

(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. November 2012 (22.11.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/156258 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
**B60W 10/08** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/058597
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
10. Mai 2012 (10.05.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2011 101 846.1 17. Mai 2011 (17.05.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **AVL SOFTWARE AND FUNCTIONS GMBH** [DE/DE]; Im Gewerbepark B 27, 93059 Regensburg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DEIML, Mathias** [DE/DE]; Gerhardingerstraße 21, 93093 Donaustauf (DE). **PROBST, Christian** [DE/DE]; Am Steinbühl 11, 93167 Falkenstein (DE).
- (74) Anwalt: **HANNKE BITTNER & PARTNER;** Ägidienplatz 7, 93047 Regensburg (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ANTIVIBRATION CONTROL DEVICE FOR EVENING OUT VIBRATION OSCILLATIONS PRODUCED BY AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND ANTIVIBRATIONSREGELUNGSEINRICHTUNG ZUM AUSGLEICHEN VON DURCH EINE VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE ERZEUGTE VIBRATIONS-SCHWINGUNGEN

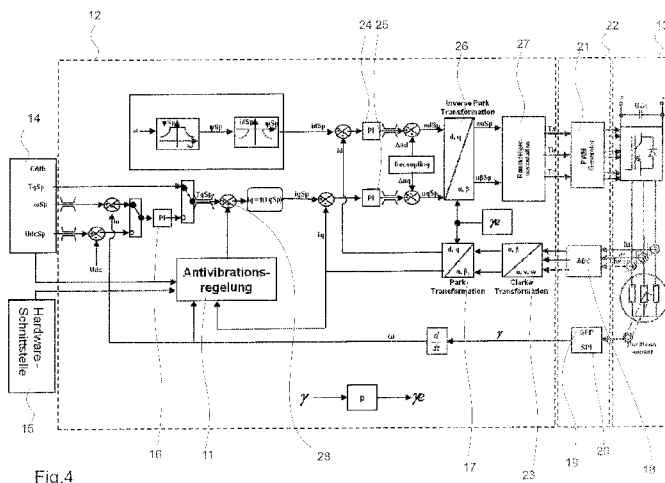


Fig. 4  
11 Antivibration control  
15 Hardware interface  
21 //  
27 Space vector modulation  
AA //  
BB //  
CC //  
DD Position sensor  
EE //

(57) Abstract: The invention relates to a method and an antivibration control device for evening out vibration oscillations that are produced in an electrically driven vehicle by an internal combustion machine that is mechanically coupled to an electrical machine. According to the invention, the antivibration control device controls an adjustable variable of the electrical energy for operating a speed governor of the electrical machine to reduce or increase a speed governor frequency of the speed governor while taking a current activity mode of the internal combustion engine into account.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Antivibrationsregelungseinrichtung zum Ausgleichen von durch eine mit einer elektrischen Maschine mechanisch gekoppelten Verbrennungskraftmaschine erzeugte Vibrations-Schwingungen in einem mit elektrischer Energie antreibbaren Fahrzeug, wobei die Antivibrationsregelungseinrichtung einen Stellwert der elektrischen Energie zum Betrieb eines Drehzahlreglers der elektrischen Maschine regelt, um eine Drehzahlreglerfrequenz des Drehzahlreglers unter Berücksichtigung eines aktuell vorliegenden Aktivitätsmodus der Verbrennungskraftmaschine zu verringern oder zu erhöhen.

WO 2012/156258 A2



---

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

---

Verfahren und Antivibrationsregelungseinrichtung zum Ausgleichen von durch eine Verbrennungskraftmaschine erzeugte Vibrations-Schwingungen

---

### Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren sowie eine Antivibrationsregelungseinrichtung zum Ausgleichen von Vibrationsschwingungen gemäß den Ansprüchen 1 und 9.

- 5 Eine Verbrennungskraftmaschine, wie beispielsweise ein Otto- oder auch Wankelmotor eines Fahrzeuges, weist zumeist vier aus dem allgemeinen Stand der Technik bekannte Phasen bzw. Takte bzw. Modi auf. Zuerst beispielsweise die Phase des Einspritzens bzw. Ansaugens eines Kraftstoff-Luft-Gemisches in den Verbrennungsraum, nach welcher die Phase des Verdichtens des in dem Verbrennungsraum eingespritzten Kraftstoff-Luft-Gemisches
- 10 folgt. Als dritte Phase findet die Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches im Verbrennungsraum mit oder auch ohne Fremdzündung desselben statt. In der letzten und vierten Phase wird das verbrannte Gemisch aus dem Verbrennungsraum herausgepresst bzw. ausgeblasen.
- 15 In jeder der vier Phasen wird jeweils ein unterschiedlich großes Drehmoment auf die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors übertragen, wodurch eine Drehmomentwelligkeit der Kurbelwelle auftritt. So kann es beispielsweise während der Phase des Zündens und Verbrennens des Kraftstoff-Luft-Gemisches zu einem Momentenstoß bzw. einem momentanen Stoß bzw. einem Drehmomentenstoß von bis zum Dreifachen des Nennmomentes kommen.
- 20 Demgegenüber wird beispielsweise bei den anderen drei Phasen des Ansaugens, Verdichtens und Ausblasens wiederum Drehmoment benötigt, da hier die Verbrennungskraftmaschine keine Leistung erzeugt, die auf die Kurbelwelle übertragen werden könnte.

Durch diese sogenannte Massenträgheit des gesamten Verbrennungskraftmaschinensystems ergibt sich ein mittleres bzw. gemittelttes Drehmoment, welches eine Schwingung, die wiederum eine Vibration des gesamten Systems verursacht, überlagert.

5 Wenn beispielsweise ein aus dem Stand der Technik bekannter Range Extender, d.h. eine beispielsweise mit einem Elektromotor gekoppelte Verbrennungsmaschine zur Erhöhung der Reichweite des Elektrofahrzeuges durch Antrieb eines Generators zur Erzeugung von elektrischer Energie, in einem mit elektrischer Energie antreibbaren Fahrzeug, verbaut ist, werden dann die durch den Range Extender erzeugten Schwingungen bzw. Vibrationen auf die  
10 Fahrzeugkarosserie übertragen. Dies führt nicht nur zu einer Verringerung des Fahrkomforts aufgrund der vom Fahrzeugnutzer bemerkbaren Vibrationen - spürbar und hörbar - sondern langfristig auch zum erhöhten frühzeitigen Verschleiß der durch die Schwingungen in Vibration versetzter Bauteile und Elemente.

15 Demzufolge ist es erforderlich derartige in Schwingung bzw. in Vibration versetzte Bauteile des Fahrzeuges ausreichend zu dämpfen. Dazu werden im allgemeinen Stand der Technik bei den aktuell in Fahrzeugen verbauten Verbrennungskraftmaschinen entweder mechanische Schwungmassen verwendet, um die Vibrationen zu dämpfen, oder der gesamte Aufbau des Antriebssystems ist dämpfend ausgelegt.

20 Alternativ kann das gesamte Antriebssystem, bestehend aus Verbrennungskraftmaschine und elektrischer Maschine, wie beispielsweise bei einem Range Extender - System über eine spezielle Aufhängung im Fahrzeug montiert bzw. gelagert werden, um so die durch den Range Extender erzeugten Schwingungen bzw. Vibrationen, welche sich auf die Karosserie  
25 des Fahrzeuges übertragen können, zu dämpfen.

Da jedoch die erzeugte Schwingung stark von der Drehzahl und dem momentan gestellten Drehmoment an der Verbrennungskraftmaschine abhängig ist und eine derartige oben beschriebene Aufhängung stark in ihrem Frequenzbereich und der Stärke der Vibration eingeschränkt ist, kann folglich die Aufhängung allein nicht alle erzeugten Schwingungen und Vibrationen dämpfen bzw. ausgleichen.

30 Des Weiteren ist es zumeist nicht realisierbar das gesamte Antriebssystem ausreichend abzuschirmen, da beispielsweise verschiedene Anschlüsse, wie LV-Kabel, HV-Kabel, Kühlungselemente oder auch Bestandteile der Abgaseinrichtung direkt mit dem Fahrzeug bzw.  
35

der Fahrzeugkarosserie verbunden werden müssen. Über derartige Anschlüsse können demzufolge die Schwingungen wieder an die Fahrzeugkarosserie übertragen werden.

5 Demnach ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren sowie eine Antivibrationsregelungseinrichtung zur Verfügung zu stellen, durch welche eine durch die Verbrennungskraftmaschine erzeugte Vibrations-Schwingung frühzeitig erkannt und mittels Vorsteuerung eines Drehzahlmessers im Wesentlichen vollständig ausgeglichen werden kann.

10 Diese Aufgabe löst die vorliegende Erfindung mittels eines Verfahrens gemäß dem Anspruch 1 und mittels einer Antivibrationsregelungseinrichtung gemäß dem Anspruch 9.

Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

15 Demnach wird ein Verfahren zum Ausgleichen von durch eine mit einer elektrischen Maschine mechanisch gekoppelten Verbrennungskraftmaschine erzeugte Vibrations-Schwingungen in einem mit elektrischer Energie antreibbaren Fahrzeug mittels einer Antivibrationsregelungseinrichtung beansprucht.

20 Die Antivibrationsregelungseinrichtung regelt einen Stellwert der elektrischen Energie zum Betrieb eines Drehzahlreglers der elektrischen Maschine, um eine Drehzahlreglerfrequenz des Drehzahlreglers unter Berücksichtigung eines aktuell vorliegenden Aktivitätsmodus der Verbrennungskraftmaschine zu verringern oder zu erhöhen.

25 Die hierbei benannte Verbrennungskraftmaschine, wie z.B. ein Verbrennungsmotor, wie ein Otto- oder Wankelmotor, ist beispielsweise ein Range Extender, welcher vorzugsweise mechanisch mit dem Elektromotor bzw. dem Elektrogenerator, d.h. der elektrischen Maschine zur Erzeugung von elektrischer Energie und/oder zum Antrieb des Fahrzeuges gekoppelt ist.

30 Das durch elektrische Energie betreibbare Fahrzeug, welches z.B. ein Kraftfahrzeug, ein Luftfahrzeug oder auch ein Wasserfahrzeug, wie ein Boot oder ein Schiff sein kann, kann somit zum einen entweder nur durch den Elektromotor angetrieben werden oder auch durch den Elektromotor und bei Bedarf durch den Verbrennungsmotor angetrieben werden. Es ist jedoch auch denkbar, dass der Verbrennungsmotor bzw. die Verbrennungskraftmaschine lediglich zum Antrieb eines Generators verwendet wird, welcher wiederum eine Energiespei-

chereinheit mit Energie versorgt, von welcher der Elektromotor zum Antrieb des Fahrzeuges elektrische Energie bezieht.

Die Regelung der elektrischen Maschine selbst kann drehzahl-, drehmoment- und spannungsgeführt sein, wobei bei einer Drehzahl- und Spannungsregelung eine Drehmomentregelung unterlagert ist.

Unter dem aktuell vorliegenden Aktivitätsmodus der Verbrennungskraftmaschine wird vorzugsweise die Phase verstanden, in welcher sich die Verbrennungskraftmaschine gerade befindet. Demzufolge wird zwischen

- einem Ansaugmodus zum Ansaugen von Kraftstoff und Luft in den Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine,
- einem Verdichtungsmodus zum Verdichten des Kraftstoff-Luft-Gemisches im Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine,
- einem Zündungsmodus, bei welchem das komprimierte Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet wird (Selbst- oder Fremdzündung),
- einem Verbrennungsmodus zum Verbrennen des gezündeten Kraftstoff-Luft-Gemisches und
- einem Ausstoßmodus bzw. einem Ausblasmodus zum Ausstoßen bzw. Ausblasen des Verbrennungsabgases unterschieden.

Infolge der nacheinander ablaufenden unterschiedlichen Aktivitätsmodi verursacht die Verbrennungskraftmaschine, wie oben beschrieben, eine Drehmomentwelligkeit an der Kurbelwelle, an welcher folglich eine Schwingung entsteht, die sich z.B. bis zur Antriebswelle und/oder bis in Bereiche der angebundenen Karosserie überträgt und folglich Vibrationen bzw. eine Vibration der einzelnen Bauteile verursacht.

Der Drehzahlregler der Verbrennungskraftmaschine ist entweder ein mechanisches Gerät oder auch eine elektronische Schaltung, welcher die Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine auf einen definierten Wert regelt. D.h., dass der Drehzahlregler üblicherweise im Zusammenhang mit der Kraftstoffeinspritzung verwendet wird, um im Leerlauf, also im lastfreien Zustand der Verbrennungskraftmaschine die definierte Drehzahl einstellen zu können.

Der elektronische Drehzahlregler der elektrischen Maschine regelt den elektrischen Strom bzw. die elektrische Energie oder den magnetischen Fluss in der elektrischen Maschine. Die

analoge Drehzahlregelung eines Asynchron- oder Synchronmotors ist eine Kaskadenregelung, bei welcher der Drehzahlregelung eine Stromregelung unterlagert ist, wobei üblicherweise PI- oder PID-Regler eingesetzt werden.

5 Jedoch arbeiten die aus dem Stand der Technik bekannten Drehzahlregler zeitverzögert und können folglich die während des Zündungsmodus erzeugte Schwingung nicht ausgleichen.

Demzufolge soll vorteilhafter Weise eine Regelung der Drehzahl und/oder des Drehmomentes des Verbrennungsmotors bzw. der Verbrennungskraftmaschine bereits während des  
10 Zündungsmodus der Verbrennungskraftmaschine und bevorzugt zwischen dem Zündungsmodus und dem Verbrennungsmodus erfolgen.

Dafür wird vorzugsweise der Stellwert der elektrischen Energie bzw. des elektrischen Stromes des Drehzahlregler, zu welchen das entsprechende Drehmoment abgebildet werden  
15 kann, entweder verringert, d.h. dem Drehzahlregler wird weniger elektrische Energie zur Verfügung gestellt oder der Stellwert wird erhöht, d.h. dem Drehzahlregler wird vermehrt elektrische Energie zur Verfügung gestellt.

Durch derartige Stellwerteinstellungen der elektrischen Energie kann die Drehzahl bzw. das  
20 Drehmoment der elektrischen Maschine und damit der damit verbundenen Verbrennungskraftmaschine bei einer Verringerung des Stellwertes ebenfalls verringert werden und bei einer Erhöhung des Stellwertes vorzugsweise erhöht werden.

Die Stromstellwerteinstellung des Drehzahlreglers ist u.a. abhängig von dem aktuell vorherrschenden Aktivitätsmodus der Verbrennungskraftmaschine. D.h., wenn sich die Verbrennungskraftmaschine beispielsweise im Zündungsmodus, d.h. zum Zeitpunkt des Zündens  
25 des Kraftstoff-Luft-Gemisches im Verbrennungsraum, befindet, ist es erforderlich die Frequenz des Drehzahlreglers zu erhöhen, um einer Erzeugung von Schwingungen bzw. den erzeugten Schwingungen entgegen zu wirken.

30 D.h., dass bei einer Drehzahlregelung der elektrischen Maschine durch eine Erhöhung der Drehzahlreglerfrequenz die durch die Verbrennungskraftmaschine erzeugten Schwingungen auf der Kurbelwelle bzw. die Drehmomentwelligkeit gedämpft bzw. ausgeglichen wird.

Die Antivibrationsregelungseinrichtung ist vorzugsweise dem Drehzahlregler nachgeschaltet und bevorzugt ein Bestandteil der Steuereinrichtung der elektrischen Maschine bzw. des Generators bzw. eine in den Steuerschaltkreis des Generators eingebundene Steuereinrichtung.

5

In einer bevorzugten Ausführungsform steuert die Antivibrationsregelungseinrichtung mittels der Regelung des Stellwertes der elektrischen Energie zum Betrieb des Drehzahlreglers den Drehzahlregler zum Erzeugen eines definierten Drehmomentes vor.

10 D.h., dass, wie bereits oben erwähnt, die dem Drehzahlregler zur Verfügung gestellte elektrische Energie, d.h. der Stromstellwert des Drehzahlregler durch die Antivibrationsregelungseinrichtung verringert oder erhöht wird, um die Drehzahlfrequenz des Drehzahlreglers zu beeinflussen und somit das durch die elektrische Maschine erzeugte Drehmoment zu erhöhen bzw. zu verringern, um dadurch Schwingungen bzw. einem Drehmomentschub, erzeugt  
15 beispielsweise durch eine Zündung im Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine, entgegenzuwirken.

Dafür berechnet in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform die Antivibrationsregelungseinrichtung die von der Verbrennungskraftmaschine zu erwartenden erzeugten Vibrations-Schwingungen mittels IST-Werten bezüglich einer Drehzahl, eines Drehmomentes, eines Drehwinkels, einer Spannung und/oder eines Einspritzdruckes der Verbrennungskraftmaschine.

25 D.h., dass die Antivibrationsregelungseinrichtung zuerst vorzugsweise alle erforderlichen aktuellen IST-Werte, welche die Verbrennungskraftmaschine liefern kann, empfängt bzw. übermittelt bekommt, um diese in einem nächsten Schritt gemäß definierter mathematischer Berechnungsmethoden derart miteinander zu addieren, subtrahieren, dividieren, multiplizieren und/oder zu integrieren oder zu differenzieren, dass als Ergebnis der Wert der aktuell erwarteten Vibrations-Schwingung ermittelt werden kann.

30

Dieser ermittelte Wert bzw. die berechneten erwarteten Vibrations-Schwingungen werden danach vorzugsweise mittels der Antivibrationsregelungseinrichtung mit in einer Speichereinrichtung der Steuereinrichtung der elektrischen Maschine gespeicherten zulässigen Maximalwerten für Vibrations-Schwingungen verglichen.

35

Es ist jedoch auch denkbar, dass die Antivibrationsregelungseinrichtung selbst eine Speichereinrichtung aufweist, in welcher derartige maximale zulässige Werte der Vibrations-Schwingungen gespeichert sind.

5 Zudem erkennt die Antivibrationsregelungseinrichtung auch gleichzeitig durch die übermittelten IST-Werte der Verbrennungskraftmaschine und/oder durch die berechnete zu erwartete Vibrations-Schwingung in welchem Aktivitätsmodus sich die Verbrennungskraftmaschine derzeit befindet.

10 Vorteilhaft erkennt die Antivibrationsregelungseinrichtung den zum Zeitpunkt der Detektion bzw. zum Zeitpunkt der Übermittlung der IST-Werte vorherrschenden Aktivitätsmodus der Verbrennungskraftmaschine anhand der Daten bzw. Werte, welche der Antivibrationsregelungseinrichtung über eine Hardware-Schnittstelle der Verbrennungskraftmaschine übermittelt werden und welche die Position des 60-2 Zahnrades bzw. den Drehwinkel darstellen.

15 Vorzugsweise erhält bzw. empfängt die Antivibrationsregelungseinrichtung die IST-Werte der Verbrennungskraftmaschine im Wesentlichen direkt über eine mit der Steuereinrichtung des Verbrennungsmotors bzw. der Verbrennungskraftmaschine verbundenen Schnittstelle.

20 D.h., dass die Steuerung der Verbrennungskraftmaschine bzw. die Fahrzeugsteuerung bzw. die Verbrennungskraftmaschinensteuerung datenübertragungstechnisch mit der Steuerung der elektrischen Maschine bzw. der Generatorsteuerung verbunden ist, um definierte Werte bzw. Daten an die Generatorsteuerung zu übertragen und/oder von der Generatorsteuerung zu empfangen.

25 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform berechnet die Antivibrationsregelungseinrichtung einen SOLL- Drehmomentwert mittels IST-Werten bezüglich einer Drehzahl, eines Drehmomentes, eines Drehwinkels, einer Spannung und/oder eines Einspritzdruckes der Verbrennungskraftmaschine, um den Stellwert der elektrischen Energie zum Betrieb eines  
30 Drehzahlreglers zu regeln.

D.h., beispielsweise unter Verwendung definierter mathematischer Operationen zur Verrechnung einzelner IST-Werte des Verbrennungsmotors und vorzugsweise unter Berücksichtigung des aktuell vorherrschenden Aktivitätsmodus der Verbrennungskraftmaschine, kann die  
35 Antivibrationsregelungseinrichtung den benötigten SOLL-Drehmomentwert ermitteln, welcher

erforderlich ist, um eine durch die Verbrennungskraftmaschine erzeugte Schwingung auszugleichen.

5 Mittels der Veränderung des Stromstellwertes des Drehzahlreglers wird folglich vorzugsweise ein SOLL-Drehmoment vorgesteuert, welches dem erwarteten Drehmoment im Wesentlichen entspricht.

10 Die Vorsteuerung des Drehzahlreglers zur Verringerung bzw. Erhöhung der Drehzahl bzw. des Drehmomentes ist vorzugsweise von dem aktuell vorliegenden Aktivitätsmodus der Verbrennungskraftmaschine abhängig.

15 So ist es beispielsweise erforderlich das Drehmoment bzw. die Drehzahl bzw. die Frequenz der Kurbelwelle bzw. des Drehzahlreglers zu erhöhen, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine im Modus der Zündung befindet, um einen Momentenstoß zu vermeiden. Des Weiteren kann es erforderlich sein, die Vorsteuerung des Drehzahlreglers jedoch zu unterdrücken bzw. diesen nicht vorzusteuern, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine beispielsweise bereits im Modus der Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches befindet, um beispielsweise eine Erzeugung von zusätzlichen Schwingungen zu vermeiden.

20 Somit ermittelt vorzugsweise die Antivibrationsregelungseinrichtung den aktuellen Aktivitätsmodus der Verbrennungskraftmaschine und vergleicht diesen mit in der Speichereinrichtung der Steuereinrichtung der elektrischen Maschine gespeicherten SOLL-Aktivitätsmodi, um detektieren zu können, in welchem Aktivitätsmodus sich die Verbrennungskraftmaschine derzeit befindet.

25 In einer Weiteren bevorzugten Ausführungsform bewirkt die Antivibrationsregelungseinrichtung die Vorsteuerung des Drehmomentes durch den Drehzahlreglers der Verbrennungskraftmaschine im Wesentlichen zeitlich synchron zu einem Zündungsmodus.

30 D.h., dass vorzugsweise eine Vorsteuerung des Drehzahlreglers und damit eine Veränderung der Drehzahl bzw. des Drehmomentes der Kurbelwelle der Verbrennungskraftmaschine verursacht wird, wenn sich der Verbrennungsmotor im Zündungsmodus befindet oder bevorzugt, wenn sich der Verbrennungsmotor zwischen dem Zündungsmodus und dem Verbrennungsmodus befindet.

35

Während der Modi des Ansaugens, Verdichtens und/oder des Ausblasens findet vorzugsweise keine Vorsteuerung des Drehzahlreglers statt, da während dieser Modi bzw. Aktivitätsmodi der Verbrennungskraftmaschine keine durch die Verbrennungskraftmaschine erzeugte Schwingung bzw. Vibrations-Schwingung ausgeglichen werden sollen bzw. müssen.

5

Es ist zudem denkbar, dass der Wert des oberen Totpunktes der Verbrennungskraftmaschine in der Speichereinrichtung der Antivibrationsregelungseinrichtung und/oder der Steuereinrichtung der elektrischen Maschine gespeichert ist, so dass über die Schnittstelle zwischen der Verbrennungskraftmaschinensteuereinrichtung und der Steuereinrichtung der elektrischen Maschine der Winkelwert der Zündung, d.h. die Position bzw. der Drehwinkel des 60-2  
10 Zahnrades der Verbrennungskraftmaschine von der Verbrennungskraftmaschinensteuereinrichtung zu der Steuereinrichtung der elektrischen Maschine übermittelt werden kann. Somit kann der Zündungsmodus der Verbrennungskraftmaschine durch die Steuereinrichtung der elektrischen Maschine bzw. die Antivibrationsregelungseinrichtung detektiert werden, wo-  
15 durch wiederum eine Vorsteuerung des Drehzahlreglers aktiviert wird.

Demzufolge erfolgt der Ausgleich der Vibrations-Schwingung bzw. die Synchronisation zwischen erzeugtem IST-Drehmoment und/oder erzeugter IST-Drehzahl zu erforderlichem SOLL-Drehmoment und/oder erforderlicher SOLL-Drehzahl, durch welche eine Schwingung  
20 ausgeglichen werden kann, vorzugsweise zeitsynchron zur Zündung bzw. zum Zündmodus der Verbrennungskraftmaschine beispielsweise durch ein entsprechend ausgegebenes Hardwaresignal (60-2-Zahnrad).

Des Weiteren wird eine Antivibrationsregelungseinrichtung zum Regeln eines Stellwertes  
25 einer elektrischen Energie zum Betrieb eines Drehzahlreglers einer mit einer Verbrennungskraftmaschine mechanisch gekoppelten elektrischen Maschine beansprucht, wobei die Antivibrationsregelung ein Bestandteil der Steuereinrichtung der elektrischen Maschine ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Antivibrationsregelungseinrichtung eine  
30 Empfangseinrichtung zum Empfangen von IST-Werten bezüglich einer Drehzahl, eines Drehmomentes, eines Drehwinkels, einer Spannung und/oder eines Einspritzdruckes der Verbrennungskraftmaschine sowie eine Sendeeinrichtung zum Versenden eines Signals zum Regeln des Stellwertes und/oder eine Vergleichseinrichtung zum Vergleich der IST-Werte mit SOLL-Werten auf.

35

Es ist weiterhin denkbar, dass die Antivibrationsregelungseinrichtung eine Speichereinrichtung zum Speichern erforderlichen SOLL-Werte, eine Berechnungs- und Modellierungseinrichtung zum Berechnen und Modellieren der erwarteten Vibration und/oder des SOLL-Drehmoment-Wertes und/oder eine Vergleichseinrichtung zum Abgleich des berechneten  
5 erwarteten Vibrations-Wertes mit einem maximal zulässigen Vibrations-Wert aufweist.

Der Vorteil bei der Verwendung der oben aufgeführten Antivibrationsregelungseinrichtung und der Durchführung des entsprechenden Verfahrens liegt darin, dass beispielsweise das Range-Extender-System bzw. das Verbrennungskraftmaschinensystem selbst nicht mehr  
10 über mechanisch speziell ausgelegte Aufhängungen gelagert werden muss. Somit ist es ausreichend für ein durch eine Antivibrationsregelungseinrichtung gedämpftes System aus dem Stand der Technik bekannte Schwingungsdämpfer zu verwenden. Zudem führt ein Ausgleich von Schwingungen zu einer Verringerung bzw. Vermeidung von Vibrationen, wodurch auch die Akustik des gesamten Systems deutlich verbessert bzw. reduziert wird.

15 Mittels der beschriebenen Antivibrationsregelungseinrichtung wird zudem eine Softwarelösung bereitgestellt, welche über den gesamten durch und auf die Verbrennungskraftmaschine wirkenden Drehzahl- und Lastenbereich angewandt werden kann.

20 Weitere Vorteile, Ziele und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden anhand nachfolgender Beschreibung anliegender Zeichnung erläutert, in welcher beispielhaft u.a. die Anbindung bzw. Anordnung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antivibrationsregelungseinrichtung innerhalb der Steuereinrichtung der elektrischen Maschine sowie das Verfahren zur Vorsteuerung des Drehzahlreglers dargestellt wird.

25 Komponenten, welche in den Figuren wenigstens im Wesentlichen hinsichtlich ihrer Funktion übereinstimmen, können hierbei mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sein, wobei diese Komponenten nicht in allen Figuren gekennzeichnet und erläutert sein müssen.

30 In den Figuren zeigen:

Fig.1 ein schematisches Diagramm über die auftretende Drehmomentwelligkeit bei beispielsweise herkömmlich gelagerten Verbrennungskraftmaschinen ohne Vorsteuerung des Drehzahlreglers;

35

- Fig.2 ein schematisches Diagramm über das Druckverhalten in einer aus dem all-  
gemeinen Stand der Technik bekannten Verbrennungskraftmaschine;
- Fig.3 ein schematisches Diagramm über die von einer herkömmlich gelagerten Ver-  
5 brennungskraftmaschine erzeugten IST-Werte ohne Vorsteuerung des Dreh-  
zahlreglers;
- Fig.4 eine Prinzipskizze eines Schaltplanes einer Steuereinrichtung der elektrischen  
Maschine mit einer ausführungsförmigen der erfindungsgemäßen Antivibrationsre-  
10 gelungseinrichtung; und
- Fig.5 ein Ablaufdiagramm der durch eine Ausführungsförmigen der erfindungsgemäßen  
Antivibrationsregelungseinrichtung durchgeführten Verfahrensschritte.
- 15 In der Fig.1 ist ein Diagramm über die auftretende Drehmomentwelligkeit, wie die Kurve mit  
Bezugszeichen 1 zeigt, an der Welle bzw. Kurbelwelle der Verbrennungskraftmaschine über  
die einzelnen Aktivitätsmodi der Verbrennungskraftmaschine gezeichnet. So stellt jede Spitze  
der mit dem Bezugszeichen 1 versehenen Kurve einen Zündzeitpunkt dar, durch welchen  
auf die Welle ein erhöhtes Drehmoment aufgebracht wird, welches dann in den darauffol-  
20 genden Aktivitätsmodi der Verbrennungskraftmaschine wieder vorzugsweise reduziert wird.  
Das demzufolge nicht geradlinig verlaufende Drehmoment bei im Wesentlichen gleichblei-  
bender Drehzahl, deren Kurve mit dem Bezugszeichen 2 dargestellt wird, soll mittels der  
erfindungsgemäßen Antivibrationsregelungseinrichtung geregelt bzw. geglättet werden.
- 25 Zur Verdeutlichung der im Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine bei unter-  
schiedlichen Aktivitätsmodi der Verbrennungskraftmaschine entstehenden Drücke, welche  
u.a. eine Ursache für die auf die Kurbelwelle aufgebrachten unterschiedlichen Drehmomente  
darstellen, wird in der Fig.2 der Kraftzyklus über den Kurbelwinkel aufgetragen.
- 30 Der mit dem Bezugszeichen 4 gekennzeichnete Bereich der Kurve 3 stellt den Ansaugmo-  
dus der Verbrennungskraftmaschine dar, während dem Luft und Kraftstoff in definierter Men-  
ge in den Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine eingebracht und dort mitei-  
nander vermischt wird. Während dieses Ansaugmodus erhöhen sich folglich der Druck im In-  
nenraum der Brennkammer und damit auch der Druck auf die Kolben jedoch lediglich gering-  
35 fällig. Danach folgt der Verdichtungsmodus, wie mit Bezugszeichen 5 dargestellt, während

welchem das Kraftstoff-Luft-Gemisch mittels der Kolben der Verbrennungskraftmaschine zusammengedrückt bzw. verdichtet wird. Während dieses Vorganges erhöht sich der Druck merklich. Der Zündungsmodus bzw. die Zündung, ausgelöst z.B. durch Fremd- oder Selbstzündung, wird mit dem Bezugszeichen 6 gekennzeichnet. Zu diesem Zeitpunkt steigt der  
5 Druck in der Brennkammer zu dessen Maximum an und entspannt sich erst wieder während des Ausblasmodus 7, bei welchem das verbrannte Kraftstoff-Luft-Gemisch aus der Brennkammer in den Abgasstrang hinausgeschoben wird.

Entsprechend der im Verbrennungsraum entstehenden Drücke wird auch die Kurbelwelle mit  
10 einem entsprechenden Drehmoment belastet. D.h., wenn der Druck im Verbrennungsraum langsam ansteigt, wie beispielsweise in den Modis Ansaugen 4 und Verdichten 5, so wird vorzugsweise Drehmoment an der Kurbelwelle benötigt, da dieses nicht durch die Verbrennungskraftmaschine zur Verfügung gestellt werden kann, wie die Kurve 1 der Fig.1 verdeutlicht. Dagegen wird ein maximales Drehmoment zum Zeitpunkt der Zündung auf die Welle  
15 aufgebracht und lässt während des Ausblasmodus der Verbrennungskraftmaschine, wie auch der Druck im Brennraum im Wesentlichen kontinuierlich nach.

Das in der Fig.3 abgebildete Diagramm zeigt zum einen die Werte bzw. den Verlauf der Werte des Drehzahlwinkels, welche mit dem Bezugszeichen 10 gekennzeichnet sind, sowie zum  
20 anderen die Werte bzw. den Verlauf der Werte des Drehmomentes an der Welle, welche mit dem Bezugszeichen 9 gekennzeichnet sind. Der mit dem Bezugszeichen 8 versehene Ausschnitt des Werteverlaufs des Drehwinkels zeigt den Zeitpunkt der Zündung im Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine, bei welchem ein unkontrollierter Drehmomentstoß auf die Welle wirkt. Mittels der erfindungsgemäßen Antivibrationsregelungseinrichtung  
25 soll ein derartiger Drehmomentstoß verhindert und die dadurch entstehenden Schwingungen auf der Welle ausgeglichen bzw. vermieden werden.

Eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antivibrationsregelungseinrichtung 11, geschaltet innerhalb eines Schaltkreises der Steuereinrichtung 12 der elektrischen Maschine  
30 13, ist in der Fig.4 gezeigt.

Über eine Softwareschnittstelle 14 der Steuereinrichtung der Verbrennungskraftmaschine (hier nicht gezeigt) werden der Antivibrationsregelungseinrichtung 11 IST-Werte bzw. IST-Daten insbesondere zu dem aktuell vorliegenden Drehmoment, der aktuellen Drehzahl und  
35 der Spannung der Verbrennungskraftmaschine übermittelt. Des Weiteren ist es möglich,

dass der Antivibrationsregelungseinrichtung 11 auch IST-Werte bezüglich des aktuellen Drehwinkels der Kurbelwelle bzw. des 60-2 Zahnrades über vorzugsweise eine entsprechende Hardware-Schnittstelle 15 der Verbrennungskraftmaschine übermittelt werden, wodurch die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 einen Zündungszeitpunkt detektieren kann.

5 Die Drehzahl selbst wird beispielsweise über einen PI-Regler (Proportional-Integral-Regler) 16 geregelt.

10 Die Antivibrationsregelungseinrichtung 11, welche vorzugsweise dem Drehzahlregler (hier nicht gezeigt) nachgeschaltet ist, enthält des Weiteren Daten bzw. Werte bzw. Informationen bezüglich des Wertes der aktuellen elektrischen Energie bzw. des elektrischen Stromes aus der Park Transformation des allgemein bekannten FOC-Algorithmus (FOC=Field Oriented Control - feldorientierte Steuerung) bzw. der Vektorregelung, durch welche der Frequenzumrichter 18 eine erweiterte Drehzahl und Positioniergenauigkeit der elektrischen Maschine 13

15 erhält.

Des Weiteren wird die Drehzahl der elektrischen Maschine bzw. des Rotors der elektrischen Maschine, welche beispielsweise durch einen Drehimpulsgeber 19 (QEP=Quadratur Encoder Pulse) ermittelt wird, als abgeleiteter Wert über die Zeit der Antivibrationsregelungseinrichtung 11 zur Verfügung gestellt.

20

Der Drehimpulsgeber 19, die serielle Schnittstelle 20 (SPI=Serial Peripheral Interface), der analog zu digital-Wandler ADC 18 sowie der Pulsweitenmodulations-Generator 21 sind Hardware-Bestandteile des Prozessors 22 der Steuereinrichtung 12 der elektrischen Maschine 13.

25

Die in der Fig.4 dargestellte und aus dem allgemeinen Stand der Technik bekannte FOC-Steuerung bzw. Regelung soll hierbei nicht weiter beschrieben werden. Es sei nur erwähnt, dass mittels des FOC-Algorithmus ein dreiphasiger Spannungsvektor zur Steuerung des Dreiphasen-Statorstroms erzeugt wird, wobei die Umwandlung der physikalischen Energie bzw. des physikalischen Stromes in einen Drehvektor mit Hilfe der Clark-23 und Park-Transformationen 17 die Drehmoment-Komponente und die Magnetfluss-Komponente zu zeitunabhängigen Größen generiert. Diese zeitunabhängigen Größen werden dann mittels PI-Reglern 24, 25 gesteuert. Danach erfolgt die Rücktransformation mittels der Inversen Park- Transformation 26 sowie die Raumzeigermodulation 27.

30

35

Mittels der über die Schnittstellen 14 und 15 erhaltenen IST-Werte der Verbrennungskraftmaschine sowie der IST-Werte der elektrischen Maschine 13 berechnet die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 u.a. die durch die Verbrennungskraftmaschine erzeugten Vibrations-  
5 Schwingungen bzw. Vibrations-Schwingungswerte und demzufolge das erforderliche Drehmoment, welches vorgesteuert werden muss, um ein Auftreten einer Schwingung während bzw. kurz nach dem Zündungsmodus der Verbrennungskraftmaschine zu vermeiden.

Nach der Berechnung der erforderlichen Daten bzw. Informationen mittels der erhaltenen  
10 IST-Werte bzw. IST Daten regelt die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 den Stellwert der elektrischen Energie bzw. den Stromstellwert des Drehzahlreglers. D.h. umso höher der Stromstellwert eingestellt ist, ein umso größeres Drehmoment muss erzeugt werden, um ein Auftreten eines Drehmomentenstoßes zum Zündungszeitpunkt zu verhindern.

15 Infolgedessen weist die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 eine datenübertragungstechnische Verbindung zu der Software-Schnittstelle 14 und der Hardware-Schnittstelle 15 der Verbrennungskraftmaschine, zu dem Drehimpulsgeber 19 bzw. zu der Schnittstelle 20 sowie zum FOC-Regelkreis und speziell zu dem Mittel der Park-Transformation 17 auf, um spezifische IST-Werte bzw. IST-Daten zu erhalten.

20 Eine weitere Datenübertragungsverbindung weist die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 mit einem Knotenpunkt 28 auf, über welchen die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 aufgrund des berechneten SOLL-Drehmomentes die Werte für die Veränderung des Stellwertes der elektrischen Energie zum Antrieb des Drehzahlreglers übermittelt. Demzufolge wird in  
25 Abhängigkeit zum Stromstellwert das Drehmoment, welches eine Funktion des Stromes ist, angepasst.

Die Werte zum angepassten Stromstellwert werden dann dem PI-Regler 25 zugeführt, welcher folglich den entsprechenden Stromwert regelt.

30 In der Fig.5 ist ein Ablaufdiagramm der durch eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antivibrationsregelungseinrichtung 11 durchgeführten Verfahrensschritte S1 bis S5 dargestellt.

Über unterschiedliche Schnittstellen 14, 15, 20 bzw. Verbindungen bzw. Einrichtungen und Elemente 19, 17 werden der Antivibrationsregelungseinrichtung 11 u.a. die Werte bezüglich der aktuellen Drehzahl, des aktuellen Drehmomentes sowie weitere Signale von der Verbrennungskraftmaschine, wie beispielsweise dem aktuellen Drehwinkel der Kurbelwelle übermittelt. Aus dieser Vielzahl von Informationen berechnet die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 im Schritt S1 die zu erwartende Vibration bzw. Vibrations-Schwingung, welche von der Verbrennungskraftmaschine im Zündungsmodus erzeugt werden könnte bzw. erzeugt werden wird. Dazu wendet die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 unterschiedliche mathematische Rechenoperationen an.

10

Die Berechnung der erwarteten Vibration bzw. Schwingung ermöglicht die Aufzeichnung der zu erwarteten maximalen Schwingungsamplitude der Schwingungskurve über die Zeit zum Zeitpunkt der Zündung im Verbrennungsraum der Verbrennungskraftmaschine.

15 D.h., dass die Amplitude umso größer ist, umso mehr Drehmoment beispielsweise aufgrund einer bestimmten Belastung des Fahrzeuges bzw. der Verbrennungskraftmaschine benötigt wird.

20 Die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 kann demzufolge lediglich durch die Ermittlung der aktuell vorherrschenden Bedingungen an der Verbrennungskraftmaschine und unter Berücksichtigung des aktuell vorherrschenden Aktivitätsmodus der Verbrennungskraftmaschine genau berechnen, welche Vibrationen durch die Verbrennungskraftmaschine zum Zeitpunkt der Zündung ausgelöst werden können.

25 In welchem Aktivitätsmodus sich die Verbrennungskraftmaschine zum Zeitpunkt des Detektierens befindet, wird der Antivibrationsregelungseinrichtung 11 beispielsweise über den Wert bzw. die Positionierung des Drehwinkels der Kurbelwelle über die Hardware-Schnittstelle 15, wie in Fig. 4 gezeigt, übermittelt.

30 Den berechneten Wert der erwarteten Vibration vergleicht die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 in einem zweiten Schritt S2 mit den in einer Speichereinrichtung (hier nicht gezeigt) hinterlegten Vibrations- bzw. Schwingungs-Werten, um zu entscheiden, ob der errechnete Vibrations-Wert einen definierten maximalen zulässigen Vibrations-Wert überschreitet oder nicht. Dazu weist die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 oder auch die Steuereinrichtung der elektrischen Maschine (hier nicht gezeigt) zudem eine Vergleichseinrichtung auf, welche

35

die in der Speichereinrichtung gespeicherten maximal zulässigen Vibrations-Werte mit den berechneten zu erwartenden Vibrations-Werten vergleicht.

Die maximal zulässigen Vibrations-Werte sind vorzugsweise immer in Verbindung mit dem IST-Drehmoment und damit mit der aktuellen, d.h. zum Zeitpunkt der Detektion vorherrschenden Belastung des Systems bzw. der Verbrennungskraftmaschine gekoppelt. D.h., dass je nach Belastungszustand der Verbrennungskraftmaschine bzw. je nach auftretender Last der maximal zulässige Vibrations-Wert unterschiedlich sein kann.

Die Speichereinrichtung zum Abspeichern der maximal zulässigen Vibrations-Werte ist entweder ein Bestandteil der Antivibrationsregelungseinrichtung 11 selbst bzw. in der Antivibrationsregelungseinrichtung 11 integriert oder ein Bestandteil der Steuereinrichtung der elektrischen Maschine oder eine autarke Einrichtung.

Sind die berechneten zu erwartenden Vibrationen bzw. der berechnete Wert der zu erwartenden Vibrationen bzw. Schwingungen kleiner als der entsprechende in der Speichereinrichtung gespeicherte maximal zulässige Vibrations-Wert, so erfolgt die Berechnung bei Schritt S1 erneut. Dazu werden wieder neue bzw. aktuelle IST-Daten von den Schnittstellen des Verbrennungsmotors bzw. der Verbrennungskraftmaschine bezogen, um einen neuen Wert der zu erwartenden Vibration berechnen zu können.

Ist jedoch der berechnete Vibrations-Wert größer als der entsprechende gespeicherte maximale Vibrations-Wert, so erfolgt in einem nächsten Schritt S3 die Berechnung des Wertes des SOLL-Drehmomentes bzw. des SOLL-Momentes für die Vorsteuerung des Drehmomentes.

Für diese Berechnung des SOLL-Drehmoment-Wertes verwendet die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 wiederum die bereits zuvor bei Schritt S1 verwendeten bzw. ermittelten IST-Werte bzw. IST-Daten bezüglich der Drehzahl, des Drehmomentes usw. D.h., dass nicht wieder neue bzw. aktuelle IST-Werte in die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 eingelesen werden, sondern dass für die Berechnung des SOLL-Drehmoment-Wertes die mit der Berechnung der erwarteten Vibration zugrundeliegenden IST-Werte bzw. IST-Daten verwendet werden. Zur Berechnung des SOLL-Drehmoment-Wertes verwendet die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 wiederum eine Vielzahl unterschiedlicher mathematischer Rechenoperationen.

In einem nachfolgenden Schritt S4 überprüft die Antivibrationsregelungseinrichtung 11, in welchem Aktivitätsmodus sich die Verbrennungskraftmaschine gerade befindet. D.h. ist eventuell die Zündung bereits erfolgt, würde eine Vorsteuerung des Drehzahlreglers keinen Ausgleich der erzeugten Vibrationsschwingungen mehr ermöglichen bzw. verursachen.

5 Vielmehr würde eine Vorsteuerung des Drehzahlreglers zum falschen bzw. zu einem ungeeigneten Zeitpunkt, wie beispielsweise während des Ausblasmodus der Verbrennungskraftmaschine vielmehr zu einer Erhöhung der Vibrations-Schwingung führen.

10 Wird ein Zeitpunkt detektiert, zu welchem eine Vorsteuerung des Drehzahlreglers nicht zu einem Ausgleich der Vibrations-Schwingungen führen würde, wird der Prozess wieder bei Schritt S1 von Neuem begonnen.

Anderenfalls erfolgt in Schritt S5 die zeitliche Modellierung des SOLL-Drehmomentes synchron zur Zündung. D.h. über die in Schritt S1 berechnete Amplitude der erwarteten Schwin-  
15 gung bzw. Vibration wird unter Berücksichtigung der Zeit bzw. der Zeitdauer, welche zudem abhängig ist vom Zündzeitpunkt der Verbrennungskraftmaschine, das erforderliche SOLL-Drehmoment aufgetragen bzw. berechnet. Dafür verwendet die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 wiederum die bereits auch zuvor in Schritt S1 und Schritt S3 verwendeten ermittelten IST-Werte bzw. IST-Daten. Demnach werden nicht wieder neue Datensätze von den  
20 entsprechenden Einrichtungen bzw. Schnittstellen bezogen. Dem gesamten Verfahren liegen folglich bei jedem Durchlauf bzw. bei jedem Verfahrensschritt identische, einmal bezogenen IST-Daten bzw. IST-Werte für die Berechnungen und Modellierungen zugrunde.

25 Die Vorsteuerung des Drehzahlreglers zur Regelung bzw. Steuerung des Drehmomentes erfolgt vorzugsweise zeitgleich bzw. zeitlich synchron zur Zündung, um die ab dem Zündungsmodus bis zum Verbrennungsmodus der Verbrennungskraftmaschine auftretenden Schwingungen ausgleichen zu können.

30 Nach der Ermittlung des SOLL-Drehmoment-Wertes bzw. des Vorsteuermomentes wird in einem nächsten Schritt S6 der Stromstellwert des Drehzahlreglers reguliert bzw. angepasst. Dazu übermittelt die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 den berechneten bzw. modellierten Wert bzw. Datensatz an den Knotenpunkt 28.

35 Zur Berechnung bzw. Modellierung der erwarteten Vibration bzw. des SOLL-Drehmoment-Wertes verwendet die Antivibrationsregelungseinrichtung 11 eine Berechnungs- und Model-

lierungseinrichtung, welche vorzugsweise ein Bestandteil der Antivibrationsregelungseinrichtung 11 ist.

Die Anmelderin behält sich vor sämtliche in den Anmeldungsunterlagen offenbaren Merkmale als erfindungswesentlich zu beanspruchen, sofern sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

### Bezugszeichenliste

10

1	Drehmoment-Kurve
2	Drehzahl-Kurve
3	Druckverlauf-Kurve
4	Ansaugmodus
15 5	Verdichtungsmodus
6	Zündungsmodus
7	Ausblasmodus
8	Bereich des Drehmomentstoßes
9	Drehmoment-Kurve der Welle
20 10	Drehwinkel
11	Antivibrationsregelungseinrichtung
12	Steuereinrichtung der elektrischen Maschine
13	elektrische Maschine
14	Software-Schnittstelle
25 15	Hardware-Schnittstelle
16	PI-Regler
17	Park-Transformations-Element
18	analog zu digital - Wandler
19	Drehimpulsgeber
30 20	serielle Peripherie-Schnittstelle
21	PWM-Generator
22	Prozessor-Hardware
23	Clark-Transformations-Element
24	PI-Regler
35 25	PI-Regler

26	Element zur inversen Park- und Clark Transformation
27	Raumzeigermodulator
28	Knotenpunkt
S1	erster Schritt -Vibrationsberechnung
5 S2	zweiter Schritt -Vergleich
S2	dritter Schritt - SOLL-Drehmoment-Wert-Berechnung
S4	vierter Schritt - Abgleich
S5	fünfter Schritt - Modellierung
S6	sechster Schritt - Stromstellwertanpassung

---

Verfahren und Antivibrationsregelungseinrichtung zum Ausgleichen von durch eine Verbrennungskraftmaschine erzeugte Vibrations-Schwingungen

---

5

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Ausgleichen von durch eine mit einer elektrischen Maschine (13) mechanisch gekoppelten Verbrennungskraftmaschine erzeugte Vibrations-Schwingungen in einem mit elektrischer Energie antreibbaren Fahrzeug mittels einer Antivibrationsregelungseinrichtung (11), welche einen Stellwert der elektrischen Energie zum Betrieb eines Drehzahlreglers der elektrischen Maschine (13) regelt, um eine Drehzahlreglerfrequenz des Drehzahlreglers unter Berücksichtigung eines aktuell vorliegenden Aktivitätsmodus der Verbrennungskraftmaschine zu verringern oder zu erhöhen.  
10
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
20 die Antivibrationsregelungseinrichtung (11) mittels der Regelung des Stellwertes der elektrischen Energie zum Betrieb des Drehzahlreglers den Drehzahlregler zum Erzeugen eines definierten Drehmomentes vorsteuert.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2  
dadurch gekennzeichnet, dass  
25 die Antivibrationsregelungseinrichtung (11) die von der Verbrennungskraftmaschine zu erwartenden erzeugten Vibrations-Schwingungen mittels IST-Werten bezüglich einer Drehzahl, eines Drehmomentes, eines Drehwinkels, einer Spannung und/oder eines Einspritzdruckes der Verbrennungskraftmaschine berechnet.  
30
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
35 die Antivibrationsregelungseinrichtung (11) die berechneten erwarteten Vibrations-Schwingungen mit in einer Speichereinrichtung der Steuereinrichtung der elektrischen Maschine gespeicherten zulässigen Maximalwerten für Vibrations-

Schwingungen vergleicht.

5. Verfahren nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
5 die Antivibrationsregelungseinrichtung (11) die IST-Werte im Wesentlichen direkt über eine mit der Steuereinrichtung der Verbrennungskraftmaschine verbundenen Schnittstelle (14, 15) erhält.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,  
10 dadurch gekennzeichnet, dass die Antivibrationsregelungseinrichtung (11) einen SOLL- Drehmomentwert mittels IST-Werten bezüglich einer Drehzahl, eines Drehmomentes, eines Drehwinkels, einer Spannung und/oder eines Einspritzdruckes der Verbrennungskraftmaschine berechnet, um den Stellwert der elektrischen Energie zum Betrieb des Drehzahlreglers zu  
15 regeln.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche  
dadurch gekennzeichnet, dass  
20 die Antivibrationsregelungseinrichtung (11) den aktuellen Aktivitätsmodus der Verbrennungskraftmaschine ermittelt und mit in der Speichereinrichtung der Steuereinrichtung der elektrischen Maschine (13) gespeicherten SOLL-Aktivitätsmodi vergleicht.
8. Verfahren nach Anspruch 2,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass die Antivibrationsregelungseinrichtung (11) die Vorsteuerung des Drehmomentes durch den Drehzahlreglers im Wesentlichen zeitlich synchron zu einem Zündungsmodus der Verbrennungskraftmaschine bewirkt.
9. Antivibrationsregelungseinrichtung (11) zum Regeln eines Stellwertes einer elektrischen Energie zum Betrieb eines Drehzahlreglers einer mit einer elektrischen Maschine (13) mechanisch gekoppelten Verbrennungskraftmaschine, wobei die Antivibrationsregelungseinrichtung (11) ein Bestandteil der Steuereinrichtung (12) der elektrischen Maschine (13) ist.  
30  
35

10. Antivibrationsregelungseinrichtung gemäß Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Antivibrationsregelungseinrichtung (11) eine Empfangseinrichtung zum Empfangen von IST-Werten bezüglich einer Drehzahl, eines Drehmomentes, eines Drehwinkels, einer Spannung und/oder eines Einspritzdruckes der Verbrennungskraftmaschine sowie eine Sendeeinrichtung zum Versenden eines Signals zum Regeln des Stellwerte und/oder eine Vergleichseinrichtung zum Vergleich der IST-Werte mit SOLL-Werten aufweist.

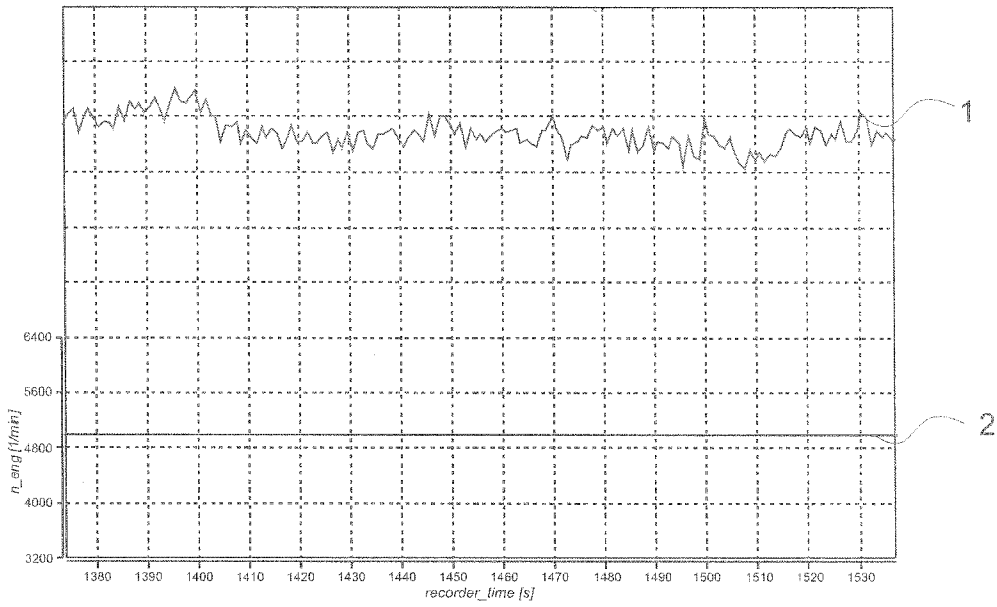


Fig.1

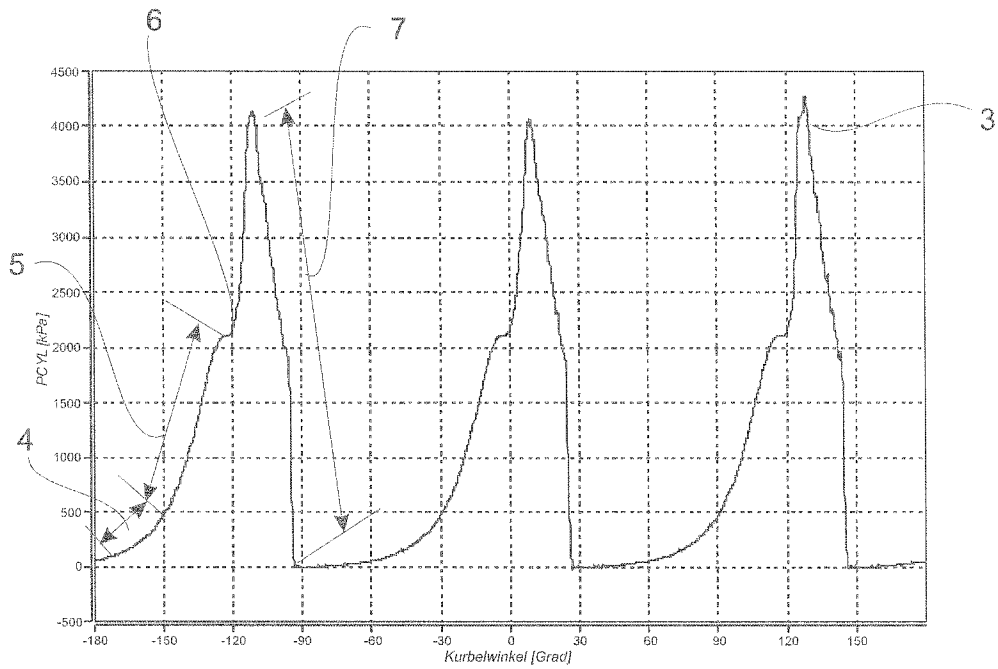


Fig.2

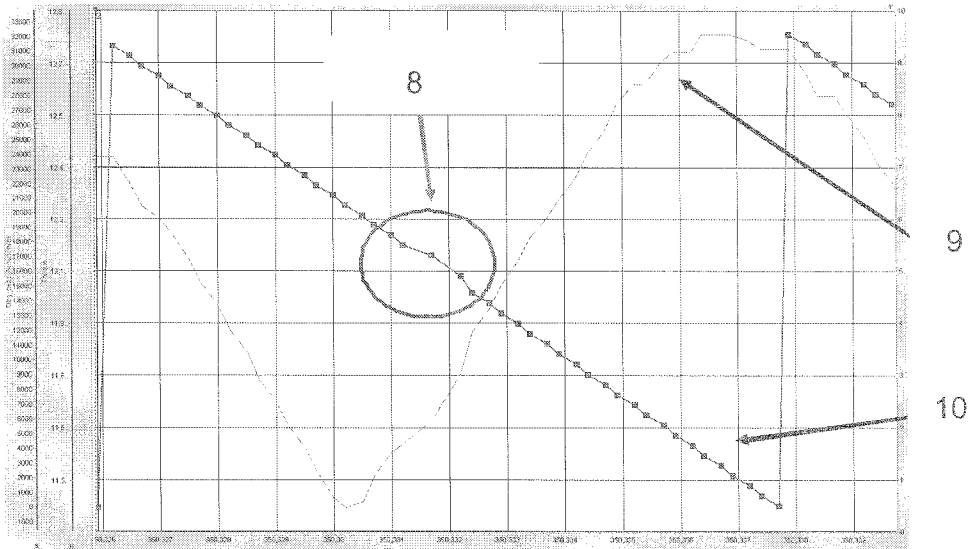


Fig.3

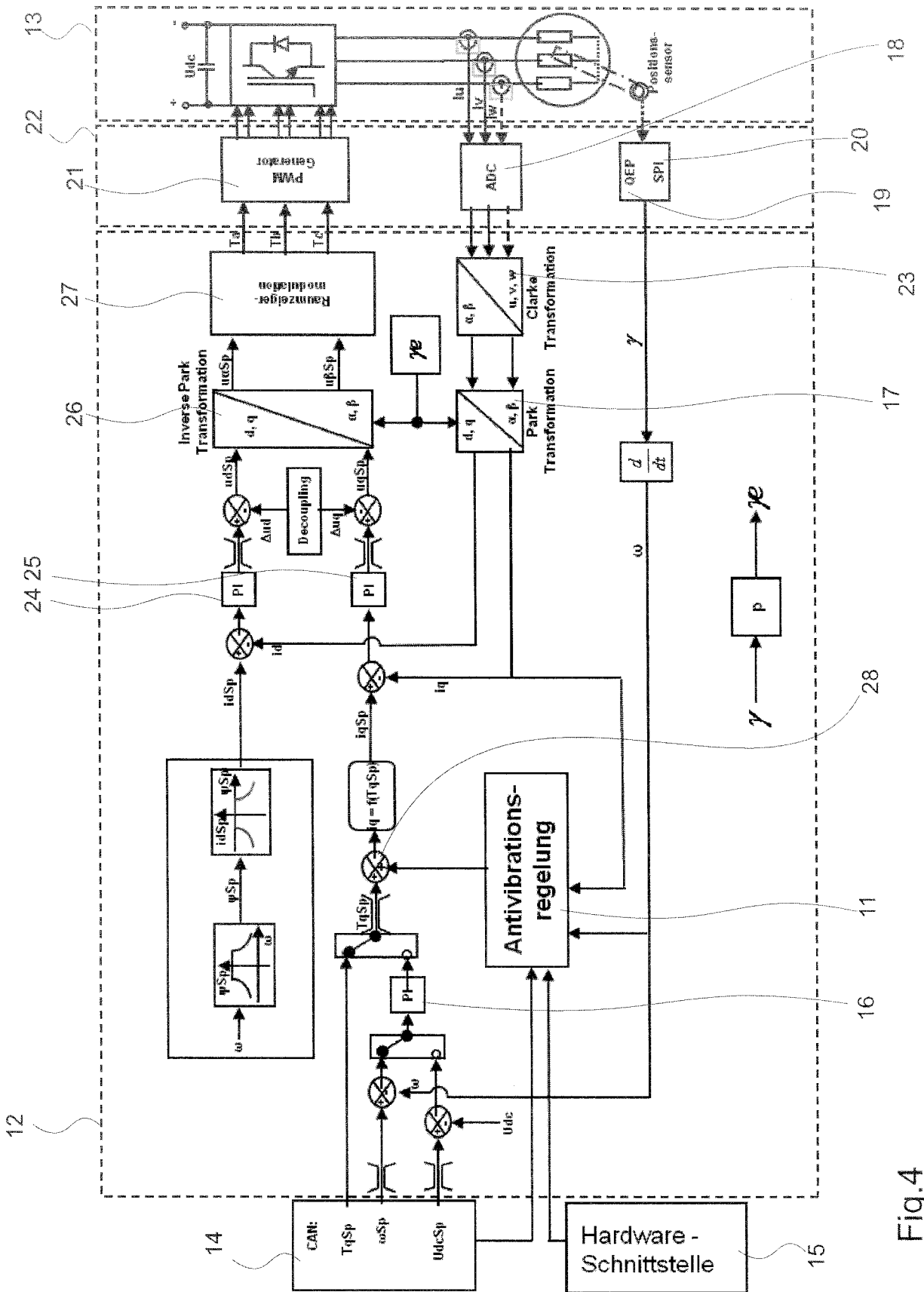


Fig.4

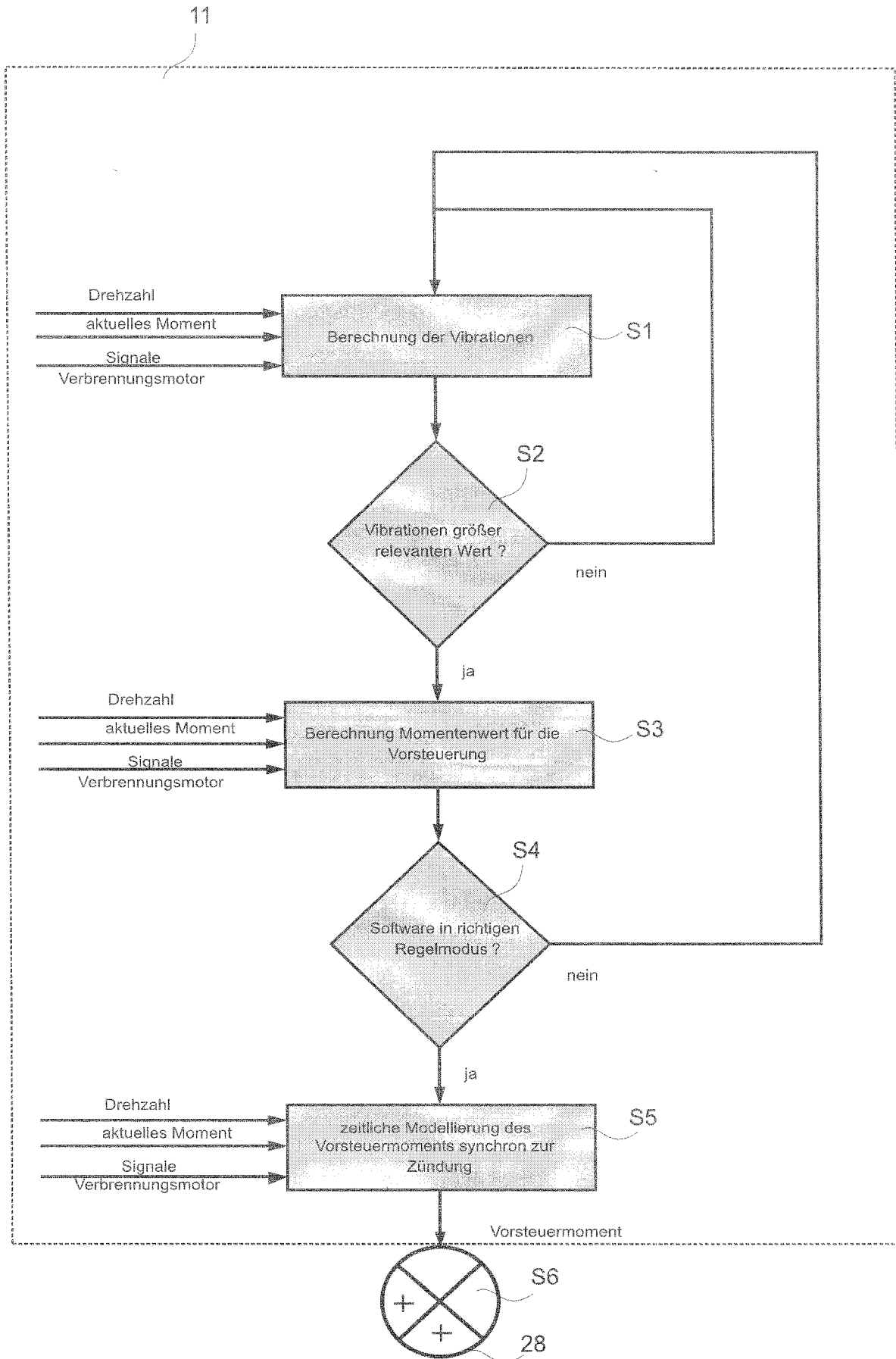


Fig.5