

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
22. Oktober 2015 (22.10.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/158343 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/DE2015/200196
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
26. März 2015 (26.03.2015)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2014 207 310.3 16. April 2014 (16.04.2014) DE
10 2014 207 361.8 16. April 2014 (16.04.2014) DE
10 2014 207 354.5 16. April 2014 (16.04.2014) DE
10 2014 207 833.4 25. April 2014 (25.04.2014) DE
10 2014 213 703.9 15. Juli 2014 (15.07.2014) DE
10 2014 213 927.9 17. Juli 2014 (17.07.2014) DE
10 2014 213 925.2 17. Juli 2014 (17.07.2014) DE
10 2014 214 196.6 22. Juli 2014 (22.07.2014) DE
- (71) **Anmelder:** SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).
- (72) **Erfinder:** NEUBERTH, Ulrich; Hildastr. 26, 76470 Ötigheim (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) **Title:** METHOD FOR REDUCING LOW-FREQUENCY VIBRATIONS IN THE DRIVE TRAIN OF A MOTOR VEHICLE

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUR VERMINDERUNG NIEDERFREQUENTER SCHWINGUNGEN IN EINEM ANTRIEBSSTRANG EINES KRAFTFAHRZEUGS

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for reducing intermittently occurring vibrations, in particular shudder vibrations of a sub-assembly which is automatically controlled by an actuator, in particular a clutch actuator, on the basis of a set-point torque, in particular a clutch set-point torque assigned to a clutch torque that is to be transmitted, said sub-assembly being arranged in particular in a drive train of a motor vehicle between an internal combustion engine and a transmission and being in particular a friction clutch having an actual torque that is affected by recurrent vibrations. According to the invention, vibration portions having a known form with unknown coefficients are continuously calculated from an input signal that is representative of an actual vibration-affected torque on the basis of a known transmission behaviour of said actual torque, an in-phase correction torque is determined from said portions and the correction torque is used to correct the set-point torque. In order to separate and resolve multiple vibration portions, the input signal is based on an estimation model and the coefficients are determined on the basis of a recursive method of least square errors.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verminderung von zeitweise auftretenden Schwingungen, insbesondere Rupfschwingungen einer von einem Aktor, insbesondere Kupplungsaktor automatisiert anhand einer einem zu übertragenden Kupplungsmoment zugeordneten Sollmoment, insbesondere Kupplungssollmoment gesteuerten, insbesondere in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zwischen einer Brennkraftmaschine und einem Getriebe angeordneten Baueinheit, insbesondere Reibungskupplung mit einem infolge der auftretenden Schwingungen schwingungsbehafteten Istmoment, wobei aus einem für das schwingungsbehaftete Istmoment repräsentativen Eingangssignal anhand eines bekannten Übertragungsverhaltens des Istmoments Schwingungsanteile bekannter Form mit unbekanntem Vorfaktoren laufend ermittelt werden, aus diesen ein phasenrichtiges Korrekturmoment bestimmt und mit diesem das Sollmoment korrigiert wird. Um mehrere Schwingungsanteile voneinander trennen und auflösen zu können wird dem Eingangssignal ein Schätzmodell zugrunde gelegt und mittels des Schätzmodells werden die Vorfaktoren anhand eines rekursiven Verfahrens der kleinsten Fehlerquadrate bestimmt.



WO 2015/158343 A2

Verfahren zur Verminderung niederfrequenter Schwingungen in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verminderung von Rupfschwingungen einer von einem Kupplungsaktor automatisiert anhand einer einem zu übertragenden Kupplungsmoment zugeordneten Kupplungssollmoment gesteuerten, in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zwischen einer Brennkraftmaschine und einem Getriebe angeordneten Reibungskupplung mit einem infolge zeitweise auftretender Rupfschwingungen schwingungsbehafteten Kupplungssistmoment. Automatisierte Reibungskupplungen in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zwischen einer Brennkraftmaschine und einem Getriebe sind seit Langem bekannt. Hierbei verlagert anstatt des Fußes eines Fahrers ein mittels einer Steuereinrichtung gesteuerter Kupplungsaktor ein Betätigungselement, beispielsweise einen Kupplungshebel, eine Tellerfeder, eine Hebelfeder oder dergleichen entlang eines Betätigungsweges. Dem Betätigungsweg ist eine beispielsweise an äußere Verhältnisse wie Kupplungstemperatur, den Reibeigenschaften der Kupplungsbeläge, Betriebszeit und dergleichen anpassbare und beispielsweise mittels eines Tastpunkts auf den Betätigungsweg kalibrierbare Momentenkennlinie zugeordnet. Beispielsweise abhängig von der vom Fahrer gewünschten oder aus einer Getriebesteuerung resultierenden Betriebssituation der Reibungskupplung wird von einer Steuereinheit ein Kupplungssollmoment oder eine mit dieser verbundene Größe ermittelt und als Steuergröße zur Einstellung eines dem Kupplungssollmoment entsprechenden Betätigungswegs des Kupplungsaktors ausgegeben. Je nach Ausbildung des Kupplungsaktors kann diese Größe bei elektrischem Antrieb des Kupplungsaktors eine elektrische Größe wie Spannung, Strom

10
15
20
25

oder Pulsweite einer Versorgungsspannung oder ein Druck, ein Volumenstrom oder dergleichen bei einem hydraulisch oder pneumatisch betriebenen Kupplungsaktor sein. Die Einstellung des Betätigungswegs kann mittels relativer und/oder absoluter Wegsensoren überwacht oder geregelt werden.

- 5 An derartigen Reibungskupplungen können bedingt durch die geometrischen, nicht dem Idealzustand entsprechenden Eigenschaften und Fertigungstoleranzen, beispielsweise zu ungleichem Reibeingriff führende Winkel- und/oder Achsversätze zwischen den Reibpartnern der Reibungskupplung, so genannte Rupf-
10 schwingungen auftreten, bei deren Auftreten dem aufgrund des vorgegebenen Kupplungssollmoments eingestellten Kupplungsmoment ein Kupplungsstörmoment mit einer vorgegebenen Amplitude und Frequenz überlagert wird, welches zu Komfortstörungen des Kraftfahrzeugs und erhöhtem Verschleiß führen kann. Zur Verminderung derartiger Rupf-
15 schwingungen ist beispielsweise aus der DE 10 2012 217 132 A1 ein Verfahren bekannt, bei dem die Frequenz, Amplitude und Phase einer dem Getriebeeingangssignal überlagerten Schwingung ermittelt wird. Abhängig von der ermittelten Frequenz wird
20 hierbei ein verstärktes und phasenverschobenes Signal gleicher Frequenz erzeugt und als Steuersignal auf das Kupplungssollmoment moduliert, um Schwingungen des Getriebeeingangssignals auszulöschen. Beim Auftreten mehrerer Frequenzanteile mit vergleichbarer Amplitude im ermittelten Bereich kann diese Kompensation zu einem
25 schwer kontrollierbaren Verhalten führen. Findet zudem ein Phasensprung im Getriebeeingangssignal statt, ist eine Frequenzbestimmung schwierig, ebenso bei sich stark ändernder Amplitude oder Frequenz, da Amplituden-, Phasen- und Frequenzmodulation miteinander zusammenhängen.

- In der DE 10 2013 204 698 A1 wird ein Verfahren offenbart, um Triebstrangschwingungen in allgemeiner Form durch eine Tilgung einer Resonanzfrequenz zu dämpfen.

Mittels dieses Verfahrens ist eine Verringerung der geometrisch bedingten Rupschwingungen nur begrenzt möglich. Zwar lassen sich durch Anpassung von Filterparametern bekannte Anregungsfrequenzen variieren, um eine Optimierung für diese Anregung durchzuführen, doch können dadurch weitere Anregungsfrequenzen verstärkt, beispielsweise ein geometrisch bedingtes Rupsen in einer anderen Frequenz gefördert werden.

Aus der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung Nr. 10 2013 206 446.2 ist ein Verfahren zur Verminderung von Rupschwingungen einer von einem Kupplungsaktor automatisiert anhand einer einem zu übertragenden Kupplungsmoment zugeordneten Kupplungssollmoment gesteuerten, in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zwischen einer Brennkraftmaschine und einem Getriebe angeordneten Reibungskupplung bekannt. Hierbei werden ein Kupplungsmoment überlagernde Rupschwingungen korrigiert, indem aus einem Übertragungsverhalten des Kupplungsmoments eine absolute Amplitude und eine Phase eines am Ausgang der Reibungskupplung ermittelten, einem Regler zugeführten Eingangssignals ermittelt werden, aus diesen ein phasenselektives Störmoment bestimmt, aus diesem ein phasenrichtiges Korrekturmoment bestimmt und mit diesem das Kupplungssollmoment mittels eines das Kupplungsmoment mit dem Korrekturmoment regelnden Reglers korrigiert wird. Aufgabe der Erfindung ist die vorteilhafte Weiterbildung eines derartigen Verfahrens, insbesondere zur Trennung mehrerer, miteinander korrelierender Schwingungsanteile. Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Verfahrens des Anspruchs 1 gelöst. Die von diesem abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens des Anspruchs 1 wieder.

Das vorgeschlagene Verfahren dient der Verminderung von zeitweise auftretenden Schwingungen, beispielsweise auftretenden Schwingungen bei der Steuerung einer

Elektromaschine und insbesondere Rupfschwingungen einer von einem Aktor, insbesondere Kupplungsaktor automatisiert anhand einer einem zu übertragenden Kupplungsmoment zugeordneten Sollmoment, insbesondere Kupplungssollmoment gesteuerten, insbesondere in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zwischen einer
5 Brennkraftmaschine und einem Getriebe angeordneten Baueinheit, insbesondere Reibungskupplung mit einem infolge der auftretenden Schwingungen schwingungsbehafteten Istmoment, wobei aus einem für das schwingungsbehaftete Istmoment repräsentativen Eingangssignal anhand eines bekannten Übertragungsverhaltens des Istmoments Schwingungsanteile bekannter Form mit unbekanntem Vorfaktoren
10 laufend ermittelt werden, aus diesen ein phasenrichtiges Korrekturmoment bestimmt und mit diesem das Sollmoment korrigiert wird. Eine verbesserte Auflösung und Trennung von einzelnen, beispielsweise miteinander korrelierenden Schwingungsanteilen wird erzielt, indem dem Eingangssignal ein Schätzmodell zugrunde gelegt wird und mittels des Schätzmodells die Vorfaktoren anhand eines rekursiven Verfahrens der kleinsten Fehlerquadrate bestimmt werden.
15

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform werden zur Erzielung einer Anpassung an sich zeitlich ändernde Sollmomente laufend zu vorgegebenen Abtastzeitpunkten des Eingangssignals Messwerte erfasst und neuere Messwerte gegenüber älteren Messwerten bei der Ermittlung der Vorfaktoren gewichtet.

20 Das Schätzmodell kann aus einem konstanten Anteil und einem zeitlich linear ansteigenden Anteil gebildet sein. Alternativ kann dem Schätzmodell ein zeitlicher Drehzahlverlauf, beispielsweise der Verlauf einer Motordrehzahl, der Verlauf der Getriebeingangsdrehzahl, einer Schlupfdrehzahl der Reibungskupplung und/oder dergleichen der Eingangsgröße zugrunde gelegt werden. Hierbei wird beispielsweise aus einem
25 Kupplungssollmomentmodell einer Fahrstrategie, die das vorzugebende Kupplungs-

sollmoment ausgibt, abhängig vom Übertragungsverhalten dieses Kupplungssollmoment unterlegt, so dass daraus bei bekanntem Übertragungsverhalten der entsprechende Drehzahlverlauf im von den Schwingungsanteilen ungestörten Fall zugrunde gelegt werden kann und die auftretenden Schwingungen gegenüber dem ungestörten

5 Drehzahlverlauf identifiziert werden können.

Hierbei kann jeder erwartete Schwingungsanteil mittels jeweils einer ersten Sinusfunktion, deren Phase sich mit der Frequenz des erwarteten Schwingungsanteils kontinuierlich ändert und mittels jeweils einer zweiten Sinusfunktion mit gegenüber der Phase der ersten Sinusfunktion um 90° verschobener Phase identifiziert werden. Aus den

10 beobachteten Messwerten kann dabei jeweils ein als Vorfaktor dienender Schwingungsvektor mit Amplitude und Phaseninformation für jeweils einen Schwingungsanteil der jeweiligen ersten Sinusfunktionen zugefügt werden.

Hierbei kann zur Identifikation eines Schwingungsvektors aus einem Signalverlauf ein Skalarprodukt von Funktionen, beispielsweise dem Messsignal und einer Sinus-

15 funktion gebildet werden, das auch als (Orthogonal-)Projektion bezeichnet werden kann. Das Skalarprodukt mit einer Sinusfunktion entspricht dabei einer Projektion auf einen normierten Schwingungsvektor in y-Achse: Besteht das zu analysierende Signal beispielsweise aus einer Cosinus-Funktion, die 90° phasenversetzt zur Sinusfunktion, so ist das Ergebnis Null, obwohl eine endliche Amplitude und passende Frequenz

20 vorhanden sind. Für eine vollständige Beschreibung des Schwingungsvektors ist daher eine zweite Komponente notwendig, beispielsweise dessen Amplitude oder dessen Phase, eine komplexe Zahl oder ein Vektor. Durch die Wahl einer Sinus- und Kosinusfunktion kann ein Koordinatensystem wie Bezugssystem zur Verfügung

25 werden. Innerhalb dieses Bezugssystems lassen sich Drehzahlverlauf, Störmoment und Korrekturmoment als Vektor beschreiben.

Hierbei können jeweils ein phasenrichtiges Störmoment und ein phasenrichtiges Korrekturmoment beispielsweise abhängig von einem Frequenzgang des Übertragungsverhaltens in einem derartigen Bezugssystem bestimmt werden.

- 5 In dem Schätzmodell können desweiteren Betriebsgrößen des Kraftfahrzeuges, insbesondere die Fahrzeugmasse, eine Fahrbahnsteigung, eine Getriebeübersetzung, ein mittels der Fahrstrategie abgeleitetes Kupplungsmomentenmodell und/oder dergleichen berücksichtigt werden.

Mit anderen Worten betrifft das vorgeschlagene Verfahren eine vorteilhafte Weiterbildung des in der nicht vorveröffentlichten deutschen Patenmeldung Nr.
10 2013 206 446.2, die hiermit vollumfänglich in die vorliegende Anmeldung aufgenommen ist, enthaltenen Verfahrens. Es handelt sich dabei um eine Softwarestrategie, die bei erzwungener Schwingungsanregung durch eine Überlagerung aus mehreren bekannten Frequenzen die einzelnen Anregungsfrequenzanteile mit Amplituden-
15 und Phaseninformation bestimmt. Diese soll in Echtzeit auch in einem typischen Steuergerät, wie es beispielsweise für eine mechatronisch angesteuerte Reibkupplung verwendet wird, lauffähig sein. Primärer Verwendungszweck ist die Identifikation von geometrisch angeregten Kupplungsmomentenschwankungen aus einem Getriebeeingangsdrehzahlsignal, um deren Auswirkungen durch eine entsprechende Gegenan-
20 steuerung durch eine mechatronische Reibkupplung zu mindern. Das Verfahren kann aber auch für andere ähnliche Problemstellungen vorgesehen werden, beispielsweise bei der Ansteuerung von E-Maschinen.

Hierbei wird von einem Verfahren zur Verminderung geometrisch angeregter Kupplungsmomentenschwankungen mit bekannten Anregungsfrequenzen ausgegangen.

- 25 Das Verfahren identifiziert dabei mehrere mögliche Anregungsfrequenzen unabhängig

voneinander. Eine Zuordnung einer Drehzahlschwingung zu einer Momentenschwingung erfolgt mittels einer inversen Übertragungsfunktion. Die Identifikation entspricht einer Beobachtung mehrerer zeitlich begrenzter Schwingungen unterschiedlicher Frequenzen. Die zugrundeliegenden Funktionen sind daher nicht orthogonal. Dies führt
5 dazu, dass beispielsweise ein Schwingungsanteil einer Frequenz und deren Beobachtung auch einer anderen Frequenz zugeordnet werden kann, so dass scheinbare Schwingungsanteile auch bei dieser anderen Frequenz vorhanden sind, da die Signale miteinander korrelieren.

Der zeitliche Verlauf des beobachteten Drehzahlsignals lässt sich in eine Summe
10 mehrerer Anteile zerlegen. Die Form dieser Schwingungsanteile wird bis auf einen langsam veränderlichen, über einen vorgegebenen Zeitraum als konstant angenommenen Vorfaktor bekannt. Nicht bekannte Anteile werden als „Stör rauschen“ vernachlässigt. Das Verfahren nutzt dabei die statistischen Eigenschaften einer multiplen, beispielsweise für jeden Schwingungsanteil vorgesehenen linearen Regression, um eine
15 optimale Parameterschätzung der Vorfaktoren gemäß des minimalen quadratischen Fehlers (least square – Minimierung) zu erhalten. Da sich in Echtzeitanwendungen eine herkömmliche lineare Regression wegen einer großen Prozessorbelastung oder hohen Prozessorlaufzeiten als nachteilig erwiesen hat, wird das vorgeschlagene Verfahren in bevorzugter Weise mittels rekursiver Methoden durchgeführt. Beispielsweise
20 wird das Verfahren mit der RLS-Methode (recursive least squares estimation) durchgeführt.

Um eine mögliche zeitliche Veränderung der identifizierten Vorfaktoren zu berücksichtigen, kann ein sogenanntes exponentielles Vergessen vorgesehen werden, das einer erhöhten Gewichtung der neueren Messwerte entspricht.

Für eine ausreichend gute Schätzung der Vorfaktoren wird ein vorteilhaftes Schätzmodell vorgeschlagen, welches einen konstanten Anteil (=1) der aktuellen Geschwindigkeit, die ohne erzwungene Schwingungsanregung zu erwarten ist, und einen zeitlich linear ansteigenden Anteil, der die Fahrzeugbeschleunigung berücksichtigt, die ohne erzwungene Schwingungsanregung zu erwarten ist, enthält.

Zur Identifikation der einzelnen Schwingungsanteile auf Momentenbasis wird jeweils eine Sinusfunktion verwendet, deren Phase sich mit der Frequenz der zugehörigen erwarteten Anregung kontinuierlich ändert, das heißt, die Frequenz ist die zeitliche Ableitung der Phase. Außerdem wird jeweils eine weitere zu dieser um 90° phasenverschobene Sinusfunktion verwendet, sodass sich aus den daraus geschätzten Parametern ein Schwingungsvektor mit Amplituden und Phaseninformation in Bezug auf die Anregungsfrequenz im Sinne einer „Zeigerdarstellung“ einer Schwingung ergibt. Um aus der Beobachtung beispielsweise einer Drehzahlschwingung beispielsweise eine Kupplungsmomentenschwingung zu bestimmen, lässt sich ein bekannter zugehöriger Frequenzgang beispielsweise in Form eines Amplitudenverhältnisses, eines Phasenverzugs und dergleichen direkt als Vorfaktor und Phasenoffset zur entsprechenden Sinusfunktion in Abhängigkeit von der Anregungsfrequenz beaufschlagen. Bei Verwendung des richtigen Frequenzgangs lässt sich damit direkt ein Momentenschwingungsvektor berechnen, der notwendig wäre, um die beobachtete Drehzahlschwingung zu erzeugen beziehungsweise mittels der phasenversetzten Sinusfunktionen auszulöschen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform zur Verfeinerung des Verfahrens können die oben genannten konstanten und linear ansteigenden Anteile des Schätzmodells durch ein Modell ersetzt oder erweitert werden, das den erwarteten Drehzahlverlauf aus dem Kupplungsmomentenmodell der Fahrstrategie ermittelt, wobei dieses

Kupplungsmomentenmodell keine Ruffanregung beinhaltet. Auf diese Weise kann beispielsweise aus einer in dem Kupplungsmomentenmodell enthaltenden Fahrzeugmasse, einer Fahrbahnsteigung, einer Getriebeübersetzung und einem modellierten Kupplungsmoment und dergleichen eine erwartete Beschleunigung des Fahrzeugs
5 berechnet werden.

Mit den auf diese Weise erhaltenen geschätzten Vorfaktoren kann ein Regler, beispielsweise ein PI-Regler entsprechend der deutschen Patentanmeldung Nr.

10 2013 206 446.2 betrieben werden.

Die Erfindung wird anhand der einzigen Figur näher erläutert. Diese zeigt simulierte

10 Signalverläufe 1 bis 9 über die Zeit t während eines Antriehvorgangs des Kraftfahrzeugs bei schlupfender, sich langsam schließender Reibungskupplung mit einem komplexen Übertragungsverhalten zwischen Kupplungsmoment und Getriebeeingangsdrehzahl. Die Simulation zeigt eine geometrische Anregung mit einer Amplitude von einem Newtonmeter, die mit der Frequenz der Getriebeeingangsdrehzahl, beispielsweise 120rpm entsprechend einer Anregung von 2 Hz Anregung schwingt. Der
15 Signalverlauf 1 im Teildiagramm I entspricht der Motordrehzahl der Brennkraftmaschine, der Signalverlauf 2 der Getriebeeingangsdrehzahl und der Signalverlauf 3 der Schlupfdrehzahl der Reibungskupplung. Zur Identifikation der Vorfaktoren der Schwingungsanteile werden neben einem konstanten Offset und einer Steigung des
20 verwendeten Schätzmodells die in dem Teildiagramm II dargestellte Anregung der Brennkraftmaschine im Signalverlauf 4 und die Anregung der Getriebeeingangsdrehzahl im Signalverlauf 5 in Teildiagramm III und die Anregung der Schlupfdrehzahl im Signalverlauf 6 in Teildiagramm IV vorgegeben. Neben den dargestellten Signalverläufen werden die entsprechend um 90° verschobenen, nicht dargestellten Signalverläufe
25 für die Identifikation der Vorfaktoren eingesetzt. Die erzeugten Signalverläufe

beinhalten zudem einen entsprechenden Frequenzgang, wobei nur im Fall des Signalverlaufs 4 eine konstante Amplitude und eine konstante Phase ausgebildet wird, da die Motordrehzahl weitgehend konstant ist. Die Signalverläufe 5, 6 weisen durch den kontinuierlichen Frequenzverlauf den Charakter des hinterlegten Frequenzgangs auf.

- 5 In dem Teildiagramm V sind die Signalverläufe 7, 8, 9 dargestellt, wobei der Signalverlauf 7 die identifizierten Amplituden der Anregung der Getriebeeingangsdrehzahl, der Signalverlauf 8 die identifizierten Amplituden der Anregung der Schlupfdrehzahl und der Signalverlauf 9 die identifizierten Amplituden der Anregung der Motordrehzahldrehzahl wiedergeben. Im Wesentlichen wird die in die Simulation eingeprägte
- 10 Anregungsamplitude von 1Nm im Signalverlauf 7 identifiziert. Auftretende Schwankungen sind auf den unzureichend modellierten komplexen Frequenzgang, der auf einer stückweise linearisierten Kennlinie der Reibungskupplung beruht, zurückzuführen. In vorteilhafter Weise bleibt ein Übersprechen auf die Signalverläufe 8, 9 im Wesentlichen aus, obwohl sich die Analysefrequenzen sehr nahe kommen und sich sogar
- 15 schneiden und insbesondere an den Kreuzungspunkten zweier Frequenzen die identifizierten Amplituden praktisch gleich groß sind. Dies bedeutet neben den insgesamt deutlich stabileren Signalverläufen 7, 8, 9 den größten Vorteil des vorgeschlagenen Verfahrens.

Bezugszeichenliste

1	Signalverlauf
2	Signalverlauf
3	Signalverlauf
4	Signalverlauf
5	Signalverlauf
6	Signalverlauf
7	Signalverlauf
8	Signalverlauf
9	Signalverlauf
I	Teildiagramm
II	Teildiagramm
III	Teildiagramm
IV	Teildiagramm
V	Teildiagramm
t	Zeit

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verminderung von zeitweise auftretenden Schwingungen, insbesondere Rupfschwingungen einer von einem Aktor, insbesondere Kupplungsaktor automatisiert anhand einer einem zu übertragenden Kupplungsmoment zugeordneten Sollmoment, insbesondere Kupplungssollmoment gesteuerten, insbesondere in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zwischen einer Brennkraftmaschine und einem Getriebe angeordneten Baueinheit, insbesondere Reibungskupplung mit einem infolge der auftretenden Schwingungen schwingungsbehafteten Istmoment, wobei aus einem für das schwingungsbehaftete Istmoment repräsentativen Eingangssignal anhand eines bekannten Übertragungsverhaltens des Istmoments Schwingungsanteile bekannter Form mit unbekanntem Vorfaktoren laufend ermittelt werden, aus diesen ein phasenrichtiges Korrekturmoment bestimmt und mit diesem das Sollmoment korrigiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass dem Eingangssignal ein Schätzmodell zugrunde gelegt wird und mittels des Schätzmodells die Vorfaktoren anhand eines rekursiven Verfahrens der kleinsten Fehlerquadrate bestimmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass laufend zu vorgegebenen Abtastzeitpunkten des Eingangssignals Messwerte erfasst werden und neuere Messwerte gegenüber älteren Messwerten bei der Ermittlung der Vorfaktoren gewichtet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Schätzmodell aus einem konstanten Anteil und einem zeitlich linear ansteigenden Anteil gebildet ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schätzmodell ein Drehzahlverlauf der Eingangsgröße zugrunde gelegt wird, der aus einem Kupplungssollmomentmodell einer Fahrstrategie abhängig vom Übertragungsverhalten unterlegt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass jeder erwartete Schwingungsanteil mittels jeweils einer ersten Sinusfunktion, deren Phase sich mit der Frequenz des erwarteten Schwingungsanteils kontinuierlich ändert und mittels jeweils einer zweiten Sinusfunktion mit gegenüber der Phase der ersten Sinusfunktion um 90° verschobener Phase identifiziert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass aus den beobachteten Messwerten jeweils ein als Vorfaktor dienender Schwingungsvektor mit Amplitude und Phaseninformation für jeweils einen Schwingungsanteil der jeweiligen ersten Sinusfunktionen zugefügt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Sinusfunktionen ein Bezugssystem für die Schwingungsanteile dargestellt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von einem Frequenzgang des Übertragungsverhaltens ein phasenrichtiges Korrekturmoment bestimmt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von einem Frequenzgang des Übertragungsverhaltens ein phasenrichtiges Störmoment bestimmt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Schätzmodell Betriebsgrößen des Kraftfahrzeuges, insbesondere die Fahrzeugmasse, eine Fahrbahnsteigung, eine Getriebeübersetzung und/oder ein mittels der Fahrstrategie abgeleitetes Kupplungsmomentenmodell berücksichtigt werden.

