



(10) **DE 10 2015 225 718 B4 2023.03.23**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 225 718.5**  
 (22) Anmeldetag: **17.12.2015**  
 (43) Offenlegungstag: **16.02.2017**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **23.03.2023**

(51) Int Cl.: **B60W 30/20 (2006.01)**  
**B60W 20/00 (2006.01)**  
**B60K 6/20 (2007.10)**  
**B60L 15/20 (2006.01)**  
**B60W 10/06 (2006.01)**  
**B60W 10/08 (2006.01)**  
**B60W 20/11 (2016.01)**  
**B60W 50/06 (2006.01)**  
**B60L 15/10 (2006.01)**  
**G05B 17/02 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**10-2015-0113631 12.08.2015 KR**

(73) Patentinhaber:  
**Hyundai Motor Company, Seoul, KR**

(74) Vertreter:  
**HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte  
 PartmbB, 81925 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Ko, Young-Kwan, Seoul, KR; Chung, Tae-Young,  
 Gyeonggi-do, Suwon-si, KR**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2013 225 504	A1
US	2003 / 0 029 653	A1
US	2011 / 0 112 709	A1
US	2012 / 0 081 051	A1
US	2013 / 0 184 918	A1

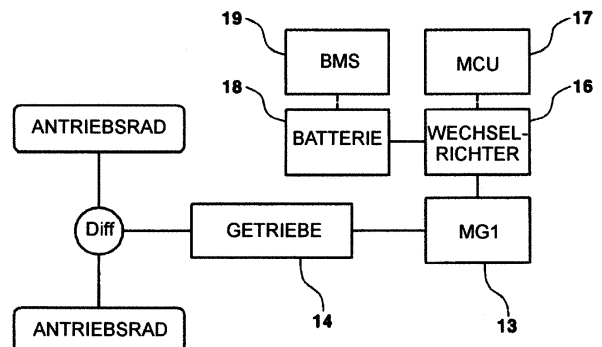
(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration eines umweltfreundlichen Fahrzeugs**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Reduzieren der Vibration einer Antriebswelle eines umweltfreundlichen Fahrzeugs, das Verfahren umfassend:

- Erfassen einer tatsächlichen Geschwindigkeit der Antriebswelle von der ein Drehmoment eines Antriebsmotors, der das Fahrzeug antreibt, ausgegeben wird;
- Berechnen einer Modellgeschwindigkeit der Antriebswelle;
- Erhalten einer Vibrationskomponente basierend auf einer Abweichung zwischen der erfassten tatsächlichen Geschwindigkeit der Antriebswelle und der errechneten Modellgeschwindigkeit; und
- Erzeugen eines Vibrationsreduzierungs-Ausgleichsdrehmoments zum Reduzieren der Vibration der Antriebswelle aus der Vibrationskomponente, wobei der Berechnungsschritt umfasst:

- Berechnen eines benötigten Ausgabedrehmoments der Antriebswelle basierend auf einem an die Antriebswelle gelieferten Drehmoment;
- Schätzen eines Eingabedrehmoments der Antriebswelle, welches der Antriebswelle mithilfe der tatsächlichen Geschwindigkeit der Antriebswelle eingegeben wird;
- Schätzen eines Störmoments mithilfe des benötigten Ausgabedrehmoments der Antriebswelle und des Eingabedrehmoments der Antriebswelle;

- Berechnen eines Modelleingabedrehmoments der Antriebswelle, welches erhalten wird durch Hinzuaddieren des Störmoments zu dem benötigten Ausgabedrehmoment der Antriebswelle unter Verwendung des geschätzten Störmoments; und
  - Berechnen der Modellgeschwindigkeit unter Verwendung eines Antriebswellenmodells, welches das Eingabedrehmoment des Antriebswellenmodells als Eingabewert aufnimmt dadurch gekennzeichnet, dass
- der Schritt zum Schätzen des Eingabedrehmoments der Antriebswelle umfasst: Schätzen des Eingabedrehmoments der Antriebswelle unter Verwendung einer ...



**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Verfahren zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration eines umweltfreundlichen Fahrzeugs. Insbesondere betrifft die vorliegende Offenbarung ein Steuerverfahren zum Reduzieren der Antriebswellenvibration eines umweltfreundlichen Fahrzeugs bei dem eine von einer Antriebswelle erzeugte Vibration mithilfe eines mit der Antriebswelle mechanisch verbundenen Motors verringert wird.

## HINTERGRUND

**[0002]** Im Allgemeinen wird ein umweltfreundliches Fahrzeug wie ein reines Elektrofahrzeug (EV) oder ein Hybrid-Elektrofahrzeug (HEV) mit einem als eine Antriebsquelle verwendeten Elektromotor angetrieben.

**[0003]** Das reine Elektrofahrzeug wird nur mithilfe der Leistung des Elektromotors angetrieben, der über einen Batteriestrom betrieben wird, und das HEV wird angetrieben durch die effiziente Kombination der Energie eines Motors (Engl. engine: Motor bzw. Maschine) und der Energie des Elektromotors.

**[0004]** Andere Beispiele des umweltfreundlichen Fahrzeugs können ein Brennstoffzellenfahrzeug (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV) umfassen, das angetrieben wird durch Betreiben eines Elektromotors, der von einer Brennstoffzelle erzeugte Energie nutzt.

**[0005]** Das FCEV ist ebenfalls ein Fahrzeug, das mithilfe eines Elektromotors angetrieben wird, und kann grob zusammen mit dem EV und dem HEV als das EV, das von elektrischer Energie angetrieben wird, klassifiziert werden.

**[0006]** Fig. 1 veranschaulicht eine Systemkonfiguration des EV. Wie in der Figur gezeigt, sind ein Antriebsmotor (MG1) 13 und eine Antriebswelle mechanisch miteinander verbunden, und das EV beinhaltet eine Motorsteuereinheit (MCU) 17, beinhaltend einen Wechselrichter 16 zum Antreiben und Steuern des Antriebsmotors 13, eine Hochspannungsbatterie 18 um den Antriebsstrom an den Antriebsmotor 13 zu liefern, und ein Batteriemanagementsystem (BMS) 19 zum Steuern der Batterie 18.

**[0007]** Dabei fungiert die Batterie 18 als eine Antriebsquelle (Stromquelle) des Fahrzeugs und ist mit dem Antriebsmotor 13 durch den Wechselrichter 16 in einer ladbaren und entladbaren Weise verbunden, und der Wechselrichter 16 richtet einen Gleichstrom der Batterie 18 in einen dreiphasigen Wechselstrom um und speist den Antriebsmotor 13 mit dem

umgerichteten Strom, um den Antriebsmotor 13 anzutreiben.

**[0008]** Das BMS 19 sammelt Batteriestatusinformationen wie beispielsweise eine Spannung, einen Strom, eine Temperatur, einen Ladezustand (State of Charge, SOC) (%) usw. der Batterie 18. Dabei stellt das BMS 19 die gesammelten Batteriezustandsinformationen einem anderen Controller des Fahrzeugs bereit, oder ist mithilfe der Batteriezustandsinformationen direkt am Laden und Entladen der Batterie beteiligt.

**[0009]** Fig. 2 veranschaulicht eine Systemkonfiguration des HEV und veranschaulicht eine Antriebsstarrkonfiguration unter Verwendung einer am Getriebe angebrachten elektrischen Vorrichtung (transmission mounted electric device, TMED), bei der ein Getriebe 14 an einer Ausgangsseite eines Antriebsmotors 13 bereitgestellt ist.

**[0010]** Wie in der Figur veranschaulicht umfasst das HEV einen Motor 11 und den Antriebsmotor 13, welche nacheinander angeordnet sind, um als Antriebsquelle zum Fahren eines Fahrzeugs zu fungieren, eine zwischen dem Motor 11 und dem Antriebsmotor 13 bereitgestellte Motorkupplung 12, um die Stromzufuhr herzustellen oder zu blockieren, das Getriebe 14 zum Verlagern der Energie des Motors 11 und des Antriebsmotors 13 und Übertragen der verlagerten Energie an eine Antriebswelle, und einen direkt mit dem Motor 11 verbundenen Starter-Generator (MG2) 15, der in der Lage ist, Strom zu übertragen.

**[0011]** Die Motorkupplung 12 stellt zwischen den beiden Antriebsquellen eine stromleitende Verbindung her oder blockiert diese, das heißt zwischen dem Motor 11 und dem Antriebsmotor 13, die das Fahrzeug durch einen Schließ- oder Öffnungsvorgang antreiben.

**[0012]** Zusätzlich ist eine Batterie 18, die als Stromquelle des Fahrzeugs fungiert, durch einen Wechselrichter 16 in einer ladbaren und entladbaren Weise mit dem Antriebsmotor 13 und dem Starter-Generator 15 verbunden. Der Wechselrichter 16 richtet einen Gleichstrom der Batterie 18 in einen dreiphasigen Wechselstrom um und speist den Antriebsmotor 13 und den Starter-Generator 15 mit dem umgerichteten Strom, um den Antriebsmotor 13 und den Starter-Generator 15 anzutreiben.

**[0013]** Der Starter-Generator 15 übernimmt die Funktion eines Anlassers und eines Generators. Der Starter-Generator 15 startet den Motor 11 durch Übertragen dessen Energie an den Motor 11 mittels eines Kraftübertragungsmechanismus (zum Beispiel eines Keilriemens und einer Keilriemenscheibe) beim Fahren oder erzeugt Strom durch Aufnahme einer von dem Motor 11 übertragenen Rotationskraft

und lädt die Batterie 18 mit während eines Erzeugungsvorgangs erzeugter elektrischer Energie.

**[0014]** Jedoch ist es bei dem oben beschriebenen herkömmlichen umweltfreundlichen Fahrzeug nachteilig, dass ein mechanischer Dämpfungseffekt eines bestehenden Drehmomentwandlers nicht ausgenutzt werden kann.

**[0015]** Darum bestand ein Problem im Hinblick auf einen verschlechterten Komfort und Bedienbarkeit aufgrund einer Vibrationsphänomens wie beispielsweise Schock oder Ruckeln (augenblickliche und schnelle Bewegung) zusammen mit dem Auftreten einer Antriebswellenvibration, wenn eine Geschwindigkeit verändert wird, wenn ein „tip-in/out“ Vorgang (Vorgang des Durchdrückens oder Freigebens des Gaspedals) ausgeführt wird und wenn eine Motor- kupplung defekt ist, usw.

**[0016]** Das bedeutet, dass eine Vibration einer Drehmomentquelle (Antriebsmaschine oder Motor), oder eine Vibration von außen selten abgeschwächt wird, da ein zwischen der Drehmomentquelle und dem Antriebssystem angeordneter Dämpfer klein ist und nicht verwendet wird.

**[0017]** Eine Vibrationskomponente der Antriebswelle muss extrahiert werden, um die durch die Antriebswelle auftretende Vibration zu vermindern. Die Vibrationsminderungsleistung variiert gemäß der Genauigkeit der Extraktion der Vibrationskomponente, weshalb es wichtig ist, die Vibrationskomponente exakt zu extrahieren.

**[0018]** Bei einer herkömmlichen Antiruckel-Steuer-technologie als Verfahren zum Unterdrücken einer Vibration einer Antriebswelle zum Lösen des obenstehenden Problems wird eine Abweichung zwischen einer Modellgeschwindigkeit und einer tatsächlichen Geschwindigkeit als Vibration erkannt, die Abweichung zwischen den Geschwindigkeiten wird mit einem bestimmten Wert multipliziert, und der multiplizierte Wert wird rückgekoppelt, wodurch die Vibration unterdrückt wird.

**[0019]** Beispielsweise wurden eine Vorrichtung und Verfahren für eine Anti-Ruckel-Steuerung untersucht, bei denen eine Bezugsgeschwindigkeitsabweichung und ein Durchschnittswert einer Bezugsgeschwindigkeitsabweichung aus einer Geschwindigkeitsabweichung zwischen einer Modellgeschwindigkeit und einer tatsächlichen Geschwindigkeit eines Motors berechnet werden, und bestimmt wurde, ob es zu Vibrationen von einer Antriebswelle kommt. Eine Größe eines Drehmoments zur Motorkorrektur für das Anti-Ruckeln wird zur Verminderung der Antriebswellenvibration berechnet, um ein Motordrehmoment zu steuern,

wenn eine von der Antriebswelle auftretende Vibration festgestellt wird.

**[0020]** Bei der Technologie wird ein Idealmodell für die Antriebswelle entworfen, d.h. ein Modell, das in der Lage ist, eine ideale Geschwindigkeit (Modellgeschwindigkeit) der Antriebswelle zu berechnen und die Vibration ignoriert, und ein Nettodrehmoment der Antriebswelle erhalten durch Subtrahieren eines Motorschleppmoments von einer Motordrehmomentanweisung wird in das Modell eingegeben, wodurch eine Geschwindigkeit der Antriebswelle unter Ausschluss einer Vibrationskomponente (nachfolgend als eine Modellgeschwindigkeit bezeichnet) erhalten wird.

**[0021]** Hierbei kann das Modell zur Berechnung der Modellgeschwindigkeit nicht genau ein in einem tatsächlichen Fahrzeug erzeugtes Ladedrehmoment etc. berücksichtigen, und somit enthält eine berechnete Modellgeschwindigkeit einen Fehler. Um den Fehler zu korrigieren, wird eine Differenz zwischen der Modellgeschwindigkeit und der tatsächlichen Geschwindigkeit des Motors mit einem bestimmten Zuwachswert multipliziert, um ein Korrekturdrehmoment zu berechnen, und dann wird das Nettodrehmoment der Antriebswelle korrigiert.

**[0022]** Jedoch wird eine Korrektur nur ausgeführt, wenn die Differenz zwischen der Modellgeschwindigkeit und der tatsächlichen Geschwindigkeit vorhanden ist, und daher ist die Genauigkeit gering.

**[0023]** Zusätzlich wurden ein Verfahren und ein System zum Steuern des Anti-Ruckelns untersucht, bei dem eine Modellgeschwindigkeit mithilfe einer Geschwindigkeit eines Rads, das mechanisch mit einem Antriebsmotor verbunden ist, berechnet wird.

**[0024]** Wird eine Modellgeschwindigkeit wie obenstehend mithilfe einer Geschwindigkeit eines Rads berechnet, ist es möglich, die Modellgeschwindigkeit genau zu berechnen, da eine auf das Rad wirkende Kraft groß ist und somit die von einer Antriebswelle auftretende Vibration abgeschwächt wird.

**[0025]** Zusätzlich kann die Modellgeschwindigkeit genau berechnet werden, da die Radgeschwindigkeit eine Komponente ist, die durch Abschwächen der Antriebswellenvibration erzeugt wird. Ein Lastgrad ist gering, da die Modellgeschwindigkeit nur mithilfe von Signalverarbeitung für die Radgeschwindigkeit berechnet wird.

**[0026]** Jedoch wird, auch wenn das Rad mechanisch mit der Antriebswelle verbunden ist, die Radgeschwindigkeit verglichen mit einer Geschwindigkeit der Antriebswelle in einer dynamischen Beziehung verzögert. Ändert sich ein Fahrzeugzustand rasch, beispielsweise wenn ein Fahrzeug beschleunigt

oder verzögert wird, kann eine Verzögerungskomponente zunehmen, und daher kann eine fehlerhafte Vibrationskomponente extrahiert werden.

**[0027]** Wenn die Vibrationskomponente aufgrund der oben beschriebenen Verzögerung fehlerhaft extrahiert wird, kann ein Ausgleichsdrehmoment zum Reduzieren der aus der fehlerhaft extrahierten Vibrationskomponente bestimmten Vibration ausgegeben werden, derart, dass eine Beschleunigung/Verzögerung des Fahrzeugs verhindert wird.

**[0028]** Es wurde ein Verfahren zum Erreichen einer Modellgeschwindigkeit entwickelt, bei dem ein Idealmodell für eine Antriebswelle entworfen wurde und ein berechnetes Nettodrehmoment der Antriebswelle in das Modell eingegeben wird.

**[0029]** Hierbei wird angenommen, dass ein in der erhaltenen Modellgeschwindigkeit enthaltender Fehler ein Fehler ist, der durch ein an ein Fahrzeug anliegendes Störmoment erzeugt wird. Nachdem der Fehler eingeschätzt wurde, wird das Störmoment durch ein Nettodrehmomentkomponente der Antriebswelle ausgeglichen, um die Modellgeschwindigkeit zu berechnen.

**[0030]** Es ist daher möglich, eine Modellgeschwindigkeit verglichen mit einem existierenden Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema mithilfe eines Drehmoments genauer zu berechnen.

**[0031]** Das Störmoment wird berechnet durch Eingeben einer gemessenen Geschwindigkeit einer Antriebswelle in einen Kehrwert eines ausgestalteten Antriebswellenmodells, um eine Drehmomenteingabe auf die Antriebswelle zu schätzen, und dann das geschätzte Drehmoment mit dem Eingabennettodrehmoment der Antriebswelle zu vergleichen.

**[0032]** Bei einem Kehrwert einer Transferfunktion des Antriebswellenmodells, kann eine Ordnung des Zählers größer als eine Ordnung des Nenners sein, was einer Differentiation im mathematischen Sinn entspricht. Wenn die Transferfunktion verwendet wird, treten Signalgeräusche der gemessenen Geschwindigkeit der Antriebswelle auf.

**[0033]** Ein gattungsgemäßes Verfahren wie es in den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 13 definiert ist, ist in der US 2012/0081051 A1 beschrieben. Vergleichbare Verfahren finden sich auch in der DE 10 2013 225 504 A1, der US 2011/0112709 A1, der US 2013/0184918 A1 und der US 2003/0029653 A1.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0034]** Die vorliegende Erfindung erfolgte in dem Bestreben, die oben beschriebenen Probleme aus

dem Stand der Technik zu lösen. Ein Aspekt des vorliegenden erfindungsgemäßen Konzepts stellt ein Verfahren zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration eines umweltfreundlichen Fahrzeugs bereit, das in der Lage ist, die von einer Antriebswelle erzeugte Vibration effektiv zu reduzieren, indem eine Modellgeschwindigkeitsberechnung derart verbessert wird, dass eine genaue Vibrationskomponente extrahiert werden kann.

**[0035]** Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung umfasst ein Verfahren zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration eines umweltfreundlichen Fahrzeugs die Merkmale des Patentanspruchs 1.

**[0036]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung umfasst das Verfahren zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration eines umweltfreundlichen Fahrzeugs die Merkmale des Patentanspruchs 13.

**[0037]** Weitere Aspekte und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden untenstehend erläutert.

**[0038]** Es sei angemerkt, dass die Begriffe „Fahrzeug“ und „fahrzeug-“ und andere ähnliche Begriffe wie hier verwendet Kraftfahrzeuge im allgemeinen wie etwa Personenfahrzeuge beinhaltend Sport Utility Vehicles (SUVs) Busse, Lastkraftwagen, verschiedenste Nutzfahrzeuge, Wasserfahrzeuge umfassend eine Vielzahl von Booten und Schiffen, Flugzeuge und dergleichen und beinhaltend Hybridfahrzeuge, Elektrofahrzeuge, Plug-In Hybridelektrofahrzeuge, Wasserstoff-getriebene Fahrzeuge oder andere Fahrzeuge mit alternativen Kraftstoffen (z. Bsp. Kraftstoffe, die aus anderen Quellen als Erdöl gewonnen werden). Wie hier bezugnehmend erläutert wird, ist ein Hybridfahrzeug ein Fahrzeug, das zwei oder mehr Antriebsquellen besitzt, zum Beispiel Fahrzeuge, die sowohl Benzin- als auch elektrogetrieben sind.

#### Figurenliste

**[0039]** Die obenstehenden und weiteren Merkmale der vorliegenden Offenbarung werden nun in Bezugnahme auf gewisse Ausführungsbeispiele davon beschrieben, die in den beigefügten Zeichnungen dargestellt sind und lediglich zu Veranschaulichungszwecken dienen und daher die vorliegende Erfindung nicht beschränken sollen, wobei die Zeichnungen zeigen, in:

**Fig. 1** ein Blockdiagramm, das eine Systemkonfiguration eines Elektrofahrzeugs (EV) gemäß der verwandten Technik zeigt;

**Fig. 2** ein Blockdiagramm, das eine Systemkonfiguration eines Hybridelektrofahrzeugs (HEV)

gemäß der verwandten Technik veranschaulicht;

**Fig. 3** ein Diagramm, das ein Steuersystem zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration eines umweltfreundlichen Fahrzeugs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht;

**Fig. 4** ein Ablaufdiagramm, das ein Berechnungsverfahren der Modellgeschwindigkeit bei einem Verfahren zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration des umweltfreundlichen Fahrzeugs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht;

**Fig. 5** ein Diagramm, das eine Konfiguration eines Steuersystems zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration in einem umweltfreundlichen Fahrzeug veranschaulicht, das in der Lage ist, ein Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung auszuwählen;

**Fig. 6** ein Ablaufdiagramm, das ein Verfahren zum Auswählen eines Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas und einer Modellgeschwindigkeit gemäß einer Schaltstufe gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt;

**Fig. 7** ein Ablaufdiagramm, das ein Verfahren zum Auswählen eines Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas und einer Modellgeschwindigkeit gemäß einer Fahrzeuggeschwindigkeit, einem Wert eines Gaspedalpositionssensors (APS), und einem Wert eines Bremspedalsensors (BPS) gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung darstellt; und

**Fig. 8** und **Fig. 9** Diagramme, die ein Verfahren veranschaulichen zum Berechnen eines Startwertes einer Modellgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Wechsels zu einem Radgeschwindigkeits-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gemäß den Fahrzeugzustandsinformationen wie beispielsweise einer Fahrzeuggeschwindigkeit, einem Wert eines GPPS und einem Wert eines BPS gemäß einer anderen Ausführungsform in der vorliegenden Offenbarung.

**[0040]** Es sei darauf hingewiesen, dass die beigefügten Zeichnungen nicht notwendigerweise maßstabsgetreu sind und eine vereinfachte Wiedergabe verschiedener bevorzugter Merkmale zeigen, welche die Grundprinzipien der Erfindung wiedergeben. Die spezifischen Ausgestaltungsmerkmale der vorliegenden Erfindung wie hierin offenbart, beinhaltend beispielsweise spezifische Abmessungen, Ausrichtungen, Positionen und Formen, werden teilweise

insbesondere durch die vorgesehene Anwendung und Anwendungsumgebung bestimmt.

**[0041]** In den Figuren beziehen sich Bezugszeichen auf gleiche oder gleichwertige Teile der vorliegenden Erfindung in den verschiedenen Figuren der Zeichnungen.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

**[0042]** Nachfolgend wird genauer Bezug genommen auf verschiedene Ausführungsformen, deren Beispiele in den beigefügten Zeichnungen dargestellt sind und untenstehend beschrieben werden. Obgleich die Erfindung im Zusammenhang mit beispielhaften Ausführungsformen beschrieben werden wird, sei angemerkt, dass die vorliegende Beschreibung die Erfindung nicht auf diese beispielhaften Ausführungsformen beschränkt.

**[0043]** Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung einer Antriebswellenvibration eines umweltfreundlichen Fahrzeugs, bei dem von einer Antriebswelle erzeugte Vibrationen unter Verwendung eines Motors, der mechanisch mit der Antriebswelle verbunden ist, reduziert werden. Insbesondere stellt die vorliegende Offenbarung ein verbessertes Verfahren zum Berechnen einer Modellgeschwindigkeit bereit, derart, dass eine genaue Vibrationskomponente extrahiert werden kann.

**[0044]** Wie obenstehend beschrieben wurde, muss eine Vibrationskomponente der Antriebswelle extrahiert werden, um von der Antriebswelle ausgehende Vibrationen zu verringern. Die Vibrationsreduktionsleistung variiert gemäß der Genauigkeit der Extrahierung der Vibrationskomponente, weshalb es wichtig ist, die Vibrationskomponente genau zu extrahieren.

**[0045]** Die Vibrationskomponente der Antriebswelle wird wie untenstehend extrahiert. Ein Idealmodell für die Antriebswelle, d.h. ein Berechnungsmodell, das in der Lage ist, eine Idealgeschwindigkeit (Modellgeschwindigkeit) der Antriebswelle zu berechnen, das keine Vibration berücksichtigt, wird entworfen. Eine der Geschwindigkeit der Antriebswelle entsprechende Modellgeschwindigkeit unter Ausschluss der Vibrationskomponente wird berechnet mithilfe des Berechnungsmodells, wodurch die Vibrationskomponente extrahiert wird mithilfe einer Differenz zwischen der errechneten Modellgeschwindigkeit und einer tatsächlichen Geschwindigkeit, die einer tatsächlichen Geschwindigkeit einer Antriebswelle entspricht.

**[0046]** Wenn die Modellgeschwindigkeit genau als die Idealgeschwindigkeit der Antriebswelle unter Ausschluss der Vibrationskomponente berechnet wird, kann durch Berechnen der Differenz zwischen den beiden Geschwindigkeiten eine genaue Vibra-

tionskomponente extrahiert werden. Jedoch enthält die berechnete Modellgeschwindigkeit verglichen mit der Idealgeschwindigkeit unter Ausschluss der Vibrationskomponente eine Fehlerkomponente.

**[0047]** Um den Fehler zu eliminieren, wird die Differenz zwischen der Modellgeschwindigkeit und der tatsächlichen Geschwindigkeit (tatsächliche Geschwindigkeit der Antriebswelle) erhalten, und dann die Fehlerbehebungssteuerung unter Benutzung eines Hochpassfilters (HPF) etc. angewendet. Eine angemessene Ordnung einer Fehlerbeseitigungssteuerung muss auf Grundlage einer Form (Ordnung) der Fehlerkomponente ermittelt werden.

**[0048]** Im Allgemeinen nimmt die Ordnung der Fehlerbeseitigungssteuerung proportional zu der Ordnung der Fehlerkomponente zu, und ein Auftreten einer Phasenverzögerung nimmt zu, da die Ordnung der Fehlerbeseitigungssteuerung zunimmt. Daher kann eine verschiedene Vibrationskomponente von der aktuellen Vibration extrahiert werden.

**[0049]** Das bedeutet, dass eine genaue Vibrationskomponente extrahiert werden kann, wenn die Ordnung der Fehlerkomponente minimiert wird. Die Modellgeschwindigkeit muss berechnet werden, um ein Wert zu sein, der so nahe wie möglich an der Idealgeschwindigkeit der Antriebswelle liegt, unter Ausschluss der Vibrationskomponente, um die Ordnung der Fehlerbehebungssteuerung beinhaltend den Filter, etc. zu reduzieren.

**[0050]** In dieser Hinsicht kann ein auf ein Fahrzeug wirkendes Störmoment mithilfe einer Störungsbeobachtungsvorrichtung beachtet werden, wenn die Modellgeschwindigkeit berechnet wird, und das Störmoment kann ausgeglichen werden, wenn die Modellgeschwindigkeit berechnet wird, wodurch die Ordnung einer in der Modellgeschwindigkeit enthaltenen Fehlerkomponente minimiert wird. Auf diese Weise kann die Genauigkeit der Extrahierung der Vibrationskomponente verbessert werden.

**[0051]** Die vorliegende Offenbarung kann sowohl bei dem reinen Elektrofahrzeug (EV) mit der in **Fig. 1** dargestellten Systemkonfiguration und dem Hybridelektrofahrzeug (HEV) mit der in **Fig. 2** dargestellten Systemkonfiguration Verwendung finden. In der untenstehenden Beschreibung wird auf die **Fig. 1** und **Fig. 2** Bezug genommen mit Hinblick auf die Systemkonfigurationen des Elektrofahrzeugs und des Hybridelektrofahrzeugs.

**[0052]** Die Antriebswelle ist eine Welle, von der ein Drehmoment des Antriebsmotors 13 in die Systeme aus den **Fig. 1** und **Fig. 2** ausgegeben wird. Die Antriebswelle entspricht einer Ausgabewelle eines Antriebsmotors und einer Eingabewelle eines Getrie-

bes. Hierbei ist eine Geschwindigkeit der Antriebswelle gleich einer Geschwindigkeit des Motors.

**[0053]** Daher kann in der untenstehenden Beschreibung eine Geschwindigkeit der Antriebswelle durch eine Geschwindigkeit des Motors ersetzt werden, und ein Modell der Antriebswelle kann durch ein Modell des Motors ersetzt werden.

**[0054]** Die vorliegende Offenbarung wird nun untenstehend in Bezugnahme auf **Fig. 3** und **Fig. 4** beschrieben.

**[0055]** **Fig. 3** ist ein Diagramm, das ein Steuersystem zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration des umweltfreundlichen Fahrzeugs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht, und **Fig. 4** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Berechnungsverfahren einer Modellgeschwindigkeit in einem Verfahren zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration des umweltfreundlichen Fahrzeugs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

**[0056]** Das in **Fig. 3** dargestellte Steuersystem zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration (d.h. des Anti-Ruck-Steuersystems) kann in einem Motorsteuergerät 17, das in **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellt ist, umfasst sein.

**[0057]** In Bezugnahme auf **Fig. 3** ist  $T_1$  ein für einen Antriebsmotor (erster Motor, der das Fahrzeug antreibt) (MG1) 13 benötigtes Drehmoment, und ist ein Drehmomentwert, der einer Drehmomentausgleichung durch ein Vibrationsreduzierungs-Ausgleichsdrehmoment  $T_{vib}$  unterliegt, um eine Antriebswellenvibration zu verringern. Der Drehmomentwert kann ein Motordrehmomentanweisungswert zum Antreiben des Antriebsmotors 13 sein, um das benötigte Drehmoment auszugeben.

**[0058]** Der Motordrehmomentanweisungswert  $T_1$  kann ein von einer Fahrzeugsteuereinheit (FSE) oder einer Hybridsteuereinheit (HSE-nicht dargestellt) an das Motorsteuergerät 17 gelieferter Anweisungswert sein.

**[0059]** Zusätzlich steuert in der vorliegenden Erfindung das Motorsteuergerät 17 eine Drehmomentausgabe des Antriebsmotors 13 mithilfe eines finalen Drehmomentanweisungswerts  $T_1'$ , der berechnet wird, um den Motordrehmomentanweisungswert  $T_1$  durch das Vibrationsreduzierungs-Ausgleichsdrehmoment  $T_{vib}$  auszugleichen, so dass eine von der Antriebswelle erzeugte Vibration verringert werden kann.

**[0060]** Das Drehmoment  $T_1'$  wird von dem Antriebsmotor 13 gemäß einer Drehmomentanweisung ausgegeben, welche durch das Vibrationsreduzierungs-

Ausgleichsdrehmoment  $T_{\text{vib}}$  ausgeglichen wird, weshalb  $T_1'$  ein tatsächliches Ausgabedrehmoment von dem Antriebsmotor sein kann.

**[0061]** Zudem sind  $T_2$  und  $T_3$  Drehmomentwerte, die für den Motor 11 und den Starter-Generator (zweiter Motor direkt mit dem Motor verbunden) (MG2) 15 benötigt werden, und können Drehmomentausgabewerte des Motors 11 und des Starter-Generators 15 sein, die gemäß deren Anweisungswerten gesteuert werden.

**[0062]** Jedoch sind in dem Elektrofahrzeug der Motor 11 und der Starter-Generator 15 nicht vorhanden, weshalb sowohl  $T_2$  als auch  $T_3$  jeweils 0 werden.

**[0063]** Zudem ist  $T_{\text{brake}}$  ein Drehmomentwert, der für eine Bremse benötigt wird, und  $T_{\text{load}}$  ist ein Fahrzeuglastdrehmoment, das durch einen Neigungswinkel einer Straße, auf der das Fahrzeug gefahren wird, erzeugt wird.  $T_{\text{load}}$  ist ein Drehmomentwert, der aus dem Neigungswinkel und einem Gewicht des Fahrzeugs berechnet werden kann.

**[0064]** In Bezugnahme auf **Fig. 3** sind  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_{\text{brake}}$ , und  $T_{\text{load}}$  Drehmomente, die in Drehmomente einer Welle des Antriebsmotors (MG1) umgewandelt werden.

**[0065]** In Bezugnahme auf **Fig. 3** ist zudem  $T_{\text{net}}$  ein auf die Antriebswelle aufgebrachtes Drehmoment. Dieses Drehmoment ist ein Drehmoment, welches die Drehmomente  $T_1'$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_{\text{brake}}$ , und  $T_{\text{load}}$  berücksichtigt, das heißt Ausgabedrehmomente und Lastdrehmomente von Drehmomentquellen (Motor, Antriebsmotor, Starter-Generator, und Bremse), die Drehmomente auf die Antriebswelle aufbringen, und kann wie folgt ausgedrückt werden:

$$T_{\text{net}} = T_1' + T_2 + T_3 - (T_{\text{brake}} + T_{\text{load}}) \quad (1)$$

**[0066]** In Bezugnahme auf **Fig. 3** ist  $T_{\text{acc}}$  ein Drehmoment, das erhalten wird durch Addieren eines unbekanntes Störungs-drehmoments  $d$ , das von außen oder innen eines gefahrenen Fahrzeugs aufgebracht wird, zu  $T_{\text{net}}$ .  $T_{\text{acc}}$  ist ein Eingabedrehmoment der Antriebswelle, welches die Antriebswelle tatsächlich beschleunigt/verzögert.  $T_{\text{acc}}$  wird der Antriebswelle derart bereitgestellt, dass eine Geschwindigkeit  $\omega$  der Antriebswelle ausgegeben wird.

**[0067]** In Bezugnahme auf **Fig. 3** stellt  $G(s)$  eine Transferfunktion in einer tatsächlichen Antriebswelle 100 dar.

**[0068]** Hierbei sind mit Ausnahme des Störmoments  $d$  alle der oben beschriebenen an der Antriebswelle bereitgestellten Drehmomente bekannte Werte.

Daher kann eine Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  genau berechnet werden, wenn ein Schätzwert  $d'$  des Störmoments so nahe wie möglich an dem tatsächlichen Störmoment  $d$  erhalten werden kann.

**[0069]** Die tatsächliche Antriebswellengeschwindigkeit  $\omega$  wird durch einen Sensor etc. gemessen und erhalten und wird als Variable in einem Verfahren zur Berechnung der Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  und einem Verfahren zum Extrahieren einer Vibrationskomponente  $\omega_{\text{vib}}$  verwendet.

**[0070]** Das Vibrationsreduzierungs-Ausgleichsdrehmoment  $T_{\text{vib}}$  zum Reduzieren der von einer Antriebswelle erzeugten Vibration kann erhalten werden durch ein Verfahren zum Berechnen der Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$ , ein Verfahren zum Extrahieren der Vibrationskomponente  $\omega_{\text{vib}}$  mithilfe eines Hochpassfilters HPF oder eines Bandpassfilters (BPF) aus einer Differenz  $\Delta\omega$  zwischen der berechneten Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  und der gemessenen tatsächlichen Geschwindigkeit  $\omega$ , und ein Verfahren zum Berechnen des Vibrationsreduzierungs-Ausgleichsdrehmoments  $T_{\text{vib}}$  basierend auf der extrahierten Vibrationskomponente  $\omega_{\text{vib}}$  und Fahrzustandsinformationen wie etwa einem Fahrmodus, einer Schaltstufe, etc. des Fahrzeugs.

**[0071]** Hierbei wird die Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  berechnet durch einen Antriebswellenmodellgeschwindigkeitsberechner 200 basierend auf einer Drehmomentkomponenteneingabe an die Antriebswelle des Fahrzeugs. Wie in **Fig. 4** gezeigt wird die Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  erhalten durch Berechnen eines benötigten Ausgabedrehmoments der Antriebswelle  $T_{\text{net}}'$  (S11), Schätzen eines Antriebswelleneingabedrehmoments  $T_{\text{acc}}'$ , welches der Antriebswelle mithilfe einer gemessenen tatsächlichen Geschwindigkeit  $\omega$  der Antriebswelle (S12) eingegeben wird, Schätzen eines Störmoments  $d'$  unter Verwendung des benötigten Ausgabedrehmoments der Antriebswelle  $T_{\text{net}}'$  und dem geschätzten Antriebswelleneingabedrehmoment  $T_{\text{acc}}'$  (S13), Berechnen eines Antriebswellenmodelleingabedrehmoments  $T_m$  unter Berücksichtigung eines Störmoments mithilfe des geschätzten Störmoments  $d'$  (S14), und Berechnen der Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  mithilfe eines Antriebswellenmodells 241, welches das Antriebswellenmodelleingabedrehmoment  $T_m$  als Eingabewert aufnimmt (S15).

**[0072]** Das benötigte Ausgabedrehmoment der Antriebswelle  $T_{\text{net}}'$  kann berechnet werden durch einen Berechner für das benötigte Ausgabedrehmoment der Antriebswelle 210, der die Drehmomente  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ , und  $T_{\text{brake}}$ , die für den Antriebsmotor 13, den Motor 11, den Starter-Generator 15, und die Bremse (nicht dargestellt) benötigt werden, und ein Fahrzeuglastdrehmoment  $T_{\text{load}}$  als Eingaben aufnimmt (S11), und kann erhalten werden Subtrahieren

des Fahrzeuglastdrehmoments  $T_{load}$  von den Drehmomenten, die für die Drehmomentquellen des Fahrzeugs benötigt werden, welche Drehmomente auf die Antriebswelle aufbringen.

**[0073]** Die Drehmomentquellen des Fahrzeugs können dem Antriebsmotor 13, dem Motor 11, dem Starter-Generator 15, und der Bremse entsprechen. Hierbei ist das für die Bremse benötigte Drehmoment  $T_{brake}$  ähnlich dem Lastdrehmoment  $T_{load}$  ein negatives Drehmoment. Somit kann das benötigte Ausgabedrehmoment der Antriebswelle  $T_{net}$  nach der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$T_{net} = T_1 + T_2 + T_3 - (T_{brake} + T_{load}) \quad (2)$$

**[0074]** Hierbei kann das für den Antriebsmotor 13 benötigte Drehmoment  $T_1$  einem Drehmomentanweisungswert für den Antriebsmotor entsprechen und alle Drehmomente  $T_2$ ,  $T_3$ , und  $T_{brake}$ , die für den Motor 11, den Starter-Generator 15, und die Bremse benötigt werden, entsprechen Drehmomentwerten, die in Drehmomente der Welle des Antriebsmotors (MG1) gewandelt wurden.

**[0075]** In diesem Moment können die für den Motor 11 und den Starter-Generator 15 benötigten Drehmomente  $T_2$  und  $T_3$  Werten entsprechen, die erhalten werden durch Umwandeln von Werten einer Motordrehmomentanweisung und einer Starter-Generator Drehmomentanweisung in Drehmomente der Welle des Antriebsmotors (MG1), und das für die Bremse benötigte Drehmoment  $T_{brake}$  kann einem umgewandelten Wert eines Bremsmoments entsprechen, das von einer Bremse eines Antriebsrads erzeugt wird.

**[0076]** Als nächstes wird das Antriebswelleneingabedrehmoment  $T_{acc}$  unter Verwendung der gemessenen tatsächlichen Geschwindigkeit  $\omega$  der Antriebswelle (S12) von einer Antriebswelleneingabedrehmoment-Abschätzeinheit 220 aus **Fig. 3** geschätzt, welche die tatsächliche Geschwindigkeit  $\omega$  der Antriebswelle als Eingabewert aufnimmt.

**[0077]** Wie oben erläutert, dreht sich die Antriebswelle mit der Geschwindigkeit  $\omega$ , wenn das tatsächliche Antriebswellendrehmoment  $T_{acc}$  auf die Antriebswelle aufgebracht wird. Wenn eine Transferfunktion in der Antriebswelle 100 als  $G(s)$  bezeichnet wird, können die tatsächliche Geschwindigkeit der Antriebswelle  $\omega$  und das Antriebswelleneingabedrehmoment  $T_{acc}$  durch die folgenden Gleichungen ausgedrückt werden:

$$\omega = G(s) \times T_{acc} \quad (3)$$

$$T_{acc} = \omega / G(s) \quad (4)$$

**[0078]** In der obigen Gleichung (4) ist  $G(s)$  die Transferfunktion in der tatsächlichen Antriebswelle 100. Wenn eine Transferfunktion eines idealen Antriebswellenmodells, welches die tatsächliche Antriebswelle 100 als Modell darstellt, das bedeutet, das Antriebswellenmodell 241 mit dem die ideale Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  unter Vernachlässigung der Vibration berechnet werden soll, als  $G_m(s)$  bezeichnet wird, kann somit das Antriebswelleneingabedrehmoment  $T_{acc}$  unter Verwendung von  $G_m(s)$  anstelle von  $G(s)$  in Gleichung 4 geschätzt werden.

**[0079]** In der Annahme, dass die Antriebswelle ein starrer Körper ist und ein geschätzter Wert des Antriebswelleneingabedrehmoments als  $T_{acc}$  bezeichnet wird, kann der geschätzte Wert des Antriebswelleneingabedrehmoments durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$T_{acc} = \omega / G_m(s) = \omega \times J_m s = 1 / J_m s, \text{ wobei } G_m(s) = 1 / J_m s \quad (5)$$

**[0080]** In Gleichung (5) bezeichnet  $J_m$  ein Trägheitsmoment der Antriebswelle, die ein starrer Körper ist.

**[0081]** In Bezugnahme auf Gleichung (5) ist die Transferfunktion  $G_m(s)$  zum Berechnen des geschätzten Werts des Antriebswelleneingabedrehmoments  $T_{acc}$ , das auf die Antriebswelle aufgebracht wird, aus der tatsächlichen Geschwindigkeit der Antriebswelle  $\omega$  ein System, bei dem eine Ordnung des Zählers größer ist als eine Ordnung des Nenners. Daher wird die Transferfunktion  $G_m(s)$  aus mathematischer Sicht durch Differenzieren (Engl. differenzieren: Differenzieren bzw. ggf. Dividieren) der tatsächlichen Antriebswellengeschwindigkeit und Multiplizieren mit dem Trägheitsmoment berechnet, und ist daher gegenüber einer Rauschkomponente der tatsächlichen Geschwindigkeit der Antriebswelle anfällig.

**[0082]** In dieser Hinsicht können der Nenner und der Zähler unter Verwendung des Filters  $Q$  die gleiche Ordnung besitzen. Wenn ein primärer Tiefpassfilter LPF in der vorliegenden Ausführungsform eingesetzt wird, kann das Antriebswelleneingabedrehmoment  $T_{acc}$  wie aus der folgenden Gleichung abgeschätzt werden:

$$T_{acc} = Q(s) \times \omega / G_m(s) = \omega \times J_m s / (\tau s + 1), \text{ wobei gilt: } Q(s) = 1 / (\tau s + 1) \quad (6)$$

**[0083]**  $Q(s)$  ist eine Transferfunktion des LPF, und eine Zeitkonstante  $\tau$  des LPF  $Q$  ist größer als eine Frequenz einer Vibrationskomponente, derart, dass ein durch die Vibrationskomponente geschätztes Drehmoment ausgeschlossen werden kann.

**[0084]** Die Transferfunktion  $Q(s)$  des Filters wird derart eingestellt, dass eine Ordnung des Zählers zu jeder Zeit kleiner oder gleich einer Ordnung des Nenners in  $Q(s)/G_m(s)$  ist, und der Filter wird zusätzlich derart angewendet, dass eine Ordnung des Zählers konstant kleiner oder gleich einer Ordnung des Nenners ist in der Transferfunktion  $Q(s)/G_m(s)$  zum Berechnen des geschätzten Werts des Antriebswelleneingabedrehmoments  $T_{acc}'$  aus der tatsächlichen Geschwindigkeit der Antriebswelle  $\omega$ , wodurch eine gewisse Robustheit gegenüber der Rauschkomponente sichergestellt wird.

**[0085]** Als nächstes wird der geschätzte Wert  $d'$  des Störmoments von einer Störmoment-Abschätzeinheit 230 berechnet, die das benötigte Ausgabedrehmoment der Antriebswelle  $T_{net}'$  und das Antriebswelleneingabedrehmoment  $T_{acc}'$  als Eingabewerte aufnimmt und kann berechnet werden als Differenz zwischen dem benötigten Ausgabedrehmoment der Antriebswelle  $T_{net}'$ , welches von der Berechnungseinheit 210 für das benötigte Ausgabedrehmoment der Antriebswelle berechnet wird, und dem Antriebswelleneingabedrehmoment  $T_{acc}'$ , welches von der Antriebswelleneingabedrehmoment-Abschätzeinheit 220 berechnet wird.

**[0086]** In diesem Moment wird der gleiche Filter  $Q$  wie derjenige Filter, der verwendet wird, wenn das Antriebswelleneingabedrehmoment abgeschätzt wird, auf das benötigte Ausgabedrehmoment der Antriebswelle  $T_{net}'$  angewendet, welches von der Berechnungseinheit 210 für das benötigte Ausgabedrehmoment der Antriebswelle ausgegeben wird, derart, dass eine Phasenverzögerung und eine Betragsänderung, die von dem Filter auftreten, auf ähnliche Weise von dem benötigten Ausgabedrehmoment der Antriebswelle auftreten, und der geschätzte Wert  $d'$  des Störmoments berechnet wird unter Verwendung des benötigten Ausgabedrehmoments der Antriebswelle, welches einer Tiefpassfilterung durch den Filter  $Q$  unterzogen wird.

**[0087]** Wenn der primäre LPF verwendet wird, kann das Störmoment  $d'$  gemäß der folgenden Gleichung abgeschätzt werden:

$$d' = Q(s) \times T_{net}' - T_{acc}' = T_{net}' / (\tau s + 1) - \omega \times J_m s / (\tau s + 1) \quad (7)$$

**[0088]** Wenn das Störmoment  $d'$  wie oben angegeben abgeschätzt wird, wird das Antriebswellenmodelleingabedrehmoment  $T_m$  zum Berechnen der Modellgeschwindigkeit unter Verwendung des geschätzten Störmoments  $d'$  und dem benötigten Ausgabedrehmoment der Antriebswelle  $T_{net}'$  berechnet, wobei letzteres von der Berechnungseinheit 210 für das benötigte Ausgabedrehmoment der Antriebswelle berechnet wird. In diesem Moment kann eine Gleichung zur Berechnung des Antriebswellenmo-

delldrehmoments  $T_m$  zur Berechnung der Modellgeschwindigkeit durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$T_m = T_{net}' + d' \quad (8)$$

**[0089]** Wie oben beschrieben, wenn das Antriebswellenmodelleingabedrehmoment  $T_m$  berechnet wird, wird die Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  durch eine Geschwindigkeitsberechnungseinheit 240 berechnet, welche das Antriebswellenmodelleingabedrehmoment  $T_m$  als Eingabewert aufnimmt. In diesem Moment kann die Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  durch eine untenstehende Gleichung aus dem Antriebswellenmodelleingabedrehmoment  $T_m$  unter Verwendung der Transferfunktion  $G_m(s)$  des Antriebswellenmodells 241 berechnet werden:

$$\omega_m = G_m(s) \times T_m = T_m / J_m s \quad (9)$$

**[0090]** Wenn die Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  wie oben beschrieben berechnet wird, erhält eine Vibrationskomponentenberechnungseinheit 300 eine Vibrationskomponente basierend auf einer Abweichung  $\Delta \omega$  zwischen der Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  und der tatsächlichen Geschwindigkeit  $\omega$ . In diesem Moment kann die Vibrationskomponente  $\omega_{vib}$  berechnet werden durch Anwenden einer Fehlerbeseitigungssteuerung wie etwa dem Hochpassfilter HPF, etc. auf die Differenz  $\Delta \omega$  zwischen der Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  und der tatsächlichen Geschwindigkeit  $\omega$ .

**[0091]** Nachdem die Vibrationskomponente  $\omega_{vib}$  erhalten wurde, berechnet eine Berechnungseinheit 400 für das Vibrationsreduzierungs-Ausgleichsdrehmoment das Vibrationsreduzierungs-Ausgleichsdrehmoment  $T_{vib}$  basierend auf der extrahierten Vibrationskomponente  $\omega_{vib}$  und Fahrzustandsinformationen wie etwa einem Fahrmodus, einer Gangstufe, etc., des Fahrzeugs.

**[0092]** Die Vibrationskomponente  $\omega_{vib}$  unter Verwendung der Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  und der tatsächlichen Geschwindigkeit  $\omega$  und dem Vibrationsreduzierungs-Ausgleichsdrehmoment  $T_{vib}$  basierend auf der berechneten Vibrationskomponente  $\omega_{vib}$  und den Fahrzustandsinformationen des Fahrzeugs kann unter Verwendung des herkömmlichen Verfahrens berechnet werden.

**[0093]** Wenn das Vibrationsreduzierungs-Ausgleichsdrehmoment  $T_{vib}$  wie oben beschrieben erhalten wird, gleicht das Motorsteuergerät MCU 17 den Drehmomentanweisungswert  $T_1$  für den Antriebsmotor 13 durch das Vibrationsreduzierungs-Ausgleichsdrehmoment  $T_{vib}$  aus und steuert eine Drehmomentausgabe des Antriebsmotors 13 gemäß des ausgeglichenen finalen Drehmomentanweisungswerts  $T_1'$ .

**[0094]** Gemäß einer anderen Ausführungsform kann eine Vielzahl von Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemata angewendet werden, und eines aus der Vielzahl von Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemata kann auf Grundlage von Fahrzeugzustandsinformationen ausgewählt werden.

**[0095]** Ein Verfahren zum Auswählen eines Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas wird zusätzlich bereitgestellt, derart, dass ein Vorteil jedes Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas gemäß einem Fahrzeugzustand angewendet werden kann. **Fig. 5** veranschaulicht eine Konfiguration eines Steuersystems zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration des umweltfreundlichen Autos, das in der Lage ist, ein Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema als eine andere Ausführungsform auszuwählen.

**[0096]** Die Ausführungsform aus **Fig. 5** ist eine Ausführungsform, die eine Auswahl eines Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas aus zwei Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemata erlaubt, das für einen gegenwärtigen Fahrzeugzustand geeignet ist, und eines der Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemata ist ein Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema, das in Bezug auf **Fig. 3** und **Fig. 4** beschrieben wurde, das bedeutet, ein Schema, bei dem eine Modellgeschwindigkeit berechnet wird von einer Berechnungseinheit 200 für die Antriebswellenmodellgeschwindigkeit aus **Fig. 3**.

**[0097]** Zusätzlich ist das andere der beiden Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemata ein herkömmliches Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema.

**[0098]** Das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gemäß der Ausführungsform der **Fig. 3** und **Fig. 4** ist ein Schema zur Berechnung einer Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  unter Verwendung einer Drehmomentkomponente, bei der eine Geschwindigkeitsverzögerung verglichen mit einer tatsächlichen Geschwindigkeit der Antriebswelle nicht auftritt.

**[0099]** Zudem ist das herkömmliche Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema ein Schema zur Berechnung einer Modellgeschwindigkeit  $\omega_m'$  unter Verwendung einer Radgeschwindigkeit. Die Radgeschwindigkeit ist eine Komponente, die erzeugt wird, wenn eine Vibration der Antriebswelle abgeschwächt wird. Somit, wenn die Radgeschwindigkeit verwendet wird, kann eine genaue Modellgeschwindigkeit berechnet werden. Zudem wird die Modellgeschwindigkeit nur mithilfe von Signalverarbeitung für die Radgeschwindigkeit berechnet, weshalb ein Lastfaktor gering ist.

**[0100]** Deshalb erlaubt die Ausführungsform aus **Fig. 5** eine Auswahl des Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas gemäß einem Fahrzeugzustand derart, dass die oben beschriebenen Vorteile des jeweiligen Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas verwendet werden können. In der untenstehenden Beschreibung wird das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gemäß der Ausführungsform der **Fig. 3** und **Fig. 4** als drehmomentbasiertes Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema bezeichnet, und das herkömmliche Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema wird als radgeschwindigkeitsbasiertes Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema bezeichnet.

**[0101]** Zudem wird eine durch das drehmomentbasierte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema erhaltene Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  als eine drehmomentbasierte Modellgeschwindigkeit bezeichnet, und eine durch das radgeschwindigkeitsbasierte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema erhaltene Modellgeschwindigkeit  $\omega_m'$  wird als radgeschwindigkeitsbasierte Modellgeschwindigkeit bezeichnet.

**[0102]** In Bezugnahme auf **Fig. 5** bezeichnet das Bezugszeichen 200 eine Berechnungseinheit für eine drehmomentbasierte Modellgeschwindigkeit, die eine Modellgeschwindigkeit gemäß dem drehmomentbasierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema berechnet, und das Bezugszeichen 201 bezeichnet eine Berechnungseinheit für eine radgeschwindigkeitsbasierte Modellgeschwindigkeit, die eine Modellgeschwindigkeit gemäß dem radgeschwindigkeitsbasierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema berechnet.

**[0103]** Das Bezugszeichen 202 bezeichnet eine Modellgeschwindigkeitsauswahleinheit, die ein Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema auswählt und wechselt und eine Modellgeschwindigkeit ausgibt, die gemäß dem ausgewählten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema in der untenstehenden Beschreibung berechnet wurde.

**[0104]** Zunächst können Fahrzeugzustandsinformationen einer Gangstufe eines Getriebes in einem Fahrzeug beinhaltend dem Getriebe entsprechen, und ein Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema wird gemäß der Gangstufe ausgewählt.

**[0105]** In einem niedrigen Gang, der kleiner oder gleich einem eingestellten Gang ist, ist ein Übersetzungsverhältnis der Antriebswelle zu einem Rad groß, und daher kann eine Verzögerungskomponente einer Radgeschwindigkeit aus Sicht der Antriebswelle groß sein. Deshalb wird vorteilhafterweise die drehmomentbasierte Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  verwendet. Im Gegensatz dazu wird in einer hohen Gangstufe, die größer ist als der eingestellte

Gang, die radgeschwindigkeitsbasierte Modellgeschwindigkeit  $\omega_m'$  vorteilhafterweise verwendet.

**[0106]** Fig. 6 veranschaulicht ein Verfahren zum Auswählen eines Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas und einer Modellgeschwindigkeit gemäß einer Gangstufe, und veranschaulicht ein Verfahren zum Wechseln einer Modellgeschwindigkeit, wenn ein Gang geschaltet wird. Zunächst bestimmt das Motorsteuergerät MCU 17 in S21, ob der Gang basierend auf einem von einer Getriebe-steuereinheit (TCU) (nicht dargestellt) gelieferten Signal geschaltet werden soll.

**[0107]** Wenn der Gang geschaltet wird, das heißt wenn eine Gangschaltung als gestartet bestimmt wird, wird ein nach dem Gangschalten zu verwendendes Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema auf Grundlage einer Zielgangstufe des Gangschaltens in S22 bestimmt.

**[0108]** Wenn das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gemäß der Zielgangstufe bestimmt wurde, wird bestimmt, ob ein gegenwärtig verwendetes Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt werden muss, indem das bestimmte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema nach einem Gangschalten mit dem gegenwärtig verwendeten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema in S23 verglichen wird.

**[0109]** Wenn das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema nach dem Gangschalten von dem gegenwärtigen Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema verschieden ist, wird in S24 bestimmt, ob das Gangschalten tatsächlich abgeschlossen ist. Wenn der tatsächliche Abschluss des Gangschaltens von einem Signal einer Getriebe-steuerung bestätigt wurde, wird das gegenwärtige Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema zu dem neuen Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt, das gemäß der Zielgangstufe in S25 bestimmt wird.

**[0110]** Wenn hierbei ein Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt wird von dem radgeschwindigkeitsbasierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema hin zu dem drehmomentbasierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema, wird eine tatsächliche Geschwindigkeit der Antriebswelle  $\omega$  zum Zeitpunkt des Wechsels als Ausgangswert für die Modellgeschwindigkeitsberechnung (Anfangsmodellgeschwindigkeit  $\omega_m$ ) verwendet.

**[0111]** Wenn ein Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema von dem drehmomentbasierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema hin zu dem radgeschwindigkeitsbasierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt wird, kann

das Berechnungsschema unmittelbar unter Verwendung einer Radgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Wechsels gewechselt werden.

**[0112]** Mit anderen Worten wird eine Modellgeschwindigkeit  $\omega_m'$ , die durch das gewechselte radgeschwindigkeitsbasierte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema berechnet wurde, unmittelbar als Modellgeschwindigkeitsanfangswert zum Zeitpunkt des Abschlusses des Gangschaltens verwendet. Da eine Vibrationsreduzierungs-Drehmomentausgleichsfunktion zum Zeitpunkt des Gangschaltens deaktiviert ist, wird die Funktion mit Abschluss des Gangschaltens initialisiert, und dann wird die Funktion reaktiviert, ist ein Anfangs- bzw. Ausgangswert einer Modellgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Wechsels des Berechnungsschemas nicht problematisch.

**[0113]** Als nächstes können eine Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder ein Wert eines Gaspedalpositionssensors (APS) und/oder ein Wert eines Bremspedalsensors (BPS) einer Fahrzeugzustandsinformation entsprechen, die ein Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema als ein auf ein Fahrzeug, das keine Getriebe beinhaltet, anwendbares Beispiel bestimmt.

**[0114]** Fig. 7 veranschaulicht ein Verfahren zum Auswählen eines Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas und einer Modellgeschwindigkeit gemäß einer Fahrzeuggeschwindigkeit, einem Wert des APS, und einem Wert des BPS. Die MCU 17 erhält Fahrzeugzustandsinformationen wie etwa eine Fahrzeuggeschwindigkeit, einen Wert des APS, und einen Wert des BPS in S21' und bestimmt, ob ein Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema basierend auf den erhaltenen Fahrzeugzustandsinformationen in S22' gewechselt werden muss.

**[0115]** Wenn Fahrzeuggeschwindigkeitsinformationen verwendet werden, wird das drehmomentbasierte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema (drehmomentbasierte Modellgeschwindigkeit wird ausgewählt) unter der Bedingung einer geringen Geschwindigkeit verwendet, die geringer oder gleich einer vorgegebenen Bezugsfahrzeuggeschwindigkeit ist, und das radgeschwindigkeitsbasierte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema wird (radgeschwindigkeitsbasierte Modellgeschwindigkeit wird ausgewählt) unter der Bedingung einer hohen Geschwindigkeit, welche die Bezugsfahrzeuggeschwindigkeit übersteigt, verwendet.

**[0116]** Zudem ist der APS ein Sensor zum Detektieren eines Betätigungszustands eines Gaspedals, und der BPS ist ein Sensor zum Detektieren eines Betätigungszustands eines Bremspedals. Das Fahrzeug wird als in einem schnell beschleunigten Zustand bestimmt, wenn eine Änderungsrate (oder

der Änderungsbetrag) eines Werts des APS größer oder gleich einem ersten Referenzwert ist, und wird als in einem schnell verzögerten Zustand bestimmt, wenn eine Änderungsrate (oder der Änderungsbetrag) eines Werts der BPS größer oder gleich einem zweiten Referenzwert ist. +

**[0117]** Wenn das Fahrzeug als in einem schnell beschleunigten/verzögerten Zustand basierend auf dem Wert des APS und dem Wert des BPS bestimmt wird, wird das drehmomentbasierte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema verwendet (drehmomentbasierte Modellgeschwindigkeit wird ausgewählt). Andernfalls wird das radgeschwindigkeitsbasierte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema verwendet (radgeschwindigkeitsbasierte Modellgeschwindigkeit wird ausgewählt).

**[0118]** Wenn ein Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema basierend auf gegenwärtigen Fahrzeugzustandsinformationen wie etwa einer Fahrzeuggeschwindigkeit, einem Wert des APS, oder einem Wert der BPS wie oben beschrieben bestimmt wird, wird das bestimmte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema mit einem gegenwärtig verwendeten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema verglichen, um zu bestimmen, ob das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt werden muss.

**[0119]** Wenn das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt werden muss, wird das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema hin zu einem neuen Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt, welches basierend auf den gegenwärtigen Fahrzeugzustandsinformationen in S23' bestimmt wurde.

**[0120]** Wenn das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema von dem radgeschwindigkeitsbasierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema hin zu dem drehmomentbasierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt wird in einem Verfahren zum Wechseln eines Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas wie oben beschrieben (Verändern einer Modellgeschwindigkeit), wird ein radgeschwindigkeitsbasierter Modellgeschwindigkeitswert zum Zeitpunkt des Wechsels als Anfangswert einer drehmomentbasierten Modellgeschwindigkeit verwendet.

**[0121]** Wenn das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema von dem drehmomentbasierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema hin zu dem radgeschwindigkeitsbasierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt wird, wird ein Wert gemäß einer Radgeschwindigkeit bestimmt, weshalb ein Anfangspunkt nicht gesetzt werden kann. Deshalb kann ein unterbrochener Punkt einer

Modellgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Wechsels erzeugt werden.

**[0122]** Ein unterbrochener Punkt einer Modellgeschwindigkeit, der erzeugt wird, wenn die Vibrationsreduzierungs-Drehmomentausgleichsfunktion kontinuierlich aktiviert ist, ist ein Faktor, der die Vibrationskomponentenextraktionsleistung verschlechtert, weshalb ein Anfangspunkt einer radgeschwindigkeitsbasierten Modellgeschwindigkeit virtuell gesetzt werden muss, wenn ein Berechnungsschema gewechselt wird. Eine Gleichung zur Berechnung einer Modellgeschwindigkeit durch Setzen eines virtuellen Anfangspunkts ist nachfolgend angegeben:

$$\omega_m'' = \omega_m' - \omega_{m\_init} + \omega_{m\_offset} \quad (10)$$

$\omega_m''$  ist eine Modellgeschwindigkeit, auf die ein virtueller Anfangspunkt angewendet wird, wenn ein Berechnungsschema gewechselt wird, und die Modellgeschwindigkeit  $\omega_m''$  des virtuellen Anfangspunkts ist eine Modellgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Wechsels zu dem radgeschwindigkeitsbasierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema.

$\omega_{m\_init}$  ist ein Differenzwert zwischen der drehmomentbasierten Modellgeschwindigkeit  $\omega_m$  und der radgeschwindigkeitsbasierten Modellgeschwindigkeit  $\omega_m'$  zum Zeitpunkt des Verwendens eines Anfangswerts (zum Zeitpunkt des Wechsels eines Berechnungsschemas), und  $\omega_{m\_offset}$  ist ein Wert, der gesetzt wird, um von 0 bis  $\omega_{m\_init}$  mit einer konstanten Steigung oder Muster zu variieren. Zum Beispiel kann  $\omega_{m\_offset}$  unter Verwendung des in **Fig. 8** veranschaulichten Schemas berechnet werden.

**[0123]** In Bezugnahme auf **Fig. 8** wird  $\omega_{m\_offset}$  auf einen bestimmten Geschwindigkeitswert für  $\omega_{m\_init}$  in Bezug zur Zeit gesetzt.

**[0124]** Wenn ein zu setzender Anfangswert  $\omega_m''$  als Modellgeschwindigkeitswert des radgeschwindigkeitsbasierten Berechnungsschemas zum Zeitpunkt des Wechsels eines Berechnungsschemas bestimmt wird, ist es möglich, eine Modellgeschwindigkeit unter Ausschluss eines unterbrochenen Punkts wie in **Fig. 9** zu berechnen.

**[0125]** Wie vorstehend erläutert, schlägt die vorliegende Offenbarung ein verbessertes Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema vor, das in der Lage ist, eine genaue Vibrationskomponente zu extrahieren in einem Verfahren zum Reduzieren von Vibrationen, die von einer Antriebswelle eines umweltfreundlichen Fahrzeugs erzeugt werden.

**[0126]** In der verwandten Technik wurde eine Modellgeschwindigkeit mithilfe einer Radgeschwindigkeit oder basierend auf einem Antriebswelleneingabedrehmoment mithilfe eines Antriebswellenmo-

dells berechnet. Wenn die Modellgeschwindigkeit mithilfe der Radgeschwindigkeit berechnet wurde, ist eine Genauigkeit der Modellgeschwindigkeit hoch. Jedoch kann eine fehlerhafte Vibrationskomponente extrahiert werden, da eine Modellgeschwindigkeit verglichen mit einer tatsächlichen Geschwindigkeit zum Zeitpunkt einer Beschleunigung/Verzögerung eines Fahrzeugs verzögert ist. Wenn die Modellgeschwindigkeit basierend auf dem Antriebswelleneingabedrehmoment berechnet wird durch Gestalten des Antriebswellenmodells, ist die Modellgeschwindigkeit zum Zeitpunkt einer Beschleunigung/Verzögerung eines Fahrzeugs nicht verzögert. Jedoch ist die Genauigkeit der Modellgeschwindigkeit aufgrund einer Ungenauigkeit des Modells und einem Lastdrehmoment, etc., verschlechtert.

**[0127]** Auf der anderen Seite wird gemäß der vorliegenden Offenbarung ein Antriebswellenmodell entworfen und eine Modellgeschwindigkeit basierend auf einem Antriebswelleneingabedrehmoment berechnet, weshalb die Modellgeschwindigkeit zum Zeitpunkt der Beschleunigung/Verzögerung eines Fahrzeugs nicht verzögert ist. Zur gleichen Zeit wird ein an das Fahrzeug geliefertes Störmoment durch eine Störmomentbeachtungseinheit beobachtet und die Modellgeschwindigkeit wird basierend auf dem Störmoment berechnet, weshalb die Genauigkeit der Modellgeschwindigkeit verbessert werden kann. Deshalb ist es möglich, eine Vibrationskomponente genauer zu extrahieren.

**[0128]** Gemäß einem Steuerverfahren zum Reduzieren einer Antriebswellenvibration eines umweltfreundlichen Fahrzeugs der vorliegenden Offenbarung wird ein Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema derart verbessert, dass eine genaue Vibrationskomponente extrahiert werden kann, wodurch die von einer Antriebswelle erzeugten Vibrationen wirksam vermindert werden.

**[0129]** Zudem wird ein drehmomentbasiertes Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema oder ein radgeschwindigkeitsbasiertes Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema ausgewählt und verwendet, wenn eine Modellgeschwindigkeit berechnet wird, wodurch sich im Ergebnis die Vorteile beider Berechnungsschemata in Abhängigkeit eines Fahrzeugzustands einstellen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Reduzieren der Vibration einer Antriebswelle eines umweltfreundlichen Fahrzeugs, das Verfahren umfassend:

- Erfassen einer tatsächlichen Geschwindigkeit der Antriebswelle von der ein Drehmoment eines Antriebsmotors, der das Fahrzeug antreibt, ausge-

geben wird;

- Berechnen einer Modellgeschwindigkeit der Antriebswelle;

- Erhalten einer Vibrationskomponente basierend auf einer Abweichung zwischen der erfassten tatsächlichen Geschwindigkeit der Antriebswelle und der errechneten Modellgeschwindigkeit; und

- Erzeugen eines Vibrationsreduzierungs-Ausgleichsdrehmoments zum Reduzieren der Vibration der Antriebswelle aus der Vibrationskomponente, wobei der Berechnungsschritt umfasst:

- Berechnen eines benötigten Ausgabedrehmoments der Antriebswelle basierend auf einem an die Antriebswelle gelieferten Drehmoment;

- Schätzen eines Eingabedrehmoments der Antriebswelle, welches der Antriebswelle mithilfe der tatsächlichen Geschwindigkeit der Antriebswelle eingegeben wird;

- Schätzen eines Störmoments mithilfe des benötigten Ausgabedrehmoments der Antriebswelle und des Eingabedrehmoments der Antriebswelle;

- Berechnen eines Modelleingabedrehmoments der Antriebswelle, welches erhalten wird durch Hinzuaddieren des Störmoments zu dem benötigten Ausgabedrehmoment der Antriebswelle unter Verwendung des geschätzten Störmoments; und

- Berechnen der Modellgeschwindigkeit unter Verwendung eines Antriebswellenmodells, welches das Eingabedrehmoment des Antriebswellenmodells als Eingabewert aufnimmt **dadurch gekennzeichnet**, dass

der Schritt zum Schätzen des Eingabedrehmoments der Antriebswelle umfasst: Schätzen des Eingabedrehmoments der Antriebswelle unter Verwendung einer Transferfunktion des Antriebswellenmodells und der tatsächlichen Geschwindigkeit ( $\omega$ ) der Antriebswelle,

wobei das Eingabedrehmoment der Drehwelle ( $T_{acc}$ ) mithilfe der folgenden Gleichung abgeschätzt wird:  $T_{acc}' = Q(s) \times \omega / G_m(s)$ , bei der  $Q(s)$  eine Transferfunktion eines Filters ist, und  $G_m(s)$  die Transferfunktion des Antriebswellenmodells ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das benötigte Ausgabedrehmoment der Antriebswelle berechnet wird durch Subtrahieren einer Summe aus einem Fahrzeuglastdrehmoment und einem für eine Bremse eines Fahrzeugs erforderlichen Bremsdrehmoments von einer Summe aus Drehmomenten, die jeweils für den Antriebsmotor, einen Motor, und einen direkt mit dem Motor verbundenen Starter-Generator in einem Hybrid-Elektrofahrzeug (HEV) des umweltfreundlichen Fahrzeugs unter Verwendung des Antriebsmotors und des Motors als Antriebsquellen des Fahrzeugs benötigt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das benötigte Ausgabedrehmoment der Antriebswelle berechnet wird durch Subtrahieren einer Summe aus einem Fahrzeuglastmoment und einem zum

Verzögern eines Fahrzeuggrades benötigten Bremsmoments von einem Drehmoment, das für einen Antriebsmotor in einem Elektrofahrzeug (EV) des umweltfreundlichen Fahrzeugs unter Verwendung des Antriebsmotors und des Motors als Antriebsquellen des Fahrzeugs benötigt wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Transferfunktion  $Q(s)$  des Filters derart vorgegeben wird, dass eine Zählerordnung kleiner oder gleich einer Nennerordnung in  $Q(s)/G_m(s)$  ist.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ein primärer Niedrigpassfilter (LPF) als Filter verwendet wird, und die Transferfunktion des Filters  $Q(s) = 1/(Ts + 1)$  ist, bei der  $T$  eine Zeitkonstante des Filters bezeichnet.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Transferfunktion des Antriebswellenmodells  $G_m(s) = 1/J_m s$  ist, bei der  $J_m$  ein Trägheitsmoment der Antriebswelle bezeichnet.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Störmoment ( $d'$ ) geschätzt wird durch Verwendung des Filters ( $Q$ ) und Verwendung der folgenden Gleichung:  $d' = Q(s) \times T_{net}' - T_{acc}'$ , bei der  $Q(s)$  die Transferfunktion des Filters bezeichnet,  $T_{net}'$  das benötigte Ausgabedrehmoment der Antriebswelle bezeichnet, und  $T_{acc}'$  das Eingabedrehmoment der Antriebswelle bezeichnet, und ein Filter mit der gleichen Transferfunktion wie eine Transferfunktion eines Filters, der verwendet wird, um das Eingabedrehmoment der Antriebswelle abzuschätzen, wird auf den Filter ( $Q$ ) zum Schätzen des Störmoments ( $d'$ ) angewendet.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Schritt zum Schätzen des Störmoments das Berechnen des Störmoments als Differenzwert zwischen dem benötigten Ausgabedrehmoment der Antriebswelle und dem Eingabedrehmoment der Antriebswelle umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei ein Filter zum Beseitigen einer Rauschkomponente auf das benötigte Ausgabedrehmoment der Antriebswelle angewendet wird, um das Störmoment ( $d'$ ) unter Verwendung der folgenden Gleichung abzuschätzen:

$d' = Q(s) \times T_{net}' - T_{acc}'$ , bei der  $Q(s)$  eine Transferfunktion des Filters bezeichnet,  $T_{net}'$  ein Ausgabedrehmoment der Antriebswelle bezeichnet, und  $T_{acc}'$  das Eingabedrehmoment der Antriebswelle bezeichnet.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei ein primärer Niedrigpassfilter (LPF) als Filter verwendet wird, und die Transferfunktion des Filters  $Q(s) = 1/(Ts + 1)$  ist, bei der  $T$  eine Zeitkonstante des Filters bezeichnet.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Berechnen der Modellgeschwindigkeit das Berechnen der Modellgeschwindigkeit ( $\omega_m$ ) unter Verwendung der folgenden Gleichung umfasst:  
 $\omega_m = G_m(s) \times T_m$ , bei der  $G_m(s)$  eine Transferfunktion des Antriebswellenmodells bezeichnet, und  $T_m$  das Eingabedrehmoment des Antriebswellenmodells bezeichnet.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Transferfunktion des Antriebswellenmodells  $G_m(s) = 1/J_m s$  ist, wobei  $J_m$  ein Trägheitsmoment der Antriebswelle bezeichnet.

13. Verfahren zum Reduzieren einer Vibration einer Antriebswelle eines umweltfreundlichen Fahrzeugs, umfassend:

- Erfassen von gegenwärtigen Fahrzeugzustandsinformationen;
- Erfassen einer tatsächlichen Geschwindigkeit der Antriebswelle, von der ein Drehmoment eines Antriebsmotors, der das Fahrzeug antreibt, ausgegeben wird;
- Bestimmen eines Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas entsprechend entweder einem Drehmoment-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema oder einem Radgeschwindigkeits-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas zum Berechnen einer Modellgeschwindigkeit basierend auf Radgeschwindigkeitsinformationen des Fahrzeugs gemäß den erfassten Fahrzeugzustandsinformationen;
- Berechnen einer Modellgeschwindigkeit der Antriebswelle durch Wechseln eines gegenwärtigen Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas zu dem bestimmten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema, wenn das bestimmte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema von dem aktuellen Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema verschieden ist;
- Erhalten einer Vibrationskomponente basierend auf einer Abweichung zwischen der erfassten tatsächlichen Geschwindigkeit der Antriebswelle und der errechneten Modellgeschwindigkeit; und
- Erzeugen eines Vibrationsreduzierungs-Ausgleichsdrehmoments zum Reduzieren der Vibration der Antriebswelle aus der Vibrationskomponente, wobei die Fahrzeugzustandsinformationen eine Fahrzeuggeschwindigkeit, ein Wert eines Gaspedalpositionssensors (APS) oder ein Wert eines Bremspedalsensors (BPS) ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Drehmoment-basierte Modellgeschwindigkeits-

berechnungsschema bestimmt wird, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit kleiner oder gleich einer Fahrzeugbezugs geschwindigkeit ist, und das Radgeschwindigkeits-basierte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema bestimmt wird, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit die Fahrzeugbezugs geschwindigkeit übersteigt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die Fahrzeugzustandsinformationen eine Schaltstufe eines Getriebes sind, wobei das drehmomentbasierte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema bestimmt wird, wenn eine Zielschaltstufe niedriger oder gleich einer eingestellten Stufe ist, wenn die Schaltstufe schaltet, und das Radgeschwindigkeits-basierte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema bestimmt wird, wenn eine gegenwärtige Schaltstufe höher als die eingestellte Schaltstufe ist.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gemäß der Zielschaltstufe als Reaktion auf ein Gangschalten bestimmt wird, und dann das gegenwärtige Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema zu dem bestimmten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema nach Abschluss des Gangschaltens gewechselt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei, wenn das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema von dem Radgeschwindigkeits-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema zu dem Drehmoment-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt wird, eine tatsächliche Geschwindigkeit der Antriebswelle entsprechend einem Zeitpunkt, bei dem das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt wird, als Ausgangsmodellgeschwindigkeit in dem gewechselten Drehmoment-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema verändert wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei das Drehmoment-basierte Modellgeschwindigkeits-berechnungsschema bestimmt wird, wenn eine Änderungsrate oder der Änderungsbetrag des Werts des APS größer oder gleich einem Referenzwert ist, und das Radgeschwindigkeits-basierte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema bestimmt wird, wenn die Änderungsrate oder der Änderungsbetrag des Werts des APS kleiner als der Referenzwert ist.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei das Drehmoment-basierte Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema bestimmt wird, wenn eine Änderungsrate oder ein Änderungsbetrag des Werts des BPS größer oder gleich einem Referenzwert ist, und das Radgeschwindigkeits-basierte Modellgeschwindigkeitsberechnungs-

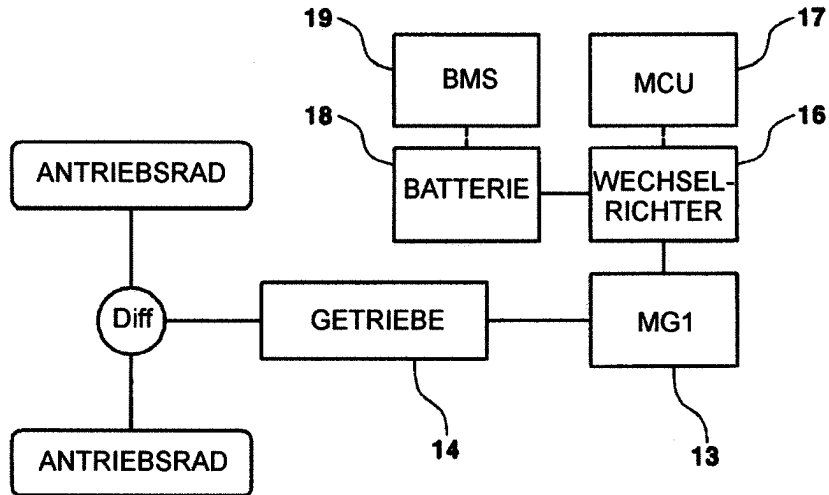
schema bestimmt wird, wenn die Änderungsrate oder der Änderungsbetrag des Werts des APS kleiner als der Referenzwert ist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei, wenn das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema von dem Radgeschwindigkeits-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema zu dem Drehmoment-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt wird, die Modellgeschwindigkeit, die unter Verwendung des Radgeschwindigkeits-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas entsprechend einem Zeitpunkt, bei dem das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt wird, als Ausgangsmodellgeschwindigkeit in dem gewechselten Drehmoment-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema verwendet wird.

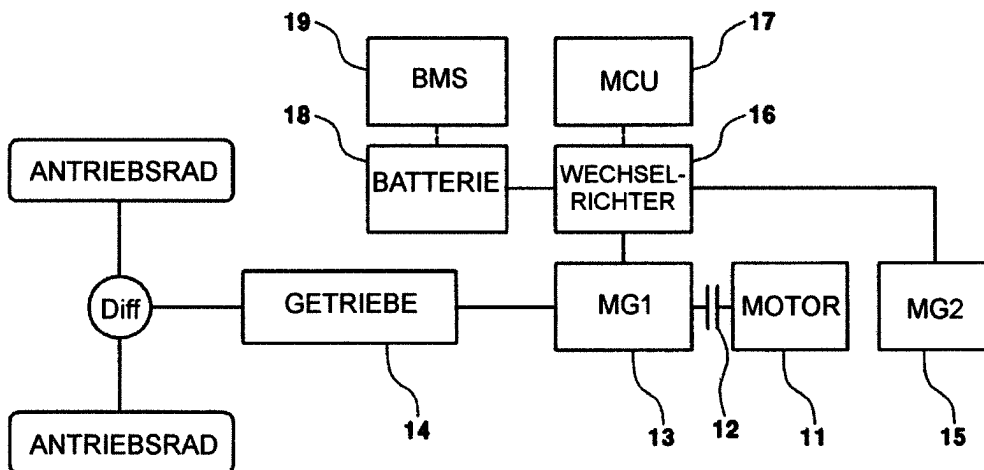
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei, wenn das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema von dem Drehmoment-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema zu dem Radgeschwindigkeits-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt wird, eine Ausgangsmodellgeschwindigkeit ( $\omega_m''$ ) in dem gewechselten Radgeschwindigkeits-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema mithilfe der folgenden Gleichung erhalten wird:  $\omega_m'' = \omega_m' - \omega_{m\_init} + \omega_{m\_offset}$ , bei der  $\omega_m'$  eine Modellgeschwindigkeit bezeichnet, die berechnet wird unter Verwendung des Radgeschwindigkeits-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas entsprechend einem Zeitpunkt, bei dem das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt wird,  $\omega_{m\_init}$  einen Differenzwert zwischen den Modellgeschwindigkeiten, die jeweils unter Verwendung des Drehmoment-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschemas und dem Radgeschwindigkeits-basierten Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema berechnet wurden zu einem Zeitpunkt, bei dem das Modellgeschwindigkeitsberechnungsschema gewechselt wird, und  $\omega_{m\_offset}$  einen Wert bezeichnet, der dahingehend eingestellt ist, von 0 bis  $\omega_{m\_init}$  mit konstanter Steigung oder Muster zu variieren, und eine Geschwindigkeit ist, die bestimmt wird, um ein Wert gemäß  $\omega_{m\_init}$  zu sein.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



**FIG. 1**  
STAND DER TECHNIK



**FIG. 2**  
STAND DER TECHNIK

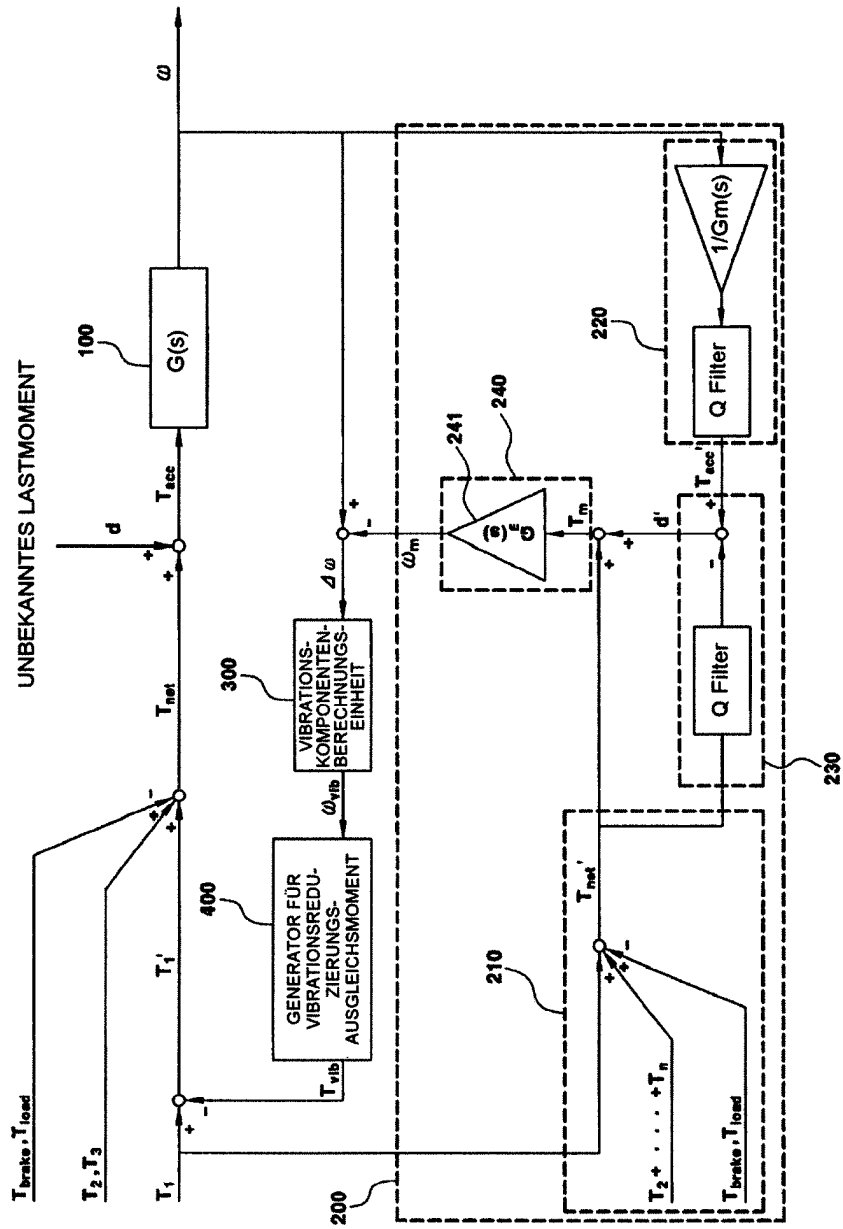


FIG. 3

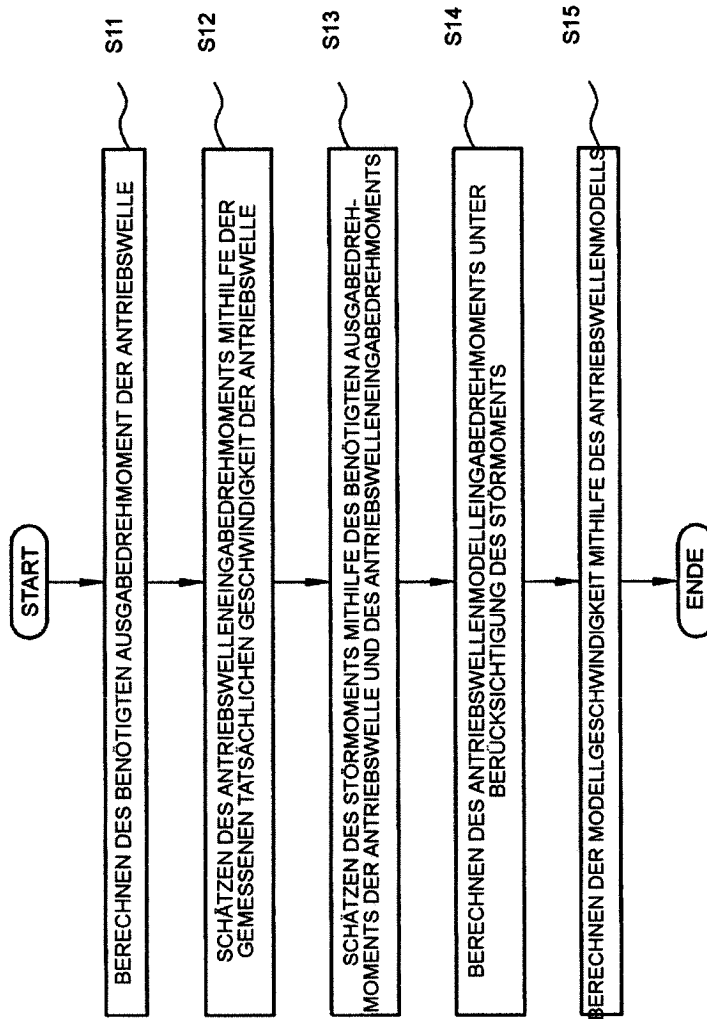


FIG. 4

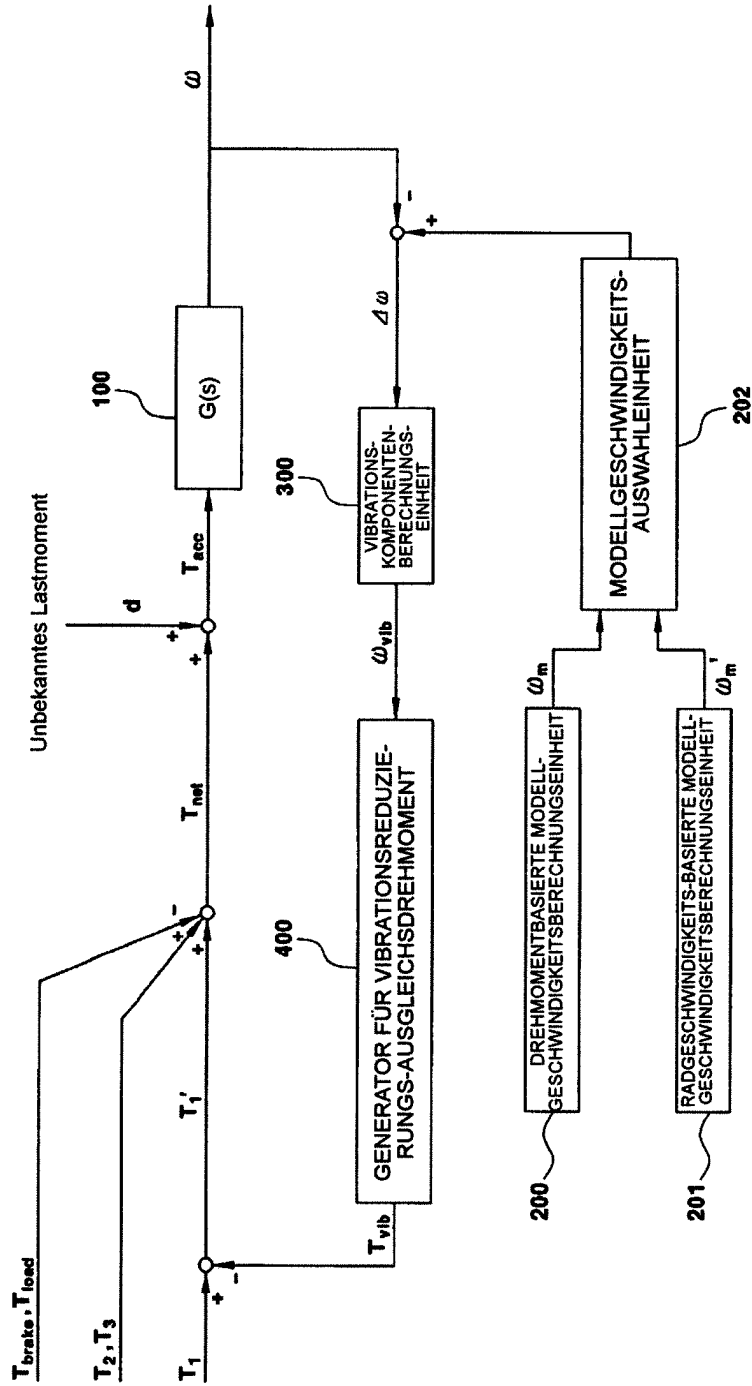


FIG. 5

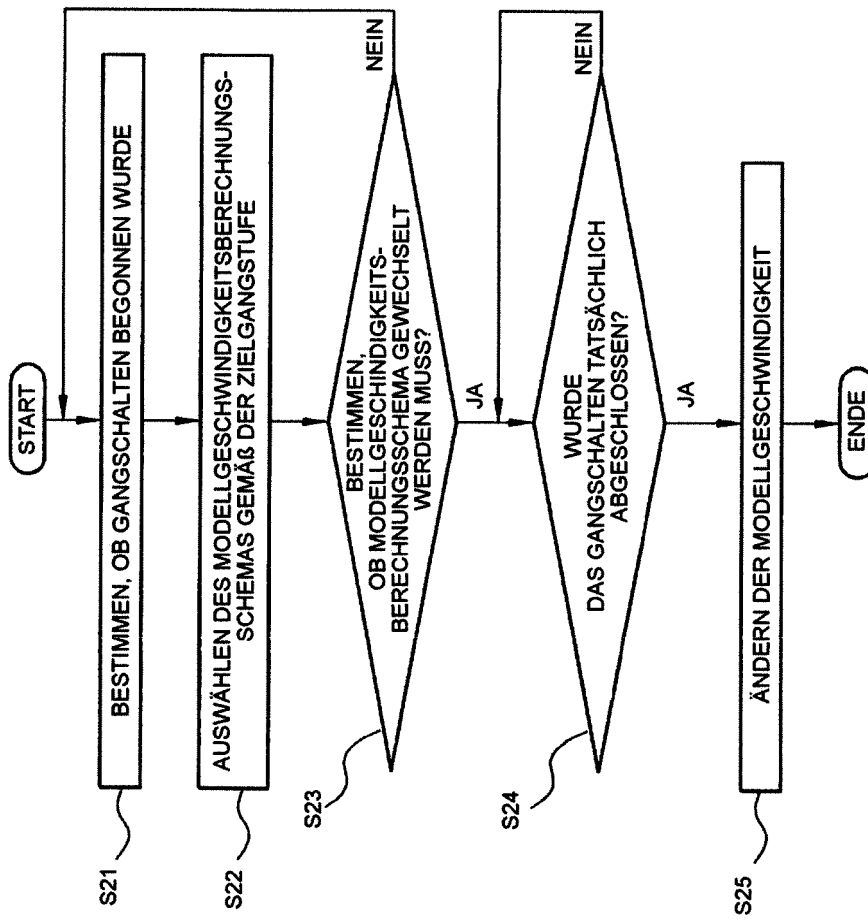


FIG. 6

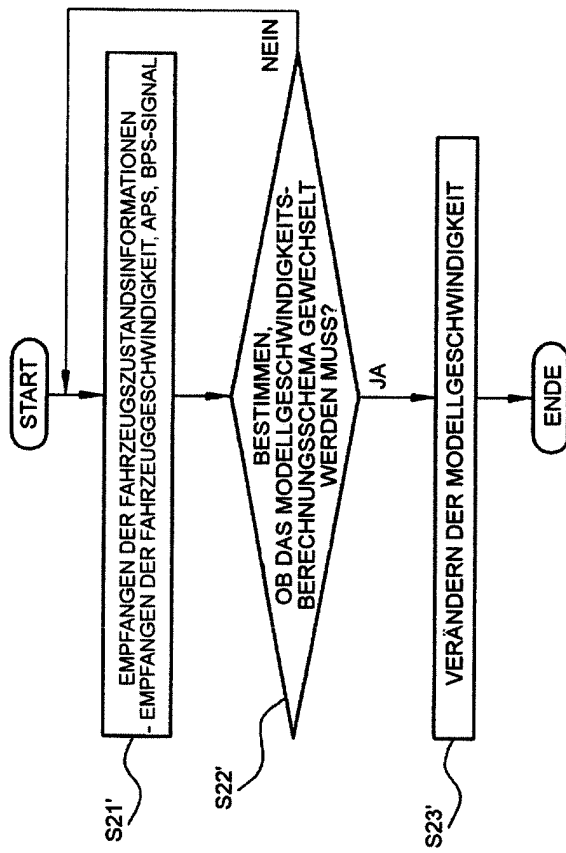


FIG. 7

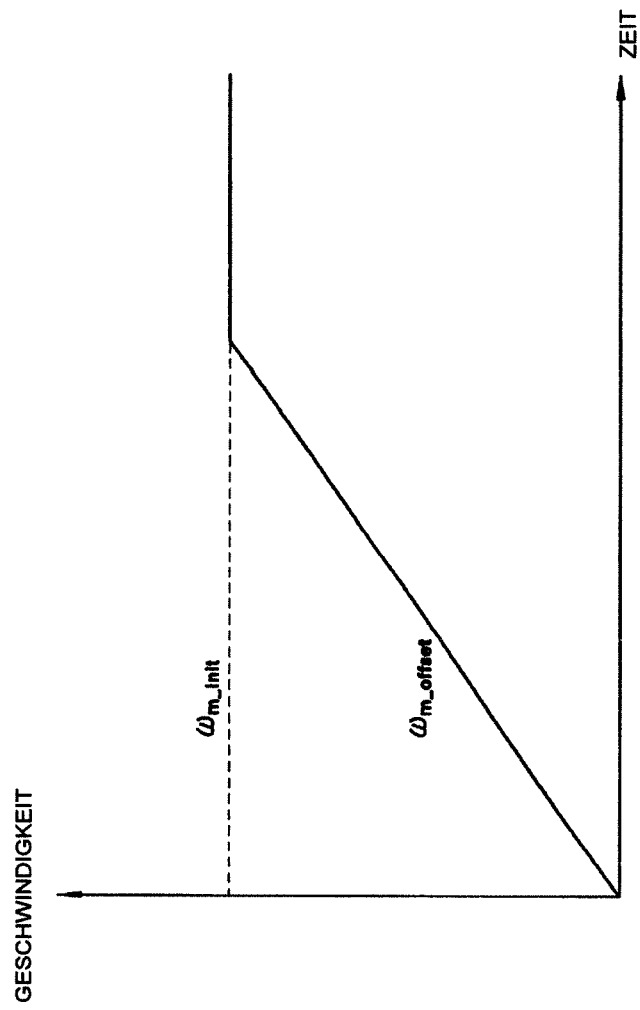
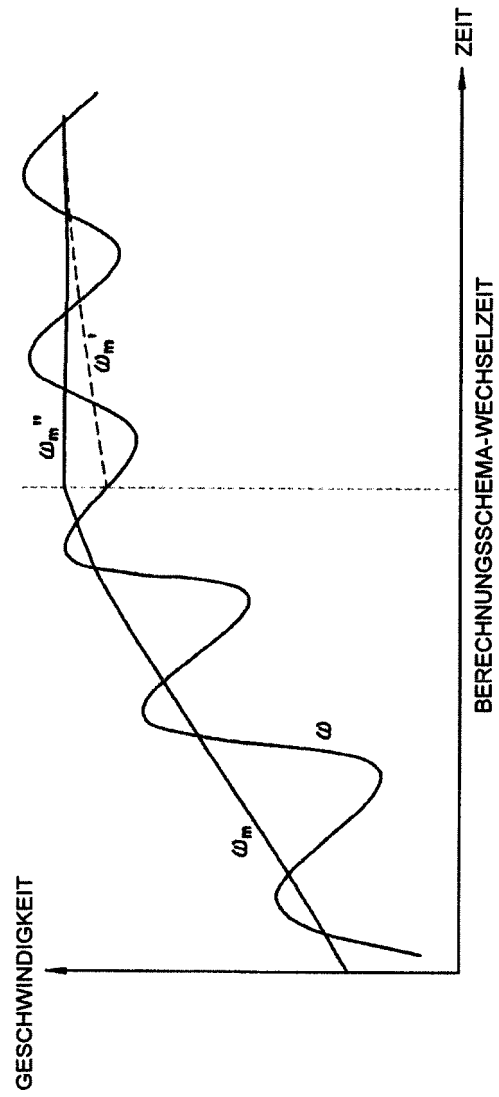


FIG. 8



**FIG. 9**