



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **102 49 084.8**  
(22) Anmeldetag: **21.10.2002**  
(43) Offenlegungstag: **31.07.2003**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **07.11.2019**

(51) Int Cl.: **B60L 50/15 (2019.01)**  
**B60K 6/20 (2007.10)**  
**B60W 20/00 (2016.01)**

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

(30) Unionspriorität:  
**682793 19.10.2001 US**

(73) Patentinhaber:  
**Ford Motor Co., Dearborn, Mich., US**

(74) Vertreter:  
**ETL Wablat & Kollegen Patent- und  
Rechtsanwalts-gesellschaft mbH, 14129 Berlin, DE**

(72) Erfinder:  
**Supina, Joseph Gerald, Belleville, Mich., US;  
Kuang, Ming Lang, Canton, Mich., US; Freyemuth,  
Vincent, Ann Arbor, Mich., US**

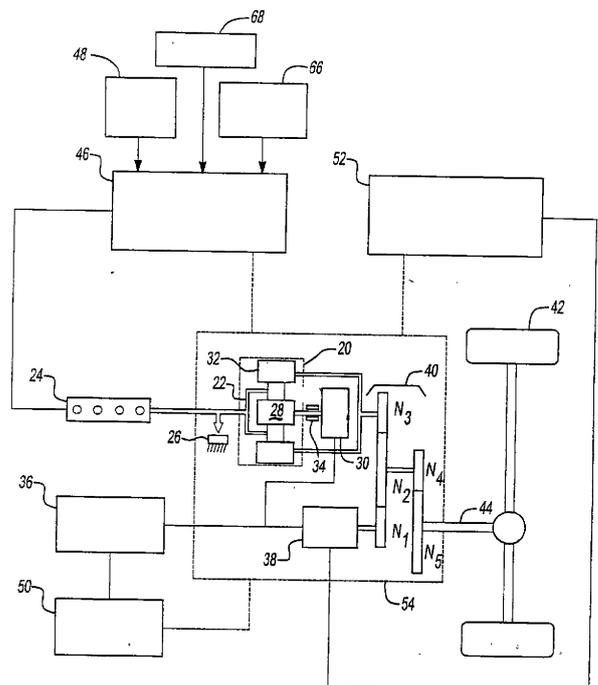
(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>100 04 812</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>6 067 801</b>	<b>A</b>
<b>EP</b>	<b>1 145 896</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur Regelung eines Antriebsstranges**

(57) Hauptanspruch: Regelsystem für den Antriebsstrang eines Hybridelektrofahrzeugs, der durch zumindest einen Verbrennungsmotor, einen Antriebsmotor und einen Generatormotor angetrieben wird, Sensoren für Gaspedalstellung, Fahrzeuggeschwindigkeit und Gangwählhebelstellung aufweist, eine Batterie zur Stromversorgung von Antriebsmotor und Generatormotor, einen Generatormotor zur Aufnahme von Energie und einen Fahrzeug-Systemregler zum Regeln des Antriebsstrangs des Fahrzeugs enthält, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrzeug-Systemregler (46)

- ein Eingangssignal vom Sensor (66) für die Gaspedalstellung, vom Sensor (68) für die Fahrzeuggeschwindigkeit, vom Sensor (48) für die Gangwählhebelstellung aufnimmt;
- ermittelt, ob eine volle Beschleunigung nach vorn angefordert wird;
- ermittelt, ob der Verbrennungsmotor (24) läuft;
- über eine Batteriesteuerung (50) mit Batteriesensoren die Betriebskapazität, die Temperatur und den Ladezustand der Batterie (36) ermittelt;
- das Summendrehmoment des Antriebsmotors (38) und des Generatormotors (30) abschätzt, wenn der Verbrennungsmotor (24) nicht läuft;
- das maximale mögliche Summendrehmoment des Antriebsmotors (38) und des Verbrennungsmotors (24) berechnet;
- das abgeschätzte Summendrehmoment des Antriebsmotors (38) und des Generatormotors (30) mit dem berechneten, möglichen Summendrehmoment des Antriebsmotors (38) und des Verbrennungsmotors (24) vergleicht, und
- Starten des Verbrennungsmotors (24), wenn das geschätzte Summendrehmoment ...



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein System und Verfahren zur Regelung eines Antriebstranges für Hybrid-Elektrofahrzeug

**[0002]** Es ist die Notwendigkeit bekannt, den Verbrauch von fossilem Brennstoff und von Luftverunreinigungen in Kraftfahrzeugen und anderen überwiegend durch Verbrennungsmotoren (ICE) angetriebenen Fahrzeugen zu reduzieren. Diesen Bedürfnissen versucht man sich mit Fahrzeugen zuzuwenden, die durch Elektromotoren angetrieben werden. Eine andere Ausweidlösung besteht darin, einen kleineren Verbrennungsmotor mit Elektromotoren in einem Fahrzeug zu kombinieren. Solche Fahrzeuge verbinden die Vorteile eines Fahrzeugs mit ICE und eines Elektrofahrzeugs und werden typischerweise Hybrid-Elektrofahrzeuge (HEV) genannt (US 5 343 970 A).

**[0003]** Das HEV ist in vielfältigen Ausführungen beschrieben worden. Viele Patente für HEV offenbaren Systeme, bei denen eine Bedienperson benötigt wird, um zwischen elektrischem Betrieb und Betrieb mit Verbrennungsmotor zu wählen. In anderen Ausführungen treibt der Elektromotor eine Gruppe von Rädern an, und der Verbrennungsmotor treibt eine andere Gruppe an.

Es wurden andere brauchbare Ausführungen entwickelt. Zum Beispiel ist die Ausführung eines Reihen-Hybridelektrofahrzeuges (SHEV) ein Fahrzeug mit einem Motor (typischerweise ein Verbrennungsmotor), der mit einem Elektromotor, Generator genannt, verbunden ist. Der Generator liefert wiederum Strom für eine Batterie und einen anderen Elektromotor, der Antriebsmotor genannt wird. In dem SHEV ist der Antriebsmotor die einzige Quelle des Drehmoments auf die Räder. Zwischen dem Verbrennungsmotor und den Antriebsrädern gibt es keine mechanische Verbindung. Die Ausführung eines Parallel-Hybridelektrofahrzeugs (PHEV) weist einen Motor (typischerweise ein Verbrennungsmotor) und einen Elektromotor auf, die in veränderlichen Graden zusammenarbeiten, um das notwendige Drehmoment auf die Räder zum Antrieb des Fahrzeugs zur Verfügung zu stellen. In der Ausführung als PHEV kann der Motor außerdem als Generator genutzt werden, um die Batterie aus der durch den ICE erzeugten Energie aufzuladen.

**[0004]** Ein Parallel-/ Reihen-Hybridelektrofahrzeug (PSHEV) besitzt die Eigenschaften sowohl von der PHEV Ausführung als auch der SHEV Ausführung und wird manchmal als Ausführung mit „Leistungsaufteilung“ angegeben. In einem von mehreren Typen der PSHEV Ausführungen ist der Verbrennungsmotor ICE mechanisch mit zwei Elektromotoren in einem Antriebsstrang mit Planetengetriebegruppe gekoppelt. Ein erster Elektromotor, der Generator, ist mit einem Sonnenrad verbunden. Der ICE ist mit einem Zwischenzahnrad verbunden. Ein zweiter Elektromotor, ein Antriebsmotor, ist über eine zusätzliche Getriebeverzahnung in einem Antriebsstrang mit einem (Abtriebs-) Tellerzahnrad verbunden. Das Motordrehmoment kann den Generator zum Aufladen der Batterie antreiben. Der Generator kann auch zum notwendigen Drehmoment auf die Räder (Abtriebswelle) beitragen, wenn das System eine Freilaufkupplung aufweist. Der Antriebsmotor wird genutzt, um zum Drehmoment auf das Rad beizutragen und Bremsenergie zum Aufladen der Batterie zurück zu gewinnen. In dieser Ausführung kann der Generator selektiv ein Reaktionsmoment zur Verfügung stellen, das zur Regelung der Motordrehzahl genutzt werden kann. Tatsächlich können der Verbrennungsmotor, der Generatormotor und der Antriebsmotor die Wirkung eines stufenlosen Getriebes (CVT) bewirken. Ferner bietet das HEV eine Möglichkeit, die Leerlaufdrehzahl des Motors gegenüber normalen Fahrzeugen besser zu regeln, indem der Generator zur Regelung der Motordrehzahl genutzt wird.

**[0005]** Günstig ist es, einen Verbrennungsmotor mit Elektromotoren zu kombinieren. Es gibt ein großes Potenzial zur Verringerung von Kraftstoffverbrauch und Luftverunreinigungen eines Fahrzeugs mit erheblichem Verlust von Leistung und Fahrverhalten eines Fahrzeugs. Das Fahrzeug ermöglicht die Nutzung von kleineren Verbrennungsmotoren, das Bremsen mit Energierückgewinnung, elektrische Aufladung und auch das Betreiben des Fahrzeugs bei abgeschaltetem Verbrennungsmotor. Trotzdem müssen neue Möglichkeiten entwickelt werden, um die potenziellen Nutzen eines Hybridelektrofahrzeugs HEV zu optimieren.

**[0006]** Ein solcher Bereich der Entwicklung von HEV ist die Steuerung eines HEV mit Leistungsaufteilung, um ein maximales Beschleunigungsvermögen bei Vollgas (WOT) mit verschiedenen Drehzahlen speziell dann zu erzielen, wenn ein Verbrennungsmotor nicht läuft. Jede erfolgreiche Ausführung eines HEV sollte berücksichtigen, dass Fahrverhalten und Leistung des Fahrzeugs zumindest mit einem herkömmlichen Fahrzeug, das mit einem Verbrennungsmotor angetrieben wird, vergleichbar sein sollten.

**[0007]** Regler für HEV sind an sich bekannt; die einangs zitierte Patentschrift beschreibt eine allzu einfache HEV-Steuereinheit zur Bestimmung der Beschleunigung basierend auf einer Gaspedalstellung und einen Prozessor zur Nutzung des Motors bis zu etwa 25 Meilen pro Stunde dann in Kombination mit dem Verbrennungs-

motor für eine Beschleunigung bei hoher Drehzahl. Die US 5 755 303 A beschreibt stufenlose Getriebe, die es jeder Antriebsstrangquelle ermöglichen, effizient zu arbeiten. Gemäß US 5 775 449 A soll bei Anforderungen mit hohem Drehmoment Generatorfunktionen zeitweilig außer Kraft gesetzt und das Drehmoment des Verbrennungsmotors erhöht werden, indem der Kupplungsschlupf verringert wird. Die US 5 915 488 A beschreibt eine Sicherheitsvorrichtung, um Leistung an einen Elektromotor zu reduzieren, wenn schädliche Größen der Beschleunigung detektiert werden. Die US 6 054 844 A offenbart eine HEV Gesamtregelung für einen Verbrennungsmotor, indem ein Verbrennungsmotor mit stufenlosem Getriebe verwendet wird, um bei „Vollgas“ WOT oder längs der „idealen Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie“ (IOL) bei bestem Wirkungsgrad und geringsten Luftverunreinigungen zu arbeiten. Die US 6 116 363 A beschreibt ein System, dass der Verbrennungsmotor bei Betrieb im HEV Zustand mit hohen Einstellungen der Drosselklappe arbeitet, und wenn der ICE bei Vollgas (WOT) arbeitet, jedoch noch zusätzliche Leistung benötigt wird, der Fahrer das Pedal weiter herunterdrückt und automatisch das Drehmoment eines Elektromotors hinzugefügt wird. Deshalb ist eine Beschleunigung des Fahrzeuges proportional der Stellung des Gaspedals wie in einem herkömmlichen Auto.

**[0008]** Von daher liegt der Erfindung das Problem zugrunde, ein System und Verfahren mit einer genauen Strategie, um ein HEV zu regeln und die Kraftquellen des HEV (Antriebsmotor, Generatormotor, Verbrennungsmotor) zu koordinieren, vorzuschlagen, damit die Anforderung und Erwartung des Fahrers an das Beschleunigungsvermögen bei Vollgas (WOT) erfüllt werden, während der Wirkungsgrad und die Leistung des gesamten Antriebsstrangs optimiert wird, als wenn ein Verbrennungsmotor gerade nicht arbeitet.

**[0009]** In der Druckschrift US 6 067 801 A ist eine Hybrid-Leistungsabgabevorrichtung und eine Brennkraftmaschinensteuervorrichtung beschrieben, mit welchen sich in einer Übergangsphase, in der der Betriebszustand der Brennkraftmaschine von einem Lastbetriebszustand, in dem die Brennkraftmaschine durch einen Motor/Generator eine Last erfährt, in einen Nichtlastbetriebszustand wechselt, in dem die Brennkraftmaschine keine Last erfährt, ein Ruck und ein Geräusch verhindern lassen. Bei der Hybrid-Leistungsabgabevorrichtung wird die Drehzahl der Brennkraftmaschine durch eine Regulierung der Last des Motor/Generators, der mit der Brennkraftmaschine mechanisch in Verbindung steht, geregelt/gesteuert. Im Lastbetriebszustand der Brennkraftmaschine der Hybrid-Leistungsabgabevorrichtung gibt der Motor/Generator ein negatives Drehmoment ab, wodurch die Brennkraftmaschine mit einer vorgegebenen Drehzahl dreht. Im Nichtlastbetriebszustand der Brennkraftmaschine ist das Ausgangsmoment des Motor/Generators andererseits im Wesentlichen Null. Das Ausgangsmoment des Motor/Generators wird geregelt, um die Drehzahl der Brennkraftmaschine auf einer vorgegebenen Höhe halten zu können. Die Kraftstoffeinspritzmenge und andere die Brennkraftmaschine betreffende Parameter werden geregelt, um zu ermöglichen, dass die Brennkraftmaschine eine erforderliche Leistung abgibt.

**[0010]** Das Problem wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 2. Eine Weiterbildung der Erfindung ist im abhängigen Anspruch 3 beschrieben.

**[0011]** Mit der Lösung stellt die vorliegende Erfindung eine Strategie zum Regeln eines Hybridelektrofahrzeugs (HEV) mit geteiltem Antriebsstrang zur Koordinierung der Leistungsquellen des HEV bereit, um die Anforderung und Erwartung des Fahrers an das Beschleunigungsvermögen bei Vollgas (WOT) mit einer beliebigen Drehzahl zufrieden zu stellen, während der Wirkungsgrad und die Leistung des gesamten Antriebsstrangsystems, insbesondere wenn der Verbrennungsmotor gerade nicht arbeitet, optimiert werden.

**[0012]** Speziell sieht die Erfindung eine Regelung für den Antriebsstrang eines HEV vor, der durch zumindest einen von Verbrennungsmotor, Antriebsmotor und Generatormotor angetrieben wird, die Sensoren für die Gaspedalstellung, die Fahrzeuggeschwindigkeit und die Stellung des Gangwählhebels (PRNDL) aufweist. Das HEV besitzt eine Batterie zur Versorgung des Antriebsmotors und des Generatormotors mit Energie und zur Aufnahme von Energie aus dem Generatormotor. Die Steuerung der vorliegenden Erfindung kann ein Eingangssignal vom Sensor für die Gaspedalstellung, dem Sensor für die Fahrzeuggeschwindigkeit und dem Sensor für die Stellung des Gangwählhebels PRNDL aufnehmen; eine Bestimmung vornehmen, ob volle Beschleunigung nach vom angefordert wird („D“ oder „L“), eine Bestimmung vornehmen, ob der Verbrennungsmotor läuft, eine Einschätzung des gesamten Drehmoments des Antriebsmotors und des Generatormotors vornehmen, wenn der Verbrennungsmotor nicht läuft, Berechnen des maximalen abgegebenen Summendrehsoments des Antriebsmotors und des Verbrennungsmotors, Vergleichen des geschätzten Summendrehsoments des Antriebsmotors und des Generatormotors mit dem berechneten abgegebenen Summendrehsoments des Antriebsmotors und des Verbrennungsmotors sowie Anlassen des Verbrennungsmotors, wenn das geschätzte Summendrehsoments des Antriebsmotors und des Generatormotors geringer ist als das berechnete abgegebene Summendrehsoments des Antriebsmotors und des Verbrennungsmotors für eine gegebene Fahrzeuggeschwindigkeit.

**[0013]** In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung können mit der Batterie verbundene Sensoren und ein VSC (Fahrzeug-Systemregler) für Betriebskapazität, Temperatur und Ladezustand der Batterie ergänzt werden. Diese Sensoren können auch mehr zur Genauigkeit der Abschätzung des Summendrehmoments des Antriebsmotors und des Generatormotors und der Berechnung des maximalen abgegebenen Summendrehmoments des Antriebsmotors und des Verbrennungsmotors beisteuern.

**[0014]** In einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann die Regelung eine Konstante nutzen, um einen erneuten Start des Verbrennungsmotors zu ermöglichen, wenn das Summendrehmoment des Antriebsmotors und des Generatormotors eingeschätzt und das maximale abgegebene Summendrehmoment des Antriebsmotors und des Verbrennungsmotors berechnet werden.

**[0015]** Die vorstehend genannten Probleme, Vorteile und Merkmale werden mit Bezug auf die Beschreibung und die Zeichnung im Folgenden näher erläutert.

**[0016]** Es zeigen:

**Fig. 1** die allgemeine Ausführung eines Hybridelektrofahrzeugs (HEV);

**Fig. 2** einen grafischen Vergleich von maximalen abgegebenen Wellendrehmomenten und Fahrzeuggeschwindigkeit;

**Fig. 3** eine potenzielle Strategie der vorliegenden Erfindung.

**[0017]** Die vorliegende Erfindung betrifft Elektrofahrzeuge und spezieller Hybridelektrofahrzeuge (HEV) gemäß **Fig. 1**.

**[0018]** In einem grundlegenden HEV ist eine Planetengetriebegruppe **20** mechanisch durch ein Zwischenrad **22** mit einem Verbrennungsmotor **24** mit einer Freilaufkupplung **26** verbunden, um zu verhindern, dass der Verbrennungsmotor **24** in gegenläufiger Uhrzeigerrichtung rotiert. Die Planetengetriebegruppe **20** verbindet außerdem mechanisch ein Sonnenrad **28** mit einem Generatormotor **30** und einem (Abtriebs-) Tellerzahnrad **32**. Der Generatormotor **30** ist auch mechanisch mit einer Generatorbremse **34** und elektrisch mit einer Vorrichtung zum Speichern von elektrischer Energie und zum Abgeben von Energie an die Motorbatterie **36** verbunden, um elektrische Energie aufzunehmen, die durch den Generatormotor **30** aus mechanischer Energie umgewandelt wurde. Ein Antriebsmotor **38** ist über eine zweite Zahnradgruppe **40** mechanisch mit dem Tellerzahnrad **32** der Planetengetriebegruppe **20** verbunden und elektrisch an die Batterie **36** angeschlossen. Das Tellerzahnrad **32** der Planetengetriebegruppe **20** und der Antriebsmotor **38** sind über eine Abtriebswelle **44** mechanisch mit den Antriebsrädern **42** gekoppelt. Die mechanische Kopplung stellt gemeinsam eine Einrichtung zur Leistungsübertragung dar, die mit dem Verbrennungsmotor **24**, dem Antriebsmotor **38** und dem Generatormotor **30** verbunden ist. Diese Leistungsübertragungseinrichtung kann so ausgeführt werden, dass sie zumindest eine Fahrstellung nach vorn besitzt, um das HEV in eine Richtung nach vorn zu bewegen, und zumindest eine Fahrstellung nach hinten besitzt, um das HEV in Rückwärtsrichtung zu bewegen. Ein vom Fahrer betätigter Fahrstellung-Wählhebel (Ganghebel, nicht gezeigt) bestimmt, ob das Fahrzeug in die Richtung vorwärts, neutral oder rückwärts zu bewegen ist.

**[0019]** Die Planetengetriebegruppe **20** teilt die abgegebene Leistung des Verbrennungsmotors **24** in einen Reihenweg von dem Verbrennungsmotor **24** zu dem Generatormotor **30** und einen Parallelweg vom Verbrennungsmotor **24** auf die Antriebsräder **42** auf. Der Verbrennungsmotor **24** kann gesteuert werden, indem die Aufteilung auf den Reihenweg verändert wird, während die mechanische Verbindung über den Parallelweg aufrechterhalten wird. Der Antriebsmotor **38** verbessert die Leistung des Verbrennungsmotors **24** auf die Antriebsräder **42** im Parallelweg über die zweite Getriebegruppe **40**. Der Antriebsmotor **38** sieht außerdem die Möglichkeit vor, Energie direkt vom Reihenweg, im Wesentlichen Ablauf-Energie, die durch den Generatormotor **30** erzeugt wird, zu nutzen. Dies verringert die in der Batterie **36** mit der Umwandlung von Energie in chemische Energie und damit verbundene Verluste und ermöglicht es, dass die gesamte Energie des Verbrennungsmotors **24** abzüglich der Umwandlungsverluste die Antriebsräder **42** erreicht.

**[0020]** Ein Fahrzeug- Systemregler (VSC) **46** steuert viele Komponenten in dieser HEV Ausführung, indem zum Regler jeder Komponente eine Verbindung hergestellt wird. Der VSC **46** kann außerdem verschiedene Fahrzeugeingangsgrößen wie den Sensor **48** für die Stellung des Gangwählhebels (PRNDL), den Positionssensor **66** des Gaspedals und den Sensor **68** der Fahrzeuggeschwindigkeit aufnehmen und überwachen. Eine Steuereinheit (ECU, nicht gezeigt) des Verbrennungsmotors kann über eine drahtgebundene Schnittstelle mit dem Verbrennungsmotor **24** verbunden werden. Die ECU und der VSC **46** können auf der gleichen Einheit basieren, sind aber tatsächlich getrennte Regler. Der VSC **46** steht mit der ECU sowie einer Batterie-Steuerein-

heit (BCU) **50** und einer zentralen Antriebsachsen-Steuereinheit (TMU) **52** durch ein Kommunikationsnetz wie ein Regler-Bereichsnetz (CAN) **54** in Verbindung. Die BCU **50** ist über eine drahtgebundene Schnittstelle mit der Batterie **36** verbunden. Die BCU **50** kann die abgegebene Kapazität, die Temperatur und den Ladezustand (SOC) der Batterie überwachen und an den VSC **46** übertragen. Die TMU **52** steuert den Generatormotor **30** und den Antriebsmotor **38** über eine drahtgebundene Schnittstelle.

**[0021]** Fig. 2 veranschaulicht ein maximal mögliches Drehmoment (Nm) **56** der Abtriebswelle im Vergleich zur Fahrzeuggeschwindigkeit (mph) **58** in Meilen pro Stunde für ein maximales zusammengefasstes Drehmoment der Kurve **60** des Antriebsmotors und des Verbrennungsmotors und ein maximales zusammengefasstes Drehmoment der Kurve **62** des Antriebsmotors und des Generatormotors. Der VSC **46** steuert und koordiniert diese Leistungsquellen, um die Anforderung des Fahrers zu erfüllen, während der Wirkungsgrad und die Leistung des gesamten Antriebsstrangsystems optimiert werden. Wenn der Fahrer die volle Beschleunigung des Fahrzeugs abrufen, die mit einer für herkömmliche ICE-Fahrzeuge bekannten Vollgasstellung (WOT) vergleichbar ist, wird der VSC **46** zuerst anfordern, dass der Antriebsmotor **38** und der Generatormotor **30** eine Leistungsstärke mit maximalem Drehmoment liefern, da sie bei einer niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeit eine Leistungsstärke mit höherem Drehmoment aufweisen und fast ein augenblickliches Drehmoment erzeugen können, wie es in Fig. 2 dargestellt ist.

**[0022]** Die in Fig. 2 veranschaulichten Drehmomentenkurven können sich auf den Faktoren der Batterie **36** basierend ändern. Zum Beispiel können die maximalen zusammengefassten Drehmomente **60** und **62**, die als Reaktion auf die Beschleunigungsanforderung mit Vollgas des Fahrers geliefert werden, geringer als dargestellt sein, wenn die Batterie nicht die Kapazität hat, um die Energie zu liefern, die benötigt wird, um die Motoren zur Einhaltung der Drehmomentanforderung anzutreiben. Andere Faktoren, die zusammengefasste Drehmomente verringern können, können die Temperatur und den Ladezustand (SOC) der Batterie **36** einschließen.

**[0023]** An einem gewissen Punkt der Fahrzeuggeschwindigkeit, wie in Fig. 2 dargestellt, fällt das zusammengefasste Drehmoment des Antriebsmotors und des Generatormotors **62** unter das maximale zusammengefasste Drehmoment von Antriebsmotor und Verbrennungsmotor **60**. Dieser Überschneidungspunkt **64** tritt in dem in Fig. 2 vorgesehenen Beispiel bei etwa zehn Meilen pro Stunde auf. Eine beliebige erfolgreiche HEV Strategie für Bedingungen mit Vollgas (WOT) hat damit zu rechnen, dass der Verbrennungsmotor **24** gestartet werden muß, bevor das Fahrzeug den Überschneidungspunkt **64** erreicht. Wiederum kann sich dieser Überschneidungspunkt **64** basierend auf Faktoren der Batterie wie abgegebene Kapazität, SOC und Temperatur ändern (z.B. verringern).

**[0024]** Folglich kann die vorliegende Erfindung eine Strategie für den VSC **46** einbeziehen, um das höchste Drehmoment der Abtriebswelle aufrechtzuerhalten, das während einer Vollgasanforderung vom Fahrzeugführer bei einer beliebigen Geschwindigkeit möglich ist. Die Strategie berechnet Drehmomentkurven der Abtriebswelle für die Kombination von Antriebsmotor **38** und Generatormotor **30** und für die Kombination von Antriebsmotor **38** und Verbrennungsmotor **24** bei verschiedenen Fahrzeuggeschwindigkeiten. Die Strategie wird außerdem einen Überschneidungspunkt zwischen den beiden Drehmomentkurven der Abtriebswelle berechnen. Berechnungen werden die abgegebene Kapazität, die Temperatur und den Ladezustand SOC der Batterie **36** berücksichtigen. Die Strategie weist den Antriebsstrang des Fahrzeugs an, der höchsten Kurve der Abtriebswelle **44** zu folgen, die auf der Geschwindigkeit des Fahrzeugs basiert und zu gewährleisten, dass der Verbrennungsmotor **24** rechtzeitig gestartet wird, um einen ungestörten Übergang von der Ausführung mit Antriebsmotor **38** und Generatormotor **30** zur Ausführung mit Antriebsmotor **38** und Verbrennungsmotor **24** zu gewährleisten.

**[0025]** Im Allgemeinen legt die Strategie fest, wann der Verbrennungsmotor **24** zu starten ist, um ein maximales Beschleunigungsvermögen des Fahrzeugs bei verschiedenen Zuständen der Batterie **36** zu erzielen. Der Verbrennungsmotor **24** kann angewiesen werden, zu starten, wenn der Fahrer volle Beschleunigung durch das Gaspedal abrufen und das zusammengefasste Drehmoment von Motor und Generator an der Abtriebswelle geringer ist als das zusammengefasste Drehmoment von Motor und Verbrennungsmotor an der Abtriebswelle. Die grundlegenden Schritte können die Schritte umfassen

- 1) Lesen aller notwendigen Eingabegrößen;
- 2) Bestimmen, ob der Fahrer eine Beschleunigung mit Vollgas und Vorwärtsbewegung anfordert;
- 3) Abschätzen des Summendrehmoments des Antriebsmotors **38** und Generatormotors **30** an der Abtriebswelle und des maximalen Summendrehmoments von Antriebsmotor und Verbrennungsmotors **60** an der Abtriebswelle **44**;

4) Vergleichen der beiden Summendrehmomente und

5) Starten des Verbrennungsmotors, wenn das Summendrehmoment von Motor und Generator geringer als das maximale Summendrehmoment von Motor und Verbrennungsmotor **60** ist.

**[0026]** Eine mögliche Strategie der vorliegenden Erfindung in dem VSC **46** ist in **Fig. 3** dargestellt. Die Strategie beginnt bei jedem Start-Ereignis und endet bei jedem Ereignis **84** mit dem Start des Motors. Zuerst überwacht die Strategie beim Schritt **70** die Eingangsgröße vom Sensor **48** für die Ganghebel-Stellung und vom Sensor **66** für Gaspedalstellung. Die Strategie beim Schritt **70** kann außerdem das Drehmoment und die Drehzahl des Antriebsmotors **38**, des Generatormotors **30** und des Verbrennungsmotors **24** überwachen. Die Strategie kann sogar so ausgeführt werden, um die abgegebene Kapazität, den Ladezustand und die Temperatur der Batterie **36** von der Batteriesteuerung **50** zu überwachen.

Die Strategie muss zuerst bestimmen, ob der Fahrer eine Beschleunigung mit Vollgas beabsichtigt. Beim Schritt **72** bestimmt die Strategie, ob sich das Gaspedal in seiner völlig offenen Stellung befindet. Wenn nicht (no), kehrt die Strategie zum Schritt **70** zurück. Wenn bestimmt wird, dass sich das Gaspedal beim Schritt **72** in seiner völlig offenen Stellung befindet (yes), schreitet die Strategie zum Schritt **74** vor. Beim Schritt **74** bestimmt die Strategie, ob sich der Ganghebel in der Stellung Vorwärtsfahrt wie „D“ (Vorwärtsantrieb) oder in der Stellung „L“ (langsame Vorwärtsfahrt) befindet. Wenn nicht (no), kehrt die Strategie zum Schritt **70** zurück. Wenn ja (yes), hat die Strategie nachgewiesen, dass ein Beschleunigungszustand mit Vollgas besteht.

**[0027]** Sobald die Strategie in den Schritten **72** und **74** bestimmt hat, dass ein Beschleunigungszustand mit Vollgas besteht, schreitet die Strategie zum Schritt **76** weiter und bestimmt, ob der Verbrennungsmotor **24** zur Zeit steht. Dies kann in einer beliebigen Anzahl von an sich bekannten Möglichkeiten vorgenommen werden. Wenn der Verbrennungsmotor beim Schritt **76** läuft (no), kehrt die Strategie zum Schritt **70** zurück, da es keine Notwendigkeit gibt, fortzuschreiten, um zu bestimmen, ob der Verbrennungsmotor **24** zu starten ist. Wenn beim Schritt **76** bestimmt wird, dass der Verbrennungsmotor **24** nicht läuft (yes), ist es erforderlich dass die Strategie bestimmt, ob der Verbrennungsmotor **24** gestartet werden muss.

**[0028]** Zur Bestimmung, ob der Verbrennungsmotor **24** zu starten ist, nimmt die Strategie die im Schritt **70** erhaltenen Überwachungseingangsgrößen, um das Summendrehmoment von Antriebsmotor und Generatormotor **62** sowie das Summendrehmoment von Antriebsmotor und Verbrennungsmotor **60** zu schätzen. Dies beginnt beim Schritt **78** mit einer Abschätzung des Summendrehmoments von Antriebsmotor und Generatormotor an der Abtriebswelle **44**. Das Summendrehmoment kann sich, wie oben beschrieben, in Abhängigkeit von den Zuständen der Batterie **36** (Kapazität, Ladezustand und Temperatur der Batterie **36**) bei der gleichen vollen Anforderung an die Beschleunigung und Fahrzeuggeschwindigkeit ändern. Zum Zweck der Darstellung kann eine Abschätzung des Summendrehmoments von Antriebsmotor und Generatormotor an der Abtriebswelle wie folgt berechnet werden:

$$t_{mtr\_gen\_} = \frac{T_g}{T_2} \left( t_{mtr} - T_1 * T_2 * \frac{1}{\rho} t_{gen} + J_{gen\_couple} * \frac{d\omega_{eng}}{dt} - J_{mtr\_eff} * \frac{d\omega_{mtr}}{dt} \right) \quad (1)$$

wobei

$\omega_{eng}$	Motordrehzahl (rad/s; Einheit der Winkelgeschwindigkeit)
$\omega_{mtr}$	Drehzahl des Antriebsmotors (rad/s)
$t_{mtr}$	Drehmoment des Antriebsmotors (NM)
$t_{gen}$	Drehmoment des Generatormotors (NM)
$t_{mtr\_gen}$	Summendrehmoment von Motor und Generator an der Abtriebswelle (NM)
$t_{mtr\_eng}$	Summendrehmoment von Motor und Verbrennungsmotor an der Abtriebswelle (NM)

ist.

(Anmerkung: alle Trägheitseinheiten sind kg \* M<sup>2</sup>)

$J_{\text{gen\_couple}}$ =	$(T_{\text{eng2gen}} * T_1 * T_2) / \rho * J_{\text{gen\&sun}}$
$J_{\text{mtr\_eff}}$ =	$J_{\text{mtr\_konzentriert}} + (T_1 * T_2 / \rho)^2 * J_{\text{gen\&sun}}$
$J_{\text{eng\_carrier}}$ -	konzentriertes Trägheitsmoment von Verbrennungsmotor und Zwischen rad
$J_{\text{gen\&sun}}$ -	konzentriertes Trägheitsmoment von Generatorläufer und Sonnenrad
$J_{\text{mtr\_konzentriert}}$ -	konzentriertes Trägheitsmoment von Motorläufer, Zwischenrad und Zahnrad <b>N1, N3, N2, N4, N5,</b>
$J_{\text{mtr\_konzentriert}}$ =	$J_{\text{mtr\&N1}} + T_{\text{mtr2ring}}^2 * J_{\text{ring\&N3}} + T_2^2 * J_{\text{N2\&N4}} + (T_2 / T_g)^2 * J_{\text{N5}}$
$T_1 = N2/N3$ -	Übersetzungsverhältnis von Zwischenwelle zu Tellerradwelle
$T_2 = N1/N2$ -	Übersetzungsverhältnis von Antriebsmotorwelle zu Zwischenwelle
$T_g = N5/N4$ -	Übersetzungsverhältnis von Antriebswelle zu Zwischenwelle
$\rho = Ns/Nr$	Übersetzungsverhältnis Planetengetriebe
$T_{\text{mtr2ring}}$	= $N1/N3$ - Übersetzungsverhältnis von Motor zu Tellerrad
$T_{\text{eng2gen}}$	= $(1 + 1/\rho)$ Übersetzungsverhältnis von Verbrennungsmotor zu Generator

**[0029]** Nachdem das Summendrehmoment des Antriebsmotors **38** und des Generatormotors **30** ( $J_{\text{mtr\_gen}}$ ) im Schritt **78** geschätzt sind, schreitet die Strategie zum Schritt **80** weiter und berechnet das maximale Summendrehmoment von Antriebsmotor und Verbrennungsmotors **60** ( $J_{\text{mtr\_gen}}$ ). Dieser Schritt berechnet das maximale Summendrehmoment von Antriebsmotor und Verbrennungsmotor **60** oder die vorgegebene Geschwindigkeit des Fahrzeugs. Wiederum kann die vorliegende Erfindung ausgeführt werden, um bei ihrer Abschätzung die Zustände der Batterie **36** zu nutzen.

**[0030]** Sobald das maximale Summendrehmoment von Antriebsmotor und Verbrennungsmotor **60** im Schritt **80** berechnet sind, schreitet die Strategie zum Schritt **82** weiter und vergleicht in diesem Schritt das Summendrehmoment von Antriebsmotor und Generatormotor mit dem maximalen Summendrehmoment **62** von Antriebsmotor und Verbrennungsmotors **62**. Wie in **Fig. 3** dargestellt, wenn die Gleichung erfüllt ist (yes), wird ein Startbefehl **84** für den Verbrennungsmotor **24** erforderlich (d.h. das Summendrehmoment von Antriebsmotor **38** und Generatormotor **30** ist geringer als das oder gleich dem Summendrehmoment von Antriebsmotor **38** und Verbrennungsmotors **24**). Die Variable k in der Gleichung für den Vergleich gewährleistet, dass der Verbrennungsmotor **24** gestartet ist, wenn sich die beiden in **Fig. 2** gezeigten Kurven überschneiden. Dieses k kann eine Konstante oder eine Funktion der Zustände der Batterie **36** wie oben beschrieben sein. Weiterhin kann die Konstante auch genutzt werden, um die Berechnung des maximalen Summendrehmoments des Antriebsmotors und des Generators **62** zu verändern, um einen früheren Start (einen Vorstart) des Verbrennungsmotors **24** zu ermöglichen, um einen ungestörten Übergang zwischen Antriebsstrang-Ausführungen von Antriebsmotor **38** und Generatormotor **30** zum Antriebsmotor **38** und dem Verbrennungsmotor **24** zu gewährleisten.

**[0031]** Deshalb schreitet die Strategie im Schritt **82**, wenn das Summendrehmoment von Antriebsmotor **38** und Generatormotor **30** (im Schritt **78**) so bestimmt ist, dass es geringer ist als das maximale Summendrehmoment von Motor und Verbrennungsmotor **60** (im Schritt **80** berechnet), weiter zum Schritt **84** und weist den Verbrennungsmotor **24** an, gestartet zu werden. Dies erzielt ein maximales Beschleunigungsvermögen des Systems für vorgegebene Zustände der Batterie **36**. Wenn im Schritt **82** die Gleichung nicht erfüllt ist (no), dann kehrt die Strategie zum Schritt **70** zurück.

### Patentansprüche

1. Regelsystem für den Antriebsstrang eines Hybridelektrofahrzeugs, der durch zumindest einen Verbrennungsmotor, einen Antriebsmotor und einen Generatormotor angetrieben wird, Sensoren für Gaspedalstellung, Fahrzeuggeschwindigkeit und Gangwählhebelstellung aufweist, eine Batterie zur Stromversorgung von Antriebsmotor und Generatormotor, einen Generatormotor zur Aufnahme von Energie und einen Fahrzeug-Systemregler zum Regeln des Antriebsstrangs des Fahrzeugs enthält, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrzeug-Systemregler (46)

- ein Eingangssignal vom Sensor (66) für die Gaspedalstellung, vom Sensor (68) für die Fahrzeuggeschwindigkeit, vom Sensor (48) für die Gangwählhebelstellung aufnimmt;
- ermittelt, ob eine volle Beschleunigung nach vorn angefordert wird;

- ermittelt, ob der Verbrennungsmotor (24) läuft;
- über eine Batteriesteuerung (50) mit Batteriesensoren die Betriebskapazität, die Temperatur und den Ladezustand der Batterie (36) ermittelt;
- das Summendrehmoment des Antriebsmotors (38) und des Generatormotors (30) abschätzt, wenn der Verbrennungsmotor (24) nicht läuft;
- das maximale mögliche Summendrehmoment des Antriebsmotor (38) und des Verbrennungsmotors (24) berechnet;
- das abgeschätzte Summendrehmoment des Antriebsmotors (38) und des Generatormotors (30) mit dem berechneten, möglichen Summendrehmoment des Antriebsmotors (38) und des Verbrennungsmotors (24) vergleicht, und
- Starten des Verbrennungsmotors (24), wenn das geschätzte Summendrehmoment des Antriebsmotors (38) und des Generatormotors (30) geringer ist als das berechnete mögliche Summendrehmoment des Antriebsmotors (38) und des Verbrennungsmotors (24) für eine vorgegebene Fahrzeuggeschwindigkeit.

2. Verfahren zur Regelung des Antriebsstrangs eines Hybridelektrofahrzeugs, der durch zumindest einen Verbrennungsmotor, einen Antriebsmotor und einen Generatormotor angetrieben wird, welches umfasst:

Ermitteln einer Gaspedalstellung;

Ermitteln einer Fahrzeuggeschwindigkeit;

Ermitteln einer Gangwählhebelstellung;

Aufnehmen, Speichern und Bereitstellen von Energie für Antriebsmotor und Generatormotor; und

Steuern des Antriebsstrangs des Fahrzeugs unter Verwendung eines Fahrzeug-Systemreglers, **gekennzeichnet durch**

- Aufnehmen einer Eingangsgröße von dem Sensor für Gaspedalstellung, dem Sensor für Fahrzeuggeschwindigkeit und dem Sensor für Gangwählhebelstellung;
- Ermitteln, ob eine volle Beschleunigung nach vorn angefordert wird;
- Ermitteln, ob der Verbrennungsmotor läuft;
- Überwachen des Batteriezustandes durch den Schritt, die Betriebskapazität, die Temperatur und den Ladezustand der Batterie zu messen;
- Abschätzen des Summendrehmoments des Antriebsmotors und des Generatormotors, - wenn der Verbrennungsmotor nicht läuft;
- Berechnen des maximalen möglichen Summendrehmoments des Antriebsmotors und des Verbrennungsmotors;
- Vergleichen des abgeschätzten Summendrehmoments des Antriebsmotors und des Generatormotors mit dem berechneten möglichen Summendrehmoment des Antriebsmotors und des Verbrennungsmotors, und
- Starten des Verbrennungsmotors, wenn das abgeschätzte Summendrehmoment des Antriebsmotors und des Generatormotors geringer ist als das berechnete mögliche Summendrehmoment des Antriebsmotors und des Verbrennungsmotors für eine vorgegebene Fahrzeuggeschwindigkeit.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schritt der Abschätzung des Summendrehmoments des Antriebsmotors und des Generatormotors sowie die Berechnung des maximalen möglichen Summendrehmoments des Antriebsmotors und des Verbrennungsmotors einschließt, eine Konstante zu verwenden, um einen erneuten Start des Verbrennungsmotors zu ermöglichen.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

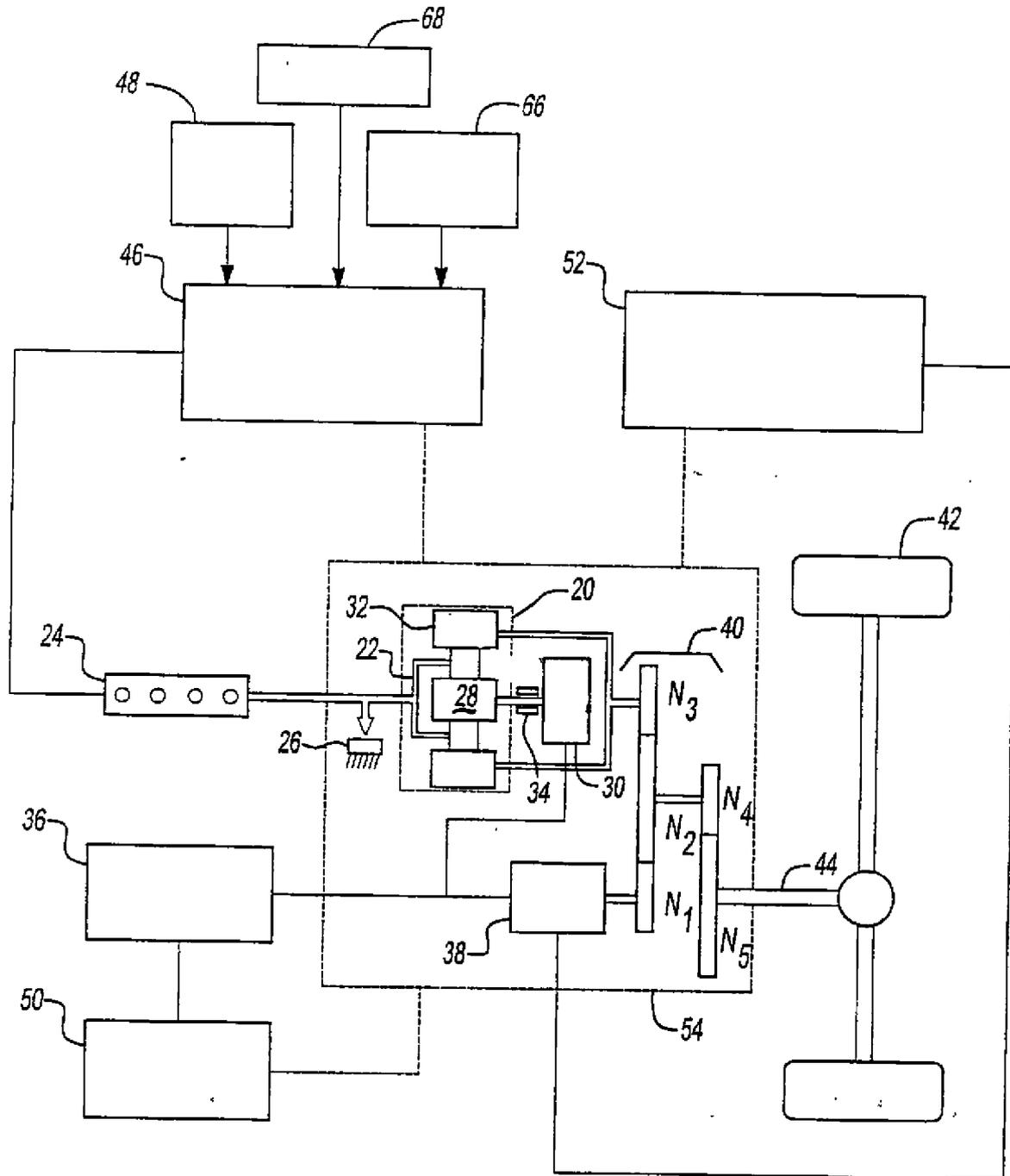
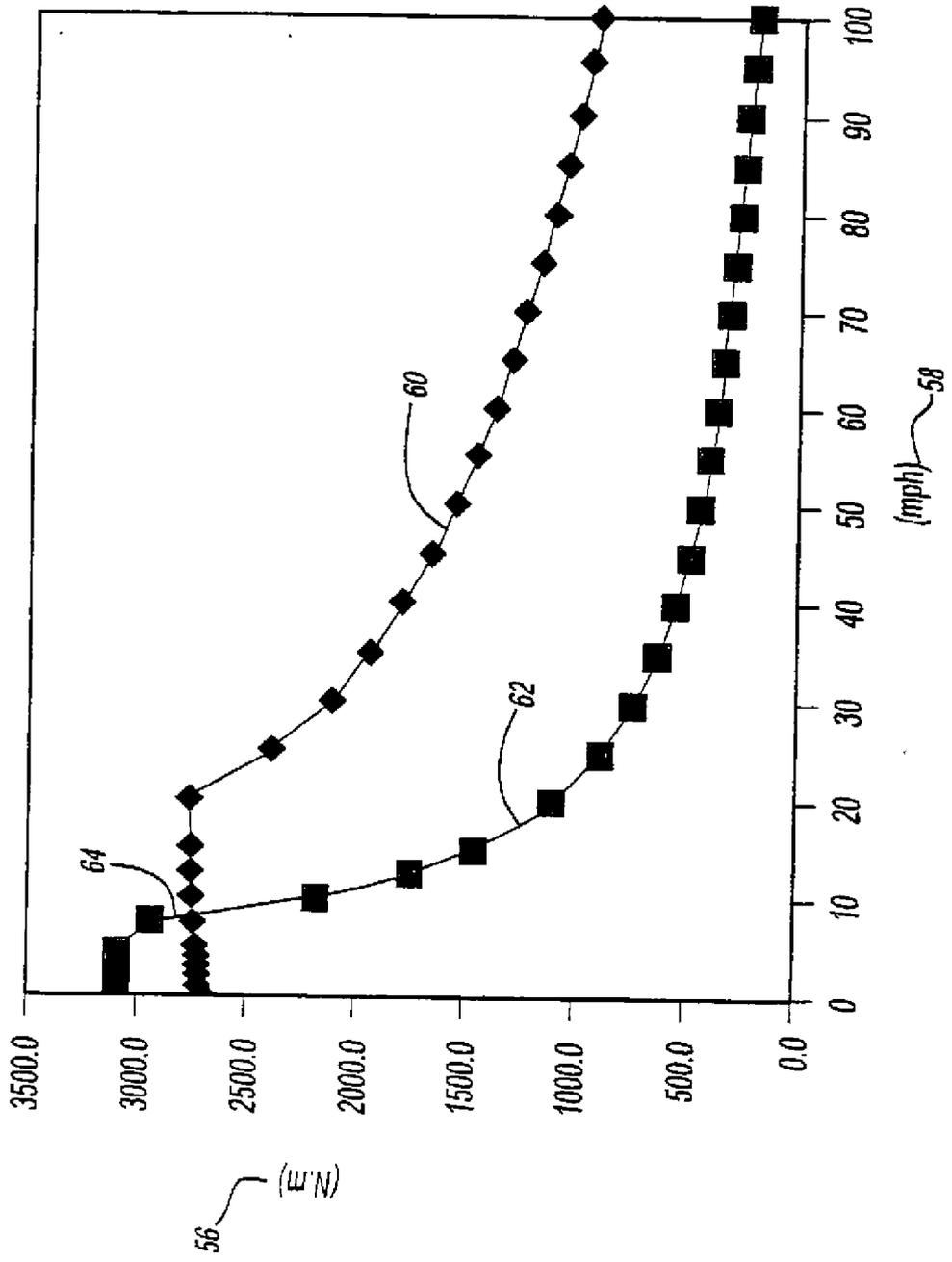


Fig-1



**Fig-2**

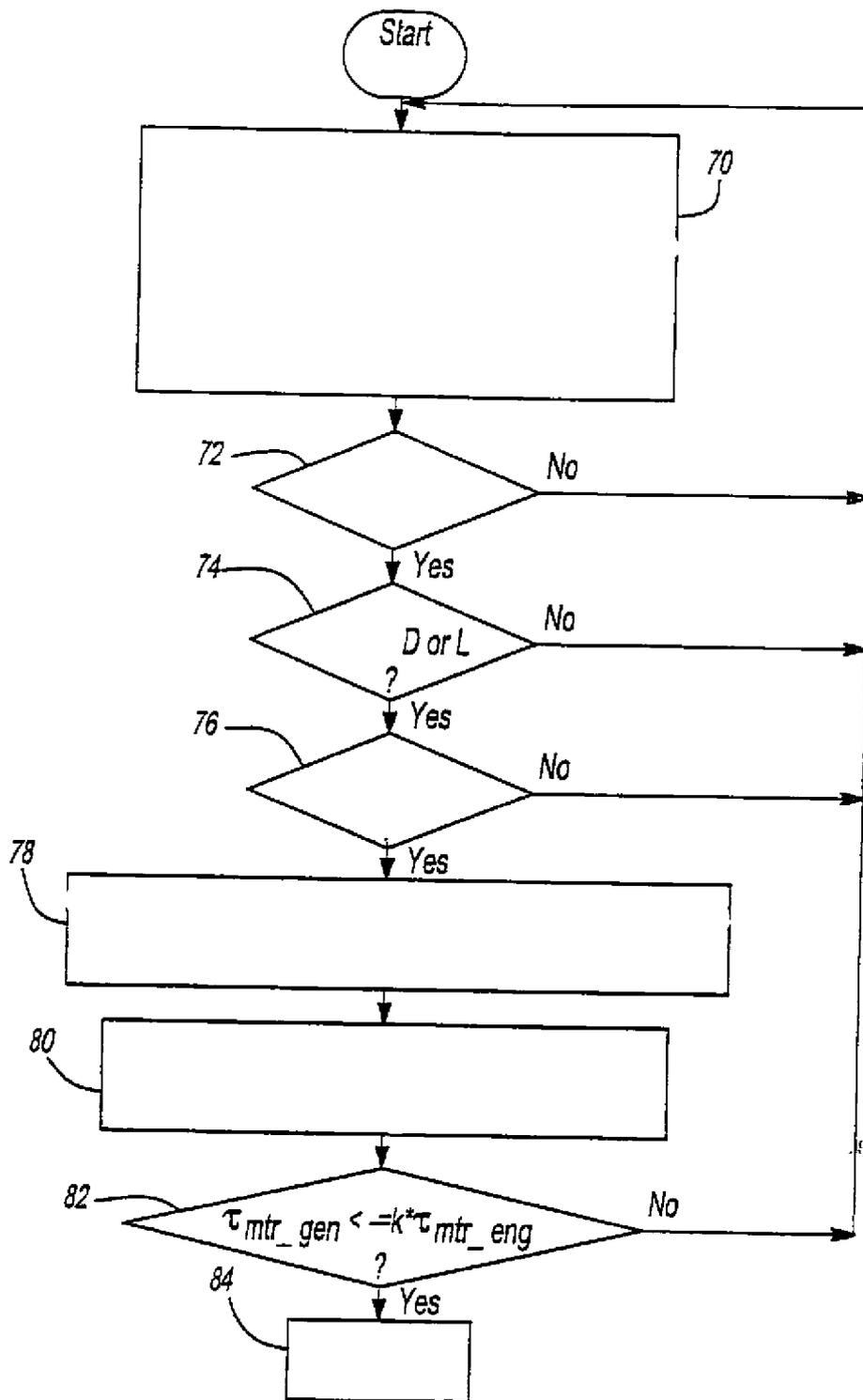


Fig-3