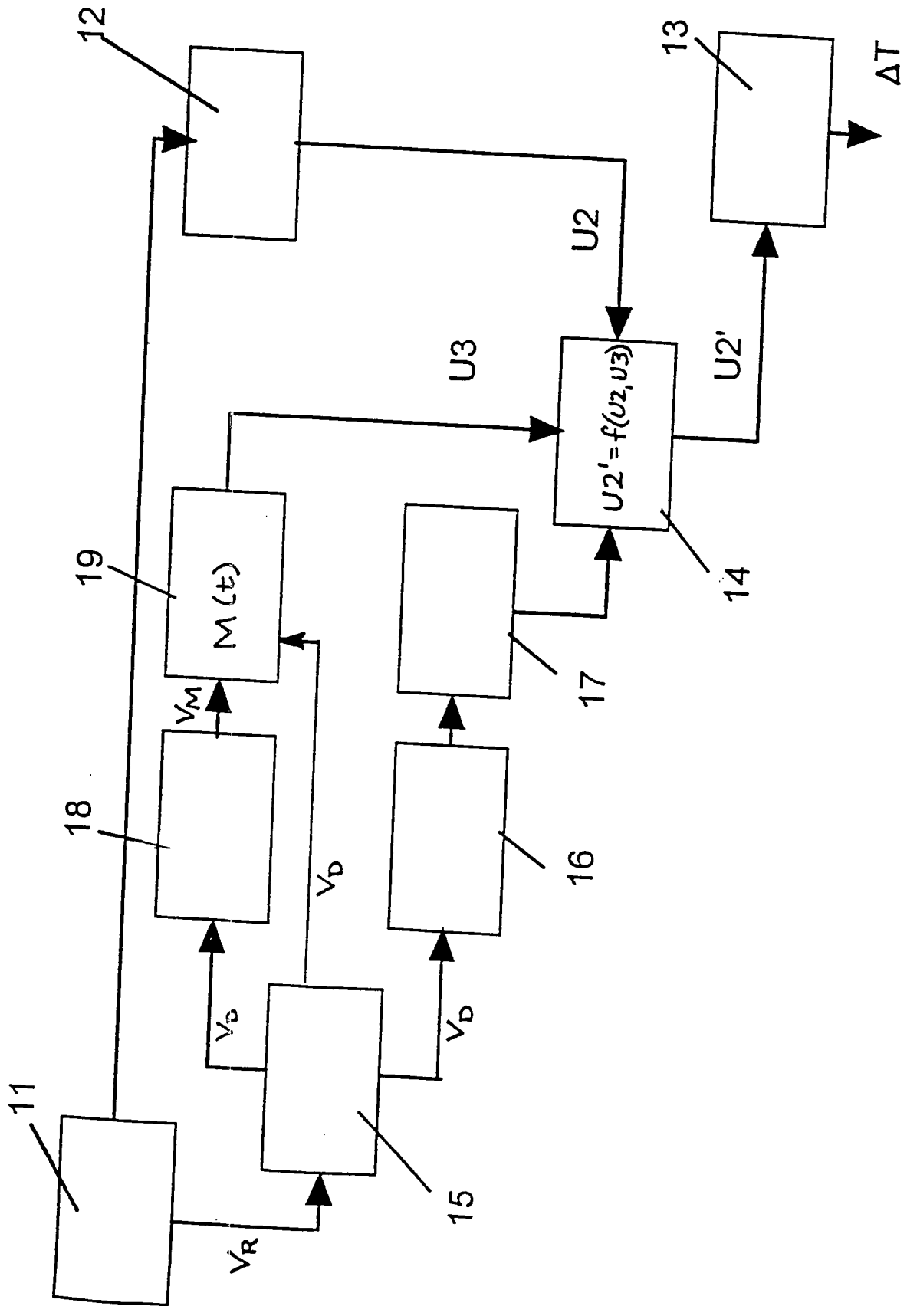


Fig1A

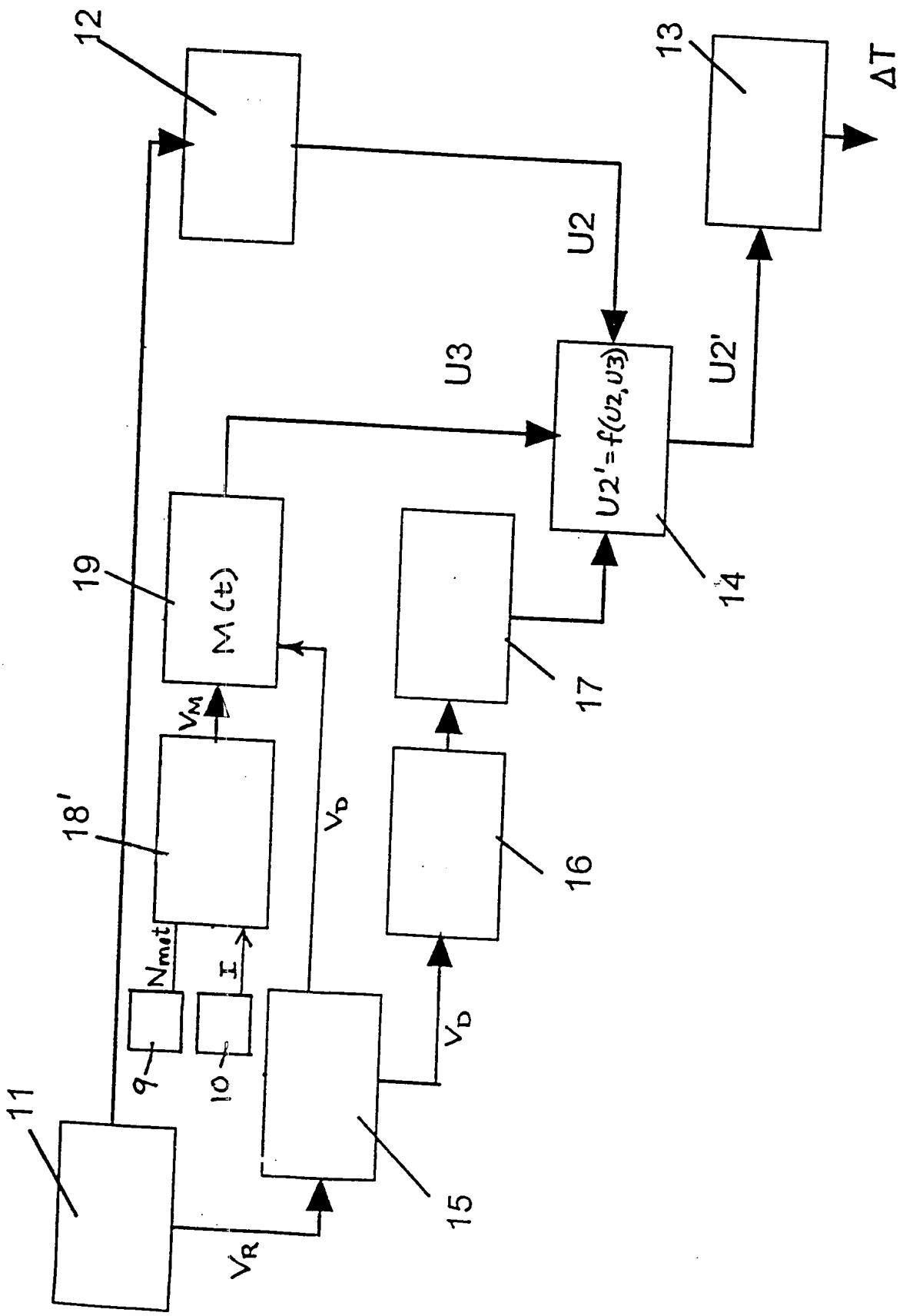


Fig1B

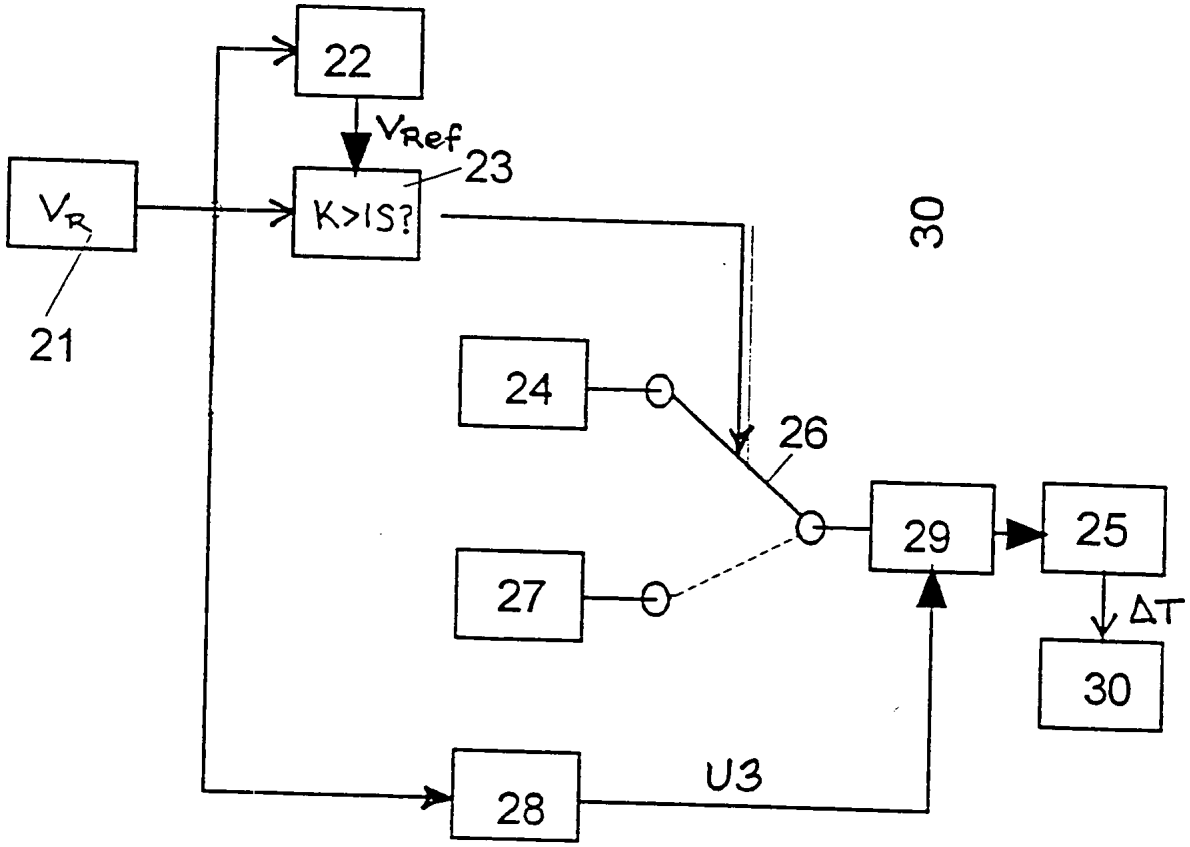

22
VRef
23
VR
K>IS?
21
30
24
26
29
25
27
ΔT
30
28
U3

Fig2

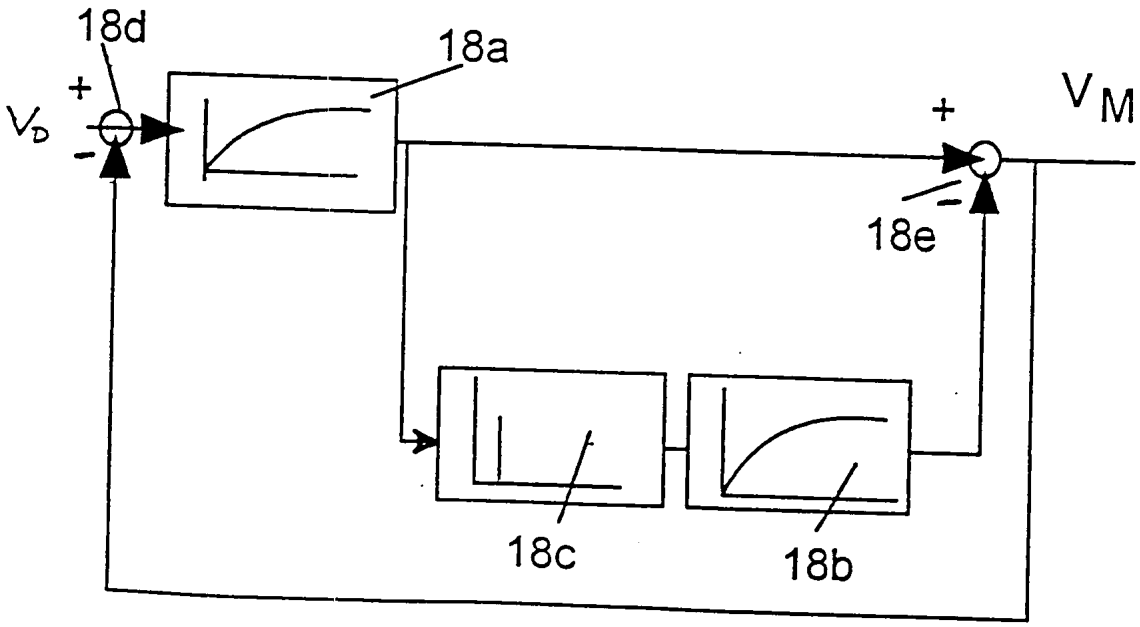

18d
18a
+
VD
-
+
VM
-
18e
18c
18b

Fig3