(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 44 30 108 B4** 2011.11.24

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 44 30 108.1**
(22) Anmeldetag: **25.08.1994**
(43) Offenlegungstag: **29.02.1996**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **24.11.2011**

(51) Int Cl.: ***B60K 28/16*** (2000.01)
B60K 26/00 (2006.01)
B60R 16/02 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

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

(72) Erfinder:
Sauter, Thomas, 71686, Remseck, DE; Daubner, Peter, 75428, Illingen, DE

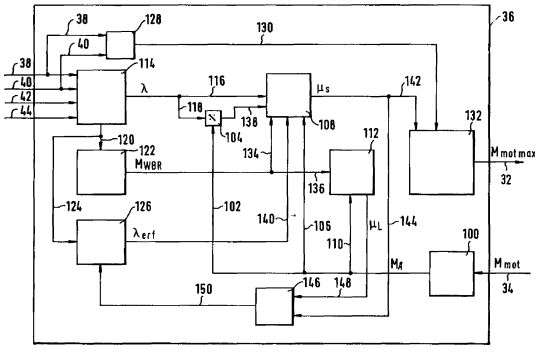
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	**37 41 247**	**C1**
DE	**39 38 444**	**C1**
DE	**42 18 034**	**A1**
DE	**42 39 711**	**A1**

BUBB, Heiner: Ein Verfahren zur Bestimmung des Kraftschlusses zwischen Rad und Straße während der Fahrt, ATZ, Automobil-technische Zeitschrift 83, 1991, 1, Seiten 31 - 36;

(54) Bezeichnung: **Antriebsschlupfregelsystem**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Antriebsschlupfregelsystem vorgeschlagen, bei welchem der Reibwert zwischen den Fahrzeugrädern und der Fahrbeahnoberfläche abhängig vom Schlupf ermittelt wird und das maximal übertragbare Antriebsmoment abhängig von diesem schlupfabhängigen Reibwert bestimmt wird. Ergänzend wird der berechnete schlupfabhängige Reibwert und damit das bestimmte maximale tragbare Antriebsmoment bei erhöhtem Schlupfbedarf infolge der Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder der verwendeten Reifenmischung korrigiert.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Antriebsschlupfregelsystem gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ein derartiges Antriebsschlupfregelsystem ist beispielsweise aus der DE 39 38 444 C1 bekannt. Dort wird das von den angetriebenen Rädern maximal übertragbare Antriebsmoment bestimmt und einer Steuereinrichtung der Brennkraftmaschine übergeben. Diese stellt das von der Brennkraftmaschine abgegebene Moment entsprechend dem berechneten, unter den herrschenden Bedingungen maximal übertragbare Antriebsmoment ein. Das maximal übertragbare Antriebsmoment wird dabei aus einem von Fahrzeugdaten abhängigen und einem von der Differenz zwischen Soll- und Istschlupf der angetriebenen Räder des Fahrzeugs abhängigen Term bestimmt. Während der Schlupfregelung wird der berechnete Wert des maximal übertragbaren Antriebsmoment zeitabhängig erhöht, um so den schlupfabhängigen Reibwertänderungen Rechnung zu tragen und den realen Bedingungen möglichst nahe zu kommen. Eine direkte Berücksichtigung des Reibwertes und somit eine genauerer Bestimmung des maximal übertragbaren Antriebmoments wird nicht vorgeschlagen.

[0003] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, Maßnahmen anzugeben, mit deren Hilfe der Reibwert zwischen den angetriebenen Rädern und der Fahrbahnoberfläche bei der Antriebsschlupfregelung direkt berücksichtigt werden kann.

[0004] Dies wird durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs erreicht.

[0005] Aus der DE 42 39 711 A1 ist ein Steuersystem für ein Fahrzeug bekannt, bei welchem beispielsweise zur Antriebsschlupfregelung von einem Antriebsschlupfregler ein Sollmotormoment an ein Steuersystem für die Brennkraftmaschine übermittelt wird, welches von diesem Steuersystem eingestellt wird. Das Brennkraftmaschinensteuersystem berechnet das abgegebene Motormoment und meldet dieses an den Antriebsschlupfregler zurück.

[0006] Aus der DE 37 41 247 C1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Anpassung von Schlupfschwellwerten für ein Antriebsschlupf- und/oder Bremsschlupfregelsystem an die vorhandene Bereifung eines Kraftfahrzeugs bekannt. Dabei wird aus den gemessenen Werten der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Fahrzeuglängsbeschleunigung der momentan herrschende Reibbeiwert zwischen Fahrzeug und Fahrbahn aus einem Kennfeld ermittelt und bei einem durch ein Messfenster definierten Betriebszustand der vorgegebene Wert bzw. die vorgegebene Funktion für die Schlupfschwellen durch die an den angetriebenen Rädern gemessenen Schlupfwerte korrigiert bzw. ersetzt.

[0007] Aus der Veröffentlichung ”Reiner Bubb, Ein Verfahren zur Bestimung des Kraftschlusses zwischen Rad und Straße während der Fahrt, ATZ, Automombiltechnische Zeitschrift 83, 1991, 1, Seiten 31 bis 36” ist die Abhängigkeit des Reibwertes zwischen Rad und Fahrbahnoberfläche vom Schlupf und der Fahrzeuggeschwindigkeit gezeigt. Maßnahmen zur Berücksichtigung dieses Reibwerts bei einer Antriebsschlupfregelung werden nicht beschrieben.

Vorteile der Erfindung

[0008] Die erfindungsgemäße Vorgehensweise hat den Vorteil, daß eine zuverlässige Bestimmung des Reibwertes zwischen den Fahrzeugrädern und der Fahrbahnoberfläche zur Verfügung gestellt wird und diese bei der Bestimmung des maximal übertragbaren Antriebsmoments berücksichtigt wird. Dies hat besondere Vorteile bei Kurvenfahrt durch eine Kurve mit niedrigem Reibwert (z. B. eine regennasse Kurve), wobei insbesondere bereits bei der Kurveneinfahrt und beginnender Instabilität des Fahrzeugs das Motormoment geeignet reduziert werden kann. Dies gilt auch für Geradeausfahrten auf Fahrbahnen mit mittlerem und niedrigem Reibwert.

[0009] Besonders vorteilhaft ist, daß bei der Ermittlung des Reibwertes der höhere Schlupfbedarf bei höheren Geschwindigkeiten sowie der sich verändernde Schlupfbedarf bei unterschiedlichen Reifentypen, z. B. Winterreifen oder Sommerreifen mit weicher Gummimischung, berücksichtigt wird.

[0010] Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen sowie aus den abhängigen Ansprüchen.

Zeichnung

[0011] Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Dabei zeigt Fig. 1 ein Übersichtsblockschaltbild eines Antriebsschlupfregelsystems. In **Fig.** 2 sind die physikalischen Grundlagen der Schlupfabhängigkeit des Reibwertes dargestellt. Fig. 3 zeigt ein Übersichtsblockschaltbild der erfindungsgemäßen Vorgehensweise, während in **Fig.** 4 Zeitdiagramme zur Ermittlung des durch Verwendung unterschiedlicher Reifentypen erhöhten Schlupfbedarfes dargestellt sind. In den Fig. 5 und Fig. 6 schließlich sind Flußdiagramme als Beispiel einer Realisierung der erfindungsgemäßen Vorgehensweise als Rechnerprogramm dargestellt.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0012] Fig. 1 zeigt ein Motorsteuersystem **10**, welches über die Ausgangsleitungen **12**, **14** und/oder **16** die Kraftstoffzumessung, den Zündwinkel und/oder die Luftzufuhr zur Brennkraftmaschine beeinflußt. Ferner werden dem Motorsteuersystem **10** Eingangsleitungen **24** bis **26** von Meßeinrichtungen **28** bis **30** zugeführt, welche die für die Motorsteuerung wesentlichen Betriebsgrößen von Brennkraftmaschine und/oder Fahrzeug erfassen. Über die Leitungen **32** und **34**, die Teil eines Kommunikationssystems sind, ist das Motorsteuersystem **10** mit einem Antriebsschlupfregelsystem **36** verbunden. Diesem werden als Eingangsleitungen zumindest die Eingangsleitungen **38**, **40**, **42** und **44** von Meßeinrichtungen **46**, **48**, **50** und **52** zur Erfassung der Drehzahlen der Räder des Fahrzeugs, ggf. eine nicht gezeichnete Leitung von einem Lenkwinkelsensor zugeführt.

[0013] Im Antriebsschlupfregelsystem **36** wird abhängig von den Raddrehzahlen in an sich bekannter Weise die Durchdrehneigung wenigstens eines Antriebsrades festgestellt und das maximal übertragbare Antriebsmoment Mmotmax berechnet. Erfindungsgemäß wird dieses maximal übertragbare Antriebsmoment Mmotmax sowohl zu Beginn als auch während der Antriebsschlupfregelung mit dem ermittelten Reibwert gewichtet und über die Leitung **32** als Sollmomentenwert an das Motorsteuersystem **10** abgegeben. Dort wird der vom Antriebsschlupfregelsystem **36** bestimmte Sollwert durch entsprechende Beeinflussung der Luftzufuhr, durch Korrektur des Zündwinkels und/oder durch Ausblenden einzelner Einspritzungen eingestellt. Aus Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine wird das abgegebene Motormoment Mmot berechnet und über die Leitung **34** an das Antriebsschlupfregelsystem **36** abgegeben. Ergebnis ist eine Regelung des Antriebsschlupfes auf einen vorgegebenen Sollwert durch Beeinflussung des Motormoments Mmot der Brennkraftmaschine. In einem anderen vorteilhaften Ausführungsbeispiel wird das abgegebene Motormoment Mmot aus dem Luftmassenmeßwert abgeleitet.

[0014] In der eingangs genannten Veröffentlichung in der Zeitschrift ATZ sind grundsätzliche Untersuchungen zur Schlupfabhängigkeit des Reibwertes bekannt. Dort ergab sich die in Fig. 2a dargestellte Erkenntnis, daß für einen gegebenen Reibwert μ der Zusammenhang zwischen Antriebsmomemt MA und Schlupf λ im wesentlichen als Gerade dargestellt werden kann. In Fig. 2a sind daher beispielhaft entsprechende Geraden für drei Reibwerte μ_1, μ_2, μ_3 eingezeichnet. Trägt man den Reibwert μ ausgehend von diesem Zusammenhang über den Quotienten aus Antriebsmoment MA und Schlupf λ auf, so ergibt sich ebenfalls eine Gerade (vgl. Fig. 2b). Dieser Reibwert wird im folgenden schlupfabhängiger Reibwert μs genannt, im Gegensatz zu dem im folgenden als lastabhängigen Reibwert μl bezeichneten Reibwert, der den vom Motor und damit vom Fahrer eingestellten, schlupfunabhängigen Reibwert darstellt. Der lastabhängige Reibwert μl wird berechnet aus aus dem Quotienten der Differenz aus Antriebsmoment MA und dem rotatorischen Beschleunigungswiderstandmoment MWBR (entspricht im wesentlichen dem Produkt aus Trägheitsmoment und Beschleunigung) und dem Produkt aus fahrzeugspezifischen Daten (Aufstandskraft der Antriebsachse und Radradius).

[0015] Fig. 3 zeigt ein Übersichtsblockschaltbild des Antriebsschlupfregelsystem **36** zur Darstellung der erfindungsgemäßen Vorgehensweise. Das über die Leitung **34** zugeführte, abgegebene Motormoment Mmot wird auf einen ersten Block **100** geführt, in dem das Motormoment Mmot unter Berücksichtigung der Übersetzungsverhältnisse im Antriebsstrang sowie dessen Wirkungsgrad das Antriebsmoment MA umgerechnet wird (z. B. MA = Mmot·Gesamtübersetzung·Wirkungsgrad). Das berechnete Antriebsmoment MA wird über die Leitung **102** an eine Divisionsstelle **104**, über die Leitung **106** an den Berechnungsblock **108** für den schlupfabhängigen Reibwert μ_S und über die Leitung **110** an den Berechnungsblock **112** für den lastabhängigen Reibwert μ_l übermittelt. Ferner ist ein Block **114** vorgesehen, dem zur Abschätzung der mittleren Fahrzeuggeschwindigkeit v_{FZG} und zur Bestimmung des mittleren Istschlupfes λ_{ist} an den angetriebenen Rädern die Leitungen **38**, **40**, **42** und **44** zugeführt sind. Der berechnete Schlupfwert λ wird über die Leitung **116** dem Berechnungsblock **108**, über die Leitung **118** der Divisionsstelle **104** zugeführt. Die mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit v_{FZG} wird über die Leitung **120** einem Berechnungsblock **122** für das rotatorische Beschleunigungswiderstandsmoment MWBR, über eine Leitung **124** dem Berechnungsblock **126** zur Ermittlung des erhöhten Schlupfbedarfes λerf zugeführt. Ferner werden die Drehzahlsignale der nicht angetriebenen Räder auf den Leitungen **38** und **40** einem Berechnungsblock **128** zugeführt, welcher anhand der Differenz der beiden Werte die Einfahrt in eine Kurve bestimmt. Diese Information gibt er über eine Leitung **130** an den eigentlichen Antriebsschlupfregler **132** ab. Vom Berechnungsblock **122** wird ein dem rotatorischen Beschleunigungswiderstandsmoment M_{WBR} entsprechender Wert über die Leitung **134** an die Berechnungseinheit **108** und über die Leitung **136** an den Berechnungsblock **112** geführt. In der Dividierstufe **104** wird der Quotient aus Antriebsmoment MA und Schlupf λ gebildet und über die Leitung **138** an den Berechnungsblock **108** geführt. Diesem wird ferner die Leitung **140** zugeführt, auf welcher ein Maß für den erhöhten Schlupfbedarf λerf übermittelt wird. Der im Berechnungsblock **108** ermittelte schlupfabhängige Reibwert μ_S wird über die Leitung **142** dem eigentlichen Antriebsschlupfregler **132** und über die Leitung **144** dem Berechnungs-

block **146** zugeführt. Dessen zweite Eingangsleitung stellt die Leitung **148** dar, welche Ausgangsleitung des Berechnungsblocks **112** ist. Auf dieser Leitung **148** wird ein Maß für den lastabhängigen Reibwert μ_l dem Berechnungsblock **146** übermittelt. Dieser bestimmt einen aufgrund der verwendeten Reifen möglicherweise erhöhten Schlupfbedarf und gibt ein entsprechendes Signal über die Leitung **150** an den Berechnungsblock **126** ab. Ist ein Lenkwinkelsensor vorgesehen, wird eine entsprechende Leitung dem Antriebsschlupfregler **132** zugeführt.

[0016] Der Antriebsschlupfregler **132**, dessen Ausgangsleitung die Leitung **32** bildet, führt in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel die Regelung des Antriebsschlupfes unter Vorgabe des maximal übertragbaren Antriebsmomentes Mmotmax bzw. des einzustellenden Motormoments durch. Die für diese Funktion notwendigen Elemente sind aus Übersichtlichkeitsgründen in Fig. 3 nicht dargestellt. Daneben ermittelt er in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel einen Momentenrücksprung vor Einleiten der Antriebsschlupfregelung abhängig vom schlupfabhängigen Reibwert μ_S, der über die Leitung **142** zugeführt wird, bei Geradeausfahrt, bei einem vom Block **128** erkannten Eintritt in eine Kurve oder bei Kurvenfahrt.

[0017] Zur Bestimmung der mittleren Fahrzeuggeschwindigkeit v_{FZG}, des mittleren Ist-Schlupfes λ_{ist} im Block **114** sowie ggf. der Beschleunigung im Block **122** werden herkömmliche Vorgehensweisen angewendet. Die Vorgehensweise zur Bestimmung des lastabhängigen Reibwerts μ_l im Block **112** wurde oben dargestellt. Zur Bestimmung des schlupfabhängigen Reibwertes μ_S im Block **108** wird aus dem Quotient aus Antriebsmoment MA und Schlupf λ eine der in **Fig.** 2 dargestellten Geraden ausgewählt, welche durch Achsenabschnitt b und Steigung a charakterisiert ist. Der schlupfabhängige Reibwert μ_S ergibt sich dann aus der folgenden Formel:

$$\mu s = b + a \cdot (MA - MWBR)/(\lambda_{ist} - \lambda erf)$$

(μs schlupfabhängiger Reibwert, b Achsenabschnitt, a Steigung der ausgewählten Geraden, MA Istantriebsmoment, MWBR Beschleunigungswiderstandsmoment, λ_{ist} Istschlupf, λerf erhöhter Schlupfbedarf)

[0018] Dieser schlupfabhängige Reibwert μs wird vom Antriebsschlupfregler **132** zur Bestimmung des Drehmomentenrücksprungs ausgewertet. Das maximal übertragbare Antriebsmoment Mmotmax ergibt sich dann aus dem Produkt dieses Reibwertes μ_S und einem Konstantfaktor, der je nach Fahrsituation gewählt wird (Mmotmax = μs·Konstante).

[0019] Es werden experimentell Konstantfaktoren für Geradeausfahrt sowie für Kurvenfahrt und Kurveneinfahrt, jeweils mit hohem oder mit niedrigem Reibwert μ_S (bei beginnender Instabilität, die durch Vergleich der Summe der Störmomente (Ersatzmasse) mit einem vorgegebenen Grenzwert erkannt wird) vorgegeben. Bei Kurveneinfahrt wird die Differenz zwischen den Fahrgeschwindigkeiten der nicht angetriebenen Räder **38**, **40** erfaßt und mit einem Grenzwert verglichen. Überschreitet die Differenz diesen Grenzwert, wird auf Kurveneinfahrt erkannt und ein entsprechender Konstantfaktor vorgegeben. Die Konstantfaktoren sind erniedrigt, wenn der Reibwert μ_S unterhalb eines Grenzwertes liegt. Dabei ist der Konstantfaktor für Geradeausfahrt größer als der für die Kurveneinfahrt. Dieser wiederum ist größer als der für die Kurveneinfahrt bei niedrigen Reibwerten μ_S (und beginnender Instabilität), der größer ist als der Konstantfaktor bei Kurvenfahrt. Dieser wiederum ist größer als der Faktor bei Kurvenfahrt mit niedrigem Reibwert μ_S (und beginnender Instabilität).

[0020] Die Einstellung des bestimmten maximal übertragbaren Antriebsmoments Mmotmax, abhängig vom ermittelten Reibwert μ_S, wird vorzugsweise zu Beginn der eigentlichen Antriebsschlupfregelung vorgenommen, wenn übermäßiger Schlupf λ an den Antriebsrädern erkannt wurde.

[0021] Der schlupfabhängige Reibwert μ_S ist abhängig von Fahrgeschwindigkeit und den verwendeten Reifenarten. Die Fahrgeschwindigkeitsabhängigkeit ist prinzipiell im eingangs genannten Stand der Technik dargestellt. Bei zunehmender Fahrgeschwindigkeit, bei Winterreifen oder bei Sommerreifen mit weicher Laufflächenmischung zeigt sich ein überproportionales Verhalten zwischen Schlupfbedarf und Fahrzeuggeschwindigkeit. Der Schlupfbedarf vergrößert sich in diesen Fällen mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit. Daher wird dem Berechnungsblock **126** über die Leitung **124** die mittlere Fahrgeschwindigkeit v_{FZG} zugeführt. Diese wird mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen, durch welchen die näherungsweise beschriebene Abhängigkeit des Schlupfbedarfs von der Fahrgeschwindigkeit vorgegeben werden kann. Für Fahrgeschwindigkeitsbereiche ober- und unterhalb eines Fahrgeschwindigkeitsschwellwertes werden zwei verschiedene fahrgeschwindigkeitsabhängige Geraden unterschiedlicher Steigung für den Schlupfbedarf λerf vorgegeben. Diese sind expermimentell ermittelt. Überschreitet beispielsweise die Fahrgeschwindigkeit den Schwellwert, wird auf eine Geradengleichung mit höherer Steigung umgeschaltet. Bei erhöhtem Schlupfbedarf λerf durch die Reifenmischung, der insbesondere bei Winterreifen auf Straßen mit hohem Reibwert auftritt und mit steigender Temperatur sich verstärkt, wird folgendes Vorgehen durchgeführt. Im Berechnungsblock **146** wird der berechnete schlupfabhängige Reibwert μ_S mit dem lastabhängigen Reibwert μ_l, der aufgrund des eingestellten Radmoments ermittelt wurde, verglichen. Unterschreitet der schlupfabhängige Reibwert μ_S den lastabhängigen Reibwert μ_l, so wird ein Zeitzähler gestartet. Erreicht die-

ser seinen Maximalwert und ist der schlupfabhängige Reibwert μ_S weiterhin kleiner als der lastabhängige Reibwert μ_l, so wird eine Marke für den erhöhten Schlupfbedarf gesetzt und diese Marke dem Berechnungsblock **126** zugeführt. Durch das Setzen der Marke wird ebenfalls die Steigung vorgegebener geschwindigkeitsabhängiger Geradengleichungen geschwindigkeitsabhängig umgeschaltet. Diese Vorgehensweise basiert auf der Erkenntnis, daß bei erhöhtem Schlupfbedarf dem Antriebsmoment ein zu großer Schlupf gegenüber steht und so der berechnete schlupfabhängige Reibwert auf zu kleine Werte sinkt. Dieses Verhalten kennzeichnet einen erhöhten Schlupfbedarf. Auf diese Weise wird der berechnete Reibwert entsprechend dem tatsächlichen, physikalischen Reibwert korrigiert. Die Filterung erfolgt vorzugsweise mit einem PT1-Glied. Entsprechend den geschwindigkeitsabhängigen Geradengleichungen wird für den Zustand mit erhöhtem Schlupfbedarf ein zweites Paar geschwindigkeitabhängiger Geradengleichungen vorgegeben, welche ebenfalls abhängig von der Geschwindigkeit unterschiedliche Steigungen aufweisen.

[0022] Die entsprechende Vorgehensweise ist beispielhaft anhand **Fig.** 4 anhand von Zeitdiagrammen dargestellt. Fig. 4a zeigt den zeitabhängigen Verlauf des schlupfabhängigen Reibwertes μ_S (durchgezogene Linie) und des lastabhängigen Reibwertes μ_l (strichlierte Linie). Vor dem Zeitpunkt T0 wird durch Erhöhung des Antriebsmoments M_A durch den Fahrer der lastabhängige Reibwert μ_l erhöht. Durch die z. B. zu weiche Laufflächenmischung und das zu große Antriebsmoment M_A sinkt der berechnete schlupfabhängige Reibwert μ_S, bis er zum Zeitpunkt T0 kleiner als der lastabhängige Reibwert μ_l wird. Zu diesem Zeitpunkt T0 wird gemäß Fig. 4b der Zeitzähler Z gestartet. Dieser erreicht zum Zeitpunkt T1 einen Maximalwert, wobei der schlupfabhängige Reibwert μ_S kleiner als der lastabhängige μ_l blieb. Zu diesem Zeitpunkt wird die Marke gemäß Fig. 4c gesetzt und der schlupfabhängige Reibwert μ_S korrigiert, so daß er dem physikalischen wieder im wesentlichen entspricht.

[0023] Die dargestellte Vorgehensweise ist in Fig. 5 und Fig. 6 als Flußdiagramm skizziert. Fig. 5 stellt dabei die Berechnung des maximal übertragbaren Antriebsmoments Mmotmax dar, während in Fig. 6 die Vorgehensweise zur Bestimmung des erhöhten Schlupfbedarfes λerf skizziert ist.

[0024] Nach Start des in Fig. 5 dargestellten Programmteils zu vorgegebenen Zeitpunkten werden im ersten Schritt **200** die Radgeschwindigkeiten vrad sowie das Motoristmoment Mmot eingelesen. Im darauffolgenden Schritt **202** werden die mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit vfzg, das Antriebsmoment MA sowie der mittlere Istschlupf λist berechnet. Im darauffolgenden Schritt **204** wird das Beschleunigungswiderstandsmoment MWBR berechnet und im darauffolgenden Schritt **206** der Quotient Q_i aus Antriebsmoment MA und Istschlupf λist gebildet. Daraufhin wird im Schritt **208** der lastabhängige Reibwert µl wie oben dargestellt als Funktion des Antriebsmoments MA und des Beschleunigungswiderstandsmoments MWBR berechnet und im Schritt **210** der gemäß der Vorgehensweise nach Fig. 6 ermittelte erhöhte Schlupfbedarf λerf eingelesen. Daraufhin wird im Schritt **212** der schlupfabhängige Reibwert µs als Funktion des Antriebsmoments M_A, des Beschleunigungswiderstandsmoments MWBR, des Istschlupfes λ_{ist} des erhöhten Schlupfbedarfes λerf sowie des Quotienten Q_i aus Antriebsmoment M_A und Istschlupf λ_{ist} gebildet. Daraufhin wird gemäß Schritt **214** auf der Basis des schlupfabhängigen Reibwertes μ_S sowie des wie oben dargestellt, vorgegebenen Konstantfaktors K das maximal übertragbare Antriebs- bzw. Motormoment Mmotmax gebildet und der Programmteil beendet.

[0025] Auch hier wurde auf die Darstellung der eigentlichen Schlupfregelung auf einem Schlupfsollwert bei Auftreten der Durchdrehneigung der Antriebsräder aus Übersichtlichkeitsgründen verzichtet.

[0026] Zur Ermittlung des erhöhten Schlupfbedarfs λerf, welcher im Schritt **210** eingelesen wird, dient der in Fig. 6 dargestellte Programmteil. Nach Start dieses Programmteils zu vorgegebenen Zeitpunkten wird in einem ersten Schritt **300** die aktuellen Werte des lastabhängigen Reibwertes μ_l, des schlupfabhängigen Reibwertes μ_S sowie der mittleren Fahrzeuggeschwindigkeit v_{FZG} eingelesen. Daraufhin wird im Schritt **302** überprüft, ob der schlupfabhängige Reibwert μ_S kleiner als der lastabhängige Reibwert μ_l ist. Ist dies nicht der Fall, wird gemäß Schritt **304** der Zähler T auf 0 gesetzt und im darauffolgenden Abfrageschritt **306** die mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit v_{FZG} mit einem vorgegebenen Grenzwert v0 verglichen. Ergab Schritt **302**, daß der schlupfabhängige Reibwert μ_S kleiner als der lastabhängige Reibwert μ_l ist, wird im Schritt **308** der Zähler T um 1 erhöht und im darauffolgenden Abfrageschritt **310** auf seinen Maximalwert Tmax abgefragt. Befindet sich der Zähler T unterhalb seines vorgegebenen Maximalwerts Tmax, wird der Programmteil beendet und zu vorgegebenen Zeitpunkten erneut gestartet. Hat der Zähler T seinen Maximalwert Tmax erreicht, wird im Schritt **312** die Marke für einen erhöhten Schlupfbedarf λerf auf l gesetzt und mit Schritt **306** fortgefahren. Durch die dargestellte Inkrementierung des Zählers T gemäß den Schritten **308** und **310** wird die oben dargestellte Filterfunktion realisiert.

[0027] Im Schritt **306** wird überprüft, ob die mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit v_{FZG} kleiner oder gleich dem vorgegebenen Schwellwert v0 ist. Ist dies der Fall, wird im darauffolgenden Schritt **314** überprüft, ob die Marke auf den Wert 1 gesetzt wurde. Dies führt im

Schritt **316** zu einer Ermittlung des erhöhten Schlupfbedarfs λerf als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit v_{FZG} mit einer ersten Proportionalitätskonstante K1. Danach wird der Programmteil beendet.

[0028] Ergibt sich im Schritt **304**, daß die Marke nicht den Wert 1 besitzt, wird im Schritt **318** der erhöhte Schlupfbedarf λerf abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit v_{FZG} mit einer Proportionalitätskonstante K2 bestimmt und der Programmteil beendet.

[0029] In analoger Weise wird, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit v_{FZG} gemäß Schritt **306** den Schwellwert v_0 übersteigt und gemäß Schritt **320** die Marke den Wert 1 aufweist, der erhöhte Schlupfbedarf λerf im Schritt **322** als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit v_{FZG} mit der Proportionalitätskonstante K3 berechnet. Ist in diesem Betriebszustand die Marke nicht 1, so ergibt sich gemäß Schritt **324** der erhöhte Schlupfbedarf λerf als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit v_{FZG} mit der Proporionalitätskonstante K4.

[0030] Im allgemeinen ist zu sagen, daß die Konstante K3 betragsmäßig größer als die Konstante K1, diese wiederum größer als die Konstante K4 ist. Die Konstante K2 ist betragsmäßig am kleinsten.

[0031] Der in Fig. 6 dargestellte Programmteil beschreibt lediglich das Setzen der Marke auf den Wert 1, das heißt die Ermittlung des erhöhten Schlupfbedarfs λerf. Eine Rücksetzung der Marke auf den Wert 0, das heißt eine Rücknahme des erhöhten Schlupfbedarfs λerf, kann auf verschiedene Weise realisiert werden. Es hat sich gezeigt, daß eine automatische Initialisierung der Marke mit dem Wert 0 zu Beginn jedes Betriebszyklusses mit ”Zündung ein” ausreicht. Eine andere vorteilhafte Ausführung zur Rücksetzung der Marke auf den Wert 0 ergibt sich aus einer zu großen Schlupfregelabweichung des Antriebsschlupfreglers **132**, die auftritt, wenn der schlupfabhängige Reibwert μ_S aufgrund des gesetzten erhöhten Schlupfbedarfs λerf zu ungenau ist.

Patentansprüche

1. Antriebsschlupfregelsystem (**36**), mit Mitteln zur Ermittlung des maximal übertragbaren Antriebsmoments (Mmotmax), wobei das maximal übertragbare Antriebsmoment (Mmotmax) durch Beeinflussung des von der Antriebseinheit abgegebenen Moments (M_{mot}) zumindest im Sinne einer Begrenzung des abgegebenen Moments (M_{mot}) auf das maximal vorgegebene Antriebsmoment (Mmotmax) eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass
– Mittel zur Ermittlung des Reibwertes (μ) zwischen Fahrzeug und Fahrbahnoberfläche abhängig vom Radschlupf (λ) vorhanden sind,
– und das maximal übertragbare Antriebsmoment (Mmotmax) abhängig vom ermittelten Reibwert (μ) vorgegeben wird,
– wobei das maximal übertragbare Antriebsmoment (Mmotmax) abhängig vom schlupfabhängigen Reibwert (μ_S) sowie von von der jeweiligen Fahr- und Fahrbahnsituation abhängigen Konstanten ist.

2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß unterschiedliche Konstantwerte vorgegeben werden für Kurvenfahrt und Kurveneinfahrt, jeweils abhängig vom Reibwert (μ) zwischen Fahrzeugrädern und Fahrbahn und/oder bei auftretender Instabilität des Fahrzeugs.

3. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das maximal übertragbare Antriebsmoment (Mmotmax) bei erhöhtem Schlupfbedarf (λerf) korrigiert wird.

4. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der schlupfabhängige Reibwert (μ_S) auf der Basis des Quotienten des Antriebsmoments (M_A) und des ermittelten Schlupfes (λ) sowie abhängig von einem den erhöhten Schlupfbedarf (λerf) darstellenden Wert berechnet wird.

5. System nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert für den erhöhten Schlupfbedarf (λerf) abhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit (v_{FZG}) ist.

6. System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, welche einen infolge der verwendeten Reifenart bzw. Reifenmischung erhöhten Schlupfbedarf (λerf) erkennen.

7. System nach Anspruch 6, daß der erhöhte Schlupfbedarf (λerf) dann erkannt wird, wenn der aufgrund des eingestellten Radmoments errechnete lastabhängige Reibwert (μ_l) für eine vorgegebene Zeit größer als der berechnet schlupfabhängige Reibwert (μ_S) ist.

8. System nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei erkanntem erhöhtem Schlupfbedarf (λerf) aufgrund der Reifenmischung die Geschwindigkeitsabhängigkeit des Zusammenhangs zwischen dem Schlupfbedarfswert und der Fahrzeuggeschwindigkeit (v_{FZG}) modifiziert wird.

9. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Durchdrehneigung der Antriebsräder des Fahrzeugs eine Regelung des Schlupfes (λ) der Antriebsräder auf einen vorgegebenen Sollwert im Rahmen einer Antriebsschlupfregelung durch Vorgabe eines von der Antriebseinheit vorgegebenen Sollmoments durchgeführt wird.

10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das maximal übertragbare Antriebsmoment (Mmotmax) abhängig vom schlupfabhängigen Reibwert (μ_S) und einer Konstanten gebildet wird, wobei die Konstante bei einer aufgrund der Raddrehzahlen der nicht angetriebenen Räder erkannten Kurveneinfahrt abhängig vom Reibwert (μ) eingestellt wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

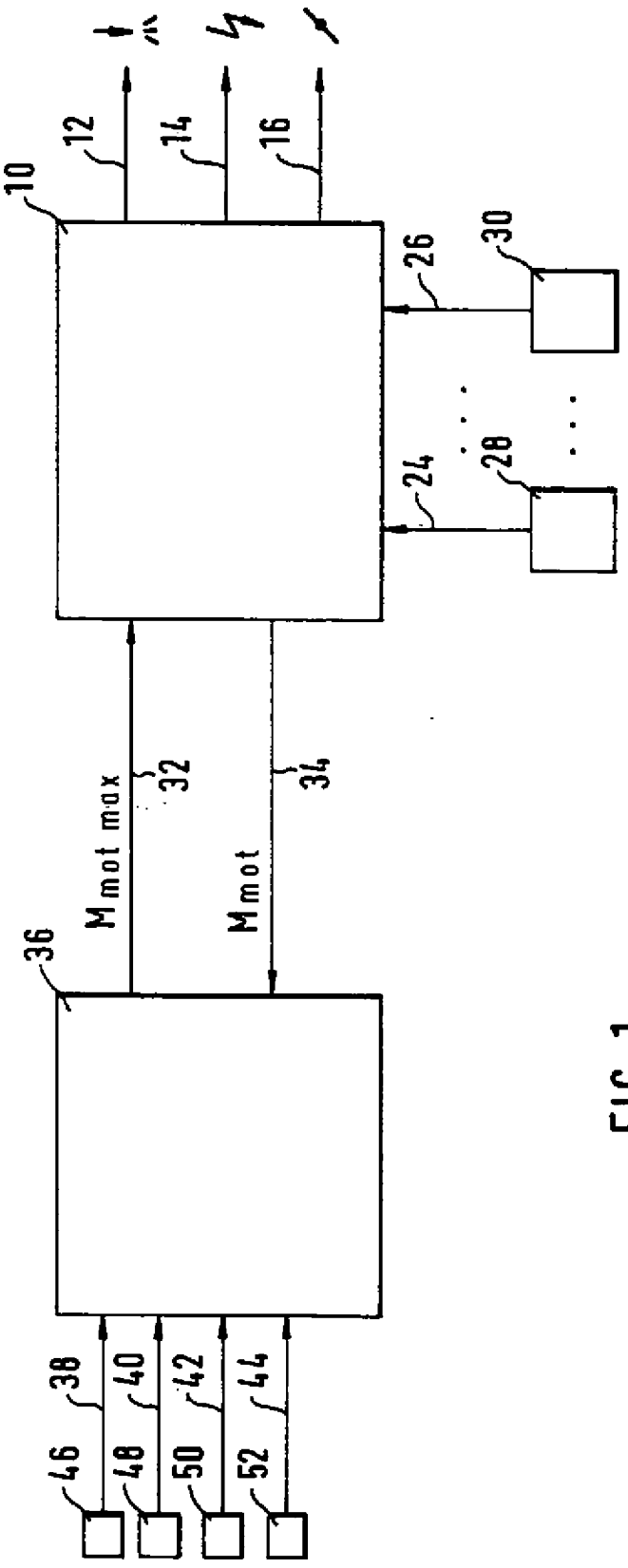


FIG. 1

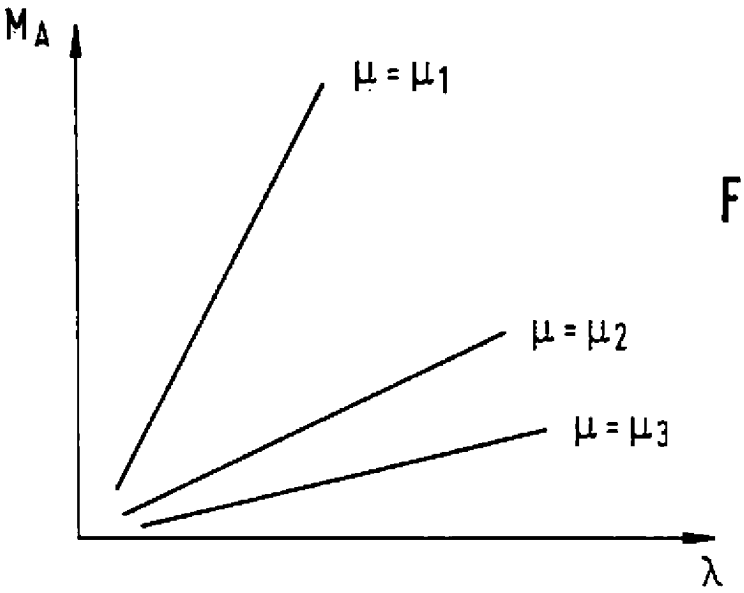


FIG. 2a

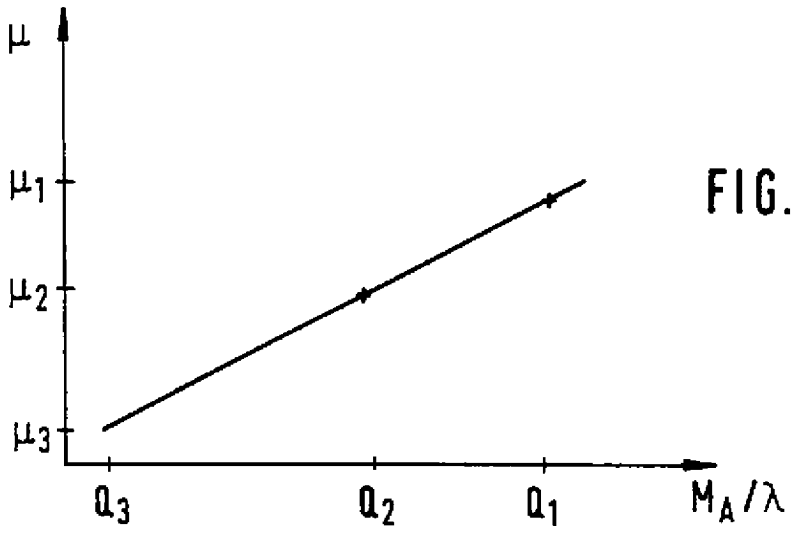


FIG. 2b

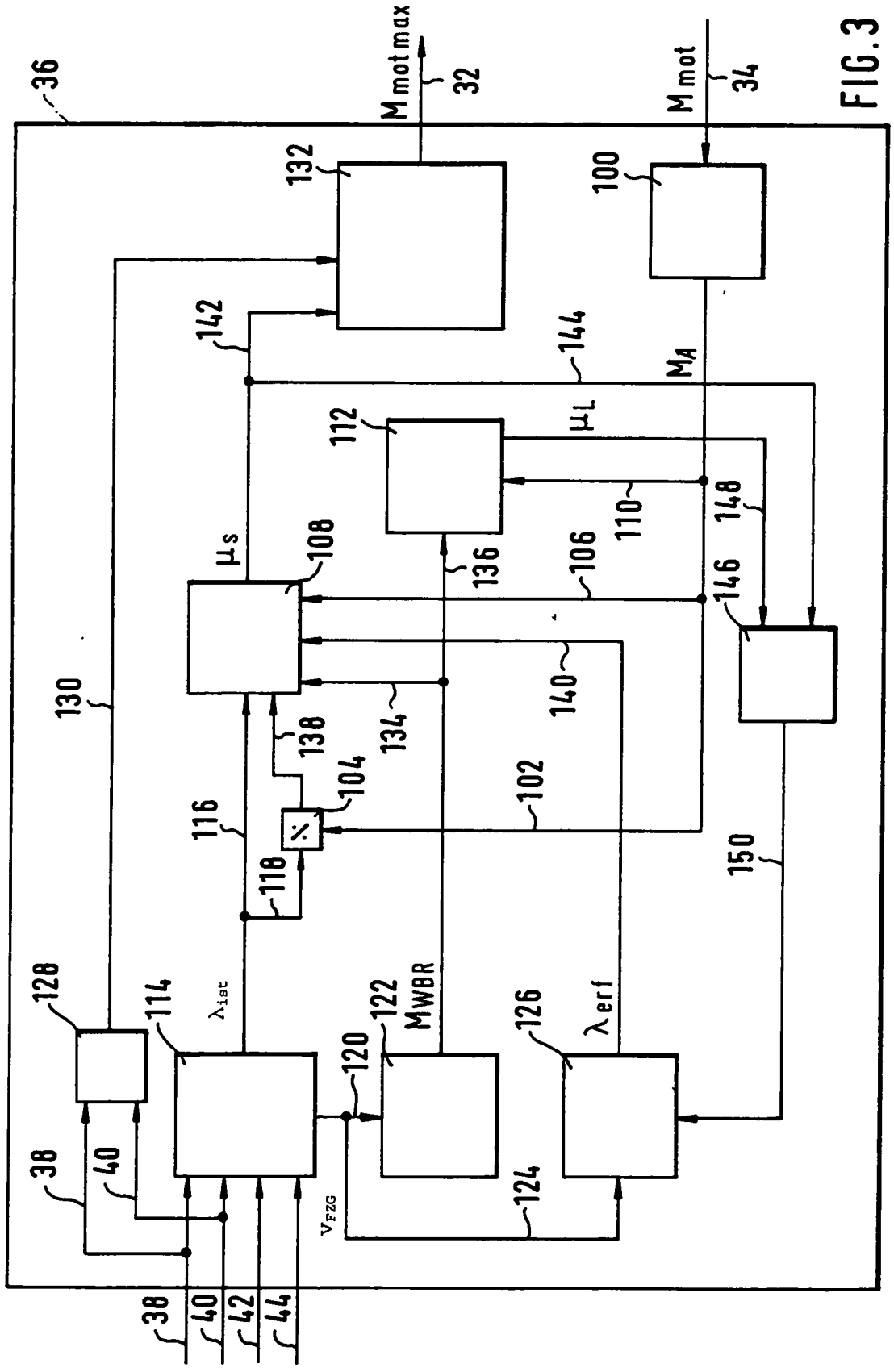

36
$M_{mot\,max}$
32
M_{mot}
34
132
100
142
144
M_A
112
μ_L
110
148
μ_s
108
136
106
146
130
140
138
134
104
102
116
118
150
128
114
λ_{ist}
122
M_{WBR}
126
λ_{erf}
120
38
40
v_{FZG}
124
38
40
42
44

FIG.3

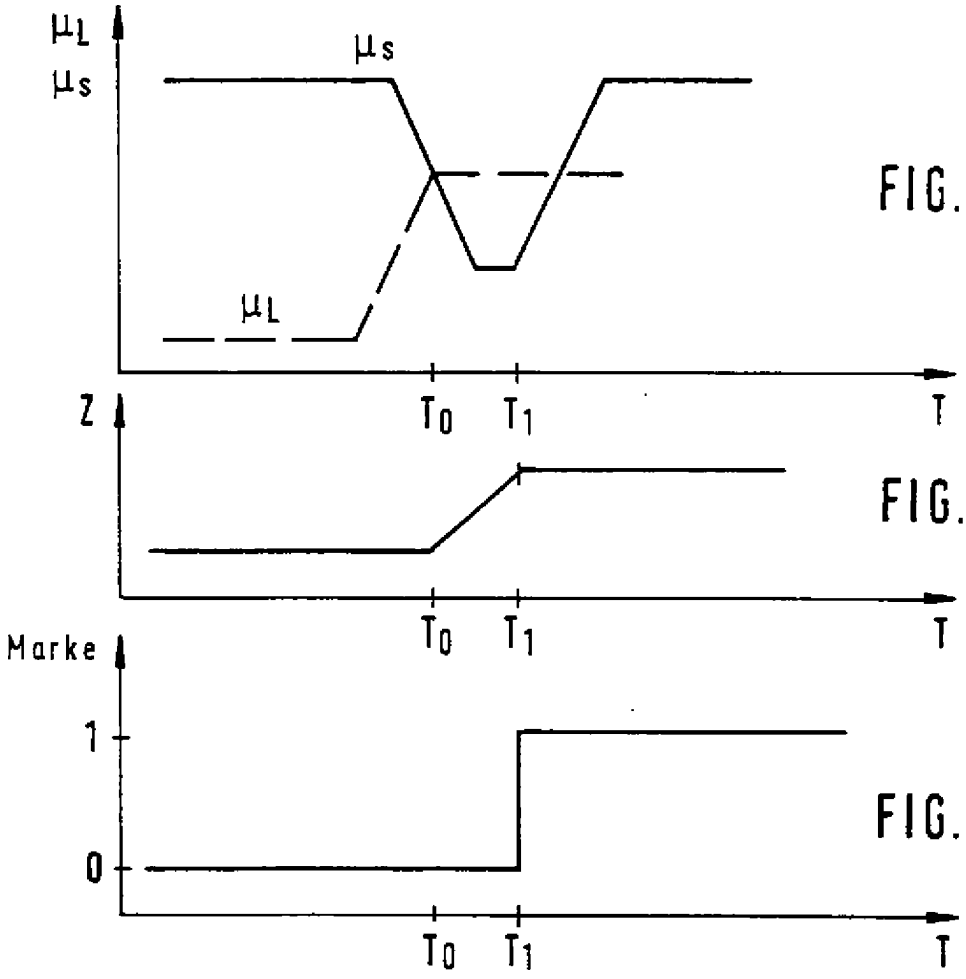


FIG. 4a

FIG. 4b

FIG. 4c

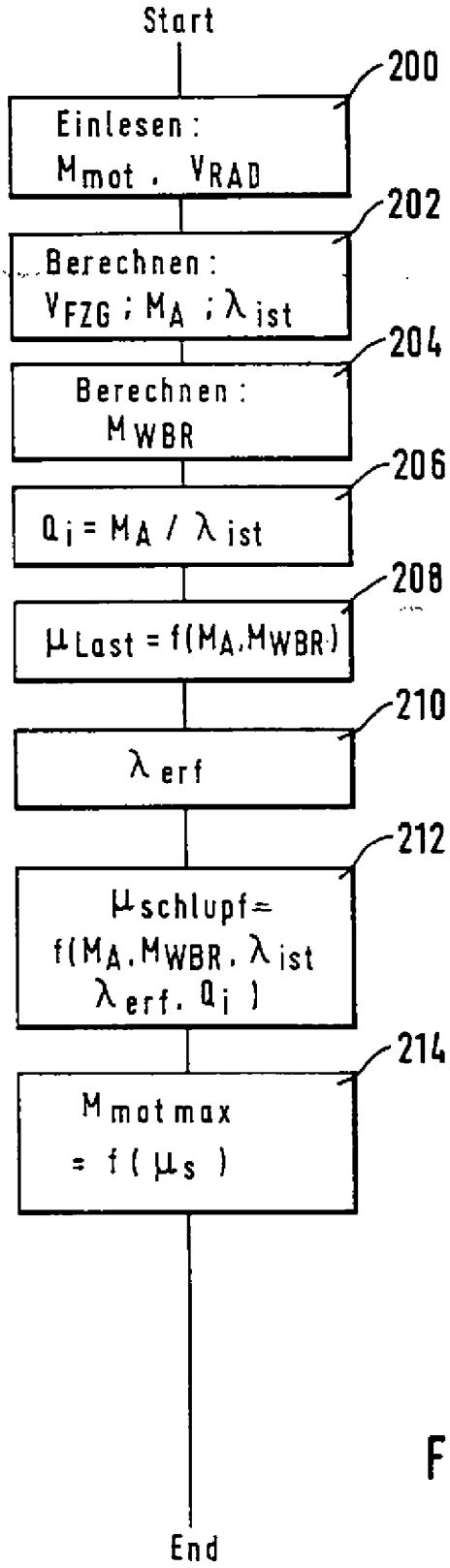

Start
200
Einlesen :
M_{mot} , V_{RAD}
202
Berechnen :
V_{FZG} ; M_A ; λ_{ist}
204
Berechnen :
M_{WBR}
206
$Q_i = M_A / \lambda_{ist}$
208
$\mu_{Last} = f(M_A, M_{WBR})$
210
λ_{erf}
212
$\mu_{schlupf} =$
$f(M_A, M_{WBR}, \lambda_{ist}$
$\lambda_{erf}, Q_i)$
214
M_{motmax}
$= f(\mu_s)$
End

FIG. 5

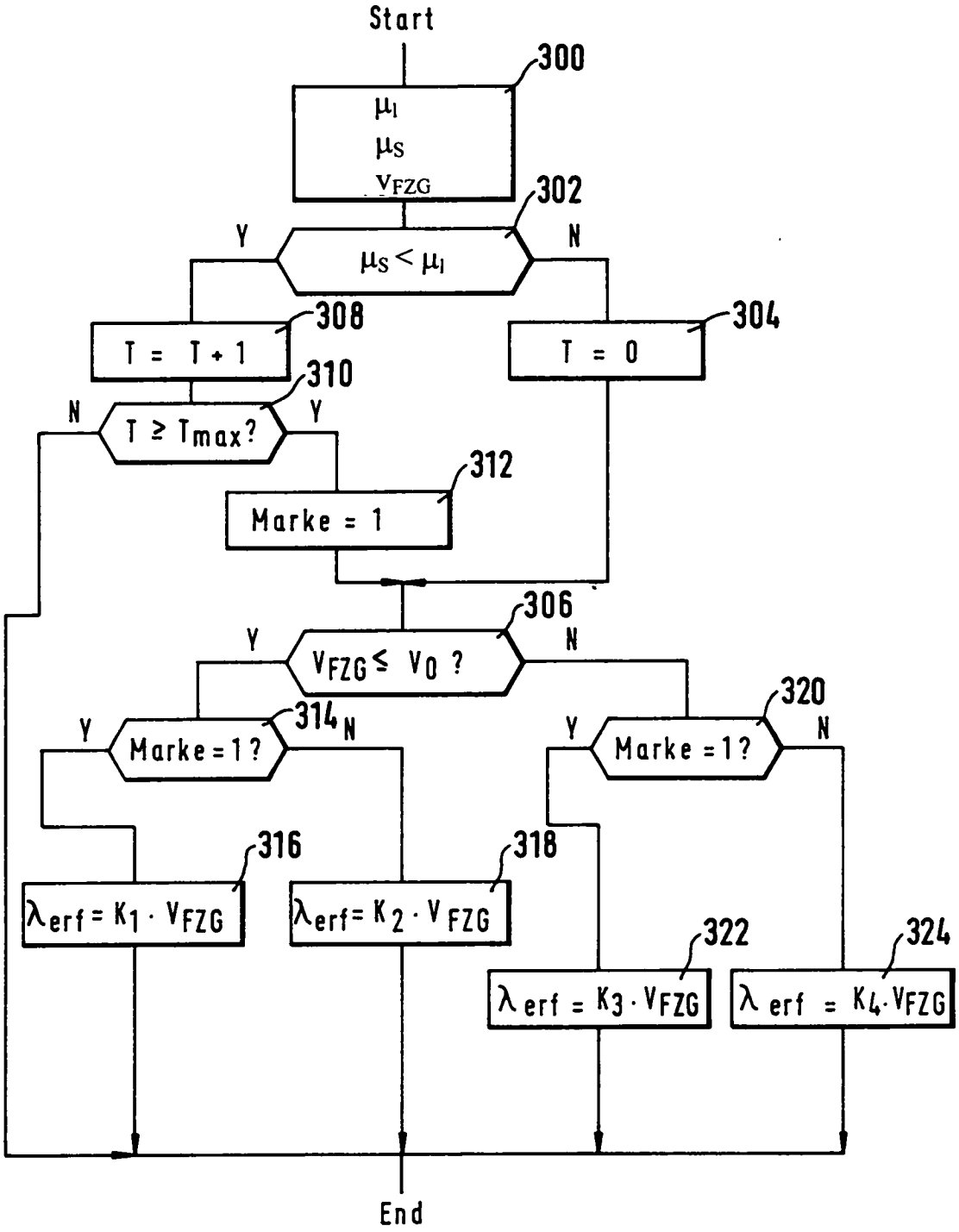

Start
300
μ_I
μ_S
v_{FZG}
302
Y
$\mu_S < \mu_I$
N
308
T = T + 1
304
T = 0
310
N
T ≥ Tmax?
Y
312
Marke = 1
306
Y
$V_{FZG} \leq V_0$?
N
320
Y
Marke = 1?
314
N
Y
Marke = 1?
N
316
$\lambda_{erf} = K_1 \cdot V_{FZG}$
318
$\lambda_{erf} = K_2 \cdot V_{FZG}$
322
$\lambda_{erf} = K_3 \cdot V_{FZG}$
324
$\lambda_{erf} = K_4 \cdot V_{FZG}$
End

FIG. 6