



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 102 01 278 B4 2007.04.05**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 01 278.4**  
 (22) Anmeldetag: **15.01.2002**  
 (43) Offenlegungstag: **01.08.2002**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **05.04.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F02D 45/00 (2006.01)**  
**F02D 17/02 (2006.01)**  
**F01M 1/00 (2006.01)**

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**09/760,503 16.01.2001 US**

(73) Patentinhaber:  
**General Motors Corp., Detroit, Mich., US**

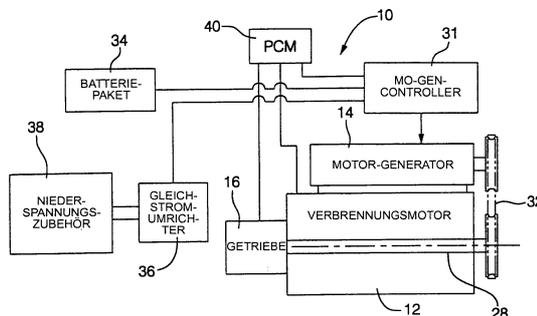
(74) Vertreter:  
**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336 München**

(72) Erfinder:  
**Downs, Robert C., La Jolla, Calif., US; Tamai, Goro, Warren, Mich., US; Hoang, Tony T., Warren, Mich., US; Richey, Dennis T., Sterling Heights, Mich., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
**DE 100 30 001 A1**  
**JP 11107891 A (abstract);**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Steuerung der Kurbelwellenbewegung in einem Hybrid-Elektrofahrzeug**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Steuern der Kurbelwellenbewegung eines Verbrennungsmotors für eine Schmiermittelneuverteilung in einem Hybrid-Elektroantriebssystem, das einen Verbrennungsmotor und einen mit einer Kurbelwelle des Verbrennungsmotors in Wirkverbindung stehenden Motor-Generator aufweist, mit den Schritten, dass:  
 die Kurbelwellendrehzahl überwacht wird;  
 wenn die Kurbelwellendrehzahl Null beträgt, eine effektive Schmierintervallzeit berechnet wird;  
 die effektive Schmierintervallzeit mit einer kritischen Zeit verglichen wird; und  
 wenn die effektive Schmierintervallzeit größer als die kritische Zeit ist, der Motor-Generator gepulst wird, um die Kurbelwelle für eine Pulszeit zu bewegen und somit einen Schmiermittelfilm neu zu verteilen.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Steuerungsverfahren zum Einleiten einer Kurbelwellenbewegung und zur Vorgabe einer Kurbelwellenstellung in einem Hybrid-Elektrofahrzeug.

**[0002]** Ein Hybrid-Elektrofahrzeug kann alternativ oder gleichzeitig durch einen Verbrennungsmotor und einen Elektromotor angetrieben werden, um die Kraftstoffwirtschaftlichkeit zu maximieren. Der Elektromotor kann ein Teil einer Elektromaschine sein, die hierin nachstehend als Motor-Generator bezeichnet wird, welche den herkömmlichen Anlassermotor und Generator ersetzen kann. Um das Fahrzeug aus einer angehaltenen Position heraus zu bewegen, zieht der Motor-Generator elektrische Energie aus einem Batteriepaket, um die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors zu drehen. Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit zunimmt, werden Kraftstoff und ein Funken geliefert, um den Betrieb des Verbrennungsmotors einzuleiten.

**[0003]** Bei einem bestimmten Fahrzeuggeschwindigkeitsbereich kann der Motor-Generator als durch die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors angetriebener Generator arbeiten, um das Batteriepaket wieder aufzuladen und Zusatzfahrzeugeinrichtungen, wie beispielsweise Gebläsen, Radios usw., elektrische Energie zuzuführen.

**[0004]** Wenn das Fahrzeug leer läuft oder bremst, kann die Kraftstoffströmung zu dem Verbrennungsmotor gestoppt werden, um die Kraftstoffwirtschaftlichkeit zu verbessern. Während Herunterschaltvorgängen im Schiebetrieb kann der Motor-Generator als Motor arbeiten, um die Verbrennungsmotor- und Getriebedrehzahlen zu synchronisieren, indem die Drehzahl des Verbrennungsmotors erhöht wird, um ein Herunterschalten zu erleichtern. Wenn der Verbrennungsmotor aus ist, werden die Zusatzfahrzeugeinrichtungen durch das Batteriepaket in Zusammenarbeit mit einem Gleichstromumrichter mit Energie beaufschlagt.

**[0005]** Wenn das Fahrzeug für eine Zeitdauer stillsteht, nimmt der Öldruck des Verbrennungsmotors in den Ölzuführungskanälen zur Kurbelwelle und Pleuelstangenlagern allmählich ab, was zu einer Verschlechterung des Schmierfilms und zu einem reinen Trockenreibungszustand führen kann. Aufgrund einer solchen Bedingung mit erhöhter Reibung kann ein erneutes Einleiten des Starts des Verbrennungsmotors einen höheren Drehmomenteingang von dem elektrischen Motor-Generator erfordern, um die Kurbelwelle zu drehen.

**[0006]** Ein anderer Mechanismus, der das zum erneuten Einleiten des Starts des Verbrennungsmotors erforderliche Drehmoment beeinflussen kann, ist die

Winkellage der Kurbelwelle während eines Stillstandes des Verbrennungsmotors. Es ist günstig, wenn die Ruhelage der Kurbelwelle bei offenem Einlassventil an dem Zylinder vorliegt, der sich in seinem Ansaugtakt befindet. Wenn das Einlassventil schließt, wird die relativ kalte eingesogene Luft durch die heißen Zylinderwände ausgedehnt, was den Zylinderdruck erhöht, wodurch das erforderliche Drehmoment, um die Kurbelwelle zu drehen, erhöht wird.

**[0007]** Wenn der Motor angelassen wird, kann der Fahrer eine Kompressionsvibration von dem Verbrennungsmotor spüren. Die Ruckfreiheit des Anlassens des Motors ist eine Funktion der Drehstellung der Kurbelwelle beim Anlassens des Motors ist eine Funktion der Drehstellung der Kurbelwelle beim Anlaufen des Verbrennungsmotors, da das erforderliche Drehmoment, um die Kurbelwelle zu drehen, mit den Drücken in den Zylindern schwingt.

## Stand der Technik

**[0008]** In der nachveröffentlichten DE 100 30 001 A1 ist ein Verfahren beschrieben, bei dem eine Kurbelwellenbewegung einer Brennkraftmaschine überwacht wird. Eine Verstelleinrichtung sorgt dafür, dass die Kurbelwelle in einer erwünschten Position zum Stillstand kommt, oder, sobald sie stillsteht, in diese erwünschte Position bewegt wird. Die Verstelleinrichtung kann einen Elektromotor eines Hybridfahrzeugs umfassen.

## Aufgabenstellung

**[0009]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Steuern einer Kurbelwellenbewegung eines Verbrennungsmotors in einem Hybridelektroantriebssystem zur Verfügung zu stellen, das beim erneuten Starten des Verbrennungsmotors nach einem Stillstand die Startbedingungen verbessert. Insbesondere soll das zum Einleiten des Starts des Verbrennungsmotors erforderliche Drehmoment möglichst gering gehalten werden.

**[0010]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

**[0011]** Die vorliegende Erfindung stellt ein Steuerungsverfahren zum Einleiten einer Kurbelwellendrehung in einem Hybrid-Elektrofahrzeug bereit. Das Steuerungsverfahren liefert optional die Fähigkeit, einen elektrischen Motor-Generator derart zu betreiben, dass beeinflusst werden kann, bei welcher Drehorientierung die Kurbelwelle stoppen wird, wenn sich die Kurbelwellendrehzahl auf Null verlangsamt. Außerdem kann das Steuerungsverfahren den Motor-Generator derart betreiben, dass die Kurbelwelle vorwärts oder rückwärts zu einer vorteilhafteren Drehlage gedreht wird, sobald die Kurbelwellendrehzahl Null beträgt, bevor der Verbrennungsmotor neu gestartet wird, um

die von dem Fahrer gefühlte Vibration zu minimieren. Das Steuerverfahren kann die Kurbelwellendrehlage unter Verwendung eines Kurbelwellenlage-Messmittels bestimmen, das in Zusammenarbeit mit dem Zündsystem arbeiten kann.

**[0012]** Das Steuerverfahren liefert die Fähigkeit, dass der elektrische Motor-Generator mit Energie beaufschlagt werden kann, um die Kurbelwelle in einer oder beiden Drehrichtungen zu drehen und somit den Schmiermittelfilm auf den Kurbelwellenlagern neu zu verteilen. Dies minimiert die Notwendigkeit für einen größeren Motordrehmomenteingang, um den Verbrennungsmotor neu zu starten, da das Reibungsniveau aufrecht erhalten und nicht merklich erhöht wird. Das Steuerverfahren misst die Zeit, die der Verbrennungsmotor stillsteht, als eine Funktion der Kühlmitteltemperatur des Verbrennungsmotors und des Öldruckes des Verbrennungsmotors, um zu bestimmen, wann Energiepulse in den Elektromotor erforderlich sind, um die Kurbelwelle zu bewegen oder „hin- und herzuwägen“ und somit den Schmiermittelfilm wiederherzustellen.

#### Ausführungsbeispiel

**[0013]** Die Erfindung wird im Folgenden beispielhaft anhand der Zeichnungen beschrieben, in diesen ist:

**[0014]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Hybrid-Fahrzeugantriebssystems,

**[0015]** [Fig. 2](#) eine Querschnittsansicht des Verbrennungsmotors des Hybrid-Fahrzeugantriebssystems und

**[0016]** [Fig. 3](#) ein Flussdiagramm des Steuerverfahrens der vorliegenden Erfindung, das in dem Antriebssystem von [Fig. 1](#) arbeitet.

**[0017]** Nach [Fig. 1](#) umfasst ein Hybrid-Elektrofahrzeug ein Hybrid-Antriebssystem, das allgemein bei **10** gezeigt ist, mit einem Verbrennungsmotor **12**, einer Elektromaschine, die hierin nachstehend als Motor-Generator **14** bezeichnet wird, und einem Mehrgang-Automatikgetriebe **16**.

**[0018]** Der Verbrennungsmotor **12** kann von einer herkömmlichen Konstruktion sein, wie sie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, mit einem Motorblock **17**, der einen oder mehrere Zylinder **18** und einen Zylinderkopf **19** aufweist, der auf die obere Fläche des Motorblocks passt, um die Zylinder zu verschließen. Ein Kolben **20** ist in jedem Zylinder **18** zur Hin- und Herbewegung in diesem untergebracht und mit einem oberen Ende einer Pleuelstange **22** durch einen Kolbenbolzen **24** verbunden. Das untere Ende der Pleuelstange **22** ist mit einem Kurbelzapfen **26** einer Kurbelwelle **28** durch einen Pleuelstangenlageraufbau **30** verbunden. Die Kurbelwelle **28** ist durch obere Hauptla-

ger in der Unterseite des Motorblocks und durch untere Hauptlagerdeckel, die mit dem Motorblock verschraubt sind, drehbar gelagert. Eine Ölwanne, nicht gezeigt, ist an der Unterseite des Motorblocks befestigt und stellt einen Ölbehälter bereit. Eine Ölpumpe, nicht gezeigt, lässt Öl von der Ölwanne durch die Ölzuführungskanäle in dem Verbrennungsmotor zirkulieren, und dient insbesondere dazu, die Grenzfläche der Kurbelwelle **28** mit ihren Hauptlagern und die Pleuelstangenlageranordnung **30** zu schmieren.

**[0019]** Der elektrische Motor-Generator **14** des Hybrid-Antriebssystems **10** in [Fig. 1](#) ist eine Elektromaschine mit einem Stator und einem Läufer, die beide nicht gezeigt sind, die wahlweise von einem Controller **31** gesteuert werden. Der Controller **31** ist ein herkömmlicher digitaler programmierbarer Computer mit einer Leistungselektronik. Der Läufer des Motor-Generators ist direkt mit der Kurbelwelle **28** des Verbrennungsmotors **12** verbunden, wie beispielsweise über einen Direktantriebsmechanismus **32**, der als ein Riemen und eine Riemenscheibe in [Fig. 1](#) gezeigt ist und mit dem vorderen Ende des Motors verbunden ist. Dies erlaubt es, dass der Motor-Generator **14** wahlweise als ein Anlassermotor bei der Zuführung eines Anlassdrehmoments zur Kurbelwelle **28** arbeitet, und als ein Generator arbeitet, indem eine Drehenergie von der Kurbelwelle aufgenommen und diese in elektrische Energie zum Wiederaufladen eines zugeordneten Batteriepakets **34** umgewandelt wird. Der Motor-Generator kann auch zwischen dem Verbrennungsmotor und dem Getriebe angeordnet sein, an einer Stelle, an der der Läufer an der Rückseite des Verbrennungsmotorblocks oder an dem Getriebegehäuse befestigt ist und der Läufer mit der Kurbelwelle über einen Kupplungsaufbau oder eine Nabe verbunden ist.

**[0020]** Ein Gleichstromumrichter **36** ist dafür vorgesehen, einen Ladestrom mit höherer Spannung von dem Motor-Generator-Controller **31** zu einem Fahrzeugzubehörsystem **38** mit niedrigerer Spannung zu lenken, um Zubehöre, wie beispielsweise Radios und Gebläse während des Generatorbetriebes mit Energie zu beaufschlagen.

**[0021]** Das Getriebe **16** des Fahrzeugantriebssystems ist eine allgemein bekannte Einrichtung, die Zahnradsätze und Reibungseinrichtungen umfasst, die dazu dienen, eine Anzahl von Antriebsdrehzahlverhältnissen zwischen dem Verbrennungsmotor und den Fahrzeugantriebsrädern bereitzustellen. Es kann ferner einen Drehmomentwandler umfassen, falls dies gewünscht ist. Ein Antriebsstrangsteuermodul (PCM) **40** steuert den Betrieb des Verbrennungsmotors **12**, des Getriebes **16** und des Motor-Generator-Controllers **31**.

**[0022]** Als nächstes wird eine allgemeine Steuerungs- und Betriebsabfolge für das Hybrid-Antriebs-

system beschrieben. Das anfängliche Einschalten eines Fahrzeugs ist analog wie bei einem herkömmlich motorisierten Fahrzeug. Der Fahrer dreht den Zündschlüssel in den Anlasszustand, bei dem der Controller **31** dem Motor-Generator **14** signalisiert, elektrische Energie aus dem Batteriepaket **34** zu ziehen. Der Motor-Generator **14** überträgt Drehmoment an die Kurbelwelle **28** des Verbrennungsmotors über den Riemenantrieb **32**, um den Verbrennungsmotor **12** anzulassen.

**[0023]** Über einer bestimmten Motordrehzahl, während der Verbrennungsmotor **12** arbeitet, kann der Motor-Generator **14** aufgrund des Rotationseingangs von der Kurbelwelle **28** als Generator arbeiten, um das Batteriepaket **34** wiederaufzuladen und das Fahrzeugzubehörsystem **38** mit Energie zu beaufschlagen.

**[0024]** Wenn der Fahrer während eines ausgedehnten Leerlaufs das Bremspedal niederdrückt oder das Gaspedal nicht niederdrückt, kann die Kraftstofflieferung stoppen, um Kraftstoff zu sparen und Emissionen zu steuern. Um die vom Fahrer gefühlte Ruckfreiheit und die Kraftstoffwirtschaftlichkeit ins Gleichgewicht zu bringen, kann nacheinander die Kraftstoffzufuhr zu jedem Zylinder unterbrochen werden, wenn der Zündfunke weggenommen wird. Während des Leerlaufs des Fahrzeugs mit unterbrochener Kraftstoffzufuhr kann der Controller **31** die Polung des Motor-Generators umkehren, um den Ladestrom zum Batteriepaket **34** zu lenken und das Fahrzeug durch Verlangsamen der Drehzahl des Verbrennungsmotors zu verzögern. Dieser Motor-Generator-Betrieb wird als „regeneratives Bremsen oder Energierückgewinnungsbremsen“ bezeichnet. Wenn die Drehzahl des Verbrennungsmotors unter eine gewisse Drehzahl abfällt, bei der Kompressionspulse für einen Fahrer störend werden, schaltet das PCM **40** das Getriebe **16** in einen effektiv neutralen Gang, wodurch der Verbrennungsmotor **12** stillstehen gelassen wird. Diese so genannte „Abfall-auf-Neutral-Drehzahl“ im Bereich von 400 bis 900 U/min wird so niedrig wie möglich gewählt, um die Fahrbarkeit zu verbessern, und kann auf der Grundlage der Fahrzeugverzögerung variieren.

**[0025]** Ferner kann während Herunterschaltvorgängen im Schiebetrieb der Motor-Generator **14** als Motor arbeiten, um die Verbrennungsmotor- und Getriebedrehzahlen wie notwendig zu synchronisieren. Da ein Verbrennungsmotorleerlauf-Steuermotor, der herkömmlich dazu verwendet wird, die Verbrennungsmotor- und Getriebedrehzahlen anzupassen, während des Modus mit unterbrochener Kraftstoffzufuhr keine Wirkung hat, erhöht der Motor-Generator **14** die Verbrennungsmotordrehzahl, um die Kupplung für den höheren Gang nahtlos freizugeben und die Kupplung für den niedrigeren Gang nahtlos in Eingriff zu bringen. Herunterschaltvorgänge stellen

sicher, dass sich das Getriebe **16** im richtigen Gang für eine erneute Beschleunigung befindet. Wenn der Fahrer eine Beschleunigung anfordert, nachdem die Verbrennungsmotordrehzahl unter eine minimale Referenzdrehzahl abgefallen ist, kann der Motor-Generator **14** wieder als Motor wirken, um die Kurbelwelle **28** zu drehen, in Verbindung mit einer Kraftstofflieferung, um die Verbrennung in dem umlaufenden Verbrennungsmotor wieder zu starten.

**[0026]** Um eine Fahrzeugbewegung von einem Fahrzeugstopp, wie beispielsweise an einer Ampel, beim Lösen des Bremspedals zu beginnen, signalisiert der Controller **31** dem Motor-Generator **14**, elektrische Energie aus dem Batteriepaket **34** zu ziehen. Wenn der Motor-Generator **14** die Kurbelwelle **28** dreht, bewegt sich das Fahrzeug aufgrund des elektrischen Kriechantriebes über den Drehmomentwandler oder die Anlasskupplung vorwärts, zu welchem Zeitpunkt Kraftstoff und ein Funke geliefert werden, um die Verbrennung in dem Verbrennungsmotor einzuleiten. Der Motor-Generator **14** kann das Drehmoment unterstützen, das zur Beschleunigung notwendig ist, die von dem Verbrennungsmotor zugeführt wird, insbesondere bei geringeren Anfahr-drehzahlen.

**[0027]** Die Ruckfreiheit des Anlassens des Verbrennungsmotors auf der Grundlage der Kompressionsvibration, die von einem Fahrer während des Ingangsetzens des Fahrzeugs von einem Stopp mit unterbrochener Kraftstoffzufuhr aus gefühlt wird, ist als eine Funktion der anfänglichen Kurbelwellendrehorientierung gezeigt worden. Das erforderliche Drehmoment, um die Kurbelwelle zu drehen, schwankt mit den Drücken in den Zylindern. Deshalb umfasst das hier rein beispielhaft beschriebene bevorzugte Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Steuern der Kurbelwellenbewegung des Verbrennungsmotors, um die Kurbelwellenstillstandsstellung zu beeinflussen. Das Verfahren stellt zwei Möglichkeiten bereit, um die Kurbelwellenstillstandsorientierung abzuändern – einmal während der Verzögerung, was als der Vorpositionierungs-Steuerzyklus bezeichnet wird, und einmal, sobald der Verbrennungsmotor gestoppt hat, was als der Stillstandspositionierungs-Steuerzyklus bezeichnet wird.

**[0028]** Um die Positionierungszyklen zu unterstützen, ist ein Mittel zum Erfassen der Kurbelwellendrehorientierung vorgesehen. Ein derartiges Lagemessmittel ist in einem Codiererrad mit sechs Zähnen um die Kurbelwelle herum ausgeführt, wobei ein siebter Zahn in die Kurbelwelle geschnitten ist, um den oberen Totpunkt für beispielsweise zwei von vier Zylindern anzugeben. Ein magnetischer Aufnehmer erfasst die Zähne des Codierers, und diese Information, in Verbindung mit Software, die den Zündzyklus überwacht, kann auflösen, wo in den vier Takten der

Verbrennungsmotor stillgestanden hat. Ein zweites Lagemessmittel ist ein optischer Codierer, der einen optischen Sensor erfordert, um die Drehorientierung der Kurbelwelle zu detektieren.

**[0029]** Die tatsächliche erwünschte Stellung der Kurbelwelle für einen Neustart beruht auf der spezifischen Anwendung des Verbrennungsmotors. Beispielsweise kann die erwünschte Stellung der Kurbelwelle in einem Vierzylindermotor mit zwei der Kolben innerhalb von sechzig Kurbelwellendrehgraden vor oder nach dem oberen Totpunkt vor der geschlossenen Position des Einlassventils für den Zylinder in seinem Ansaugtakt sein. Die Toleranz für die angestrebte Stellung hängt davon ab, wie empfindlich die Auflösung für die Erfassung der Kurbelwellenstellung ist. Beispielsweise kann ein Kurbelwellen-Sechs-Zahn-Codierer, bei dem die Zähne in Sechzig-Grad-Intervallen um die Kurbelwelle herum angeordnet sind, nur die Stellung innerhalb eines Sechzig-Grad-Fensters auflösen. Eine richtige Positionierung der Kurbelwelle kann bei Verbrennungsmotoren mit mehr als vier Zylindern weniger kritisch sein.

**[0030]** Das Vorpositionierungs-Steuerverfahren arbeitet, um die Stillstand-Kurbelwellenstellung oder -position zu beeinflussen, sobald das Fahrzeug in dem Modus mit unterbrochener Kraftstoffzufuhr verzögert und die Kurbelwellendrehzahl unter die „Abfall-auf-Neutral-Drehzahl“ fällt. Ein Stillstand des Verbrennungsmotors wird befohlen (indem das Getriebe in einen effektiv neutralen Gang geschaltet wird), und dem Motor-Generator wird befohlen, etwas regeneratives Bremsen einzuleiten, um die Drehzahl des Verbrennungsmotors schnell zu verringern. Dies hilft beim Verhindern eines „stolpernden Anlaufs“ der Verbrennung.

**[0031]** Wie es in [Fig. 3A](#) gezeigt ist, umfasst das Vorpositionierungs-Steuerverfahren die Überwachung der Kurbelwellenstellung über das Lagemessmittel. Mit diesen Daten und der Verzögerungsrate der Kurbelwelle prognostiziert der Controller bei Block **100** die Kurbelwellenstillstandsstellung.

**[0032]** Wenn die prognostizierte Stellung innerhalb des Zielbereiches liegt, dann ist das Vorpositionierungs-Steuerverfahren abgeschlossen. Wenn die prognostizierte Stellung oder Position bei Block **102** außerhalb des Zielbereiches liegt, dann betätigt der Controller den Motor-Generator, um die Stillstandsstellung bei Block **104** zu beeinflussen. Dies kann bewerkstelligt werden, indem entweder ein Vorbelastungsdrehmoment in der Richtung der Kurbelwellendrehung aufgebracht wird, um die Kurbelwelle davon abzuhalten, zurückzuschwenken, sobald sie stoppt, oder indem ein regeneratives Bremsen angewandt wird, um die Kurbelwelle bis zur gewünschten Stellung zu verlangsamen. Die Motor-Generator-Vorpositionierungssteuerung wird durchgeführt, um den Verbrennungsmotor derart stillstehen zu lassen, dass die Kurbelwellenstellung in die Nähe des Zielbereiches oder in diesen hinein fällt.

tionierungssteuerung wird durchgeführt, um den Verbrennungsmotor derart stillstehen zu lassen, dass die Kurbelwellenstellung in die Nähe des Zielbereiches oder in diesen hinein fällt.

**[0033]** Das Stillstandspositionierungs-Steuerverfahren kann eingeleitet werden, nachdem die Vorpositionierungs-Steuerung ablaufengelassen worden ist, oder es kann unabhängig ausgeführt werden. In jedem Fall beginnt das Stillstandspositionierungs-Steuerverfahren, wenn die Verbrennungsmotordrehzahl in Block **110**, [Fig. 3B](#), Null beträgt. Wie bei dem Vorpositionierungs-Verfahren vergleicht der Controller bei Block **112** die prognostizierte Stillstandsposition oder -stellung mit dem Zielbereich. Eine tatsächliche Kurbelwellenstellung kann nicht erhalten werden, wenn die Kurbelwelle nicht rotiert. Wenn die prognostizierte Kurbelwellenstellung bei Block **114** außerhalb des Zielstellungsbereiches fällt, signalisiert der Controller dem Motor-Generator, Strom aus dem Batteriepaket zu ziehen und die Kurbelwelle in eine Stellung innerhalb des Referenzstellungsbereiches zu drehen. Wenn die Kurbelwellenstellung in den Referenzstellungsbereich fällt, dann ist sie richtig vorbereitet, um eine Kompressionsvibration beim Ingangsetzen des Fahrzeuges aus dem Zustand mit ausgeschaltetem Verbrennungsmotor zu minimieren.

**[0034]** Das Verfahren zum Steuern einer Kurbelwellenbewegung eines Verbrennungsmotors umfasst ferner eine Schmiermittelneuverteilungs-Steuerung, die eingeleitet wird, wenn der Motor stillsteht, in [Fig. 3C](#), Block **120**, und nach dem Stillstandspositionierungs-Steuerzyklus. Unter bestimmten Fahrbedingungen kann der Verbrennungsmotor über eine ausgedehnte Zeitdauer stillstehen. Gleichzeitig arbeitet auch die Ölpumpe des Verbrennungsmotors nicht. Der Öldruck fällt allmählich in den Ölzuführungskanälen im gesamten Verbrennungsmotor, und insbesondere zu den Ölkänen, die die Pleuelstangenlager speisen, ab. Während ausgedehnter Stillstandszeiten kann sich der Schmiermittelfilm zwischen der Kurbelwelle und der Pleuelstange und den Hauptlagern verschlechtern, was zu einem reinen Grenzschmierzustand führt. Ein solcher Zustand erhöht das notwendige Drehmoment, um den Verbrennungsmotor anzulassen und diesen somit neu zu starten. Um den Schmiermittelfilm an der Grenzfläche Kurbelwelle-Lager aufrecht zu erhalten, dient das Steuerverfahren der vorliegenden Erfindung dazu, den Motor-Generator mit Energie zu beaufschlagen, um die Kurbelwelle in einer oder beiden Drehrichtungen sanft zu bewegen, d.h. zu drehen.

**[0035]** Um festzustellen, ob die Kurbelwelle geschmiert werden muss, in [Fig. 3C](#), Block **122**, berechnet der Controller eine effektive Schmierintervallzeit. Diese Variable berücksichtigt nicht nur, wie lange der Verbrennungsmotor ohne aktive Schmierung

stillsteht, sondern der Controller prüft auch einen Verbrennungsmotor-Kühlmitteltemperatursensor, um die Kühlmitteltemperatur des Verbrennungsmotors zu überwachen, und einen Öl drucksensor, um den Öl druck des Verbrennungsmotors zu überwachen. Der Controller vergleicht dann das effektive Schmierintervall bei Block **124** mit einer kritischen Zeit. Beispielsweise kann die kritische Zeit **10** bis **20** Sekunden betragen. Wenn das effektive Schmierintervall größer als die kritische Zeit ist, dann muss die Kurbelwelle bewegt werden, um den Schmiermittelfilm auf den Lagern neu zu verteilen. Bei Block **126** signalisiert der Controller dem Motor-Generator, Strom aus dem Batteriepaket zu ziehen und Pulse zu liefern, um die Kurbelwelle zu drehen, was als Hin- und Herwiegen oder Bewegen der Kurbelwelle bezeichnet wird. Der Motor-Generator kann die Kurbelwelle in beiden Richtungen drehen, oder er kann sie in einer Richtung drehen, wobei die Kurbelwelle aufgrund von Kompressionsgegenwirkungskräften auf natürliche Weise zurückschwenkt. Um das Schmiermittel auf angemessene Weise neu zu verteilen, muss die Kurbelwelle nur um annähernd 10 bis 60 Grad gedreht werden.

**[0036]** Vorzugsweise kehrt die Kurbelwelle im Anschluss an den Schmiermittelneuverteilungszyklus in ihre Ausgangsstellung zurück, da die Stellung bereits durch den vorhergehenden Positionierungszyklus eingestellt worden sein kann. Um sicherzustellen, dass die Kurbelwelle in ihre Ausgangsstellung zurückgeführt wird, kann ein Lagebestimmungsrad an dem Motor-Generator, das eine feinere Auflösung als das Lagebestimmungsrad der Kurbelwelle besitzt, dazu verwendet werden, die Lage des Motor-Generators, und somit die Änderung der Stellung der Kurbelwelle während des Schmiermittelneuverteilungszyklus zu überwachen.

**[0037]** Die Pulszeiten des Motor-Generators werden bei Block **128** summiert und bei Block **130** mit einer maximalen Referenzzeit verglichen. Wenn die summierte Pulszeit größer als die maximale Zeit ist, dann wird der Schmierzyklus beendet. Dies ist ein Sicherheitsmerkmal, um das Risiko eines vollständigen Entleerens der Batterie zu verhindern. Beispielsweise kann die maximale Zeit 500 Sekunden betragen, was 50 Motor-Generator-Pulse bei 10-Sekunden-Intervallen zulassen würde. Typischerweise wird der Verbrennungsmotor neu gestartet, bevor die maximale Zeit erreicht ist. Wenn die summierte Pulszeit kleiner als das Maximum ist, fährt der Controller fort, die eingegebenen Variablen zu überwachen und die Schmiermittelneuverteilungsroutine ablaufen zu lassen, bis der Verbrennungsmotor-Neustartbefehl ausgegeben wird.

**[0038]** Die vorliegende Erfindung dient dazu, die Kurbelwellenbewegung des Verbrennungsmotors über die Verwendung des Motor-Generators zu steu-

ern, der in Wirkverbindung mit der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors steht. Das Verfahren wird dazu verwendet, die Kurbelwelle für einen ruckfreieren Neustart des Verbrennungsmotors und für ein erneutes Schaffen eines Schmiermittelfilms auf den Kurbelwellenlagern zu positionieren, wenn der Verbrennungsmotor für eine gegebene Zeitdauer stillgestanden hat.

**[0039]** Es ist ein Verfahren zum Steuern der Kurbelwellenbewegung eines Verbrennungsmotors in einem Hybrid-Elektroantriebssystem, das einen Verbrennungsmotor und einen in Wirkverbindung mit einer Kurbelwelle des Verbrennungsmotors stehenden Motor-Generator aufweist, offenbart. Das Verfahren umfasst die Schritte, dass eine effektive Schmierintervallzeit berechnet wird, sobald die Kurbelwellendrehzahl Null beträgt, die effektive Schmierintervallzeit mit einer kritischen Zeit verglichen wird und, wenn die effektive Schmierintervallzeit größer als die kritische Zeit ist, der Motor-Generator gepulst wird, um die Kurbelwelle für eine Pulszeit zu bewegen und somit einen Schmiermittelfilm neu zu verteilen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern der Kurbelwellenbewegung eines Verbrennungsmotors für eine Schmiermittelneuverteilung in einem Hybrid-Elektroantriebssystem, das einen Verbrennungsmotor und einen mit einer Kurbelwelle des Verbrennungsmotors in Wirkverbindung stehenden Motor-Generator aufweist, mit den Schritten, dass:

die Kurbelwellendrehzahl überwacht wird;  
wenn die Kurbelwellendrehzahl Null beträgt, eine effektive Schmierintervallzeit berechnet wird;  
die effektive Schmierintervallzeit mit einer kritischen Zeit verglichen wird; und  
wenn die effektive Schmierintervallzeit größer als die kritische Zeit ist, der Motor-Generator gepulst wird, um die Kurbelwelle für eine Pulszeit zu bewegen und somit einen Schmiermittelfilm neu zu verteilen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Berechnens der effektiven Schmierintervallzeit die Schritte umfasst, dass:  
die Kühlmitteltemperatur des Verbrennungsmotors überwacht wird;  
der Öl druck des Verbrennungsmotors überwacht wird; und  
überwacht wird, wie lange die Kurbelwellendrehzahl ohne Motor-Generator-Pulse Null beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch den Schritt, dass: die Pulszeiten summiert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch die Schritte, dass:

die summierte Pulszeit mit einer maximalen Zeit verglichen wird; und  
wenn die summierte Pulszeit größer als die maximale Zeit ist; ein weiteres Pulsen des Motor-Generators beendet wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
gekennzeichnet durch die Schritte, dass  
die Kurbelwellenstellung überwacht wird;  
eine Kurbelwellenstillstandsstellung prognostiziert wird; die prognostizierte Stillstandsstellung mit einem Zielbereich verglichen wird; und  
wenn die prognostizierte Kurbelwellenstillstandsstellung außerhalb des Zielbereiches liegt, der Motor-Generator betätigt wird, um die Stillstandsstellung derart zu beeinflussen, dass sie innerhalb des Zielbereiches liegt,  
wobei entweder ein Vorbelastungsdrehmoment auf die Kurbelwelle in der Richtung der Kurbelwellendrehung aufgebracht wird, oder ein regeneratives Bremsen angewandt wird, um die Kurbelwelle derart zu verlangsamen, dass sie innerhalb des Zielbereiches stillsteht.

6. Verfahren nach Anspruch 5,  
gekennzeichnet durch die Schritte, dass  
nach dem Betätigen des Motor-Generators die Kurbelwellendrehzahl überwacht wird;  
wenn die Kurbelwellendrehzahl Null beträgt, die Kurbelwellenstillstandsstellung mit dem Zielbereich verglichen wird; und  
wenn die Kurbelwellenstillstandsstellung außerhalb des Zielbereiches liegt, der Motor-Generator betätigt wird, um die Kurbelwellenstillstandsstellung derart abzuändern, dass sie innerhalb des Zielbereiches liegt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

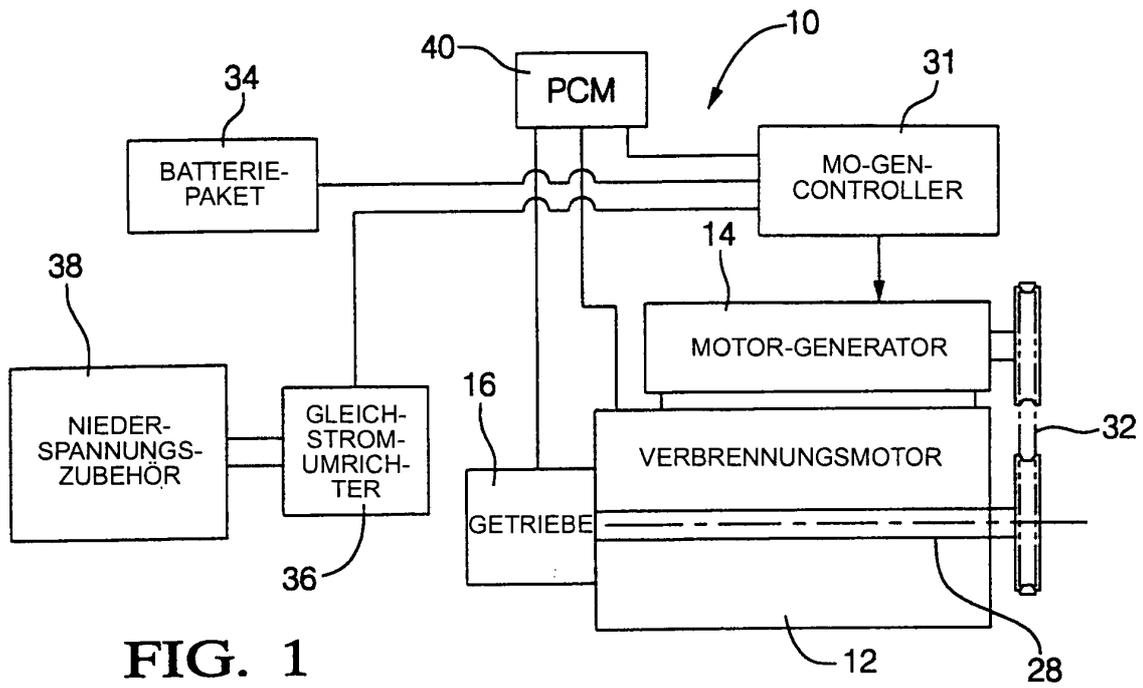


FIG. 1

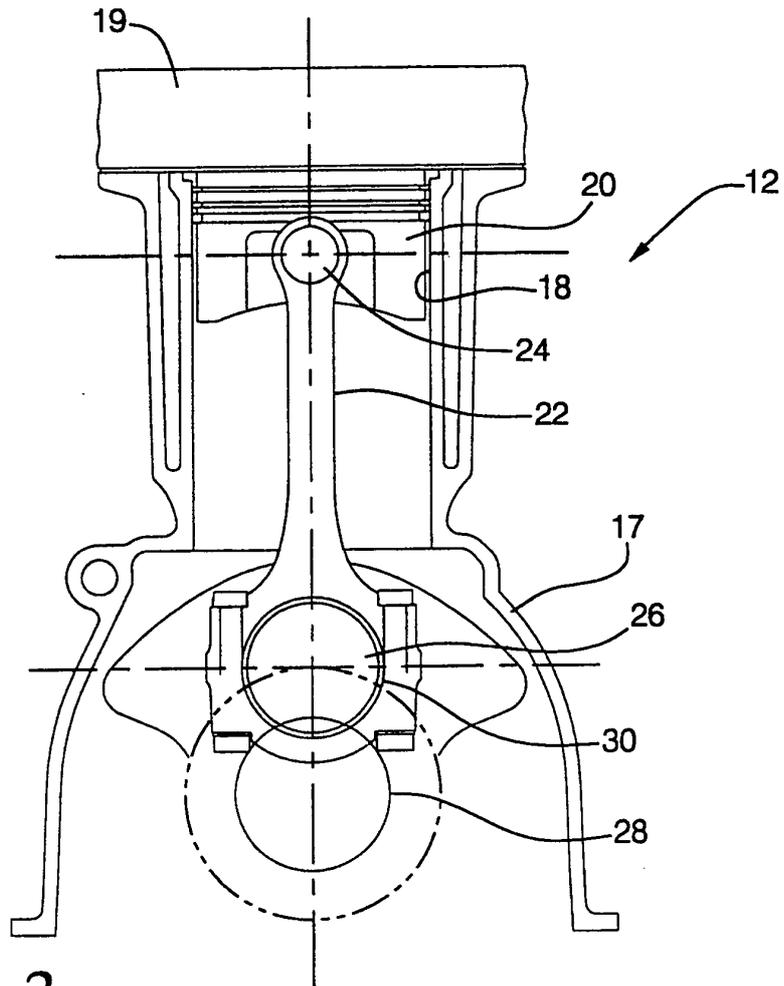


FIG. 2

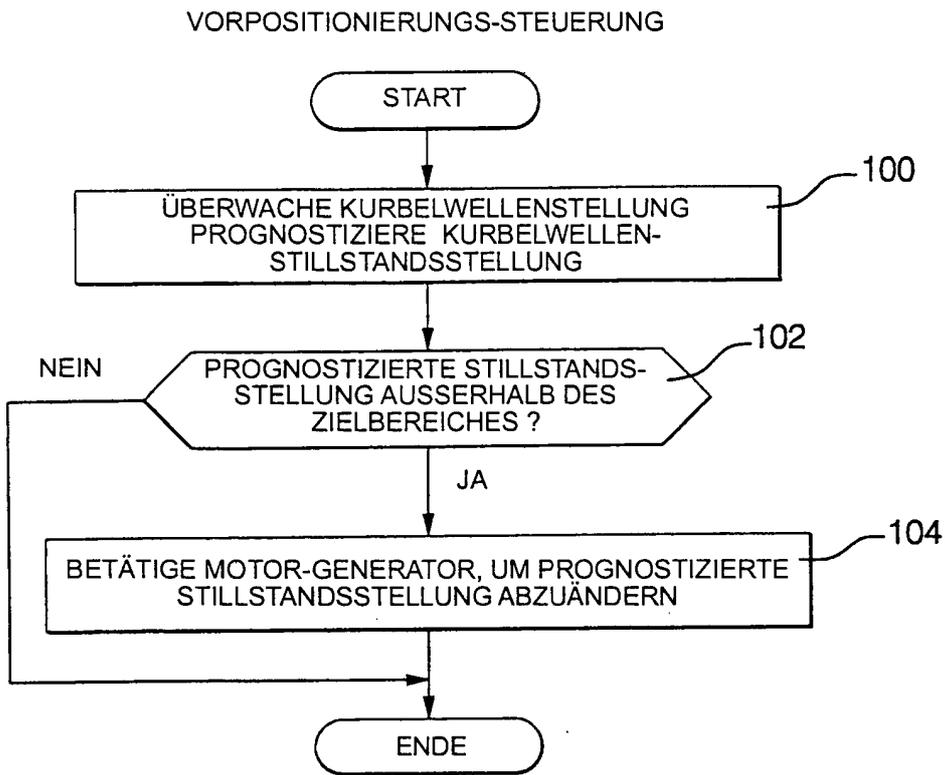


FIG. 3A

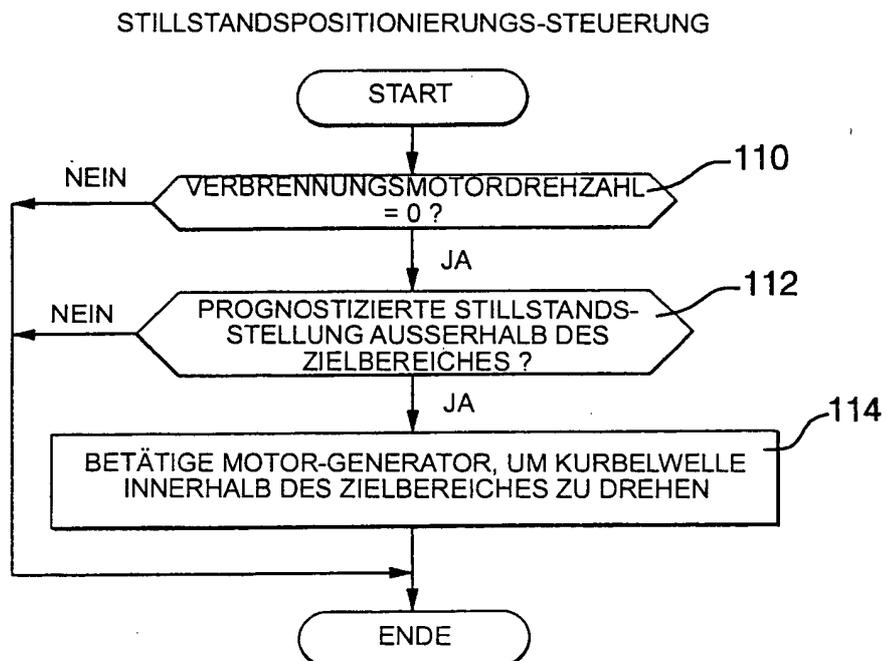


FIG. 3B

SCHMIERMITTELNEUVERTEILUNGS-STEUERUNG

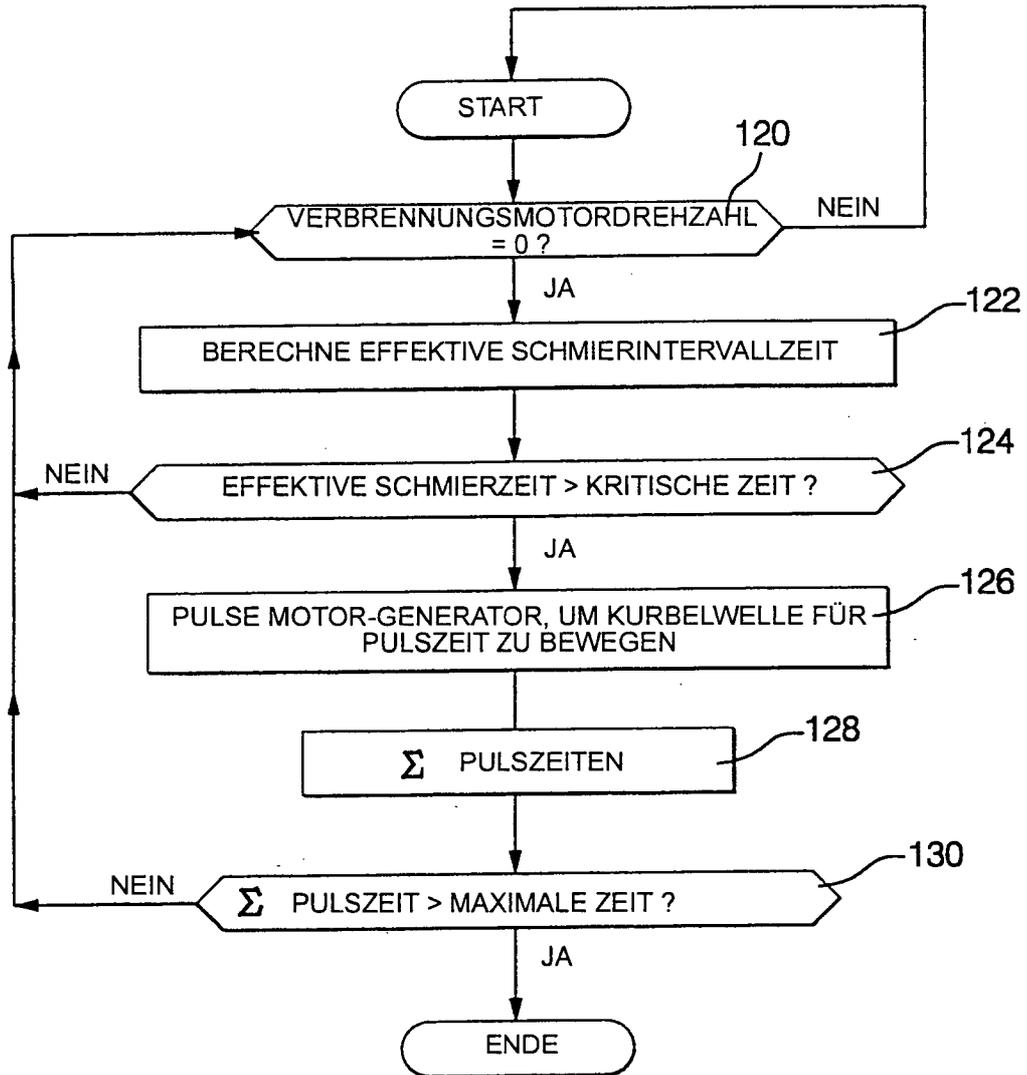


FIG. 3C