

(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
15. Februar 2007 (15.02.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/017043 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60K 6/04 (2006.01) **H02P 3/14** (2006.01)

B60L 11/12 (2006.01)

MI 48336 (US). **HENTSCHEL, Frank** [DE/DE]; Alte Dorfstrasse 58, 73773 Aichwald (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/006943

(74) **Anwälte: KOCHER, Klaus-Peter** usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM - C106, 70546 Stuttgart (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Juli 2006 (15.07.2006)

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

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 037 713.0 10. August 2005 (10.08.2005) DE

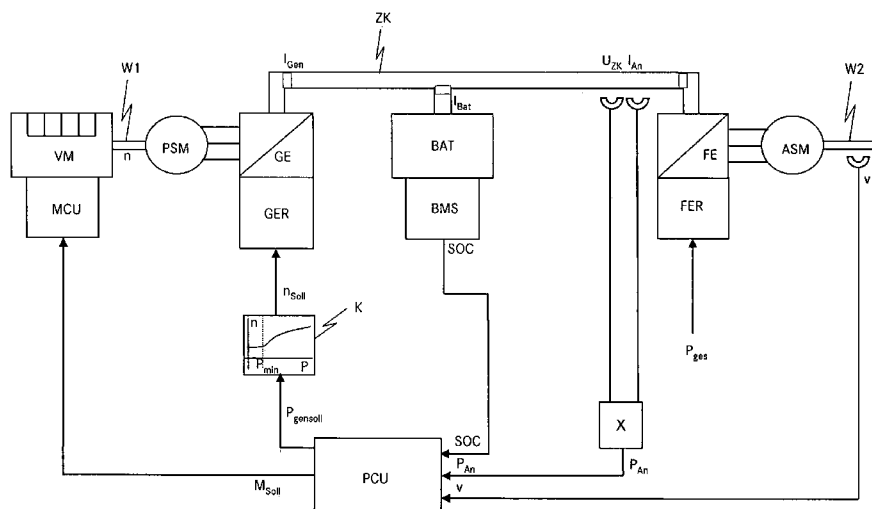
(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DAIMLERCHRYSLER AG** [DE/DE]; Epplestrasse 225, 70567 Stuttgart (DE).

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** DRIVE TRAIN FOR A MOTOR VEHICLE AND METHOD FOR OPERATING A DRIVE TRAIN

(54) **Bezeichnung:** ANTRIEBSSTRANG FÜR EIN KRAFTFAHRZEUG SOWIE VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES ANTRIEBSSTRANGES



(57) **Abstract:** The invention relates to a drive train for a motor vehicle with a serial hybrid drive. The invention also relates to a method for operating a drive train of a motor vehicle with a serial hybrid drive. In order to increase the driving performance and/or reduce consumption, in a drive train with: an internal combustion engine (VM), whose output shaft (W1) is connected to a first electrical machine (PSM) in a rotationally fixed manner; a second electrical machine (ASM), which is mechanically connected to a driven wheel; an electrical energy accumulator (BAT), to which electrical energy can be supplied by the first and second electrical machine (PSM, ASM) and which can supply electrical energy to the first and the second electrical machine (PSM, ASM), and; a control unit (PCU) for distributing power between the electrical energy accumulator (P_{Bat}) and the first electrical machine (P_{Genset}), the rotational speed (n) of the first electrical machine (PSM) and the power of the internal combustion engine (P_{Genset}) are controlled.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/017043 A1



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Antriebsstrang für ein Kraftfahrzeug mit seriellem Hybridantrieb. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Antriebsstranges eines Kraftfahrzeuges mit seriellem Hybridantrieb. Zur Erhöhung der Fahrleistung und/oder einer Reduzierung des Verbrauchs werden bei einem Antriebsstrang mit einem Verbrennungsmotor (VM), dessen Abtriebswelle (WI) drehfest mit einer ersten Elektromaschine (PSM) verbunden ist, einer zweiten Elektromaschine (ASM), die mit einem angetriebenen Rad mechanisch verbunden ist, einem elektrischen Energiespeicher (BAT), dem von der ersten und zweiten Elektromaschine (PSM, ASM) elektrische Energie zugeführt werden kann und der der ersten und zweiten Elektromaschine (PSM, ASM) elektrische Energie zuführen kann, und einer Steuereinheit (PCU) zur Leistungsverteilung zwischen dem elektrischen Energiespeicher (P_{Bat}) und der ersten Elektromaschine (P_{Gensoll}) die Drehzahl (n) der ersten Elektromaschine (PSM) und die Leistung des Verbrennungsmotors (P_{Gensoll}) geregelt.

Antriebsstrang für ein Kraftfahrzeug sowie Verfahren zum
Betreiben eines Antriebsstranges

Die Erfindung betrifft einen Antriebsstrang für ein Kraftfahrzeug mit seriellem Hybridantrieb. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Antriebsstranges eines Kraftfahrzeuges mit seriellem Hybridantrieb.

Es sind Kraftfahrzeuge mit einem so genannten seriellen Hybridantrieb bekannt. Bei diesen Kraftfahrzeugen wird im Normalbetrieb eine erste Elektromaschine generatorisch von einem Verbrennungsmotor angetrieben und liefert dabei elektrische Energie an einen elektrischen Energiespeicher, beispielsweise eine Traktionsbatterie. Gespeist von dem elektrischen Energiespeicher treibt eine zweite Elektromaschine das Kraftfahrzeug über mindestens ein angetriebenes Rad an. Ebenso kann die zweite Elektromaschine als Generator im Bremsbetrieb oder im Schubbetrieb elektrische Energie an den Energiespeicher liefern.

Aus der Offenlegungsschrift DE 41 33 014 A1 ist ein Kraftfahrzeug mit seriellem Hybridantrieb bekannt, bei dem aufgrund einer erhöhten Leistungsanforderung des Fahrers die Drehzahl des Verbrennungsmotors durch eine vergrößerte Drosselklappenöffnung erhöht wird. Zudem wird vorgeschlagen, zur Erhöhung der Verbrennungsmotordrehzahl die generatorisch betriebene erste Elektromaschine von der zweiten motorisch

betriebenen Elektromaschine elektrisch ganz oder teilweise zu entkoppeln.

Eine Drehzahlregelung des Verbrennungsmotors über die Treibstoffzufuhr ist, insbesondere bei Fahrzyklen mit häufigen und schnellen Drehzahländerungen, beispielsweise im Stadtverkehr, nachteilig. Für den dynamischen Betrieb des Verbrennungsmotors sind für schnelle Drehzahlerhöhungen hohe Einspritzmengen auch bei niedrigen Drehzahlen erforderlich, die trotz relativ geringer Dynamik zu hohen Schadstoffkonzentrationen im Abgas und einem hohem Verbrauch führen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Antriebsstrang sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Antriebsstranges für ein Kraftfahrzeug vorzuschlagen, bei denen eine hohe Fahrleistung und/oder ein geringer Verbrauch erreicht wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 5 gelöst.

Der erfindungsgemäße Antriebsstrang zeichnet sich dadurch aus, dass er einen Verbrennungsmotor, dessen Abtriebswelle drehfest mit einer ersten Elektromaschine verbunden ist, eine zweite Elektromaschine, die mit einem angetriebenen Rad mechanisch verbunden ist, einen elektrischen Energiespeicher, dem von der ersten und zweiten Elektromaschine elektrische Energie zugeführt werden kann und der der ersten und zweiten Elektromaschine elektrische Energie zuführen kann, wobei der elektrische Energiespeicher über einen Zwischenkreis mit einem ersten Umrichter, der mit der ersten Elektromaschine elektrisch verbunden ist, und einem zweiten Umrichter, der mit der zweiten Elektromaschine elektrisch verbunden ist,

elektrisch verbunden ist, und eine Steuereinheit zur Leistungsverteilung zwischen dem elektrischen Energiespeicher und der ersten Elektromaschine umfasst, wobei der erste Umrichter über eine Steuerleitung mit einem Drehzahlregler verbunden ist.

Vorteilhaft kann hierdurch die erste Elektromaschine hochdynamisch drehzahl geregelt betrieben werden, was eine schnelle Einstellung der Drehzahl ohne Mithilfe des Verbrennungsmotors ermöglicht. Durch die Drehzahlregelung der ersten Elektromaschine ist auch eine sichere Drehzahlbegrenzung des Verbrennungsmotors im Schleppbetrieb möglich.

Wird bei einem Antriebsstrang an Stelle eines Wechselrichters ein nicht rückspeisefähiger Gleichrichter verwendet, so kann der Verbrennungsmotor nicht durch die erste Elektromaschine gestartet werden. Deshalb ist es, wie bei einem konventionellen Antrieb, erforderlich, den Verbrennungsmotor auch im Leerlauf zu betreiben, wenn keine Energie angefordert wird. Ein Start-Stopp-Betrieb kann also nicht durchgeführt werden.

Bei der vorliegenden Erfindung kann ein Start-Stopp-Betrieb vorteilhaft auf einfache Weise ohne Strukturumschaltung in der Regelung allein durch die Vorgabe einer geeigneten Drehzahlführungsgröße der ersten Elektromaschine durchgeführt werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines Antriebsstranges mit einem Verbrennungsmotor, dessen Abtriebswelle drehfest mit einer ersten Elektromaschine verbunden ist, einer zweiten Elektromaschine, die mit einem angetriebenen Rad mechanisch verbunden ist, einem elektrischen Energiespeicher, dem von der ersten und zweiten

Elektromaschine elektrische Energie zugeführt werden kann und der der ersten und zweiten Elektromaschine elektrische Energie zuführen kann, und einer Steuereinheit zur Leistungsverteilung zwischen dem elektrischen Energiespeicher und der ersten Elektromaschine, werden die Drehzahl der ersten Elektromaschine und die Leistung des Verbrennungsmotors geregelt.

Die Leistungs- bzw. Drehmomentvorgabe des Verbrennungsmotors erfolgt direkt über die Treibstoffmenge unter Vermeidung transienter (überfetteter) Zustände, ohne hohe Abgas- und Verbrauchswerte beim Hochlauf. Sie bestimmt auch das stationäre Leistungsmanagement und damit die Ladung bzw. Entladung des Energiespeichers. Der vorteilhafte stationäre Betrieb des Verbrennungsmotors am Bestpunkt bzw. auf der Bestlinie kann direkt durch Vorgabe der Drehzahl mittels der ersten Elektromaschine und der zugehörigen Einspritzmenge, die entweder kennliniengesteuert oder zur Erhöhung der Genauigkeit auch über eine überlagerte Leistungs- oder Drehmomentregelung erfolgt, vorgegeben werden. Im Zweipunktbetrieb wird der Verbrennungsmotor entweder im Bestpunkt mit höchstem Wirkungsgrad oder im Stillstand betrieben, wohingegen beim bedarfsgerechten Betrieb neben einem guten Wirkungsgrad auch eine geringe Belastung des Energiespeichers erreicht wird.

Ein Wechsel zwischen den beiden Betriebsarten erfolgt bevorzugt auf Basis einer Optimierung der Gesamtverluste von Energiespeicher und Verbrennungsmotor/erster Elektromaschine unter Berücksichtigung des im Mittel gewünschten Ladungszustands des Energiespeichers.

Im Rekuperationsbetrieb, bei dem die kinetische und/oder potentielle Energie des Fahrzeuges in das elektrische System

rückgespeist wird, kann der Verbrennungsmotor ohne Einspritzung im Schleppbetrieb durch die Drehzahlregelung der ersten Elektromaschine auf die aufzunehmende Leistung bevorzugt so eingestellt werden, dass die Belastung des elektrischen Energiespeichers mit Ladestrom gezielt innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt.

In einer Weiterbildung wird der Drehzahlregelung der ersten Elektromaschine eine Spannungsbegrenzungsregelung bzw. eine Ladestrombegrenzungsregelung vorgeschaltet. Hierdurch können die Grenzwerte des elektrischen Energiespeichers mit ausreichender Schnelligkeit eingehalten werden und die mechanische Reibbremse kann geschont werden, da sie erst dann zum Einsatz kommt, wenn ein Leistungsgleichgewicht dauerhaft nicht mehr aufrecht zu erhalten ist.

Weitere Vorteile der Erfindung gehen aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor. Konkrete Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Antriebsstranges,
- Fig. 2 ein Diagramm zur Leistungsverteilung im Zweipunktbetrieb des Verbrennungsmotors,
- Fig. 3 ein Diagramm zur Leistungsverteilung im bedarfsgerechten Betrieb des Verbrennungsmotors, und
- Fig. 4 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Regelung der mit dem Verbrennungsmotor verbundenen Elektromaschine.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für einen erfindungsgemäßen Antriebsstrang für ein Kraftfahrzeug. Hierbei ist der Verbrennungsmotor VM über eine Abtriebswelle W1 drehfest mit

einer ersten Elektromaschine PSM, vorzugsweise eine permanenterregte Synchronmaschine, verbunden. Eine zweite Elektromaschine ASM, vorzugsweise eine Asynchronmaschine, ist über eine Welle W2 zumindest indirekt mit einem nicht dargestellten angetriebenen Rad verbunden. Vorzugsweise ist die zweite Elektromaschine ASM über die Welle W2 mit einer Eingangswelle eines nicht schaltbaren Untersetzungsgetriebes verbunden. Es ist jedoch auch möglich, die zweite Elektromaschine ASM mechanisch mit einer Getriebeeingangswelle oder Getriebeausgangswelle oder direkt mit einer angetriebenen Achse oder einem Rad zu verbinden. Hierbei ist es auch möglich, einen erfindungsgemäßen Antriebsstrang mit mehreren zweiten Elektromaschinen ASM auszuführen.

Die erste Elektromaschine PSM ist über einen ersten Umrichter GE und die zweite Elektromaschine ASM über einen zweiten Umrichter FE elektrisch mit einem Zwischenkreis ZK verbunden. Ein elektrischer Energiespeicher BAT ist bei einer Ausführung als Batterie vorzugsweise direkt mit dem Zwischenkreis ZK elektrisch verbunden. Tritt eine ladungsabhängige Schwankung der Speicherspannung auf, wie beispielsweise bei einer Ausführung des elektrischen Energiespeichers BAT als Supercap, so kann der elektrische Energiespeicher BAT auch über einen DC-Steller mit dem Zwischenkreis ZK verbunden werden. Die Umrichter GE, FE sind vorzugsweise als Pulsumrichter ausgeführt.

Im Normalbetrieb liefert die erste Elektromaschine PSM, angetrieben durch den Verbrennungsmotor VM, elektrische Energie an die Batterie BAT. Die Batterie BAT wiederum liefert elektrische Energie an die zweite Elektromaschine ASM, die das Fahrzeug antreibt. Ebenso kann die zweite Elektromaschine ASM als Generator im Bremsbetrieb oder im Schubbetrieb elektrische Energie an die Batterie BAT

liefern. Der Umrichter FE der zweiten Elektromaschine ASM wird von einem Regler FER, dem das vom Fahrer, beispielsweise mittels des Fahr- und Bremspedals, geforderte Sollantriebsmoment M_{Asoll} zugeführt wird, gesteuert.

Eine übergeordnete Steuereinheit PCU steuert die Leistungsaufteilung zwischen der Batterie P_{Bat} und der ersten Elektromaschine $P_{Gensoll}$. Vorteilhaft wird eine in Abhängigkeit vom Betriebszustand günstige, d.h. verlustminimierende Aufteilung eingestellt, wobei ein von einem Batteriemanagementsystem BMS ermittelter aktueller Ladungszustand SOC der Batterie BAT in einem geforderten Bereich gehalten wird. Zusätzlich wird die Einhaltung der zulässigen Werte für die Batteriespannung U_{Bat} und den Batteriestrom I_{Bat} berücksichtigt.

Eine Berechnung der Verbrennungsmotorleistung $P_{Gensoll}$ erfolgt in Abhängigkeit von dem durch den Fahrer geforderten Antriebsmoment M_{Asoll} bzw. einer daraus resultierenden Antriebsleistung P_{An} , einer von dem Batteriemanagementsystem BMS ermittelten aktuellen Belastbarkeit der Batterie BAT, die unter anderem vom Ladungszustand SOC abhängig ist, und einer gemessenen Fahrgeschwindigkeit v des Fahrzeuges. Zu dieser Leistung $P_{Gensoll}$ werden entsprechend einem Verbrennungsmotorkennfeld K eine günstige, möglichst optimale Drehzahl n_{soll} des Verbrennungsmotors VM und ein erforderliches Verbrennungsmotormoment M_{soll} ermittelt. Die günstige Drehzahl n_{soll} kann optimal bezüglich des Verbrauchs und/oder optimal bezüglich der Abgasemission gewählt werden. Insbesondere kann, wenn beispielsweise der Ladungszustand SOC der Batterie BAT es erfordert, der Verbrennungsmotor VM auch während des Fahrbetriebs abgeschaltet werden (Start-Stopp-Betrieb). Die Treibstoffzufuhr (Einspritzung) zum

Verbrennungsmotor VM erfolgt entsprechend dem geforderten Drehmoment M_{S011} über die Motorsteuereinheit MCU.

Erfindungsgemäß wird die günstige Drehzahl n_{S011} über einen ersten Drehzahlregler GER der ersten Elektromaschine PSM und die Leistung $P_{Gens011}$ über eine Einspritzvorrichtung am Verbrennungsmotor VM eingestellt. Die Batterieleistung P_{Bat} stellt sich dann entsprechend der Differenz von Antriebsleistung P_{An} , die sich aus dem Produkt einer Zwischenkreisspannung U_{ZK} und eines Stroms I_{An} an der zweiten Elektromaschine ASM ergibt, und der Leistung der ersten Elektromaschine PSM frei ein.

Wird beispielsweise eine Drehzahlerhöhung gewünscht, so wird diese vom ersten Drehzahlregler GER durch einen an der ersten Elektromaschine PSM anliegenden Strom I_{Gen} eingestellt und die Verbrennungsmotorleistung $P_{Gens011}$ durch Einspritzung der entsprechenden Treibstoffmenge geregelt.

Das in Figur 1 gezeigte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Antriebsstranges ist ohne Schutz- und Begrenzungsfunktionen dargestellt. Eine erfindungsgemäße überlagerte Begrenzungsregelung zur Einhaltung der Grenzwerte der Batterie BAT bei der Regelung der ersten Elektromaschine PSM zeigt Figur 4.

Figur 2 und 3 legen verschiedene Funktionsweisen der Leistungsverteilung der Steuereinheit PCU dar.

Bei der in Figur 2 dargestellten Leistungsaufteilung wird der Verbrennungsmotor VM im Zweipunktbetrieb betrieben. In dieser Betriebsart arbeitet der Verbrennungsmotor VM nur im Bestpunkt oder im Stillstand. Dargestellt ist die erforderliche Leistung der ersten Elektromaschine $P_{Gens011}$ in

Abhängigkeit von der vom Fahrer geforderten Leistung P_{An} sowie die resultierende Leistung der Batterie P_{Bat} . Ist die geforderte Leistung P_{An} kleiner als eine definierte Mindestleistung, so wird nur aus der Batterie Leistung P_{Bat} entnommen und die Verbrennungsmotorleistung $P_{Gensoll}$ ist Null, wobei der Verbrennungsmotor VM still steht. Oberhalb der Mindestleistung wird der Verbrennungsmotor VM gestartet und im Bestpunkt betrieben, wobei die anfallende überschüssige Leistung zur Batterieladung genutzt wird. Oberhalb der Bestpunktleistung liefern beide Quellen gemeinsam die Antriebsenergie für die Räder. Bei sehr hoher Leistungsanforderung P_{An} oder bei einem niedrigen Belastbarkeitszustand der Batterie BAT ist auch eine Maximalleistung des Verbrennungsmotors VM vorgesehen.

Bei der in Figur 3 dargestellten Leistungsaufteilung befindet sich der Verbrennungsmotor VM in einem bedarfsgerechten Betrieb. In dieser Betriebsart wird der Verbrennungsmotor VM auf der Bestlinie mit variierender Leistung $P_{Gensoll}$ und Drehzahl n eingesetzt. Auch hier wird der Verbrennungsmotor VM erst oberhalb einer Mindestleistung gestartet. Der Verbrennungsmotor VM liefert dann genau die jeweils im Fahrzeug erforderliche Leistung P_{An} , wodurch eine zusätzliche Ladung oder Entladung der Batterie BAT bei kleiner Antriebsleistung P_{An} vermieden wird. In dieser Betriebsart wird die Batterie BAT im Mittel geringer geladen, aber auch geringer beansprucht. Erst oberhalb der Bestpunktleistung liefern wieder beide Quellen gemeinsam die Energie für den Antrieb. Die Batterie wird in diesem Fall nur im Rekuperationsbetrieb geladen.

Durch einen kontinuierlichen Übergang zwischen beiden Betriebsarten und durch eine geeignete Wahl der Mindest-

leistung kann der Ladungszustand SOC der Batterie BAT im Mittel auf einem gewünschten Wert gehalten werden.

Ein Wechsel zwischen den beiden Betriebsarten erfolgt beispielsweise in Abhängigkeit von einer Verlustminimierungsfunktion. So kann es sinnvoll sein, bei Entlade- und Ladeverlusten der Batterie BAT, die größer sind als die Verluste des Verbrennungsmotors VM im bedarfsgerechten Betrieb, vom Zweipunktbetrieb in den bedarfsgerechten Betrieb zu wechseln.

Eine Einhaltung der Grenzwerte der Batterie BAT ist grundsätzlich allein durch die Funktion der Steuereinheit PCU sicherstellbar. Erfindungsgemäß ist eine besonders schnelle überlagerte Begrenzungsregelung bei der Regelung der ersten Elektromaschine PSM gemäß Figur 4 vorgesehen. Damit können die Grenzwerte des elektrischen Energiespeichers mit ausreichender Schnelligkeit eingehalten werden und die mechanische Reibbremse kann geschont werden.

Der Schutz vor Überspannung beim Laden der Batterie BAT sollte am schnellsten wirken. Dazu wird ein Spannungswert U_{Batist} , der der Zwischenkreisspannung U_{ZK} entspricht, im ersten Drehzahlregler GER gemessen und in einer der Drehzahlregelung der ersten Elektromaschine PSM vorgeschalteten Spannungsbegrenzungsregelung SBR mit einem aktuellen zulässigen Maximalwert der Gleichspannung U_{Batmax} (aus dem Batteriemanagementsystem BMS) verglichen. Zusätzlich ist auch ein Ladestrombegrenzungsregler LBR vorgesehen, der bei zu großem Ladestrom I_{Batist} eingreift, auch wenn die Spannung noch nicht zu hoch ist. Die Werte des aktuellen Ladestroms I_{Batist} sowie eines maximal zulässigen Ladestroms I_{Batmax} werden dem Ladestrombegrenzungsregler LBR von dem Batteriemanagementsystem BMS übermittelt. Beim Auftreten von Batterie-

Überspannung gibt der Spannungsbegrenzungsregler SBR sofort eine um n_{zus} erhöhte Drehzahl der ersten Elektromaschine PSM vor. Eine um n_{zus} erhöhte Drehzahl wird ebenfalls bei einem Batterieüberstrom durch den Ladestrombegrenzungsregler LBR vorgegeben. Durch die dadurch verursachte Beschleunigung des Verbrennungsmotors VM und der ersten Elektromaschine PSM wird dem Zwischenkreis ZK sehr schnell Energie entzogen und übergangsweise in den rotierenden Massen gespeichert, so dass diese Energieentnahme aus dem Zwischenkreis ZK der Überspannung bzw. dem Überstrom entgegenwirkt.

Vom Ausgang des Spannungsbegrenzungsreglers SBR wird gleichzeitig ein Signal D_{ICE} abgeleitet, mit dem, wegen entsprechender Signallaufzeiten über den CAN-Bus leicht verzögert, eine gegebenenfalls noch wirkende Einspritzung des Verbrennungsmotors VM beendet und zusätzlich eine Bremsklappe und/oder eine Konstantdrossel drehzahlabhängig eingeschaltet wird. In dem so aktivierten Schleppbetrieb nimmt der Verbrennungsmotor VM drehzahlabhängig Bremsleistung auf und dissipiert die anfallende Energie. Dadurch wird der Überspannung bzw. dem Überstrom am Zwischenkreis ZK weiter entgegengewirkt.

Wird die aufzunehmende Leistung für den Verbrennungsmotor VM zu groß, so erreicht die erste Elektromaschine PSM eine maximal zulässige Schleppdrehzahl n_{ICEmax} . Die beschriebene Spannungsbegrenzungsregelung SBR über die Drehzahlvorgabe ist somit nicht mehr ausreichend und es wird ein Bremswiderstand zugeschaltet, der die überschüssige Energie in Wärme umwandelt. Die Leistungsvorgabe des Bremswiderstands erfolgt, abgeleitet vom Spannungsbegrenzungsregler SBR, über eine Steuerung eines entsprechenden Stromes I_{Brems} .

Ist auch diese zusätzliche Leistung nicht mehr ausreichend, so wird vom Spannungsbegrenzungsregler SBR ein Abregelungssignal D_{Antr} abgeleitet und an die das Fahrzeug antreibende zweite Elektromaschine ASM abgegeben. Hierdurch wird die elektrisch erzeugbare Bremsleistung begrenzt. Die Differenz zur gewünschten Bremsleistung muss nun über konventionelle Reibbremsen erzeugt werden.

Das vorgenannte Vorgehen bei einer Überspannung gilt analog bei Vorliegen eines Überstroms.

Die günstige Drehzahl n_{soll} , gegebenenfalls erhöht um eine Drehzahl n_{zus} bzw. begrenzt auf die maximal zulässige Schleppdrehzahl n_{ICEmax} , wird mit einer aktuellen Drehzahl n_{ist} verglichen. Hieraus ermittelt der erste Drehzahlregler GER einen drehmomentbildenden an der ersten Elektromaschine PSM anliegenden Strom I_{Gen} . Im motorischen Betrieb wird dieser auf einen maximalen Wert I_{Genmax} begrenzt. Im generatorischen Betrieb hingegen wird er auf einen minimalen Wert I_{Genmin} begrenzt.

Patentansprüche

1. Antriebsstrang für ein Kraftfahrzeug mit einem Verbrennungsmotor (VM), dessen Abtriebswelle (W1) drehfest mit einer ersten Elektromaschine (PSM) verbunden ist,
einer zweiten Elektromaschine (ASM), die mit einem angetriebenen Rad mechanisch verbunden ist,
einem elektrischen Energiespeicher (BAT), dem von der ersten und zweiten Elektromaschine (PSM, ASM) elektrische Energie zugeführt werden kann und der der ersten und zweiten Elektromaschine (PSM, ASM) elektrische Energie zuführen kann,
wobei der elektrische Energiespeicher (BAT) über einen Zwischenkreis (ZK) mit einem ersten Umrichter (GE), der mit der ersten Elektromaschine (PSM) elektrisch verbunden ist, und einem zweiten Umrichter (FE), der mit der zweiten Elektromaschine (ASM) elektrisch verbunden ist, elektrisch verbunden ist, und
einer Steuereinheit (PCU) zur Leistungsverteilung zwischen dem elektrischen Energiespeicher (P_{Bat}) und der ersten Elektromaschine (P_{Gensoll}),
wobei der erste Umrichter (GE) über eine Steuerleitung mit einem ersten Drehzahlregler (GER) verbunden ist.
2. Antriebsstrang nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

der Verbrennungsmotor (VM) mit einer die Verbrennungsmotorleistung (P_{Gensoll}) vorgebenden Motorsteuereinheit (MCU) verbunden ist.

3. Antriebsstrang nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass dem ersten Drehzahlregler (GER) ein Begrenzungsregler (SBR, LBR) vorgeschaltet ist.
4. Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Elektromaschine (ASM) mechanisch mit einer Getriebeeingangswelle verbunden ist.
5. Verfahren zum Betreiben eines Antriebsstranges für ein Kraftfahrzeug mit einem Verbrennungsmotor (VM), dessen Abtriebswelle (W1) drehfest mit einer ersten Elektromaschine (PSM) verbunden ist, einer zweiten Elektromaschine (ASM), die mit einem angetriebenen Rad mechanisch verbunden ist, einem elektrischen Energiespeicher (BAT), dem von der ersten und zweiten Elektromaschine (PSM, ASM) elektrische Energie zugeführt werden kann und der der ersten und zweiten Elektromaschine (PSM, ASM) elektrische Energie zuführen kann, und einer Steuereinheit (PCU) zur Leistungsverteilung zwischen dem elektrischen Energiespeicher (P_{Bat}) und der ersten Elektromaschine (P_{Gensoll}), wobei eine Drehzahl (n) der ersten Elektromaschine (PSM) und die Leistung des Verbrennungsmotors (P_{Gensoll}) geregelt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei einer gewünschten Drehzahländerung des Verbrennungsmotors (VM) die Drehzahl (n) der ersten Elektromaschine (PSM) und die Leistung des Verbrennungsmotors (P_{Gensoll}) geregelt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
 - Bestimmung der erforderlichen Verbrennungsmotorleistung (P_{Gensoll}) in Abhängigkeit von einer geforderten Antriebsleistung (P_{An}), einer Belastbarkeit des elektrischen Energiespeichers (BAT) und einer Fahrgeschwindigkeit (v) des Kraftfahrzeuges,
 - Ermittlung einer günstigen Drehzahl (n_{Soll}) des Verbrennungsmotors (VM) und einer erforderlichen Treibstoffzufuhr, und
 - Einstellung der günstigen Drehzahl (n_{Soll}) durch die von einem ersten Drehzahlregler (GER) geregelte erste Elektromaschine (PSM) und Einstellung der Verbrennungsmotorleistung (P_{Gensoll}) durch Einspritzung der erforderlichen Treibstoffmenge.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verbrennungsmotorleistung (P_{Gensoll}) nahezu stationär vorgegeben wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Verbrennungsmotor (VM) im Zweipunktbetrieb betrieben wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Verbrennungsmotor (VM) im bedarfsgerechten Betrieb
betrieben wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Verbrennungsmotor (VM) wahlweise im Zweipunktbetrieb
oder im bedarfsgerechten Betrieb betrieben wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Drehzahl (n) der ersten Elektromaschine (PSM) durch
einen Begrenzungsregler (SBR, LBR) erhöht wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
nach Erreichen einer maximal zulässigen Schlepp-
drehzahl (n_{ICEmax}) ein Strom (I_{Brem}) eines Bremswiderstand
durch den Begrenzungsregler (SBR, LBR) gesteuert wird.

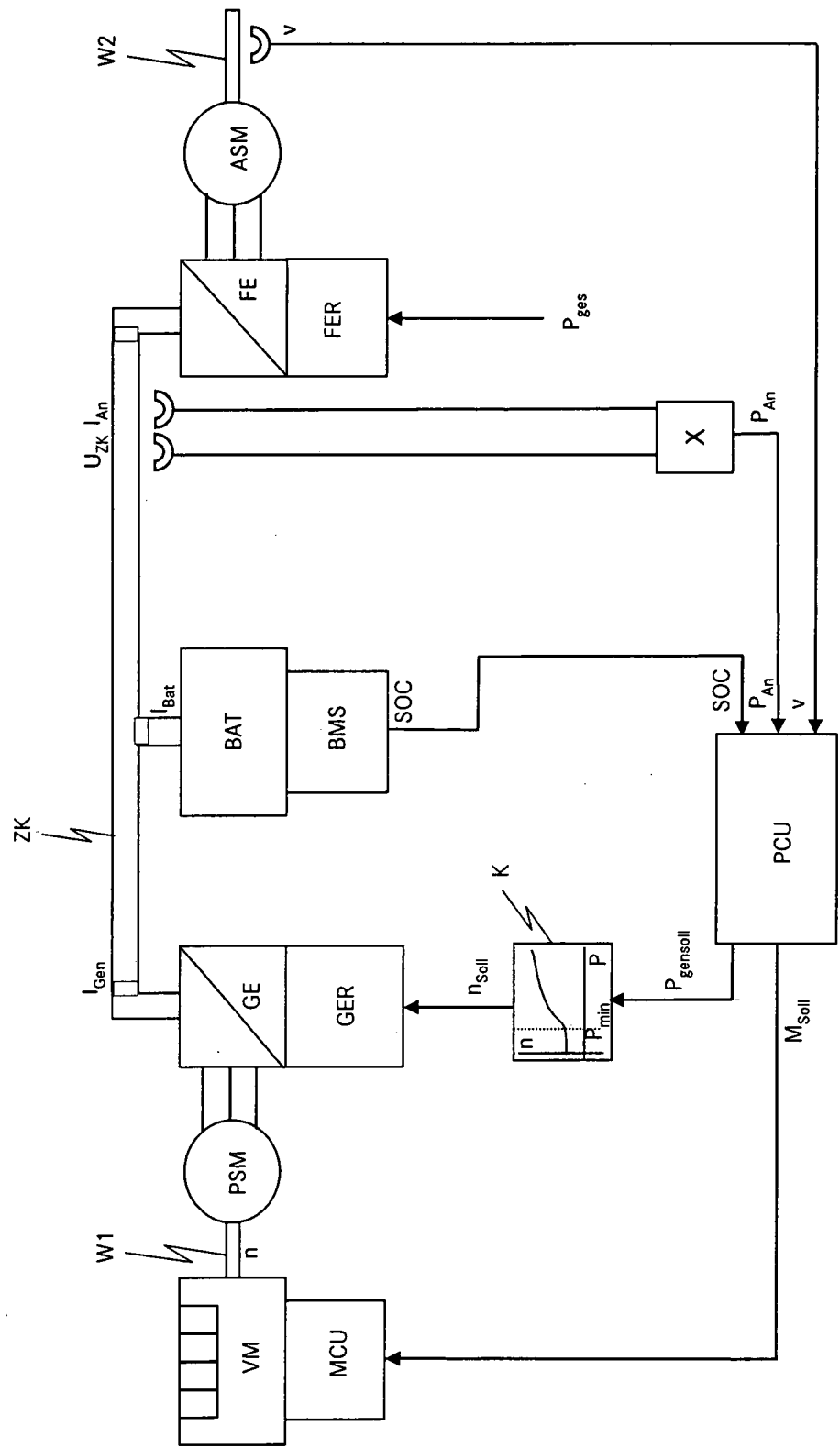


Fig. 1

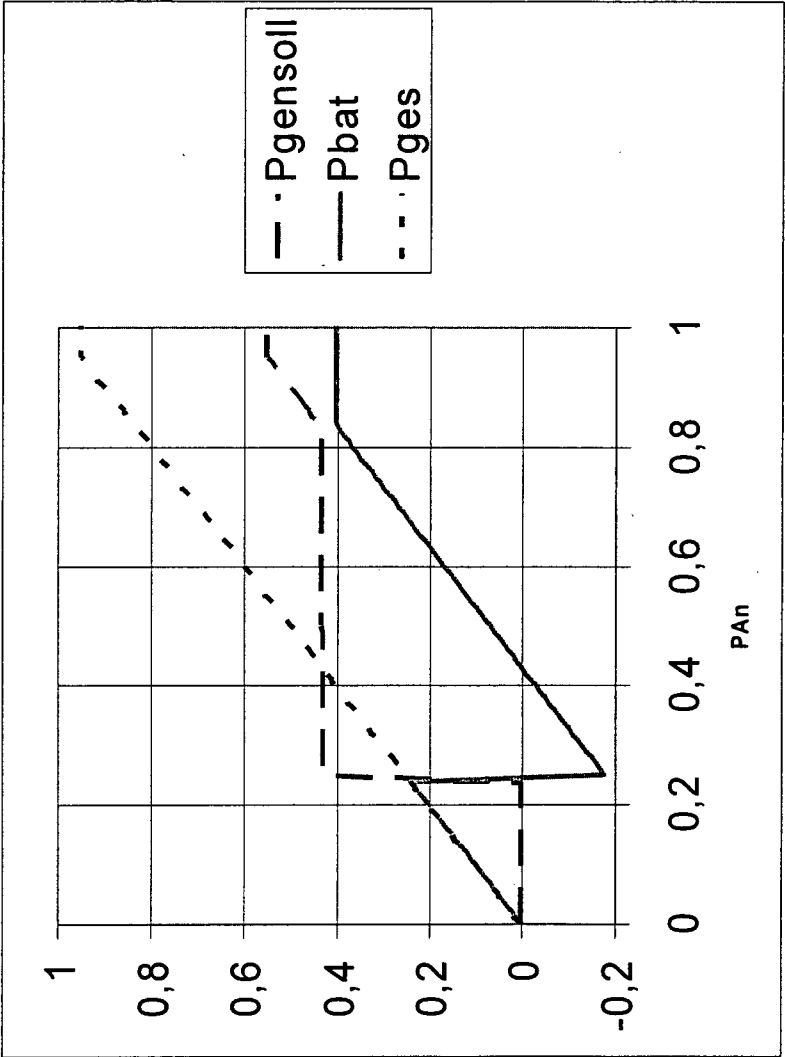


Fig. 2

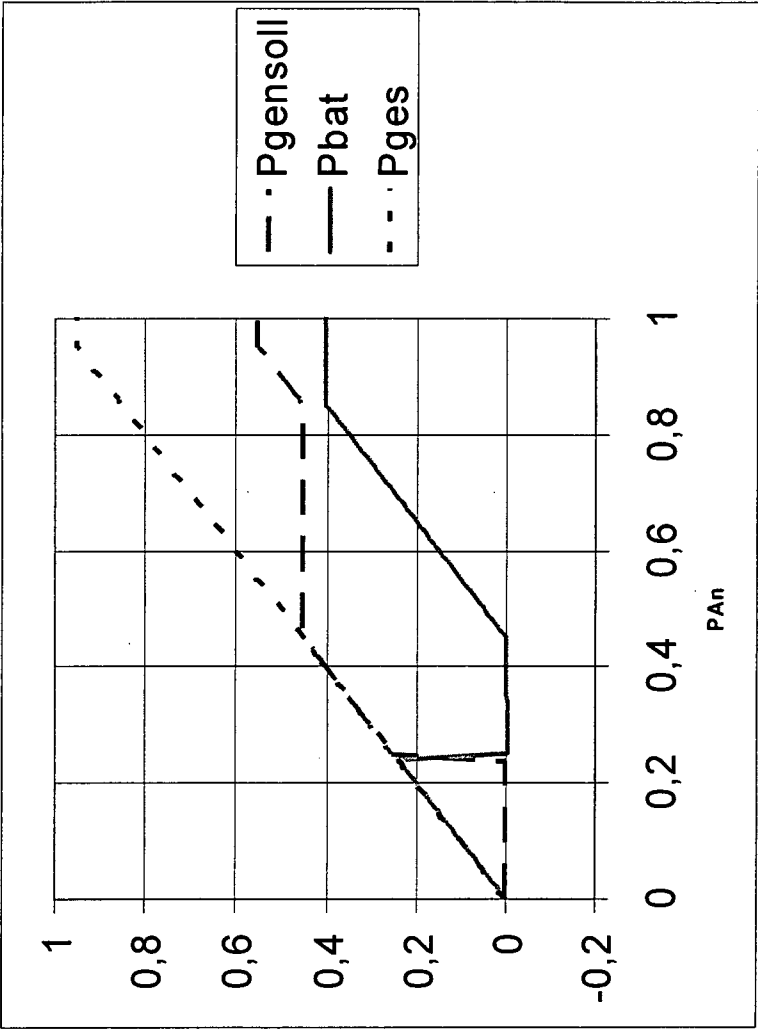


Fig. 3

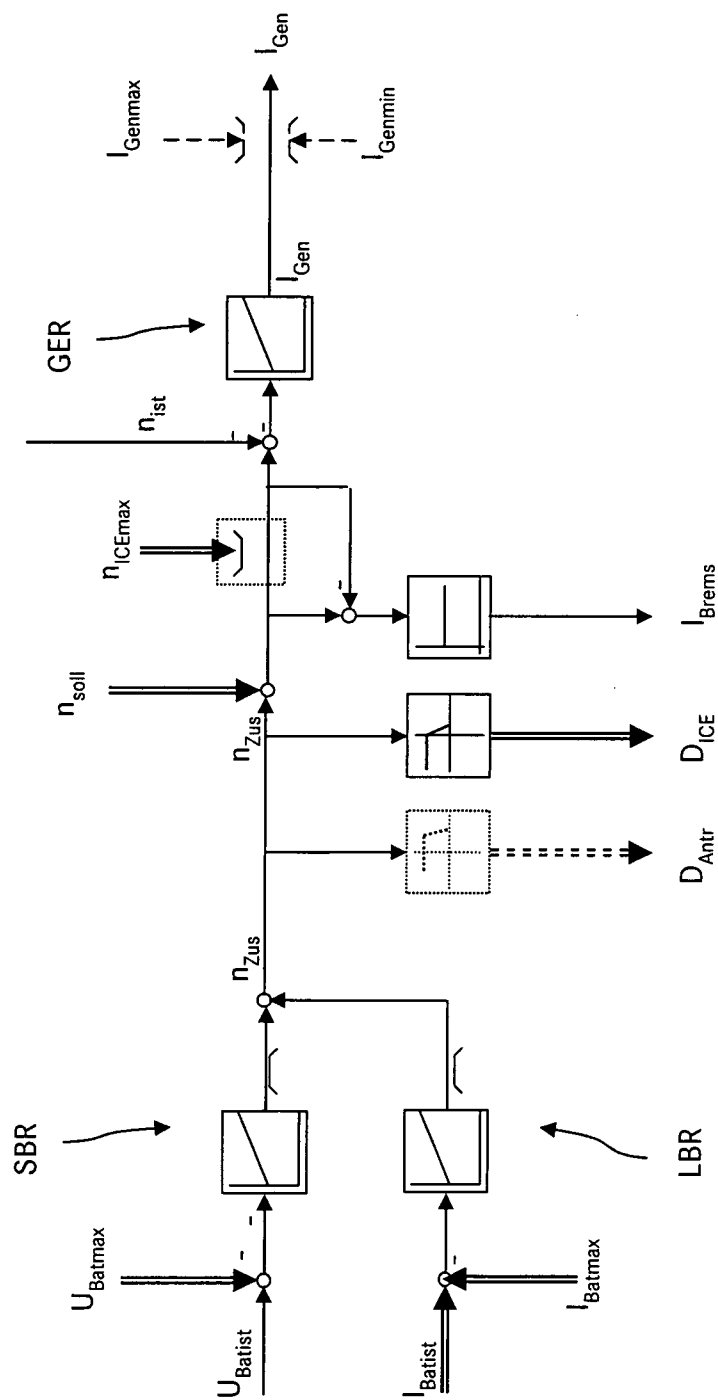


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/006943

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B60K6/04 B60L11/12 H02P3/14

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)

B60K B60L H02P

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 197 36 414 A1 (TOYOTA JIDOSHA K.K., TOYOTA, AICHI, JP; TOYOTA JIDOSHA K.K., TOYOTA) 5 March 1998 (1998-03-05) abstract; figure 1	1,2,4-7
Y	-----	3,8,9,11
Y	US 2004/070353 A1 (KAYUKAWA ATSUSHI [JP] ET AL) 15 April 2004 (2004-04-15) figure 1	3
A	-----	3
	EP 0 901 931 A (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 17 March 1999 (1999-03-17) figure 14	
Y	-----	8,9,11
	DE 196 33 194 A1 (DAIMLER BENZ AG [DE]) 19 February 1998 (1998-02-19) abstract	
	----- -/-	



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 document 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

8 December 2006

Date of mailing of the international search report

14/12/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kyriakides, Leonidas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/006943

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 645 278 A (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 29 March 1995 (1995-03-29) figure 1 -----	1,5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/006943

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19736414	A1	05-03-1998	JP 3304777 B2	22-07-2002
			JP 10066267 A	06-03-1998
			US 5905360 A	18-05-1999
US 2004070353	A1	15-04-2004	DE 10346720 A1	27-05-2004
			JP 2004135417 A	30-04-2004
EP 0901931	A	17-03-1999	CN 1212329 A	31-03-1999
			DE 69816384 D1	21-08-2003
			DE 69816384 T2	09-06-2004
			ES 2203865 T3	16-04-2004
			JP 3685920 B2	24-08-2005
			JP 11150807 A	02-06-1999
			TW 394827 B	21-06-2000
			US 6260644 B1	17-07-2001
DE 19633194	A1	19-02-1998	FR 2753143 A1	13-03-1998
			GB 2316376 A	25-02-1998
			US 6394209 B1	28-05-2002
EP 0645278	A	29-03-1995	DE 69415754 D1	18-02-1999
			DE 69415754 T2	17-06-1999
			JP 3094745 B2	03-10-2000
			JP 7095703 A	07-04-1995
			US 5550445 A	27-08-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/006943

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B60K6/04 B60L11/12 H02P3/14

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B60K B60L H02P

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, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 197 36 414 A1 (TOYOTA JIDOSHA K.K., TOYOTA, AICHI, JP; TOYOTA JIDOSHA K.K., TOYOTA) 5. März 1998 (1998-03-05) Zusammenfassung; Abbildung 1	1,2,4-7
Y	-----	3,8,9,11
Y	US 2004/070353 A1 (KAYUKAWA ATSUSHI [JP] ET AL) 15. April 2004 (2004-04-15) Abbildung 1	3
A	-----	3
A	EP 0 901 931 A (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 17. März 1999 (1999-03-17) Abbildung 14	3
Y	-----	8,9,11
Y	DE 196 33 194 A1 (DAIMLER BENZ AG [DE]) 19. Februar 1998 (1998-02-19) Zusammenfassung	8,9,11

	-/-	



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 älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

S Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. Dezember 2006

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

14/12/2006

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kyriakides, Leonidas

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/006943

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 645 278 A (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 29. März 1995 (1995-03-29) Abbildung 1 -----	1,5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/006943

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19736414	A1	05-03-1998	JP	3304777 B2	22-07-2002
			JP	10066267 A	06-03-1998
			US	5905360 A	18-05-1999

US 2004070353	A1	15-04-2004	DE	10346720 A1	27-05-2004
			JP	2004135417 A	30-04-2004

EP 0901931	A	17-03-1999	CN	1212329 A	31-03-1999
			DE	69816384 D1	21-08-2003
			DE	69816384 T2	09-06-2004
			ES	2203865 T3	16-04-2004
			JP	3685920 B2	24-08-2005
			JP	11150807 A	02-06-1999
			TW	394827 B	21-06-2000
			US	6260644 B1	17-07-2001

DE 19633194	A1	19-02-1998	FR	2753143 A1	13-03-1998
			GB	2316376 A	25-02-1998
			US	6394209 B1	28-05-2002

EP 0645278	A	29-03-1995	DE	69415754 D1	18-02-1999
			DE	69415754 T2	17-06-1999
			JP	3094745 B2	03-10-2000
			JP	7095703 A	07-04-1995
			US	5550445 A	27-08-1996