

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
26. Januar 2017 (26.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/012784 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/04 (2006.01) *B60W 10/08* (2006.01)
B60W 10/06 (2006.01) *F02N 11/04* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/063686

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Juni 2016 (15.06.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 213 763.5 22. Juli 2015 (22.07.2015) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **DEAK, Istvan**; Untere Reithausstr. 8, 71634
Ludwigsburg (DE). **SCHROEDER, Bernd**; Welfenstr. 15,
71272 Renningen (DE). **HENGER, Martin**; Alleenstr. 75,
71732 Tamm (DE). **TRZEBIATOWSKI, Tobias**;
Postschulenweg 3, 70569 Stuttgart (DE). **KLEIN,
Benjamin**; Kleinsachsenheimer Str. 30/1, 74321
Bietigheim-Bissingen (DE). **GREIS, Andreas**; Eduard-

Pfeiffer-Str. 5, 70192 Stuttgart (DE). **KAEPPLER, Mario**;
Trajanstrasse 2, 74613 Oehringen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE ACCURACY OF A TORQUE TRANSMITTED FROM A BELT-DRIVEN
STARTER-GENERATOR OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE TO THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ERMITTELN EINER DREHMOMENTGENAUIGKEIT EINES VON EINEM RIEMEN-
GETRIEBENEN STARTERGENERATOR EINER BRENNKRAFTMASCHINE AUF DIE BRENNKRAFTMASCHINE
ÜBERTRAGENEN DREHMOMENTS

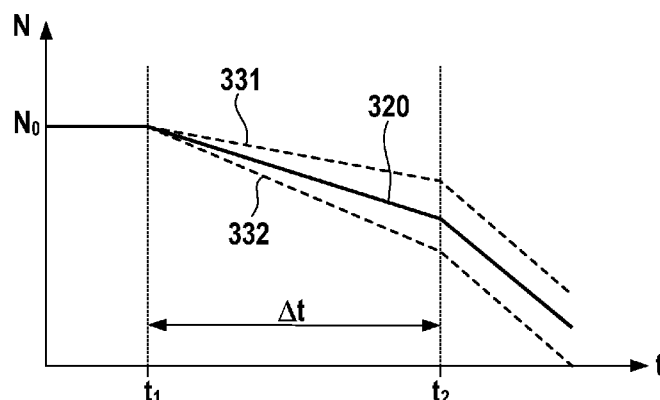


Fig. 3b

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the accuracy of a torque that is transmitted from a belt-driven starter-generator of an internal combustion engine to the internal combustion engine; in said method, which is similar to a learning process or a calibration of the actual torque of the starter-generator relative to a desired torque, a given test torque is transmitted by the belt-driven starter-generator to the internal combustion engine for a predefined test period (Δt) during coasting down of the internal combustion engine; during said test period (Δt), a torque value that is dependent on a speed (N) of the internal combustion engine is determined and is compared with a reference value (320), and the accuracy of the torque is assessed on the basis of said comparison.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/012784 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). — **Veröffentlicht:** mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln einer Drehmomentgenauigkeit eines von einem riemengetriebenen Startergenerator einer Brennkraftmaschine auf die Brennkraftmaschine übertragenen Drehmoments, welches einem Lernvorgang oder einer Kalibrierung des tatsächlichen Drehmoments des Startergenerators bezüglich eines Soll-Drehmoments ähnlich ist, wobei bei einem Auslaufen der Brennkraftmaschine von dem riemengetriebenen Startergenerator während eines vorgegebenen Test-Zeitintervalls (Δt) ein vorgegebenes Test-Drehmoment auf die Brennkraftmaschine übertragen wird, wobei während des Test-Zeitintervalls (Δt) eine Drehzahlgröße, welche von einer Drehzahl (N) der Brennkraftmaschine abhängt, bestimmt und mit einer Referenzgröße (320) verglichen wird und wobei aus diesem Vergleich auf die Drehmomentgenauigkeit rückgeschlossen wird.

- 1 -

5 Beschreibung

Titel

10 Verfahren zum Ermitteln einer Drehmomentgenauigkeit eines von einem riemen-
getriebenen Startergenerator einer Brennkraftmaschine auf die Brennkraftma-
schine übertragenen Drehmoments

15 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln einer Drehmo-
mentgenauigkeit eines von einem riemengetriebenen Startergenerator einer
Brennkraftmaschine auf die Brennkraftmaschine übertragenen Drehmoments
sowie eine Recheneinheit und ein Computerprogramm zu dessen Durchführung.

Stand der Technik

20 Elektrische Maschinen können in Kraftfahrzeugen als sog. Startergeneratoren
eingesetzt werden, um einerseits die Brennkraftmaschine im Motorbetrieb der
elektrischen Maschine zu starten und andererseits Strom für das Bordnetz und
zum Laden der Kraftfahrzeugbatterie im Generatorbetrieb der elektrischen Ma-
schine zu erzeugen. Derartige elektrische Maschinen können über einen Riemen
25 mit der Brennkraftmaschine bzw. der Kurbelwelle verbunden sein, beispielsweise
über den Keilrippenriemen der Brennkraftmaschine (sog. riemengetriebene Star-
tergeneratoren, RSG).

30 In der DE 10 2009 055 062 A1 wird beispielsweise ein Verfahren zur
Plausibilisierung eines von einer elektrischen Maschine aufgebrachten Antriebs-
momentes in einem Hybridantrieb eines Kraftfahrzeuges beschrieben. Dabei wird
überprüft, ob das von der elektrischen Maschine aufgebrachte Antriebsmoment
genau bestimmt ist. Das Verfahren beruht auf einer Überprüfung, ob das Dreh-
moment des Elektromotors dem Schleppmoment des Verbrennungsmotors ent-
spricht.

Offenbarung der Erfindung

5 Erfindungsgemäß werden ein Verfahren zum Ermitteln einer Drehmomentgenauigkeit eines von einem riemengetriebenen Startergenerator einer Brennkraftmaschine auf die Brennkraftmaschine übertragenen Drehmoments sowie eine Recheneinheit und ein Computerprogramm zu dessen Durchführung mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

10 Unter Drehmomentgenauigkeit sei in diesem Zusammenhang zu verstehen, wie stark ein von dem riemengetriebenen Startergenerator tatsächlich übertragenes Drehmoment (Ist-Wert des übertragenen Drehmoments) von einem vorgegebenen zu übertragenden Drehmoment (Soll-Wert des übertragenen Drehmoments) abweicht. Weicht das tatsächlich übertragene von dem vorgegebene Drehmoment stärker ab als angenommen, wird die Drehmomentgenauigkeit als nicht ausreichend bzw. ungenügend angesehen.

20 Zum Ermitteln der Drehmomentgenauigkeit wird bei einem Auslaufen der Brennkraftmaschine während eines vorgegebenen Test-Zeitintervalls ein vorgegebenes Test-Drehmoment von dem riemengetriebenen Startergenerator auf die Brennkraftmaschine übertragen. Dieses Test-Drehmoment wird insbesondere als Soll-Wert von einer Steuerung bzw. einem Steuergerät des riemengetriebenen Startergenerator und/oder der Brennkraftmaschine vorgegeben. Beispielsweise
25 kann das Test-Zeitintervall zwischen 100 ms und 1,5 s betragen, das Test-Drehmoment beträgt insbesondere zwischen 0,2 Nm und 2 Nm.

30 Unter 'Auslaufen der Brennkraftmaschine' sei in diesem Zusammenhang zu verstehen, dass die Brennkraftmaschine während ihres laufenden Betriebs deaktiviert wird und aktiv kein Drehmoment mehr erzeugt. Die Drehzahl verringert sich nach Deaktivieren der Brennkraftmaschine während des Auslaufens bis zu einem Stillstand der Brennkraftmaschine, insbesondere gemäß einem bekannten theoretischen Drehzahlverlauf.

Insbesondere findet ein Auslaufen der Brennkraftmaschine beim Abstellen des entsprechenden Kraftfahrzeugs statt, beispielsweise wenn dieses geparkt wird. Ein Auslaufen kann auch im Zuge eines sogenannten Start/Stopp-Betriebs durchgeführt werden. Im Zuge dessen kann ein automatischer Stopp der Brennkraftmaschine durchgeführt werden, beispielsweise im Stillstand des Kraftfahrzeugs (z.B. beim Stehen an einer roten Ampel) oder beim Segeln des Kraftfahrzeugs (wenn sich das Kraftfahrzeug beispielsweise auf eine rote Ampel zu bewegt).

Wenn bei dem Auslaufen das Test-Drehmoment auf die Brennkraftmaschine übertragen wird, ändert sich der Drehzahlverlauf und die Drehzahl sinkt während des Test-Zeitintervalls langsamer. Insbesondere ist ebenfalls bekannt, wie die Drehzahl während des Test-Zeitintervalls in Anbetracht des aufgeprägten Test-Drehmoments theoretisch sinken sollte.

Bei einer ausreichenden, genügenden Drehmomentgenauigkeit stimmen das vorgegebene Test-Drehmoment und das tatsächliche übertragene Drehmoment im Wesentlichen überein. Die Drehzahl sinkt in diesem Fall wie theoretisch erwartet. Bei nicht ausreichender Drehmomentgenauigkeit wird von dem riemengetriebenen Startergenerator ein tatsächliches Drehmoment übertragen, das entweder größer oder kleiner als das vorgegebene Test-Drehmoment ist. In diesem Fall weicht der Drehzahlverlauf von der theoretischen Erwartung ab.

Die Drehzahl der Brennkraftmaschine stellt in diesem Fall ein Maß dar, um die Drehmomentgenauigkeit ermitteln zu können. Daher wird während des Test-Zeitintervalls eine Drehzahlgröße, welche von der Drehzahl der Brennkraftmaschine abhängt, bestimmt und ausgewertet. Die bestimmte Drehzahlgröße wird mit einer Referenzgröße verglichen. Diese Referenzgröße charakterisiert insbesondere den theoretisch erwarteten Drehzahlverlauf während des Test-Zeitintervalls in Abhängigkeit von dem Test-Drehmoment. Aus diesem Vergleich zwischen bestimmter Drehzahlgröße und Referenzgröße wird auf die Drehmomentgenauigkeit rückgeschlossen.

Vorteile der Erfindung

5 Durch das Verfahren zum Ermitteln der Drehmomentgenauigkeit können Abweichungen zwischen Ist- und Soll-Drehmoment des riemengetriebenen Startergenerators auf aufwandsarme und kostengünstige Weise erkannt werden. Dabei ist es nicht nötig, das Drehmoment der Brennkraftmaschine oder des riemengetriebenen Startergenerators tatsächlich zu bestimmen.

10 Derartige Abweichungen können beispielsweise aufgrund von Material- und Fertigungstoleranzen von Bauteilen, z.B. Sensoren, Aktoren, usw., auftreten oder auch aufgrund von Alterungs- bzw. Verschleißerscheinungen. Beispielsweise kann eine strukturelle Veränderung des Riemens, z.B. eine Längung des Riemens (insbesondere durch Alterung des Zugcordes) oder ein Verschleiß des Riemens (z.B. Verschleiß der Riemenoberfläche, insbesondere der Rippen, wo-

15 durch der Riemen für den Rientrieb länger wird) zu derartigen Abweichungen führen. Abweichungen können auch aufgrund von aktuellen Umweltbedingungen auftreten, beispielsweise aufgrund der Umgebungstemperatur.

20 Diese Abweichungen können durch das Verfahren während des laufenden Betriebs des Kraftfahrzeugs erkannt werden. Es ist nicht nötig, den riemengetriebenen Startergenerator bzw. dessen Bauteile einzeln beispielsweise im Zuge von regelmäßigen Servicearbeiten in einer Werkstatt auf Alterungs- bzw. Verschleißerscheinungen oder Material- und Fertigungstoleranzen zu testen. Die Ermittlung der Drehmomentgenauigkeit kann beispielsweise im Zuge eines jeden Auslaufs des Kraftfahrzeugs durchgeführt werden, beispielsweise jedes Mal, wenn

25 das Kraftfahrzeug an einer roten Ampel steht, oder auch nach vorgegebenen auslösenden Ereignissen, z.B. etwa einmal pro Woche, oder bei jedem ersten Auslaufen nach jeweils 100 Fahrstunden oder nach jeweils 1000 km. Die Ermittlung der Drehmomentgenauigkeit kann jedoch auch als Servicefunktion aktiviert werden, um das Verhalten des Kraftfahrzeugs auf neue Fahrzeugteile (z.B. Keil-

30 rippenriemen) im Rahmen einer Reparatur anzulernen.

Vorteilhafterweise wird, wenn auf eine nicht ausreichende Drehmomentgenauigkeit rückgeschlossen wird, eine Kompensation bzw. Korrektur des von dem rie-

mengetriebenen Startergenerator übertragenen Drehmoments durchgeführt. Beispielsweise kann das vorgegebene Test-Drehmoment im Zuge der Korrektur während weiterer Test-Zeitintervalle jeweils so lange verändert werden und die Drehmomentgröße kann während dieser weiteren Test-Zeitintervalle so lange ausgewertet werden, bis die Drehmomentgenauigkeit während eines dieser Test-Zeitintervalle ausreichend hoch ist. Insbesondere wird das Test-Drehmoment so lange verändert, bis die Drehzahl während eines dieser Test-Zeitintervalle gemäß der theoretischen Erwartung sinkt.

Insbesondere kann im Zuge dieser Korrektur ein Korrekturfaktor bestimmt werden, welcher angibt, um wie viel tatsächlich übertragenes und vorgegebenes Drehmoment voneinander abweichen. Beispielsweise ergibt sich dieser Korrekturfaktor als Quotient aus demjenigen Test-Drehmoment, bei welchem auf eine ausreichend hohe Drehmomentgenauigkeit rückgeschlossen wird, dividiert durch das zu Beginn des Verfahrens vorgegebenen Test-Drehmoment. Das zu übertragende Drehmoment kann daraufhin mit diesem Korrekturfaktor beaufschlagt werden.

Fertigungs- und Materialtoleranzen sowie Alterungs- bzw. Verschleißerscheinungen werden somit implizit berücksichtigt, ohne dabei aufwendige und kostenintensive Reparaturen oder mechanische Eingriffe vorzunehmen. Weiterhin kann eine gleichbleibende Qualität des riemengetriebenen Startergenerators gewährleistet werden. Insbesondere wird gewährleistet, dass in einem Boost-Rekuperations-Modus exakt ein gewünschtes Drehmoment von der Brennkraftmaschine auf den riemengetriebenen Startergenerator übertragen wird, um Energie in einer Batterie zu speichern, und dass nicht ungewollt zu viel Drehmoment übertragen wird, was zu unerwünschten Leistungseinbußen der Brennkraftmaschine führen kann. Analog kann gewährleistet werden, dass bei Unterstützung der Brennkraftmaschine durch die elektrische Maschine ein gewünschtes Drehmoment von dem riemengetriebenen Startergenerator auf die Brennkraftmaschine übertragen wird. Insbesondere wird somit verhindert, dass es zu einer Beeinträchtigung des Fahrgefühls durch ungewollte Drehmomentsprünge kommt.

Beispielsweise wenn die Brennkraftmaschine als ein Dieselmotor ausgebildet ist, kann der riemengetriebene Startergenerator zum verbesserten Freibrennen eines NO_x -Speicherkatalysators verwendet werden. Der Betriebspunkt des Dieselmotors kann dabei zu höheren Lasten verschoben werden. Überschüssige Leistung kann durch den riemengetriebene Startergenerator rekupiert und in der Batterie zwischengespeichert werden. Die gespeicherte Energie kann bei Bedarf durch "Boosten" wieder in motorisches Moment umgewandelt werden. Durch derartige dynamische Drehmomentunterstützung kann eine innermotorische Reduktion der NO_x -Emissionen erzielt werden. Durch das Verfahren kann gewährleistet werden, dass durch hohe Drehmomentgenauigkeit der entsprechende gewünschte Effekt erzielt wird.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführung wird die Drehzahl selbst bzw. ein Drehzahlverlauf als Drehzahlgröße bestimmt. Prinzipbedingte, zyklische Schwingungen des Drehzahlverlaufs einer Brennkraftmaschine können durch geeignete Filter berücksichtigt werden, damit die Drehzahl im Sinne des Verfahrens richtig gedeutet wird. Es können jedoch auch andere Größen als Drehzahlgröße bestimmt werden, beispielsweise das Drehmoment oder eine Schwingungsfrequenz der Brennkraftmaschine bzw. deren Verläufe. Die Drehzahl wird zumeist ohnehin im Zuge des regulären Betriebs der Brennkraftmaschine bestimmt, wodurch keine zusätzlichen Sensoren oder Rechenoperationen notwendig sind. Als Drehzahlgröße kann weiterhin eine Steigung der Drehzahl bestimmt werden.

Vorzugsweise wird im Zuge des Vergleiches zwischen bestimmter Drehzahlgröße und Referenzgröße überprüft, ob die Drehzahl während des Test-Zeitintervalls gemäß einem theoretischen Referenzverlauf abfällt. Wenn dies nicht der Fall ist, wird vorzugsweise auf eine nicht ausreichende Drehmomentgenauigkeit rückgeschlossen. Anhand Drehzahlgröße wird vorzugsweise überprüft, ob die Drehzahl während des Test-Zeitintervalls gemäß einem theoretisch erwarteten Referenz-Drehzahlverlauf abfällt. Sinkt die Drehzahl während des Test-Zeitintervalls nicht gemäß diesem Referenz-Drehzahlverlauf, sondern schneller oder langsamer, wird rückgeschlossen, dass das tatsächlich von dem riemengetriebenen Startergenerator übertragene Drehmoment nicht mit dem vorgegebenen

nen Test-Drehmoment übereinstimmt und dass die Drehmomentgenauigkeit nicht ausreichend ist.

5 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird eine statistische Auswertung einer Vielzahl von bestimmten Drehzahlgrößen durchgeführt, die insbesondere über einen bestimmten Zeitraum gesammelt wird. Insbesondere wird bei einer Vielzahl von Auslaufvorgängen der Brennkraftmaschine jeweils ein Wert für die Drehzahlgröße bestimmt. Diese unterschiedlichen Werte für die Drehzahlgröße werden beispielsweise jeweils in einem Speicherbereich eines Steuergeräts hinterlegt. Beispielsweise kann ein Mittelwert dieser einzelnen Werte der Drehzahlgröße bestimmt und ausgewertet werden. Somit können kurzzeitige Schwankungen in der Drehmomentgenauigkeit, beispielsweise aufgrund von schwankender Motortemperatur, ausgemittelt werden und nur eine langzeitige Veränderung der Drehmomentgenauigkeit kann berücksichtigt werden. Auf diese Weise kann insbesondere auf Alterungs- bzw. Verschleißerscheinungen des Riemens geschlossen werden, wie z.B. Längung oder Verschleiß des Riemens. Vorzugsweise wird eine Zeitreihenanalyse der Vielzahl von bestimmten Drehzahlgrößen durchgeführt. Durch die Zeitreihenanalyse kann insbesondere ein Trend bzw. eine Trendlinie der Drehzahlgröße bestimmt werden.

20 Vorteilhafterweise wird das Ergebnis der Auswertung der Drehzahlgröße bzw. die ausgewertete Drehzahlgröße mit Hilfe statistischer Funktionen auf Plausibilität geprüft. Unplausible Messwerte, welche beispielsweise durch nicht beeinflussbare Randbedingungen, wie etwa Temperaturschwankungen, entstehende können, können somit erkannt und aussortiert bzw. ignoriert werden.

25 Eine erfindungsgemäße Recheneinheit, z.B. ein Steuergerät eines Kraftfahrzeugs, ist, insbesondere programmtechnisch, dazu eingerichtet, ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen.

30 Auch die Implementierung des Verfahrens in Form eines Computerprogramms ist vorteilhaft, da dies besonders geringe Kosten verursacht, insbesondere wenn ein ausführendes Steuergerät noch für weitere Aufgaben genutzt wird und daher ohnehin vorhanden ist. Geeignete Datenträger zur Bereitstellung des Computerpro-

- 8 -

gramms sind insbesondere magnetische, optische und elektrische Speicher, wie z.B. Festplatten, Flash-Speicher, EEPROMs, DVDs u.a.m. Auch ein Download eines Programms über Computernetze (Internet, Intranet usw.) ist möglich.

5 Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung
10 beschrieben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

15 Figur 1 zeigt schematisch einen Riementrieb eines Kraftfahrzeugs mit Brennkraftmaschine und riemengetriebenem Startergenerator, der dazu eingerichtet ist, eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen.

20 Figur 2 zeigt schematisch eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens als Blockdiagramm.

25 Figur 3 zeigt schematisch Diagramme einer Drehzahl einer Brennkraftmaschine, aufgetragen gegen die Zeit, die im Zuge einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens bestimmt werden können.

Ausführungsform(en) der Erfindung

30 In Figur 1 ist ein Riementrieb eines Kraftfahrzeugs schematisch dargestellt und mit 100 bezeichnet. Eine Brennkraftmaschine 110 des Kraftfahrzeugs weist eine Kurbelwelle auf, die drehfest mit einem Kurbelwellen-Antriebsrad 150 verbunden ist. Das Kurbelwellen-Antriebsrad 150 ist beispielsweise als Riemenscheibe ausgebildet.

Über einen Riemen 120, beispielsweise über einen Keilrippenriemen, ist die Brennkraftmaschine 110 mit einem riemengetriebenen Startergenerator 130 Drehmoment übertragend verbunden. Der Riemen 120 greift insbesondere kraft- und/oder formschlüssig in das Kurbelwellen-Antriebsrad 150 und in ein Antriebsrad 131 des Startergenerators 130 ein. Das Antriebsrad 131 ist drehfest mit einem Rotor des Startergenerators 130 verbunden. Die Brennkraftmaschine 110 kann über den Riemen 120 mit weiteren Komponenten 160, wie Ventilatoren oder Kühlmittelpumpen, verbunden sein. Weiterhin kann ein Riemenspanner 140 vorgesehen sein, um den Riemen 120 vorzuspannen.

Ein Steuergerät 170 ist zur Steuerung der Brennkraftmaschine 110 und des Startergenerators 130 eingerichtet. Das Steuergerät 170 ist insbesondere dazu eingerichtet, eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen, welche in Figur 2 schematisch als ein Blockdiagramm dargestellt ist.

Das Kraftfahrzeug wird dabei regulär beispielsweise im Straßenverkehr betrieben. In Schritt 201 wird die Brennkraftmaschine 110 beispielsweise im Zuge eines Start/Stopp-Betriebs deaktiviert, etwa weil das Kraftfahrzeug an einer roten Ampel zum Stillstand kommt. Die Brennkraftmaschine 110 läuft daraufhin aus, die Drehzahl sinkt bis zum Stillstand der Brennkraftmaschine 110 ab.

In Schritt 202 wird von dem Steuergerät 170 ein Test-Drehmoment von beispielsweise 1 Nm vorgegeben. Das Steuergerät 170 steuert den Startergenerator 130 an, damit dieser während eines vorgegebenen Test-Zeitintervalls von beispielsweise 100 ms das vorgegebene Test-Drehmoment über den Riemen 120 auf die Brennkraftmaschine überträgt.

Es ist insbesondere bekannt, wie die Drehzahl der Brennkraftmaschine 110 nach dem Deaktivieren theoretisch abfallen sollte. Ebenso ist bekannt, wie die Drehzahl in Abhängigkeit von dem aufgeprägten Test-Drehmoment während des Test-Zeitintervalls theoretisch abfallen sollte. Somit ist ein während des Test-Zeitintervalls theoretisch erwarteter Referenz-Drehzahlverlauf bekannt.

Wenn das tatsächlich von dem Startergenerator 130 auf die Brennkraftmaschine 110 übertragene Drehmoment dem vorgegebenen Test-Drehmoment entspricht, sollte die Drehzahl während des Test-Zeitintervalls gemäß dem Referenz-Drehzahlverlauf absinken. Weichen tatsächlich übertragenes Drehmoment (Ist-Drehmoment) und vorgegebenes Test-Drehmoment (Soll-Drehmoment) voneinander ab, beispielsweise aufgrund von Alterungs- bzw. Verschleißerscheinungen oder Material- und Fertigungstoleranzen, sinkt die Drehzahl während des Test-Zeitintervalls schneller oder langsamer als der Referenz-Drehzahlverlauf.

In Schritt 203 wird daher während des Test-Zeitintervalls die Drehzahl der Brennkraftmaschine 110 als Drehzahlgröße bestimmt. In Schritt 204 wird die bestimmte Drehzahl ausgewertet und mit dem Referenz-Drehzahlverlauf als Referenzgröße verglichen. Dabei wird insbesondere überprüft, ob die Drehzahl während des Test-Zeitintervalls gemäß dem Referenz-Drehzahlverlauf absinkt oder nicht. Daraus wird auf eine Drehmomentgenauigkeit des vom Startergenerator 130 auf die Brennkraftmaschine 110 übertragenen Drehmoments rückgeschlossen.

Sinkt die Drehzahl während des Test-Zeitintervalls gemäß dem Referenz-Drehzahlverlauf, wird in Schritt 205 rückgeschlossen, dass die Drehmomentgenauigkeit ausreichend hoch ist. Sinkt die Drehzahl während des Test-Zeitintervalls nicht gemäß dem Referenz-Drehzahlverlauf, weichen tatsächlich übertragenes Drehmoment und vorgegebenes Test-Drehmoment voneinander ab. In diesem Fall wird in Schritt 206 rückgeschlossen, dass die Drehmomentgenauigkeit nicht ausreichend hoch ist. In diesem Fall wird in Schritt 207 eine Korrektur des vom Startergenerator 130 übertragenen Drehmoments durchgeführt. Dabei wird in Schritt 207 das vorgegebene Test-Drehmoment während weiterer Test-Zeitintervalle von jeweils 100 ms während desselben und/oder insbesondere während anderer späterer Auslaufvorgänge so lange verändert, bis die Drehzahl während eines dieser Test-Zeitintervalle gemäß dem Referenz-Drehzahlverlauf sinkt und die Drehmomentgenauigkeit somit ausreichend hoch ist.

Weiterhin kann ein Korrekturfaktor bestimmt werden, der angibt, wie stark das tatsächlich übertragene Drehmoment von dem vorgegebenen Test-Drehmoment abweicht. Beispielsweise wird als Korrekturfaktor ein Quotient aus demjenigen Test-Drehmoment bestimmt, bei welchem die Drehzahl während des entsprechenden Test-Zeitintervalls gemäß dem Referenz-Drehzahlverlauf abfällt, dividiert durch das Test-Drehmoment, welches gemäß Schritt 202 vorgegeben wurde. Dieser Korrekturfaktor wird in Zukunft bei der Ansteuerung des Startergenerators 130 berücksichtigt.

Das Verfahren wird insbesondere abgebrochen, wenn sich in den Schritten 201 bis 204 die Drehzahl aufgrund einer Fahreranforderung (z.B. Re-Start) wieder erhöht. In allen Fällen, sowohl bei Abbruch als auch bei ausreichender bzw. nicht ausreichender Drehmomentgenauigkeit, wird das Verfahren zum Ermitteln der Drehmomentgenauigkeit wiederholt, sobald sich die Brennkraftmaschine 110 erneut im Auslauf befindet, angedeutet durch Bezugszeichen 208. Die in dem jeweiligen Schritt 203 bestimmte und ausgewertete Drehzahl kann in einem Speicherbereich des Steuergeräts 170 hinterlegt und für eine Zeitreihenanalyse verwendet werden. Durch nicht beeinflussbare Randbedingungen entstehende unplausible Messwerte können so mit Hilfe statistischer Funktionen erkannt und ignoriert werden.

In Figur 3 sind Diagramme der Drehzahl N der Brennkraftmaschine 110, aufgetragen gegen die Zeit t , schematisch dargestellt, welche im Zuge einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bestimmt werden können.

In den in Figur 3 dargestellten Diagrammen wird die Brennkraftmaschine 110 zu einem Zeitpunkt t_1 gemäß Schritt 201 deaktiviert. Vor dem Zeitpunkt t_1 wird die Brennkraftmaschine 110 beispielsweise im Leerlauf bei einer Leerlaufdrehzahl N_0 von z.B. 700 U/min betrieben. Nach Deaktivieren der Brennkraftmaschine 110 läuft diese aus und die Drehzahl sinkt bis auf null gemäß der in Figur 3a gezeigten Kurve 310.

Wird zwischen dem Zeitpunkt t_1 und dem Zeitpunkt t_2 während des Test-Zeitintervalls Δt von 100 ms das Test-Drehmoment von 1 Nm aufgeprägt, ändert sich der Drehzahlverlauf und die Drehzahl sinkt während des Test-Zeitintervalls Δt von der Leerlaufdrehzahl N_0 gemäß der in Figur 3a dargestellten Kurve 320.

5

Kurve 320 entspricht in diesem Beispiel dem Fall, dass tatsächlich übertragenes Drehmoment und vorgegebenes Test-Drehmoment übereinstimmen und dass die Drehmomentgenauigkeit ausreichend hoch ist, analog zu Schritt 206. Die Kurve 320 zwischen dem Zeitpunkt t_1 und dem Zeitpunkt t_2 während des Test-Zeitintervalls Δt stellt somit die Referenz-Drehzahlkurve dar.

10

In Figur 3b ist die Kurve 320 analog zu Figur 3a schematisch dargestellt. Analog zu Figur 3a wird zwischen dem Zeitpunkt t_1 und dem Zeitpunkt t_2 während des Test-Zeitintervalls Δt von 100 ms das Test-Drehmoment von 1 Nm aufgeprägt.

15

Kurve 331 in Figur 3b entspricht beispielsweise dem Fall, dass das tatsächlich übertragene Drehmoment größer als das vorgegebene Test-Drehmoment ist, analog zu Schritt 206. Die Drehmomentgenauigkeit ist somit nicht ausreichend. Die Drehzahl N sinkt gemäß Kurve 331 während des Test-Zeitintervalls Δt weniger steil als im Fall des Referenz-Drehzahlverlaufs gemäß Kurve 320.

20

Kurve 332 in Figur 3b entspricht beispielsweise dem Fall, dass das tatsächlich übertragene Drehmoment kleiner als das vorgegebene Test-Drehmoment ist, analog zu Schritt 206. Die Drehmomentgenauigkeit ist dabei ebenfalls nicht ausreichend. Die Drehzahl N sinkt gemäß Kurve 332 während des Test-Zeitintervalls Δt steiler als im Fall des Referenz-Drehzahlverlaufs gemäß Kurve 320.

25

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln einer Drehmomentgenauigkeit eines von einem riemengetriebenen Startergenerator (130) einer Brennkraftmaschine (110) auf die Brennkraftmaschine (110) übertragenen Drehmoments,
 - 10 - wobei bei einem Auslaufen der Brennkraftmaschine (110) von dem riemengetriebenen Startergenerator (130) während eines vorgegebenen Test-Zeitintervalls (Δt) ein vorgegebenes Test-Drehmoment auf die Brennkraftmaschine (110) übertragen wird (202),
 - 15 - wobei während des Test-Zeitintervalls (Δt) eine Drehzahlgröße, welche von einer Drehzahl (N) der Brennkraftmaschine (110) abhängt, bestimmt (203) und mit einer Referenzgröße (320) verglichen wird (204) und
 - wobei aus diesem Vergleich auf die Drehmomentgenauigkeit rückgeschlossen wird (205, 206).
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei, wenn auf eine nicht ausreichende Drehmomentgenauigkeit rückgeschlossen wird (206), eine Korrektur des von dem riemengetriebenen Startergenerator (130) übertragenen Drehmoments durchgeführt wird (207).
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei im Zuge des Vergleiches zwischen bestimmter Drehzahlgröße und Referenzgröße überprüft wird, ob die Drehzahl (N) der Brennkraftmaschine (110) während des Test-Zeitintervalls (Δt) gemäß einem theoretischen Referenzverlauf (320) abfällt.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei, wenn die Drehzahl (N) der Brennkraftmaschine (110) während des Test-Zeitintervalls (Δt) nicht gemäß dem theoretischen Referenzverlauf (320) abfällt, auf eine nicht ausreichende Drehmomentgenauigkeit rückgeschlossen wird (206).

- 14 -

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine statistische Auswertung einer Vielzahl von bestimmten Drehzahlgrößen durchgeführt wird.
- 5 6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei eine Zeitreihenanalyse der Vielzahl von bestimmten Drehzahlgrößen durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die ausgewertete Drehzahlgröße mit Hilfe statistischer Funktionen auf Plausibilität geprüft wird.
- 10 8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Drehzahl (N) der Brennkraftmaschine (110) als Drehzahlgröße bestimmt (203) und ausgewertet wird (204).
- 15 9. Recheneinheit (170), die dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche durchzuführen.
10. Computerprogramm, das eine Recheneinheit (170) dazu veranlasst, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen, wenn es auf der
- 20 Recheneinheit (170) ausgeführt wird.
11. Maschinenlesbares Speichermedium mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm nach Anspruch 9.

1 / 2

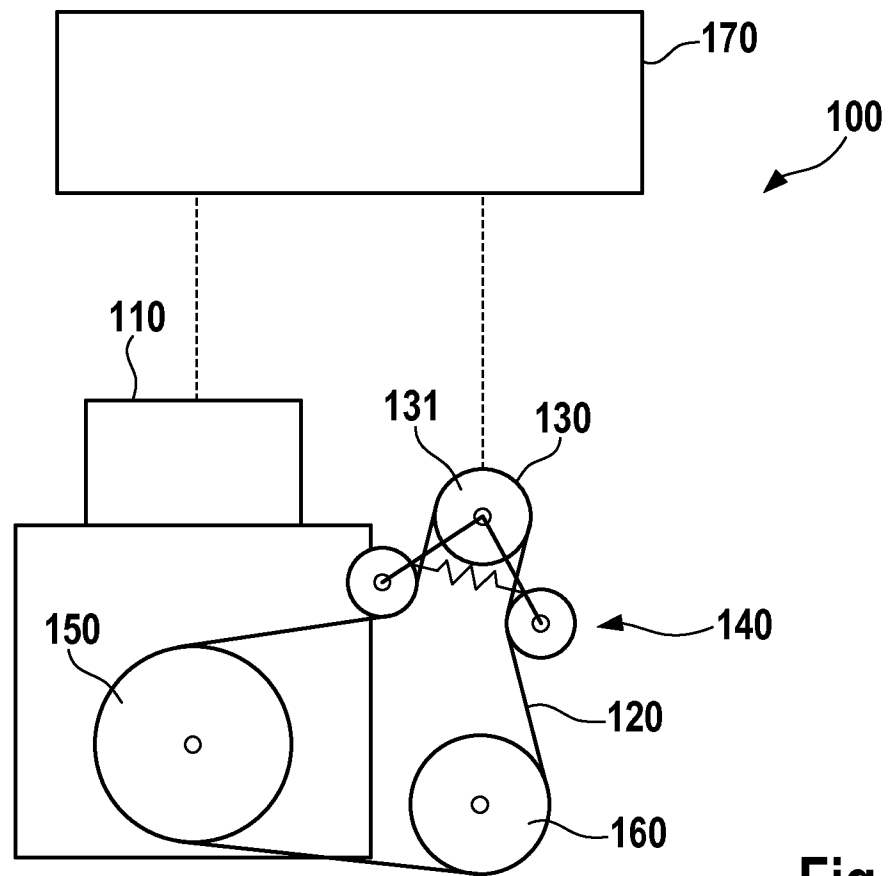


Fig. 1

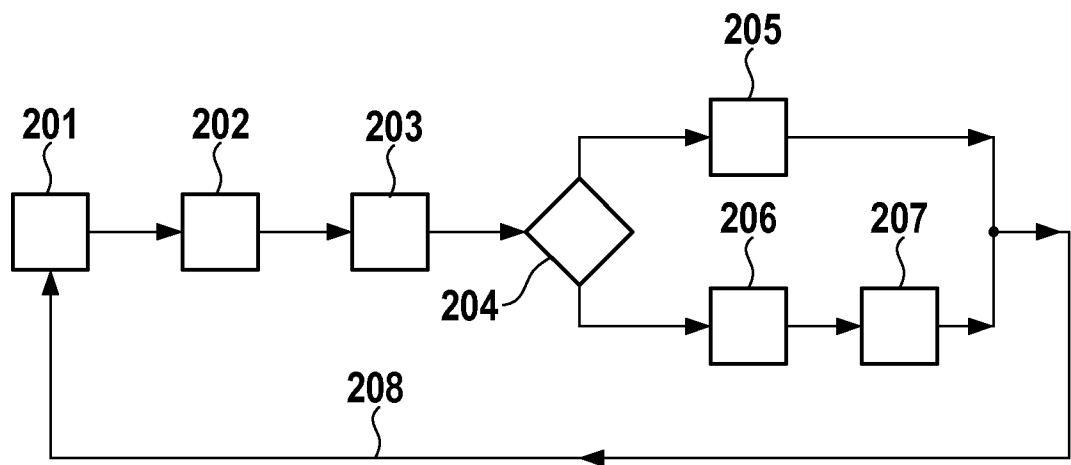


Fig. 2

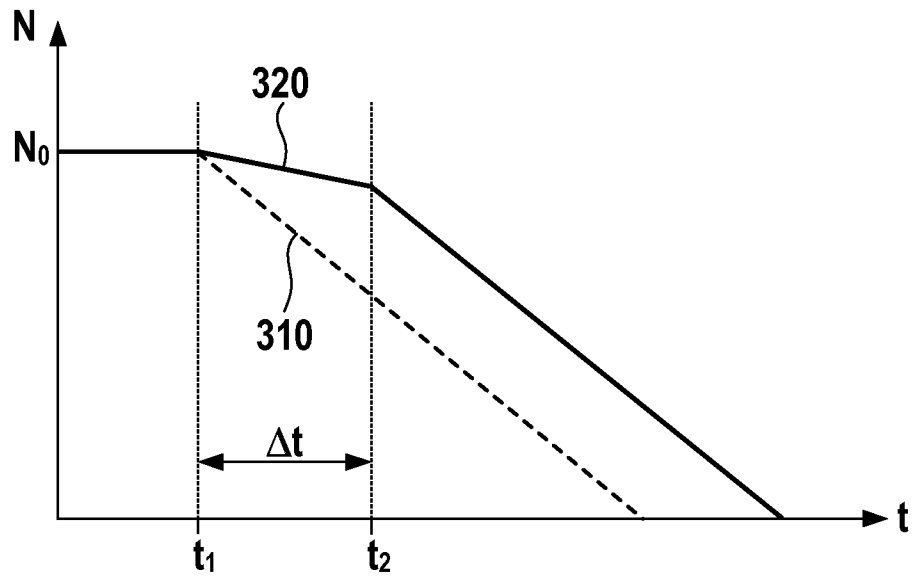


Fig. 3a

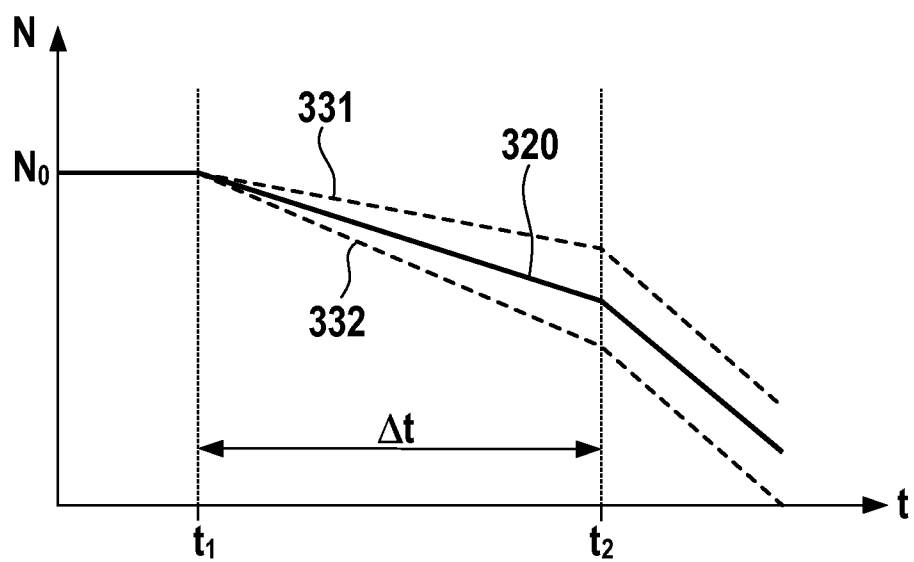


Fig. 3b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/063686

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F02D41/04 B60W10/06 B60W10/08 ADD. F02N11/04		
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) F02D B60W F02N		
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	US 2013/297112 A1 (GIBSON ALEX O'CONNOR [US] ET AL) 7 November 2013 (2013-11-07) paragraphs [0073] - [0082]; figure 5 paragraphs [0083] - [0089]; figure 7 -----	1-11
X	WO 2004/018246 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; JUENEMANN THORSTEN [DE]; FOELSCH VOLKMAR [DE]) 4 March 2004 (2004-03-04) abstract page 9, line 4 - page 12, line 26; figure 2 claims 4-9 ----- -/-	1-11
☒ 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 13 September 2016		Date of mailing of the international search report 22/09/2016
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 Spicq, Alexandre

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/063686

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 768 666 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 26 March 1999 (1999-03-26) page 28, line 37 - page 31, line 13; figure 9 page 32, line 17 - page 33, line 32 page 38, line 17 - page 39, line 20; figure 18 -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/063686

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013297112 A1	07-11-2013	US 2013297112 A1	07-11-2013
		US 2014200794 A1	17-07-2014

WO 2004018246 A1	04-03-2004	NONE	

FR 2768666 A1	26-03-1999	DE 19843925 A1	15-04-1999
		FR 2768666 A1	26-03-1999
		JP 3292113 B2	17-06-2002
		JP H1193727 A	06-04-1999
		US 6161640 A	19-12-2000

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02D41/04 B60W10/06 B60W10/08
 ADD. F02N11/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F02D B60W F02N

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	US 2013/297112 A1 (GIBSON ALEX O'CONNOR [US] ET AL) 7. November 2013 (2013-11-07) Absätze [0073] - [0082]; Abbildung 5 Absätze [0083] - [0089]; Abbildung 7 -----	1-11
X	WO 2004/018246 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; JUEDEMANN THORSTEN [DE]; FOELSCH VOLKMAR [DE]) 4. März 2004 (2004-03-04) Zusammenfassung Seite 9, Zeile 4 - Seite 12, Zeile 26; Abbildung 2 Ansprüche 4-9 ----- -/-	1-11



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

13. September 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/09/2016

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

Spicq, Alexandre

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	FR 2 768 666 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 26. März 1999 (1999-03-26) Seite 28, Zeile 37 - Seite 31, Zeile 13; Abbildung 9 Seite 32, Zeile 17 - Seite 33, Zeile 32 Seite 38, Zeile 17 - Seite 39, Zeile 20; Abbildung 18 -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/063686

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2013297112	A1	07-11-2013	US	2013297112 A1	07-11-2013
			US	2014200794 A1	17-07-2014

WO 2004018246	A1	04-03-2004	KEINE		

FR 2768666	A1	26-03-1999	DE	19843925 A1	15-04-1999
			FR	2768666 A1	26-03-1999
			JP	3292113 B2	17-06-2002
			JP	H1193727 A	06-04-1999
			US	6161640 A	19-12-2000
