

(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

16. Oktober 2014 (16.10.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2014/166490 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

F16D 48/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2014/200153

(22) Internationales Anmeldedatum:

1. April 2014 (01.04.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2013 206 446.2

11. April 2013 (11.04.2013) DE

10 2013 214 669.8 26. Juli 2013 (26.07.2013) DE

(71) Anmelder: SCHAEFFLER TECHNOLOGIES GMBH
& CO. KG [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074
Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: NEUBERTH, Ulrich; Hildastr. 26, 76470
Ötigheim (DE). REUSCHEL, Michael; Läufebergweg 3,
77833 Ottersweier (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, LT, 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, 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 PLUCKING OSCILLATIONS OF A FRICTION CLUTCH IN A DRIVE TRAIN OF A
MOTOR VEHICLE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR VERMINDERUNG VON RUPFSCHWINGUNGEN EINER REIBUNGSKUPPLUNG IN
EINEM ANTRIEBSSTRANG EINES KRAFTFAHRZEUGS

(57) Abstract: The invention relates to a method for reducing plucking oscillations of a friction clutch that is automatically
controlled by a clutch actor on the basis of a target clutch torque which is associated to a clutch torque to be transmitted, wherein the
friction clutch is arranged in the drive train of a motor vehicle between an internal combustion engine and a gear and has an
oscillation clutch actual torque as a result of temporary plucking oscillations. In order to achieve a reduction of the plucking
oscillations, an absolute amplitude and a phase of the input signal is determined from an input signal that is representative for the
oscillating clutch torque on the basis of an oscillation selective reference variable derived in a torque path between internal
combustion engine and friction clutch, on the basis of a transmission function reproducing the reference value to an oscillation
selective clutch torque, from which phase selective clutch disturbance torque an in-phase clutch correction torque is determined, and
by means of said in-phase clutch correction torque the desired clutch torque is corrected.

(57) Zusammenfassung: 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 schwingungsbehaftetem Kupplungssistmoment. Um
eine Verminderung der Rupfschwingungen zu erzielen, wird aus einem für das schwingungsbehaftete Kupplungsmoment
repräsentativen Eingangssignal anhand einer in einem Momentenverlauf zwischen Brennkraftmaschine und Reibungskupplung
abgeleiteten, schwingungsselektiven Führungsgröße eine absolute Amplitude und eine Phase des Eingangssignals ermittelt, anhand
einer die Führungsgröße auf ein schwingungsselektives Kupplungsmoment abbildenden Übertragungsfunktion ein phasenselektives
Kupplungsstörmoment bestimmt, aus diesem ein phasenrichtiges Kupplungskorrekturmoment bestimmt und mit diesem das
Kupplungssollmoment korrigiert wird.



WO 2014/166490 A2

Verfahren zur Verminderung von Rupfschwingungen einer Reibungskupplung in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs

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 schwingungsbehaftetem Kupplungsmoment. 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 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.

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 Rupfschwingungen auftreten, bei deren Auftreten dem aufgrund des vorgegebenen Kupplungssollmoments eingestellten Kupplungssollmoment eines mit einer vorgegebenen Amplitude und Frequenz überlagertes Kupplungsstörmoment überlagert wird, welches zu Komfortstörungen des Kraftfahrzeugs und erhöhtem Verschleiß führen kann. Zur Verminderung derartiger Rupfschwingungen ist beispielsweise aus der

- 2 -

nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung Nr. 10 2012 217 132.0 ein Verfahren bekannt, bei dem die Frequenz, Amplitude und Phase einer dem Getriebeeingangssignal überlagerten Schwingung ermittelt wird. Abhängig von der ermittelten Frequenz wird 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 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 nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung Nr. 10 2013 204 698.7 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 Rupfschwingungen 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 Rupfen in einer anderen Frequenz gefördert werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Verfahren zur Verringerung von Triebstrangschwingungen, insbesondere geometrisch angeregte Rupfschwingungen zu verringern.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die von diesem abhängigen Unteransprüche geben vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens nach Anspruch 1 wieder.

Bei dem vorgeschlagenen Verfahren handelt es sich um eine Softwarestrategie, um erzwungene Rupfschwingungen bekannter Frequenz an einer mechatronisch angesteuerten Reibungskupplung zu mindern. Typischerweise handelt es sich um Triebstrangschwingungen, die durch geometrische Fehler im Kupplungssystem induziert werden und beispielsweise durch eine Drehzahl der Brennkraftmaschine, einer Getriebeeingangs- oder Schlupfdrehzahl angeregt werden. Es wird eine Methode dargestellt, wie man aus der Analyse eines Eingangssignals, das die komfortrelevante Rupfschwingung zeigt, beispielsweise Getriebeeingangsdrehzahl oder Fahrzeugbeschleunigungssignal und weiterer Signale, die den Fre-

- 3 -

quenzen der erwarteten Anregungen entsprechen, beispielsweise Schlupfdrehzahl eine notwendige Ansteuerkorrektur in der Kupplungsaktorik berechnet. Das vorgeschlagene Verfahren eignet sich für weitere schwingungsbehaftete Prozesse, so dass anstatt kupplungsspezifischer Größen wie Kupplungssollmoment, Kupplungsistmoment, Kupplungsstörmoment, Kupplungskorrekturmoment, Rupfschwingung und dergleichen die allgemeinen Größen, beispielsweise Sollmoment, Istmoment, Störmoment, Korrekturmoment, Schwingung und dergleichen angesetzt werden können, die für die entsprechenden Prozesse in entsprechender Weise zutreffen. Desweiteren können bei einer Anwendung in einem Kupplungssteuerprozess weitere geometrische Anregungen, beispielsweise motorseitige Unwuchten und dergleichen kompensiert werden. Sollte die Kupplung beispielsweise bezüglich ihrer dynamischen Fähigkeiten zu derartigen Kompensationen nicht in der Lage sein, könnte das Korrekturmoment bei einem Hybridfahrzeug mit einer der Brennkraftmaschine zuschaltbaren Elektromaschine alternativ oder zusätzlich durch diese bereit gestellt werden, soweit diese triebstrangseitig die Reibungskupplung unterstützend angeordnet ist. Weiterhin können Schwingungen, die nicht alleinig von einer Rupfanregung abhängen, bei haftender Reibungskupplung von der Elektromaschine kompensiert werden.

Das vorgeschlagene Verfahren sieht eine Verminderung von Rupfschwingungen einer automatisiert betätigten Reibungskupplung in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs vor, wobei die Reibungskupplung zwischen einer Antriebseinheit, wie Brennkraftmaschine, Verbrennungsmotor und einem Getriebe mit einem mit einer von der Brennkraftmaschine bei geschlossener Reibungskupplung angetriebenen Getriebeeingangswelle angeordnet ist. Hierbei kann vorgesehen sein, dass mittels eines Eingangssignals, welches Kupplungsmomentenschwankungen umfasst und an dem mittels eines als Bezugsgröße dienenden Führungsfrequenzsignals eine Fourier-Analyse durchgeführt wird, wobei zwischen Kupplungssollmoment und Eingangssignal eine Übertragungsfunktion angewendet wird. In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass das Eingangssignal ein Getriebeeingangsdrehzahlsignal oder ein Fahrzeugbeschleunigungssignal ist, wobei das Eingangssignal durch Schwingungsfrequenz, Amplitude und Phase charakterisiert ist. In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Führungsfrequenz die Drehzahl der Antriebseinheit, wie beispielsweise des Verbrennungsmotors ist.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass die aus der Fourier-Analyse ermittelte Amplitude und Phase mittels der Inversen der Übertragungsfunktion sowie Vorzeichenumkehr und/oder einer Korrektur von Amplitude und Phase zur Korrektur des Kupplungssollmoments zurückgeführt werden, wobei zur Ermittlung des

phasenrichtigen Kupplungssollmomentenoffsets die Führungsfrequenz herangezogen wird und wobei zur Verminderung von Rupfschwingungen anstelle des Kupplungssollmoments die Summe aus Kupplungssollmoment und Kupplungssollmomentenoffset herangezogen wird. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Korrektur mittels eines Integral-Reglers erfolgt. Auf diese Weise kann eine unerwünschte Rupfschwingung, insbesondere geometrisches Rupfen kompensiert werden.

Im Einzelnen betrifft das vorgeschlagene Verfahren eine Verminderung von Rupfschwingungen, insbesondere durch geometrische Abweichung der Reibungskupplung erzwungene geometrische Rupfschwingungen einer Reibungskupplung. Diese wird von einem Kupplungsaktor automatisiert anhand einer einem zu übertragenden Kupplungsmoment zugeordneten Kupplungssollmoment gesteuert. Die Reibungskupplung ist bevorzugt in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zwischen einer Brennkraftmaschine und einem Getriebe angeordnet. An der Reibungskupplung können bedingt durch die geometrisch bedingten Rupfschwingungen zeitweise schwingungsbehaftete Kupplungsmomente auftreten. Hierbei werden aus einem für das schwingungsbehaftete Kupplungsmoment repräsentativen Eingangssignal anhand einer in einem Momentenverlauf zwischen Brennkraftmaschine und Reibungskupplung abgeleiteten, schwingungsselektiven Führungsgröße eine absolute Amplitude und eine Phase des Eingangssignals ermittelt. Aus diesen wird mittels einer das Eingangssignal auf ein schwingungsselektives Kupplungsmoment abbildenden Übertragungsfunktion ein phasenselektives Kupplungsstörmoment bestimmt, aus diesem ein phasenrichtiges Kupplungskorrekturmoment bestimmt und mit diesem das Kupplungssollmoment korrigiert. Das Eingangssignal kann aus einem Getriebeeingangssignal, beispielsweise einem Drehkennwert wie Drehzahl einer Getriebeeingangswelle und/oder einem Fahrzeugbeschleunigungssignal gebildet sein beziehungsweise aus diesem bestimmt werden. Die Führungsgröße kann ein Drehkennwert, beispielsweise Drehzahl der Brennkraftmaschine sein.

Beispielsweise kann aus der Führungsgröße eine phasenselektive Amplitude ermittelt werden. Diese phasenselektive Amplitude kann als Bezugsgröße zur Ermittlung einer phasenselektiven Amplitude des Eingangssignals dienen. Eine oder beide phasenselektive Amplituden der Führungsgröße beziehungsweise des Eingangssignals können mittels einer Fourier-Analyse des Eingangssignals ermittelt werden.

Eine Ermittlung eines Kupplungskorrekturmoments zur phasenselektiven Kompensation des ermittelten Kupplungsstörmoments kann mittels einer Invertierung des Kupplungsstörmoments

ments erfolgen. Die Korrektur des Kupplungssollmoments kann auf unterschiedliche Arten erfolgen, beispielsweise mittels eines Reglers geregelt und/oder mittels einer Vorsteuerung vorgesteuert. Die Korrektur kann permanent oder auch zeitlich, beispielsweise abhängig von einer Schwelle befristet erfolgen. Das Kupplungssollmoment kann beispielsweise mittels eines P-Reglers mit dem Kupplungskorrekturmoment korrigiert werden. Alternativ oder zusätzlich kann eine Amplitude des Kupplungskorrekturmoments laufend mittels eines I-Reglers korrigiert werden. Eine Korrektur eines schwingungsbehafteten Kupplungsmoments kann innerhalb vorgegebener Amplituden und/oder Phasenverschiebungen des Eingangssignals, des Kupplungsstörmoments, des Kupplungskorrekturmoments und/oder der Führungsgröße vorgesehen sein. Weiterhin kann eine Korrektur des Kupplungssollmoments zeitlich im Sinne einer Hysterese verzögert erfolgen.

Insbesondere in hybridischen Antriebssträngen mit einer die Brennkraftmaschine unterstützenden Elektromaschine kann das phasenselektive Kupplungsstörmoment mittels eines von der Elektromaschine beigesteuerten, dem Kupplungskorrekturmoment entsprechenden Moments bereitgestellt werden.

Das vorgeschlagene Verfahren zeichnet sich weiterhin durch folgende vorteilhafte Merkmale aus:

- Das Verfahren eignet sich insbesondere, wenn geometrische Fehler im Kupplungssystem mit der Reibungskupplung zu Kupplungsstörmomenten führen, die bezüglich ihrer Amplitude längere Zeit, das heißt beispielsweise innerhalb einer charakteristischen Nachregelzeit des Kupplungsaktors stabil sind und bevorzugt eine stabile Phasenbeziehung zu der Führungsgröße aufweisen.
- Es wird bevorzugt eine variable Frequenz oder ein variables Frequenzfenster vorgegeben, bei dem durch geometrisches Rupfen bedingte Kupplungsstörmomente auftreten, die zu einer Modulation eines Eingangssignals mit dieser Frequenz führen.
- Es erfolgt eine kontinuierliche Bestimmung der Amplitude und Phase eines Schwingungsanteils des Eingangssignals in Bezug auf diese Frequenz.
- Amplitude und Phase des Eingangssignals werden mittels der Übertragungsfunktion auf das Kupplungsstörmoment überführt. Bevorzugt wird aus dem Kupplungsstörmoment deren Inverse gebildet und als Kupplungskompensationsmoment dem Kupplungssollmoment zugeführt.
- Eine Korrektur des Kupplungssollmoments kann mittels eines definierten Anteils des Kupplungskorrekturmoments, beispielsweise dessen Amplitude erfolgen. Der Anteil, beispielsweise 50% kann fest, geregelt oder abhängig von weiteren Parametern

vorgegeben werden.

- Eine Rückführung des Kupplungskorrekturmoments auf das Kupplungssollmoment kann mittels eines I-Reglers erfolgen.
- Es können mehrere Korrekturen (Steuerungsanteile/ Regler) gleichzeitig mit unterschiedlichen Führungsgrößen vorgesehen sein, wobei deren Ergebnisse additiv überlagert werden können.
- Das vorgeschlagene Verfahren kann zusätzlich zu bereits implementierten Schwingungsmaßnahmen der Kupplungssteuerung eingesetzt werden, wobei in verschiedenen Verfahren ermittelte Modulationsmomente übereinander gelegt werden können.
- Das vorgeschlagene Verfahren ist bevorzugt in einer Steuereinheit zur Steuerung der Reibungskupplung implementiert.
- Das vorgeschlagene Verfahren stellt ein robustes Verfahren zur Verringerung von Rupfschwingungen dar.

Zusammenfassend ausgedrückt ändert sich bei auftretenden geometrischen, das heißt bauartbedingten Rupfschwingungen die Schwingungsfrequenz gegenüber der Frequenz bekannter Anregungsquellen. Schneidet die Anregungsfrequenz eine Eigenfrequenz des Antriebsstrangs, so ist die Schwingung besonders ausgeprägt und außerhalb des Antriebsstrangs wahrnehmbar und messbar. Obwohl die Schwingungsfrequenz im Prinzip bekannt ist und sich die Schwingung im Prinzip durch eine gegenphasige Ansteuerung der Reibungskupplung mit dieser Frequenz weitgehend auslöschen lässt, ist es sehr schwierig, dies mit der richtigen Phase und Amplitude durchzuführen, da sich das physikalische Kupplungsmoment nicht einfach direkt messen lässt. Das gemessene Signal, das als Indikator für das Kupplungsmoment verwendet wird, weist meist eine starke Frequenzabhängigkeit in Amplitude und Phase (vgl. Resonanzdurchgang eines getriebenen gedämpften harmonischen Oszillators) auf, die in der Regel nicht genau bekannt ist. Das vorgeschlagene Verfahren verwendet diese ungefähr bekannte Abhängigkeit, um ein stabilisiertes Regelsignal zu erhalten, indem die beobachtete Eingangssignalschwingung, charakterisiert durch Schwingungsfrequenz, Amplitude und Phase, in zeitlich abhängige schwingende Kupplungskompensationsmomente umrechnet, die bei konstantem geometrischem Fehler deutlich stabiler in Phase und Amplitude sind. Damit lässt sich eine Korrektur realisieren, die über eine entsprechende gegenphasige Sollmomentenmodulation die Schwingung reduziert. Durch eine Rückführung auf ein stabiles Signal sind auch langsame Reglerkonzepte, beispielsweise I-Regler anwendbar, die im Idealfall die Schwingung soweit kompensieren, wie es die Ansteuerhardware zulässt.

- 7 -

Die Erfindung wird anhand der einzigen Figur näher erläutert. Diese zeigt das Blockdiagramm 1 des vorgeschlagenen Verfahrens. Der obere Teil des Blockdiagramms 1 zeigt die Steuerung einer an sich bekannten mittels eines Kupplungsaktors automatisiert gesteuerten Reibungskupplung. Das Steuergerät gibt hierzu das Kupplungssollmoment $M(\text{soll})$ aus. In Block 2 wird aus dem Kupplungssollwert $M(\text{soll})$ anhand einer Kupplungskennlinie die Steuergröße SG , beispielsweise eine elektrische Aktorspannung oder dergleichen bestimmt. Mittels der in Block 3 dargestellten Aktormechanik wird beispielsweise vorgesteuert und anschließend weggeregelt das Kupplungsismoment $M(\text{ist})$ eingestellt. In Block 4 sind die dynamischen Wechselwirkungen in der Reibungskupplung und dem umgebenden Antriebsstrang dargestellt, die zu geometrischen Rupfschwingungen führen. Folge ist das nachfolgende schwingungsbehaftete Kupplungsmoment $M(s)$ beispielsweise an einem Getriebeeingang, beispielsweise an der Getriebeeingangswelle. An dem Ausgang der Reibungskupplung, beispielsweise an der Getriebeeingangswelle wird an der Verzweigung 6 das aufgrund der Rupfschwingungen schwingungsbehaftete Eingangssignal $E(A, \varphi)$ mit der Amplitude A und der Phase φ , beispielsweise eine schwingungsbehaftete Drehzahl abgegriffen und dem Korrekturmodul 5 zugeführt. Weiterhin wird dem Korrekturmodul 5 die Führungsgröße $F(n)$, beispielsweise die Drehzahl n der Brennkraftmaschine zugeführt. Aus diesen Größen wird in einer Übertragungsfunktion aus dem Eingangssignal $E(A, \varphi)$ abhängig von Amplitude und Phase das phasenselektive Kupplungskorrekturmoment $M(\text{korr})$ bestimmt, mittels dem an der Verzweigung 7 das Kupplungssollmoment $M(\text{soll})$ phasenselektiv korrigiert wird. Das Korrekturmodul 8 kann einen ähnlichen oder eine andere Schwingung kompensierenden Algorithmus enthalten, wobei ein Eingangssignal $E(x)$ und zumindest eine weitere Größe G zugeführt werden können und ein Kupplungskorrekturmoment $M(\text{korr}2)$ in die Verzweigung 7 eingespeist werden kann. Weitere dem Korrekturmodul 8 entsprechende Module können vorgesehen sein.

Der untere Teil des Blockdiagramms 1 zeigt das Korrekturmodul 5 des oberen Teils im Detail. Hier werden das Eingangssignal $E(A, \varphi)$ und die Führungsgröße $F(n)$ im Block 9 einer Fourier-Analyse unterzogen, wobei die Führungsgröße als Bezugsgröße zur Abschätzung der Frequenz des Eingangssignals $E(A, \varphi)$ dient und die Amplitude A und die Phase φ des Eingangssignals $E(A, \varphi)$ ermittelt werden. Die Führungsgröße $F(n)$ kann beispielsweise die Drehzahl der Brennkraftmaschine sein, da geometrische Fehler im Kupplungssystem über eine Motorumdrehung eine Ungleichförmigkeit in der Anpresskraft der Kupplung erzeugen können. Die Führungsgröße $F(n)$ kann als Führungsfrequenzsignal die Bezugsgröße für eine Fourier-Analyse des Eingangssignals $E(A, \varphi)$ verwendet werden. Die Fourier-Analyse kann kontinuierlich über die letzte Schwingungsperiode der Führungsfrequenz erfolgen. Die aus

- 8 -

der Fourier-Analyse berechneten komplexen Komponenten (Amplitude und Phase) sind nun in Einheiten des Eingangssignals $E(A, \varphi)$ vorhanden. In Block 10 wird aus diesen Größen anhand einer Übertragungsfunktion, die empirisch oder anhand von Modellen die Funktion der Reibungskupplung nachbildet, das Kupplungsstörmoment $M(st)$. In den Blöcken 11, 12 wird aus dem Kupplungsstörmoment $M(st)$ beispielsweise durch Invertierung und Regelung, beispielsweise mittels eines entsprechenden Invertierungsalgorithmus und eines I-Reglers, P-Reglers und/oder dergleichen das Kupplungskorrekturmoment $M(korr)$ bestimmt.

Bezugszeichenliste

1	Blockdiagramm
2	Block
3	Block
4	Block
5	Korrekturmodul
6	Verzweigung
7	Verzweigung
8	Korrekturmodul
9	Block
10	Block
11	Block
12	Block
A	Amplitude
$E(A, \varphi)$	Eingangssignal
$E(x)$	Eingangssignal
$F(n)$	Führungsgröße
G	Größe
$M(\text{ist})$	Kupplungsistmoment
$M(\text{korr})$	Kupplungskorrekturmoment
$M(\text{korr}2)$	Kupplungskorrekturmoment
$M(s)$	schwingungsbehaftetes Kupplungsmoment
$M(\text{soll})$	Kupplungssollmoment
$M(\text{st})$	Kupplungsstörmoment
SG	Steuergröße
φ	Phase

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verminderung von Schwingungen, insbesondere Rupfschwingungen einer von einem Aktor, insbesondere Kupplungsaktor automatisiert anhand einer einem zu übertragenden Kupplungsmoment zugeordneten Sollmoment, insbesondere Kupplungssollmoment ($M(soll)$) gesteuerten, insbesondere in einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs zwischen einer Brennkraftmaschine und einem Getriebe angeordneten Baueinheit, insbesondere Reibungskupplung mit einem infolge zeitweise auftretender Schwingungen schwingungsbehafteten Istmoment, insbesondere Kupplungsistmoment ($M(ist)$), dadurch gekennzeichnet, dass aus einem für das schwingungsbehaftete Moment, insbesondere Kupplungsmoment ($M(s)$) repräsentativen Eingangssignal ($E(A,\varphi)$) anhand einer in einem Momentenverlauf, insbesondere zwischen Brennkraftmaschine und Reibungskupplung abgeleiteten, schwingungsselektiven Führungsgröße ($F(n)$) eine absolute Amplitude (A) und eine Phase (φ) des Eingangssignals $E(A,\varphi)$ ermittelt werden, aus diesen mittels einer ein schwingungsselektives Moment, insbesondere Kupplungsmoment abbildenden Übertragungsfunktion ein phasenselektives Störmoment, insbesondere Kupplungsstörmoment ($M(st)$) bestimmt, aus diesem ein phasenrichtiges Korrekturmoment, insbesondere Kupplungskorrekturmoment ($M(korr)$) bestimmt und mit diesem das Sollmoment, insbesondere Kupplungssollmoment ($M(soll)$) korrigiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Eingangssignal ($E(A,\varphi)$) ein Getriebeeingangssignal oder ein Fahrzeugbeschleunigungssignal ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Führungsgröße ($F(n)$) ein Drehkennwert der Brennkraftmaschine ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Führungsgröße ($F(n)$) eine phasenselektive Amplitude (A) ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Führungsgröße ($F(n)$) als Bezugsgröße für eine Fourier-Analyse des Eingangssignals ($E(A,\varphi)$) dient.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrekturmoment, insbesondere Kupplungskorrekturmoment ($M(korr)$) aus einer Invertierung des Störmoments, insbesondere Kupplungsstörmoments ($M(st)$) erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Sollmoment, insbesondere Kupplungssollmoment ($M(soll)$) mittels eines P-Reglers mit

dem Korrekturmoment, insbesondere Kupplungskorrekturmoment ($M(korr)$) korrigiert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Amplitude des Korrekturmoments, insbesondere Kupplungskorrekturmoments ($M(korr)$) laufend mittels eines I-Reglers korrigiert wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Korrektur eines schwingungsbehafteten Moments, insbesondere Kupplungsmoments ($M(s)$) innerhalb vorgegebener Amplituden und/oder Phasenverschiebungen des Eingangssignals ($E(A, \varphi)$), des Störmoments, insbesondere Kupplungsstörmoments ($M(st)$), des Kupplungskorrekturmoments ($M(korr)$) und/oder der Führungsgröße ($F(n)$) vorgesehen wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Antriebsstrang mit einer die Brennkraftmaschine unterstützenden Elektromaschine das phasenselektive Störmoment, insbesondere Kupplungsstörmoment ($M(st)$) mittels eines von der Elektromaschine beigesteuerten, dem Korrekturmoment, insbesondere Kupplungskorrekturmoment ($M(korr)$) entsprechenden Moment bereitgestellt wird.

