

WO 2013/156191 A1



Drehunförmigkeit eines Antriebsstrangs eines Hybridfahrzeugs, wobei der Antriebsstrang einen Verbrennungsmotor (VM), eine E-Maschine (EM) und eine Kurbelwelle umfasst. Eine Reduktion oder Tilgung der Drehunförmigkeit erfolgt durch eine Ansteuerung der E-Maschine (EM), wobei die Ansteuerung als adaptive Vorsteuerung (F) ausgebildet ist, welche ein Ansteuersignal (u) für die E-Maschine (EM) bereit stellt, welches ein von der E-Maschine (EM) zu erzeugendes Soll-Drehmoment ($M_{EM,soll}$) repräsentiert, so dass diese ein zu der Drehunförmigkeit zumindest annähernd inverses Drehmoment ($M_{EM,ist}$) an die Kurbelwelle zur Überlagerung des von dem Verbrennungsmotor (VM) erzeugten Drehmoments (M_{KW}) abgibt.

VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR REDUKTION VON DREHUNFÖRMIGKEITEN EINES ANTRIEBSSTRANGS EINES HYBRIDFAHRZEUGS

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Reduktion einer Drehunförmigkeit eines Antriebsstrangs eines Hybridfahrzeugs, wobei der Antriebsstrang einen Verbrennungsmotor, eine E-Maschine und eine Kurbelwelle umfasst.

Unter einer Drehunförmigkeit wird eine Summation aller periodischen Störmomente aufgrund von Massenträgheitsmomenten, Verbrennungsspitzen und sekundären Effekten, welche durch den Betrieb des Verbrennungsmotors an der Kurbelwelle entstehen, verstanden. Die Drehunförmigkeiten überlagern das von dem Verbrennungsmotor gelieferte Abtriebsmoment mit mehreren periodischen Störungen. Es ist bekannt, Drehunförmigkeiten mittels passiven Tilgungselementen, wie z.B. einem Zweimassenschwungrad (ZMS) oder einem drehzahladaptiven Tilger (DAT), zu bekämpfen.

Ebenso sind aktive Kompensationsfunktionen bekannt. Im Rahmen von aktiven Verfahren werden geregelte Aktuatoren, gegebenenfalls in Verbindung mit einem passiven Glied, eingesetzt. Aktive Kompensationsfunktionen berücksichtigen die Wirkung der optional verbauten, passiven Glieder, wie z.B. ZMS und DAT, und nehmen eine aktive Kompensation der Störungen in Symbiose mit diesen vor. Hierbei werden sensorisch erfasste Signale des Antriebsstrangs, wie z.B. Drehzahlen, Momente oder Längsbeschleunigungen, verarbeitet und mit Referenzwerten verglichen, um in Abhängigkeit eines Regelfehlers entsprechende Aktuatoren anzusteuern. Allgemein sind Regelungen dieser Art in ihrer nutzbaren Bandbreite aufgrund von Signallaufzeiten und Aktuatorbegrenzungen beschränkt. Eckfrequenzen liegen je nach Antriebstopologie (d.h. den Aufbau des Motors, usw.) und Aktuatorqualität typischerweise zwischen 10 Hz und 20 Hz, so dass Konzepte dieser Art für die Tilgung von Ruckelfrequenzen und anderen niederfrequenten Störungen geeignet sind, jedoch nicht das gesamte Frequenzspektrum der Drehunförmigkeit abdecken können.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, welche baulich und/oder funktional derart verbessert sind, dass diese ein weiteres Frequenzspektrum der Drehunförmigkeiten bekämpfen können.

Diese Aufgaben werden gelöst durch eine Vorrichtung gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 1 und ein Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 9. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den jeweiligen abhängigen Patentansprüchen.

Die Erfindung schlägt eine Vorrichtung zur Reduktion einer Drehunförmigkeit eines Antriebsstrangs eines Hybridfahrzeugs vor. Der Antriebsstrang umfasst einen Verbrennungsmotor, eine E-Maschine (elektrische Maschine) und eine Kurbelwelle. Eine Reduktion oder Tilgung der Drehunförmigkeit erfolgt durch eine Ansteuerung der E-Maschine. Dabei ist die Ansteuerung als adaptive Vorsteuerung ausgebildet. Eine Vorsteuerung wird in der englischsprachigen Literatur als Feed Forward Control bezeichnet. Die adaptive Vorsteuerung stellt ein Ansteuersignal für die E-Maschine bereit, welches ein von der E-Maschine zu erzeugendes Soll-Drehmoment repräsentiert, so dass diese ein zu der Drehunförmigkeit zumindest annähernd inverses Drehmoment an die Kurbelwelle zur Überlagerung des von dem Verbrennungsmotor erzeugten Drehmoments abgibt.

Die Erfindung schlägt weiter ein Verfahren zur Reduktion einer Drehunförmigkeit eines Antriebsstrangs eines Hybridfahrzeugs vor, wobei der Antriebsstrang einen Verbrennungsmotor, eine E-Maschine und eine Kurbelwelle umfasst. Eine Reduktion oder Tilgung der Drehunförmigkeit erfolgt durch eine Ansteuerung der E-Maschine. Die Ansteuerung erfolgt mit einer adaptiven Vorsteuerung (Feed Forward Control), welche ein Ansteuersignal für die E-Maschine bereitstellt, welches ein von der E-Maschine zu erzeugendes Soll-Drehmoment repräsentiert, so dass diese ein zu der Drehunförmigkeit zumindest annähernd inverses Drehmoment an die Kurbelwelle zur Überlagerung des von dem Verbrennungsmotor erzeugten Drehmoments abgibt.

Erfindungsgemäß wird somit vorgeschlagen, die E-Maschine zur Tilgung der Drehunförmigkeit zu nutzen. Dabei wird diese nicht mit einer klassischen Regelung, welche typischerweise lediglich niederfrequente Störungen bis ca. 15 Hz tilgen kann, angesteuert, sondern unter Nutzung einer adaptiven Vorsteuerung, mit welcher auch Schwingungen im hörbaren Bereich reduziert bzw. getilgt werden können. Diesem Vorgehen liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass die zu tilgenden Frequenzanteile von der Motordrehzahl abhängen und die zu tilgende Frequenz ab initio bekannt ist. Damit kann dieses Wissen in

der Vorsteuerung genutzt werden, um die entsprechenden Schwingungen zu tilgen bzw. zu reduzieren.

Im Ergebnis kann die Laufruhe des Verbrennungsmotors gesteigert werden. Ebenso können ungewollte Vibrationen im Antriebsstrang gedämpft werden. Die Vorrichtung und das Verfahren können weiter dazu genutzt werden, das Geräusch des Verbrennungsmotors akustisch zu verbessern. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass passive Tilgungselemente des Antriebsstrangs, wie z.B. Zweimassenschwungräder oder drehzahladaptive Tilger, eingespart werden können. Letzteres ist insbesondere möglich, weil eine Funktion mit hoher Güte der adaptiven Vorsteuerung verwendet werden kann.

Gemäß einer zweckmäßigen Ausgestaltung ist der Vorsteuerung als Eingangsgröße eine messtechnisch erfasste Drehzahl des Verbrennungsmotors zur Verarbeitung zuführbar. Insbesondere ist der Vorsteuerung ein aus der Drehzahl des Verbrennungsmotors erzeugbarer Frequenzvektor mit den Frequenzen zuführbar, welche in einem die Drehunförmigkeit repräsentierenden Signal enthalten sind. Dementsprechend wird in einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens der Vorsteuerung als Eingangsgröße eine messtechnisch erfasste Drehzahl des Verbrennungsmotors zur Verarbeitung zugeführt. Insbesondere wird der Vorsteuerung bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ein aus der Drehzahl des Verbrennungsmotors erzeugbarer Frequenzvektor mit den Frequenzen zugeführt, welche in einem die Drehunförmigkeit repräsentierenden Signal enthalten sind. Der Frequenzvektor kann hierbei mittels eines Frequenzgenerators erzeugt sein bzw. werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist zur Adaption der Vorsteuerung als weitere Eingangsgröße dieser zur Verarbeitung eine messtechnisch erfasste Drehzahl der E-Maschine zuführbar, welche eine Reststörung der Drehunförmigkeit beinhaltet. Analog hierzu wird zur Adaption der Vorsteuerung in einer Weiterbildung des Verfahrens als weitere Eingangsgröße dieser zur Verarbeitung eine messtechnisch erfasste Drehzahl der E-Maschine zugeführt, welche eine Reststörung der Drehunförmigkeit beinhaltet.

In einer weiteren zweckmäßigen Ausgestaltung umfasst die adaptive Vorsteuerung zur Verarbeitung für vorgegebene Motorordnungen eine Information über die in dem die

Drehunförmigkeit repräsentierenden Störsignal enthaltenen Frequenzen. In dem Verfahren verarbeitet die adaptive Vorsteuerung für vorgegebene Motorordnungen eine Information über die in dem die Drehunförmigkeit repräsentierenden Störsignal enthaltenen Frequenzen.

Die adaptive Vorsteuerung der erfindungsgemäßen Vorrichtung umfasst in einer weiteren Ausgestaltung einen Störgrößenbeobachter, welcher zur Erzeugung einer A-Matrix ausgebildet ist. Eine A-Matrix wird in einer dem Fachmann bekannten Weise zur Auslegung bzw. Definition einer Regelung genutzt. Dabei wird wahlweise in der A-Matrix eine Dämpfung berücksichtigt.

Die Erfindung und deren Vorteile werden nachfolgend besser aus dem in den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiel ersichtlich. Es zeigen:

- Fig. 1a, 1b einen zeitlichen Ausschnitt einer Drehzahl bzw. eines Drehmoments eines Verbrennungsmotors eines Antriebsstrangs eines Hybridfahrzeugs zur Illustration einer Drehunförmigkeit beim Betrieb des Verbrennungsmotors,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels einer adaptiven Vorsteuerung zur Reduktion der Drehunförmigkeit des Antriebsstrangs, und
- Fig. 3 eine schematische Darstellung des Regelungskonzepts eines erfindungsgemäß einsetzbaren Störgrößenbeobachters zur Realisierung der adaptiven Vorsteuerung.

Die nachfolgende Beschreibung geht von einem hybriden Antriebsstrang eines Fahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor und einer E-Maschine (elektrische Maschine) aus, bei der die E-Maschine in der Lage ist, den Momentenpfad des Verbrennungsmotors zu der oder den angetriebenen Achsen zu überlagern. Wenn hier in der vorliegenden Beschreibung von einer E-Maschine die Rede ist, so kann diese wahlweise in einem elektromotorischen oder in einem generatorischen Betrieb betrieben werden.

Das von dem Verbrennungsmotor gelieferte Moment ist aufgrund von freien Massenträgheitsmomenten, Verbrennungsspitzen und sekundären Effekten der Motoraggregate mit periodischen Störmomenten behaftet. Dies ist exemplarischen in den Figuren 1a, 1b dargestellt, wobei jeweils ein zeitlicher Ausschnitt der Kurbelwellendrehzahl n_{KW} bzw. des an der Kurbelwelle anliegenden Drehmoments M_{KW} dargestellt ist. Die in den Figuren 1a, 1b gezeigten beispielhaften Verläufe der Kurbelwellendrehzahl n_{KW} und des Kurbelwellendrehmoments M_{KW} ergeben sich bei einer konstanten Solldrehzahl. Aufgrund der zeitlichen Auflösung von etwas weniger als 0,001 s ist gut ersichtlich, dass sowohl die Drehzahl der Kurbelwelle als auch das an der Kurbelwelle anliegende Drehmoment M_{KW} mit periodischen Störungen überlagert sind. Die Frequenz dieser Störsignale kann entweder ein Vielfaches der Motordrehzahl n_{KW} sein oder unabhängig davon einen konstanten Wert annehmen. Im Folgenden sei $T_{s,i} : i \in [1, N]$ eine von N periodischen Störsignalen des Verbrennermoments mit der Frequenz ω_i und der Amplitude A_i :

$$T_{s,i} = A_i \sin(\omega_i t + \phi) \quad (1).$$

In der nachfolgenden Beschreibung wird als Störsignal lediglich ein an der Kurbelwelle des Antriebsstrangs anliegendes Störmoment betrachtet. Die Summation aller Störmomente $\sum_{i=1}^N T_{s,i}$ wird als Drehunförmigkeit bezeichnet. Die Frequenzen der motordrehzahlabhängigen Störsignale bewegen sich dabei näherungsweise zwischen

$$f_{s,\min} \approx 600 \text{ 1/min} * 0.5 \hat{=} 5 \text{ Hz} \quad (2)$$

für die 0,5-te Motorordnung im Leerlauf und

$$f_{s,\max} \approx 8000 \text{ 1/min} * 4 \hat{=} 533 \text{ Hz} \quad (3)$$

für die vierte Motorordnung bei $n_{KW, \max}$.

Welche Motorordnung(en) im Rahmen der Reduktion der Drehunförmigkeit des Antriebsstrangs berücksichtigt werden müssen, ist bekannt und abhängig vom betrachteten Motor. Insbesondere besteht eine Abhängigkeit von der Motoranordnung im Hinblick auf die Zy-

linderzahl, auf die Anordnung der Zylinder zueinander (V-Anordnung oder Reihenanordnung) sowie von der konkreten Ausgestaltung, welche insbesondere die Amplituden der Störsignale beeinflusst. In den oben angegebenen Formeln (2) und (3) werden beispielhaft für eine gegebene Motoranordnung die 0,5-te und die vierte Motorordnung betrachtet. Dabei ergibt sich für die 0,5-te Motoranordnung eine Frequenz von $f_{s,min} = 5$ Hz im für den Menschen nicht hörbaren Bereich. Demgegenüber ist die für die vierte Motoranordnung ermittelte Störfrequenz $f_{s,max} = 533$ Hz im für den Menschen hörbaren Bereich gelegen.

Die Drehunförmigkeit, d.h. das Auftreten der in den Formeln (2) und (3) errechneten Frequenzen soll im Antriebsstrang bestmöglich getilgt werden, um hiermit akustische sowie Bauteilbelastungsgrenzen zu vermeiden.

Erfindungsgemäß wird hierzu eine Vorsteuerung (Feed Forward Control) genutzt. Diese nutzt neben der Drehzahl des Verbrennungsmotors als Referenz das Wissen um die im Signal enthaltenen Frequenzen, um die Drehunförmigkeit möglichst gut nachzubilden und durch einen geeigneten Aktuator auszulöschen. Das so generierte Signal wird hierbei in Phasenlage und Amplitude dem Störsignal angepasst. Dazu wird der Vorsteuerungsalgorithmus mit einem gemessenen Signal, das die Reststörung enthält, adaptiert. Dies erfolgt mittels eines Vorsteuerungsalgorithmus, der beispielhaft auf einem Störgrößenbeobachter basiert. Alternativ könnte beispielsweise auch ein sog. adaptives Notch-Filter eingesetzt werden. Darüber hinaus sind weitere Realisierungsmöglichkeiten denkbar.

Eine schematische Darstellung der Funktionsweise einer Vorsteuerung ist in Fig. 2 dargestellt. Die Verbrennungsmaschine ist mit VM, die E-Maschine mit EM gekennzeichnet. Als weitere Hardware-Komponenten sind ein erster Sensor S1, beispielsweise ein Kurbelwellengeber, und ein zweiter Sensor S2, beispielsweise ein Rotorlagesensor, dargestellt. Der Kurbelwellengeber S1 erfasst hierbei eine Drehzahl des Verbrennungsmotors n_{KW} . Der Rotorlagesensor S2 erfasst eine Drehzahl n_{EM} der E-Maschine.

Ausgehend von der gemessenen Drehzahl n_{KW} des Verbrennungsmotors VM wird in dem Block FG ein Frequenzvektor ω gebildet. Der Block FG stellt einen Frequenzgenerator dar. Der Frequenzvektor ω enthält diejenigen Frequenzen, die im Störsignal vermutet werden. Diese Frequenzen können dabei von der Drehzahl n_{KW} des Motors VM abhängen

oder unabhängige Konstantwerte annehmen. Die Vorgehensweise zur Ermittlung des Frequenzvektors wird weiter unten ausführlicher beschrieben.

Im Block SGB, welcher einen Störgrößenbeobachter repräsentiert, ist die Systemdynamik der periodischen Schwingungen, welche im Frequenzvektor ω , d.h. den jeweiligen Frequenzen des Frequenzvektors, enthalten sind, beschrieben. Diese werden in SGB bezüglich ihrer Phase und Amplitude mit Hilfe eines Fehlersignals e korrigiert, aufsummiert und als Sollmoment $M_{EM,soll}$ als Steuersignal der E-Maschine EM zur Verfügung gestellt. Die E-Maschine EM überlagert dann das vom Verbrennungsmotor VM kommende Moment M_{KW} mit dem inversen Wert der geschätzten Störung ($M_{EM,ist}$), um die Störungen der Drehunförmigkeit auszulöschen. Im Falle einer idealen Tilgung der Drehunförmigkeit ist das resultierende Abtriebsmoment M_0 und folglich die Drehzahl der E-Maschine n_{EM} , welche die aktuelle Drehzahl des Elektromotors EM repräsentiert, glatt. Eine detailliertere Beschreibung des Störgrößenbeobachters SGB erfolgt weiter unten.

Die durch den Rotorlagesensor S2 gemessene Drehzahl der E-Maschine EM wird einem Block SMS, einem Störmomentschätzer, zugeführt. Der Störmomentschätzer SMS bildet aus der gemessenen E-Maschinendrehzahl n_{EM} eine Schätzung des Störmoments, das auf der Kurbelwelle liegt. Eine mögliche Implementierung wird ebenfalls weiter unten erläutert.

Wenn die Drehzahl der E-Maschine n_{EM} unter Idealbedingungen glatt ist, entspricht das Störmoment $M_e = 0$. Damit findet keine Anpassung der Systemdynamik in dem Störgrößenbeobachter SGB statt. Sollte hingegen ein Störmoment M_e anliegen, werden die Phasenlage und die Amplitude der Schwingungen dahingehend verändert, dass bei der nächsten Periode der Fehler verkleinert wird. Eine dabei relevante Lerngeschwindigkeit l wird bei der Beschreibung des Störgrößenbeobachters SGB näher beschrieben.

Frequenzgenerator FG und Störgrößenbeobachter SGB bilden die adaptive Vorsteuerung F aus. Der Rotorlagesensor S2 und der Störmomentschätzer SMS repräsentieren eine Messstrecke H einer Vorsteuerung. Eine Regelstrecke P , welche in Fig. 2 nicht mehr explizit dargestellt ist, ist zwischen dem Antriebsmoment M_0 und der Erfassung der E-Maschinendrehzahl n_{EM} gegeben.

Die Struktur des Störgrößenbeobachters SGB ist in Fig. 3 dargestellt. Die zu Grunde liegende Gleichung zur Beschreibung der Systemdynamik ist

$$x(k+1) = A(\omega, c)x(k) + Le(k) \quad (4),$$

$$u = Cx(k) \quad (5).$$

Dabei repräsentiert x einen Vektor mit den Zuständen der abzubildenden Schwingungen, A die Matrix zur Beschreibung der Systemdynamik, e das verbleibende Reststörmoment und L die Matrix der Lerngeschwindigkeiten zur Anpassung der Zustände an die gemessene Stördynamik. Die Vektoren ω und c parametrieren die Systemmatrix A bezüglich der Frequenz und der Dämpfung in den einzelnen Sinusschwingungen.

Die Dynamik einer einzelnen Schwingung mit der Frequenz ω_i und einer optionalen Dämpfung c_i im diskreten Zustandsraummodell ist durch

$$x_i(k+1) = A_i x_i(k) \quad (6)$$

$$y_i(k) = C_i x_i(k) \quad (7)$$

mit

$$A_i = \begin{bmatrix} 0 & e^{-\omega_i c_i T_s} \\ -e^{-\omega_i c_i T_s} & 2e^{\omega_i c_i T_s} \cos(\omega_i \sqrt{1-c_i^2} T_s) \end{bmatrix}, \quad C_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

beschrieben, wobei T_s eine Abtastzeit darstellt. Für die Überlagerung von N Sinusschwingungen ergeben sich damit die Gesamtmatrizen

$$A = \begin{bmatrix} A_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & A_N \end{bmatrix}, \quad C = [C_1 \dots C_N] \quad (9).$$

Der Vorteil der Verwendung der optionalen Dämpfung c_i ist die Erreichung eines sicheren Zustandes, wodurch ein stabiles Systemverhalten sichergestellt werden kann. Soll eine derartige Dämpfung nicht vorgesehen werden, so wird $c = 0$ gesetzt, wodurch ein grenzstabiles System gegeben ist.

In Fig. 3 ist mit A ein A-Matrixgenerator gekennzeichnet, dem als Eingangsgrößen die Frequenz ω_i und die Dämpfung c_i zugeführt werden. Die Systemmatrix ist für $c = 0$ in Fig. 3 dargestellt.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, Zustände an Stellgrößenbeschränkungen anzupassen und einzelne Funktionen gegebenenfalls inaktiv zu schalten. Für einen Initialzustand $x(0)$ empfiehlt sich die Wahl eines Vektors, der Teil der Trajektorie einer Sinusschwingung ist, um den Einschwingvorgang zu beschleunigen, z.B.

$$x(0) = [1 \quad 1 \quad \dots \quad 1]^T \quad (10).$$

Die Wahl der Lerngeschwindigkeiten muss stets paarweise für die beiden Zustände einer Sinusschwingung erfolgen. Dabei können die verschiedenen Frequenzen durchaus verschieden gewichtet werden. Einzig die beiden Zustände derselben Frequenz müssen die gleiche Lerngeschwindigkeit vorfinden.

$$L = [l_1 \quad l_1 \quad l_2 \quad l_2 \quad \dots \quad l_N \quad l_N]^T \quad (11).$$

Die Wahl von l_i muss die Stabilität des Lernalgorithmus gegen die Konvergenzzeit abwägen. Während die Wahl eines zu kleinen l_i unzureichende Auslöschungsgüte nach sich zieht, kann die Wahl eines zu großen l_i zu Instabilität führen.

Die Erfindung schlägt somit die Nutzung einer adaptiven Vorsteuerung vor, um mittels einer E-Maschine die Drehunförmigkeit eines Verbrennungsmotors zu tilgen oder zumindest zu reduzieren. Die adaptive Vorsteuerung nutzt das Wissen, dass die zu tilgenden Frequenzanteile von der Motordrehzahl abhängen und deren Frequenz für jede Motoranordnung bekannt ist.

In der obigen Beschreibung ist explizit nur ein Störgrößenbeobachter zur Realisierung einer Lösung beschrieben. Es ist ohne weiteres möglich, ein solches Konzept auch mit einem LMS-Filter oder ähnlichen Varianten zu realisieren.

Bezugszeichenliste

VM	Verbrennungsmotor
EM	E-Maschine (elektrische Maschine)
S1	Sensor (Kurbelwellengeber)
S2	Sensor (Rotorlagesensor)
FG	Frequenzgenerator
SGM	Störgrößenbeobachter
n_{EM}	Drehzahl der E-Maschine
n_{KW}	Drehzahl des Verbrennungsmotors
M_{KW}	Moment des Verbrennungsmotors
$M_{EM,soll}$	Soll-Drehmoment der E-Maschine
$M_{EM,ist}$	Ist-Drehmoment der E-Maschine
M_0	Antriebsmoment
F	Vorsteuerung
H	Messstrecke

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Reduktion einer Drehunförmigkeit eines Antriebsstrangs eines Hybridfahrzeugs, wobei der Antriebsstrang einen Verbrennungsmotor (VM), eine E-Maschine (EM) und eine Kurbelwelle umfasst, wobei eine Reduktion oder Tilgung der Drehunförmigkeit durch eine Ansteuerung der E-Maschine (EM) erfolgt, wobei die Ansteuerung als adaptive Vorsteuerung (F) ausgebildet ist, welche ein Ansteuersignal (u) für die E-Maschine (EM) bereit stellt, welches ein von der E-Maschine (EM) zu erzeugendes Soll-Drehmoment ($M_{EM,soll}$) repräsentiert, so dass diese ein zu der Drehunförmigkeit zumindest annähernd inverses Drehmoment ($M_{EM,ist}$) an die Kurbelwelle zur Überlagerung des von dem Verbrennungsmotor (VM) erzeugten Drehmoments (M_{KW}) abgibt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Vorsteuerung (F) als Eingangsgröße eine messtechnisch erfasste Drehzahl (n_{KW}) des Verbrennungsmotors (VM) zur Verarbeitung zuführbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, bei der der Vorsteuerung (F) ein aus der Drehzahl (n_{KW}) des Verbrennungsmotors (VM) erzeugbarer Frequenzvektor (ω) mit den Frequenzen (ω_i) zuführbar ist, welche in einem die Drehunförmigkeit repräsentierenden Signal enthalten sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der der Frequenzvektor (ω) mittels eines Frequenzgenerators erzeugt ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der zur Adaption der Vorsteuerung (F) als weitere Eingangsgröße dieser zur Verarbeitung eine messtechnisch erfasste Drehzahl (n_{EM}) der E-Maschine (EM) zuführbar ist, welche eine Reststörung der Drehunförmigkeit beinhaltet.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die adaptive Vorsteuerung (F) zur Verarbeitung für vorgegebene Motorordnungen eine Information über die in dem die Drehunförmigkeit repräsentierenden Störsignal enthaltenen Frequenzen (ω_i) beinhaltet.

7. Vorrichtung nacheinem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die adaptive Vorsteuerung (F) einen Störgrößenbeobachter (SGB) umfasst, welcher zur Erzeugung einer A-Matrix ausgebildet ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, bei der in der A-Matrix eine Dämpfung berücksichtigt ist.
9. Verfahren zur Reduktion einer Drehunförmigkeit eines Antriebsstrangs eines Hybridfahrzeugs, wobei der Antriebsstrang einen Verbrennungsmotor (VM), eine E-Maschine (EM) und eine Kurbelwelle umfasst, wobei eine Reduktion oder Tilgung der Drehunförmigkeit durch eine Ansteuerung der E-Maschine (EM) erfolgt, wobei die Ansteuerung mit einer adaptiven Vorsteuerung (F) erfolgt, welche ein Ansteuersignal (u) für die E-Maschine (EM) bereit stellt, welches ein von der E-Maschine (EM) zu erzeugendes Soll-Drehmoment ($M_{EM,soll}$) repräsentiert, so dass diese ein zu der Drehunförmigkeit zumindest annähernd inverses Drehmoment ($M_{EM,ist}$) an die Kurbelwelle zur Überlagerung des von dem Verbrennungsmotor (VM) erzeugten Drehmoments (M_{KW}) abgibt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei der der Vorsteuerung (F) als Eingangsgröße eine messtechnisch erfasste Drehzahl (n_{KW}) des Verbrennungsmotors (VM) zur Verarbeitung zugeführt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, bei der der Vorsteuerung (F) ein aus der Drehzahl (n_{KW}) des Verbrennungsmotors (VM) erzeugbarer Frequenzvektor (ω) mit den Frequenzen (ω_i) zugeführt wird, welche in einem die Drehunförmigkeit repräsentierenden Signal enthalten sind.
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei der der Frequenzvektor (ω) mittels eines Frequenzgenerators erzeugt wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der zur Adaption der Vorsteuerung (F) als weitere Eingangsgröße dieser zur Verarbeitung eine mess-

technisch erfasste Drehzahl (n_{EM}) der E-Maschine (EM) zugeführt wird, welche eine Reststörung der Drehunförmigkeit umfasst.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, bei der die adaptive Vorsteuerung (F) für vorgegebene Motorordnungen eine Information über die in dem die Drehunförmigkeit repräsentierenden Störsignal (ω_i) enthaltenen Frequenzen verarbeitet.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, bei der die adaptive Vorsteuerung (F) mittels eines Störgrößenbeobachters (SGB) eine A-Matrix erzeugt.
16. Verfahren nach Anspruch 15, bei der in der A-Matrix eine Dämpfung berücksichtigt wird.

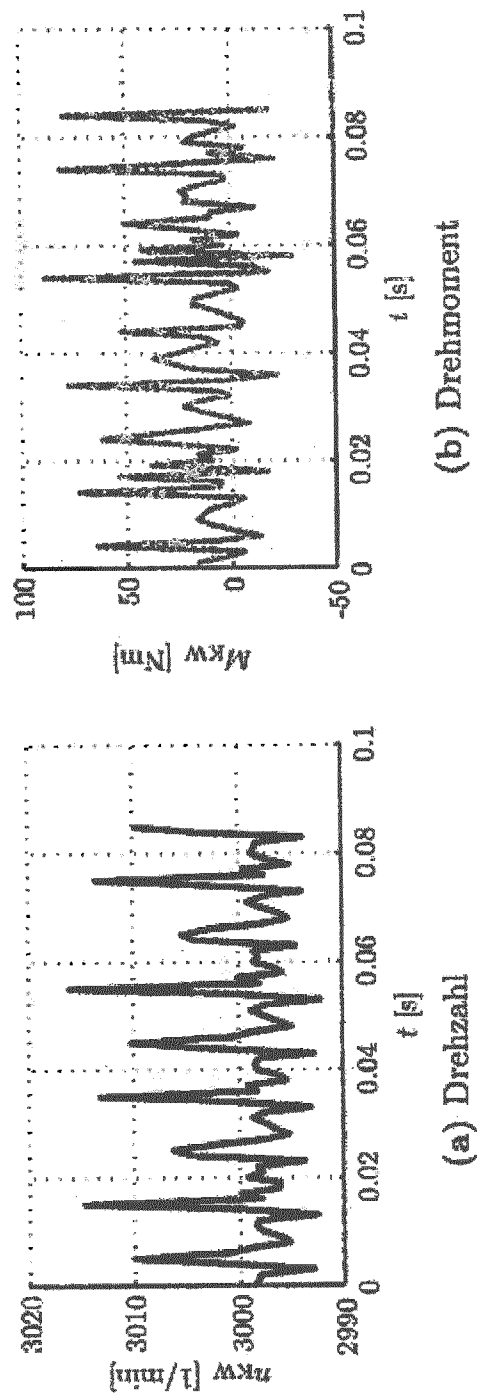


Fig. 1

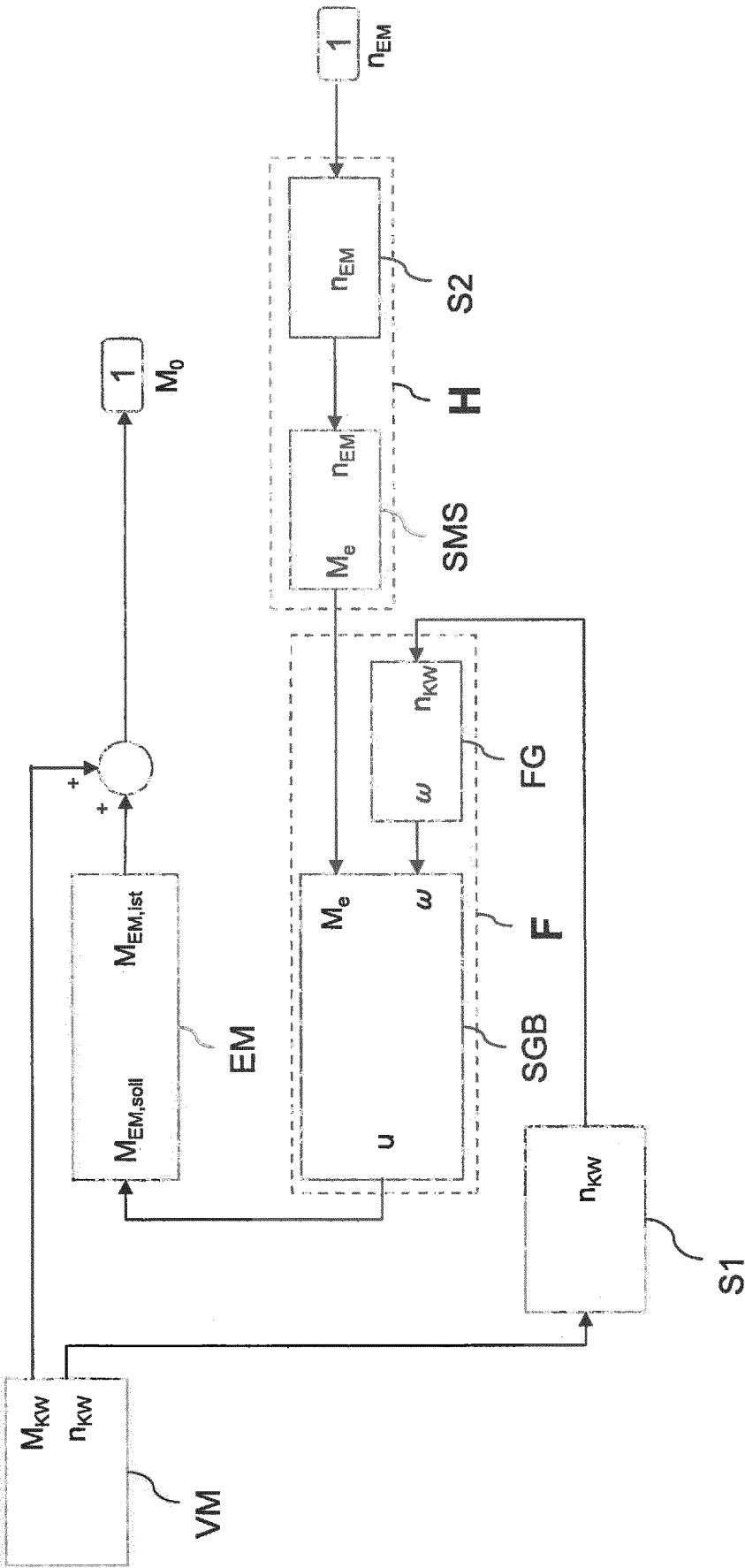


Fig. 2

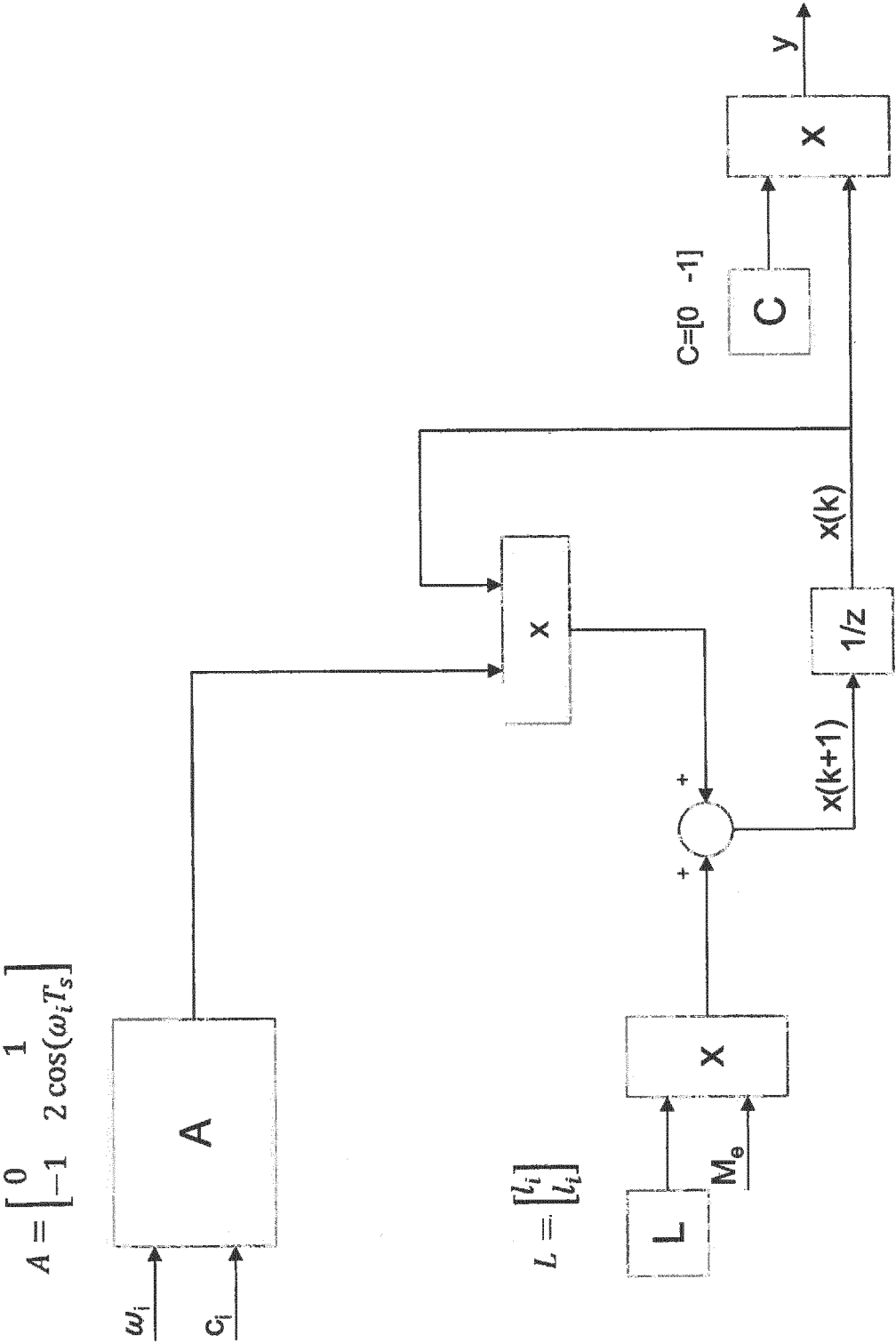


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/054344

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B60W20/00 B60W30/20 B60W30/18 ADD. B60W10/08 B60W50/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B60W		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	DE 195 32 163 A1 (CLOUTH GUMMIWERKE AG [DE]) 6 March 1997 (1997-03-06) column 1, lines 3-5 column 3, line 55 - column 4, line 2 column 7, line 62 - column 8, line 57 column 16, line 49 - column 18, line 20 column 34, line 32 - line 54 column 36, line 15 - line 66 column 41, line 61 - column 42, line 43 -----	1,2,5,9, 10,13 1-16
X	DE 197 21 298 A1 (MANNESMANN SACHS AG [DE]) 26 November 1998 (1998-11-26) column 3, line 11 - line 48 the whole document -----	1-6, 10-14
X	US 2012/091934 A1 (LINDBERG JOHAN [SE]) 19 April 2012 (2012-04-19) paragraphs [0023], [0073], [0088] ----- -/-	1,9
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 21 May 2013		Date of mailing of the international search report 03/06/2013
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Plenk, Rupert

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/054344

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2010 020148 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 30 December 2010 (2010-12-30) paragraphs [0011] - [0015] the whole document -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/054344

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19532163	A1	06-03-1997	NONE

DE 19721298	A1	26-11-1998	DE 19721298 A1 26-11-1998
			FR 2763645 A1 27-11-1998
			JP 3337423 B2 21-10-2002
			JP H1144229 A 16-02-1999
			US 6102144 A 15-08-2000

US 2012091934	A1	19-04-2012	CN 102458954 A 16-05-2012
			EP 2445768 A1 02-05-2012
			JP 2012531183 A 06-12-2012
			US 2012091934 A1 19-04-2012
			WO 2010151179 A1 29-12-2010

DE 102010020148	A1	30-12-2010	DE 102010020148 A1 30-12-2010
			US 2010332070 A1 30-12-2010

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B60W20/00 B60W30/20 B60W30/18 ADD. B60W10/08 B60W50/00		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B60W		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 195 32 163 A1 (CLOUTH GUMMIWERKE AG [DE]) 6. März 1997 (1997-03-06)	1,2,5,9, 10,13
Y	Spalte 1, Zeilen 3-5 Spalte 3, Zeile 55 - Spalte 4, Zeile 2 Spalte 7, Zeile 62 - Spalte 8, Zeile 57 Spalte 16, Zeile 49 - Spalte 18, Zeile 20 Spalte 34, Zeile 32 - Zeile 54 Spalte 36, Zeile 15 - Zeile 66 Spalte 41, Zeile 61 - Spalte 42, Zeile 43 -----	1-16
X	DE 197 21 298 A1 (MANNESMANN SACHS AG [DE]) 26. November 1998 (1998-11-26) Spalte 3, Zeile 11 - Zeile 48 das ganze Dokument -----	1-6, 10-14
X	US 2012/091934 A1 (LINDBERG JOHAN [SE]) 19. April 2012 (2012-04-19) Absätze [0023], [0073], [0088] -----	1,9
-/-		
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
21. Mai 2013		03/06/2013
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Plenk, Rupert

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2010 020148 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 30. Dezember 2010 (2010-12-30) Absätze [0011] - [0015] das ganze Dokument -----	1-16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/054344

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19532163	A1	06-03-1997	KEINE
DE 19721298	A1	26-11-1998	DE 19721298 A1 26-11-1998
			FR 2763645 A1 27-11-1998
			JP 3337423 B2 21-10-2002
			JP H1144229 A 16-02-1999
			US 6102144 A 15-08-2000
US 2012091934	A1	19-04-2012	CN 102458954 A 16-05-2012
			EP 2445768 A1 02-05-2012
			JP 2012531183 A 06-12-2012
			US 2012091934 A1 19-04-2012
			WO 2010151179 A1 29-12-2010
DE 102010020148	A1	30-12-2010	DE 102010020148 A1 30-12-2010
			US 2010332070 A1 30-12-2010