

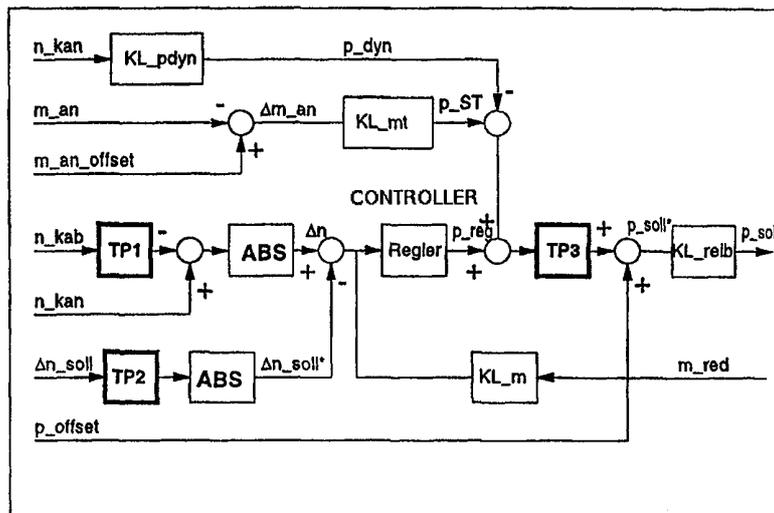
<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : F16D 48/06, B60K 41/06</p>	A1	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/28231</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 18. Mai 2000 (18.05.00)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/08393</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 3. November 1999 (03.11.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 51 341.0 6. November 1998 (06.11.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ZF BATAVIA, L.L.C. [US/US]; 1981 Front Wheel Drive, Batavia, OH 45103 (US).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DANZ, Wolfgang [DE/DE]; Flugplatzstrasse 35, D-88046 Friedrichshafen (DE). PIEPENBRINK, Andreas [DE/DE]; Mauthnerweg 6, D-88709 Meersburg (DE). SCHWENGER, Andreas [DE/DE]; Birkhuhnweg 11, D-88048 Friedrichshafen (DE).</p> <p>(74) Anwalt: ZIETLOW, Karl-Peter; ZF Friedrichshafen AG, D-88038 Friedrichshafen (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>	

(54) Title: SPEED DIFFERENCE REGULATION OF A SWITCHABLE FRICTIONAL ENGAGEMENT CONTROL

(54) Bezeichnung: DIFFERENZDREHZAHLEGEUNG EINER SCHALTbaren REIBSCHLUSSVERBINDUNG

(57) Abstract

The invention relates to a method for regulating the speed difference in a switchable frictional engagement control, especially in a clutch or a brake which are located in the drive train of a motor vehicle. Said regulation of the speed difference is carried out by a closed loop having a desired speed difference used as a reference input and a relevant speed difference used as a controlled variable. According to the invention, an additional controlled variable is used in addition to the clutch pressure and/or brake pressure to be adjusted, whereby the closed loop comprises a linear governor and damping members (TP1, TP2, TP3). Said additional controlled variable is used in such a way that the time shift of the damped values per reading step do not exceed a set value such that the actuation of said closed loop remains within a stable limit for controlling.



(57) Zusammenfassung

Im Rahmen des Verfahrens zur Differenzdrehzahlregelung einer schaltbaren Reibschlußverbindung und insbesondere einer Kupplung oder einer Bremse im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges mittels eines Regelkreises mit der Soll-Drehzahldifferenz als Führungsgröße und der aktuellen Drehzahldifferenz als Regelgröße wird neben dem einzustellenden Kupplungsdruck bzw. Bremsendruck mindestens eine weitere Stellgröße verwendet, wobei der Regelkreis einen linearen Regler und Dämpfungsglieder (TP1, TP2, TP3) enthält, derart, daß die zeitliche Änderung der gedämpften Größen pro Abtastschritt einen vorbestimmten Wert nicht überschreitet, so daß die Anregung des Regelkreises im regelungstechnisch stabilen Bereich bleibt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Differenzdrehzahlregelung einer
schaltbaren Reibschlußverbindung

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Differenzdrehzahlregelung einer schaltbaren Reibschlußverbindung eines Kraftfahrzeugs gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

10 Nach dem Stand der Technik enthält ein Automatgetriebe einen hydrodynamischen Wandler mit Wandlerüberbrückungskupplung, mindestens einen Planetenradsatz sowie zwei schaltbare Reibschlußverbindungen in Form einer Reibungskupplung bzw. Getriebebremse, die der Drehmomentübertragung
15 dienen.

Derartige Reibschlußverbindungen werden hydraulisch geschlossen. Das Öffnen wird in der Regel durch Rückstellfedern unterstützt. Die Anordnung der beschriebenen Komponenten erlaubt eine mechanische Unterbrechung des Antriebsstranges, so daß die Antriebs- und Abtriebsseite vollständig oder auch nur teilweise entkoppelt werden. Diese Entkopplung trennt die Drehzahlen am Antrieb von denjenigen am Abtrieb, so daß bis zu einem gewissen Maß auch eine Dreh-
20 schwingungsentkopplung möglich ist.
25

Reibschlußverbindungen (Kupplungen, Bremsen) werden in Automatgetrieben nach dem heutigen Stand der Technik zu unterschiedlichsten Aufgaben bzw. Funktionalitäten eingesetzt. Eine der wichtigsten Anforderungen bei allen Kupplungsfunktionalitäten ist es, ein komfortables Schließen in
30 allen Fahrzuständen zu ermöglichen. Dabei muß gewährleistet sein, daß das Schließen über große Drehzahlbereiche von

Motor und Abtrieb sowie bei unterschiedlichen Motormomenten komfortabel sichergestellt sein muß.

Darüber hinaus gibt es spezielle Betriebszustände, wo es funktionell notwendig ist an einzelnen oder mehreren Kupplungen bzw. Bremsen definierte Differenzdrehzahlen (Schlupf) einzustellen und aufrechtzuerhalten. Die Übergänge zwischen den einzelnen Funktionen dürfen dabei vom Fahrer nicht als störend empfunden werden.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, unterscheiden herkömmliche Lösungen zwischen unterschiedlichen Lastzuständen und erfordern in Abhängigkeit davon wechselnde Parameter oder sogar unterschiedliche Regelungsstrukturen.

Die DE 196 06 311 A1 der Anmelderin offenbart eine Regelkreisstruktur, die auf ein mathematisch-physikalisches Modell der Regelstrecke basierend, der Regelstrecke in Form eines vorgeschalteten Korrekturgliedes die wesentlichen Nichtlinearitäten kompensiert und so regelungstechnisch zu einer linearen Ersatzregelstrecke gelangt, so daß ein einfacher linearer Regler zur Führung der Regelgröße eingesetzt werden kann. Hierbei sind Störgrößen, wie z. B. die auf die Kupplung einwirkenden äußeren Momente über ein Korrekturglied berücksichtigt.

Ein Nachteil dieses Verfahrens liegt in der Notwendigkeit der Kenntnis eines mathematisch-physikalischen Streckenmodells, dessen Güte die erreichbare Regelgüte direkt beeinflusst.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ausgehend von dem erwähnten Stand der Technik,

ein Verfahren zur Differenzdrehzahlregelung einer schaltbaren Reibschlußverbindung anzugeben, derart, daß ohne Kenntnis eines mathematisch-physikalischen Modells die so geregelte Reibschlußverbindung die Überführung zwischen offenem und geschlossenen Zustand ebenso wie die Einstellung eines definierten Schlupfwertes übernimmt, wobei das Regelungskonzept für jede erforderliche Anwendung der schaltbaren Reibschlußverbindung identisch aufgebaut ist und für einen erhöhten Schalt- und Fahrkomfort sorgt.

10

Zudem soll das erfindungsgemäße Verfahren für die Regelung beliebiger drehmomentübertragender Kupplungen bzw. Bremsen im Antriebsstrang einsetzbar sein. Hierbei soll ein linearer Regler verwendet werden.

15

Außerdem soll das erfindungsgemäße Verfahren à priori vorhandene Kenntnisse des Streckenmodells berücksichtigen, aber auch bei unvollständiger Modellkenntnis eine ausreichende Robustheit und Regelgüte in allen Betriebszuständen sicherstellen.

20

Des Weiteren soll das Verfahren zur Verbesserung der Regelgüte einen definierten Motoreingriff zulassen.

25

Diese Aufgabe ist gemäß der Erfindung durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

30

Demnach wird vorgeschlagen; in einem Regelkreis zur Differenzdrehzahlregelung einer schaltbaren Reibschlußverbindung und insbesondere einer Kupplung oder einer Bremse mit der Soll-Drehzahldifferenz als Führungsgröße und der aktuellen Drehzahldifferenz als Regelgröße neben dem einzu-

stellenden Kupplungsdruck mindestens eine weitere Stellgröße zu verwenden und den Regelkreis mit Dämpfungsgliedern zu versehen, derart, daß die zeitliche Änderung der gedämpften Größen pro Abtastschritt einen vorbestimmten Wert nicht
5 überschreitet, so daß die Anregung des Regelkreises im regelungstechnisch stabilen Bereich bleibt.

Bevorzugterweise wird erfindungsgemäß das Motormoment als weitere Stellgröße verwendet.
10

Des weiteren ist es im Rahmen der Erfindung möglich, Störgrößen und insbesondere das aktuelle Turbinenmoment zu berücksichtigen.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren treten die oben erwähnten Nachteile des Standes der Technik nicht mehr auf. Außerdem sind durch das erfindungsgemäße Gesamtkonzept Umschaltungen der Reglerkonzepte und Reglerparameter je nach Anwendungsfall und Fahrzeugzustand nicht mehr erforderlich.
15
20

Die Erfindung ist im folgenden anhand der beigefügten Zeichnung für eine Kupplung näher erläutert. In dieser stellen dar:

25 Fig. 1 die allgemeine Regelkreisstruktur gemäß der vorliegenden Erfindung und

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung des Druck- und Drehzahlverlaufs beim Ansteuern einer Kupplung im Stillstand des Fahrzeugs gemäß der vor-
30 liegenden Erfindung.

Gemäß Fig. 1 ist die Soll-Drehzahldifferenz Dn_soll die Führungsgröße des erfindungsgemäßen Regelkreises. Hierbei wird die Soll-Drehzahldifferenz Dn_soll mittels eines Dämpfungsgliedes TP2 kontinuierlich zeitlich geglättet oder auf einen definierten Wert pro Abtastschritt begrenzt, so daß Unstetigkeiten im zeitlichen Verlauf der Führungsgröße vermieden werden. Bevorzugterweise ist TP2 als Tiefpaßfilter ausgebildet. Das Modul ABS dient der Absolutwertbildung vor dem Berechnen der Eingangsgröße für den Regler.

10

Die Eingangsgröße für den Regler ist die aktuelle Regeldifferenz. Sie wird aus der Differenz aus dem Absolutwert des Soll-Differenzdrehzahlwerts und dem Absolutwert des Ist-Differenzdrehzahlwerts von Antrieb und Abtrieb gebildet. Aus dieser Größe wird der als Regleranteil bezeichnete Druckwert p_{reg} , der als direkte Stellgröße des linearen Reglers fungiert, berechnet.

15

Zur Berechnung der Ist-Differenzdrehzahl Dn werden zunächst die Drehzahlen der Kupplungsantriebsseite n_{kan} und der Kupplungsabtriebsseite n_{kab} erfaßt. Vor der Differenzbildung wird die Größe n_{kab} mittels eines ersten Dämpfungsgliedes und bevorzugterweise eines Tiefpaßfilters TP1 geglättet. Optional kann auch eine Dämpfung der Antriebsdrehzahl n_{kan} vorgesehen. Die Absolutwertbildung der Ist-Differenzdrehzahl Dn erfolgt im Modul ABS.

20

25

Anschließend wird, wie bereits erwähnt, die Regeldifferenz gebildet, welche der vorzeichenbehafteten Differenz der Absolutwerte der Ist- und Soll-Differenzdrehzahlen entspricht.

30

Wenn die Differenz zwischen der aktuellen Differenzdrehzahl und dem dynamischen Sollwert eine gewisse Schranke überschreitet, wird erfindungsgemäß in Abhängigkeit von der Regeldifferenz das Motormoment als weitere Stellgröße mit Hilfe eines Motoreingriffs über die Motorelektronik reduziert.

Die Höhe der Reduktion ist eine Funktion der Größe der Regeldifferenz. Der Motoreingriff selbst kann vom Motor über die Standardverfahren (Zündwinkeleingriff, Füllungsänderung, o. ä.) realisiert werden.

Das Vorliegen der Notwendigkeit eines Motoreingriffs wird durch das Modul Kl_m erkannt, wobei durch die Umrechnung Regeldifferenz-Reduktionsmoment Kl_m das Signal für das Reduktionsmoment m_{red} an die Motorelektronik weitergeleitet wird.

Die Art des Eingriffs wird so gewählt, daß die Reaktionszeit zwischen der Anforderung und der tatsächlichen Momentenreduktion des Antriebs möglichst gering ist.

Dieser Eingriff verringert das zu übertragende Moment an der Kupplung, wodurch die vom Regler aufzubringende Stellenergie sinkt. In der Folge wird der Komfort des Schließvorgangs erhöht und die Kupplungsbeläge werden weniger stark belastet.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird das aktuelle Antriebsmoment der Kupplung als Störgröße berücksichtigt. Dies entspricht der à-priori-Modellkenntnis und beschreibt somit die Zustände im aktuellen Arbeitspunkt.

Der daraus resultierende Störgrößenanteil des Kupplungsdrucks p_{ST} wird hierbei aus der vorzeichenbehafteten Abweichung zwischen dem aktuellen Drehmoment m_{an} und der Arbeitspunktlage m_{an_offset} über einen Berechnungsblock
 5 KL_{mt} in einen entsprechenden äquivalenten Druck p_{ST} gemäß der Gleichung

$$p_{ST} = \Delta m_{an} * \frac{1}{\mu(\Delta n) \cdot r \cdot z \cdot A_K}$$

10 umgerechnet, mit

Δm_{an} : Abweichung Drehmoment zum Arbeitspunkt

$\mu(\Delta n)$: Reibbeiwert

Dn : Differenzdrehzahl an der Kupplung

15 r : mittlerer Reibradius der Kupplung

z : Anzahl der Reibbeläge

A_k : Kolbenfläche

p_{ST} : Druckdifferenz bezogen auf den Arbeitspunkt,

20 wobei konstruktionsbedingte dynamische Druckanteile berücksichtigt werden, indem anschließend die Größe p_{ST} um den entsprechenden dynamischen bzw. rotatorischen Druckanteil p_{dyn} reduziert wird. Der rotatorische Druckanteil p_{dyn} wird aus der Antriebsdrehzahl n_{kan} im Modul KL_Pdyn be-
 25 rechnet.

Die zeitliche Änderung der Gesamtstellgröße Kupplungsdruck, die aus dem Regleranteil p_{reg} und dem Störgrößenanteil p_{ST} gebildet wird, wird erfindungsgemäß im Modul TP3
 30 geglättet oder auf einen definierten Wert pro Abtastschritt begrenzt. Dadurch wird gewährleistet, daß die Anregung des Regelkreises im regelungstechnisch stabilen Bereich bleibt.

Als Startwert für die Regelphase wird der Anlege- bzw. Öffnungsdruck des Schaltelements p_{offset} zu Beginn der Regelphase verwendet. Der Druck p_{offset} wird zu Beginn der Regelphase bei jeder Schaltung neu bestimmt.

Zur Bestimmung des Anlege- bzw. Öffnungsdrucks des Schaltelements p_{offset} wird wie folgt vorgegangen:

10 Gemäß Fig. 2 werden im allgemeinen bei der Kupplungsansteuerung die vier Phasen Befüllungsphase, Anlegephase, Regelphase und Phase außerhalb des Schaltvorgangs unterschieden, wobei die Drehzahlverläufe von Motor n_{mot} , Primär- und Sekundärscheibe n_{kan} bzw. n_{kab} sowie der Druckverlauf in
15 jeder Phase unterschiedliche Werte annehmen.

Wenn das Schaltelement drucklos ist, muß im Rahmen der Befüllungsphase vor der gewünschten Regelung der Differenzdrehzahl die Kupplung/Bremse an den Arbeitspunkt herangeführt werden.

Dies geschieht über die sogenannte Schnellfüllung mit anschließender Füllausgleichsphase. Nach abgeschlossener Befüllungsphase führt jede weitere Druckerhöhung direkt zu einer Erhöhung des von der Kupplung übertragenen Drehmomentes.

Das Ziel der Anlegephase ist es, möglichst exakt den Arbeitspunkt der Kupplung zu finden. Während in der voranstehenden Befüllungsphase der Arbeitspunkt aufgrund von Toleranzen und zeitabhängigen Systemparametern nur relativ grob angefahren werden kann, erfolgt mit der Anlegephase eine Art "Feintuning" des Arbeitspunktes.

Dies erfolgt, indem die Ansteuerung sich vorsichtig an den Arbeitspunkt herantastet, wobei in jedem Schritt die Auswirkung auf die Regelstrecke kontrolliert wird. Folglich werden, wie im folgenden erläutert, durch die Anlegephase die Startwerte für die Ansteuerung in der Regelphase definiert.

Während der Regelphase wird die Kupplung geregelt mit dem Ziel, eine definierte Differenzdrehzahl (Sollwert) bzw. einen definierten Differenzdrehzahlverlauf (Sollwertverlauf) einzustellen.

Nach abgeschlossenem Schaltvorgang wird die Kupplung im vollständig geschlossenen Zustand mit einem bestimmten Druck gemäß übergeordneten Kriterien beaufschlagt. Der Ansteuerdruck ist hierbei mindestens so groß, daß die Kupplung das volle antriebsseitige Drehmoment übertragen kann.

Die Ermittlung des Druckwertes p_{offset} erfolgt in Abhängigkeit des Betriebszustandes wie folgt:

a) Übergang aus dem Zustand "Kupplung offen":

Nach der bereits erläuterten Füllausgleichsphase wird der Ansteuerdruck gemäß einem vorgegebenen Gradienten im Rahmen einer Steuerphase allmählich erhöht, bis anhand der Differenzdrehzahl von Antriebsseite und Abtriebsseite der Kupplung eine Reaktion zu erkennen ist. Diese Reaktion besteht darin, daß sich die Drehzahldifferenz um einen definierten Schwellwert verringert. Der in diesem Zustand als Sollwert vorgegebene Druckwert wird als der Startwert p_{offset} für die nachfolgende Regelphase verwendet.

b) Übergang aus dem Zustand "Kupplung geschlossen":
Der Ansteuerdruck der Kupplung wird gemäß einem vorgegebenen Gradienten allmählich reduziert, bis ein
5 Schwellwert der Differenzdrehzahl zwischen An- und Abtriebsseite der Kupplung überschritten ist, wodurch ein Öffnen der Kupplung angezeigt wird. Auch hier wird der in diesem Zustand als Sollwert vorgegebene Druckwert als Startwert p_{offset} für die nachfolgende Regelphase verwendet.
10

Bevor die um P_{offset} erhöhte Gesamtstellgröße Kupplungsdruck auf die Regelstrecke aufgeschaltet wird, erfolgt erfindungsgemäß als letzter Schritt im Berechnungsblock
15 Kl_{Reib} noch eine Korrektur bzgl. der Differenzdrehzahlabhängigkeit des Reibbeiwertes.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zum Gangeinlegen die Kupplung aus dem geöffneten Zustand geschlossen, wobei zuerst die Befüllphase ausgeführt wird, um
20 die Kupplung in Eingriff zu bringen. Erst nach der Befüllphase wird in der Regelphase das Schaltelement auf die gewünschte Differenzdrehzahl geführt. Um die Kupplung zu schließen, wird erfindungsgemäß die Solldifferenzdrehzahl auf Null gesetzt.
25

Wenn an der Kupplung im Rahmen weiterer Funktionalitäten definierte Differenzdrehzahlen (Schlupf) eingestellt und aufrecht erhalten werden sollen, wird mit der gleichen
30 Regelungsstruktur gearbeitet. Nur die Vorgabe des Soll-Differenzdrehzahlverlaufs (Sollwert für die Regelung) wird entsprechend modifiziert.

Es sei noch erwähnt, daß das erfindungsgemäße Verfahren bei jeder drehmomenteübertragenden Reibkupplung bzw. Bremse angewendet werden kann.

5 Im Rahmen einer Variante der Erfindung wird mittels
der gemessenen Getriebeöltemperatur in Verbindung mit einem
mathematisch-physikalischen Modell des Wärmeeintrags im
Schlupfbetrieb der Kupplung eine Temperaturüberwachung der
Kupplung durchgeführt, um eine Überhitzung und damit eine
10 Beschädigung bzw. Zerstörung der Kupplungsbeläge zu vermei-
den.

Bezugszeichen

	$m_{anOffset}$	Moment an der Reischlußverbindung im Arbeitspunkt
5	m_{an}	Moment an der Reibschlußverbindung aktuell
	n_{kan}	Drehzahl Primärscheibe
	n_{kab}	Drehzahl Sekundärscheibe
	Δn_{soll}	Differenzdrehzahl-Sollwert an der Reibschlußverbindung
10	p_{offset}	Druck der Reibschlußverbindung im Arbeitspunkt
	p_{soll}	Solldruck an der Reibschlußverbindung
	m_{red}	Reduktionsmoment Antrieb
	TP	Tiefpaßfilter
	ABS	Absolutwertbildung
15	Regler	digitaler Regler
	Beg	Schrittweitenbegrenzung der Stellgröße
	Kl_{Reib}	Inverse normierte Reibwertcharakteristik
	Kl_{mt}	Momenten-Druck Umrechnung
	Kl_m	Regeldifferenz-Reduktionsmoment Umrechnung
20	n_{mot}	Motordrehzahl
	Δm_{an}	Abweichung Drehmoment zum Arbeitspunkt
	$\mu(\Delta n)$	Reibbeiwert
	Δn	Differenzdrehzahl an der Reibschlußverbindung
	r	mittlerer Reibradius der Reibschlußverbindung
25	z	Anzahl der Reibbeläge
	A_k	Kolbenfläche
	p_{ST}	Druckdifferenz, bezogen auf den Arbeitspunkt

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Differenzdrehzahlregelung einer
5 schaltbaren Reibschlußverbindung und insbesondere einer
Kupplung oder einer Bremse im Antriebsstrang eines Kraft-
fahrzeuges mittels eines Regelkreises mit der Soll-Dreh-
zahldifferenz als Führungsgröße und der aktuellen Drehzahl-
differenz als Regelgröße, dadurch g e k e n n z e i c h -
10 n e t , daß das Regelungskonzept des Regelkreises für
jede erforderliche Anwendung der Reibschlußverbindung iden-
tisch aufgebaut ist und daß neben dem einzustellenden Kupp-
lungsdruck bzw. Bremsendruck p_{soll} mindestens eine weitere
Stellgröße verwendet wird, wobei der Regelkreis einen li-
15 nearen Regler und Dämpfungsglieder (TP1, TP2, TP3) enthält,
derart, daß die zeitliche Änderung der gedämpften Größen
pro Abtastschritt einen vorbestimmten Wert nicht über-
schreitet, so daß die Anregung des Regelkreises im rege-
lungstechnisch stabilen Bereich bleibt.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t , daß das Motormoment als weitere Stell-
größe m_{red} verwendet wird.

25

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t , daß die Art des Motoreingriffs so ge-
wählt wird, daß die Reaktionszeit zwischen der Anforderung
und der tatsächlichen Momentenreduktion des Antriebs mög-
lichst gering ist.

30

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch g e -
k e n n z e i c h n e t , daß ein Motoreingriff durchge-
führt wird, wenn die Differenz zwischen der aktuellen Dreh-

zahldifferenz und der Soll-Drehzahldifferenz eine vorgegebene Schranke überschreitet.

5 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Höhe der Motorre-
duktion im Rahmen des Motoreingriffs eine Funktion der Grö-
ße der Regeldifferenz ist.

10 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Führungs-
größe Soll-Drehzahldifferenz Δn_{soll} kontinuierlich zeit-
lich geglättet oder auf einen definierten Wert pro Abtast-
schritt begrenzt wird, so daß Unstetigkeiten im zeitlichen
Verlauf der Führungsgröße vermieden werden.

15

 7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß zur Berech-
nung der Ist-Drehzahldifferenz die Drehzahlen der An-
triebsseite n_{kan} und der Abtriebsseite n_{kab} der Reibschluß-
20 verbindung erfaßt werden, wobei vor der Differenzbildung
die Größe n_{kab} mittels eines ersten Dämpfungsgliedes (TP1)
geglättet oder auf einen definierten Wert pro Abtastschritt
begrenzt wird.

25

 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t , daß vor der Differenzbildung die Grö-
ße n_{kan} mittels eines Dämpfungsgliedes geglättet oder auf
einen definierten Wert pro Abtastschritt begrenzt wird.

30

 9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Ausgangs-
größe des Reglers bzw. der Regleranteil p_{reg} im Regler aus
der Regeldifferenz aus dem Absolutwert des Soll-Differenz-

drehzahlwerts und dem Absolutwert des Ist-Differenzdrehzahlwerts von Antrieb und Abtrieb berechnet wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das aktuelle Antriebsmoment der Reibschlußverbindung als Störgröße additiv zum Regleranteil p_{reg} berücksichtigt wird, wobei der Störgrößenanteil p_{ST} dadurch berechnet wird, daß die vorzeichenbehaftete Abweichung zwischen dem aktuellen Drehmoment m_{an} und der Arbeitspunktlage m_{an_offset} über einen Berechnungsblock Kl_{mt} in einen entsprechenden äquivalenten Druck p_{ST} gemäß der Gleichung

$$p_{ST} = \Delta m_{an} * \frac{1}{\mu(\Delta n) \cdot r \cdot z \cdot A_K}$$

15

umgerechnet wird, mit

Δm_{an} : Abweichung Drehmoment zum Arbeitspunkt

$\mu(\Delta n)$: Reibbeiwert

20 Δn : Differenzdrehzahl an der Reibschlußverbindung

r : mittlerer Reibradius der Reibschlußverbindung

z : Anzahl der Reibbeläge

A_K : Kolbenfläche

p_{ST} : Druckdifferenz, bezogen auf den Arbeitspunkt,

25

wobei konstruktionsbedingte dynamische Druckanteile berücksichtigt werden, indem anschließend die Größe p_{ST} um den entsprechenden dynamischen bzw. rotatorischen Druckanteil p_{dyn} reduziert wird, der aus der Antriebsdrehzahl n_{kan} berechnet wird.

30

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Startwert für die Regelphase der Anlege- bzw. Öffnungsdruck des Schaltelements p_{Offset} zu Beginn der Regelphase verwendet
5 wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Anlege- bzw. Öffnungsdruck des Schaltelements p_{Offset} zu Beginn der Regelphase bei
10 jeder Schaltung neu bestimmt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Anlege- bzw. Öffnungsdruck des Reibschlußverbindung p_{Offset}
15 zwischen Befüllphase und Regelphase eine weitere Steuerphase eingefügt wird, wobei eine gesteuerte Druckrampe solange aktiviert bleibt, bis am Drehzahlverlauf der An- und Abtriebsseite eine entsprechende Reaktion vorgegebener Größe erkennbar ist.
20

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitliche Änderung der Gesamtstellgröße Kupplungsdruck mittels eines Dämpfungsgliedes (TP3) geglättet oder auf einen definierten
25 Wert pro Abtastschritt begrenzt wird.

15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bevor die Gesamtstellgröße Kupplungsdruck auf die Regelstrecke aufgeschaltet wird, als letzter Schritt in einem Berechnungsblock Kl_{Reib} noch eine Korrektur bzgl. der Differenzdrehzahlabhängigkeit des Reibbeiwertes erfolgt.
30

16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der gemessenen Getriebeöltemperatur in Verbindung mit einem mathematisch-physikalischen Modell des Wärmeeintrags im Schlupfbetrieb der Reibschlußverbindung eine Temperaturüberwachung der Reibschlußverbindung durchgeführt wird, um eine Überhitzung und damit eine Beschädigung bzw. Zerstörung der Kupplungsbeläge zu vermeiden.

17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Soll-Drehzahldifferenz den Wert 0 annimmt, um die Reibschlußverbindung zu schließen.

18. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zum Ausführen weiterer Funktionalitäten der Reibschlußverbindung lediglich definierte Soll-Drehzahldifferenzwerte eingegeben werden.

20

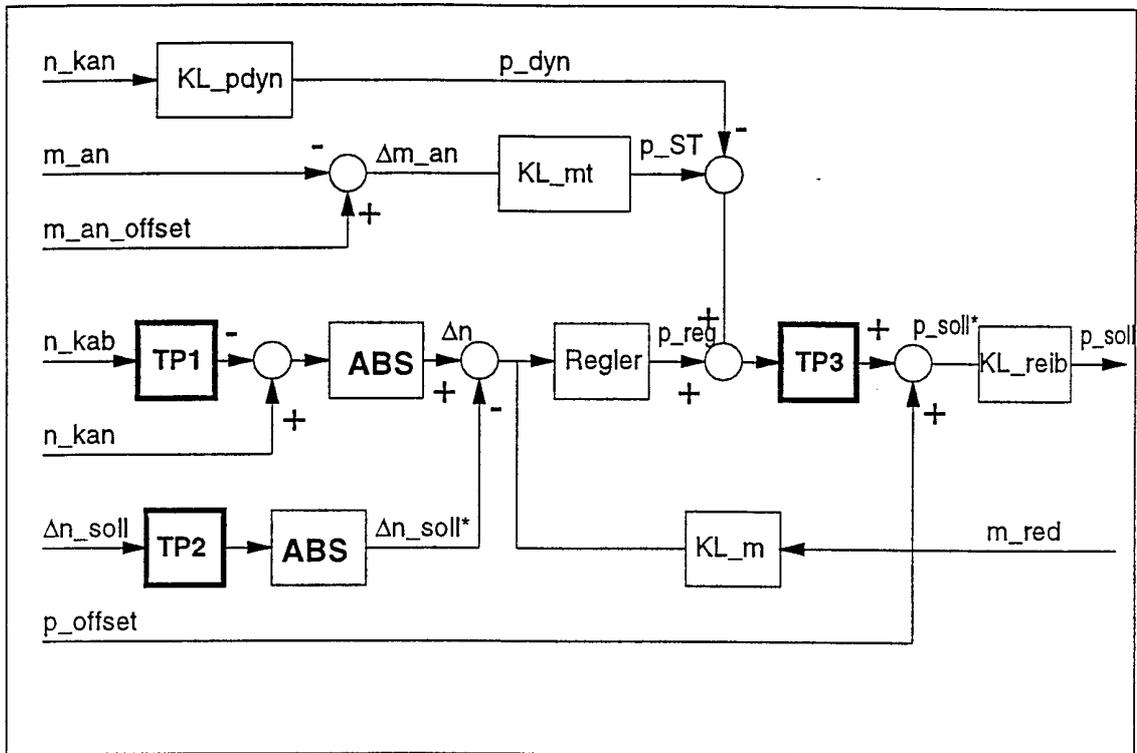


Fig. 1

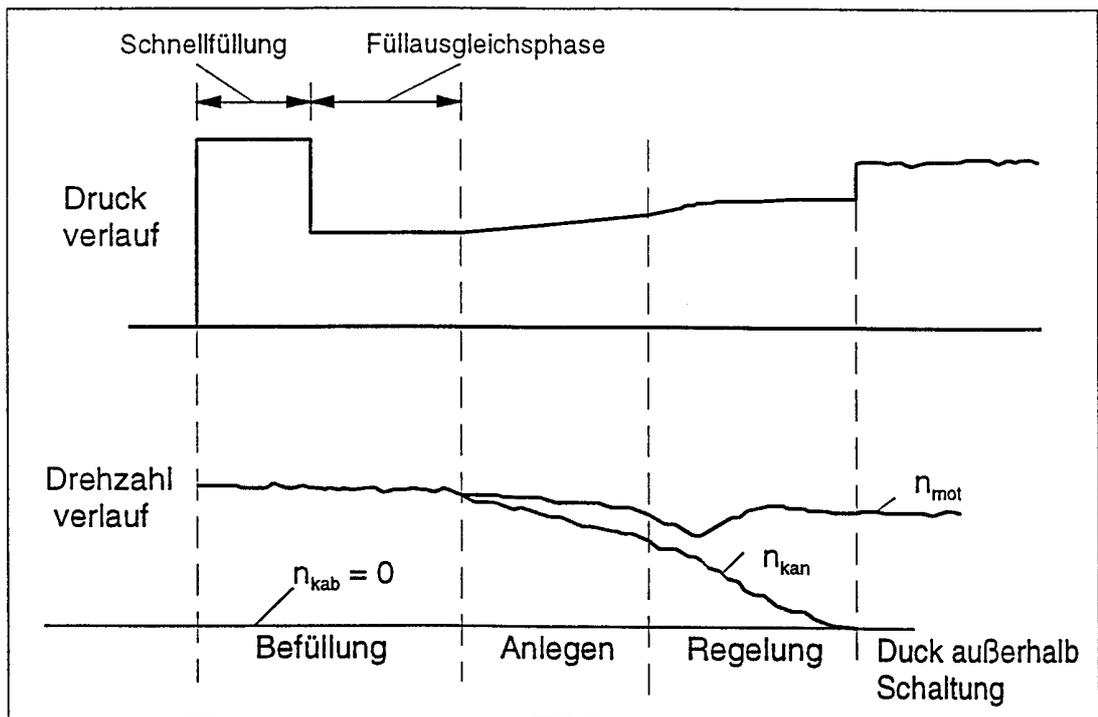


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No

PCT/EP 99/08393

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 F16D48/06 B60K41/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 F16D B60K F16H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 322 150 A (SCHMIDT-BRUECKEN HANS-JOACHIM ET AL) 21 June 1994 (1994-06-21) column 1, line 60 -column 3, line 29 column 4, line 47 -column 5, line 18 figure	1,2
X	US 5 630 773 A (CHAN KWOK W ET AL) 20 May 1997 (1997-05-20) column 7, line 31 -column 8, line 39 claims 1,5 figures 1,5,6	1,2
A	DE 39 24 632 A (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN) 1 February 1990 (1990-02-01) abstract; figure 1	1
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 March 2000

Date of mailing of the international search report

16/03/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Mende, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Patent Application No

PCT/EP 99/08393

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 5 697 867 A (FUKUMURA KAGENORI ET AL) 16 December 1997 (1997-12-16) column 10, line 50 -column 15, line 16; figures 1,2,5,6,39-42</p>	<p>1,2</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Intern. Application No

PCT/EP 99/08393

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5322150 A	21-06-1994	DE 4100372 A	16-07-1992
		DE 59202989 D	31-08-1995
		EP 0494608 A	15-07-1992
		ES 2077874 T	01-12-1995
		JP 4296227 A	20-10-1992
US 5630773 A	20-05-1997	BR 9700172 A	08-09-1998
		CN 1165099 A	19-11-1997
		EP 0787923 A	06-08-1997
		JP 9210092 A	12-08-1997
DE 3924632 A	01-02-1990	WO 9001431 A	22-02-1990
		EP 0426745 A	15-05-1991
		JP 2726132 B	11-03-1998
		JP 4500114 T	09-01-1992
		US 5283738 A	01-02-1994
US 5697867 A	16-12-1997	JP 7332144 A	22-12-1995
		US 5857443 A	12-01-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. nales Aktenzeichen

PCT/EP 99/08393

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 F16D48/06 B60K41/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 F16D B60K F16H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 322 150 A (SCHMIDT-BRUECKEN HANS-JOACHIM ET AL) 21. Juni 1994 (1994-06-21) Spalte 1, Zeile 60 -Spalte 3, Zeile 29 Spalte 4, Zeile 47 -Spalte 5, Zeile 18 Abbildung	1,2
X	US 5 630 773 A (CHAN KWOK W ET AL) 20. Mai 1997 (1997-05-20) Spalte 7, Zeile 31 -Spalte 8, Zeile 39 Ansprüche 1,5 Abbildungen 1,5,6	1,2
A	DE 39 24 632 A (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN) 1. Februar 1990 (1990-02-01) Zusammenfassung; Abbildung 1	1
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindeterischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindeterischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche
7. März 2000

Abenddatum des Internationalen Recherchenberichts
16/03/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter
Mende, H

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 697 867 A (FUKUMURA KAGENORI ET AL) 16. Dezember 1997 (1997-12-16) Spalte 10, Zeile 50 -Spalte 15, Zeile 16; Abbildungen 1,2,5,6,39-42 -----	1,2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern. Aktenzeichen

PCT/EP 99/08393

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5322150 A	21-06-1994	DE 4100372 A	16-07-1992
		DE 59202989 D	31-08-1995
		EP 0494608 A	15-07-1992
		ES 2077874 T	01-12-1995
		JP 4296227 A	20-10-1992
US 5630773 A	20-05-1997	BR 9700172 A	08-09-1998
		CN 1165099 A	19-11-1997
		EP 0787923 A	06-08-1997
		JP 9210092 A	12-08-1997
DE 3924632 A	01-02-1990	WO 9001431 A	22-02-1990
		EP 0426745 A	15-05-1991
		JP 2726132 B	11-03-1998
		JP 4500114 T	09-01-1992
		US 5283738 A	01-02-1994
US 5697867 A	16-12-1997	JP 7332144 A	22-12-1995
		US 5857443 A	12-01-1999